



FRAGILIDADE AMBIENTAL APLICADA AO USO E OCUPAÇÃO DO RELEVO NO ENTORNO DA SERRA DO BAUZINHO EM CAPINÓPOLIS-MG E ITUIUTABA-MG

Mateus Vinicius da Costa Belchior ¹
Leda Correia Pedro Miyazaki ²

RESUMO

A fragilidade ambiental expressa o grau de susceptibilidade dos ambientes à degradação em função de seus atributos físico-naturais e da forma como são utilizados pelas sociedades. A partir dessa perspectiva, estudos sobre processos erosivos vinculados à análise da fragilidade ambiental constituem instrumentos eficazes de diagnóstico territorial. Diante disso, a presente pesquisa teve como o objetivo deste trabalho foi compreender a fragilidade ambiental emergente aplicada ao uso e ocupação do relevo no entorno da Serra do Bauzinho, localizada entre os limites municipais de Capinópolis-MG e Ituiutaba-MG. A metodologia consistiu na realização de revisão bibliográfica, com base em autores clássicos e contemporâneos da Fragilidade Ambiental, na realização de trabalhos de campo para reconhecimento da área e posterior validação dos mapeamentos, bem como na produção de cartas temáticas com o uso do software QGIS versão 3.28.15. Os planos de informação considerados incluíram o Mapa Pedológico, Mapa de Declividade, Compartimentação Geomorfológica, Níveis Pluviométricos e Uso e Cobertura do Solo, todos vetorizados, ajustados e classificados com base em critérios estabelecidos na literatura. A integração dos planos foi realizada por meio de álgebra de mapas, resultando na Carta de Fragilidade Ambiental Emergente. A fragilidade ambiental emergente da área do entorno da Serra do Bauzinho foi determinada com base na álgebra de mapas entre os planos de informação referentes aos tipos de solos, declividades, compartimentação geomorfológica, níveis pluviométricos e uso e cobertura do solo. Os dados foram processados no software QGIS 3.28 e organizados em cinco classes de fragilidade, variando de muito baixa a muito alta. O resultado final é apresentado na Figura 7. A classe de fragilidade muito alta abrange 34,02 km² e está concentrada principalmente nas áreas destinadas a lavouras temporárias, cuja extensão total corresponde a 18,90 km² da área de estudo. Essa classe reflete o intenso grau de perturbação do meio físico, associado ao uso intensivo do solo agrícola em áreas com características naturais mais suscetíveis. A classe de fragilidade alta compreende 51,63 km², com significativa predominância sobre as áreas de pastagens, que totalizam 85,70 km². Nessas áreas, embora o uso seja menos intensivo que nas lavouras, a pressão antrópica ainda é significativa, resultando em fragilidade elevada, especialmente nas vertentes onduladas com solos menos coesos. A classe de fragilidade média ocupa 27,24 km², sendo encontrada principalmente em vertentes de relevo suave e nos topos suavemente ondulados. Essas regiões apresentam uso diversificado do solo, incluindo pastagens menos densas e fragmentos de vegetação, configurando uma condição intermediária de estabilidade. A classe de fragilidade baixa aparece em 20,54 km²,

¹ Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia - UFU, mateusvbelchior@ufu.br;

² Professora orientadora: Doutora pelo Curso de Geografia da Universidade Estadual Paulista - UNESP, lecpgeo@ufu.br.



associada a áreas de relevo plano e com menor intervenção antrópica, especialmente nos topos tabuliformes da Serra do Bauzinho. Por fim, a fragilidade muito baixa corresponde a apenas 1,84 km², restrita a pequenas áreas estáveis e com cobertura vegetal mais preservada. A análise espacial das classes de fragilidade emergente evidencia que as maiores áreas de fragilidade estão vinculadas ao uso antrópico do solo, particularmente nas lavouras e pastagens, em combinação com atributos físicos como elevada declividade e solos.

INTRODUÇÃO

O relevo sempre exerceu papel determinante na forma como os grupos humanos se relacionam com a natureza. Suas características físicas condicionaram, ao longo da história, decisões fundamentais como o assentamento de moradias, a escolha de rotas de circulação e a delimitação de áreas de uso e apropriação do espaço (MARQUES, 2009). A forma do terreno influencia diretamente a ocupação e a mobilidade, além de definir áreas mais favoráveis à permanência ou ao deslocamento. Mesmo nas sociedades contemporâneas, em contextos marcados pela urbanização e pelo avanço das tecnologias, o relevo continua sendo um fator que orienta a expansão territorial, o parcelamento do solo e os processos produtivos.

A compreensão geográfica do relevo parte da análise de suas formas, que apresentam variações no tempo e no espaço. Essas formas não são fixas nem homogêneas, pois resultam da atuação combinada de elementos como a estrutura geológica, o clima, os solos, a vegetação e os fluxos hídricos. A configuração do relevo expressa, portanto, um conjunto de interações que revela o dinamismo da paisagem e a diversidade dos padrões morfodinâmicos (ROSS, 1990). Mesmo que, à primeira vista, determinadas feições aparentem estabilidade, seu comportamento é regido por processos contínuos de transformação, sendo diretamente afetado pelas condições naturais e pelas intervenções humanas.

A análise do relevo como recurso natural envolve sua inserção nas práticas de planejamento ambiental. Por integrar a paisagem geográfica, ele assume papel central na definição de políticas de uso do solo e na delimitação de áreas ambientalmente sensíveis. Suertegaray (2002) afirma que o relevo deve ser compreendido como elemento estruturador das relações entre sociedade e natureza, sendo indispensável nas estratégias de ordenamento e gestão territorial. Aspectos como declividade, orientação de vertentes,



altitude e compartimentação condicionam a dinâmica dos processos erosivos, a estabilidade das encostas, a circulação de águas superficiais e a conservação dos solos.

As formas do relevo interferem diretamente nos modos de uso da terra e na organização dos territórios rurais e urbanos. Ross (2009) destaca que há uma relação direta entre feições do terreno e padrões de ocupação, principalmente quando se considera o uso agrícola. Áreas mais planas tendem a concentrar as atividades produtivas, por permitirem o uso de maquinário e a intensificação das práticas agropecuárias, enquanto regiões com declividades acentuadas impõem restrições ao uso intensivo e exigem manejo diferenciado. Essa relação contribui para os estudos de fragilidade ambiental, nos quais o relevo passa a ser um parâmetro fundamental para avaliar o grau de vulnerabilidade dos espaços frente à ação antrópica.

Estudos que articulam as formas de uso e ocupação do relevo com a análise da fragilidade ambiental têm demonstrado relevância para a compreensão das dinâmicas territoriais e dos impactos antrópicos sobre áreas sensíveis. A proposta metodológica desenvolvida por Ross (1994) destaca que o relevo, por meio de seus atributos morfométricos, como declividade, altitude e compartimentação, condiciona o grau de vulnerabilidade do meio físico frente às ações humanas.

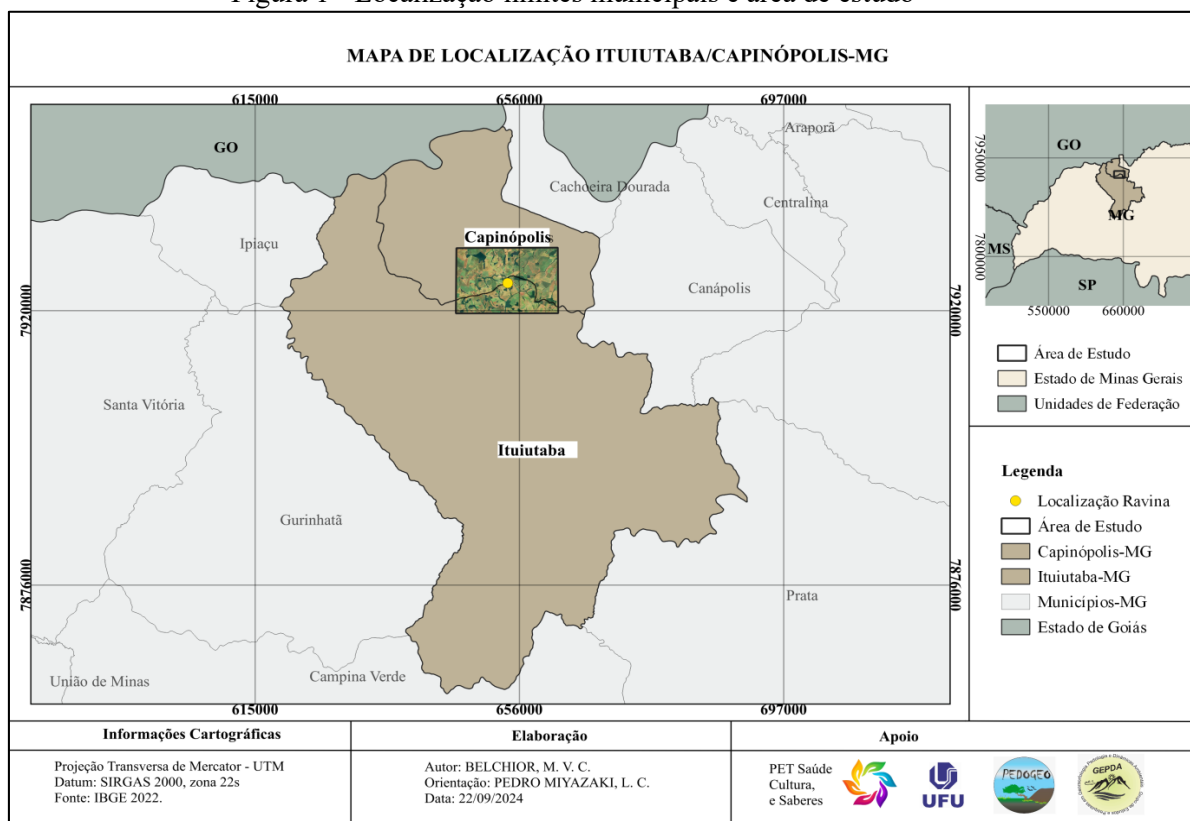
Segundo Ross (1994), o relevo atua como condicionante dos processos ambientais, sendo diretamente influenciado pelas formas de uso e ocupação do solo. A interação entre as feições morfológicas, como declividades acentuadas e práticas antrópicas que contribuem para o aumento da fragilidade ambiental emergente, especialmente em áreas suscetíveis à erosão e degradação.

O estudo da fragilidade ambiental aplicada ao uso e ocupação do relevo no entorno da Serra do Bauzinho justifica-se tanto pelas evidências de instabilidade superficial observadas na área quanto pela relevância ambiental e cultural que esse relevo representa. A Serra do Bauzinho localiza-se entre os limites dos municípios de Capinópolis-MG e Ituiutaba-MG (Figura 1), constituindo uma formação residual do tipo tabuliforme que integra a geodiversidade regional.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

Figura 1 - Localização limites municipais e área de estudo



Fonte: IBGE 2022. Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024

Além do valor geomorfológico, a Serra do Bauzinho exerce forte significado simbólico e espiritual para a população local. De acordo com Portuguese e Wolf (2020), a presença de paisagens imponentes, como os relevos residuais, está frequentemente associada a manifestações religiosas e culturais. Essas formações naturais influenciam percepções, comportamentos e práticas sociais, muitas vezes permeadas por lendas, crenças e elementos simbólicos que reafirmam a conexão entre o espaço natural e o sagrado. Em determinados contextos, essa paisagem expressa simultaneamente a imponência do relevo e o caráter espiritual atribuído a ele.

Tendo em vista, o objetivo deste trabalho foi compreender a fragilidade ambiental aplicada ao uso e ocupação do relevo no entorno da Serra do Bauzinho, localizada entre os limites municipais de Capinópolis-MG e Ituiutaba-MG.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

A metodologia adotada nesta pesquisa fundamentou-se em uma abordagem integrada, combinando revisão bibliográfica, análise cartográfica, atividades de campo e



procedimentos de gabinete. A etapa inicial consistiu em uma revisão bibliográfica voltada à fundamentação teórica dos conceitos de fragilidade ambiental e uso e ocupação do relevo, com base em autores Ross (1994), cuja metodologia de análise da fragilidade dos ambientes naturais tornou-se referência no contexto brasileiro. Essa fundamentação permitiu a definição das variáveis ambientais a serem utilizadas, bem como a compreensão da dinâmica entre os elementos naturais e antrópicos presentes na área de estudo.

A etapa seguinte envolveu o trabalho de campo, dividido em dois momentos distintos. O primeiro consistiu no reconhecimento preliminar da área da Serra do Bauzinho e de seu entorno, com o objetivo de observar in loco as feições do relevo, os padrões de uso e ocupação do solo e os indícios de instabilidade ambiental superficial. Em seguida, foi realizado um segundo trabalho de campo, voltado à conferência e validação dos dados cartográficos e dos mapeamentos elaborados em ambiente de gabinete. Essa etapa teve papel fundamental na verificação da correspondência entre os dados espaciais e a realidade observada, assegurando maior precisão aos resultados da pesquisa.

Os mapeamentos temáticos foram realizados por meio do software QGIS, versão 3.28.15, utilizando-se dados obtidos de fontes oficiais, como o IBGE e a CPRM, além de informações levantadas em campo. Para a elaboração da Carta de Fragilidade Ambiental Potencial (CFP), foram produzidos e tratados os seguintes mapas: Mapa Pedológico (MP), Mapa de Declividade (MD), Mapa Geomorfológico (MG) e Mapa Pluviométrico (MPL). Esses mapas foram integrados por meio da álgebra de mapas e da calculadora raster, seguindo a equação $CFP = (MP + MD + MG + MPL) / 4$. Essa análise possibilitou avaliar a suscetibilidade natural da área, considerando apenas os elementos físicos da paisagem.

A análise da fragilidade ambiental emergente foi obtida mediante a inclusão da variável antrópica, representada pelo Mapa de Uso e Ocupação do Solo (MUOS), resultando na fórmula $FAE = (MP + MD + MG + MPL + MUOS) / 5$. A inclusão dessa camada permitiu compreender a resposta do meio frente à interferência humana, ampliando o diagnóstico para além dos aspectos naturais. As classes de fragilidade foram definidas em cinco níveis: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta, conforme a intensidade de vulnerabilidade do sistema ambiental.



Por fim, o trabalho de gabinete sintetizou os dados os com base em uma análise integrada que buscou articular as feições morfológicas do relevo, os padrões de uso e ocupação do solo e os níveis de fragilidade identificados.

REFERENCIAL TEÓRICO

O conceito de fragilidade ambiental constitui uma ferramenta fundamental para a análise das dinâmicas territoriais, na medida em que permite avaliar a capacidade dos ambientes naturais em responder às pressões decorrentes do uso e ocupação humana. Essa noção parte da compreensão de que as características físicas do meio influenciam diretamente sua estabilidade frente às transformações impostas pelas ações antrópicas, o que a torna indispensável nos processos de gestão e planejamento ambiental.

No Brasil, grande parte das abordagens metodológicas sobre fragilidade ambiental baseia-se na proposta desenvolvida por Ross (1994), fortemente ancorada na ecodinâmica de Tricart (1977). Ross compreende a fragilidade como a predisposição dos ambientes ao desequilíbrio em razão de suas características naturais combinadas à intensidade da interferência humana. Para o autor, os ambientes em estado de equilíbrio dinâmico podem se tornar instáveis diante de pressões externas, sendo essa resposta modulada por suas condições genéticas e estruturais.

Ainda segundo Ross, a análise ambiental deve se basear na Teoria Geral dos Sistemas, considerando que os elementos da natureza interagem em constante troca de energia e matéria. Quando essas trocas são alteradas pelas ações humanas, ocorrem distúrbios que podem comprometer temporariamente ou até de forma permanente, o equilíbrio dos sistemas naturais. Nesse sentido, a fragilidade expressa o grau de resistência ou vulnerabilidade de um ambiente às modificações externas.

A operacionalização da metodologia de Ross (1994) se dá por meio da distinção entre dois tipos principais de instabilidade: a potencial e a emergente. A primeira diz respeito a ambientes que, embora equilibrados, apresentam suscetibilidade à degradação se submetidos a determinadas intervenções. A segunda refere-se aos ambientes já impactados, seja por fatores naturais intensos, seja por atividades antrópicas. Essa diferenciação é fortemente inspirada no conceito de Unidades Ecodinâmicas formulado por Tricart (1977), permitindo analisar a paisagem com base em seus processos pedogenéticos, morfodinâmicos, climáticos e hidrológicos.



Outros autores também ampliam essa discussão. Spörl (2001) destaca que a análise da fragilidade ambiental é relevante para subsidiar o ordenamento territorial e evitar formas de ocupação desordenada, especialmente em áreas sensíveis a processos erosivos. Nesse mesmo sentido, Ghezzi (2003) ressalta que ambientes frágeis se caracterizam por sua baixa capacidade de recuperação frente aos impactos, sendo necessário um planejamento mais criterioso para sua utilização.

Tamanini (2008) reforça que a fragilidade ambiental resulta tanto de fatores internos – como a dinâmica própria dos ambientes naturais e a presença de declividades acentuadas – quanto de fatores externos, como o uso inadequado do solo. A autora ressalta que esses dois elementos interagem diretamente, potencializando os riscos de degradação.

Fushimi (2012; 2016) contribui com a aplicação do conceito ao contexto da erosão linear e dos processos morfodinâmicos, demonstrando como a fragilidade ambiental resulta da combinação entre atributos naturais (como tipo de solo e cobertura vegetal) e o grau de intervenção humana. Essa perspectiva é reforçada por Pedro Miyazaki (2014), que amplia o entendimento da fragilidade ao incluir os contextos urbanos e sociais. A autora considera que a fragilidade não é apenas uma condição natural, mas também uma construção resultante das formas de apropriação e uso do território, especialmente nos espaços urbanos e periurbanos.

Ainda que autores como Santos e Sobreira (2008) reconheçam aproximações entre os conceitos de fragilidade e vulnerabilidade, este trabalho mantém uma distinção conceitual clara: a fragilidade ambiental é tratada como uma condição física do meio, relacionada à sua capacidade de suporte e à sua resposta às pressões ambientais, não sendo confundida com aspectos sociais ou econômicos.

Dessa forma, a fragilidade ambiental, tal como estruturada por Ross (1994) e complementada por autores como Spörl (2001), Ghezzi (2003), Tamanini (2008), Fushimi (2012; 2016) e Pedro Miyazaki (2014), consolida-se como uma abordagem metodológica robusta para avaliar os limites naturais do território e orientar estratégias de uso e conservação compatíveis com a sustentabilidade dos sistemas ambientais.

O conceito de fragilidade ambiental constitui uma ferramenta fundamental para a análise das dinâmicas territoriais, na medida em que permite avaliar a capacidade dos ambientes naturais em responder às pressões decorrentes do uso e ocupação humana. Essa



noção parte da compreensão de que as características físicas do meio influenciam diretamente sua estabilidade frente às transformações impostas pelas ações antrópicas, o que a torna indispensável nos processos de gestão e planejamento ambiental.

No Brasil, grande parte das abordagens metodológicas sobre fragilidade ambiental baseia-se na proposta desenvolvida por Ross (1994), fortemente ancorada na ecodinâmica de Tricart (1977). Ross compreende a fragilidade como a predisposição dos ambientes ao desequilíbrio em razão de suas características naturais combinadas à intensidade da interferência humana. Para o autor, os ambientes em estado de equilíbrio dinâmico podem se tornar instáveis diante de pressões externas, sendo essa resposta modulada por suas condições genéticas e estruturais.

Ainda segundo Ross, a análise ambiental deve se basear na Teoria Geral dos Sistemas, considerando que os elementos da natureza interagem em constante troca de energia e matéria. Quando essas trocas são alteradas pelas ações humanas, ocorrem distúrbios que podem comprometer temporariamente ou até de forma permanente, o equilíbrio dos sistemas naturais. Nesse sentido, a fragilidade expressa o grau de resistência ou vulnerabilidade de um ambiente às modificações externas.

A operacionalização da metodologia de Ross (1994) se dá por meio da distinção entre dois tipos principais de instabilidade: a potencial e a emergente. A primeira diz respeito a ambientes que, embora equilibrados, apresentam suscetibilidade à degradação se submetidos a determinadas intervenções. A segunda refere-se aos ambientes já impactados, seja por fatores naturais intensos, seja por atividades antrópicas. Essa diferenciação é fortemente inspirada no conceito de Unidades Ecodinâmicas formulado por Tricart (1977), permitindo analisar a paisagem com base em seus processos pedogenéticos, morfodinâmicos, climáticos e hidrológicos.

Outros autores também ampliam essa discussão. Spörl (2001) destaca que a análise da fragilidade ambiental é relevante para subsidiar o ordenamento territorial e evitar formas de ocupação desordenada, especialmente em áreas sensíveis a processos erosivos. Nesse mesmo sentido, Ghezzi (2003) ressalta que ambientes frágeis se caracterizam por sua baixa capacidade de recuperação frente aos impactos, sendo necessário um planejamento mais criterioso para sua utilização.

Tamanini (2008) reforça que a fragilidade ambiental resulta tanto de fatores internos – como a dinâmica própria dos ambientes naturais e a presença de declividades



acentuadas – quanto de fatores externos, como o uso inadequado do solo. A autora ressalta que esses dois elementos interagem diretamente, potencializando os riscos de degradação.

Fushimi (2012; 2016) contribui com a aplicação do conceito ao contexto da erosão linear e dos processos morfodinâmicos, demonstrando como a fragilidade ambiental resulta da combinação entre atributos naturais (como tipo de solo e cobertura vegetal) e o grau de intervenção humana. Essa perspectiva é reforçada por Pedro Miyazaki (2014), que amplia o entendimento da fragilidade ao incluir os contextos urbanos e sociais. A autora considera que a fragilidade não é apenas uma condição natural, mas também uma construção resultante das formas de apropriação e uso do território, especialmente nos espaços urbanos e periurbanos.

Ainda que autores como Santos e Sobreira (2008) reconheçam aproximações entre os conceitos de fragilidade e vulnerabilidade, este trabalho mantém uma distinção conceitual clara: a fragilidade ambiental é tratada como uma condição física do meio, relacionada à sua capacidade de suporte e à sua resposta às pressões ambientais, não sendo confundida com aspectos sociais ou econômicos.

Dessa forma, a fragilidade ambiental, tal como estruturada por Ross (1994) e complementada por autores como Spörl (2001), Ghezzi (2003), Tamanini (2008), Fushimi (2012; 2016) e Pedro Miyazaki (2014), consolida-se como uma abordagem metodológica robusta para avaliar os limites naturais do território e orientar estratégias de uso e conservação compatíveis com a sustentabilidade dos sistemas ambientais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, será apresentado o mapeamento da área de estudo, contemplando a distribuição dos solos, as classes de declividade, os compartimentos geomorfológicos, as características climáticas e o uso e cobertura do solo. Após cada representação temática, serão atribuídas as respectivas classes de fragilidade, conforme a metodologia proposta por Ross (1994).

Mapeamento pedológico

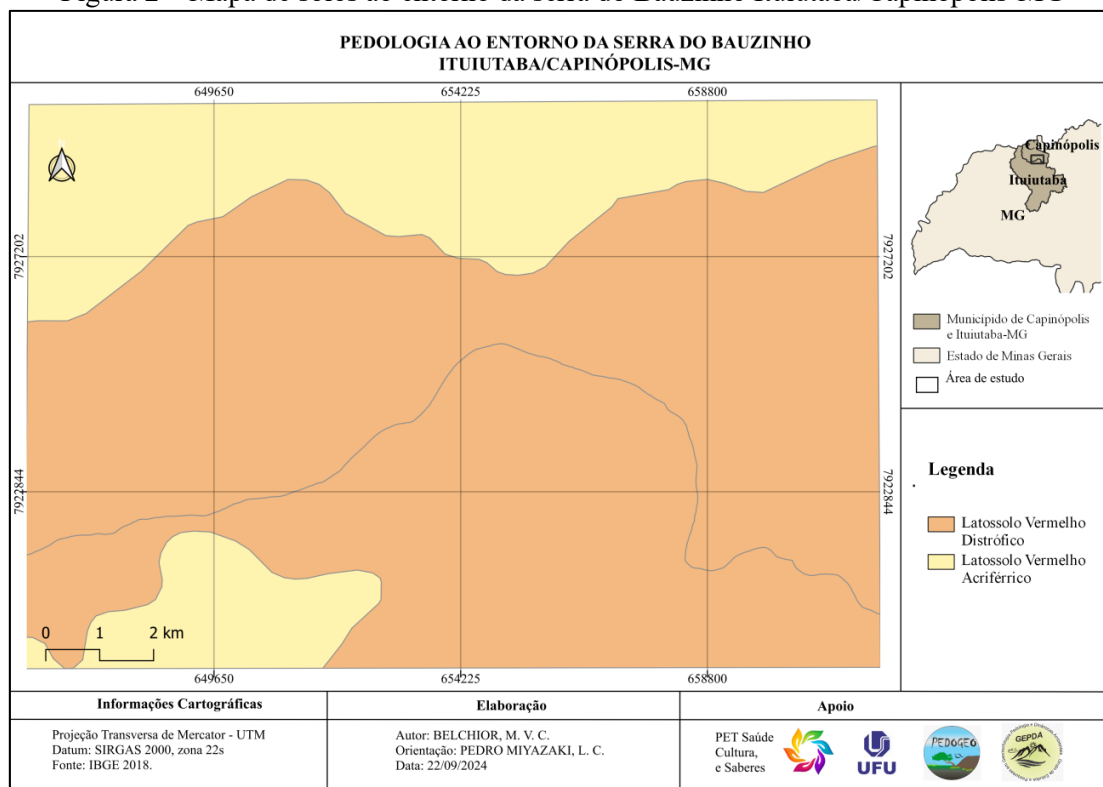
A caracterização dos solos (mapa 6) ao entorno da Serra do Bauzinho, foi baseada nos dados do IBGE (2018) com escala de 1:250.000. Indica que os solos predominantes no local são o Latossolo Vermelho Distrófico e o Latossolo Vermelho Acriférico.

Segundo a Embrapa (1996) Os latossolos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico precedido de qualquer tipo de horizonte A dentro

de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura.

Quanto aos Os latossolos vermelhos também é classificado pela Embrapa (1996) como solos de matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

Figura 2 – Mapa de solos ao entorno da serra do Bauzinho Ituiutaba/Capinópolis-MG



Fonte: IBGE 2018. Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024

Em um estudo de erosão linear realizado por Belchior (2024), foi caracterizado que, nesta área, os horizontes e as proporções de areia, silte e argila na área de erosão em forma de ravina são variados. O horizonte Ap1 contém 18,67% de argila, 77,37% de areia e 3,96% de silte, enquanto o Ap2 apresenta 20,67% de argila, 79,08% de areia e uma fração mínima de silte, com 0,25%. Esses horizontes possuem uma textura arenosa, com teor moderado de argila e baixo de silte.

Nos horizontes Bw1, Bw2 e Bw3, característicos do B Latossólico em solos intemperizados com baixa concentração de argila em profundidade, os teores variam: o Bw1 contém 18% de argila, 79,39% de areia e 3,61% de silte; o Bw2 possui 19,33% de argila, 75,55% de areia e 5,12% de silte; e o Bw3 apresenta uma menor quantidade de argila, com 14,67%, uma alta presença de areia, com 73,36%, e o maior teor de silte entre



os horizontes, com 11,97%. Os estudos do autor também indicaram que o tipo de solo predominante na área de coleta é o Latossolo Vermelho.

De acordo com Assis e Bahia (1998), a textura do solo corresponde à distribuição quantitativa das classes de tamanhos das partículas do solo, que apresentam variações nas proporções de areia, silte e argila.

A partir de um levantamento pedológico realizado por Calderano Filho et al. (2015), é possível afirmar que o solo predominante na área de estudo é o Latossolo Vermelho Escuro.

Na tabela abaixo (tabela 1) é possível compreender as classes de fragilidade para determinados tipos de solo. A partir do mapeamento realizado (mapa 6) foi possível determinar a fragilidade, sendo ela “1 – muito baixa”.

Tabela 1 – Classes de fragilidade dos tipos de solos Ross

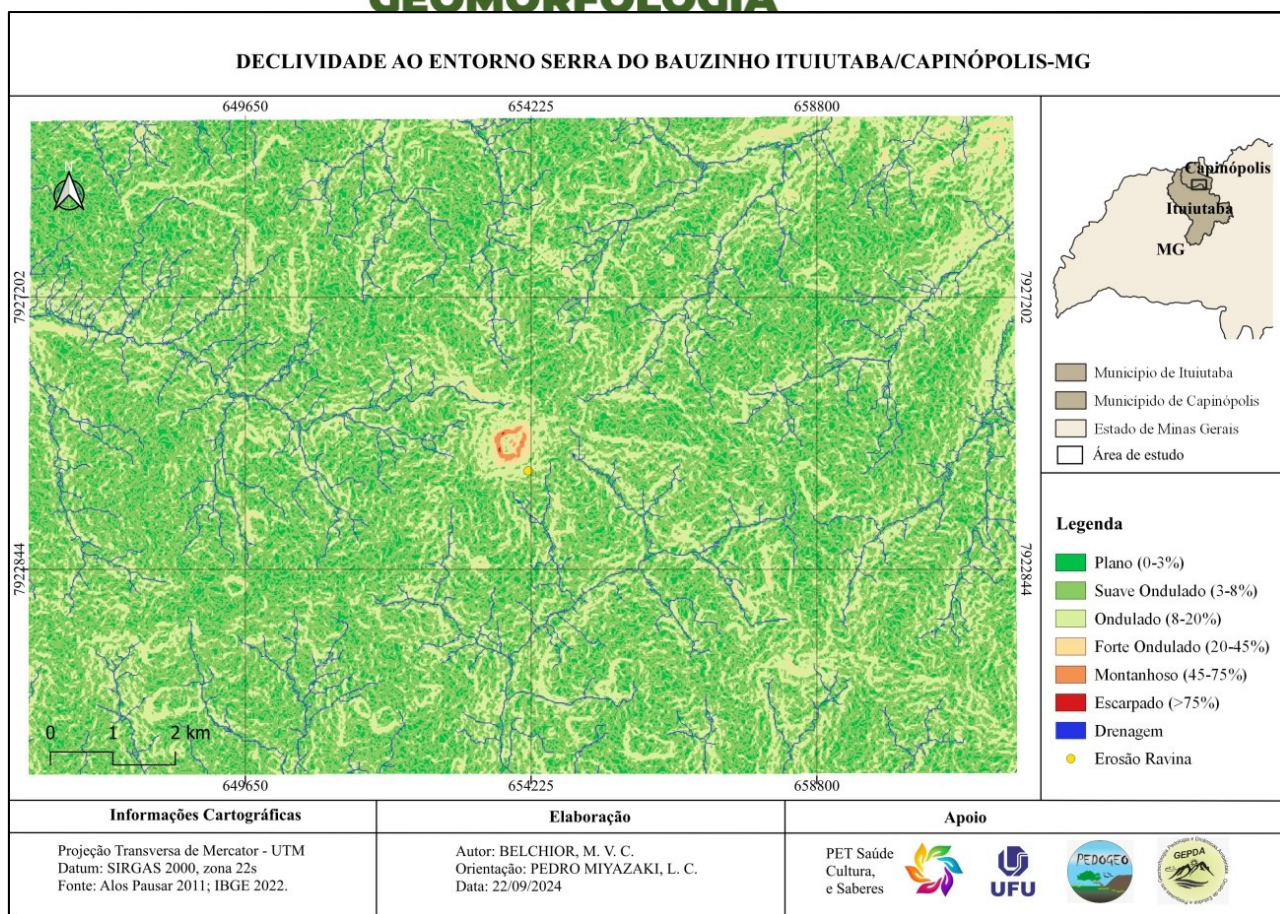
CLASSES DE FRAGILIDADE	TIPOS DE SOLOS
1 muito baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-Escuro ou Vermelho-Amarelo textura argilosa
2 baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho-Amarelo
3 média	Latossolo Vermelho-Amarelo, Terra roxa
4 forte	Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/arenosa e Cambissolos
5 muito forte	Podzolizados com cascalhos, Litólicos e Areias Quartzosas

Fonte: ROSS (1994). Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024

Mapeamento da declividade

A partir do mapeamento de declividade (mapa 4) realizado na área de estudo foi possível compreender as variações topográficas e suas implicações para o uso do solo. O estudo categorizou a relevância da área em seis classes de orientação, sendo, plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso, e escarpado EMBRAPA (1979).

Mapa 4 – Mapa de declividade ao entorno da Serra do Bauzinho Ituiutaba/Capinópolis-MG



Fonte: Alos Pausar 2011; IBGE 2022. Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024

Na paisagem ao entorno da Serra do Bauzinho, o relevo predominante é o suave ondulado, representando 59,33% da área total com 98,26 km² (tabela 6). Esta categoria possui inclinações de 3% a 8%. A segunda maior categoria é o relevo ondulado, com 24,92% da área, equivalente a 41,28 km², caracterizando os fundos de vales com inclinações de 8% a 20%, onde está localizado a erosão linear estudada. O relevo plano, menos predominante, ocupa 15,17% da área com 25,14 km², apresentando inclinações inferiores a 3%, comum nas regiões de topo. As categorias de relevo mais íngreme, como forte ondulado, montanhoso e escarpado, compõem uma pequena fração da área total, onde está localizado o relevo residual do tipo tabuliforme.

Tabela 2 – Área total referentes as classes de declividade.

Tipo de Relevo	Classes de Declive	Área (km ²)	%
Plano	(0-3%)	25,142	15.17%
Suave Ondulado	(3-8%)	98,263	59.33%
Ondulado	(8-20%)	41,275	24.92%
Forte Ondulado	(20-45%)	0,845	0.51%
Montanhoso	(45-75%)	0,104	0.06%



Escarpado	(>75%)	0,004	0.002%
Total		165,633	

Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024

A declividade com as classes propostas na metodologia foi possível identificar que o relevo destaca uma predominância de áreas com inclinação muito fraca (tabela 7), que ocupa aproximadamente 92 km² do território, seguido por terrenos de inclinação fraca, com cerca de 166 km², indicando que a maior parte da área apresenta baixa inclinação. Em contraste, as áreas de declividade média cobrem aproximadamente 15 km², sinalizando uma transição para inclinações mais acentuadas, embora ainda moderadas. As áreas com declividades mais elevadas, classificadas como fortes (entre 20% e 30%) e muito fortes (acima de 30%), são menores, ocupando apenas frações mínimas do território, em torno de 1 km² e 0,4 km², sendo referentes ao relevo residual Serra do Bauzinho.

Tabela 9 – Fragilidade das classes de declividade dos tipos de solos Ross

Classes	%	Área (Km²)
Muito Fraca	até 6%	92,40 km ²
Fraca	de 6 a 12%	166,37 km ²
Média	de 12 a 20%	15,71 km ²
Forte	de 20 a 30%	1,13 km ²
Muito Forte	acima de 30%	0,40 km ²
Total		165,633 km ²

Fonte: ROSS (1994). Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024

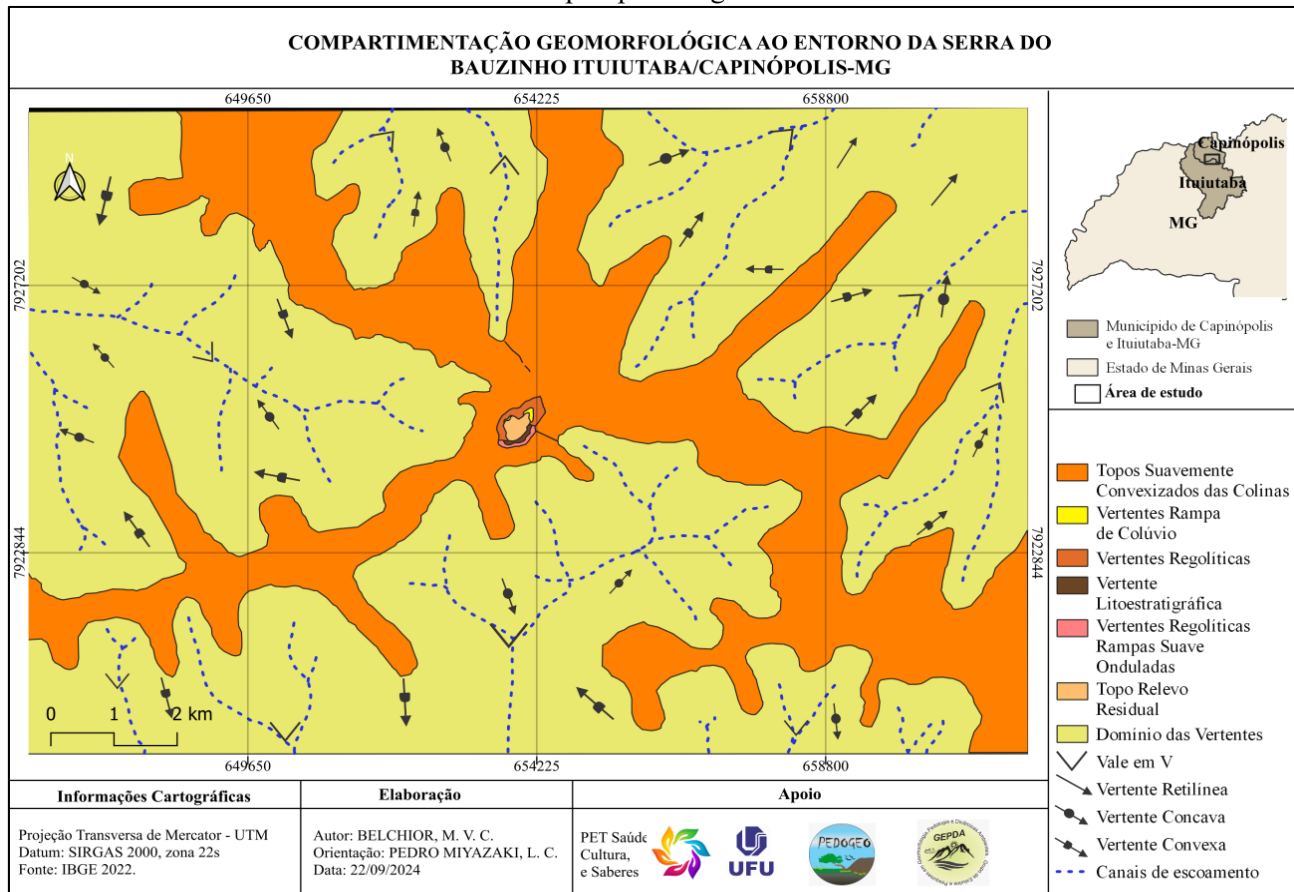
Mapeamento geomorfológico

Também foi realizado um mapeamento geomorfológico (figura 5) na área de estudo. Segundo Nunes, Freire e Perez (2006), o mapeamento geomorfológico é uma ferramenta essencial para a pesquisa de relevos, pois auxilia nos diagnósticos e prognósticos tanto de áreas urbanas quanto rurais, sendo o nível de detalhamento do mapa definido pela extensão da área analisada.

A partir do mapeamento geomorfológico, foram identificados os seguintes compartimentos geomorfológicos: topos suavemente convexizados das colinas, topos de relevo residual, vertente associada a rampa de colúvio, vertentes regolíticas, vertentes

litólicas, vertentes regolíticas com rampas suave onduladas, vertente retilínea, vertente côncava, vertente convexa, e vales em V associados aos canais de escoamento.

Mapa 5 - Mapa compartimentação geomorfológica ao entorno da Serra do Bauzinho Ituiutaba/Capinópolis-MG



Fonte: IBGE 2022; Google Earth Pro. Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024

O mapa dos compartimentos geomorfológicos também foi reclassificado seguindo os padrões da tabela abaixo (tabela 10)

Tabela 10 – Classes de fragilidade das feições geomorfológicas km²

Feição Geomorfológica	Nível de Fragilidade	km²
Topos	1 - Muito Baixo	47,80 km²
Vertentes Convexas	3 - Médio	43,59 km²
Topos Tabuliforme Vertentes Retilíneas	4 - Alto	3,51 km²
Vertentes Côncavas Vertentes Regolíticas Vertentes Litoestratigráficas	5 - Muito Alto	70,11 km²

Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024



As vertentes do domínio dos topos tabuliforme, regolíticas, e litólicas (tabela 08) foram reclassificadas como alto devido o grau de declividade ser maior que 30%.

A análise das classes de fragilidade das feições geomorfológicas na área de estudo revela uma distribuição variada das áreas em relação aos diferentes níveis de fragilidade. Os topos apresentam o menor nível de fragilidade, classificado como "Muito Baixo", com uma área significativa de 47,80 km², indicando estabilidade relativa. As vertentes convexas foram classificadas como de fragilidade "Média", abrangendo 43,59 km², evidenciando uma transição entre áreas mais estáveis e instáveis. Os topos tabuliformes, devido à sua configuração específica, mostram fragilidade "Alta", ocupando uma área de 3,51 km², sendo a menor área registrada na análise. Por outro lado, as vertentes côncavas apresentam o maior nível de fragilidade, classificado como "Muito Alto", com 70,11 km²,

Mapeamento do clima

Os estudos de fragilidade são realizados levantamentos pluviométricos. Os elementos climáticos do município de Ituiutaba foram analisados por Mendes e Queiroz (2011) no período de 1987 a 2009, revelando uma média pluviométrica anual de 1432 mm. Desses, 1222 mm (85%) estão concentrados entre os meses chuvosos do primeiro e último semestres do ano, enquanto os meses de abril a setembro, correspondentes ao período seco, acumulam apenas 210,8 mm (15%) do total anual. Logo atingindo a fragilidade “médio”, conforme a tabela acima.

Para o clima, não foi realizado o mapeamento específico, pois utilizou-se a média de chuvas anuais. Para a adição na álgebra de mapas, criou-se um polígono com as dimensões da área de estudo, contendo sua respectiva classe de fragilidade.

Mapeamento de uso e cobertura do solo

A análise do uso e cobertura do solo é de extrema importância para a determinação da fragilidade de uma área. Visto que através dos graus de proteção proposto por Ross (1994) revelam as ações antrópicas de ocupação e seus impactos nas áreas.

Segundo Rocha (1991) apud Rodrigues (1997), o reconhecimento das formas de uso da terra é essencial para o planejamento, permitindo direcionar políticas de ocupação do espaço que visem melhorar e manter as condições de vida atuais e futuras. Os dados sobre o uso da terra são considerados indispensáveis na análise de processos e problemas ambientais.

A análise do uso e ocupação do solo ao redor da Serra do Bauzinho revela uma predominância de lavoura temporária, que ocupa 81,13 km² (tabela 2) da área total,

refletindo em sua relevância econômica. Em seguida, a pastagem é também um uso expressivo, com 48,75 km², indicativo das práticas agropecuárias da região. Conforme Nascimento (2006), a configuração do uso do solo nessas áreas está diretamente ligada ao valor econômico-social das atividades desenvolvidas, e essa organização espacial resulta em impactos ambientais, como a degradação dos recursos naturais, provocando mudanças socioambientais significativas na região.

Tabela 11 – Área total referente ao uso do solo

Uso e Cobertura do Solo	Área (km ²)	%
Formação Florestal	15,504	9,362
Formação Savânica	3,981	2,404
Silvicultura	1,084	0,654
Campo Alagado	1,849	1,116
Formação Campestre	0,006	0,004
Pastagem	48,751	29,439
Lavoura Temporária	81,129	48,991
Áreas Não Vegetadas	12,565	7,588
Outras Áreas Não Vegetadas	0,456	0,275
Córrego	0,277	0,167

Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024.

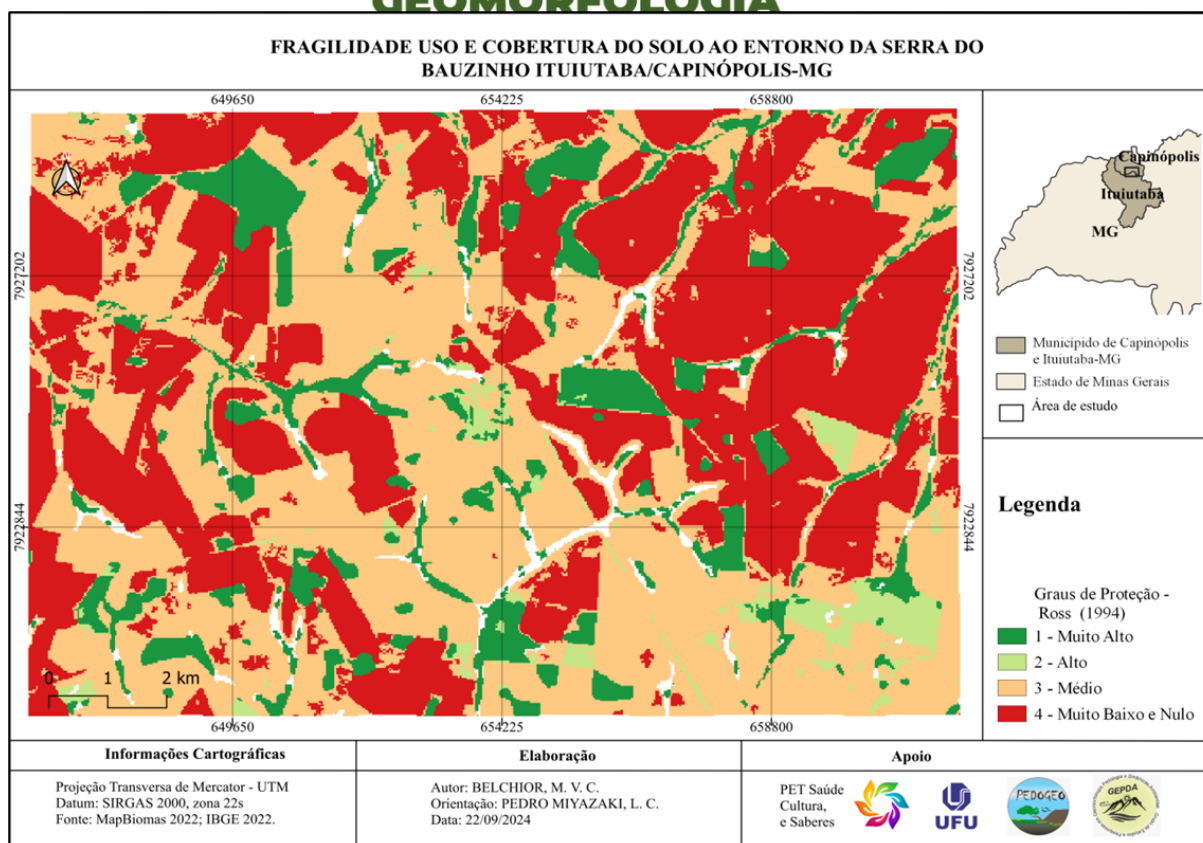
A partir dos graus de proteção estabelecidos por Ross (1994) representados na (tabela 12), foi possível gerar o mapa de fragilidade do uso e cobertura do solo (figura 6).

Tabela 12 – Graus de proteção por cobertura vegetal

GRAUS DE PROTEÇÃO	TIPOS DE COBERTURA VEGETAL
1	Florestas/Matas naturais, Florestas cultivadas com biodiversidade
2	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária Cerrado Denso, Capoeira Densa). Mata Homogênea de Pinus densa, Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como o cacau
3	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas.
4	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas) culturas de ciclo curto arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento).
5	Áreas desmatadas e queimadas re-centemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplenagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

Fonte: ROSS (1994). Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024.

Figura 6 – Mapa de Uso e Cobertura do Solo reclassificado segundo as classes de Ross(1994)



Fonte: IBGE, 2022; MapBiomias 2022. Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024

Na área de estudo, os graus de proteção definidos por Ross (1994) revelam diferentes níveis de uso e conservação. No grau baixo de proteção, correspondente ao nível 4, as culturas de ciclo longo de baixa densidade, caracterizadas como lavouras temporárias, ocupam cerca de 73,40 km², representando aproximadamente 45,07% da área total, indicando um uso intensivo, porém de menor conservação ambiental. Já o grau de proteção médio, classificado como nível 3, é representado pelo cultivo de ciclo longo em curvas de nível, configurando áreas de pastagem que abrangem cerca de 66,43 km², o que corresponde a aproximadamente 40,80% da área total. Esses graus refletem o equilíbrio entre as áreas de produção e os níveis de proteção ambiental na região, evidenciando uma diversidade de práticas agrícolas e de conservação.

Fragilidade Ambiental Emergente e a Ocupação do Relevo

A fragilidade ambiental emergente (Figura 7) foi determinada por meio da álgebra de mapas, a partir da integração de cinco planos de informação: solos, declividade, compartimentos geomorfológicos, níveis pluviométricos e uso e cobertura do solo. Esses elementos foram combinados utilizando-se a fórmula:

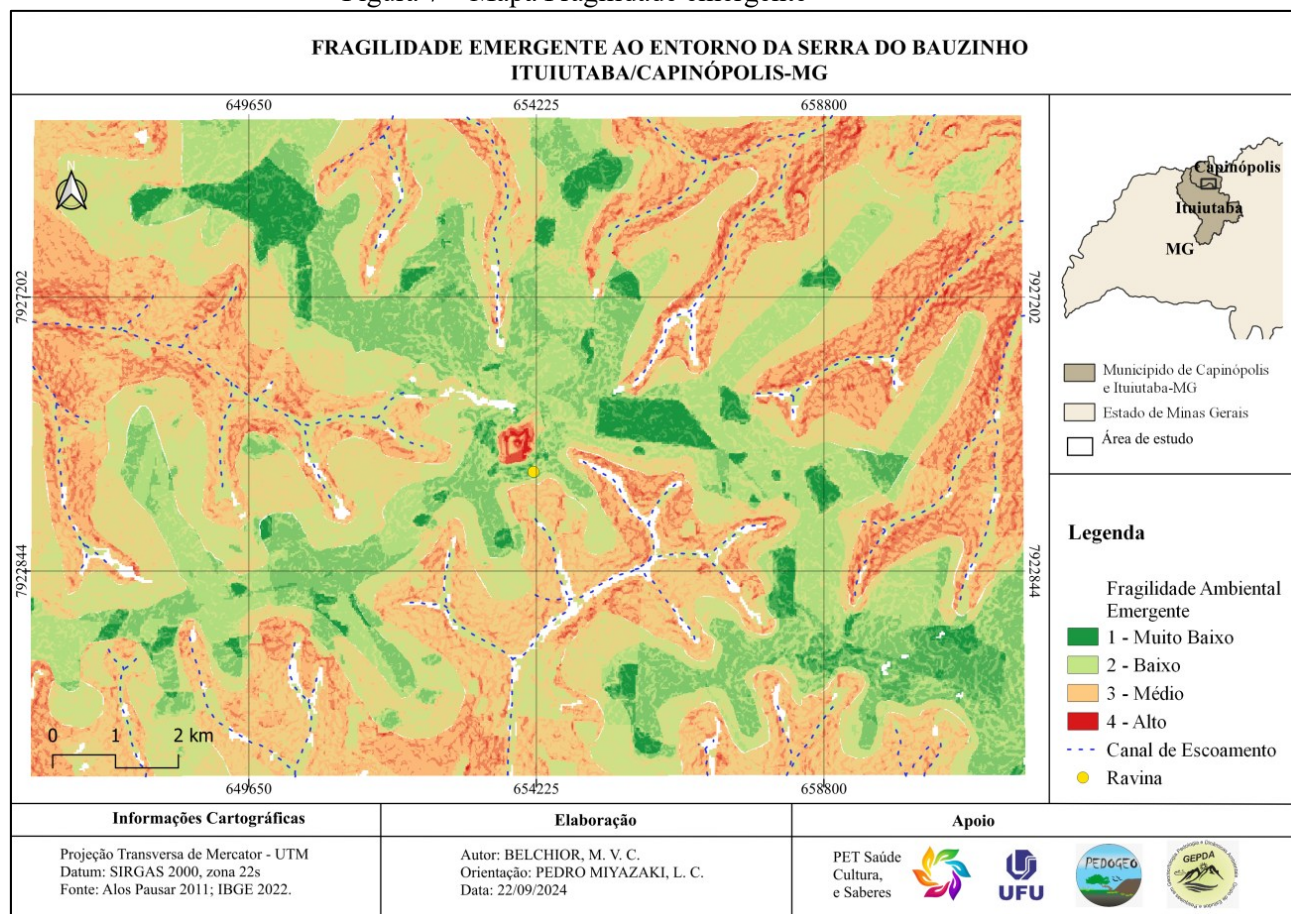


15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

(Solos + Declividade + Compartimentos Geomorfológicos + Níveis Pluviométricos + Uso e Cobertura do Solo) / 5 = Fragilidade Ambiental Emergente

Tal metodologia permitiu sintetizar as condições naturais e antrópicas da paisagem, expressando os diferentes níveis de fragilidade ambiental resultantes da interação entre os atributos físicos do terreno e o grau de interferência humana.

Figura 7 – Mapa Fragilidade emergente



Fonte: Alos Pausar 2011; MapBiomias/Sentinel 2022; IBGE 2022. Org. BELCHIOR, M. V. C.

2024

A análise do mapa acima, em conjunto com as informações do quadro um, permitiu identificar o grau de fragilidade na área de estudo. As vertentes côncavas apresentaram um grau de fragilidade muito alta, assim como as vertentes regolíticas e litoestratigráficas, influenciadas pela declividade superior a 30%.

Quadro 2 - Graus de fragilidade atribuídos para cada componente das variáveis consideradas.

Elementos das forma de relevo	Classes de Declividades (%)	Tipos de Solo	Precipitação	Classes de Uso e Cobertura da Terra	Nível de fragilidade
----------------------------------	-----------------------------------	------------------	--------------	--	-------------------------



Topos	até 6%	Latosolo-vermelho		Formação Florestal	Muito Baixo
-	De 6% a 12%	-	-	Formação savânica	Baixo
Vertentes Convexas	De 12% a 20%	-	Média anual 1432 mm	Pastagem	Médio
Vertentes Retilíneas Topos tabuliforme	De 20% a 30%	-	-	Lavouras temporárias	Alto
Vertentes Côncavas Vertentes Regolíticas Vertentes Litoestratigráficas	Acima de 30%	-	-	-	Muito Alto

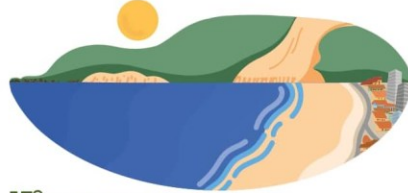
Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024.

As vertentes retilíneas, declividade de 20% até 30%, e áreas de topos tabuliformes estão caracterizadas como uma fragilidade “alta”, declividades de 6% a 12% possuindo uma baixa fragilidade, e áreas de topo (divisores de água), declividade até 6%, e latossolo vermelho possuindo um grau muito baixo.

As áreas de topo, declividade de até 6%, latossolo Vermelho, apresentam um grau de fragilidade muito baixo. Em seguida, as declividades de 6% a 12% possuem uma fragilidade classificada como baixa. Áreas de topos tabuliformes e vertentes retilíneas, com declividades de 20% a 30%, exibem uma fragilidade alta. Por fim, as vertentes côncavas, assim como as vertentes regolíticas e litólicas com declividades acima de 30%, são caracterizadas por um grau de fragilidade muito alto, evidenciando uma maior fragilidade nessas porções do relevo.

A importância de considerar as vertentes em estudos de fragilidade ambiental é evidente, tornando o mapeamento geomorfológico um recurso essencial para a elaboração de um Mapa de Fragilidade. Para estudos com maior nível de detalhe (como em escalas de 1:25.000, 1:10.000 e 1:5.000), Ross (1994) recomenda o uso de informações sobre as formas de vertentes e classes de declividade.

Em contrapartida, para escalas médias e pequenas (1:50.000, 1:100.000, 1:250.000 ou 1:500.000), utilizam-se os padrões e formas de relevo associados aos índices de dissecação, conforme indicado no Quadro 1. Esses procedimentos, definidos por Ross (1990 e 1992), fundamentam a abordagem teórica e técnica para o mapeamento

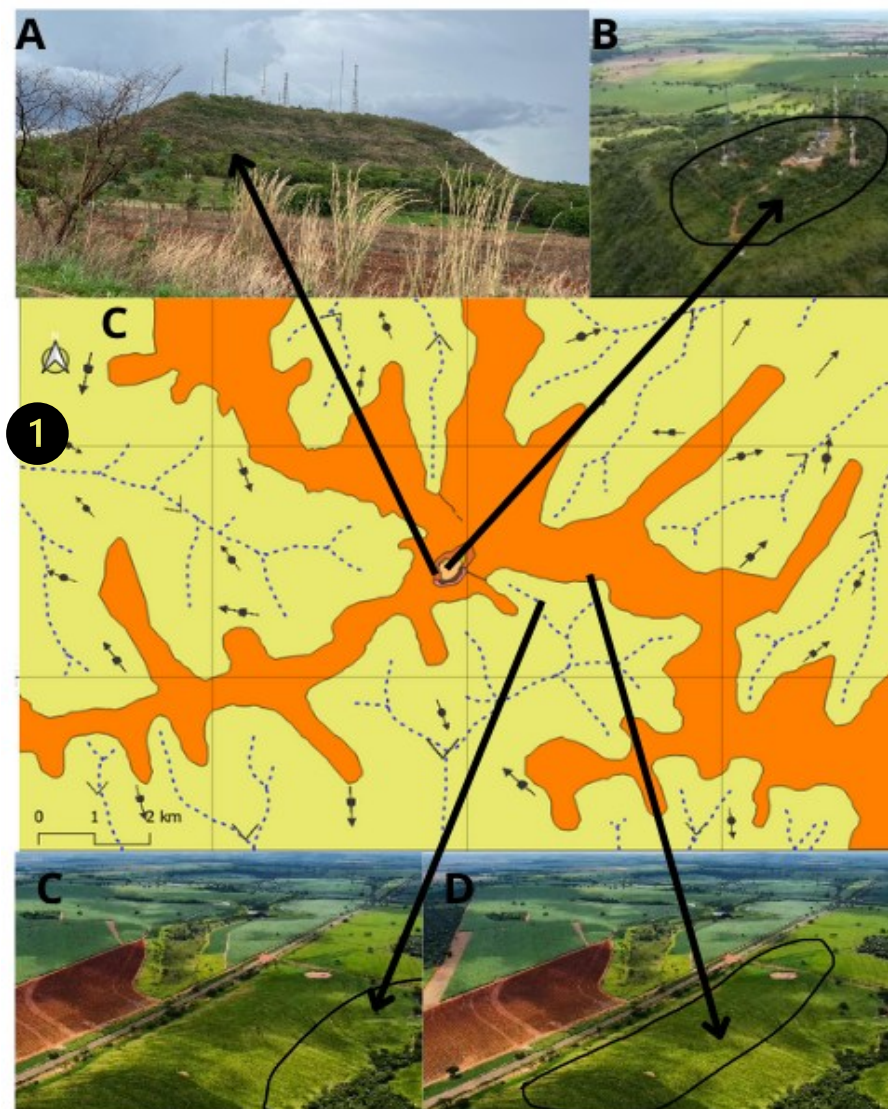


15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

geomorfológico e a análise genética, baseando-se em uma classificação taxonômica do relevo.

A imagem abaixo (figura 7) contém áreas representativas das vertentes de acordo com o mapeamento geomorfológico.

Figura 7 – Síntese da paisagem geomorfológica



A: relevo residual; B: topo do relevo residual; C vertente côncava; D Topo de colina suave ondulada; 1: compartimentos geomorfológicos.

Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024

A área de estudo possui topos mais estreitos, porém chapados, situados em sua parte mais elevada, são típicos dos relevos tabuliformes. Além disso, vinculados ao domínio dos topos encontram-se os divisores de águas (D) sendo denominado como “uma linha separadora de águas pluviais” (Guerra, 1993, p. 139).

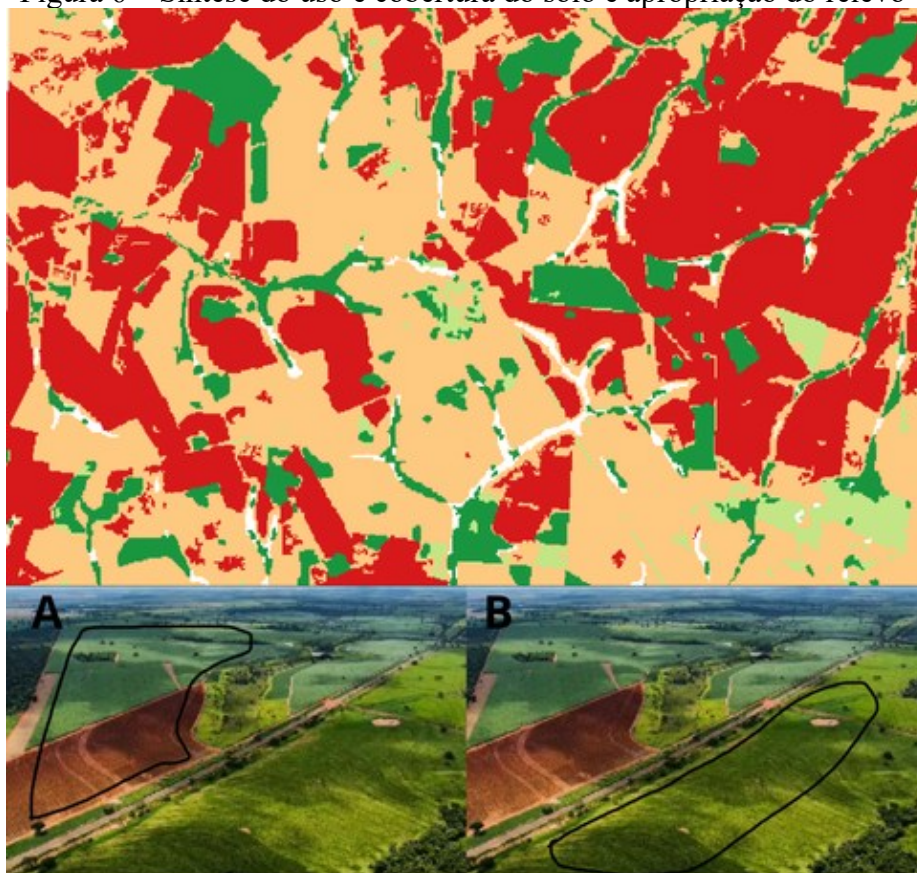
As vertentes côncavas (C) propiciam a concentração de águas superficiais que escoam pela vertente. Assim, essas vertentes possuem como característica morfológica o

embaciamento. Estas morfologias podem estar associadas às cabeceiras de drenagem Pedro Miyazaki (2014).

Tal relação só foi possível porque optou-se por utilizar o mapeamento geomorfológico, assim quantificando as classes de fragilidade das vertentes.

Entender o uso e cobertura do solo é um fator fundamental na definição da fragilidade ambiental emergente. Os processos de ocupação na área são em sua maioria lavouras temporárias e áreas de pastagem para subsidiar a criação do gado (figura 6).

Figura 6 – Síntese do uso e cobertura do solo e apropriação do relevo



A; lavoura temporária; B área de pastagem

Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024.

A partir da imagem é considerável que a maior parte da vegetação nativa se encontra próxima a uma lavoura temporária. O que pode indicar em uma exigência de permanência das APP.

Tanta as áreas de pastagem, quando as áreas destinadas aos cultivos em lavouras temporárias exercem um papel de grande influência na fragilidade ambiental emergente (tabela 13).

Tabela 13 – relação graus de fragilidade e ocupação do relevo



Fragilidade	Declividade	km ²	Uso do Solo	km ²
Muito Baixa	Até 6%	92,4	Formação Florestal	15,504
Baixa	6 a 12%	166,37	Formação Savânica	3,981
Média	12 a 20%	15,71	Pastagem	61,316
Alta	20 a 30%	1,13	Lavoura Temporária	81,129
Muito Alta	Acima de 30%	0,4		

Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024.

É possível observar a correspondência entre os diferentes elementos da paisagem da Serra do Bauzinho em relação aos seus graus de fragilidade. Áreas com declividade muito baixa (até 6%) possuem o mesmo nível de fragilidade que a formação florestal, ambos classificados como de fragilidade muito baixa. Da mesma forma, declividades baixas (6 a 12%) estão paralelas à formação savânica, ambas apresentando fragilidade baixa.

Já as declividades médias (12 a 20%) compartilham o mesmo grau de fragilidade que as áreas de pastagem classificadas como fragilidade média. As declividades altas (20 a 30%) correspondem ao mesmo nível de fragilidade que as áreas de lavouras temporárias, ambas categorizadas como de fragilidade alta. Por fim, as declividades muito altas (acima de 30%) possuem o mesmo nível de fragilidade que as áreas mais sensíveis identificadas na análise, classificadas como de fragilidade muito alta.

A partir da representação da fragilidade emergente, foi possível identificar que as áreas com maior fragilidade ambiental incluem os topos tabuliformes, vertentes regolíticas, vertentes litólicas e vertentes côncavas, associadas às lavouras temporárias. As áreas com fragilidade média estão principalmente associadas às áreas de pastagem, vertentes convexas, e declividades entre 12% e 20%. Já as formações savânicas, que correspondem a formações arbustivas naturais em conjunto com declividades de 6% a 12%, apresentam uma baixa fragilidade ambiental. Por fim, as áreas de formação florestal, combinadas com Latossolos Vermelhos, declividades de até 6% e topos de colinas suavemente ondulados, demonstram um nível de fragilidade muito baixo.

É importante destacar que o mapeamento geomorfológico desempenhou um papel fundamental no direcionamento e na integração dos dados, pois foi através da análise das classes de fragilidade das vertentes que se conseguiu alcançar um maior nível de detalhamento na pesquisa e ocupação do relevo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS



A análise da fragilidade ambiental no entorno da Serra do Bauzinho, considerando exclusivamente a perspectiva emergente, permitiu compreender como os atributos naturais do relevo interagem com as dinâmicas de uso e ocupação do solo, evidenciando áreas mais suscetíveis à degradação ambiental. Ao integrar variáveis como tipo de solo, declividade, compartimentação geomorfológica, regime pluviométrico e uso e cobertura do solo, foi possível produzir um diagnóstico espacial detalhado, com base em uma abordagem geossistêmica e fundamentação metodológica em Ross (1994).

A escolha por representar apenas a fragilidade emergente justifica-se pela constatação de que toda a área de estudo apresenta algum grau de interferência antrópica, ainda que em distintos níveis. Dessa forma, mesmo os elementos físicos do meio — como os solos e as vertentes — foram analisados à luz das pressões exercidas pelas práticas de uso da terra, tornando mais realista a interpretação da vulnerabilidade ambiental.

Os resultados indicaram que as áreas de lavoura temporária, fortemente presentes no entorno da Serra, configuram os trechos de maior fragilidade, dada a baixa cobertura vegetal e a intensidade de uso do solo. Por outro lado, regiões com vegetação nativa preservada apresentaram menor suscetibilidade. Observou-se também que as vertentes com declividade mais acentuada, sobretudo aquelas associadas ao relevo residual tabuliforme, correspondem a zonas de maior fragilidade geomorfológica, exigindo atenção especial quanto ao manejo e à conservação.

A partir dessas análises, fica evidente a importância de integrar o conhecimento geomorfológico e ambiental ao planejamento territorial, especialmente em áreas que, como a Serra do Bauzinho, reúnem características naturais singulares e relevância simbólica para as comunidades locais. A identificação das fragilidades emergentes fornece subsídios técnicos para ações de ordenamento, conservação e uso sustentável do território, reforçando a necessidade de políticas públicas que articulem desenvolvimento socioeconômico com a proteção dos sistemas naturais.

Palavras-chave: Fragilidade ambiental, uso e cobertura do solo, relevo, geotecnologias, Serra do Bauzinho.

REFERÊNCIAS



BARBOSA, C. Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento. 1997. 139 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1997. Disponível em: <https://urlr.in/barbosa1997>. Acesso em: 25 abr. 2025

BERTRAND, G. Le paysage entre la nature et la société. Paris: Éditions du CNRS, 2002. Disponível em: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers09-04/010031231.pdf. Acesso em: 25 abr. 2025

BOCCATO, V. R. C. Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação. Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. de M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. Brasília, DF: EMBRAPA, 2006

CHORLEY, R. J. Geomorphology and general systems theory. United States Geological Survey Professional Paper, 500-B, 1962. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/pp/0500b/report.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2025

CHUVIECO, E. Fundamentos de teledetección espacial. 3. ed. Madrid: Ediciones RIALP, 2006

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980

CHRISTOFOLETTI, A. Geossistemas: uma introdução à geografia física. 2. ed. São Paulo: Edusp, 1999

COSTA, H. R. O.; MIYAZAKI, P. Fragilidade ambiental e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite, Goiás. Boletim de Geografia, v. 33, n. 1, p. 75-92, 2015. Disponível em: https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/23760/pdf_71. Acesso em: 25 abr. 2025

FUSHIMI, M. R. L. Fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do córrego Rico, município de Batatais/SP. 2012. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/96542>. Acesso em: 25 abr. 2025

GHEZZI, A. O. Avaliação e mapeamento da fragilidade ambiental da bacia do Rio do Xaxim, Baía de Antonina-PR, com o auxílio de geoprocessamento. 2003. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/1423>. Acesso em: 25 abr. 2025

PEDRO MIYAZAKI, L. C. Dinâmicas de apropriação e ocupação em diferentes formas de relevo: análise dos impactos e da fragilidade ambiental nas cidades de Presidente Prudente/SP e Marília/SP. 2014. 302 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/124448>. Acesso em: 25 abr. 2025

PORTUGUEZ, F. C.; WOLF, D. Relações paisagem-religiosidade: o simbolismo das serras residuais na região do entorno do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros. Revista Brasileira de Estudos de Turismo, v. 11, n. 1, p. 5-21, 2020



ROSS, J. L. S. *Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados*. Revista do Departamento de Geografia, v. 8, p. 63-74, 1994. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327>. Acesso em: 25 abr. 2025. SPÖRL, C. *Análise ambiental e mapeamento da fragilidade da bacia hidrográfica do Rio Campo Novo, Paraná*. 2001. 141 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/1478>. Acesso em: 25 abr. 2025

TAMANINI, M. S. A. *Diagnóstico físico-ambiental para determinação da fragilidade potencial e emergente da bacia do baixo curso do Rio Passaúna em Araucária – PR*. 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/15140>. Acesso em: 26 maio 2025

TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv8229.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2025

