

## **ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO XAMBRÊ – PR**

William Henrique Kurunczi Ferreira <sup>1</sup>  
Francisca da Silva Reis <sup>2</sup>  
Larissa Cristina Figueiredo Ramiro <sup>3</sup>  
Marciel Lohmann <sup>4</sup>

### **INTRODUÇÃO**

A região Noroeste do Estado do Paraná é historicamente afetada por processos erosivos de grande proporção, ocasionando feições erosivas como sulcos, ravinas e, em estágios mais avançados, voçorocas, as feições erosivas mais severas do solo. As voçorocas causam transtornos e prejuízos significativos para a população local, afetando aspectos ambientais, econômicos e sociais, devido ao seu grande poder destrutivo, lenta recuperação e o seu difícil controle (Marchioro, Andrade, Oliveira, 2016).

Essa problemática resulta de uma elevada suscetibilidade à perda de solo devido aos fatores naturais da região, com a predominância de áreas compostas por rochas areníticas da formação Caiuá e de solos, em sua maioria, de textura arenosa média/alta. No entanto, os processos erosivos podem ser intensificados pelas atividades humanas, pela retirada da cobertura vegetal natural, a introdução de novas formas de uso e ocupação do solo e a morfologia urbana, que contribuem para a impermeabilização do solo e a concentração das águas de escoamento superficial (Santos, Mangueira, Oliveira, 2023).

Nesse contexto, a fragilidade ambiental é entendida como a suscetibilidade do ambiente a sofrer intervenções e alterações por processos naturais ou antrópicos. Quando o estado de equilíbrio dinâmico é rompido, ocorre a desestabilização do meio e situações de risco. Ao analisar os elementos físicos e sociais de forma sistêmica, é possível identificar as áreas com maior ou menor potencial de desestabilização, o que constitui o estudo de fragilidade ambiental, importante ferramenta para o planejamento territorial ambiental e do ordenamento do uso do solo (Schiavo et al., 2016; Peričato; Souza, 2019).

---

<sup>1</sup> Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Londrina - UEL, william.kferreira@uel.br;

<sup>2</sup> Doutoranda do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Londrina - UEL, francisca.silva@uel.br;

<sup>3</sup> Mestranda do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Londrina - UEL, larissafig97@gmail.com;

<sup>4</sup> Professor orientador: Doutor, Universidade Estadual de Londrina - UEL, marciel@uel.br.

Sendo as bacias hidrográficas um recorte espacial ideal para o planejamento territorial e ambiental em uma abordagem sistêmica, muitos são os desafios para um desenvolvimento mais sustentável, que concilie as características naturais com as suas restrições. Nesse sentido, o objetivo central desta pesquisa foi analisar a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Xambrê – PR (BHRX), localizada na região Noroeste do Estado do Paraná, com área de 1.314 km<sup>2</sup>, abrangendo um total de oito municípios. O rio principal da bacia possui um comprimento de 102 km, formado pela confluência dos Ribeirões Verde e Vermelho, desaguando no Rio Piquiri.

Para a execução da pesquisa, adotou-se a metodologia proposta por Ross (1994), com adaptações na elaboração do mapa de Fragilidade Potencial, com a inclusão das variáveis de Perfil e Plano de Curvatura das vertentes. No caso do mapa de Fragilidade Emergente, foram utilizados dados de uso e ocupação do solo provenientes do projeto MapBiomas, que evidenciam o predomínio de usos agrícolas e de baixo grau de proteção na bacia, como pastagens, mosaicos de usos e culturas sazonais de soja e cana-de-açúcar.

A importância do trabalho reside na evidente problemática dos processos erosivos da região Noroeste do Estado do Paraná, com a pretensão de avançar com estudos para a identificação e espacialização de feições erosivas nos locais de maior fragilidade além das erosões já identificadas, contribuindo com informações para atuação de órgãos ambientais na proteção e mitigação dos impactos negativos sobre o meio na bacia.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para a realização dos objetivos da presente pesquisa, a avaliação da fragilidade ambiental segue uma adaptação da metodologia proposta por Ross (1994), a qual apresenta uma categorização das variáveis intrínsecas do meio físico para a produção do mapa de Fragilidade Potencial, combinando-as com as informações referentes ao uso do solo, possibilitando a elaboração do mapa de Fragilidade Emergente, que ilustra o grau de transformação de um determinado ambiente pelas atividades antrópicas.

Inicialmente, foram adquiridas base cartográficas contendo a rede hidrográfica e as otobacias do Instituto Águas Paraná (escala 1:50.000), curvas de nível com 20m de equidistância e de pontos cotados do Instituto de Cartografia e Geociências (ITCG) (escala 1:50.000), todos disponibilizados pelo Instituto Água e Terra (IAT). Referente aos dados de solos, foi utilizado o arquivo vetorial produzido pela Empresa Brasileira de

Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) de 2020, disponível na Plataforma GeoInfo, além dos limites municipais e estaduais provenientes do IBGE, ambos em escala 1:250.000.

Em seguida, foi gerado o Modelo Digital do Terreno (MDT), utilizando a ferramenta “*Topo to Raster*” no software ArcGis 10.8.2, por meio da interpolação dos dados altimétricos e com resolução espacial de 30m. A partir do MDT, foram gerados os dados de declividade pela ferramenta “*Slope*” e os dados de Perfil e de Plano de curvatura pela ferramenta “*Curvature*”, que retratam tanto a forma da vertente analisada em perfil, dos tipos convexa, côncava ou retilínea, quanto a caracterização dos processos de transporte de matéria e água, em caráter divergente, planar ou convergente.

Dessa maneira, o mapa de Fragilidade Potencial da bacia foi gerado a partir da combinação das informações de solos, declividade, perfil e plano de curvatura, os quais foram categorizados pela ferramenta “*Reclassify*” e atribuído os seus respectivos graus de fragilidade, de 1 (Muito Baixa) até 5 (Muito Alta). Sendo assim, os pesos utilizados foram: Solos \* 4; Declividade \* 4; Perfil de Curvatura \* 1 e Plano de Curvatura \* 1.

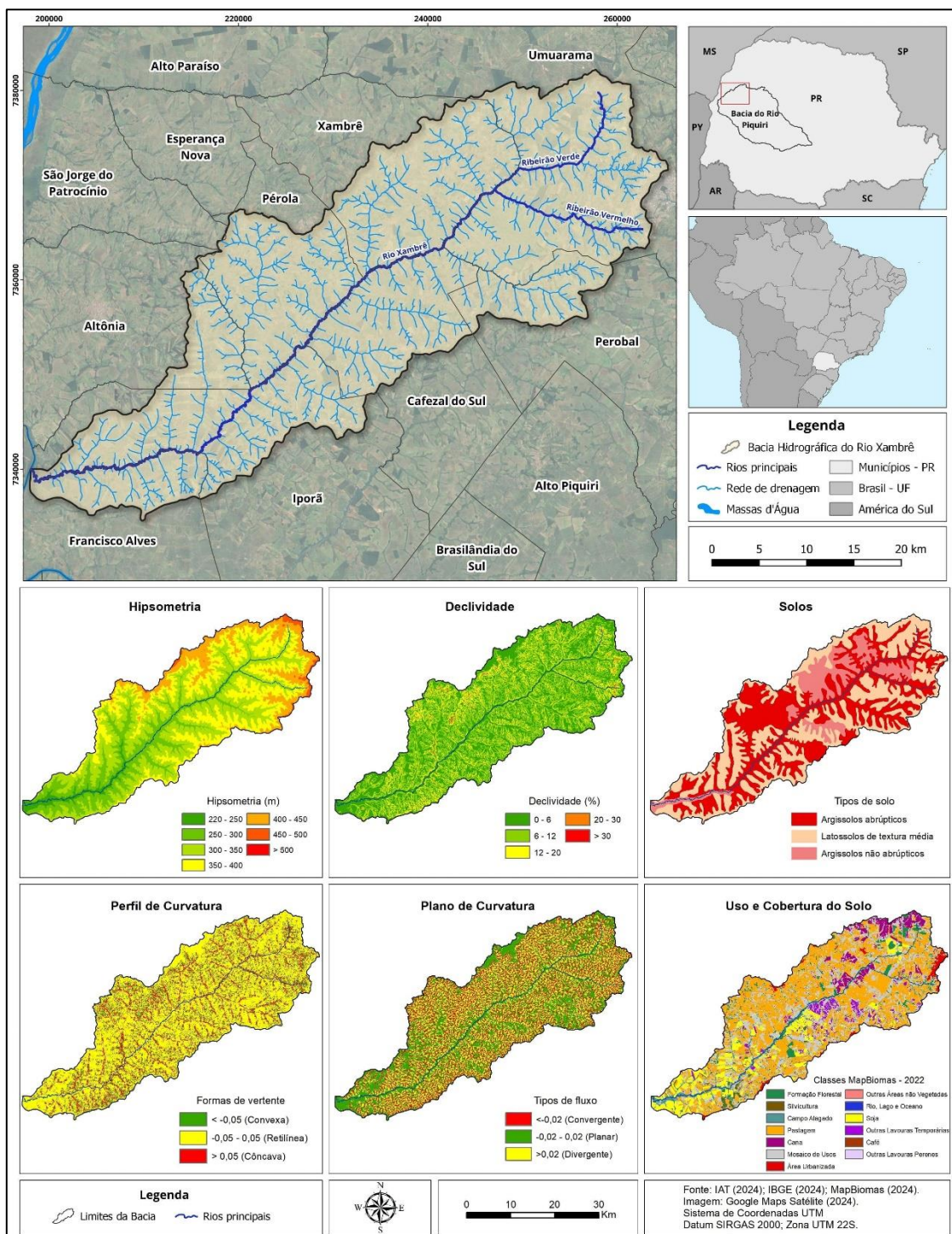
A mesma lógica foi aplicada para a elaboração do mapa de Fragilidade Emergente, cujo os mapas de uso e cobertura são provenientes do Projeto MapBiomass, referente ao ano de 2022. Utilizando a ferramenta “*Raster Calculator*”, a Fragilidade Emergente foi obtida pela combinação do mapa de Fragilidade Potencial com as informações de uso e cobertura do solo, incorporando os níveis de fragilidade definidos.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Estabelecidos os procedimentos metodológicos, o Quadro 1 apresenta as classes de fragilidade e os valores de área para cada uma das variáveis adotadas para a elaboração dos mapas de Fragilidade Potencial e Emergente, enquanto os mapas da Figura 1, apresentam a localização, hipsometria e a espacialização das demais variáveis da bacia.

A bacia em estudo apresenta altitudes que variam de 220m a 503m, um gradiente altimétrico de 283m. Em relação à declividade, predominam as classes de fragilidade muito baixa (0 – 6%) e baixa (6 – 12%), com áreas de 555,33 km<sup>2</sup> (42,26%) e 569,43 km<sup>2</sup> (43,33%). No entanto, a soma de 188,75 km<sup>2</sup> (14,36%) se enquadram nas classes de fragilidade média e alta, com declividades entre 12 a 30%, principalmente nos médio e alto cursos da bacia em áreas de cabeceiras de drenagem. São locais com tendência a solos menos desenvolvidos, menor infiltração da água e maior escoamento superficial.

**Figura 1** – Mapas de Localização, Hipsometria e Variáveis de Fragilidade da BHRX.



**Fonte:** IAT (2024); IBGE (2024); MapBiomias (2024).

Quanto aos solos, os Latossolos de textura média e de fragilidade baixa, totalizaram área de 554,55 km<sup>2</sup> (42,2%) com ocorrência nos locais de menor declive, sendo considerados solos altamente evoluídos e resultantes de avançado estágio de intemperização. Contudo, na bacia predominam os Argissolos abruptos e de fragilidade

muito alta, com 577,80 km<sup>2</sup> (43,97%), especialmente nos locais de maior declive, cuja a ocorrência destes solos estão relacionados à relevos mais acidentados, exigindo um manejo adequado e de maiores práticas conservacionistas para o controle da erosão.

**Quadro 1** – Classes de Fragilidade e Valores de Área das Variáveis da BHRX.

<b>Declividade</b>			
<b>Classes</b>	<b>Nível de Fragilidade</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
0 – 6	Muito Baixa	555,33	42,26%
6 – 12	Baixa	569,43	43,33%
12 - 20	Média	175,95	13,39%
20 - 30	Alta	12,8	0,97%
> 30	Muito Alta	0,58	0,04%
<b>Solos</b>			
Latossolos de textura média	Baixa	554,55	42,2%
Argissolos não abrupcos	Alta	181,69	13,83%
Argissolos abrupcos	Muito Alta	577,80	43,97%
<b>Perfil de Curvatura</b>			
Convexo	Baixa	195,89	14,91%
Retilíneo	Média	915,82	69,69%
Côncavo	Muito Alta	202,38	15,40%
<b>Plano de Curvatura</b>			
Planar	Baixa	577,16	43,92%
Divergente	Média	432,53	32,92%
Convergente	Muito Alta	304,39	23,16%
<b>Uso e Cobertura do Solo – MapBiomas 2022</b>			
Formação Florestal; Rio, Lago e Oceano	Muito Baixa	89,28	6,79%
Silvicultura; Café; Outras Lavouras Perenes	Baixa	13,25	1,01%
Soja; Cana; Outras Lavouras Temporárias; Campo Alagado	Média	241,93	18,41%
Pastagem; Mosaico de Usos	Alta	949,83	72,28%
Área Urbanizada; Outras Lavouras não Vegetadas	Muito Alta	19,74	1,50%

**Org.** Os autores (2024).

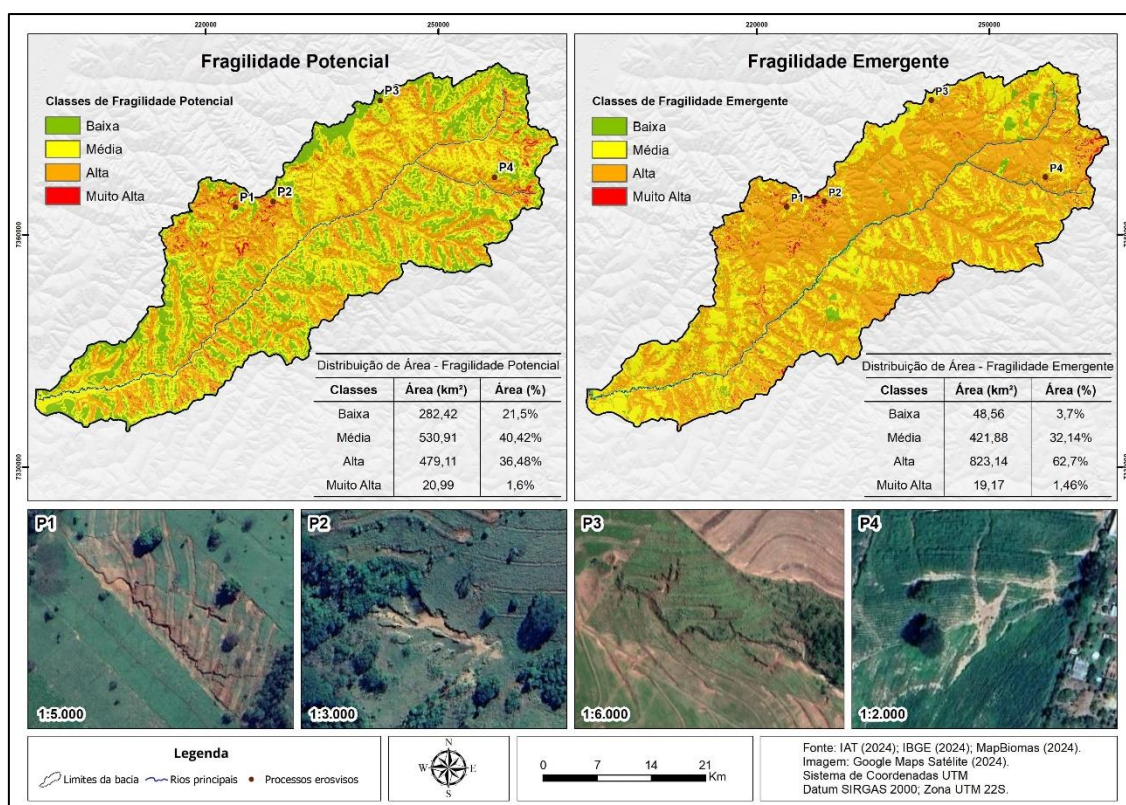
No que diz respeito ao Perfil de Curvatura, predominam as formas de vertente do tipo retilínea e de fragilidade média, com área de 915,82 km<sup>2</sup> (69,69%). As vertentes do tipo côncava e de fragilidade muito alta, com tendência a um fluxo mais concentrado de água e maiores taxas erosivas, totalizaram área de 202,38 km<sup>2</sup> (15,40%), principalmente em locais de maior declive e próximos aos cursos hídricos.

Quanto ao Plano de Curvatura, importante para a identificação de locais coletores e dispersores do fluxo de água, as vertentes com comportamento planar e de fragilidade

baixa foram a mais expressivas, com área de 577,16 km<sup>2</sup> (43,92%). No entanto, os segmentos de fluxo convergente e de fragilidade muito alta, apresentaram uma área considerável de 304,39 km<sup>2</sup> (23,16%).

No tocante ao uso e cobertura do solo proveniente do projeto do MapBiomias para o ano de 2022, predominam na bacia áreas de pastagem, com 568,67 km<sup>2</sup> (43,28%) e mosaico de usos com 381,16 km<sup>2</sup> (29,01%), compondo a classe de fragilidade alta com 949,83 km<sup>2</sup> (72,28%). Outro destaque são as áreas ocupadas pelas culturas sazonais, como a soja (128,88 km<sup>2</sup> - 9,81%), a cana-de-açúcar (52,03 km<sup>2</sup> - 3,96%) e outras lavouras temporárias (38,98 km<sup>2</sup> - 2,97%), de fragilidade média e com total de 241,93 km<sup>2</sup> (18,41%). Por fim, a classe de Formação Florestal e de fragilidade muito baixa, ocupou área de 88,92 km<sup>2</sup> (6,77%). Em sequência, a Figura 2 apresenta os dados de Fragilidade Potencial e Emergente da bacia, bem como a identificação de algumas feições erosivas.

**Figura 2** – Fragilidades Potencial e Emergente da Bacia Hidrográfica do Rio Xambrê.



**Fonte:** IAT (2024); IBGE (2024); MapBiomias (2024).

Referente à Fragilidade Potencial, foram identificadas um total de 4 classes, excluindo a classe de fragilidade muito baixa. A fragilidade alta apresentou a segunda

maior quantidade de área, com 479,11 km<sup>2</sup> (36,48%), enquanto a classe de fragilidade muito alta totalizou 20,99 km<sup>2</sup> (1,6%). Suas ocorrências estão relacionadas à combinação dos Argissolos abrupáticos com declividades médias e altas, variando de 12 a 30%, com predomínio de vertentes de tipo côncava e de caráter convergente, caracterizando áreas naturalmente mais propensas aos processos erosivos, como exemplificado pelas feições erosivas retratadas nas imagens da Figura 2. No entanto, a classe mais expressiva foi a de fragilidade potencial média (530,91 km<sup>2</sup> - 40,42%), que, em conjunto com a fragilidade baixa (282,42 km<sup>2</sup> - 21,5%), apresentam espacialização em áreas de Argissolos não abrupáticos ou Latossolos de textura média, com declives mais suaves.

Em relação à Fragilidade Emergente, que associa as informações de uso e cobertura do solo com as características físico-naturais, foi identificado um aumento muito significativo na classe de fragilidade alta, com área de 823,14 km<sup>2</sup> (62,70%). Esse aumento se deve à correspondência dessas áreas com usos do solo destinados para a pastagem, mosaicos de usos e lavouras temporárias, como a soja e a cana-de-açúcar e de baixo grau de proteção, em combinação dos Argissolos abrupáticos e os maiores declives na bacia. A classe de fragilidade média apresentou um forte decréscimo, totalizando 421,88 km<sup>2</sup> (32,14%), enquanto a classe de fragilidade baixa apresentou um decréscimo ainda mais significativo, com apenas 48,56 km<sup>2</sup> (3,7%), relacionadas às áreas de formação florestal, os Latossolos de textura média e relevos mais suaves.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os estudos de fragilidade ambiental representam importantes ferramentas para a caracterização física e a identificação dos locais com maior propensão aos processos erosivos, contribuindo para adoção de práticas conservacionistas e auxiliando o planejamento ambiental e territorial, especialmente em áreas historicamente afetadas por processos erosivos de grande proporção, como a região Noroeste do Estado do Paraná.

Nesse contexto, considerando as bacias hidrográficas como unidades espaciais ideais de estudo, a Bacia Hidrográfica do Rio Xambê apresentou um predomínio da classe de fragilidade alta, tanto para a Fragilidade Potencial quanto para a Emergente. A ocorrência dessas áreas se deve principalmente pela presença de Argissolos abrupáticos, relevos mais acidentados, vertentes de perfil côncavo e de comportamento convergente, bem como ao uso e cobertura do solo voltados para atividades agrícolas, como áreas de

pastagem, mosaicos de usos e lavouras temporárias como a soja e a cana-de-açúcar, que representam menor grau de proteção, com algumas feições erosivas já identificadas.

Com base nos resultados apresentados, a presente pesquisa pretende avançar na identificação e espacialização de outras feições erosivas na área de estudo, a fim de melhor observar a correlação dos processos erosivos com os mapas de Fragilidade Potencial e Emergente. Assim sendo, os estudos de fragilidade ambiental são de grande contribuição para o entendimento das dinâmicas que envolvem o espaço geográfico, além de fornecer subsídios para estabelecer melhores práticas para o planejamento ambiental e o ordenamento territorial.

**Palavras-chave:** Fragilidade Potencial, Fragilidade Emergente, Planejamento ambiental, Processos erosivos, Ordenamento territorial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MARCHIORO, E.; ANDRADE, E. E.; OLIVEIRA, J. C. Evolução espaço-temporal de voçorocas no Espírito Santo: estudo de caso nos municípios de Afonso Cláudio e Alegre. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 17, n. 1, 2016. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/712>.

PERIÇATO, André Jesus; SOUZA, Marta Luzia de. O estudo da fragilidade potencial e emergente na bacia hidrográfica do rio das Antas, Noroeste do Paraná. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 59, p. 1064-1082, 2019. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/19826>.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do departamento de geografia**, v. 8, p. 63-74, 1994. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327>.

SANTOS, L. J. C.; MANGUEIRA, C. G.; OLIVEIRA, J. G. Proposta de classificação do nível de criticidade dos processos erosivos aplicada na região Noroeste do Paraná. **William Morris Davis - Revista de Geomorfologia**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 1-18, 2023. Disponível em: <https://williammorrisdavis.uvanet.br/index.php/revistageomorfologia/article/view/232>.

SCHIAVO, Bruna Nascimento de Vasconcellos *et al.* Caracterização da fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica urbana no município de Santa Maria-RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 464-474, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/19981>.