

## CARACTERIZAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO POMBO/MS

Maria Clara Godinho Somer Avelino <sup>1</sup>

Jair Souza da Silva <sup>2</sup>

Patrícia Helena Mirandola Garcia <sup>3</sup>

Atamis Antonio Foschiera <sup>4</sup>

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar os diferentes níveis de fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo/MS, localizada na região Leste do estado de Mato Grosso do Sul (MS), Brasil. O processamento metodológico foi baseado em Crepani (2001) por meio da estimativa de vulnerabilidade à perda de solo no ambiente. Para essa análise foram utilizadas técnicas de geoprocessamento com auxílio do software QGis versão 3.16.9. O resultado do processamento de dados foi o Mapa de Fragilidade Ambiental que levou em consideração a vulnerabilidade natural (geomorfologia, geologia, pedologia, vegetação e clima) e as características antrópicas (uso e cobertura da terra). A Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo apresenta-se dividida em zonas com diferentes níveis de fragilidade variando de levemente baixa 30%, média 6%, alta 4% e extremamente alta 59%. Esse estudo apresenta-se como uma importante ferramenta para servir de subsídio à gestão territorial e planejamento ambiental da Bacia.

**Palavras-chave:** Fragilidade Ambiental, Planejamento Ambiental, Geoprocessamento.

### ABSTRACT

The objective of this work was to determine the different levels of environmental fragility in the Ribeirão do Pombo/MS Hydrographic Basin, located in the eastern region of the state of Mato Grosso do Sul (MS), Brazil. The methodological processing was based on Crepani (2001) by estimating vulnerability to soil loss in the environment. For this analysis, geoprocessing techniques were used with the aid of QGis software version 3.16.9. The result of data processing was the Environmental Fragility Map, which took into account natural vulnerability (geomorphology, geology, pedology, vegetation and climate) and anthropogenic characteristics (land use and cover). The Ribeirão do Pombo Hydrographic Basin was divided into zones with different levels of fragility ranging from slightly low 30%, medium 6%, high 4% and extremely high 59%. This study presents itself as an important tool to support territorial management and environmental planning in the Basin.

**Keywords:** Environmental Fragility, Environmental Planning, Geoprocessing.

---

<sup>1</sup>Doutoranda do Curso de Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, [clara.avelino@ufms.br](mailto:clara.avelino@ufms.br);

<sup>2</sup>Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Federal do Tocantins - UFT, [jairsouza.geo@gmail.com](mailto:jairsouza.geo@gmail.com);

<sup>3</sup>Professora titular da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, [patricia.garcia@ufms.br](mailto:patricia.garcia@ufms.br);

<sup>4</sup> Professor assistente da Universidade Federal do Tocantins – UFT, [foschieraa@uft.edu.br](mailto:foschieraa@uft.edu.br).



## INTRODUÇÃO

A fragmentação de ecossistemas é geralmente definida como um processo no qual uma grande extensão de habitat é transformada em um número de manchas pequenas de menor área total, isoladas umas das outras por uma matriz de habitats contrários do original (WILCOVE et al., 1986). Trata-se de um processo complexo e dinâmico normalmente caracterizado por três aspectos básicos: a formação de manchas de vegetação na matriz, a redução do tamanho dos remanescentes e o isolamento desses fragmentos.

Geralmente a fragmentação está associada às atividades humanas como urbanização, construção de estradas, agricultura e desmatamento e pode ter efeitos negativos significativos na biodiversidade e no funcionamento dos ecossistemas. Os obstáculos criados pela fragmentação incluem a difícil dispersão entre fragmentos florestais, redução do fluxo e da viabilidade genética, e o aumento no risco de extinção de espécies (PELOROSSO et al, 2016; TABARELLI et al, 2010).

O processo de fragmentação de florestas revela a importância da preservação de áreas protegidas, pois estes locais acabam sendo os únicos sistemas naturais remanescentes em várias regiões. Em muitos desses locais não é impossível criar reservas com tamanho suficiente para garantir a sobrevivência de espécies de grande porte ou espécies que necessitem de áreas maiores.

Nesse contexto, a criação de novas áreas de proteção, a formação de corredores ecológicos e a recuperação de áreas degradadas surgem como as melhores alternativas de preservação ambiental (SANO et al, 2008).

Padilha (2008) destaca a importância de se conhecer as formas de uso da terra na região de interesse, pois o seu monitoramento permite a avaliação das potencialidades futuras e dos impactos produzidos por estes usos.

A região de Três Lagoas/MS, dentro do cenário nacional, é uma importante área de produção de celulose e papel, entretanto, tal atividade vem ao longo dos anos transformando a paisagem local. Segundo Fernandes (2020), a chegada das indústrias de celulose e papel na região fez com que o setor industrial passasse a exercer um importante papel no cenário econômico que antes era dominado pela agropecuária, e por consequência, trouxe não só mudanças socioeconômicas, mas também transformações e alterações nas dinâmicas ambientais e territoriais.

Este artigo é parte da pesquisa de uma tese de doutorado que tem como base de estudo a Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo/MS, cujo objetivo central é propor a

implementação de corredores da biodiversidade que façam a ligação entre uma importante Unidade de Conservação local – o Parque Natural Municipal do Pombo - e áreas de floresta fragmentada que estão no entorno do parque. Com a finalidade de limitar a área de estudo definimos a Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo como unidade de paisagem para realização deste estudo.

Nesse sentido, o mapeamento da fragilidade ambiental apresenta-se como uma importante ferramenta, para ajudar na formação de diretrizes que contribuam para o estudo da região. Ao identificar os diferentes graus de fragilidade da Bacia será possível determinar as áreas prioritárias à implementação de práticas de conservação ambiental.

Assim, o objetivo deste trabalho foi criar um mapa de fragilidade ambiental. Para isso foi utilizado o método sugerido por Crepani et al (2001) para avaliar os diferentes graus de vulnerabilidade do ambiente e posteriormente junto ao mapa de uso e cobertura da terra estimar a fragilidade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo/MS, todo o processo foi realizado com o auxílio de técnicas de geoprocessamento.

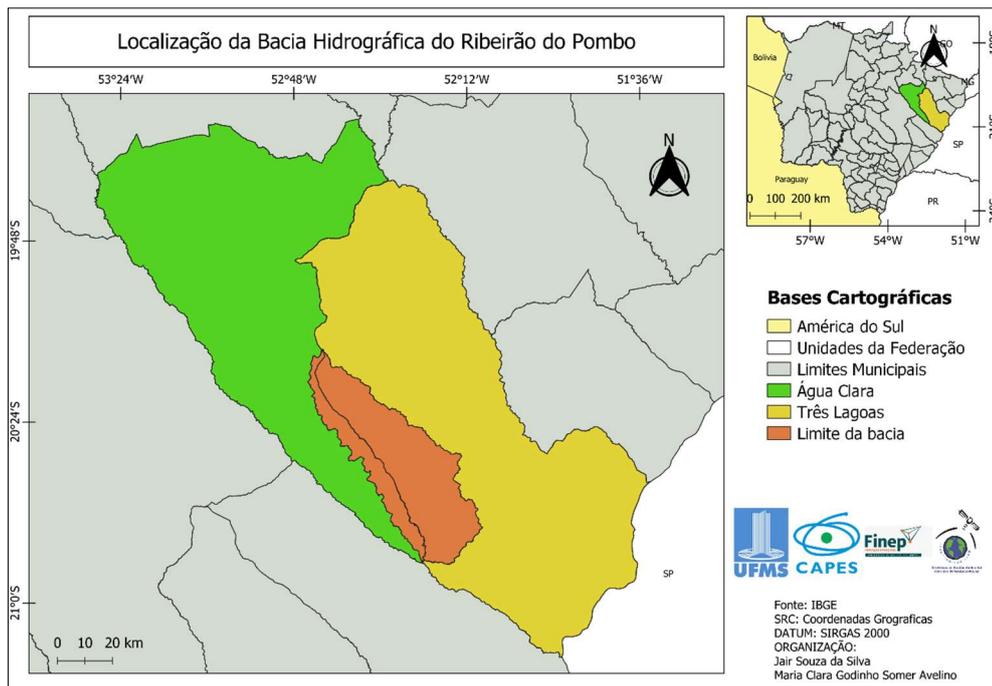
Os resultados encontrados apontam para um predomínio da fragilidade ambiental de grau extremamente alta dentro da área estudada evidenciando que o uso e cobertura da terra é uma variável crucial na resposta ao grau de fragilidade do ambiente.

## **METODOLOGIA**

### **Área de Estudo**

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo, localizada no estado de Mato Grosso do Sul, é uma área que apresenta expressiva importância econômica e ambiental (Figura 1).

A Bacia localiza-se bem na divisa dos municípios sul mato-grossense de Água Clara e Três Lagoas e caracteriza-se por ser uma região bastante antropizada utilizada por muitos anos para práticas de agropecuária, plantação de culturas de ciclo curto e mais recentemente plantação de eucalipto para abastecimento das Indústrias de Celulose e Papel.



**Figura 1.** Mapa temático de localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo/MS.

### **Aquisição e Processamento dos dados**

Os arquivos utilizados na construção do mapa de Vulnerabilidade e posteriormente o mapa de Fragilidade ambiental, foram adquiridos a partir de bancos de dados geográficos de forma gratuita, os principais bancos acessados foram o Portal de Mapas IBGE, Topodata INPE, INMET e CPRM.

A vulnerabilidade para o tema Geomorfologia foi construído a partir de três variáveis, o índice de dissecação do relevo, a amplitude altimétrica e a declividade. Primeiro contruiu as variáveis dissecação do relevo e amplitude altimétrica e depois a declividade, esta ultima foi realizada a reclassificação conforme valores sugeridos por Cerpani (2001) sendo trabalhada em escala de porcentagem (Tabela 1). A média dessas três variáveis, resultaram na geomofologia da área, esses índices foram gerados separadamente no software Qgis versão 3.16.9, usando imagens de Modelo digital de elevação (MDE), e ferramentas de cálculos de imagens raster.

O fator Pedologia, foi acessado a partir do Portal de mapas do IBGE (<https://portaldemapas.ibge.gov.br/porta1.php#homepage>), onde é possível adquirir arquivo vetorial (shp), com as informações de solo em escala nacional. O arquivo foi recortado para os limites da área pesquisada e só depois editado, utilizando escalas de vulnerabilidade proposta por Crepani (2001), variando de 1 a 3 para as instabilidades do solo (Tabela 1), após



edições, o arquivo é rasterizado, dando origem a uma imagem gerada a partir dos valores de instabilidade.

O arquivo com informações Geológicas, acessado a partir do Banco de Dados do Serviço Geológico do Brasil- CPRM (<https://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html>), contém informações sobre a Geologia de todo o Brasil, o arquivo é rasterizado, dando origem a uma imagem gerada a partir dos valores de vulnerabilidade atribuídos a cada tipo de rocha (Tabela 1), segundo metodologia apresentada por Crepani et al. (2001).

As informações vetoriais sobre Vegetação, foram adquiridas junto ao Portal de Mapas da IBGE (<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>), recortada para os limites da área pesquisada, após edições, o arquivo é rasterizado, dando origem a uma imagem gerada a partir dos valores de vulnerabilidade atribuídos ao tipo de cobertura vegetal (Tabela 1), segundo metodologia apresentada por Crepani et al. (2001).

Os dados de Clima, foram baixados do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (<https://portal.inmet.gov.br/>), o dado utilizado para gerar o arquivo, foi a intensidade pluviométrica, Crepani (2021) sugere valores de vulnerabilidade (Tabela 1) conforme as faixas de intensidade pluviométrica que é encontrada a partir de uma relação matemática onde a precipitação média anual é dividida pela quantidade de dias com chuva.

Para construção dos dados de Uso e Cobertura da Terra utilizou-se imagem do satélite Amazonia 1 datada de 20 de setembro de 2021, obtidas no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e processada no QGIS versão 3.16.9 utilizando o algoritmo *dzetsaka* para fazer a amostragem dos cinco usos da terra definidos para esse trabalho (solo exposto; cerradão/mata ciliar; eucalipto; campo sujo/cerrado ralo; campo antrópico).

**Tabela 1.** Valores de vulnerabilidade atribuído a cada fator conforme Crepani (2001).

<b>Fator</b>	<b>Legenda</b>	<b>Vulnerabilidade</b>
<b>Geologia</b>	Caiuá	2,4
	Santo Anastácio	2,4
	Terraços Holocênicos	2,4
	Vale do Rio do Peixe	2,7
<b>Pedologia</b>	LVd - Latossolo Vermelho Distrófico	1,0
	PVd - Argissolo Vermelho Distrófico	2,0
	SXd - Planossolo Háptico Distrófico	2,0
	Rqo - Neossolo Quártzarênico Órtico	3,0

<b>Vegetação</b>	3Re - Florestamento/Reflorestamento com Eucaliptos	1,5
	1Sd - Savana Florestada	1,6
	1Spf - Savana Parque com floresta de galeria	2,4
	2Pahs - Formação Pioneira com influencia fluvial e/ou lacutre herbácea sem palmeiras	2,7
	3Ap - Pecupria (pastagens)	2,8
	1Saf - Savana Arborizada com floresta de galeria	3,0
	1Sas - Savana Arborizada com floresta de galeria	3,0
<b>Pluviosidade (mm)</b>	225 - 250	1,8
	250 - 275	1,9
	275 - 300	2,0
	300 - 325	2,1
	325 - 350	2,2
	350 - 375	2,3
<b>Geomorfologia / Declividade (%)</b>	< 2	1,0
	2 a 6	1,5
	6 a 20	2,0
	20 a 50	2,5
	> 50	3,0

Fonte: Adaptado de Crepani (2001).

### Cálculo da Vulnerabilidade

Após a definição do grau de vulnerabilidade de cada tema (geomorfologia, Geologia, Pedologia, Vegetação e Clima) calcula-se a média aritmética segundo uma equação empírica (Equação 1) desses fatores, que será a vulnerabilidade do ambiente, o resultado é apresentado em graus, variando em cinco faixas indo de ambientes de baixa vulnerabilidade até ambientes com vulnerabilidade extremamente alta, segundo proposta de Crepani et al (2001).

$$V = \frac{(G + R + S + Vg + C)}{5} \quad (1)$$

Onde:

V = Vulnerabilidade

G = vulnerabilidade para o Geologia

R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

S = vulnerabilidade para o tema Solos

Vg = vulnerabilidade para o tema Vegetação

C = vulnerabilidade para o tema Clima



## Cálculo da Fragilidade Ambiental

De modo geral entende-se que Fragilidade Ambiental é a soma da vulnerabilidade natural do ambiente conforme sua formação geomorfológica, pedológica, geológica, vegetação e clima com os usos antópicos da terra naquele ambiente.

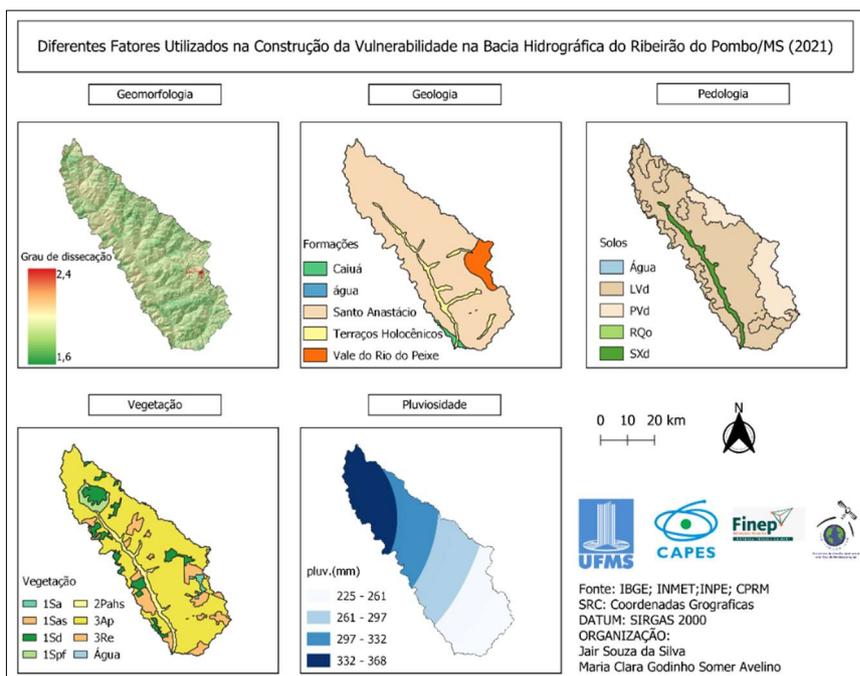
Autores como SPORL; ROSS, 2004; FRANÇA et al., 2017 utilizam em seus trabalhos os termos Fragilidade Ambiental Potencial (FAP) e Fragilidade Ambiental Emergente (FAE). Considerando FAP a potencialidade natural dos ambientes nos casos em que não há ação antrópica associada e FAE para a relação entre o grau de impacto antrópico e a potencialidade natural dos ambientes. Nesse estudo optamos por utilizar os termos Vulnerabilidade e Fragilidade Ambiental, sendo este último associado a interferência antropica no uso e cobertura da terra.

Portanto, o mapa de Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo/MS foi construído somando-se o mapa de vulnerabilidade com o mapa de uso e cobertura da terra da Bacia.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Resultado do Processamento de Dados

O processamento dos dados deu origem a cinco cartas referentes aos temas geomorfologia, geologia, pedologia, vegetação e pluviosidade (Figura 2).



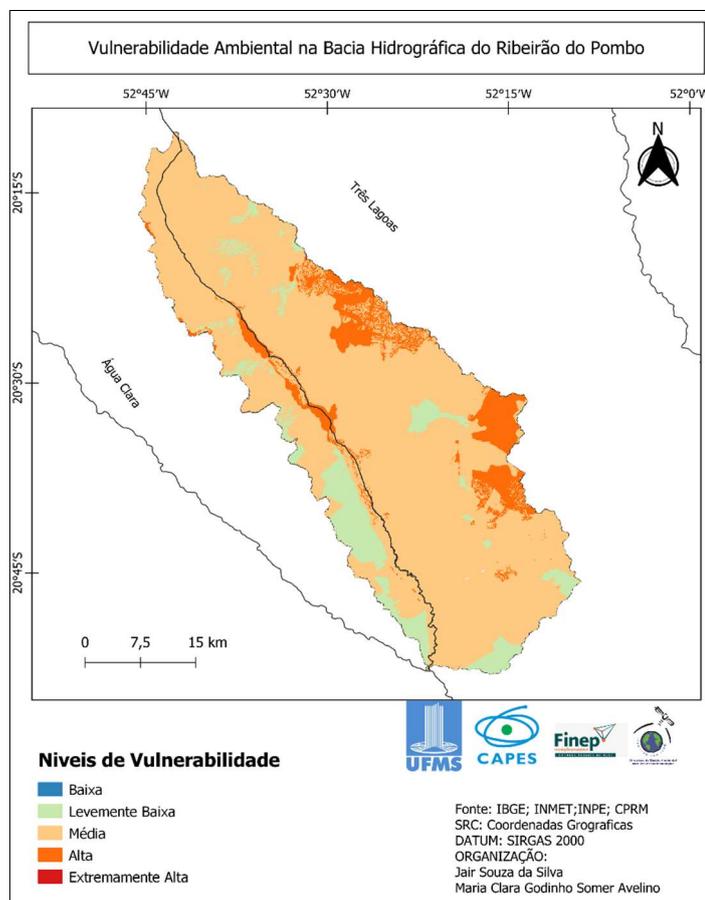
**Figura 2.** Mapa temático dos diferentes fatores da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo/MS.



Como resultado da aplicação da Equação (1) obteve-se o mapa de Vulnerabilidade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo/MS (Figura 3). Na tabela 2 podemos observar as porcentagens para cada nível de vulnerabilidade dentro da Bacia. Os níveis baixa e extremamente alta não foram encontrados, há um predomínio, 81%, da classificação média seguida de 10% da alta e 9% da levemente baixa.

Ao comparar o Mapa de Pedologia (Figura 2) com o Mapa de Vulnerabilidade (Figura 3) observa-se que as regiões que apresentam alta vulnerabilidade são as que são formadas por Argissolo Vermelho Distrófico. A maior parte da bacia apresentou vulnerabilidade média, sendo que essas regiões são formadas por Latossolo Vermelho Distrófico. Na Tabela 1 observa-se que o peso da vulnerabilidade para o Argissolo é o dobro do valor para Latossolo, levando a conclusão de que esse fator foi determinante para os resultados de vulnerabilidade.

É entendido que todos os cinco fatores são importantes na construção da vulnerabilidade do ambiente estudado, no entanto, há uma maior tendência à interferência por parte do fator pedologia, visto que a vulnerabilidade conforme a proposta metodológica de Crepani (2001) é relativa à perda de solo.



**Figura 3.** Mapa representativo dos níveis de vulnerabilidade na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo/MS.

**Tabela 2.** Área em Km<sup>2</sup> referente aos níveis de vulnerabilidade.

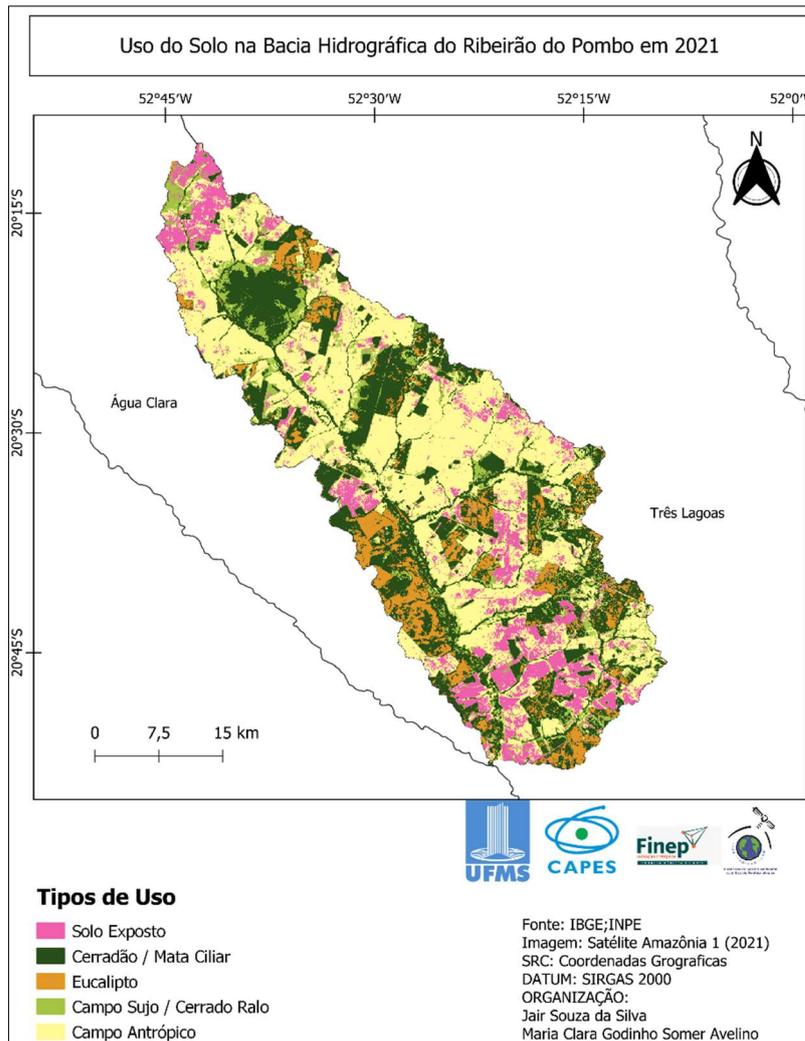
Níveis de Vulnerabilidade	Área (Km <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
Baixa	0,00	0
Levemente Baixa	185,66	9
Média	1.617,31	81
Alta	200,27	10
Extremamente Alta	0,00	0
<b>Total</b>	<b>2.003,25</b>	<b>100</b>

## Uso e Cobertura da Terra

Na construção do Mapa de Uso e Cobertura da Terra da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo (Figura 4) foi realizada a divisão em cinco classes: solo exposto, cerradão/mata ciliar, eucalipto, campo sujo/cerrado ralo e campo antrópico.

A região da Bacia apresenta muitas áreas de floresta fragmentada, que se alternam em áreas de pastagem e plantio de eucalipto - esta última trata-se de uma atividade econômica bastante presente na região que também possui uma grande representatividade de atividades antrópicas.

Na tabela 2 observa-se que 40% da bacia é ocupada por campo antrópico, 28% é ocupado pela vegetação cerradão/mata ciliar, 13% é solo exposto, 11% campo sujo/cerrado ralo e 9% eucalipto.



**Figura 4.** Mapa representativa de Uso e Cobertura da Terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo/MS.

**Tabela 3.** Área em Km<sup>2</sup> referente aos usos e cobertura da terra.

Uso do Solo	Área (Km <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
Solo Exposto	258,62	13
Cerradão/Mata ciliar	560,27	28
Eucalipto	174,10	9
Campo Sujo/Cerrado Ralo	212,34	11
Campo Antrópico	798,19	40
<b>Total</b>	<b>2.003,52</b>	<b>100</b>

Como já mencionado a região onde a Bacia do Pombo está inserida, é uma região que vem ao longo dos anos sofrendo alteração no uso de seu solo, principalmente pela entrada da cultura de eucalipto. Apesar do eucalipto aparecer em 9% da bacia é preciso entender que trata-se de uma cultura em grande expansão na região e que tende a predominar o uso do solo com o avançar dos anos, ocupando áreas que hoje se destinam a outros usos.

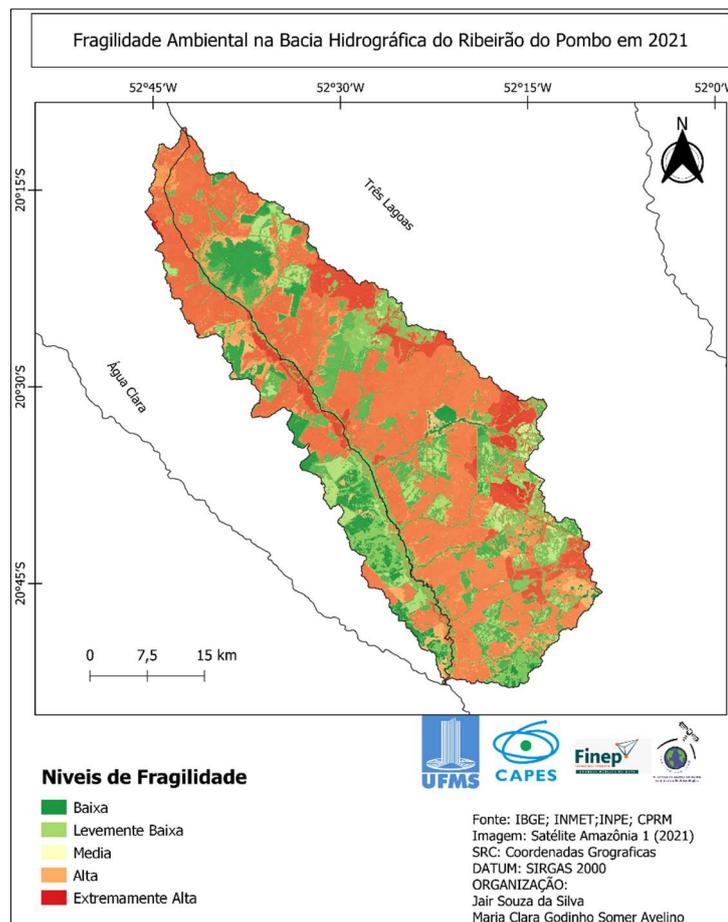


## Fragilidade Ambiental

Para construção do Mapa de Fragilidade Ambiental, produto final deste trabalho, foi realizado no Qgis a somatória do Mapa de Uso e Cobertura da Terra e do Mapa de Vulnerabilidade. A Fragilidade Ambiental resultou em cinco níveis de fragilidade (Figura 5) a coberturas áreas em Km<sup>2</sup> e em porcentagem estão expostas na Tabela 4.

Os resultados indicaram que na área de estudo a fragilidade considerada baixa foi encontrada em apenas 0,07 Km<sup>2</sup> da área total, praticamente insignificante, resultando em 0% na porcentagem. A fragilidade extremamente alta é a maior representatividade da área, com 59%, seguida da levemente baixa com 30%, média 6% e alta 4%.

É importante ressaltar que a determinação da fragilidade ambiental é uma combinação de fatores naturais e do uso e cobertura da terra. Na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo, os principais usos do solo são o plantio de eucalipto para abastecimento das indústrias de celulose e papel da região e outros usos antrópicos, como culturas de ciclo curto e pastagem. Há também áreas ocupadas por vegetação nativa (cerrado), o que pode ter contribuído para o equilíbrio na distribuição dos diferentes níveis de fragilidade.



**Figura 5.** Mapa representativo da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo/MS.

**Tabela 4.** Área em Km<sup>2</sup> referente aos níveis de vulnerabilidade.

Níveis de Fragilidade	Área (Km <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
Baixa	0,07	0
Levemente Baixa	607,77	30
Média	126,27	6
Alta	82,82	4
Extremamente Alta	1.186,39	59
<b>Total</b>	<b>2.003,32</b>	<b>100</b>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo apresenta-se como uma importante ferramenta para servir de subsídio à gestão territorial e planejamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo/MS.

É importante destacar a necessidade de produção desses mapas em diferentes recortes na linha do tempo, uma vez que, algumas das práticas exercidas na bacia são variáveis ao longo do tempo e apresentam influência direta nos resultados.

Também destacamos que a imagem do Satélite Amazonia 1 utilizada nesse estudo para compor o mapa de uso e ocupação da terra é do ano de 2020 e que o ideal é refazer essa amostragem para o período atual, pois como já dito anteriormente, as práticas de uso do solo vêm sofrendo importantes e consideráveis mudanças ao longo dos anos.

O uso de QGIS, um software livre de geoprocessamento, foi uma ferramenta valiosa na produção de mapas de vulnerabilidade e fragilidade ambiental, com o QGIS, foi possível realizar análises espaciais complexas, como a identificação de áreas críticas para conservação ambiental, a partir da integração de dados geográficos e ambientais.

Por fim, conclui-se que trabalhos como este são essenciais para complementar os estudos de planejamento ambiental e orientar os órgãos ambientais na tomada de decisão.

Acreditamos que a implementação de corredores ecológicos e a ampliação bem como a boa administração das áreas de proteção ambiental é o melhor caminho para proteção do meio ambiente e das comunidades inseridas nesses espaços.

## REFERÊNCIAS

CREPANI, E. et al. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: INPE, 2001. 124 p.

FERNANDES, A. L. V. A expansão da silvicultura de eucalipto e a consolidação do complexo celulósico-papeleiro no nordeste sul-mato-grossense (1988-2018). Tese (Doutorado em Produção do Espaço Geográfico). Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, 2000.



FRANÇA, L. C. J. Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente em núcleo de desertificação no semiárido brasileiro (Gilbués, Piauí). *Espacios*. Vol. 38. Nº31. Pag.21, 2017.

PADILHA, D. G. Geoprocessamento aplicado na caracterização da fragilidade ambiental da Bacia hidrográfica do arroio grande, RS. Dissertação (Mestrado em Geomática). Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

PELOROSSO, R., GOBATTONI, F., GERI, F., MONACO, R., LEONE, A. Evaluation of Ecosystem Services related to Bio-Energy Landscape Connectivity (BELC) for land use decision making across different planning scales. *Ecol. Indic.* 61, 114–129, 2016.

SANO, S.M., DE ALMEIDA, S. P. e RIBEIRO, J. F. CERRADO: Ecologia e Flora. Brasília: Embrapa, 2008.

SANTOS, J. M. Estudo de vulnerabilidade e fragilidade ambiental em uma bacia hidrográfica com foco no Parque Municipal Natural do Pombo. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Sustentabilidade) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

SPORL, C.; ROSS, J.L.S. Análise comparativa da Fragilidade Ambiental com Aplicação de Três Modelos. *GEOUSP - Espaço e Tempo*. (15), 39-49, 2004.

TABARELLI, M., AGUIAR, A.V., RIBEIRO, M.C., METZGER, J.P., PERES, C.A. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: Lessons from aging human-modified landscapes. *Biol. Conserv.* 143, 2328–2340. 2010.

WILCOVE, D.S.; MCLELLAN, C.H.; DOBSON, A.P. Habitat fragmentation in the temperate zone. In: SOULÉ, M.E. *Conservation Biology*. Sunderland, MA: Sinauer. pp. 237- 56. 1986.