

INDICADOR DE FRAGILIDADE AMBIENTAL PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO JOÃO LEITE (GOIÁS, BRASIL)

ENVIRONMENTAL FRAGILITY INDICATOR FOR THE JOÃO LEITE RIVER BASIN WATERSHED (GOIÁS, BRAZIL)

ELIZA EMANOELLE SILVA GUIMARAES

Discente da Universidade Estadual de Goiás (UEG), Anápolis / Goiás, Brasil
eelizaemanoelle@gmail.com

JOSÉ CARLOS DE SOUZA

Docente da Universidade Estadual de Goiás (UEG), Anápolis / Goiás, Brasil
jose.souza@ueg.br

Resumo: O objetivo deste trabalho foi desenvolver um indicador de fragilidade ambiental para a bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite, a partir de uma modelagem de fragilidade potencial e emergente. Na elaboração do indicador de fragilidade potencial foram cruzadas as fragilidades das declividades, dos tipos de solos, das unidades geológicas e dos totais de chuva. Para o indicador de fragilidade emergente, foi cruzado o indicador de fragilidade potencial com o mapa de grau de proteção em relação ao uso e cobertura da terra. Em relação à fragilidade potencial, os resultados indicaram uma predominância das classes baixa e moderada que foram influenciadas pela estabilidade genética das unidades geológicas, dos tipos de solos e das declividades do terreno. Os resultados da fragilidade emergente indicaram predominância da classe alta, ocorrendo em 63,68% da área da bacia. Mas, isso se dá pela intensa fragmentação da paisagem promovida pelas atividades agropecuárias, tais como: lavoura temporária e pastagens plantadas. Estas condições interferem no processo de absorção de água para recarga do lençol freático, aumentam o escoamento superficial provocando processos erosivos, assoreamento e contaminação dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Fragilidade potencial. Fragilidade emergente. Modelagem ambiental. Fragmentação da paisagem.

Abstract: This paper proposes to develop an environmental protection indicator for the Ribeirão João Leite watershed, based on potential and emerging protection modeling. In the elaboration of the potential fragility indicator, the fragility of slopes, soil types, geological units and rainfall totals were crossed. To generate the emerging fragility indicator, the potential fragility indicator was crossed with the map of degree of protection in relation to land use and land cover. The results of potential fragility indicated a predominance of low and moderate classes that were influenced by the genetic stability of geological units, soil types and relief slopes. The results of emerging fragility indicated a predominance of the upper class, occurring in 63.68% of the basin area. This occurs due to the intense fragmentation of the landscape promoted by agricultural activities, such as: temporary crops and planted pastures. These conditions interfere with the water absorption process to recharge the water table, increase surface runoff, causing erosion, silting and contamination of water resources.

Keywords: Potential fragility. Emerging fragility. Environmental modeling. Fragmentation of the landscape.

Introdução

São múltiplas as abordagens de análise da paisagem que podem contribuir para o planejamento, gestão e manejo de bacias hidrográficas, em ambientes de alta

fragmentação da paisagem, dentre elas, o conhecimento da fragilidade ambiental emergente e potencial. Essa avaliação pode ser realizada para ambientes naturais e antropizados por meio da análise ambiental integrada, permitindo avaliar as potencialidades e suscetibilidades das diferentes unidades que compõem a paisagem (ROSS, 1994; ROSS, 2012; SOUZA *et al.*, 2020).

A compreensão da fragilidade ambiental do ponto de vista conceitual e metodológico é evidenciada nos trabalhos de Ross (1994, 2012). Desse modo, para Ross (1994) e Amaral e Ross (2009), a fragilidade pode ser potencial quando está em equilíbrio dinâmico, mas com características genéticas potenciais ao desequilíbrio se submetida à ação antrópica; já a fragilidade emergente, refere-se às unidades instáveis, que são os ambientes intensamente antropizados. Assim, entende-se que os ambientes naturais apresentam determinado grau de fragilidade natural, mas, além disso, elas são intensificadas pelas abundantes alterações provocadas pelas intervenções humanas, estimuladas pelo complexo desenvolvimento tecnológico, científico e econômico.

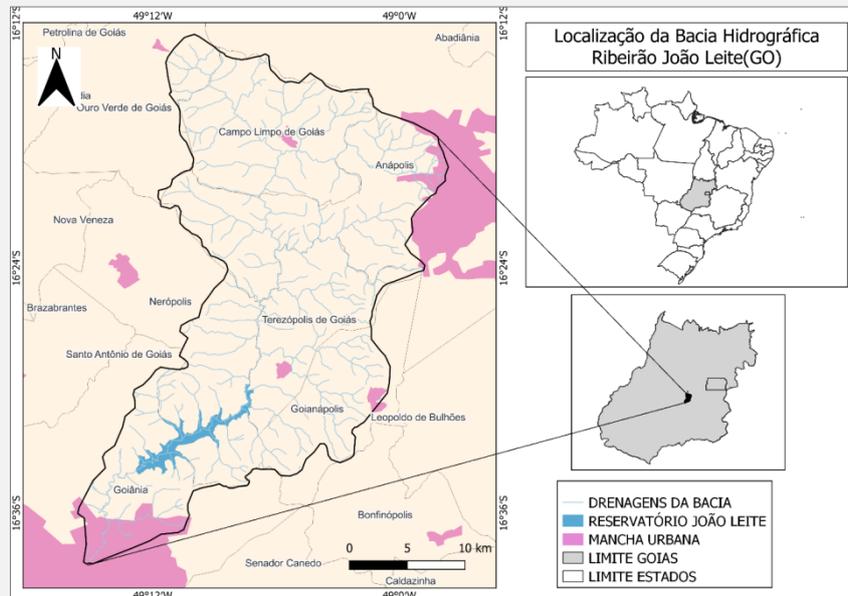
Além de provocar a fragilidade emergente nos ambientes, o processo de ocupação humana de áreas naturais tem gerado a fragmentação das paisagens, assim, os ambientes de domínio do Cerrado tem experimentado esse processo de forma muito intensa nas últimas décadas. Estudos indicam que, por volta de 50% das áreas nativas de Cerrado, foram convertidas em pastagens plantadas e em áreas agrícolas, estabelecendo paisagens altamente fragmentadas, em um domínio de alto grau de endemismo, logo, vulneral à fragmentação de habitats (KLINK; MACHADO, 2005; SOUZA; MARTINS; DRUCIAKI, 2020).

Desse modo, esta proposta de trabalho objetivou desenvolver um indicador de fragilidade ambiental para a bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, a partir de uma modelagem de fragilidade potencial e emergente. A Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite é a principal responsável pelo abastecimento urbano da região metropolitana de Goiânia e pelos múltiplos usos da água e da terra que se dão na bacia. A área da bacia interliga, no sentido montante-foz, as duas maiores malhas urbanas do estado de Goiás, que são Anápolis e Goiânia, além de ser este um espaço onde as paisagens se encontram altamente fragmentadas pelo intenso processo da terra.

Materiais e métodos

O recorte espacial de aplicação da proposta foi a Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite, que compõe o sistema de drenagem da alta bacia do rio Meia Ponte. Ela está localizada na porção central do estado de Goiás, entre as latitudes 16° 13' e 16° 39' Sul e longitudes 48° 57' e 49° 11' Oeste, ocupando uma área aproximada de 766 km². Seu território é composto pelos municípios de Goiânia, Anápolis, Terezópolis, Goianópolis, Nerópolis e Ouro Verde (figura 1).

Figura 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite (GO).



Fonte: Autores, 2023.

A partir do Decreto nº 5.704, de 27 de dezembro de 2002 (GOIÁS, 2002), a bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite passou a ser considerada como Área de Proteção Ambiental (APA), onde também está inserida uma unidade de conservação permanente, que é o Parque Ecológico Altamiro de Moura Pacheco.

Para a obtenção da fragilidade ambiental potencial e emergente, fez-se uma adaptação da proposta metodológica de Ross (1994, 2011 e 2012). Foram utilizadas cinco variáveis, sendo elas: unidades geológicas, declividade, tipo de solo, uso e cobertura do solo e totais de chuva. Esta adaptação se dá no incremento das unidades geológicas na

modelagem, pois se entende que a composição litológica é uma importante variável para a definição da fragilidade genética do ambiente.

Já, para o mapeamento do uso e cobertura da terra, recorreu-se à base do Projeto Mapbiomas, coleção 7 para o ano de 2021 (PROJETO MAPBIOMAS, 2022). Enquanto as declividades foram mapeadas por meio do modelo digital de elevação Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), com resolução espacial de 30 metros, disponível no website do United States Geological Survey (USGS, 2022).

No que se refere, ao mapa de solos, foi elaborado a partir da base cartográfica da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (EMATER - GO), disponível na plataforma (<http://www.sieg.go.gov.br/siegdownloads/>). Ao passo que, as unidades geológicas foram mapeadas a partir da base de dados da Superintendência de Geologia e Mineração do Estado de Goiás, base esta elaborada em 2009 e disponível em <http://www.sieg.go.gov.br/siegdownloads/geologia>.

O mapa dos totais de chuva para a bacia foi desenvolvido por meio da interpolação dos dados históricos das estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas, levantados na plataforma Hidroweb. Foram usados dados das Estações de Goiânia, Anápolis, Goianópolis e Ouro Verde de Goiás, no período entre 1989 e 2019. Além disso, foi utilizado o interpolador Inverso do Quadrado da Distância acoplado ao software de geoprocessamento QGIS, versão 3.22.

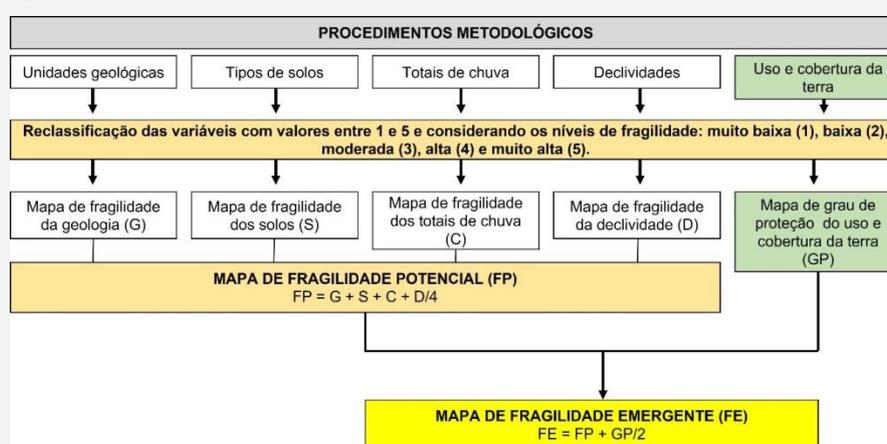
Após o mapeamento e descrição das variáveis, foi feita uma reclassificação das bases de acordo com as definições de Ross (1994), Ross (2011), Amaral e Ross (2009) e Moreira *et al.* (2008). Ademais, são definidas as classes de fragilidades para cada variável, sendo elas: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Portanto, as bases vetoriais de geologia e solos foram convertidas para extensão *raster* com pixels de 30x30 metros.

Já os mapas de fragilidade potencial e fragilidade emergente foram gerados utilizando como ferramenta a calculadora *raster* com a aplicação da média aritmética. Na fragilidade potencial, foram considerados os níveis de fragilidade das variáveis ligadas aos aspectos naturais do ambiente (geologia, solos, declividades e totais de chuva), enquanto no cálculo da fragilidade emergente, foi acrescentado o grau de proteção em

relação ao uso e cobertura da terra. Cabe ressaltar ainda que a reclassificação dos usos da terra e tipos de cobertura vegetal segue o sentido contrário ao processo aplicado às outras variáveis, pois neste caso o fator mensurado é o potencial de proteção, sendo o valor 1 a condição de maior proteção do ambiente e 5 a menor proteção.

Na figura 2, são apresentadas as etapas metodológicas de aplicação da modelagem.

Figura 2. Etapas adotadas na aplicação da modelagem.



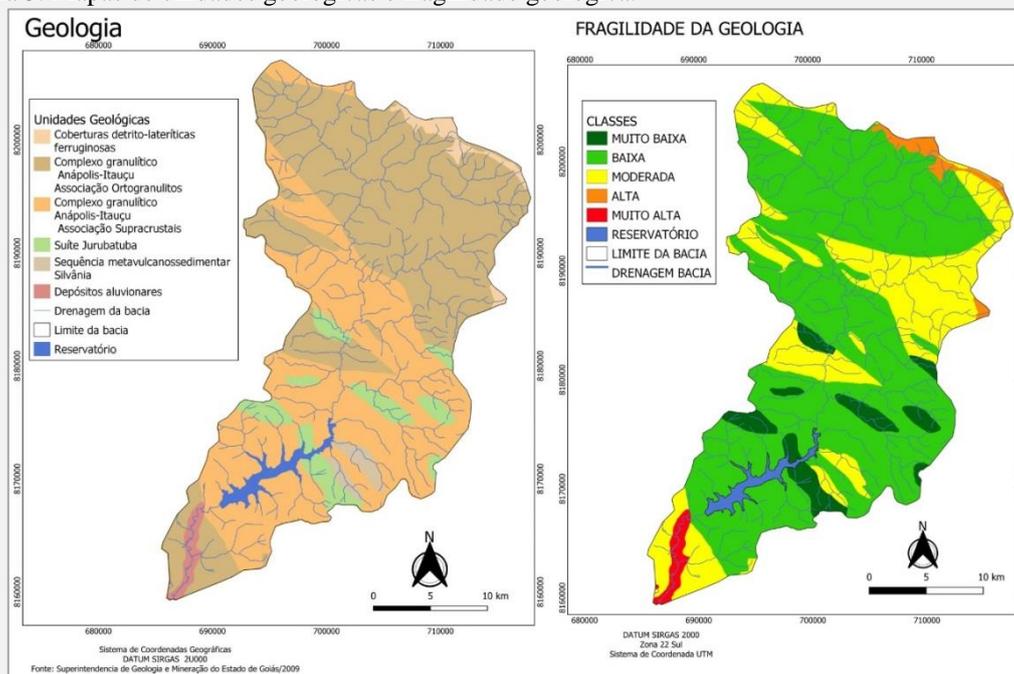
Fonte: Autores, 2023.

Todas as técnicas de geoprocessamento e elaboração dos produtos cartográficos foram desenvolvidas no software QGIS versão 3.22.

Discussão dos resultados

Nos mapas da figura 3, são apresentadas as unidades geológicas mapeadas na bacia e a reclassificação em relação à fragilidade de cada unidade. Na tabela 1, estão os dados quantitativos de cada classe de fragilidade em relação às unidades e grupos geológicos. Foram identificadas também seis diferentes unidades geológicas com datações que variam do Paleoproterozóico ao Quaternário, com predominância de rochas metamórficas (MOREIRA *et al.*, 2008).

Figura 3. Mapas de unidades geológicas e fragilidade geológica.



Fonte: Autores, 2023.

Tabela 1. Classes de fragilidade em relação às declividades e suas respectivas áreas.

Atributo	Classe de fragilidade	Unidade geológica	Área em Km ²	Área em %
1	Muito baixa	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	42,89	5,60
2	Baixa	Complexo granulítico Anápolis- Itaçu Associação Ortogranulíticos/Supracrutais	514,45	67,24
3	Moderada	Suíte Jurubatuba	184,22	24,08
4	Alta	Sequência metavulcanossedimentar Silvânia	12,99	1,69
5	Muito alta	Depósitos aluvionares	12,42	1,36
Total			766,80	100

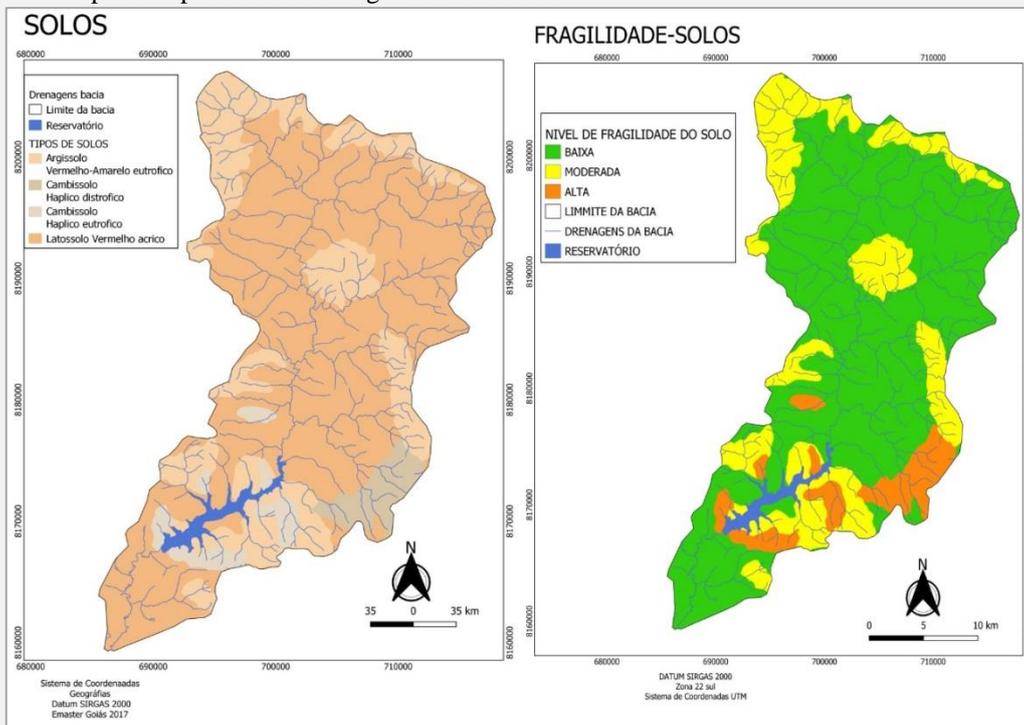
Fonte: Autores, 2023.

Para Moreira *et al.* (2008), os Complexos Granulíticos compreendem a formação de rochas metamórficas, tais como: granulitos paraderivados representados por gnaisses sílico-aluminosos e quartzo-feldspáticos e granada gnaisses. Já a unidade Suíte Jurubatuba e a sequência Silvânia são granitos deformados com variação para granodiorito e tonalito e presença de rochas básicas e metassedimentares. Enquanto, os Depósitos Aluvionares são compostos por sedimentos argilo-siltosos e arenosos flúvio-lacustres que preenchem depressões resultantes de reativações neotectônicas. Ao passo

que, as coberturas detrito-lateríticas são representadas por lateritos autóctones com formação de carapaças ferruginosas.

Foram identificados na bacia três grupos de solos, sendo eles os Latossolos, Argissolos e Cambissolos. Na figura 4, estão especializados os tipos de solos e suas reclassificações, indicando as classes de fragilidade. Mas a classificação dos tipos de solos está relacionada à sua erodibilidade, ou seja, ao seu potencial de ser removido e transportado em processos erosivos (RUHOFF *et al.*, 2006). Na tabela 2, estão as classes de fragilidade em relação aos tipos de solos e suas respectivas áreas.

Figura 4. Mapas de tipos de solos e fragilidade dos solos.



Fonte: Autores, 2023.

Tabela 2. Classes de fragilidade em relação aos tipos de solos e suas respectivas áreas.

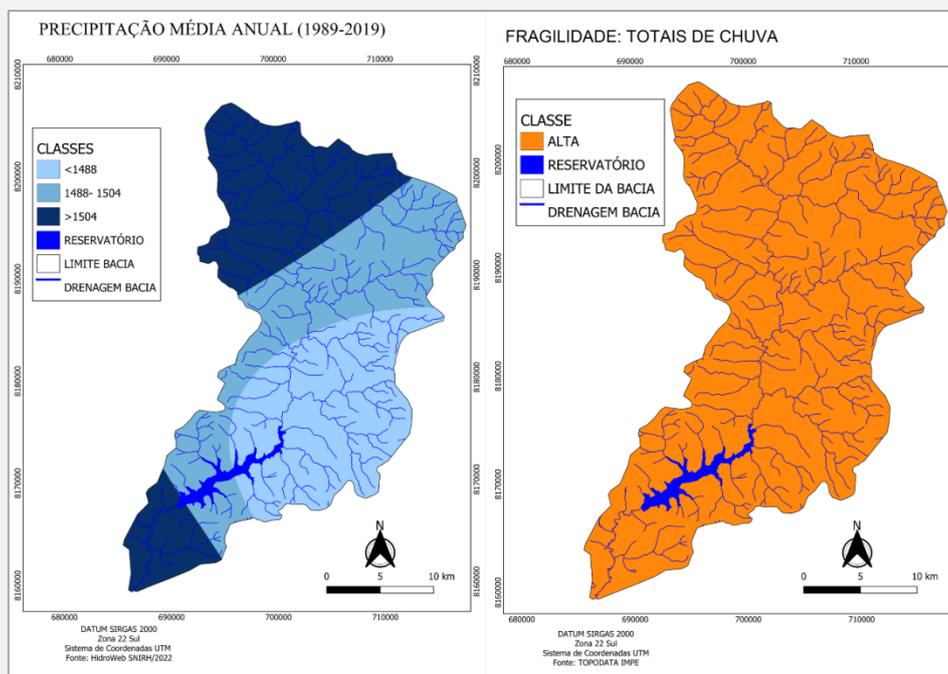
Atributo	Classe de fragilidade	Tipos de solos	Área em Km ²	Área em %
2	Baixa	Latossolo Vermelho	520,21	67,84
3	Moderada	Argissolos	180,30	23,53
4	Alta	Cambissolos	66,29	8,63
Total			766,80	100

Fonte: Autores, 2023.

Na reclassificação dos tipos de solos somente os níveis baixo, moderado e alto foram identificados, com predomínio para a classe de fragilidade baixa, que compreende mais de 67% da área, onde ocorrem os Latossolos. Estes solos ocorrem em relevos planos ou suaves ondulados, são bem desenvolvidos, profundos e bem estruturados fisicamente, com textura argilosa e muito argilosa. Já os Argissolos ocorrem em relevos ondulados e apresentam fragilidade moderada, com textura média muito cascalhenta/argilosa e os Cambissolos são menos profundos e ocorrem em relevos fortemente ondulados com textura argilosa cascalhenta, apresentando fragilidade alta (NEVES *et al.*, 2009).

Quanto ao regime de chuvas, os dados levantados indicaram que a média dos totais de precipitação da Bacia, no período de 1989 a 2019, variou entre 1.472mm a 1525 mm, sendo enquadrada toda a área na classe de fragilidade alta, atributo 4 como apresentado nos mapas da figura 5. Enquanto as características de totais de chuva e sua relação temporal, que insere a bacia numa alta fragilidade, são descritas na tabela 3.

Figura 5. Mapas da média anual de precipitação (1989-2019) e de fragilidade em relação aos totais de chuva.



Fonte: Autores, 2023.

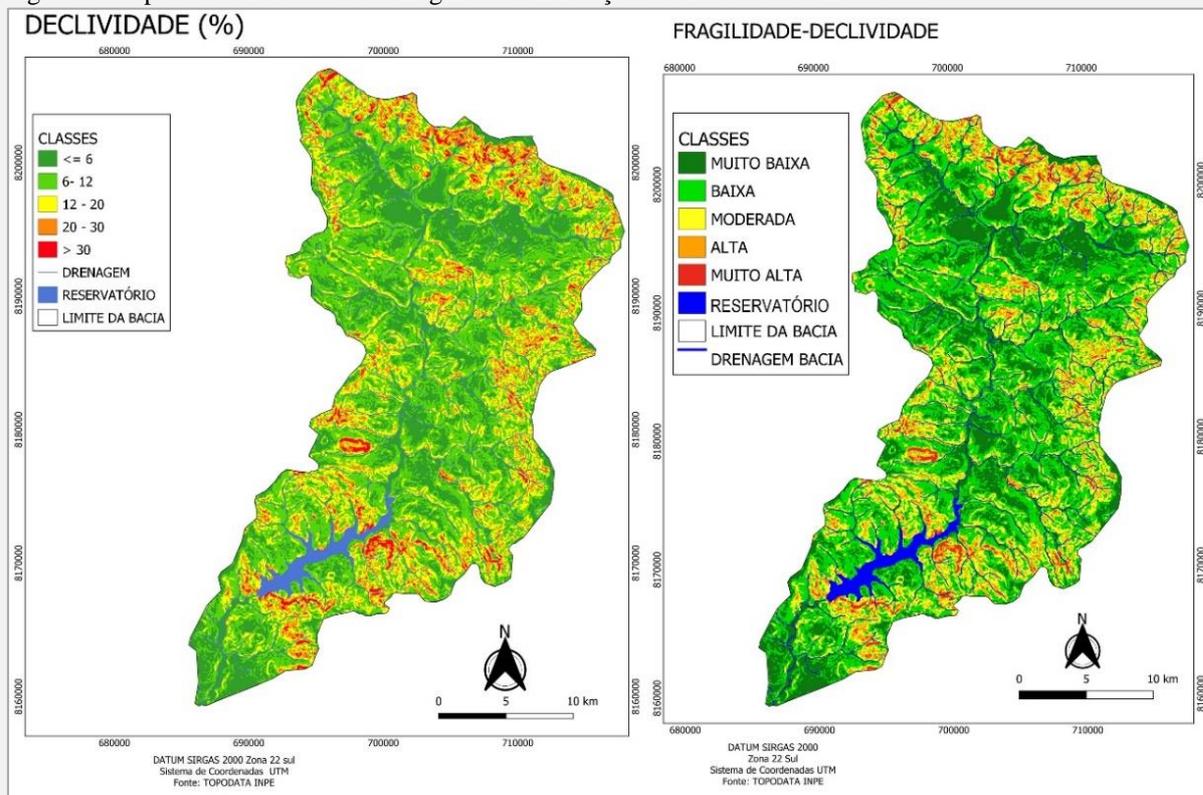
Tabela 3. Classes de fragilidade em relação aos tipos de solos e suas respectivas áreas.

Atributos	Classes de Fragilidades	Características	Área (Km ²)	Área (%)
4	Alta	Distribuição pluviométrica anual desigual, com período seco, entre 3 e 6 meses, grande concentração de chuvas no verão, entre novembro e abril, quando ocorre 70% a 80% do total pluviométrico, com volumes de 1600 a 1800 mm/ano.	766,80	100
TOTAL			766,80	100

Fonte: Ross (2012).

As classes de declividades da bacia e a reclassificação em relação às fragilidades são apresentadas na figura 6. A declividade de um terreno é considerada uma importante variável na avaliação da fragilidade ambiental, pois podem indicar áreas mais ou menos suscetíveis à remoção e transporte de sedimentos por erosão hídrica, bem como a ocorrência de movimentos de massa (OLIVEIRA; KLINKE NETO; PEREIRA, 2016).

Figura 6. Mapa de declividades e de fragilidade em relação às classes de declividades.



Fonte: Autores, 2023.

Os dados das classes de declividades com suas respectivas áreas estão na tabela 4, indicando que um predomínio de declividades entre 6% a 20%, soma quase 90% da área, o que caracteriza uma região com terrenos que vão de planos a ondulados e com fragilidade em relação às declividades que variam de muito baixa a moderada, predominantemente.

Tabela 4. Classes de Fragilidade em relação às declividades e suas respectivas áreas.

Atributo	Classe	Intervalo	Área – km ²	Área - %
1	Muito baixa	0% - 6%	195,08	24,47
2	Baixa	6% - 12%	318,80	42,71
3	Moderada	12% - 20%	172,36	22,50
4	Alta	20% - 30%	62,91	8,21
5	Muito alta	>30%	16,13	2,11
Total			766	100

Fonte: Autores, 2023.

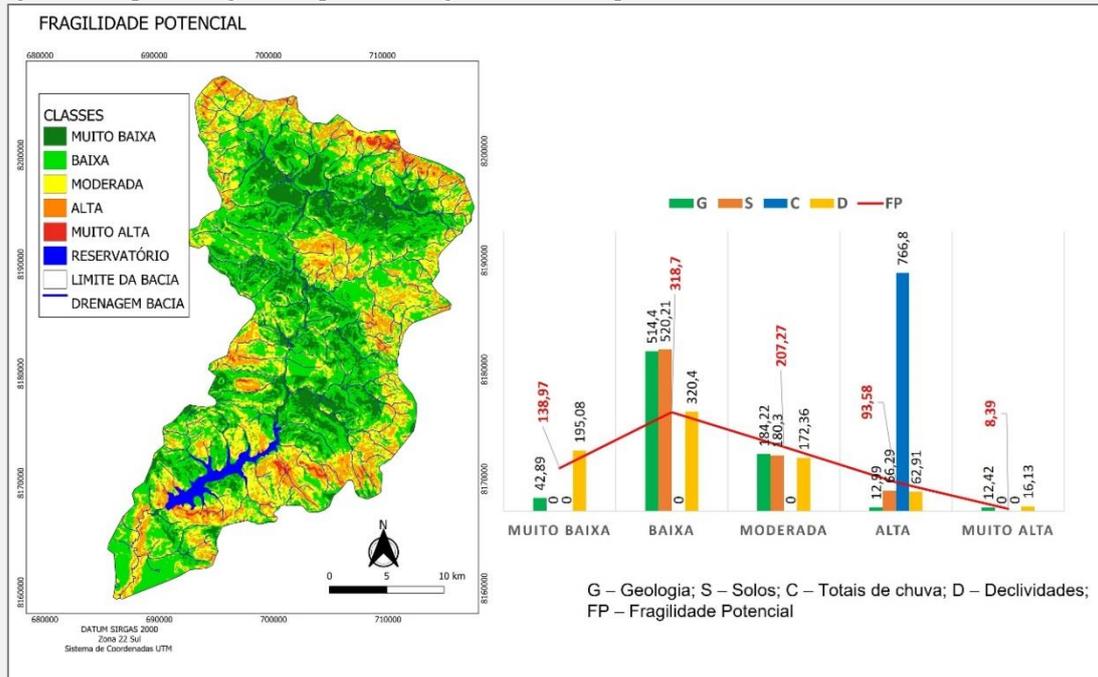
As áreas mais declivosas ocorrem nas bordas da bacia e estão associadas a estruturas convexas de borda de chapada e estruturas aguçadas em formato de serras no interior da bacia. As áreas com menores declividades são superfícies denudacionais aplainadas no sentido norte-sul.

Na figura 7, temos o resultado da fragilidade potencial (FP) da bacia acompanhado de um gráfico correlacionando o quantitativo em área (Km²) das variáveis utilizadas na modelagem (colunas), além da linha vermelha indicando o quantitativo de áreas para cada classe de fragilidade potencial.

Os resultados indicaram uma predominância da classe de FP baixa a moderada, ocorrendo em 318,7 Km² e 207,27 Km², na devida ordem, englobando 41,6% e 27,06% da área da bacia, respectivamente. De acordo com o gráfico, é possível inferir que as variáveis que mais influenciaram na maior ocorrência destas classes foram: a geologia, com estruturas litológicas metamórficas relativamente resistentes; os tipos de solos, com predominância de Latossolos e as declividades, com relevos de planos a suaves ondulados, dominantes na paisagem.

Os maiores níveis de FP ocorrem nas bordas da bacia, onde estão zonas de erosão recusantes e bordas de chapadas bem declivosas, além de relevos interiores mais movimentados, com concorrência de morros de colinas.

Figura 7. Mapa da fragilidade potencial e gráfico com os quantitativos em área das variáveis.

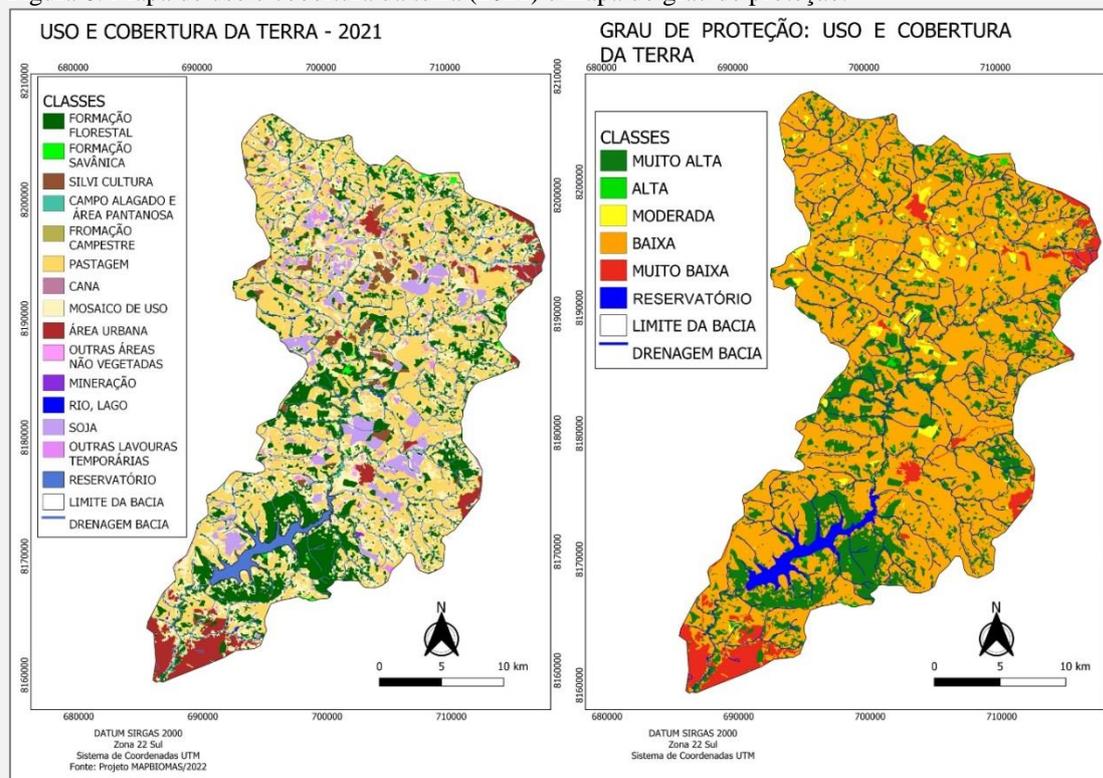


Fonte: Autores, 2023.

Em relação ao uso da terra e coberturas vegetais naturais, foram identificadas treze classes distintas, de acordo com a base do Projeto MapBiomias (2022). Dentre as coberturas de vegetação natural estão os tipos de Cerrado florestal, savânico e campestre, já em relação às áreas antropizadas, há a predominância das atividades agropecuárias, em especial as pastagens plantadas e lavouras temporárias.

Na figura 8, temos o mapa de uso da terra e cobertura vegetal e o mapa de grau de proteção. Na tabela 5, estão agrupadas as classes de cobertura natural e antrópica, sua relação com o grau de proteção do solo e os dados quantitativos em área para cada classe.

Figura 8. Mapa de uso e cobertura da terra (2021) e mapa do grau de proteção.



Fonte: Autores, 2023.

Tabela 5. Grau de proteção em relação aos tipos de uso e cobertura do solo.

Atributo	Grau de Proteção	Classe	Área (Km ²)	Área (%)
1	Muito Alta	Formação Florestal Campo alagado (áreas úmidas) Hidrografia	174,27	22,65
2	Alta	Formação Savânica	4,09	0,53
3	Moderada	Silvicultura Formação Campestre Cana de açúcar Outras lavouras Perenes	19,21	2,51
4	Baixa	Pastagem Mosaicos de Usos Soja Outras Lavouras temporárias	533,35	69,73
5	Muito Baixa	Área Urbanizada Outras áreas não vegetadas Mineração	35,08	4,58
Total			766	100

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

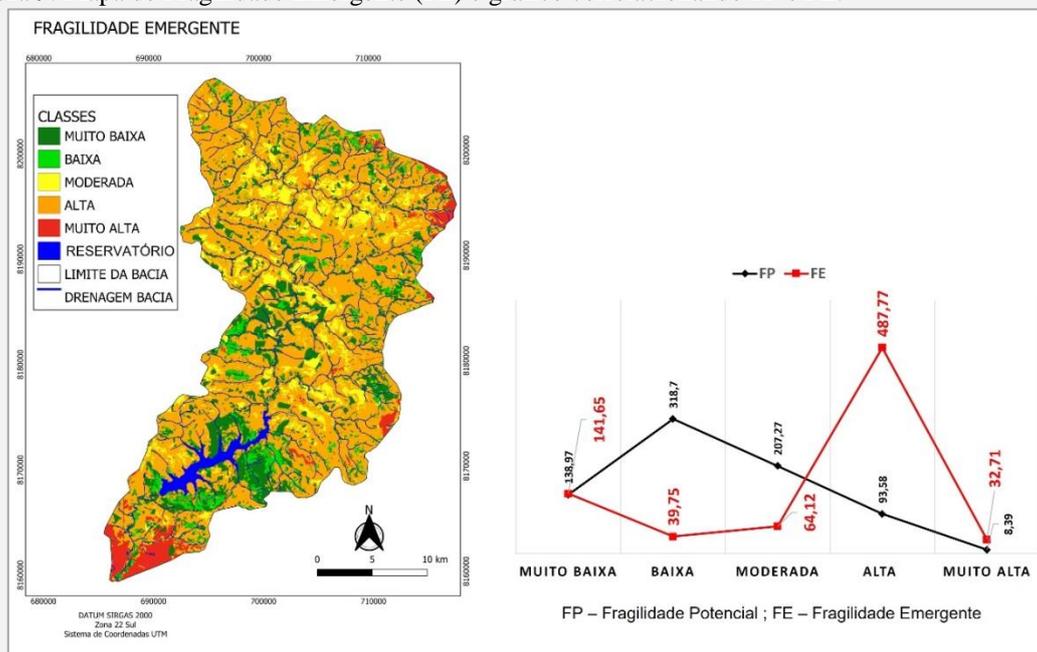
Os dados indicam que quase 70% da área apresenta baixo grau de proteção, totalizando 533,35 Km² onde ocorrem atividades como pastagens plantadas, cultivo de soja e outras lavouras temporárias, além do mosaico de usos, que engloba pastagens e áreas agrícolas em pequenas propriedades.

A compactação do solo em área de pastagem, por pisoteio do gado e as formas inadequadas de manejo, tornam este tipo de uso da terra com baixo grau de proteção. Já as áreas agrícolas, apresentam baixo grau de proteção em função do revolvimento do solo por aragem, que pode ocorrer até duas vezes ao ano e também pela ausência de práticas conservacionistas. Estas condições podem desencadear processos erosivos, assoreamento de cursos d'água e alteração na dinâmica hidrogeológica de vasão e recarga de água (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014).

O grau de proteção muito alto na bacia ocorre nos fragmentos de vegetação florestal de Cerrado, que junto com as áreas úmidas cobrem 22,65% da área. É possível perceber que há a ocorrência de um extenso fragmento de floresta na porção sul da bacia, onde se localiza o Parque Ecológico Altamiro de Moura Pacheco, área de preservação ambiental. Para Amaral e Ross (2009), as áreas florestadas, em função da densidade da cobertura vegetal minimizam os impactos da chuva e do escoamento superficial, evitando processos erosivos e alagamentos.

A partir do cruzamento das classes de grau de proteção da terra com a FP foi possível gerar o mapa de Fragilidade Emergente, considerando a ação antrópica como fator de instabilidade emergente. Na figura 9, temos o mapa de FE e um gráfico comparativo entre a FE e a FP, considerando as áreas em Km² para cada classe de fragilidade. Observa-se ainda, que diferente da FP, onde predominou a classe de fragilidade baixa, a FE indica que 63,68% da área da bacia apresenta FE alta, o que compreende 487,77 Km².

Figura 9. Mapa de Fragilidade Emergente (FE) e gráfico correlacionando FP e FE.



Fonte: Autores, 2023.

As áreas onde ocorrem FE alta são principalmente as que apresentaram FP baixa, por estarem em áreas de relevos planos a suave ondulado, ocorrência de Latossolos e geologia mais resistente, no entanto, com desenvolvimento de atividades agropecuárias, tais como: lavoura temporária e pastagem. Outra classe de FE que se mostrou expressiva foi a muito baixa, com 141,65 Km², compreendendo 18,5% da área da bacia. As áreas que apresentaram FE muito baixa são onde ocorrem coberturas naturais de Cerrado, tais como: formações florestais tipo Cerradão e Mata Seca.

Considerações finais

Os resultados indicaram que a bacia hidrográfica do Rio João Leite apresenta intensa fragmentação da paisagem, restando poucas áreas de cobertura natural, logo, apesar de apresentar estabilidade quanto à Fragilidade Potencial, por seus componentes do meio físico, as atividades agropecuárias desenvolvidas na área maximizam a Fragilidade Emergente. Portanto, estas condições podem gerar inúmeros problemas ambientais, quais sejam: alteração no processo de absorção de água para recarga do

lençol freático, aumento do escoamento superficial, que desencadeia processos erosivos e assoreamento dos cursos d'água, contaminação dos recursos hídricos, dentre outros.

Estes tipos de modelagem ambiental podem subsidiar ações de intervenção para gestão ambiental e implementação de formas de manejo que minimizem os processos de degradação dos ambientes naturais e antropizados, bem como indicar áreas prioritárias para recuperação ou preservação ambiental. O indicador para futuras aplicações desta modelagem é buscar aprimorar a escala das bases a serem cruzadas, no sentido de torná-las maiores, com mais detalhes para a elaboração de produtos cartográficos mais precisos, que contribuam para a gestão ambiental de pequenas áreas.

Agradecimentos

Ao CNPq e a Universidade Estadual de Goiás pela concessão de bolsa de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq) a primeira autora.

Referências

AMARAL, R.; ROSS, J. L. S. As Unidades Ecodinâmicas na Análise da Fragilidade Ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio – SP. **GEOUSP**, n.26, p.59-78, 2009.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014.

GOIÁS. Decreto nº 5.704, de 27 de dezembro de 2002. Cria a Área de Proteção Ambiental (APA) João Leite e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de Goiás, Goiânia, GO, publicado em 27.12.2002.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro, **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, julho, 2005.

MOREIRA, M. L. O. et al. (Orgs.) **Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Escala 1:500.000. Programa Geologia do Brasil e Geologia e Mineração. Goiânia: CPRM/SIC - FUNMINERAL, 2008.

NEVES, C. B. et al. Análise das relações entre solos, relevo e a legislação ambiental para a delimitação das áreas de preservação permanente: o exemplo da Alta Bacia do

Ribeirão João Leite, estado de Goiás. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.10, n.1, p.3-21, 2009.

PROJETO MAPBIOMAS - Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. 2021. Disponível em: https://code.earthengine.google.com/?accept_repo=users%2Fmapbiomas%2Fusertoolkit&scriptPath=users%2Fmapbiomas%2Fuser-toolkit%3Amapbiomas-user-toolkitlulc.js. Acesso em: nov, 2022.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia** n°8, FFLCH-USP, São Paulo, 1994.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, 8, 63-74, 2011.

ROSS, J. L. S. Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities. **Revista do Departamento de Geografia**, p. 38-51, 2012.

RUHOFF, A. L. et al. Avaliação dos processos erosivos através da equação universal de perdas de solos, implementada com algoritmos em legal. **Geomática**, v. 1, n. 1, p. 12-22, 2006.

SOUZA, D. S. L. et al. Análise e Mapeamento da Fragilidade Ambiental no Município de Inconfidentes–MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 05, p. 2269-2292, 2020.

SOUZA, J. C.; MARTINS, P. T. A.; DRUCIAKI, V. P. Uso e cobertura do solo no Cerrado: panorama do período de 1985 a 2018. **Élisée, Rev. Geo. UEG – Goiás**, v.9, n.2, jul./dez. 2020.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Digital elevation – SRTM. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: novembro. 2022.