

APLICAÇÃO DOS ÍNDICES DE REPRESENTAÇÃO DO RELEVO NA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS – PR

William Henrique Kurunczi Ferreira ¹
Larissa Cristina Figueiredo Ramiro ²
Marciel Lohmann ³

INTRODUÇÃO

A interferência antrópica sobre o meio é influenciada pela forte necessidade de exploração de recursos naturais e de transformação de espaços para a produção, frequentemente feita sem considerar adequadamente os impactos na dinâmica ambiental e suas consequências sociais, resultando em situações de degradação ambiental. De acordo com Guerra e Guerra (1997), essa degradação se manifesta por meio de alterações prejudiciais das características do meio ambiente e dos ecossistemas, incluindo a erosão do solo, a extinção de espécies vegetais e animais, a poluição e o assoreamento dos cursos hídricos, entre outros problemas, prejudicando diretamente a sociedade.

Diante dessa realidade, segundo Silveira *et al.* (2014), o relevo pode ser utilizado para interpretar e inferir os processos atuantes na paisagem, pois a forma das vertentes afeta fluxos hídricos e de matéria na superfície, interferindo nos processos denudacionais e depósitos superficiais. A partir da morfologia do relevo, é possível estabelecer relações com os processos atuantes nas vertentes, de forma que os espaços naturais devem ser compreendidos e geridos considerando suas potencialidades e fragilidades ambientais.

Nesse sentido, por meio de técnicas para a análise digital do relevo em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), é possível fazer a parametrização da morfologia do relevo e a extração de variáveis quantitativas, que quando trabalhadas de forma integrada, são essenciais para a identificação de áreas com maior ou menor potencial de desestabilização, oferecendo meios importantes na caracterização, monitoramento e gestão do espaço (Silveira *et al.*, 2014).

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

² Mestranda do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Londrina - UEL, larissafig97@gmail.com;

³ Professor orientador: Doutor, Universidade Estadual de Londrina - UEL, marciel@uel.br.

Dentre os diferentes modelos metodológicos de estudos de fragilidade ambiental, os Índices de Representação do Relevo (IRRs), de acordo com Maganhotto *et al.* (2016), se destacam na obtenção de informações, identificação de áreas com graus de limitação de uso e no entendimento das dinâmicas que envolvem os processos geomorfológicos. Assim sendo, o objetivo da presente pesquisa, foi analisar a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio das Antas – PR (BHRA), a partir da aplicação dos IRRs.

A bacia em estudo, está localizada na região Noroeste do Estado do Paraná, abrangendo um total de seis municípios, apresentando área de 1.178 km² e comprimento do rio principal de 90 km, desaguando no Rio Ivaí. A região é historicamente afetada por processos erosivos de grande proporção, incluindo a ocorrência de diversas ravinas e voçorocas na área de estudo, conforme retratado por Peričato e Souza (2019).

A partir da correlação dos IRRs, a classe de fragilidade média foi a mais expressiva na bacia, com área de 629,47 km² (53,48%), seguida pela classe de fragilidade baixa, com 332,38 km² (28,42%). Por outro lado, as classes de fragilidade alta e muita alta apresentaram áreas de 205,44 km² (17,45%) e 9,81 km² (0,83%), respectivamente, cujo a espacialização ocorreu mais próximas aos canais de drenagem, combinando relevos de maior declive, vertentes côncavas e de fluxo convergente, além de maiores graus de fragilidade para os índices MRVBF e Fator LS, indicando locais mais suscetíveis à erosão e onde foram identificadas um maior número de ocorrência de feições erosivas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de analisar a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio das Antas – PR, a partir do modelo proposto por Maganhotto *et al.* (2016), os Índices de Representação do Relevo (IRRs) utilizados foram: *Altitude Above Channel Network* (AACN), *Slope* (declividade), *Topographic Wetness Index* (TWI), *Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness* (MRVBF) e o *LS-Factor* (Fator Ls). Também foram incluídas as variáveis de Perfil e Plano de Curvatura conforme Ferreira *et al.* (2021), que indicam os tipos de vertente analisada em perfil (côncava, convexa ou retilínea) e os processos de transporte de água e de matéria (convergente, planar ou divergente).

Em um primeiro momento, 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) em escala 1:50.000, disponibilizados pelo Instituto Água e Terra (IAT), além dos limites municipais e estaduais provenientes do IBGE 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 de resolução espacial de 30m, o qual serve de base para o processamento de todos os índices utilizados. Assim, por meio do MDT, ainda no software ArcGis, foram gerados os dados de declividade na ferramenta “*Slope*” e de Perfil e Plano de Curvatura na ferramenta “*Curvature*”, enquanto os demais índices foram gerados no software SAGA Gis 9.4.0, por meio das ferramentas “*Basic Terrain Analysis*” e “*Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness*” (MRVBF).

Com a finalidade de integrar todos os dados gerados e de elaborar o mapa de fragilidade da bacia, todas as variáveis foram categorizadas pela ferramenta “*Reclassify*” e atribuído os seus respectivos graus de fragilidade, variando de 1 (Muito Baixa) até 5 (Muito Alta). Por fim, utilizou-se a ferramenta “*Raster Calculator*” para realizar a álgebra de mapas, que consiste na sobreposição das classes das variáveis, considerando os pesos atribuídos e produzindo novos dados.

Sendo assim, para a elaboração do mapa de fragilidade ambiental a partir dos IRRs, os pesos adotados foram os seguintes: Declividade * 1; Perfil de Curvatura * 0,5, Plano de Curvatura * 0,5; AACN * 2; TWI * 1,5; Fator Ls * 1,5 e MRVBF * 3. Foi atribuído maior peso ao MRVBF em razão da integração de informações tanto sobre os potenciais erosivos quanto de sedimentação, se mostrando como os pesos mais assertivos na correlação dos índices e feições erosivas identificadas na área de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

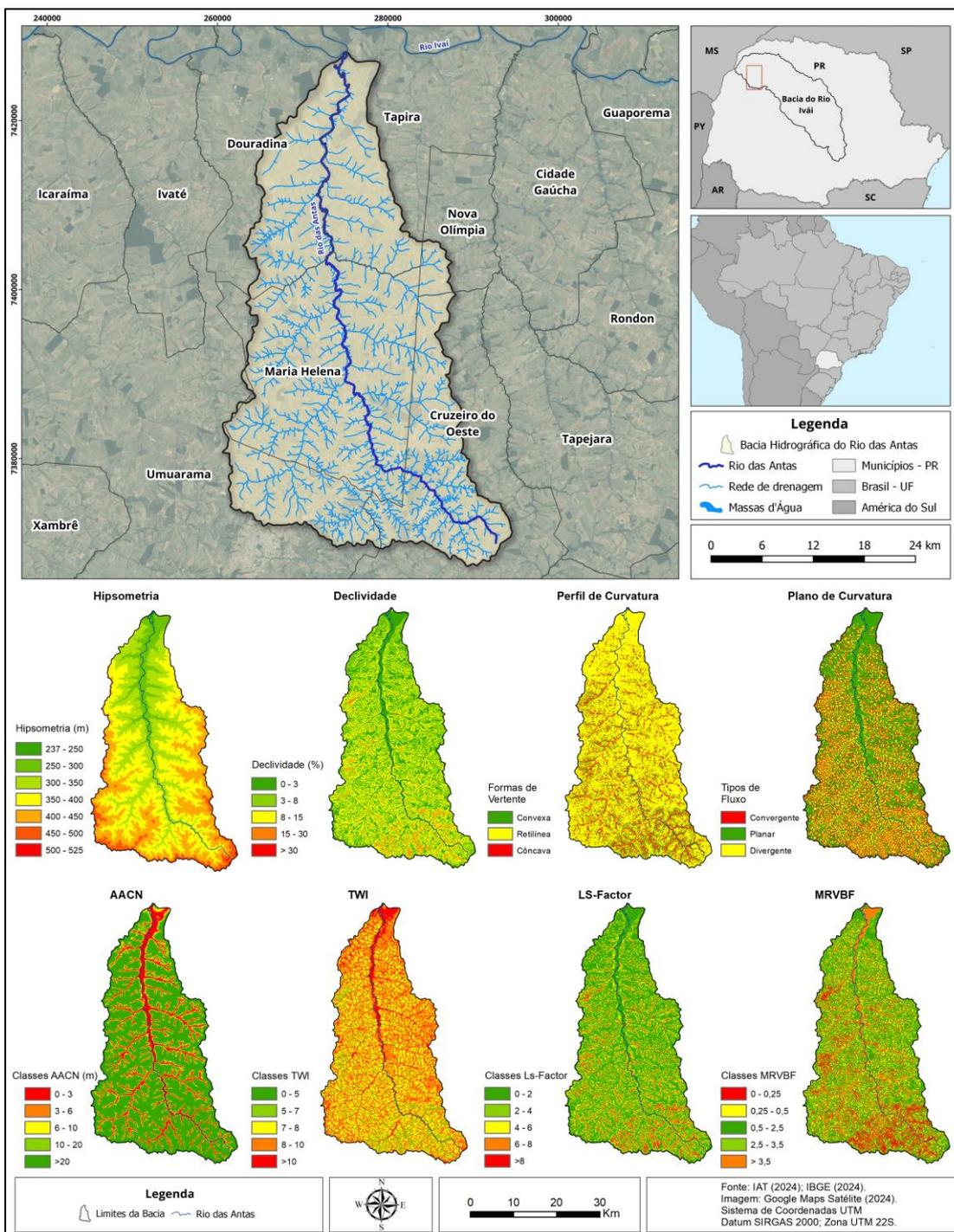
Detalhado os procedimentos metodológicos, o Quadro 1 apresenta os valores de área para cada classe de fragilidade dos Índices de Representação do Relevo (IRRs), enquanto os mapas da Figura 1 demonstram a localização, a hipsometria e a espacialização dos respectivos índices obtidos a partir do Modelo Digital de Terreno (MDT). A correlação de cada atributo topográfico possibilitou a elaboração do mapa de fragilidade ambiental da área de estudo, apresentado na Figura 2, incluindo a localização de diversas feições erosivas com apoio no trabalho de Pericato e Souza (2019), referente às Fragilidades potencial e emergente da Bacia Hidrográfica do Rio das Antas – PR.

Quadro 1 – Classes de Fragilidade e Valores de Área das Variáveis na BHRA.

Declividade			
Classes	Nível de Fragilidade	Área (km²)	Área (%)
0 – 3 %	Muito Baixa	272,53	23,15%
3 – 8 %	Baixa	515,22	43,77%
8 – 15 %	Média	338,15	28,73%
15 – 30 %	Alta	50,92	4,33%
> 30 %	Muito Alta	0,28	0,02%
Perfil de Curvatura			
Convexo	Baixa	165,21	14,04%
Retilíneo	Média	847,87	72,03%
Côncavo	Muito Alta	164,02	13,93%
Plano de Curvatura			
Planar	Baixa	558,8	47,47%
Divergente	Média	355,68	30,22%
Convergente	Muito Alta	262,61	22,31%
AACN			
0 – 3 m	Muito Alta	160,49	13,63%
3 – 6 m	Alta	56,94	4,84%
6 – 10 m	Média	63,34	5,38%
10 – 20 m	Baixa	177,65	15,09%
> 30 m	Muito Baixa	718,67	61,05%
TWI			
0 – 5	Muito Baixa	0,07	0,01%
5 – 7	Baixa	136,84	11,63%
7 – 8	Média	397,21	33,75%
8 – 10	Alta	480,39	40,81%
> 10	Muito Alta	162,57	13,81%
Fator LS			
0 – 2	Muito Baixa	560,38	47,61%
2 – 4	Baixa	345,82	29,38%
4 – 6	Média	151,13	12,84%
6 – 8	Alta	60,78	5,16%
> 8	Muito Alta	58,98	5,01%
MRVBF			
0 – 0,25	Muito Alta	182,82	15,53%
0,25 – 0,5	Média	306,67	26,05%
0,5 – 2,5	Muito Baixa	529,65	45%
2,5 – 3,5	Baixa	95,72	8,13%
> 3,5	Alta	62,23	5,29%

Org. Os autores (2024).

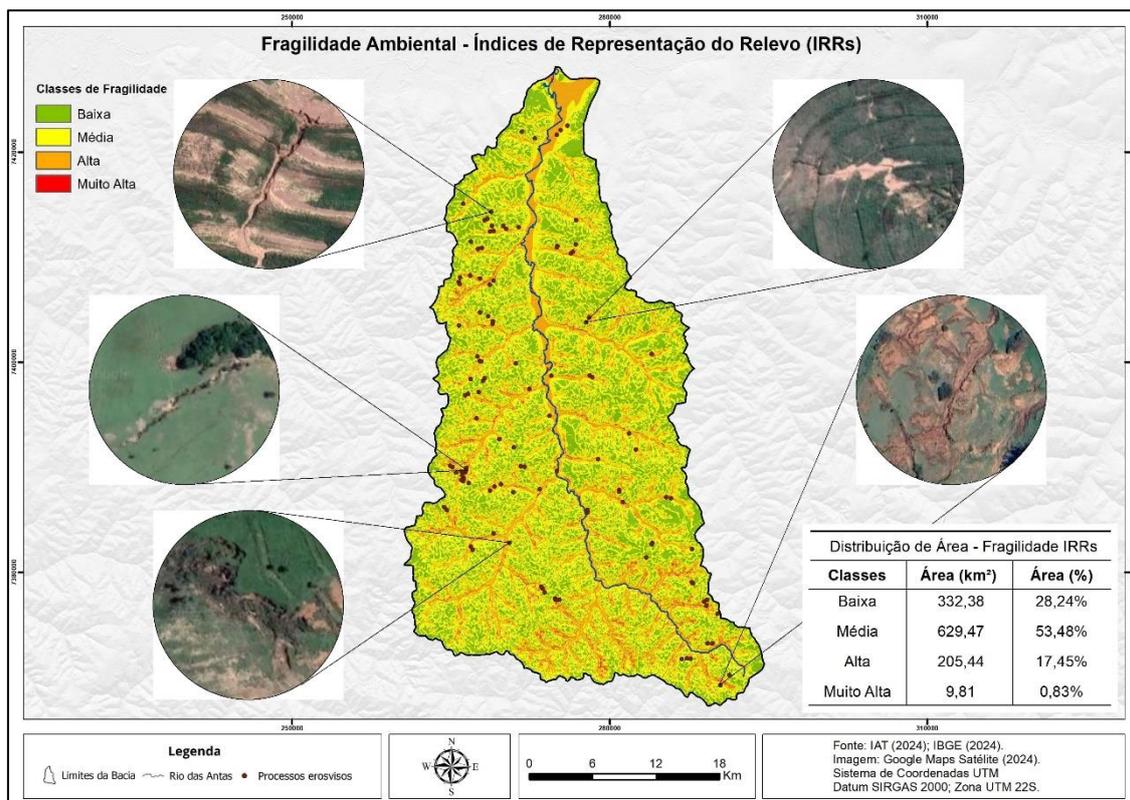
Figura 1 – Mapas de Localização e Variáveis de Fragilidade da BHRA.



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

Com base nas informações contidas no Quadro 1 e nos mapas das Figuras 1 e 2, a partir da correlação das variáveis, foram identificados um total de 4 classes de fragilidade para a área da bacia em estudo, variando desde os graus de fragilidade baixa até muito alta, excluindo assim a classe de fragilidade muito baixa.

Figura 2 – Fragilidade Ambiental dos IRRs da Bacia Hidrográfica do Rio das Antas.



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

A classe de fragilidade baixa foi a segunda mais expressiva na bacia, com área total de 332,38 km² (28,42%), caracterizando locais menos propensos aos problemas decorrentes dos processos geomorfológicos e espacialização mais distante dos canais de drenagem. Assim sendo, foram observados valores elevados de AACN (> 20), indicando topos de morros e superfícies livres de inundações, relevos com declividades mais suaves e vertentes retilíneas ou convexas com fluxo planar. Além disso, essa classe apresentou valores de menor grau de fragilidade para os índices MVBF (0,5 – 3,5) relacionado ao potencial erosivo e Fator LS (0 – 4), que demonstra a relação entre o comprimento e o grau de declive de uma vertente, indicando locais com menores potenciais erosivos.

No tocante a classe de fragilidade média, a mesma apresentou a maior área na bacia, totalizando 629,47 km² (53,48%). Embora ainda sejam observados valores altos para o AACN, os relevos nesta classe são mais acidentados, com declividades médias (8 – 15%) e vertentes de comportamento de fluxo de água e de matéria divergentes. Nestes locais, também foram observados valores intermediários de MRVBF (0,25 – 0,5), que já correspondem às encostas e superfícies de erosão, além de valores intermediários de TWI

(5 – 8) e Fator LS (4 – 6), indicando solos moderadamente drenados e com um potencial erosivo médio, necessitando um manejo mais adequado.

Em relação às classes de fragilidade alta e muita alta, totalizaram áreas de 205,44 km² (17,45%) e 9,81 km² (0,83%), respectivamente. A espacialização de ambas as classes ocorreu mais próximas aos canais de drenagem, em locais com relevos de maior declive (> 15%), vertentes côncavas e de fluxo convergente, além do maior grau de fragilidade para os índices MRVBF (0 – 0,25) e Fator LS (> 6), indicando locais mais suscetíveis à erosão. No entanto, tais classes também estão associadas as maiores fragilidades de AACN (< 6) e TWI (> 8), representando áreas mal drenadas e mais propícias ao acúmulo de água e sedimentos, que ocorrem ao longo do percurso do Rio das Antas e seus tributários, caracterizando superfícies de inundação e mais propensas ao assoreamento.

Quanto à localização das feições erosivas identificadas na bacia, foi possível constatar que suas ocorrências se deram principalmente em áreas de fragilidade alta e, em menor número, em áreas de fragilidade média. Dessa maneira, tais feições erosivas se encontram predominantemente nos altos e médios cursos da bacia, especialmente em locais que combinam os relevos com maiores declividades e vertentes de perfil retilíneas ou côncavas de comportamento convergente, além de valores de maior grau de fragilidade para os índices MRVBF e Fator LS. Tais resultados demonstram a confiabilidade da aplicação dos IRRs para a determinação da fragilidade ambiental, fornecendo subsídios que podem contribuir para o ordenamento territorial de bacias hidrográficas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de técnicas de geoprocessamento em estudos de fragilidade ambiental, se apresentam como ferramentas de grande relevância para a caracterização física do meio e na identificação de locais mais propensos aos problemas decorrentes dos processos geomorfológicos. Tais técnicas podem contribuir na adoção de práticas conservacionistas do solo e para o planejamento ambiental, especialmente em áreas historicamente afetadas por processos erosivos de grande proporção, como no caso do Noroeste do Estado do Paraná e, conseqüentemente, da Bacia Hidrográfica do Rio das Antas – PR.

Nesse sentido, a aplicação dos Índices de Representação do Relevo (IRRs) para a análise da fragilidade ambiental da bacia em estudo, demonstrou as correlações de cada atributo topográfico e suas influências sobre o meio. Dessa maneira, as classes mais

expressivas foram de fragilidade média (53,48%) e da fragilidade baixa (28,24%), porém também foi constatado valor significativo nas somas das fragilidades alta e muito alta (18,28%), que ocorrem principalmente próximo aos canais de drenagem, indicando tanto locais mais suscetíveis à erosão quanto ao acúmulo de água e de sedimentos.

Outro destaque dos IRRs na parametrização da morfologia do relevo e a extração de variáveis quantitativas, são os produtos gerados que não dependem diretamente de informações pedológicas ou de uso e ocupação do solo, que ao mesmo tempo podem ser associadas às condições do solo, tornando-se uma metodologia de fácil aplicação em estudos ambientais e com resultados confiáveis, conforme evidenciado pela distribuição das feições erosivas nas áreas de fragilidades mais acentuadas na bacia.

Palavras-chave: Atributos topográficos, Fragilidade Ambiental, Geoprocessamento, Índices de Representação do Relevo, Processos geomorfológicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERREIRA, W. H. K. *et al.* Análise da Fragilidade Ambiental da Bacia do Ribeirão dos Apertados – PR com base nos Índices de Representação do Relevo. *In: Simpósio Nacional de Geomorfologia*, 13., 2021, Juiz de Fora. **Anais [...]**. São José dos Campos, Comum Design, 2022. p. 521-534. Disponível em: <https://sinageo.org.br/2020/wp-content/uploads/2022/07/Geomorfologia-ambiental-e-antropocena.pdf>.

GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, Antônio José Teixeira. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 648 p.

MAGANHOTTO, Ronaldo Ferreira *et al.* Os Índices de Representação do Relevo como Suporte para o Zoneamento Ambiental de Unidades de Conservação – Estudo de Caso da Floresta Nacional de Irati. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v. 20 n.3, p. 168-181, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/22>.

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>.

SILVEIRA, Claudinei Taborda *et al.* Mapeamento preliminar da suscetibilidade natural a movimentos de massa da Serra do Mar Paranaense apoiado na análise digital do relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 1, 2014. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/36>.