



## **ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO E MOVIMENTOS DE MASSA NA BACIA HIDROGRÁFICA RIACHO VALE VERDE, GARANHUNS-PE**

Mariza Rodrigues da Silva <sup>1</sup>  
Simão Batista de Freitas <sup>2</sup>  
Gabriel Alan de Sousa Soares <sup>3</sup>  
Daniel Dantas Moreira Gomes <sup>4</sup>  
Kleber Carvalho Lima <sup>5</sup>

### **RESUMO**

O uso do geoprocessamento para cruzar informações do relevo com dados sobre uso e ocupação do solo tem se mostrado uma ferramenta eficiente na identificação de áreas vulneráveis a processos erosivos e movimentos de massa. Este estudo teve como objetivo analisar a suscetibilidade do solo à erosão e à ocorrência de movimentos de massa na bacia hidrográfica do Riacho do Vale Verde, no município de Garanhuns-PE, a partir da aplicação de técnicas de geoprocessamento. A análise foi realizada no software ArcGIS 10.7, utilizando como base o Modelo Digital de Terreno (MDT). Inicialmente, foram extraídas curvas de nível e gerado o mapa de declividade da bacia. Para caracterizar o relevo, aplicaram-se as técnicas de dissecação horizontal e vertical. A dissecação horizontal consistiu na classificação da área em faixas altimétricas regulares, enquanto a dissecação vertical mediu a diferença de altitude entre talvegues e interflúvios. Os resultados apontaram que as áreas com maior suscetibilidade a movimentos de massa estão concentradas no alto curso da bacia, com declividades superiores a 30% e ocupação desordenada em encostas. A dissecação vertical evidenciou fortes entalhamentos, especialmente no setor superior da bacia, onde os vales são profundos e as encostas mais íngremes. A delimitação detalhada das sub-bacias foi essencial para identificar os padrões de escoamento superficial e localizar as áreas de maior risco. Esses dados fornecem subsídios importantes para o planejamento territorial e a adoção de medidas preventivas. Conclui-se que o uso de geotecnologias aliadas à análise morfométrica permite identificar com precisão zonas de risco geomorfológico, auxiliando na prevenção de desastres ambientais e na promoção de um uso mais seguro e sustentável do território.

### **INTRODUÇÃO**

---

<sup>1</sup> Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento Socioambiental da Universidade de Pernambuco - UPE, [mariza.silva@upe.br](mailto:mariza.silva@upe.br);

<sup>2</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento Socioambiental da Universidade de Pernambuco - UPE, [simao.freitas@upe.br](mailto:simao.freitas@upe.br);

<sup>3</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento Socioambiental da Universidade de Pernambuco - UPE, [gabriel.alan@upe.br](mailto:gabriel.alan@upe.br);

<sup>4</sup> Doutor do Curso de Licenciatura em Geografia da Universidade de Pernambuco - UPE, [daniel.gomes@upe.br](mailto:daniel.gomes@upe.br);

<sup>5</sup> Professor Orientador: Doutor do Curso de Licenciatura em Geografia da Universidade de Pernambuco - UPE, [kleber.carvalho@upe.br](mailto:kleber.carvalho@upe.br)



A erosão e os movimentos de massa são processos ambientais dinâmicos responsáveis pela alteração e evolução das formas de relevo (Santos, Caldas e Silva, 2019; Cabral et al., 2022). Embora causados por variáveis naturais, esses processos podem ser intensificados pela ação antrópica gerando diversas problemáticas, como a improdutividade do solo gerada pela erosão Guerra e Cunha (2020). Em ambientes urbanos, locais suscetíveis a movimentos de massa representam áreas de risco à população, podendo resultar em acidentes ou desastres (Tominaga et al., 2019).

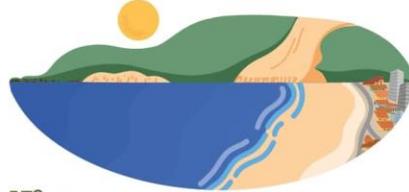
Desse modo, mapeamentos de suscetibilidade a esses processos podem auxiliar na identificação de áreas críticas, com o intuito de contribuir para o planejamento territorial. Em áreas agrícolas, esse tipo de estudo pode favorecer a otimização de recursos para o manejo adequado do solo (Brasil, 2022). Já em locais urbanos, caracteriza-se como uma ferramenta auxiliadora para o ordenamento territorial e prevenção contra desastres ambientais.

O município de Garanhuns-PE tem enfrentado riscos geomorfológicos associados à ocupação desordenada (Azambuja, 2018). Desse modo, o mapeamento da suscetibilidade torna-se necessário para a gestão territorial. Portanto, a presente pesquisa visa resolver o seguinte problema “De acordo com a dissecação do relevo, onde localizam-se as áreas mais suscetíveis à erosão e movimentos de massa na Bacia Hidrográfica Riacho Vale Verde?”

Para resolver tal problema, a utilização de um Sistema de Informação Geográfica e produtos de Sensoriamento Remoto tornam-se fundamentais. Nos últimos anos, os estudos nessa temática utilizaram essas ferramentas para a aplicação de diversos métodos, como os quali-quantitativos (Aires et al., 2022), e outras abordagens como proposto por Bonzanini, Lupinacci e Stefanuto (2022) para a elaboração de mapas de suscetibilidade à erosão e movimentos de massa.

Diante disso, este estudo teve como objetivo analisar a suscetibilidade do solo à erosão e à ocorrência de movimentos de massa na Bacia Hidrográfica Riacho Vale Verde, no município de Garanhuns-PE, a partir da aplicação de técnicas de geoprocessamento.

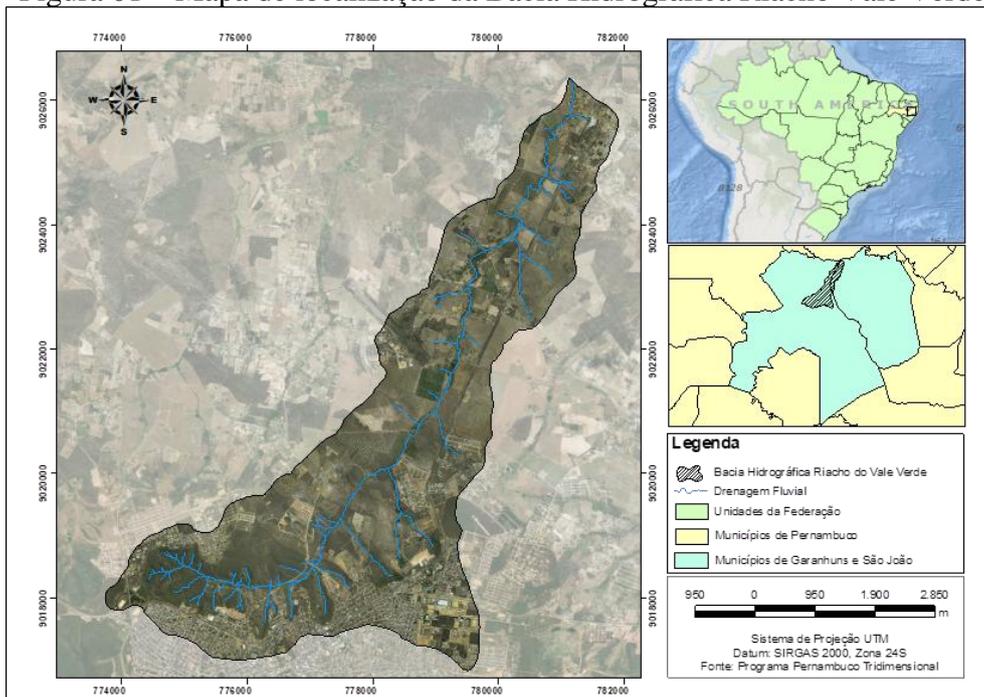
## **MATERIAIS E MÉTODOS**



## 15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do Riacho Vale Verde (ver figura 01), localizada no município de Garanhuns, Agreste Pernambucano, entre as coordenadas  $8^{\circ}53'25''\text{S}$  e  $36^{\circ}29'34''\text{W}$ . Com uma extensão de  $24,89 \text{ km}^2$ , esta bacia constitui-se como afluente do Rio Canhoto, apresentando características geomorfológicas distintas entre seus trechos superior e inferior.

Figura 01 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica Riacho Vale Verde



Fonte: elaborado pelos autores, 2025.

Do ponto de vista geológico, a bacia está inserida no contexto do Planalto da Borborema, próximo ao Lineamento Pernambuco, onde predominam formações quartzíticas (EMBRAPA, 2000). Os solos apresentam grande variabilidade, com ocorrência de: Latossolos Amarelos, Podzólicos Vermelho-Amarelos, Areias Quartzosas e Planossolos.

Esta diversidade pedológica, conforme Azambuja (2007) resulta de dois processos distintos: o intemperismo das rochas quartzíticas e os depósitos sedimentares recentes, criando uma complexa relação entre os perfis de solo e a estratigrafia local.

A rede de drenagem da bacia é composta por cursos d'água perenes e intermitentes, que desempenham papel fundamental na recarga dos aquíferos regionais (ANA, 2025). No entanto, a gestão desses recursos hídricos enfrenta desafios relacionados tanto à quantidade quanto à qualidade das águas superficiais.



O relevo apresenta marcante contraste altimétrico, variando desde áreas planas no baixo curso até setores com altitudes superiores a 1.000 metros, como ocorre no Monte Magano (1.030 m). Essa variação altimétrica, associada à intensa dissecação do terreno no alto curso - caracterizada por Ross (2019) como "rugosidade topográfica" - contribui para a fragilidade ambiental da área.

A cobertura vegetal original foi significativamente alterada pelo uso antrópico, restando principalmente formações arbustivas e rasteiras. Segundo o IBGE (2025), a área situa-se em zona de transição entre os domínios da Caatinga e Mata Atlântica, o que explica sua diversidade florística original.

Os processos morfodinâmicos atuantes incluem: erosão hídrica acelerada, formação de voçorocas e movimentos de massa em encostas, estes processos são intensificados pela ocupação desordenada do solo, particularmente nas áreas de maior declividade, onde se observa expansão urbana sem adequado planejamento territorial (Azambuja, 2003). A combinação entre características naturais e pressão antrópica torna a bacia particularmente suscetível a processos erosivos e movimentos de massa, exigindo ações específicas de gestão ambiental.

Para a realização dos procedimentos necessários para a confecção das cartas de dissecações foi utilizado o software ArcGIS 10.7. Por meio desse software foi processado o Modelo Digital de Terreno (MDT), que permitiu uma representação precisa da superfície terrestre, desconsiderando vegetação e edificações. Através do MDT extraíram-se as curvas de nível e foi gerado o mapa de declividade da bacia, bem como foram traçadas as drenagens.

Com essas informações, foi realizada a divisão manual das sub-bacias, o que possibilitou uma melhor visualização das áreas de drenagem e das características do relevo e permitiram a confecção das cartas de dissecação horizontal e vertical. Para a confecção das cartas seguiu-se a proposta metodológica desenvolvida por Spiridonov (1981) e a adaptação feita por Mauro et al. (1991), bem como o detalhamento desses procedimentos realizados software no ArcGIS apresentado por Bonzanini, Lupinacci e Stefanuto (2022).

Nesse sentido, a dissecação horizontal consistiu na classificação da área para cada sub-bacia delimitada, sendo utilizada a régua presente no software para medição da distância em linha reta do fundo de vale até o divisor de águas em shapefiles individuais,



tendo os seguintes intervalos:  $\leq 10\text{m}$ ; 11-20m; 21-40m; 41-80m; 81-160m; 161-320m;  $\geq 321\text{m}$  (Bonzanini e Lupinacci e Stefanuto, 2022).

O procedimento para o mapeamento da dissecação vertical é bem similar ao anterior, onde também são mapeadas em classes (com seguintes intervalos  $\leq 10\text{m}$ ; 10–20m; 20–30m; 30–40m; 40–50m;  $\geq 50\text{m}$ ), e em shapefiles individuais para cada classe, no entanto, nesse procedimento é identificada a variação altimétrica, que é contada a partir do canal de drenagem e são utilizadas as curvas de nível, sendo medida com a régua a distância em linha reta do fundo de vale até a linha de cumeada, onde nas cinco primeiras classes a cada duas curvas de nível é contabilizada uma classe, e na última classe são contabilizadas as cotas altimétricas restantes, ou seja, as que possuem  $\geq 50\text{m}$  de altimetria em relação ao canal de drenagem (Bonzanini e Lupinacci e Stefanuto (2022)).

## REFERENCIAL TEÓRICO

A compreensão dos processos erosivos e de movimentos de massa exige uma abordagem integrada que considere as características geomorfológicas, pedológicas e antrópicas da paisagem. Segundo Guerra e Cunha (2020), a erosão dos solos resulta da interação complexa entre fatores naturais e intervenções humanas, sendo particularmente intensa em áreas de relevo acidentado e solos frágeis. No contexto urbano, essa dinâmica se torna mais crítica devido à ocupação desordenada de encostas e à impermeabilização do solo (Tominaga et al., 2019).

O conceito de suscetibilidade, conforme definido por Cabral et al. (2022), refere-se à predisposição natural do terreno à ocorrência de processos erosivos e movimentos gravitacionais, condicionada por características intrínsecas como declividade, tipo de solo e geologia. Já a vulnerabilidade, segundo Azambuja (2018), incorpora a dimensão antrópica, considerando como a ocupação humana potencializa esses riscos naturais.

A metodologia de análise morfométrica do relevo, proposta originalmente por Spiridonov (1981) e adaptada por Mauro et al. (1991), tem se mostrado eficaz na identificação de áreas críticas. Como demonstrado por Bonzanini, Lupinacci e Stefanuto (2022), a combinação de dissecação horizontal e vertical permite uma avaliação precisa da energia do relevo e do potencial erosivo em bacias hidrográficas.

No contexto específico de Garanhuns, estudos como o de Azambuja (2003) evidenciam que a ocupação desordenada em áreas de alta declividade tem agravado os

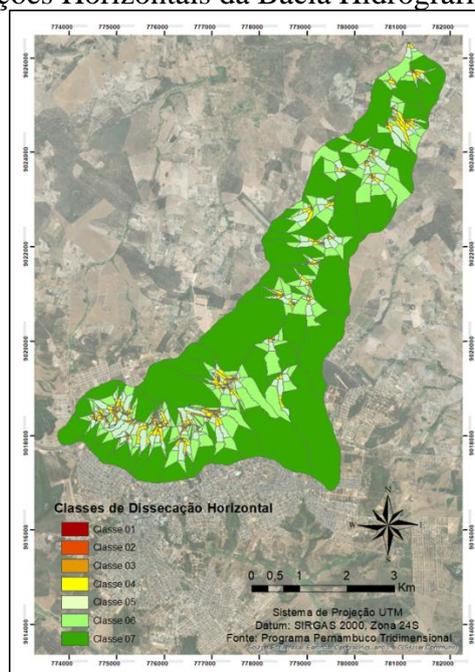
processos erosivos, especialmente no Planalto da Borborema. A transição entre domínios da Caatinga e Mata Atlântica (IBGE, 2025) cria um ambiente particularmente sensível às intervenções humanas, conforme observado por Santos, Caldas e Silva (2019) em estudos similares.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo evidenciam a complexa dinâmica geomorfológica da bacia do Riacho Vale Verde, em Garanhuns-PE, destacando áreas críticas suscetíveis a processos erosivos e movimentos de massa. A metodologia baseada na dissecação do relevo demonstrou eficácia na identificação de padrões morfométricos associados à instabilidade do terreno, corroborando estudos anteriores (Spiridonov, 1981; Mauro et al., 1991).

Ao analisar a estudada, chamou-se a atenção que em relação à dissecação horizontal (ver figura 02) dada quantidade de cursos d'água essa dissecação mostrou-se menos acentuada ao longo da bacia. Nesse sentido o setor próximo ao exotório por apresenta menor densidade de drenagem apresentou maior dissecação horizontal.

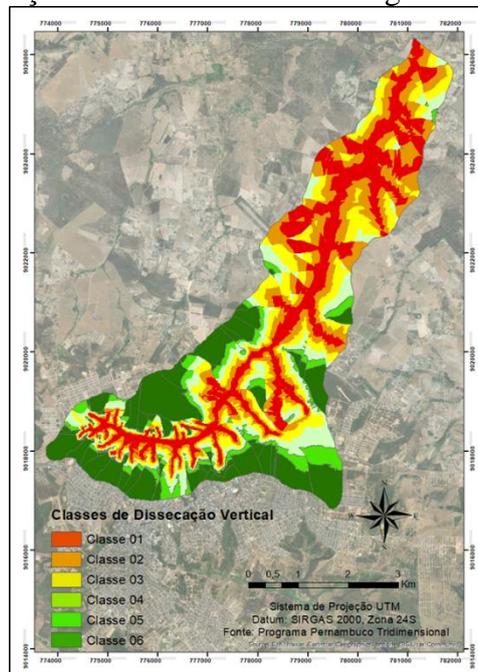
Figura 02 – Dissecações Horizontais da Bacia Hidrográfica Riacho Vale Verde



Fonte: elaborado pelos autores, 2025.

Observa-se que as áreas com maior grau de dissecação vertical (ver figura 02) coincidem com setores de ocupação urbana recente, onde a pressão antrópica tem intensificado os processos naturais de degradação do solo. Esta constatação vai ao encontro das observações de Azambuja (2003) sobre a expansão desordenada em Garanhuns, reforçando a necessidade de políticas públicas específicas para essas áreas. Particularmente preocupantes são os setores com dissecação vertical superior a 50m, que apresentam condições morfológicas favoráveis à ocorrência de movimentos de massa, especialmente durante eventos pluviométricos intensos.

Figura 03 – Dissecação Vertical da Bacia Hidrográfica Riacho Vale Verde



Fonte: elaborado pelos autores, 2025.

A validação em campo dos resultados obtidos revelou uma boa correlação entre as áreas mapeadas como suscetíveis e a ocorrência efetiva de processos erosivos, embora em alguns setores tenha sido observada uma subestimação da dissecação real devido à influência da cobertura vegetal. Esta constatação reforça a importância da integração entre técnicas de sensoriamento remoto e trabalhos de campo detalhados.

Os resultados obtidos representam um avanço significativo no entendimento da dinâmica geomorfológica da bacia estudada, oferecendo subsídios técnicos robustos para a tomada de decisão no âmbito do planejamento territorial e da gestão de riscos ambientais. Contudo, sua efetividade plena dependerá da capacidade de articulação entre o conhecimento técnico-científico, as políticas públicas e a participação comunitária.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área de estudo, possui topografias diferentes, apresentando em seu alto curso, à montante, superfícies com relevo mais dissecado e com maiores altitudes, denotando maior ação gravitacional, o mais alto potencial de escoamento aluvial e também a ocupação desordenada do solo que contribui para que a região tenha um potencial erosivo alto, tendo em vista a retirada contante de material em algumas áreas para construção civil e em outras os aterros que servem como ferramenta de terraplanagem para a própria construção civil.

No baixo curso da bacia, à jusante, onde o afluyente Riacho Vale Verde tem o seu exutório no Rio Canhoto, o terreno é mais plano contribuindo para menores índices erosivos e um menor potencial para desenvolvimento de movimentos de massa. Os eventos que se desenvolvem nesta área se devem à agricultura e a pecuária existente, com o manejo da terra de maneira concentrada em algumas áreas e a construção de reservatórios hídricos para abastecimento das necessidades básicas da população rural e da agropecuária existente no local.

**Palavras-chave:** Dissecação do relevo, Suscetibilidade a erosão, Geoprocessamento.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem a FACEPE pela concessão de bolsa de mestrado ao segundo autor (Processo N° IBPG-0545-4.00/24) e a CAPES pela concessão de bolsa de Mestrado acadêmico ao terceiro autor no processo 88887.870356/2023-00.

## REFERÊNCIAS

AIRES, A. et al. Análise Multicritério da Suscetibilidade Erosiva. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.15, n.2, p.1128-1141, 2022.

AIRES, Adriano; COSTA, Joseane; BEZERRA, Joel; RÊGO, Alana. Análise Multicritério da Suscetibilidade Erosiva da Microbacia Hidrográfica da Barragem de Pau dos Ferros/RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 1128–1141, 2022. DOI: 10.26848/rbgf.v15.2.p1128-1141. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/250492>. Acesso em: 25 jul. 2025.

AZAMBUJA, S. M. F. C. **Garanhuns: Espaço e Tempo**. Recife: Ed. UFPE, 2003.



AZAMBUJA, S. M. F. C. Garanhuns: Espaço e Tempo. Recife: **Ed. Universitária da UFPE**, 2003.

AZAMBUJA, S. M. F. C. **Processos geomorfológicos e riscos ambientais em Garanhuns/PE**. Recife: Ed. UFPE, 2018. 156 p.

BONZANINI, H. L. et al. A erosão linear e sua relação com a morfometria. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.15, n.4, p.1947-1964, 2022.

BONZANINI, H. L.; LUPINACCI, C. M.; STEFANUTO, E. B. A erosão linear e sua relação com a morfometria do relevo na alta bacia do rio capivara – Botucatu (SP). **Revista brasileira de geografia física**, v.15 n. 4, 2022, p. 1947 – 1964. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/251894/41417>. Acesso em: 20 de mar. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Manual técnico de pedologia**. 4. ed. Brasília: MMA, 2022. (Capítulo sobre mapeamento de áreas de risco)

CABRAL, V. C. et al. Análise da suscetibilidade a escorregamentos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 2, p. 1394-1419, 2022.

CABRAL, Victor Carvalho; REIS, Fábio Augusto Gomes Vieira; MENDOZA, Carolina Martinez; OLIVEIRA, Alan. Análise da suscetibilidade a escorregamentos por meio de modelos de base física em área petroquímica no Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 23, n. 2, p. 1394–1419, 2022. DOI: 10.20502/rbg.v23i2.2084. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/2084>. Acesso em: 24 jul. 2025.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Degradação dos solos no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020. p. 145-148.

IBGE. **Perfil dos municípios brasileiros: Garanhuns**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025.

MAURO, C. A. et al. Metodologia para análise da dissecação do relevo aplicada ao planejamento ambiental. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 2, p. 45-58, 1991.

MAURO, C. A.; RUSSO, I. L.; BOVO, RAQUEL.; TELES, A. P. S. S.; CARVALHO, M. B. S.; PICARELLI, A.; MELO, E. M. M. Contribuição ao planejamento ambiental de Cosmópolis – SP. In: ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 3. Toluca, UAEM, v.4, 1991.

OLIVEIRA, J. B. et al. Limitações dos modelos digitais de terreno na avaliação de processos erosivos em áreas semiáridas. **Geociências**, v. 40, n. 3, p. 521-535, 2021.

SANTOS, J. P. C. et al. Suscetibilidade a Erosão dos Solos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n.4, p.1415-1430, 2019.

SANTOS, Jefferson Pereira Caldas; PEREIRA CALDAS, Vanessa Ingrid Saraiva; SILVA, Antonio Soares. Suscetibilidade a Erosão dos Solos da Bacia Hidrográfica Lagos – São João, no Estado do Rio de Janeiro – Brasil, a partir do Método AHP e



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

Análise Multicritério (Susceptibility to Erosion of Soils of the Lagos - São João Basin, in the State of Rio de Janeiro - Brazil, from the AHP Method and Multicriteria Analysis). **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 1415–1430, 2019. DOI: 10.26848/rbgf.v12.4.p1415-1430.

SPIRIDONOV, A. I. Morfometria do relevo e sua aplicação em estudos geomorfológicos. **Moscou: Editora Progresso**, 1981. 215 p.

SPIRIDONOV, V., 1981. **Principios de la Metodologia de las investigaciones de Campo y el Mapeo Geomorfológico**. Universidad Habana, Havana, 650p.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2019. p. 78-82.

