

VI-097 – VULNERABILIDADE NATURAL À EROSÃO DO SOLO DE UMA UNIDADE DE PLANEJAMENTO HIDROLÓGICO NO SEMIÁRIDO TROPICAL

Ingredy Nataly Fernandes Araújo⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e Mestranda em Engenharia Sanitária pela mesma instituição

Ana Paula de França Marinho⁽²⁾

Gestora Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Mestranda em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Amanda Cristina Soares Ribeiro⁽³⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Maria de Fátima Alves de Matos⁽⁴⁾

Geógrafa pela Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Mestre em Geodinâmica e Geofísica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Doutora em Geodinâmica e Geofísica pela UFRN. Pós-Doutoranda no Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil pela UFRN.

Karina Patrícia Vieira da Cunha⁽⁵⁾

Bióloga pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e Doutora em Ciências do Solo pela mesma instituição. Professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Endereço⁽¹⁾: Av. Senador Salgado Filho, 3000, Campus Universitário - Lagoa Nova - Natal - Rio Grande do Norte - CEP: 59072-970 - Brasil - Tel: +55 (84) 99643-9629 - e-mail: ingredynataly@hotmail.com

RESUMO

A erosão do solo é um processo de degradação ambiental que promove alterações na paisagem, causando graves prejuízos ambientais, sociais e econômicos. Alguns ambientes são mais susceptíveis à ocorrência de processos erosivos, em função de suas características ambientais intrínsecas, tornando-os mais vulneráveis. O semiárido brasileiro, por exemplo, apresenta naturalmente, solos pouco desenvolvidos, vegetação nativa escassa e rala e chuvas concentradas em um curto período de tempo; tais fatores contribuem para que o solo seja facilmente perdido por erosão. A caracterização espacial desses fatores pode ser analisada por meio de geoprocessamento, a partir da geração de mapas de vulnerabilidade, que permitem uma resposta rápida e eficiente sobre os graus de vulnerabilidade à ocorrência de erosão. Com isso, o objetivo deste trabalho foi estudar a vulnerabilidade à erosão dos solos da Unidade de Planejamento Hidrológico Médio Piranhas Potiguar e discutir a importância dessa temática para o planejamento ambiental da região. Para isso, informações sobre tipos de solo, declividade e vegetação, foram cruzadas em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas, resultando no mapa síntese de vulnerabilidade natural à erosão do Médio Piranhas Potiguar. Os resultados obtidos constataram que a região apresenta características naturais que a tornam vulnerável, predominando áreas com alta vulnerabilidade à erosão, seguido de áreas com média vulnerabilidade. Tais resultados podem ser ainda mais agravantes ao se considerar os efeitos da ocupação antrópica sobre esse ambiente. Portanto, essa temática auxilia no planejamento e gestão ambiental, especialmente em regiões onde a degradação é evidente.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento, fragilidade ambiental, Médio Piranhas Potiguar.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da sociedade tem contribuído para o aumento da demanda por recursos naturais, causando sérios problemas de degradação ambiental, dentre os quais o processo de erosão se destaca como um dos mais graves. A erosão compromete a qualidade física, química e biológica dos solos, interferindo nas atividades agrícolas desenvolvidas, além de afetar a qualidade dos recursos hídricos e a dinâmica do relevo e dos córregos (RIOS, 2011). É um processo que, de modo geral, contribui para redução da capacidade produtiva dos solos e aumento do aporte de sedimentos e poluentes nos corpos hídricos (BOTERO-ACOSTA *et al.*, 2017; PAL; DEBANSHI, 2018; MAKAYA *et al.*, 2019). Diante disso, a susceptibilidade que um solo apresenta à erosão

hídrica pode ser considerada um dos principais indicadores da vulnerabilidade ambiental de uma região (HENTATI *et al.*, 2010; CUIABANO *et al.*, 2017).

A vulnerabilidade ambiental está relacionada à medida em que os ecossistemas frágeis sofrem danos e depende da exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa (CHEN *et al.*, 2019). A vulnerabilidade à erosão indica os diferentes graus de sensibilidade ou susceptibilidade do ambiente a ocorrência de processos erosivos (RIOS, 2011). Pode ser analisada a partir de fatores característicos do ambiente, como a geologia, geomorfologia e pedologia, clima, estabilidade da vegetação, biodiversidade, entre outros; desconsiderando a influência da ação antrópica como fator condicionante (GRIGIO, 2003; KHOSRAVI *et al.*, 2007). Entretanto, ressalta-se que quando há interferências do homem de maneira desordenada, os processos erosivos ocorrem aceleradamente, provocando um aumento das perdas de solo e a redução da qualidade ambiental (MAKAYA *et al.*, 2019).

No semiárido nordestino brasileiro, a erosão tem sido considerada a pior forma de degradação do solo (SAMPAIO; ARAÚJO, 2005). É uma área classificada como ambientalmente vulnerável em virtude dos seus solos jovens, pouco desenvolvidos e com pequena evolução dos perfis de solo, mesmo em condições de paisagem natural (CREPANI *et al.*, 2001; MMA, 2007). Aliado a isso, tem-se uma vegetação nativa de pequeno porte, clima quente e seco e irregularidade de precipitações, características que contribuem para que a região seja mais suscetível à erosão (BARBOSA *et al.*, 2012; PEREIRA; DANTAS NETO, 2014).

Nesse contexto, a Unidade de Planejamento Hidrológico (UPH) Médio Piranhas Potiguar, localizada no semiárido nordestino, possui importância estratégica, pois é onde está localizado o maior reservatório do Rio Grande do Norte, o Armando Ribeiro Gonçalves, utilizado para usos múltiplos e responsável pelo abastecimento de várias cidades (ANA, 2016). Dessa forma, é necessário fazer o monitoramento da área, visando evitar a erosão do solo, problema que pode reduzir ainda mais a oferta hídrica da região em quantidade e qualidade.

Estudos recentes sobre a avaliação da erosão do solo defendem o uso de técnicas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para caracterizar melhor a distribuição espacial dos fatores relacionados à erosão (MAKAYA *et al.*, 2019). Mapas de vulnerabilidade fornecem informações baratas, eficientes e precisas da avaliação da vulnerabilidade à erosão do solo, auxiliando no planejamento ambiental de uma determinada área e na avaliação de impactos ambientais (SANTOS, 2007; MAKAYA *et al.*, 2019).

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo estudar a vulnerabilidade à erosão dos solos da Unidade de Planejamento Hidrológico Médio Piranhas Potiguar e discutir a importância dessa temática para o planejamento ambiental da região.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste trabalho é a região denominada Médio Piranhas Potiguar, uma Unidade de Planejamento Hidrológico da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açú, estabelecida pelo Plano de Recursos Hídricos dessa bacia (ANA, 2016), localizada no Nordeste do Brasil (Figura 1).

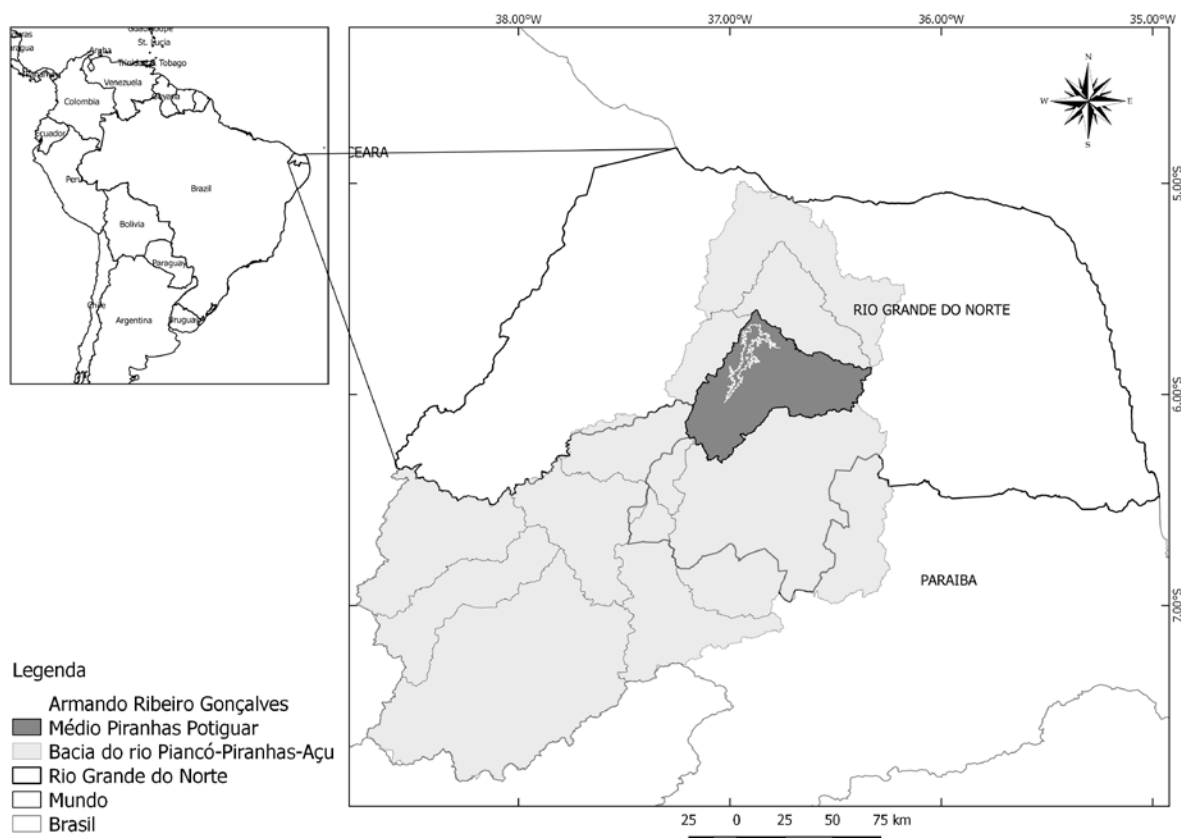


Figura 1: Localização da Unidade de Planejamento Hidrológico “Médio Piranhas Potiguar”, inserida no estado do Rio Grande do Norte, pertencente à bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu.

O tipo climático da região é o BSh (ALVARES *et al.*, 2014), caracterizado por ser quente e seco. A precipitação média anual varia de 550 mm a 780 mm (ANA, 2016), com chuvas concentradas em poucos meses do ano, ocorrendo recorrentes períodos de escassez hídrica. O bioma predominante é a caatinga, com predominância de espécies da savana-estépica arborizada (MMA, 2007). A geologia da região é formada pela Depressão Sertaneja e pelo Planalto da Borborema (ANGELIM *et al.*, 2006). Os tipos de solos predominantes na região são os Neossolos Litólicos, Luvisolos Crômicos e Planossolos Nátricos (EMBRAPA, 1971; EMBRAPA, 2013).

PROCESSAMENTO DOS DADOS E GERAÇÃO DO MAPA

Este estudo foi realizado baseado na abordagem proposta por Crepani (2001), desenvolvida com base no conceito de ecodinâmica de Tricart (1977), que classifica a estabilidade ou vulnerabilidade do ambiente a partir do equilíbrio entre os fatores de morfogênese e pedogênese.

A vulnerabilidade natural à erosão dos solos no Médio Piranhas Potiguar foi obtida a partir de informações sobre tipos de solo, declividade e vegetação, tratadas em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas no software *Qgis*.

O mapa de solos foi obtido a partir da base cartográfica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2011). Para a delimitação da área de estudo, foi utilizado o arquivo vetorial de delimitação das UPH's da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu, disponível no banco de dados do Plano de Recursos Hídricos da bacia (ANA, 2016). De onde também foi extraído o Modelo Digital de Elevação (MDE) do projeto TOPODATA do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para a geração da declividade em porcentagem (EMBRAPA, 1979). A cobertura vegetal foi estimada pelo Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI), obtido a partir da diferença entre as reflectâncias das bandas 4 (infravermelho próximo) e

3 (vermelho) dividido pela soma das reflectâncias dessas duas bandas (JENSEN, 1996), cuja imagem de satélite foi obtida no sítio eletrônico do *United States Geological Survey* (USGS, 2018).

Para mensurar a susceptibilidade ao processo de erosão natural, cada um desses mapas bases recebeu uma pontuação de vulnerabilidade, de forma que as unidades mais estáveis, ou menos vulneráveis, apresentam valores próximos a 1,0, as intermediárias em torno de 2,0 e as unidades de paisagem mais vulneráveis recebem valores próximos a 3,0 (CREPANI, 2001).

Foram atribuídos valores, considerando que todos os fatores teriam a mesma influência na vulnerabilidade, conforme a proposta de Ross (1994). Após reclassificados, esses mapas foram cruzados, a fim de se obter o mapa síntese de vulnerabilidade à erosão, obtido a partir da média de vulnerabilidade de cada plano de informação, conforme a equação 1:

$$VE = (S + D + V) / 3$$

equação (1)

VE = vulnerabilidade à erosão; S = vulnerabilidade para o tema tipo de solo; D = vulnerabilidade para o tema declividade; V = vulnerabilidade para o tema vegetação.

RESULTADOS

O mapa de vulnerabilidade à erosão permitiu a identificação dos graus de vulnerabilidade e a distribuição espacial das regiões mais susceptíveis à erosão no Médio Piranhas Potiguar (Figura 2).

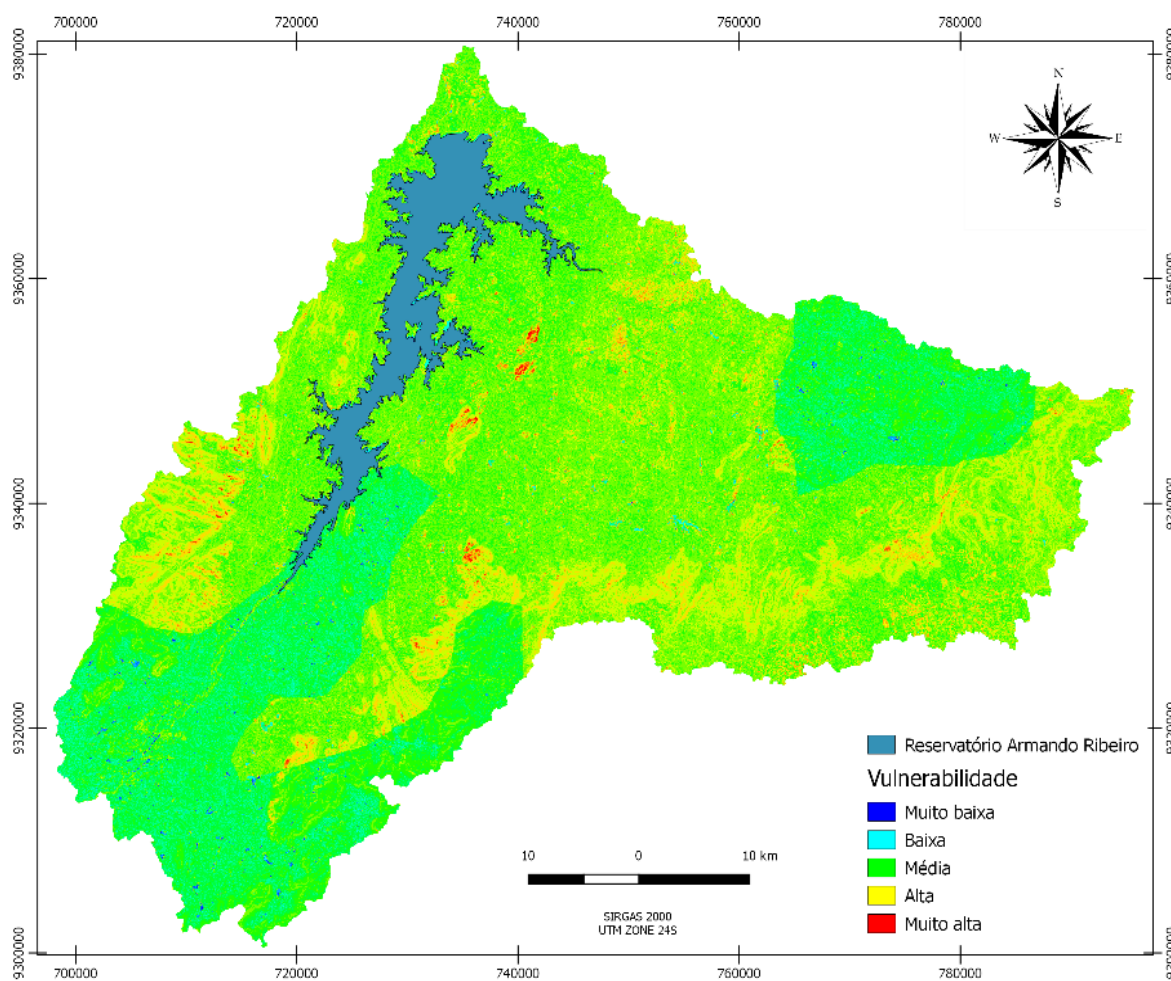


Figura 2: Mapa de vulnerabilidade à erosão da Unidade de Planejamento Hidrológico Médio Piranhas Potiguar, pertencente à bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu, Nordeste do Brasil.

A maior parte da região apresenta alta vulnerabilidade à erosão, representada por aproximadamente 70% do território, correspondente à uma área de 2374 km². Em segundo lugar, tem-se uma vulnerabilidade média, representada por cerca de 24% da área total. Também foram identificadas áreas onde a vulnerabilidade é máxima, o que ocorre em aproximadamente 132 km². Enquanto regiões com baixa e muito baixa vulnerabilidade estão presentes em menos de 3% do território estudado, possivelmente em áreas ocupadas por pequenos corpos hídricos. Ressalta-se que a área correspondente ao reservatório Armando Ribeiro Gonçalves não foi contabilizada nesse processo (Tabela 1).

Tabela 1: Áreas por grau de vulnerabilidade à erosão da Unidade de Planejamento Hidrológico Médio Piranhas Potiguar, pertencente a bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu, Nordeste do Brasil.

Vulnerabilidade	Área (km ²)	Área (%)
Muito baixa (0 a 1,0)	71,66	2,10
Baixa (1,01 a 1,5)	16,70	0,49
Média (1,51 a 2,0)	812,15	23,84
Alta (2,01 a 2,5)	2373,60	69,67
Muito alta (2,51 a 3,0)	132,94	3,90

DISCUSSÃO

Os resultados apresentados (Tabela 1) corroboram com outros estudos realizados em regiões semiáridas nos quais foram identificados que a maior parte dos territórios analisados apresentavam vulnerabilidade à erosão do solo de média à alta (MOTA; VALLADARES, 2011; OCHOA, *et al.*, 2016). Dessa forma, constata-se que a região em estudo apresenta características naturais que a tornam vulnerável. Levando-se em consideração os fatores antrópicos relacionados ao uso e ocupação do solo, a vulnerabilidade pode ser ainda mais acentuada (CHOUDHARY; BOORI; KUPRIYANOV, 2017).

O cruzamento dos mapas permitiu identificar que as regiões que apresentaram uma vulnerabilidade alta ou muito alta estão relacionadas, principalmente, às altas declividades. De fato, quanto maior a inclinação, maior a vulnerabilidade aos processos erosivos, devido ao aumento da velocidade de escoamento, que promove o arraste das partículas do solo (MAKAYA, *et al.*, 2019). Na área de estudo as regiões que apresentaram vulnerabilidade baixa ou muito baixa coincidiram com locais de baixa declividade e presença de Luvissolos Crômicos ou Planossolos Nátricos, pois esses apresentam uma vulnerabilidade menor que os Neossolos Litólicos.

Os Neossolos Litólicos predominantes na região, são caracterizados por serem solos poucos evoluídos, com baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos e alta fertilidade potencial (EMBRAPA, 2006), ou seja, solos que podem facilmente serem perdidos por erosão.

O relevo é um dos principais fatores que influenciam a perda do solo por erosão (VALLADARES, 2012). Áreas que possuem alta declividade são mais susceptíveis aos processos erosivos, principalmente quando apresentam ocupação antrópica (PONS; PEJON; ZUQUETTE, 2007). No Médio Piranhas Potiguar predomina o relevo ondulado, com declividade entre 8% e 20%.

A cobertura vegetal protege a superfície do solo, evitando a erosão, por meio da diminuição do impacto da gota de chuva, manutenção da agregação das partículas minerais do solo e aumento das taxas de infiltração, o que diminui o escoamento superficial e transporte de sedimentos (MOHAMMAD; ADAM, 2010). Na região em estudo o bioma predominante é a caatinga, caracterizada por ser escassa e rala, que promove uma baixa cobertura do solo, facilitando a perda de solo (MMA, 2007; BARBOSA *et al.*, 2012). Baixa cobertura vegetal em encostas muito íngremes resulta em alta vulnerabilidade à erosão (MAKAYA, *et al.*, 2019).

Considerando as precipitações intensas em curto período de tempo que ocorrem no semiárido brasileiro (BEZERRA JUNIOR; SILVA, 2007), ao incidirem em solos rasos, com alta declividade e baixa cobertura vegetal, o solo pode facilmente ser perdido por erosão e chegar até os corpos d'água. Com isso, nutrientes e

sedimentos são depositados, intensificando os processos de eutrofização e assoreamento, fazendo com que o solo atue como fonte difusa de poluição (NGUYEN *et al.*, 2017; MIRHOSSEINI *et al.*, 2018).

Os custos sociais, ambientais e econômicos negativos associados à erosão do solo aumentam a necessidade do controle da erosão do solo a partir do conhecimento dos fatores que influenciam tal degradação (ASHIAGBOR *et al.*, 2013; PAL; DEBANSHI, 2018; MAKAYA, *et al.*, 2019). A identificação espacial das áreas mais vulneráveis à degradação ambiental auxilia os tomadores de decisão no planejamento estratégico de medidas para recuperação de áreas degradadas e implementação de políticas ambientais (LIOU; NGUYEN; LI, 2017). Esse tema torna-se ainda mais importante na região semiárida, onde a paisagem natural apresenta uma vulnerabilidade considerável, que aliada à falta de planejamento e gestão ambiental, intensifica a problemática da degradação ambiental existente.

CONCLUSÕES

A Unidade de Planejamento Hidrológico Médio Piranhas Potiguar apresenta características que a classifica como uma área naturalmente vulnerável à erosão;

A região apresenta áreas de alta vulnerabilidade à erosão em que o uso do solo deveria ser restringido, a fim de se evitar o aumento da degradação ambiental, sendo necessário investigar as atividades que são desenvolvidas nessas regiões.

O estudo da vulnerabilidade à erosão é um importante instrumento para o desenvolvimento do planejamento ambiental de uma determinada área, sobretudo, em regiões semiáridas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas Açú. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2016.
2. ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.
3. ANGELIM, L. A. de A. *et al.* Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM, 2006.
4. ASHIAGBOR, G. *et al.* Modeling soil erosion using rusle and rusle Parameter Estimation for. *International Journal of Remote Sensing and Geoscience*, v. 2, n. 4, 2013.
5. BARBOSA, J. E. D. L. *et al.* Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 24, n. 1, p. 103–118, 2012.
6. BEZERRA JUNIOR, J. G. O B.; SILVA, N. M. Caracterização geoambiental da microrregião do Seridó oriental do Rio Grande do Norte. *Holos*. v. 2, n. 23, p. 78-91, 2007.
7. BOTERO-ACOSTA, A. *et al.* Riparian vulnerability model based on environmental features. *Journal of Environmental Management*, v. 203, p. 592–602, 2017.
8. CHEN, S. *et al.* Evaluation of soil erosion vulnerability on the basis of exposure, sensitivity, and adaptive capacity: A case study in the Zhuxi watershed, Changting, Fujian Province, Southern China. *Catena*, v. 177, n. July 2018, p. 57–69, 2019.
9. CHOUDHARY, K.; BOORI, M. S.; KUPRIYANOV, A. Spatial modelling for natural and environmental vulnerability through remote sensing and GIS in Astrakhan, Russia. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 2017.
10. CREPANI, *et al.* Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001.
11. CUIABANO, M. do N. *et al.* Vulnerabilidade ambiental à erosão hídrica na sub-bacia do córrego do Guanabara/Reserva do Cabaçal-MT Brasil. *Geociencias*, v. 36, n. 1, p.138–153, 2017.
12. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3ª ed. Rio de Janeiro, 2013.
13. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Levantamento exploratório - Reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte. Recife: Convênio de Mapeamento de Solos MA/DNPEA-SUDENE/DRN, 1971.

14. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Mapa de solos do Brasil. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011.
15. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Súmula da X reunião técnica de levantamento de solos. Rio de Janeiro, 83p., 1979.
16. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2006.
17. GRIGIO, ALFREDO MARCELO. Aplicação de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guamaré (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera. Dissertação (Mestrado). UFRN. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. Natal/RN. 2003.
18. HENTATI, A. *et al.* Evaluation of sedimentation vulnerability at small hillside reservoirs in the semi-arid region of Tunisia using the Self-Organizing Map. *Geomorphology*, v. 122, n. 1–2, p. 56–64, 2010.
19. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. TOPODATA, banco de dados geomorfométricos do Brasil. São Paulo, n.d.
20. JENSEN, J. R. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. 2a. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1996.
21. KHOSRAVI, H. *et al.* Assessment the effect of drought on vegetation in desert area using landsat data. *Egypt. J. Remote Sens. Space Sci.* 2007.
22. LIU, Y. A.; NGUYEN, A. K.; LI, M. H. Assessing spatiotemporal eco-environmental vulnerability by Landsat data. *Ecological Indicators*, v. 80, n. May, p. 52–65, 2017.
23. MAKAYA, N. *et al.* Geospatial assessment of soil erosion vulnerability in the upper uMgeni catchment in KwaZulu Natal, South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, n. March, p. 0–1, 2019.
24. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Atlas de áreas susceptíveis a desertificação no Brasil. Santana, M.O. (Org.). Brasília: MMA, 2007. 134 p.
25. MIRHOSSEINI, M. *et al.* Changing land use a threat to surface water quality: a vulnerability assessment approach in Zanjanroud Watershed, Central Iran 1. *Water Resources*, v. 45, n. 2, p. 268–279, 2018.
26. MOHAMMAD, A. G.; ADAM, M. A. The impact of vegetative cover type on runoff and soil erosion under different land uses. *Catena*, v. 81, n. 2, p. 97–103, 2010.
27. MOTA, L. H. da S. de O.; VALLADARES, G. S. Vulnerabilidade à degradação dos solos da Bacia do Acaraú, Ceará. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 42, n. 1, p.39-50, 2011.
28. NGUYEN, H. H. *et al.* Modelling the impacts of altered management practices, land use and climate changes on the water quality of the Millbrook catchment-reservoir system in South Australia. *Journal of Environmental Management*, v. 202, p. 1–11, 2017.
29. OCHOA, P. A. *et al.* Effects of climate, land cover and topography on soil erosion risk in a semiarid basin of the Andes, *Catena*, v. 140, p. 31–42, 2016.
30. PAL, S.; DEBANSHI, S. Influences of soil erosion susceptibility toward overloading vulnerability of the gully head bundhs in Mayurakshi River basin of eastern Chottanagpur Plateau. *Environment, Development and Sustainability*, v. 20, n. 4, p. 1739–1775, 2018.
31. PEREIRA, R. A.; DANTAS NETO, J. Efeito das atividades agropastoris sobre os atributos físico-químicos de três classes de solos de uma bacia hidrográfica no semiárido brasileiro. *Bol. Goia. Geogr.*, v. 34, n. 1, p. 169–188, 2014.
32. PONS, N. A. D.; PEJON, O. J.; ZUQUETTE, L. V. Use of geoprocessing in the study of land degradation in urban environments: the case of the city of São Carlos, state of São Paulo, Brazil. *Environmental Geology*, [s.l.], v. 53, n. 4, p.727-739, 2007.
33. RIOS, M. L. Vulnerabilidade à erosão nos compartimentos morfopedológicos da Microbacia do Córrego do Coxo/Jacobina-BA. Dissertação (Mestrado). UFMG. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Belo Horizonte/MG. 2011.
34. ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. *Geography Department, University of Sao Paulo*, 1994.
35. SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. S. B. Desertificação no Nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30. 2005. Recife. Anais... Recife: Conferências, 2005.
36. SANTOS, R. F. dos (Org.). Vulnerabilidade ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2007.
37. TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, 1977.

38. UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. *Earth explorer*. 2018. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 9 out. 2018.
39. VALLADARES, G. S. *et al.* Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, [s.l.], v. 47, n. 9, p.1376-1383, 2012.