

Análise da fragilidade potencial e emergente em três sub-bacias do Alto Rio Taquari, Mato Grosso do Sul, Brasil: subsídios para o planejamento ambiental e a conservação da biodiversidade

Analysis of potential and emerging fragility in three sub-basins of Alto Taquari River, Mato Grosso do Sul, Brazil: subsidies for environmental planning and biodiversity conservation

Adriana Maria Güntzel

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, Brasil
amguntzel@uems.br

 <https://orcid.org/0000-0002-9184-2304>

Rodrigo Rocha

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, Brasil
rrocha2496@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3841-8600>

Érica Martins da Silva

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, MS, Brasil
martins.ERICA@ufms.br

 <http://orcid.org/0000-0002-7608-5536>

Víncler Fernandes Ribeiro de Oliveira

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, MS, Brasil
vinclerfernandes@hotmail.com

 <http://orcid.org/0000-0003-0099-0991>

RESUMO

Modelos de análise da fragilidade ambiental auxiliam na espacialização de áreas com maior e menor grau de fragilidade aos processos erosivos e na compreensão da relação entre esses processos e as atividades humanas. Este estudo se propôs a avaliar três sub-bacias do rio Taquari, no Estado de Mato Grosso do Sul, a partir da integração de informações sobre o potencial natural dos processos erosivos e o uso da terra, para fundamentar ações de planejamento socioambiental, visando o uso sustentável dos recursos naturais e a conservação da biodiversidade nessa região do Alto Taquari. O estudo se baseou na geração e sobreposição de informações de produtos cartográficos, obtidos a partir de imagens do satélite Sentinel 2; dados vetoriais de solo; pluviosidade; áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade; e dados de declividade, em Sistema de Informação Geográfica (SIG). As três sub-bacias apresentaram pastagem como forma de uso principal e diferentes graus de antropismos. Apenas as nascentes do Córrego do Sítio, que estão situadas no interior de uma Área de Proteção Ambiental (APA), encontraram-se preservadas. Diante dos resultados obtidos no presente estudo, considera-se necessária a recuperação das áreas de preservação permanente em nascentes e marginais aos cursos d'água, nas sub-bacias do Veado e Criminoso, dada a fragilidade natural dos processos erosivos existentes na região e a proteção de importantes remanescentes de vegetação de Cerrado, que devem ter medidas efetivas de conservação para a manutenção da qualidade do solo, da água e dos serviços ecossistêmicos, advindos da biodiversidade local. Considerando as características socioambientais do município de Coxim, deve ser avaliada a viabilidade de regulamentar o turismo sustentável na região, uma vez que se trata de uma das poucas áreas do bioma Cerrado com características naturais e propícias ao desenvolvimento dessa atividade (vegetação nativa e recursos hídricos preservados), que poderia representar um importante incremento na renda da população.

Palavras-chave: Pantanal; Bacia hidrográfica; Uso da terra; Impactos Ambientais; Geotecnologias.

ABSTRACT

Models of environmental fragility analysis help us to spatialize areas with greater and lesser degrees of fragility to erosive processes and the understanding about the relationship among these processes and human activities. This study aimed to evaluate three sub-basins of the Taquari River, in Mato Grosso do Sul State, by integrating of information due to natural erosion ability and erosion processes generate by land using, to support socio-environmental planning actions to an adequate using of natural resources and conservation of its biodiversity in the Alto Taquari basin. The study has been based in cartographic products obtained from satellite Sentinel 2 images, vector soil data, rainfall, priority areas for biodiversity conservation and terrain slope available onto Geographic Information System (GIS). The three sub-basins have presented Pasture as the main form of using and different degrees of anthropism. Only Córrego do Sítio headwaters which are located inside an Environmental Protection Area (APA) have been preserved. In view of the results that were obtained in the present study, it has been considering necessary for recovering areas of permanent preservation and in areas which bordering the stream at the Veado and Criminoso sub-basins, once given the natural fragility to the erosive processes that exist in this region, and also the protection of important remnants of Cerrado vegetation which must have effective conservation measures to maintain the soil, water and ecosystem services qualities arising from local biodiversity. By considering the socio-environmental characteristics from Coxim municipality, a sustainable tourism should be indicated, since it is one of the few remaining areas of Cerrado Biome in this region with its natural characteristics suitable for the development of this economic activity (native vegetation and preserved water resources), which might represent an important increasing to the population's income.

Keywords: Wetlands; Hydrographic basin; Land use; Environmental impacts; Geotechnologies.

1. INTRODUÇÃO

O uso e a exploração intensiva dos ambientes naturais, por meio das atividades antrópicas, resultam em alterações ambientais, como perda de solo (CORTE *et al.*, 2015; CUNHA *et al.*, 2021) e mudanças na qualidade da água (BONIFÁCIO, 2019; FRANCO, 2010; LANZA, 2015), sobretudo em se tratando de bacias hidrográficas (SILVA *et al.*, 2022; VICK *et al.*, 2021). Uma das principais causas dessas alterações, é a mudança no uso e cobertura da terra, que pode comprometer o sistema ecológico, influenciando o equilíbrio dinâmico do ambiente (TERRA *et al.*, 2016).

De acordo com Tricart (1977), o equilíbrio dinâmico do ambiente pode ser estável, *intergrade* ou instável, e é definido pelo conjunto de características físicas do ambiente (clima, geomorfologia, solos, vegetação). Baseado nesses conceitos, Ross (1994) e Crepani *et al.* (2001) propuseram metodologias de análise da fragilidade ambiental, a partir da dinâmica das características naturais e antrópicas do meio e partiram do princípio de que unidades estáveis estariam em equilíbrio dinâmico, predominando os processos pedogenéticos, em detrimento dos processos morfogenéticos.

Desse modo, os processos ambientais naturais agiriam sem nenhuma interferência antrópica, e a fragilidade emergente ou ambiental seria uma medida da influência das formas de uso da terra e as modificações nas condições ecológicas, delas resultantes (MANFRÉ *et al.*, 2013; ROSS, 1994). Tais análises assumem importância fundamental no mapeamento da fragilidade do ambiente frente aos fatores modificadores da paisagem e podem complementar a legislação ambiental existente para a tomada de decisão, junto aos formuladores de políticas ambientais e no zoneamento ecológico econômico de uma região (BACANI, 2010; BACANI; LUCHIARI, 2014; BACANI *et al.*, 2015).

Estudos que adotaram os pressupostos teóricos e metodológicos de fragilidade ambiental, proposta por Ross (1994), geraram informações importantes para o planejamento adequado do uso da terra (ANJINHO *et al.*, 2021; OLIVEIRA; VIADANA; PEREIRA, 2019; PACHECHENIK *et al.*, 2013), especialmente em bacias hidrográficas (ALMEIDA *et al.*, 2020; COSTA, OLIVEIRA; SANTOS, 2019; GONÇALVES; ARAÚJO; IMAI, 2016; SANTOS; MARCHIORO, 2020).

As bacias hidrográficas são unidades espaciais adequadas para análises sistêmicas, pois refletem aspectos fisiomórficos e funcionais próprios, independentemente do tamanho da área (CARVALHO, 2014, p. 27). Do ponto de vista hidrológico, a classificação de bacias hidrográficas não é resultado, apenas de sua superfície total, mas dos efeitos de fatores dominantes na qualidade e quantidade do deflúvio, como a ação das chuvas e mudanças na cobertura vegetal, porém, a influência desses fatores pode ser detectada com mais sensibilidade nas bacias pequenas (TEODORO *et al.*, 2007). Além disso, na gestão integrada de grandes bacias, geralmente é possível se deparar com conflitos geopolíticos que dificultam a implementação das ações de planejamento territorial voltadas à adequação do uso e recuperação ambiental.

A bacia hidrográfica do rio Taquari (BAT) é umas das principais contribuintes da Bacia do Alto Paraguai (BAP) e tem apresentado, em sua porção alta, grandes mudanças no uso e cobertura da terra, sendo que 30% da vegetação do Cerrado já foi substituída por pastagens cultivadas (MENGATTO JUNIOR; BATISTA; SILVA, 2014). Na região do município de Coxim, na BAT, Amaral (2012) constataram alto grau de alterações antrópicas, registrando que cerca de 60% das terras já são utilizadas com pastagens e/ou com agricultura, enquanto apenas 40% ainda apresentam certo grau de preservação. A substituição da vegetação natural tem acarretado impactos em pequenas bacias dessa região, pela falta de proteção das nascentes e das áreas de vegetação ciliar, ao longo dos cursos d'água (AMARAL *et al.*, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2018; ROCHA; GÜNTZEL, 2021).

Apesar da existência de uma base consistente de conhecimento científico, visando melhorar o planejamento e a gestão territorial, fornecido pelo Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP) (BRASIL, 1997), a velocidade de degradação dos recursos naturais dessa bacia, pelo uso inadequado das terras, é maior do que as ações para a redução dos impactos e/ou recuperação das áreas já degradadas. Estudos voltados ao reconhecimento das fragilidades e potencialidades de uma região são fundamentais para a implementação de ações direcionadas à proteção do solo e da

vegetação nativa remanescente, principalmente das matas ciliares, os quais são essenciais para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos recursos naturais, como oferta de água e alimento, estabilização do solo e oferta de matéria-prima (RIIS *et al.*, 2020), cuja degradação pode afetar o bem-estar das populações e as atividades econômicas da região.

Neste estudo foi aplicado o método de análise de fragilidade ambiental, com base nas propostas de Ross (1994) e Crepani *et al.* (2001) em três sub-bacias, no município de Coxim-MS, cujos principais cursos d'água afluem para o rio Taquari, visando subsidiar ações voltadas ao planejamento ambiental e à conservação dos recursos naturais e da biodiversidade da região.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O recorte espacial deste estudo abrange as sub-bacias dos Córregos Veado, Sítio e Criminoso, todas localizadas à margem direita do rio Taquari, um importante afluente do Rio Paraguai, entre as coordenadas, 18°25'24"S e 54°50'09"O, dentro do limite do município de Coxim (**Figura 1**). Integra a região do Primeiro Patamar da Borda Ocidental da Bacia do Paraná, no início da Serra do Pantanal, e a Região Pantaneira de Transição, caracterizadas pela superfície com altimetrias entre 200 e 600 m (ABDON, 2004).

Nas áreas das sub-bacias observam-se usos predominantemente distintos, como agropastoril (Córrego Veado), área urbana e agropastoril (Córrego Criminoso), sendo que a sub-bacia do Córrego do Sítio contém a Área de Proteção Ambiental de mesmo nome, uma unidade de conservação com 3.105,08 ha, criada pelo Decreto Municipal MUN nº 587/2002 (MATO GROSSO DO SUL, 2002).

O clima da região de Coxim é classificado como Aw (clima tropical de Savana), com regime de precipitação tipicamente tropical, apresentando um período chuvoso (outubro a março) e um período seco (maio a setembro) (CAMPELO-JÚNIOR *et al.*, 1997).

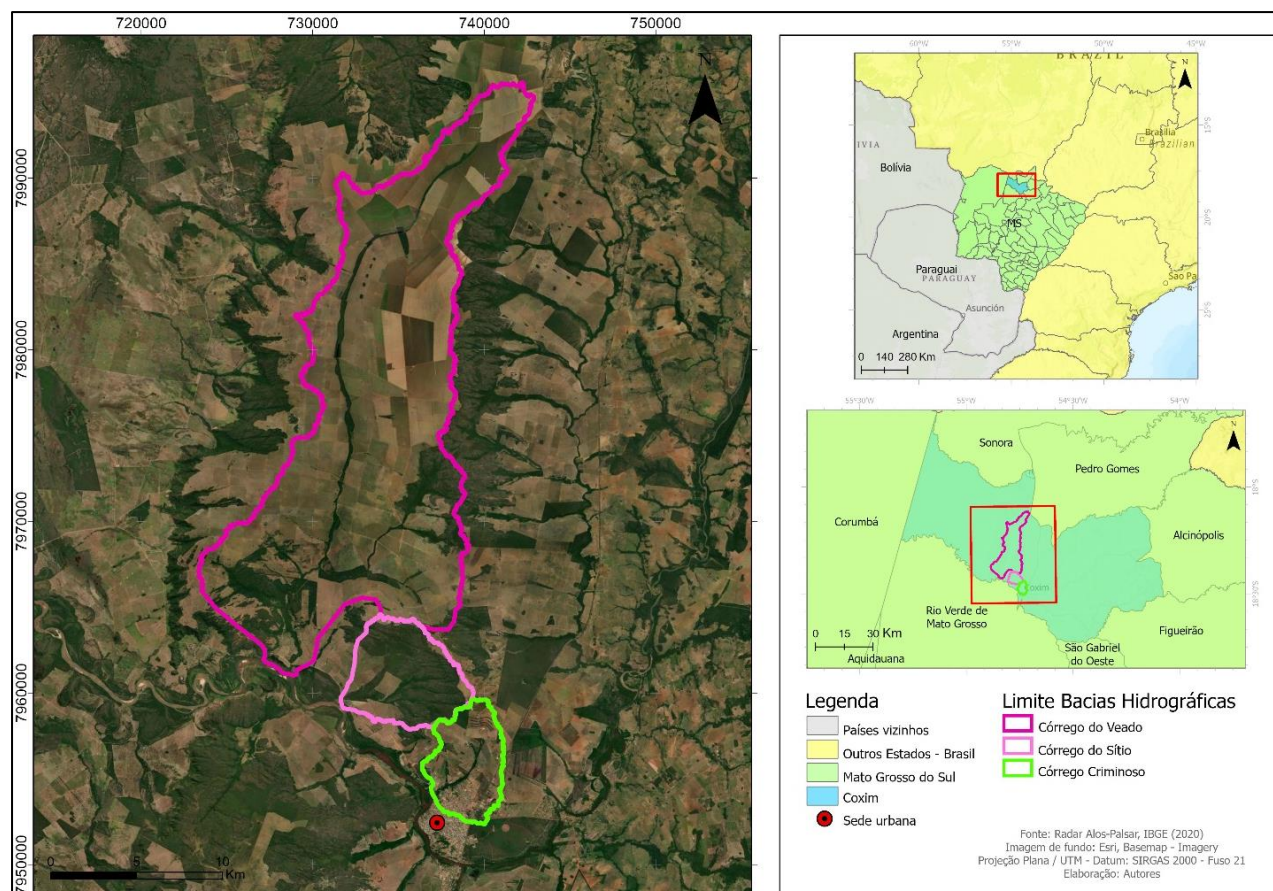
2.2. Metodologia

Primeiramente foi criado um banco de dados para a geração dos produtos cartográficos, padronizado no sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), na zona 21 do hemisfério Sul, e Datum SIRGAS 2000, obtida por meio de processamento digital no *software* ArcGis Pro 2.7, versão estudante (ESRI, 2021). Na sequência foi adicionada a imagem do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*), sensor PALSAR (*Phased Array Type L-band Synthetic Aperture Radar*) (AP_27219_FBS_F6810_RT1), com resolução espacial de 12,5 m, para a delimitação das bacias e para gerar a declividade.

Os solos das bacias foram extraídos do Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental-SISLA do projeto GeoMS (SILVA *et al.*, 2011) na escala de 1:250.000. A nomenclatura foi padronizada, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SBICS) (EMBRAPA, 2018), e as classes denominadas conforme o IBGE (2013). Os dados de Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade foram extraídos junto ao sítio do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2007, 2018).

As informações de pluviosidade foram coletadas das isoietas disponíveis no Atlas Pluviométrico do Brasil (CPRM), baseados em dados de 1977 a 2006 (CPRM, 2020), utilizadas no lugar das estações pluviométricas da região, por estas apresentarem informações incompletas. Para a espacialização da intensidade pluviométrica, utilizou-se o método geoestatístico de interpolação, denominado *The Inverse Distance Weighted* (IDW), que é um interpolador determinístico univariado de médias ponderadas. A precipitação média anual foi calculada e dividida pelo número de meses chuvosos da região e a classe de fragilidade determinada conforme Crepani *et al.* (2001), sendo necessário, posteriormente, padronizar para as classes de fragilidade ambiental (ROSS, 1994).

Figura 1: Localização das sub-bacias dos Córregos Veado, Sítio e Criminoso, na Bacia do Alto Rio Taquari, MS



Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.

O mapeamento do uso e cobertura da terra foi elaborado no *software Spring* versão 5.5 (CÂMARA *et al.*, 1996), por meio da classificação supervisionada por regiões, utilizando o algoritmo *Battacharya*. Para tal, foram utilizadas as bandas 2, 3 e 4 da imagem orbital do satélite Sentinel 2B, de 4 novembro de 2020 (USGS, 2020). Após realizada a composição de cor R4G3B2, foi aplicado o contraste linear e realizado o recorte das bacias sobre a imagem processada. Seguiram-se, então, as etapas de segmentação, treinamento e classificação da imagem, sendo as classes obtidas, padronizadas com as cores fornecidas pelo IBGE (2013). O índice de acurácia, Kappa (BRITTES; SOARES; RIBEIRO, 1996), foi aplicado à classificação da imagem para o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal.

O mapa da fragilidade potencial foi gerado a partir das variáveis naturais (solo, declividade, pluviosidade) e das áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade (MMA, 2007), às quais foram reclassificadas e padronizadas com pesos das classes propostas por Ross (1994). Já o mapa da fragilidade ambiental ou emergente foi gerado, a partir da fragilidade potencial e do uso e cobertura da terra, após reclassificação, de acordo com o grau de proteção para o solo. A combinação das variáveis, para a confecção dos mapas de fragilidade potencial e emergente, se deu por meio da álgebra de mapas, com sobreposição ponderada (sendo atribuído o mesmo valor de importância para cada variável), pela ferramenta *Weighted Overlay*.

3. RESULTADOS

3.1. Sub-bacia do Córrego Veado

Nesta sub-bacia foram identificadas seis classes de uso da terra e cobertura vegetal. As formações vegetais do bioma Cerrado estão indicadas na classe Cerrado, que abrange as diferentes fitofisionomias presentes na região e não foram discriminadas pela imagem de satélite e na classe Mata Ciliar. As classes de uso e cobertura estão apresentadas na **Tabela 1 e Figura 2f**. O índice de acurácia da classificação da imagem de satélite resultou em qualidade excelente (Kappa=1,0).

A principal forma de uso da terra foi a pastagem. Somando-se a área de cultura com a área de pastagem, chega-se a 78,1% da área da sub-bacia ocupada com uma única forma de uso, a agropastoril. A cobertura vegetal nativa (Cerrado e Mata Ciliar) foi registrada em apenas 16,7% da área da sub-bacia.

Tabela 1: Classes de uso da terra e cobertura vegetal da sub-bacia do Córrego Veado, Bacia do Alto Taquari, MS

Classe	km ²	%
Cerrado	24,54	8,76
Mata ciliar	22,20	7,92
Pastagem	144,27	51,49
Cultura de soja	74,42	26,56
Solo exposto	14,34	5,12
Água	0,41	0,15
Área total	280,18	100

Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.

Nesta região foram observadas declividades máximas em torno de 61,0% (**Figura 2a**). Os solos encontrados na sub-bacia são os Neossolos Quartzarênicos, os Neossolos Litólicos e os Latossolos Vermelhos, predominando as texturas argilosa e média (**Figura 2b**). Altos valores de precipitação pluviométrica incidem sobre a região, variando de 1.393,1 a 1.513,6 mm ao longo do ano (**Figura 2c**). A **Figura 2d** mostra o mapa das Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade. Em torno de 77% da área da sub-bacia enquadra-se como não-prioritária para a conservação, sendo que o restante tem prioridade muito alta e extremamente alta (**Tabela 2**).

Tabela 2: Prioridade para a conservação da biodiversidade e grau de fragilidade potencial (natural) e emergente na sub-bacia do Córrego Veado, Bacia do Alto Taquari, MS

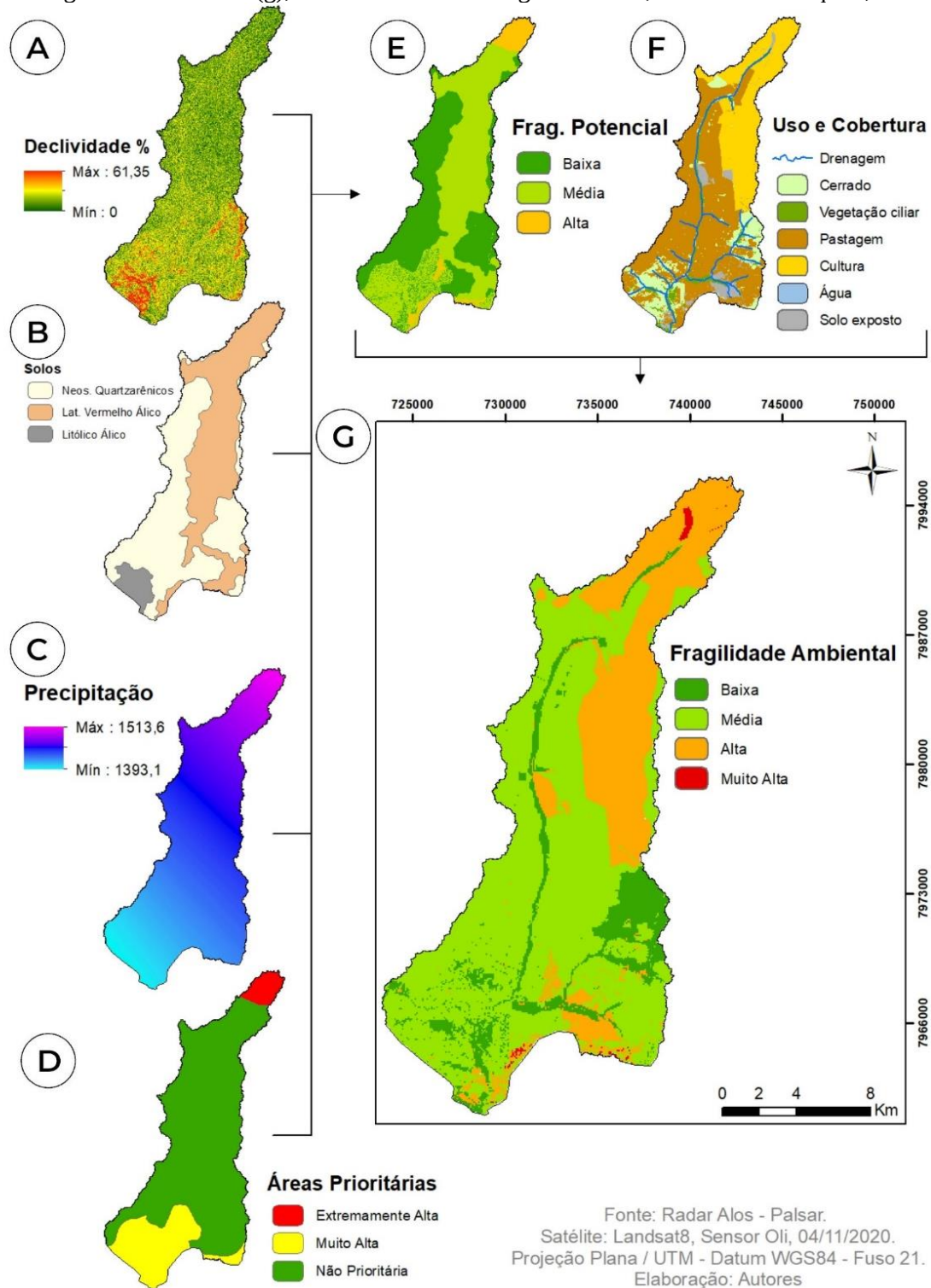
Prioridade para Conservação	km ²	%	Fragilidade potencial	km ²	%	Fragilidade emergente	km ²	%
Não-prioritária	2.168.040	77,38	Baixa	120.102	38,66	Baixa	17.951	5,78
Muito alta	524.476	18,72	Média	151.526	48,77	Média	238.257	76,71
Extremamente alta	109.322	3,90	Alta	39.061	12,57	Alta	53.397	17,19
						Muito alta	976	0,31
Total	2.801.838	100	Total	310.689	100	Total	310.581	100

Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.

Cerca de 49% da sub-bacia apresentou fragilidade potencial média (**Figura 2e**). Fragilidade potencial alta ficou restrita ao ponto mais a jusante do córrego, em torno do exutório. A **Figura 2g** mostra a fragilidade emergente da sub-bacia, quando se sobrepõe o uso e cobertura com os demais fatores que constituem a fragilidade natural (potencial) do terreno, combinados com as áreas prioritárias para a conservação. Como resultado, a fragilidade da sub-bacia aos processos erosivos foi

amplificada e cerca de 77%, passando para áreas com fragilidade emergente média, e 17,5% para áreas com fragilidade ambiental ou emergente alta e muito alta. Os principais fatores responsáveis por essa alteração foi a presença de solos arenosos sem cobertura vegetal e a utilização de pastagem das áreas de preservação permanente em torno da nascente do Córrego Veado (**Figura 2**).

Figura 2: Mapas de declividade (a), solos (b), precipitação pluviométrica (c), áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade (d), fragilidade potencial (e), uso da terra e cobertura vegetal (f) e da fragilidade ambiental (g), da sub-bacia do Córrego do Veado, Bacia do rio Taquari, MS



Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.

3.2. Sub-bacia do Córrego do Sítio

Na sub-bacia do Córrego do Sítio foram identificadas quatro classes de uso e cobertura. O índice de acurácia da classificação da imagem de satélite resultou em qualidade excelente ($Kappa=1,0$). Aproximadamente, 65% da área é ocupada por vegetação remanescente de Cerrado, além da vegetação representada pela faixa ciliar, localizada às margens do córrego (6,17%), perfazendo um total de 71,19% de área coberta por vegetação nativa (**Figura 3f e Tabela 3**). A sub-bacia não apresentou área com solo desprotegido e a pastagem ocupava, no período de estudo, em torno de 27% da área.

Tabela 3: Classes de uso da terra e cobertura vegetal da bacia do Córrego do Sítio, Bacia do Alto Taquari, MS

Classe	Área (km ²)	%
Cerrado	22,03	65,02
Mata ciliar	2,09	6,17
Pastagem	9,12	26,92
Solo exposto	0,64	1,89
Área total	33,88	100

Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.

Nesta sub-bacia, a declividade máxima foi de 63% (**Figura 3a**). Os solos que ocorrem na área são os Neossolos Quartzarênicos e os Latossolos Vermelhos (**Figura 3b**). Uma vez que toda a área é considerada de prioridade muito alta para a conservação da biodiversidade, a conjunção desse fator (**Figura 3d**) com as altas pluviosidades (**Figura 3c**), as altas declividades (**Figura 3a**) e o predomínio de solos com alto potencial de erodibilidade, resultou em fragilidade potencial alta na porção da sub-bacia coberta pela vegetação de Cerrado, e média, na porção coberta por pastagem, conforme mostra a **Figura 3e**.

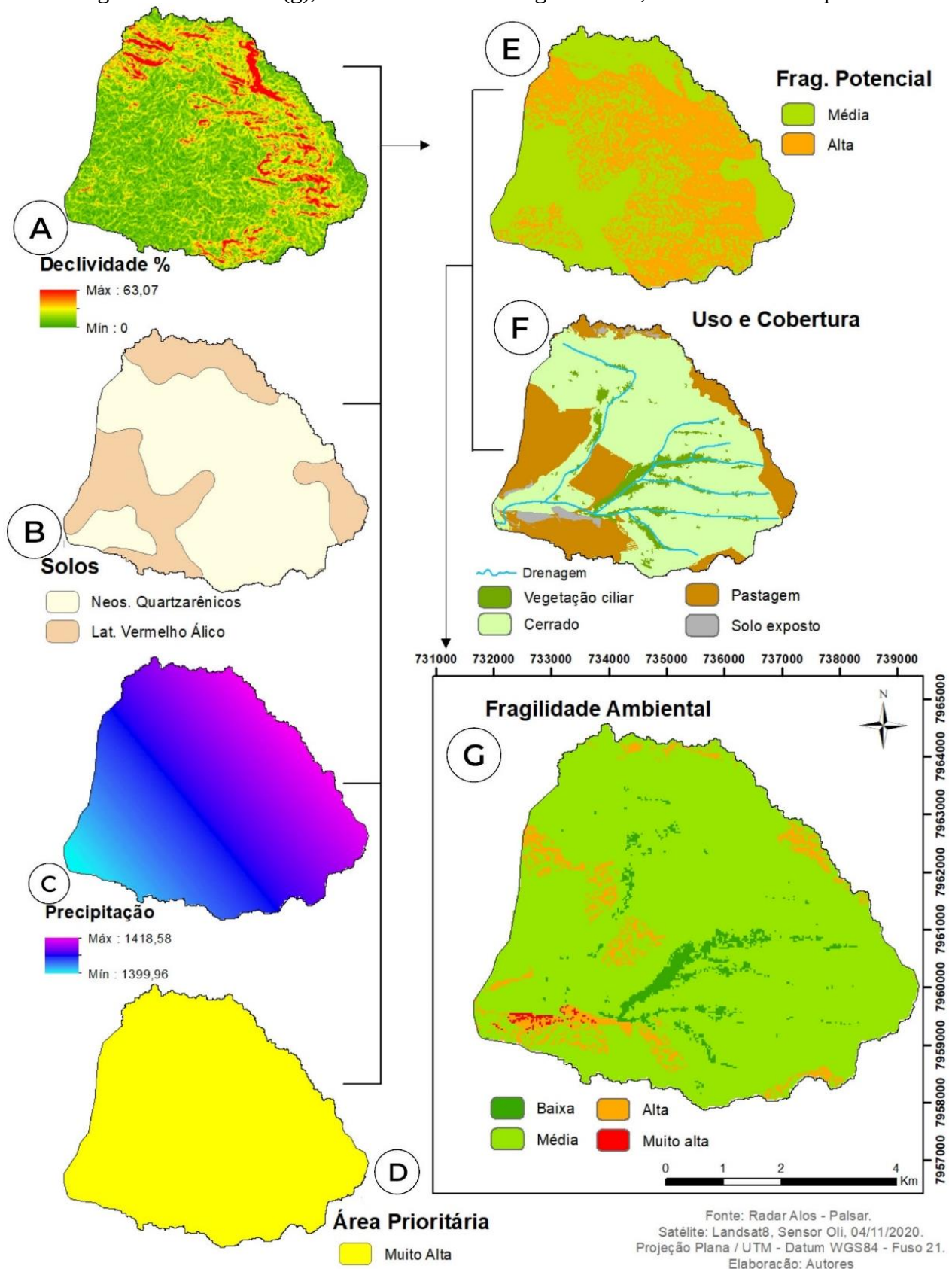
Sobrepondo a fragilidade potencial com o uso da terra e cobertura vegetal (**Figuras 3e e 3f**), obteve-se que a maior porção da sub-bacia (90,1%, **Tabela 4**) apresentou fragilidade ambiental ou emergente média. Fragilidade alta foi restrita a área no entorno da APA Córrego do Sítio (**Figura 3g**), onde se encontram as áreas de pastagem e solo exposto, conforme mostra a **Figura 3f**.

Tabela 4: Prioridade para a conservação da biodiversidade e grau de fragilidade potencial (natural) e emergente na sub-bacia do Córrego do Sítio, Bacia do Alto Taquari, MS

Prioridade para conservação	km ²	%	Fragilidade potencial	km ²	%	Fragilidade emergente	km ²	%
Muito alta	46.509	100	Baixa	0	0	Baixa	1.408	3,75
			Média	21.355	56,91	Média	33.784	90,12
			Alta	16.152	43,06	Alta	2.296	6,12
Total	46.509	100	Total	37.507	100	Total	37.488	100

Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.

Figura 3: Mapas de declividade (a), solos (b), precipitação pluviométrica (c), áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade (d), fragilidade potencial (e), uso da terra e cobertura vegetal (f) e da fragilidade ambiental (g), da sub-bacia do Córrego do Sítio, Bacia do Alto Taquari-MS



Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.

3.3. Sub-bacia do Córrego Criminoso

Nesta sub-bacia foram identificadas seis classes de uso da terra e cobertura vegetal (Cerrado, vegetação ciliar, pastagem, silvicultura, área urbana e solo exposto). O índice de acurácia da classificação da imagem de satélite resultou em qualidade excelente ($Kappa=1,0$). Durante o período de estudo, o percentual da área da sub-bacia do Córrego Criminoso, ocupado por pastagem, foi de cerca de 65% (Tabela 5 e **Figura 4f**).

O solo se apresentou quase completamente coberto, com apenas 5,5% da área desprovida de cobertura, principalmente na zona urbana; a vegetação de Cerrado ocupou uma área em torno de 13,5%; a vegetação ciliar representou 3,54% da área vegetada no entorno do córrego. A área urbana ocupou cerca de 12% da sub-bacia. O restante da área apresentou cobertura de silvicultura de eucalipto.

Tabela 5: Classes de uso da terra e cobertura vegetal da bacia do Córrego Criminoso, Bacia do Alto Taquari, MS

Classe	km ²	%
Cerrado	3,24	13,50
Vegetação ciliar	0,85	3,54
Pastagem	15,59	64,96
Silvicultura	0,07	0,29
Área urbana	2,93	12,21
Solo exposto	1,32	5,50
Área total	24	100

Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.

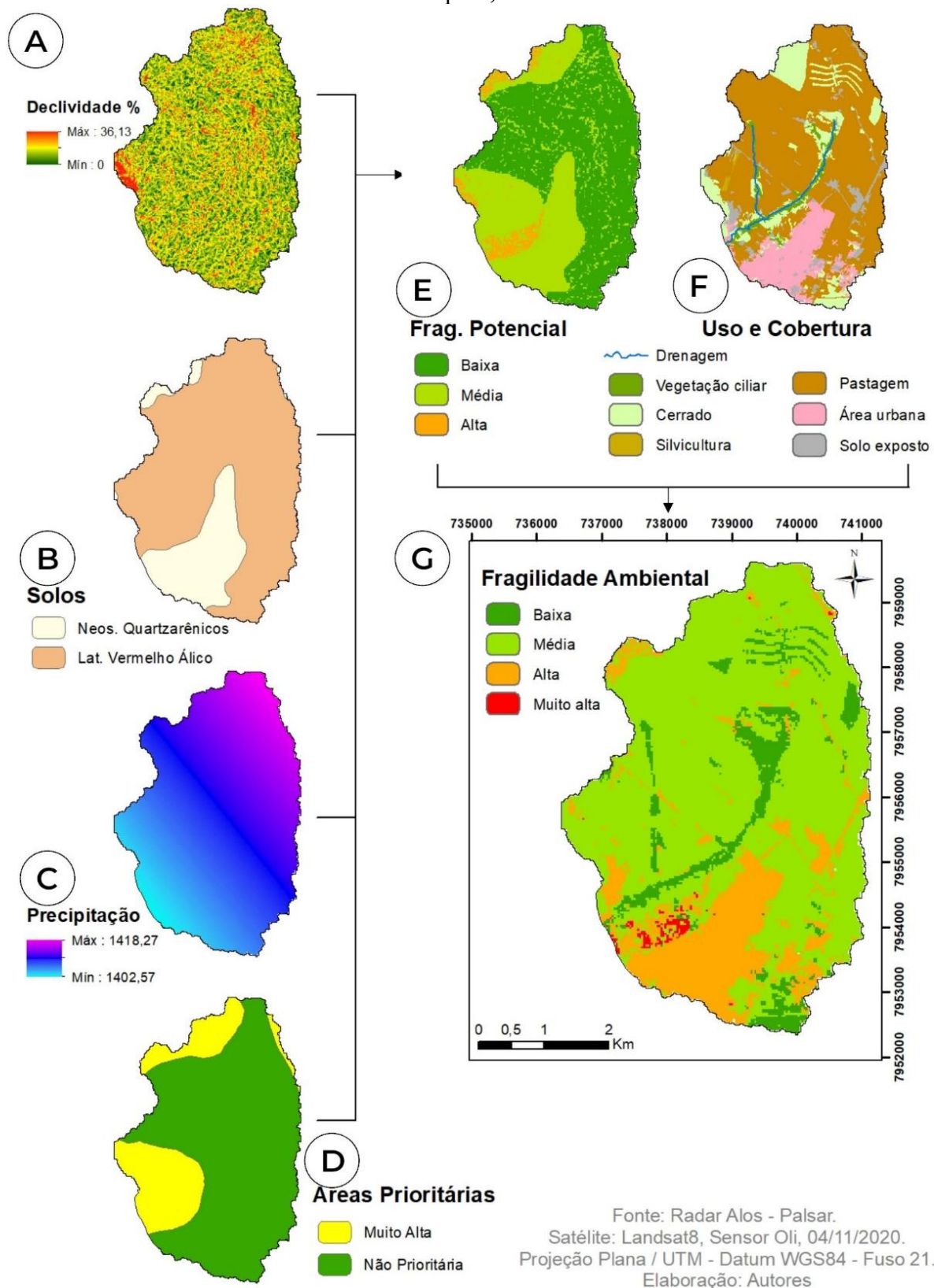
A sub-bacia apresentou fragilidade potencial baixa em 55,5% da área e média em 40,3% (**Figura 4e**). A fragilidade emergente foi considerada média em, aproximadamente, 76% da área, seguida de alta em 19% da sub-bacia (**Figuras 4e, 4g e Tabela 6**). Fragilidade emergente alta foi registrada em áreas de solos com maior potencial de erodibilidade, sob a área urbanizada (**Figura 4b e 4f**) e a fragilidade emergente, muito alta, esteve relacionada a áreas com prioridade para a conservação muito alta e com solos arenosos (**Figuras 4b, 4d e 4g**).

Tabela 6: Prioridade para a conservação da biodiversidade e grau de fragilidade potencial (natural) e emergente na sub-bacia do Córrego Criminoso, Bacia do Alto Taquari, MS

Prioridade para Conservação	km ²	%	Fragilidade potencial	km ²	%	Fragilidade emergente	km ²	%
Não-prioritária	50.896	76,52	Baixa	14.696	55,50	Baixa	2.289	8,65
Muito alta	15.617	23,48	Média	10.684	40,35	Média	18.952	71,64
			Alta	1.098	4,15	Alta	5.025	18,99
						Muito alta	189	0,71
Total	66.513	100	Total	26.478	100	Total	26.455	100

Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.

Figura 4: Mapas de declividade (a), solos (b), precipitação pluviométrica (c), áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade (d), fragilidade potencial (e), uso da terra e cobertura vegetal (f) e da fragilidade ambiental ou emergente (g), da sub-bacia do Córrego Criminoso, Bacia do Alto Taquari, MS



Fonte: Elaborada pelos autores, 2021.

4. DISCUSSÃO

O município de Coxim possui uma população em 2020, de 33.459 habitantes, distribuída em uma unidade territorial de 6.392,003 km² (IBGE, 2020). As principais fontes de renda que movimentam a economia do município são o setor de comércio, de serviços e o agropecuário. Além dessas, ocorrem atividades menos expressivas, como a suinocultura e a produção de carvão e álcool (MMA, 2007). A agropecuária é a atividade predominante, gerando aspectos positivos, relacionados ao desenvolvimento econômico, e aspectos geradores de impactos ambientais negativos, principalmente em áreas próximas ao Pantanal (CRUZ *et al.*, 2017).

Nas sub-bacias do Córrego Veado e Criminoso, as principais ameaças à biodiversidade são as carvoarias, atividades agropecuárias, usinas de álcool e suinocultura, além da ocorrência de processos erosivos avançados (MMA, 2007). A sub-bacia do Córrego do Sítio é a menos suscetível à perda de biodiversidade e de solo, pois possui ampla área coberta por vegetação nativa e poucas áreas de pastagem.

O Córrego Veado é o principal curso d'água permanente protegido por fragmentos de vegetação ciliar na porção alta e média da sub-bacia. A vegetação ciliar em torno dos demais afluentes e de suas respectivas nascentes foram, quase todos, substituídos por pastagem (ROCHA; GÜNTZEL, 2021). Na porção inferior da bacia, nas margens esquerda e direita do Córrego Veado, encontram-se os principais remanescentes de vegetação nativa e nascentes protegidas por vegetação do tipo Galeria. Nessa porção da sub-bacia, é encontrada grande diversidade de formações vegetais remanescentes do bioma Cerrado, tais como Floresta Estacional Semidecidual, Savanas Florestadas (Cerradão e Floresta de Galeria) e não-florestadas, e encaves de Savana Florestada com Floresta Estacional (SILVA *et al.*, 2011). De acordo com o Ministério de Meio Ambiente, essa vegetação integrava uma área prioritária para conservação da biodiversidade, antes da última atualização realizada em 2018.

Na sub-bacia do Córrego Veado, áreas que apresentaram fragilidade potencial média e baixa, tiveram a fragilidade emergente ampliada para alta e média, respectivamente, e correspondem à região da nascente do córrego. Apesar disso, a nascente encontra-se coberta pela cultura da soja. Na parte baixa da bacia, em torno do exutório, fragilidade muito alta foi observada, principalmente por se tratar de área com remanescentes de vegetação nativa do bioma Cerrado preservados, enquadrada nas categorias de prioridade alta e muito alta para a conservação da biodiversidade (MMA, 2007), e por serem áreas de declividades altas e de solos mais frágeis.

Sweeney e Newbold (2014) enfatizam a prioridade de proteção de nascentes e terrenos inclinados, se o benefício esperado é a qualidade da água. Esses autores acrescentam que as intervenções de restauração devem priorizar a recuperação do solo e da vegetação nos locais mais frágeis e, portanto, expostos a maiores riscos de erosão e assoreamento. Nas sub-bacias dos Córregos Veado e Criminoso, as nascentes degradadas devem ser recuperadas, além das áreas de preservação permanente marginais aos cursos d'água, uma vez que delas depende a manutenção da reserva hídrica superficial e a qualidade da água das sub-bacias.

A declividade foi importante como indicador de fragilidade dos processos erosivos, quando combinada com áreas de solos arenosos, sendo que o alto grau de cobertura da terra (nativa ou pastagem plantada), influenciou positivamente na redução da fragilidade emergente, embora no período seco ou na época de colheita das culturas de soja, esse resultado possa ser alterado, aumentando o grau de exposição do solo e a fragilidade da área.

Em todas as sub-bacias, as formas de uso e cobertura da terra foram determinantes para o aumento do grau de fragilidade ambiental. Esse resultado corrobora com as pesquisas de Oliveira, Viadana e Pereira (2019), que relacionaram a dinâmica do meio físico à alteração dos fluxos de energia, mediante a substituição da vegetação nativa por cultivos e pastagens, elevando as classes da fragilidade ambiental.

Uma prática comum para a área das sub-bacias é o barramento de cursos d'água que atravessam as propriedades particulares, por estradas ou pela construção de reservatórios usados para

a dessedentação do gado, ou ainda, para a piscicultura e lazer. Durante a execução deste estudo e visita local, foram observados esses barramentos nas bacias dos Córregos Veado e Criminoso. Esse é outro desafio para a gestão ambiental dessas sub-bacias, pois é necessário buscar soluções que aliem as atividades econômicas das propriedades rurais com a conservação da biodiversidade. Nesse sentido, as cisternas são alternativas para as propriedades rurais em período de estiagem (PALHARES, 2010).

Dada a presença de comunidades quilombolas e ribeirinhas e áreas contínuas de vegetação remanescente preservada (MMA, 2007), sugere-se que sejam incentivadas políticas para a geração de renda, condizente com a fragilidade ambiental da sub-bacia do Córrego Veado, que é predominantemente rural, como extrativismo de produtos do Cerrado (frutos, fibras e artesanato). Outra indicação de atividade econômica para a região seria o turismo sustentável, baseado nos produtos culturais locais, aliando economia à conservação da biodiversidade de espécies da flora e da fauna, além da preservação da biodiversidade cultural e étnica dos povos tradicionais e ribeirinhos.

Na Conferência das Partes de 2010 (COP-10), os países membros definiram 20 metas para salvaguardar a biodiversidade do planeta, sendo que o primeiro objetivo estratégico trata das causas fundamentais de perda de biodiversidade, de modo que preocupações com biodiversidade permeiem governo e sociedade. Dada a situação atual de perda de biodiversidade no país (MMA, 2018), é urgente a implementação de medidas de uso sustentável dos recursos naturais, redução das pressões sobre a diversidade biológica, de modo a aumentar os benefícios da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos para toda a sociedade. Desse modo, o Brasil estaria legitimando sua participação em acordos internacionais, como a Convenção da Diversidade Biológica (CDB), cujas tratativas se deram por ocasião da Rio-92 e que foi ratificada pelo Congresso Nacional em 1994 (Decreto Legislativo nº 2/94), tornando-se uma lei de biodiversidade (CINUMAD, 1992).

As Áreas Prioritárias para a Conservação, definidas pelo Ministério do Meio Ambiente, são áreas remanescentes de vegetação nativa que apresentam espécies ameaçadas de extinção, raras ou endêmicas, além de ecossistemas terrestres e aquáticos e serviços ecossistêmicos relevantes para a conservação da biodiversidade (MMA, 2007). Entretanto, em 2018, o Ministério de Meio Ambiente publicou uma atualização eliminando áreas anteriormente delimitadas como prioritárias, sem apresentar a fundamentação teórica para a mudança. Na sub-bacia do Córrego Veado, não constam mais as áreas prioritárias anteriormente existentes.

No presente estudo foram identificados importantes remanescentes de vegetação nativa em áreas de alta declividade e sobre neossolos, cujas áreas já haviam sido indicadas para recuperação ambiental e conservação dos recursos naturais, quando da elaboração do Zoneamento Agroecológico de Coxim (AMARAL, 2012), não se justificando a eliminação dessas áreas da categoria de prioritárias para a conservação da biodiversidade. Além disso, a página do Ministério do Meio Ambiente não apresenta a publicação da segunda revisão, apenas os arquivos vetoriais.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2007), toda a área da sub-bacia do Córrego do Sítio é considerada prioritária para a conservação da biodiversidade (prioridade muito alta). Na segunda atualização, a área passou para a categoria de prioridade extremamente alta (MMA, 2018), o que, nesse caso, está condizente com as características ambientais da sub-bacia, que abrange a Área de Proteção Ambiental (APA) em importantes remanescentes de vegetação do bioma Cerrado e cursos d'água protegidos. Entretanto, criada desde 2002, em uma área de 3.105,08 ha (MATO GROSSO DO SUL, 2020), ainda não foi elaborado o Plano de Manejo da unidade de conservação.

A APA é uma área protegida de uso sustentável, onde podem coexistir atividades socioeconômicas urbanas e rurais com áreas de importância para a preservação (BRASIL, 2005). Nessa sub-bacia, a vegetação nativa remanescente está representada pelas fitofisionomias de Florestas Estacionais Semidecíduais e Savana com Floresta de Galeria (SILVA *et al.*, 2011), sendo o desenvolvimento do turismo ecológico e, provavelmente, a utilização sustentável dos recursos naturais, as melhores indicações de uso para as áreas prioritárias da sub-bacia e para a APA Córrego do Sítio. Dessa maneira, as informações obtidas no presente estudo, considerando as fragilidades

potencial e emergente da área, podem auxiliar na elaboração do plano de manejo, contendo as diretrizes para o planejamento das atividades econômicas de forma sustentável no seu entorno, visando a conservação dos ecossistemas relevantes existentes na área.

Na sub-bacia do Córrego Criminoso, Silva *et al.* (2011) mapearam a vegetação remanescente, identificando a presença de Floresta Estacional Semidecidual, Savana Arborizada e Florestada (Cerradão) e Savana com Floresta de Galeria. Atualmente, restam poucas áreas com vegetação nativa nessa sub-bacia, que abrange parte da área urbana de Coxim. Há várias porções da vegetação ciliar remanescente situada ao longo do Córrego Criminoso e de seu afluente na margem esquerda, com necessidade de recuperação, inclusive em uma área próxima à foz do córrego no rio Taquari e outra próxima à nascente do córrego, para onde se estendem áreas de pastagem sobre o Cerrado degradado (GÜNTZEL *et al.*, 2011).

As ameaças à conservação da biodiversidade na sub-bacia do Córrego Criminoso são as carvoarias, a agropecuária, as usinas de álcool e os processos erosivos avançados (MMA, 2007). Estudos de Amaral *et al.* (2010) indicaram que a sub-bacia do Córrego Criminoso já se encontrava fortemente degradada, entre 2009/2010, pela redução de sua faixa de vegetação marginal, pela presença de alta dominância de uma única espécie arbórea, *Xylopia aromatica*, típica de borda, e pela reduzida riqueza de espécies arbóreas e baixa densidade de indivíduos, observada na área. Além disso, esses autores detectaram barramento das nascentes para dessedentação do gado.

Nesse período, as áreas de preservação permanente foram isoladas com cercamento, de modo a impedir que o gado atingisse o Córrego Criminoso (AMARAL *et al.*, 2010), uma vez que o pisoteio é um importante fator de degradação da vegetação ciliar, porque afeta os processos ecológicos de ciclagem de nutrientes e regeneração (PIOVESAN *et al.*, 2013). Apesar dessa medida, marcas de pisoteio foram registradas no solo e a água apresentou baixa qualidade; a vegetação marginal ao longo do curso e no entorno de suas nascentes, ainda apresentava faixas desprovidas de vegetação alguns anos mais tarde (BARBOSA *et al.*, 2018) e foi observada, também, disposição irregular de resíduos sólidos, provenientes da área urbana, em vários pontos do córrego (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Em uma análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal, entre 2009 e 2014, foi registrado um aumento, em torno de 7%, na área de pastagem da sub-bacia do Córrego Criminoso (GÜNTZEL *et al.*, 2018). Constatou-se, ainda, a perda de, aproximadamente, 11% na área ocupada por vegetação nativa (vegetação ciliar e Cerrado). A área coberta por água (nascentes, lagos e áreas úmidas) sofreu perda drástica, de 56,2%, devido ao assoreamento causado por voçorocas e pisoteio do gado. Esse processo de degradação da vegetação e do solo da sub-bacia do Córrego Criminoso resultou em baixa qualidade da água de suas nascentes (AMARAL *et al.*, 2010).

Segundo Tarolli e Sofia (2016), em pastagens ou cultivos em solos expostos, a infiltração é reduzida e o impacto direto das gotas da chuva desagrega as partículas do solo e produz sedimentos que são carregados diretamente para os rios, pela água da chuva que não infiltrou. A consequência disso é a diminuição da vazão, ou até a interrupção do fluxo na estiagem e cheias com maior volume e mais frequentes na estação chuvosa, além de assoreamento e contaminação de fontes hídricas (GRIP *et al.*, 2005 *apud* HONDA; DURIGAN, 2017). No entanto, quando o solo é cultivado com práticas adequadas de conservação e são preservadas as suas propriedades físicas favoráveis à infiltração e percolação da água, o escoamento superficial também pode ser mínimo (PANACHUKI *et al.*, 2011).

Sendo assim, a recuperação das áreas degradadas da sub-bacia, além de medidas voltadas à gestão de resíduos sólidos do município, é necessária para reduzir a ação dos processos erosivos, bem como para a melhoria da qualidade da água do córrego.

De acordo com a classificação de 2007 do Ministério do Meio Ambiente, 76,5% da sub-bacia do Córrego Criminoso não era prioritária para a conservação da biodiversidade, mas em 23,5% a prioridade para a conservação era muito alta (MMA, 2007). Pela atualização de 2018, com exceção da área já urbanizada, todo o restante da sub-bacia foi considerado de prioridade extremamente alta (MMA, 2018). Essa mudança traz, à tona, uma questão importante: Por que a sub-bacia do Córrego

Veado, que contém remanescente de vegetação com potencial para a conservação perdeu áreas prioritárias na atualização de 2018 e a sub-bacia do Córrego Criminoso, em cuja área o principal uso é a pecuária, ganhou o grau de prioridade extremamente alta? Quais são os requisitos dessa área para a sua categorização nesse grau de prioridade, em atendimento à Deliberação Conabio nº 39, de 14 de dezembro de 2005? (BRASIL, 2005).

Com relação à proposta de Zoneamento Agroecológico (ZAE) do município de Coxim, discutido anteriormente, cabe salientar que o risco potencial de degradação do ambiente natural foi avaliado, considerando as estimativas de perdas de solos em áreas destituídas de vegetação natural e sem intervenção antrópica (AMARAL, 2012). Esse estudo indicou um potencial natural de erosão alto no município, correspondendo a uma perda de solo entre 50 e 200 t ha⁻¹ ano⁻¹.

A metodologia de análise do ZAE não considerou a fragilidade emergente, avaliada no presente estudo, mascarando o efeito da antropização sobre a alta fragilidade natural já existente, sendo que as terras recomendadas para conservação dos recursos naturais e/ou recuperação ambiental constituem áreas de moderada a alta fragilidade e/ou áreas que apresentam restrições legais de uso, como áreas de preservação permanente, ou que já foram desmatadas para o uso com pastagens e silvicultura, às quais representam em torno de 3% da área do município. Além disso, cerca de 82% da área recomendada para pastagem encontra-se sob cobertura vegetal natural em seus diversos graus de conservação (AMARAL, 2012), de forma que, seguindo a recomendação proposta no zoneamento, haverá uma redução em aproximadamente 54,5% na vegetação nativa de Cerrado do município, para o desenvolvimento de uma única atividade econômica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos no presente estudo, chegou-se a algumas recomendações para o planejamento ambiental das áreas referentes às três sub-bacias estudadas.

Nas sub-bacias dos Córregos Criminoso e Veado são necessárias ações de recuperação da vegetação natural remanescente, situada ao longo dos cursos d'água e nascentes, de modo a atender a legislação vigente. Dada a fragilidade natural dos processos erosivos existentes na região e a presença de importantes remanescentes de vegetação de Cerrado, medidas efetivas de conservação devem ser implementadas, visando a manutenção da qualidade do solo, da água e dos serviços ecossistêmicos advindos da biodiversidade local.

A vegetação remanescente da sub-bacia do Córrego do Sítio deve ser protegida por meio de projetos e programas específicos para esse fim, detalhados dentro do plano de manejo, não devendo ser ampliadas as áreas de pastagem para o interior da área protegida, de modo a manter o sistema estável, conforme indicado pela fragilidade emergente moderada, observada na bacia.

Além disso, estudos indicando áreas que podem ser recuperadas, para a passagem de corredores de biodiversidade, devem ser realizados nas sub-bacias estudadas, haja visto sua localização em área de transição entre o planalto e o Pantanal.

Considerando as características socioambientais do município de Coxim, deve ser avaliada a viabilidade de regulamentar o turismo sustentável, aliado à utilização econômica sustentável dos recursos naturais da região, uma vez que se trata de uma das poucas áreas do bioma Cerrado com características naturais propícias ao desenvolvimento dessa atividade (vegetação nativa florestal e recursos hídricos), que poderia representar um importante incremento na renda da população, por meio da comercialização de produtos provenientes da flora e fauna.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul pela concessão de bolsas de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

- ABDON, M. M. **Os impactos ambientais no meio físico: erosão e assoreamento na bacia hidrográfica do rio Taquari, MS, em decorrência da pecuária**. 2004. 294 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.
- ALMEIDA, J. L.; SILVA, V. A. R.; SANTOS, J. S.; SANTOS, J. R. N.; ARAÚJO, M. L. S.; PYLES, M. V.; SILVA, F. B. O cenário de fragilidade ambiental do baixo curso do rio Mearim. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 1, p. 102-120, 2020.
- AMARAL, D. C.; GÜNTZEL, A. M.; SANTOS, A. M.; DIAS, N. R.; COERTJENS, C. M.; VIEIRA, E. A. Diagnóstico ambiental do remanescente de vegetação ciliar das nascentes do Córrego Criminoso, Bacia do Rio Taquari, Coxim, MS. 3º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, **Anais [...]**, Cáceres, p. 287-295, 2010.
- AMARAL, F. C. S. **Zoneamento agroecológico do município de Coxim - MS**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento). Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes>. Acesso em: 12 dez. 2020.
- ANJINHO, P. S.; BARBOSA, M. A. G. A.; COSTA, C. W.; MAUAD, F. F. Environmental fragility analysis in reservoir drainage basin land use planning: a brazilian basin case study. **Land Use Policy**, v. 100, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104946>. Acesso em: 12 dez. 2020.
- BACANI, V. M. **Geotecnologias aplicadas ao ordenamento físico-territorial da bacia do alto rio Coxim-MS**. 2010. 222 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- BACANI, V. M.; LUCHIARI, A. Geoprocessamento aplicado ao zoneamento ambiental da bacia do alto rio Coxim-MS. **GEOUSP - Espaço e Tempo (Online)**, v. 18, n. 1, p. 184-197, 2014.
- BACANI, V. M.; SAKAMOTO, A. Y.; LUCHIARI, A.; QUÉNOL, H. Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 119-135, 2015.
- BARBOSA, T. O.; FERREIRA, J. A.; BEZERRA, T. S.; COSTA, P. F.; GÜNTZEL, A. M. Verificação da conformidade legal das áreas de preservação permanente da microbacia do córrego Criminoso, Coxim, MS, Brasil. In: BARBOSA, T. O.; COSTA, P. F. (org.). **Análise Geoambiental da Microbacia do Córrego Criminoso, Coxim, MS - Brasil**. Campo Grande, MS: Life Editora, 2018. p. 22-37.
- BONIFÁCIO, C. M. **Fragilidade ambiental e qualidade da água na unidade hidrográfica do Pirapó, Paranapanema III e IV**. 2019. 205 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2019.
- BRASIL. **Deliberação CONABIO nº 39, de 14 de dezembro de 2005**. Dispõe sobre a aprovação da metodologia para revisão das Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira. Disponível em: http://portalredd.mma.gov.br/images/arquivos/Delib_039.pdf. Acesso em: 24 jan. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal) PCBAP**. Brasília: PNMA, 1997.

BRITTES, R. S.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. S. S. Verificação da exatidão em classificação de uma imagem orbital mediante a utilização de três índices. **Revista Árvore**, v. 20, n. 3, p. 415-424, 1996.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. Spring, Integrating Remote Sensing and Gis by Object-Oriented Data Modeling. **Computer & Graphics**, v. 20, p. 395-403. 1996.

CAMPELO-JÚNIOR, J. H.; SANDANIELO, A.; CANEPPELE, C. R.; SORIANO, B. M. A. Climatologia. In: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai - PCBAP Meio Físico**. V. II, Tomo I. Brasília: 1997. p. 309-349.

CARVALHO, R. G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. especial, n. 36, p. 26-43, 2014.

CINUMAD. **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento**. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>. Acesso em: 15 jun. 2022.

CORTE, A. P. D.; HENTZ, A. M. K.; DOUBRAWA, B.; SANQUETTA, C. R. Environmental fragility of Iguaçu river watershed, Paraná, Brazil. **Bosque (Valdivia)**, v. 36, n. 2, p. 287-297, 2015.

COSTA, L. R. F.; OLIVEIRA, V. P. V.; SANTOS, J. O. Fragilidade ambiental no contexto de sítio urbano na sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú – Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 7, p. 2580-2594, 2019.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). **Atlas Pluviométrico do Brasil**. 2020. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html>. Acesso: 5 dez. 2020.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE 8454-RPQ/722.INPE, 2001.

CRUZ, L. M. O.; CRUZ, L. M. O.; SILVA, B. M.; ANDRADE, C. S. ICMS Ecológico como instrumento econômico de incentivo a preservação ambiental: uma análise no município de Coxim-MS. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, **Anais eletrônicos [...]**, Campo Grande, MS, 2017. p. 1-9. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/V-006.pdf>. Acesso em: 3 maio 2022.

CUNHA, E. R.; SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M.; PANACHUKI, E.; OLIVEIRA, P. T. S.; OLIVEIRA, N. S.; FALCÃO, K. S. Assessment of current and future land use/cover changes in soil erosion in the Rio da Prata basin (Brazil). **Science of the Total Environment**, v. 818, p. 1-16, 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Embrapa Solos**. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, Edição 5. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2018.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). **ArcGIS® Pro 2.7**. 2021. Califórnia, EUA.

FRANCO, G. B. **Fragilidade ambiental e qualidade da água na Bacia do Rio Almada - Bahia**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

GONÇALVES, S. R. A.; ARAÚJO, R. R.; IMAI, N. N. Mapeamento do grau de fragilidade com processo analítico hierárquico e operadores fuzzy gama na detecção áreas de fragilidade ambiental. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 2, Edição Especial Aplicações dos SIG, p. 327-337, 2016.

GÜNTZEL, A. M.; DIAS, N. R.; COERTJENS, C. M.; SILVA, G. C.; VIEIRA, E. A. Análise fitossociológica de um remanescente de vegetação na microbacia do Córrego Criminoso (Bacia do Rio Taquari, Coxim, MS, Brasil): subsídios para a recomposição da vegetação. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 3, p. 586-592, 2011.

GÜNTZEL, A. M.; SANTOS, A. M.; MELO, A. T.; OLIVEIRA, V. F. R.; COSTA, P. F.; BARBOSA, T. O. Análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal remanescente e da qualidade da água na microbacia do Córrego Criminoso, Bacia do rio Taquari. In: BARBOSA, T. O.; COSTA, P. F. (org.). **Análise Geoambiental da Microbacia do Córrego Criminoso, Coxim, MS – Brasil**. Campo Grande, MS: Life Editora, 2018. p. 32-47.

HONDA, E. A.; DURIGAN, G. A restauração de ecossistemas e a produção de água. **Hoehnea**, v. 44, n. 3, p. 315-327, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Geociências**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 18 jan. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

LANZA, R. **Hidrologia comparativa e perda de solo e água em bacias hidrográficas cultivadas com eucalipto e campo nativo com pastagem manejada**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015.

MANFRÉ, L. A.; SILVA, A. M.; URBAN, R. C.; RODGERS, J. Environmental fragility evaluation and guidelines for environmental zoning: a study case on Ibiuna (southeastern Brazilian region). **Environ Earth Sci**, v. 69, n. 3, p. 947-957, 2013.

MATO GROSSO DO SUL (Estado). **Decreto Municipal MUN nº 587/2002**. Disponível em: <http://www.imasul.ms.gov.br/>. Acesso em: 5 fev. 2020.

MENGATTO JUNIOR, E. A.; BATISTA, A. L.; SILVA, J. S. V. Mapeamento de variáveis ambientais da Unidade de planejamento e gerenciamento do Rio Taquari, MS. **Revista GeoPantanal**, UFMS/AGB, Corumbá/MS, n. 16, p. 235-250, 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Portaria MMA nº 9, de 23 de janeiro de 2007**. Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização. Brasília, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Portaria nº 463, de 18 de dezembro de 2018**. Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira ou Áreas Prioritárias para a Biodiversidade. 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/55881195/do1-2018-12-19-portaria-n-463-de-18-de-dezembro-de-2018-55880954 . Acesso em: 18 janeiro de 2020.

OLIVEIRA, T. A.; VIADANA, G.; PEREIRA, A. A. Fragilidade ambiental e dinâmica geossistêmica: mapeamento da paisagem na bacia hidrográfica do rio Lourenço Velho, sul do estado de Minas Gerais-Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia-MG, v. 20, n. 71, p. 504-516, 2019.

OLIVEIRA, T. S.; SILVA, A. F.; SANTOS, C. O.; GÜNTZEL, A. M. Resgate histórico-ambiental do Córrego Criminoso, Bacia do Alto Taquari, Coxim/MS. **Revista Brasileira de Educação, Cultura e Linguagem** (RBECL/UEMS), Campo Grande, v. 3, n. 2, p. 49-62, 2018.

PACHECHENIK, P. E.; SOUZA, J. L. M.; JERSZURKI, D.; SCHERAIBER, C. F.; DONHA, A. G. Fragilidade potencial e emergente na bacia do rio das Pedras, Guarapuava, PR - Brasil; **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 47, p. 1-14, 2013.

PALHARES, J. C. P. **Qualidade da água em cisternas utilizadas na dessedentação de animais**. Comunicado Técnico. Concórdia: EMBRAPA, 2010.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S. D.; RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1777-1786, 2011.

PIOVESAN, J. C.; HATAYA, R.; PINTO-LEITE, C. M.; RIGUEIRA, D. M. G.; MARIANO-NETO, E. Processos ecológicos e a escala de paisagem como diretrizes para projetos de restauração ecológica. **Revista Caititu**, v. 1, n. 1, p. 57-72, 2013.

RIIS, T.; KELLY-QUINN, M.; AGUIAR, F. C.; MANOLAKI, P.; BRUNO, D.; BEJARANO, M. D.; CLERICI, N.; FERNANDES, M. R.; FRANCO, J. C.; PETTIT, N.; PORTELA, A. P.; TAMMEORG, O.; TAMMEORG, P.; RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, P. M.; DUFOUR, S. Global Overview of Ecosystem Services Provided by Riparian Vegetation. **BioScience**, v. 70, p. 501-514, 2020.

ROCHA, R.; GÜNTZEL, A. Ocupação da terra e conflitos de uso com Áreas de Preservação Permanente na sub-bacia do Córrego Veado, bacia do Alto Taquari, MS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 6, p. 3437-3448, 2021.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994.

SANTOS, J. R. U.; MARCHIORO, E. Análise empírica da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, Espírito Santo, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 39, p. 72-87, 2020.

SILVA, E. R. S.; OLIVEIRA, V. F. R.; VICK, E. P.; LIMA, C. G. R.; BACANI, V. M.; CHÁVEZ, E. S. Geotecnologías aplicadas al análisis de la fragilidad ambiental a los procesos erosivos. **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**, v. 31, n. 1, p. 222-240, 2022.

SILVA, J. S. V.; SPERANZA, E. A.; VENDRUSCULO, L. G.; ESQUERDO, J. C. D. M.; MAURO, R. A.; BIANCHINI, S. L.; FLORENCE, R. O. **Projeto GeoMS: melhorando o Sistema de Licenciamento Ambiental do Estado de Mato Grosso do Sul**. Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2011.

SWEENEY, B. W.; NEWBOLD, J. D. Streamside forest buffer width needed to protect stream water quality, habitat, and organisms: a literature review. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 50, n. 3, p. 560-584, 2014.

TAROLLI, P.; SOFIA, G. Human topographic signatures and derived geomorphic processes across landscapes. **Geomorphology**, v. 255, p. 140-161, 2016.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007.

TERRA, L. G.; SCHIAVO, B. N. V.; BORBA, W. F.; DUARTE, M. M. Geoprocessamento algébrico utilizado na caracterização da fragilidade ambiental do município de Santiago-RS. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 57, p. 167-174, 2016.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE; SUPREN, 1977.

USGS. **Science for a changing world**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 15 maio 2022.

VICK, E. P.; SILVA, E. R. S.; BACANI, V. M.; LIMA, C. G. R.; PELUCO, A. A.; GRADELLA, F. S.; DECCO, H. F.; OLIVEIRA, V. F. R.; FERREIRA NETO, M.; BRITO, R. M. Avaliação da fragilidade ambiental como subsídio para gestão ambiental na bacia hidrográfica do Ribeirão do Beltrão – MS. **Revista GeoUERJ**, n. 39, p. 1- 21, 2021.



Informações sobre a Licença

Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.

License Information

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which allows for unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, as long as the original work is properly cited.