



CARACTERIZAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA RESERVA BIOLÓGICA NASCENTES DA SERRA DO CACHIMBO, ESTADO DO PARÁ

Mayara Gomes da Silva¹, Ana Beatriz Neves da Silva², Altem Nascimento Pontes³, Gundisalvo Piratoba Morales⁴

^{1*}Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará, Belém, Brasil. Email: mayara_gomes12@hotmail.com

²Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará, Belém, Brasil.

³Doutor em Ciências Físicas. Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará.

⁴Doutor em Geologia e Geoquímica. Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará.

**Recebido em: 06/04/2019 – Aprovado em: 10/06/2019 – Publicado em: 30/06/2019
DOI: 10.18677/EnciBio_2019A34**

RESUMO

A vulnerabilidade ambiental pode ser conceituada como a susceptibilidade de um sistema a perturbações e vem sendo comumente caracterizada com o auxílio do geoprocessamento, para a identificação de áreas mais susceptíveis à degradação. O presente trabalho objetivou caracterizar a vulnerabilidade ambiental da Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo (RBNSC) no Pará, unidade de conservação de proteção integral utilizando ferramentas do geoprocessamento. A metodologia escolhida foi adaptada do método de Crepani *et al.* (2001), usando as variáveis: geologia, geomorfologia, pedologia, declividade e uso do solo. Os resultados mostraram que a área apresenta principalmente vulnerabilidade moderada a alta, em consequência das características físicas naturais e o atual uso do solo. Logo, o estudo permitiu identificar as áreas mais vulneráveis da reserva e destacou a importância no mapeamento de áreas protegidas para a conservação dos recursos naturais e aperfeiçoar a gestão e a fiscalização nessas áreas.

PALAVRAS-CHAVE: Áreas Protegidas, Fragilidade Ambiental, geoprocessamento.

CHARACTERIZATION OF ENVIRONMENTAL VULNERABILITY OF NASCENTES DA SERRA DO CACHIMBO BIOLOGICAL RESERVE, STATE OF PARÁ

ABSTRACT

Environmental vulnerability can be defined as the susceptibility of a system to disturbances and has been commonly characterized with the utilization of geoprocessing, in order to identify areas more susceptible to degradation. This paper aimed to characterize the environmental vulnerability of Nascentes da Serra do Cachimbo Biological Reserve, situated in the state of Pará, using geoprocessing tools. The methodology chosen was adapted from Crepani *et al.* (2001), using the

geology, geomorphology, pedology, slope and land use coverage. The results showed that the area presents mainly moderate to high vulnerability due to the natural characteristics and the current land use. Therefore, this study then identified the most vulnerable areas of the biological reserve and highlighted the importance of mapping protected areas for the conservation of natural resources and improving management and monitoring in these areas.

KEYWORDS: Protected Areas, Geoprocessing, Environmental Fragility

INTRODUÇÃO

O conceito de vulnerabilidade tem sido discutido a partir de diferentes abordagens, como a social, ambiental e a socioambiental. De uma forma geral, vulnerabilidade é considerada como a susceptibilidade de um sistema a perturbações, como a pecuária e agricultura, que alteram os ambientes naturais e levam à degradação ambiental, afirmam Qui et al. (2015), Aquino et al. (2017), Yoshino e Zou (2017) e Bünemann et al. (2018).

Considerando que as modificações no uso do solo caracterizam um dos mais importantes fatores para a transformação dos ecossistemas, as unidades de conservação surgiram na tentativa de frear essas alterações e aumentar a proteção de áreas prioritárias, auxiliando a preservação da biodiversidade, principalmente na região amazônica (BRASIL, 2001; WANG et al., 2015; ARAÚJO et al., 2017).

Nessa perspectiva, mapeamentos de vulnerabilidade vêm sendo desenvolvidos por meio de análise ambiental integrada, utilizando técnicas de geoprocessamento que permitem a espacialização dos riscos, a avaliação das alterações do ambiente e auxiliam na previsão de possível degradação (ROVANI; VIEIRA, 2016; SMITH et al., 2014).

Dessa forma, o presente trabalho objetivou caracterizar a vulnerabilidade ambiental da Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo (RBNSC) no Pará, unidade de conservação de proteção integral utilizando ferramentas do geoprocessamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A RBNSC está localizada no sul do Pará, entre as coordenadas geográficas de latitude 8°39'41"/ 9°22'14" S (Sul) e longitude 54° 59' 44" / 54° 22'36" W (Oeste), abrangendo parte dos municípios de Altamira e Novo Progresso, adjacente à BR-163, conforme a Figura 1. A reserva foi criada através do Decreto de 20 de maio de 2005, com o objetivo de preservar os ecossistemas naturais existentes, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades controladas de educação ambiental (BRASIL, 2005).

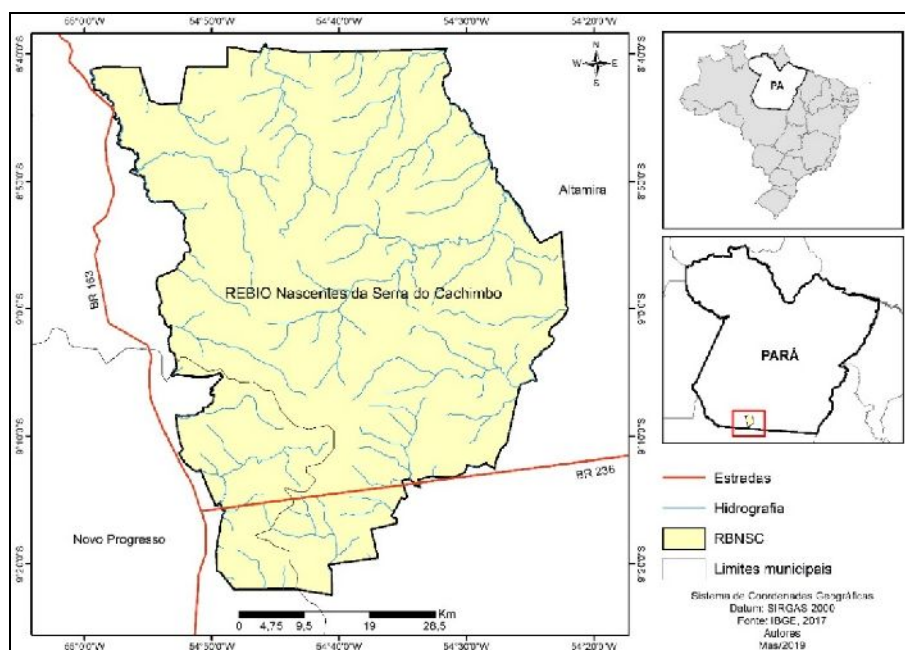


FIGURA 1 - Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Autores, (2019)

A reserva biológica pouco foi mapeada até então, um dos únicos estudos de referência a respeito da reserva é o Plano de Manejo, elaborado em 2009 por algumas instituições. Os dados mostram uma transição no aspecto climático, entre o clima equatorial úmido e o clima tropical, tipo “Af” e “Aw” na classificação de Köppen respectivamente. A RBNSC apresenta mosaico de formações florestais e áreas antropogênicas. Quanto à geologia e pedologia, a área não apresenta grande variação, as rochas são basicamente ígneas e sedimentares e solos do tipo Neossolo e Argissolo (BRASIL, 2009).

Além disso, possui valores altimétricos bastante significativos para a região amazônica, apresentando uma altitude média de 489 m, numa região onde as altitudes comumente não ultrapassam os 200 m. A área compreende parte de 11 grandes bacias hidrográficas, composta por diversas nascentes formadoras de rios das bacias do Xingu e Tapajós, que deságuam no rio Amazonas, mostrando a grande importância na conservação do local (BRASIL, 2009).

Análise de dados

A metodologia escolhida para a determinação da vulnerabilidade ambiental foi adaptada de Crepani et al. (2001), a qual atribui pesos para as variáveis geologia, geomorfologia, pedologia, declividade e uso do solo da área. Todas as variáveis foram caracterizadas a partir de técnicas de geoprocessamento, utilizando o *software* ArcMap 10.5, para a manipulação dos dados geográficos e elaboração dos mapas temáticos. Foi adotado o sistema de coordenadas projetadas, *datum* SIRGAS 2000 e fuso 21S, na escala de 1: 380.000.

Os mapas de caracterização da geologia, geomorfologia e pedologia foram elaborados com os dados vetoriais adquiridos nas bases de dados da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), respectivamente. A declividade foi gerada a partir do mosaico de duas imagens do radar *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) obtidas gratuitamente no *United States Geological Survey* (USGS).

Para a elaboração do mapa temático de uso do solo foram utilizados dados de 2017, último ano mapeado, do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomas) versão 3.0, desenvolvido e operado a partir da plataforma *Google Earth Engine* (GEE).

A área da RBNSC foi classificada em 8 diferentes classes, onde 3 delas (Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem, e Cultura Anual e Perene) foram agrupadas na classe Agropecuária, gerando assim 6 classes de uso do solo (Formação florestal, Formação natural não florestal, Agropecuária, Área não vegetada, Rio, Lago e Oceano e Não observado).

Após o desenvolvimento dos mapas foram atribuídos pesos as classes de cada variável, apresentados no Quadro 1, de acordo com a metodologia adotada. Os *shapefiles* das variáveis foram agrupados por meio da ferramenta *Union* gerando um novo arquivo vetorial, e posteriormente calculada a média ponderada dos pesos das variáveis, conforme Equação 1, considerando o fator de contribuição para a vulnerabilidade ambiental da RBNSC.

(1)

Onde;

VA = Vulnerabilidade

G¹ = Geologia;

D = Declividade;

G² = Geomorfologia;

P = Pedologia;

U = Uso do solo.

$$VA = \frac{[(G^1 * 10) + (D * 15) + (G^2 * 15) + (P * 20) + (U * 40)]}{100}$$

Os graus de vulnerabilidade ambiental foram determinados de acordo com os valores obtidos no resultado da equação que relaciona as cinco variáveis utilizadas, dessa forma, cada feição da área apresentará um nível de vulnerabilidade entre os valores de 1 a 5, sendo classificadas como: Muito baixa, Baixa, Moderada, Alta e Muito alta, conforme Tabela 1. Por fim, a tabulação e quantificação dos dados foi realizada no *software Microsoft Excel 2016*.

QUADRO 1 - Variáveis e seus respectivos pesos

Variáveis	Classes	Peso	Grau de vulnerabilidade
Geologia	Salustiano	2	Baixa
	Colíder	3	Moderada
	Iriri	3	Moderada
	Castelo dos Sonhos	4	Alta
	Capoeiras	5	Muito alta
Geomorfologia	Depressão do Jamanxim - Xingu	1	Muito baixa
	Planaltos Residuais do Sul do Pará	2	Baixa
	Chapadas do Cachimbo	4	Alta
Pedologia	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	3	Moderada
	Neossolos Litólicos Distróficos	5	Muito alta

	Neossolos Quartzarenicos Orticos	5	Muito alta
	Afloramento de Rochas	5	Muito alta
Declividade	até 6%	1	Muito baixa
	6 a 12%	2	Baixa
	12 a 20%	3	Moderada
	20 a 30%	4	Alta
	>30%	5	Muito alta
Uso do solo	Formação Florestal	1	Muito baixa
	Rio, Lago e Oceano	1	Muito baixa
	Não Observado	1	Muito baixa
	Outra área não vegetada	3	Moderada
	Outra formação natural não florestal	3	Moderada
	Mosaico de agricultura e pastagem	5	Muito alta

TABELA 1 - Classes de vulnerabilidade

Vulnerabilidade	Valor
Muito baixa	1
Baixa	2
Moderada	3
Alta	4
Muito alta	5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A RNBSC é composta por cinco tipos de formações geológicas, conforme Figura 2, que apresentam vulnerabilidade baixa, moderada, alta e muito alta, sendo a Formação Capoeiras a classe que ocupou a maior extensão da Reserva e obteve grau de vulnerabilidade muito alta, devido as características das rochas que a compõem como argilitos, siltitos e arenitos, sendo estes mais suscetíveis aos agentes de intemperismo (CREPANI et al., 2001).

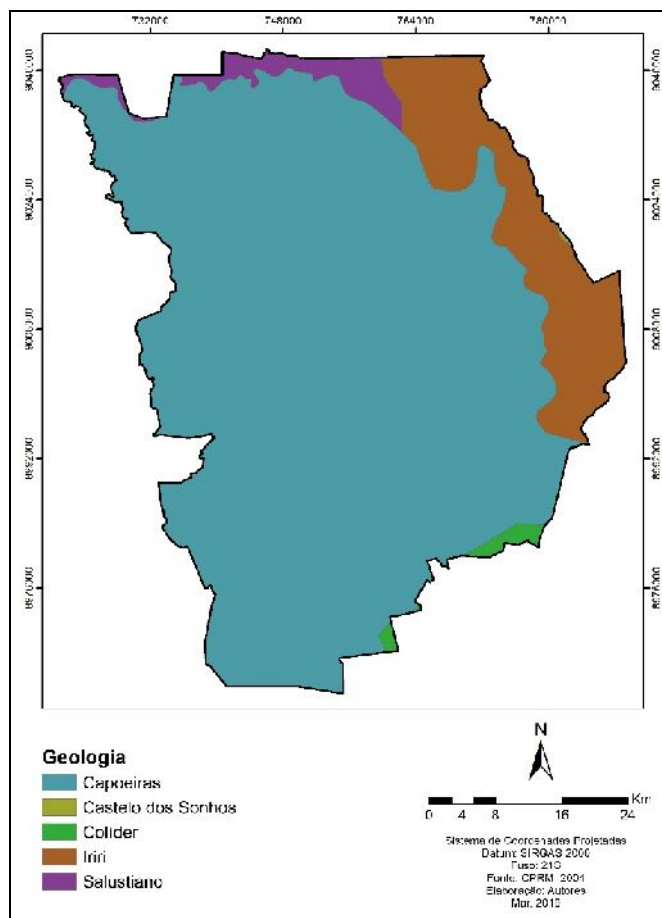


FIGURA 2 - Mapa da geologia da RBNSC. Fonte: Autores, (2019)

As regiões geomorfológicas encontradas na RBNSC (Figura 3) foram as Chapada do Cachimbo, a Depressão do Jamanxim – Xingu e os Planaltos Residuais do Sul do Pará, entre estas, a paisagem que predomina no local é a Chapada do Cachimbo, a qual foi classificada com alta vulnerabilidade, pelo relevo apresentar-se muito dissecado, tendo ao norte uma abrupta escarpa erosiva com desnivelamento em torno de 200 e 400m, e a face sul é bordejada por um escalonado rebordo erosivo com amplitude topográfica entre 100 e 200m (CPRM, 2013). As depressões e os planaltos foram classificados como muito baixa e baixa vulnerabilidade, respectivamente.

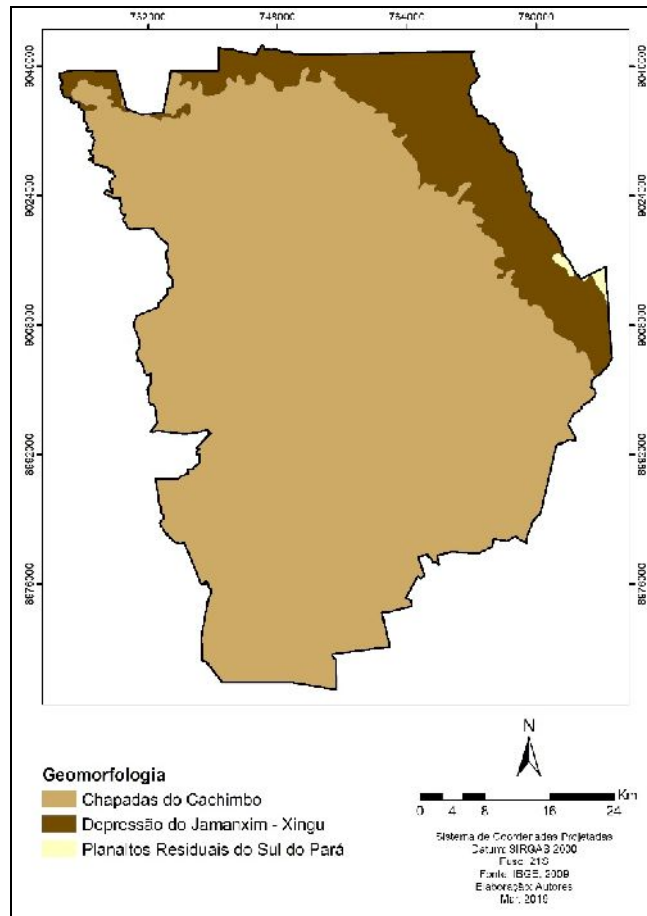


FIGURA 3 - Mapa da geomorfologia da RBNSC. Fonte: Autores, (2019)

Quanto à pedologia, nota-se a predominância de solos com pouca maturidade, ou seja, com pouco desenvolvimento e profundidade, o que segundo Crepani et al. (2001) os tornam mais vulneráveis. Destacam-se os Neossolos que estão presente na maior parte da área e são de vulnerabilidade muito alta, sendo encontrado duas subclasses deste solo, os Neossolos Quartzarênicos os quais são essencialmente formados por frações de areias e são menos resistentes ao intemperismo, e os Neossolos Litólicos que apresentam contato lítico, com a rocha dura ou fracamente alteradas e pouca profundidade (EMBRAPA, 2013).

O Afloramento de Rochas é outra classe presente na RBNSC, são as rochas de origens expostas no ambiente, estão localizadas nas escarpas erosivas da face norte da Chapada do Cachimbo, apresenta vulnerabilidade muito alta (CPRM, 2013). O Argilossolo Vermelho-Amarelo distrófico, dentre a pedologia do local, é o solo mais desenvolvido, com a presença de horizonte B textural, com saturação por bases menor que 50% e cor vermelho-amarelada, são moderadamente vulneráveis (EMBRAPA, 2013).

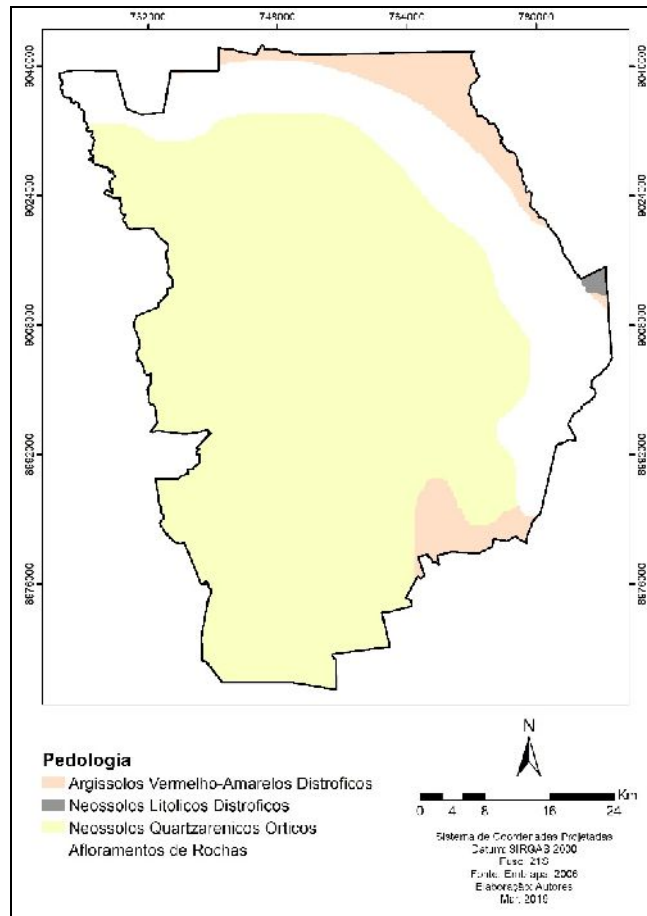


FIGURA 4 - Mapa da pedologia da RBNSC. Fonte: Autores, (2019)

A declividade encontrada na RBNSC, Figura 5, está em sua maior parte entre os intervalos 0 a 6% e 6 a 12%, os quais são considerados de vulnerabilidade muito baixa e baixa, respectivamente, são relevos de superfícies planas a levemente ondulados. Em menor proporção observa-se a declividade entre 12 a 20%, característica de relevos ondulados nas escarpas erosivas, apresentam vulnerabilidade moderada. Nota-se declividades superiores ao intervalo de 20 a 30%, essas áreas são consideradas de alta e muito alta vulnerabilidade, com relevo fortemente ondulado e alta susceptibilidade à erosão (FANTINEL; BENEDETTI, 2016).

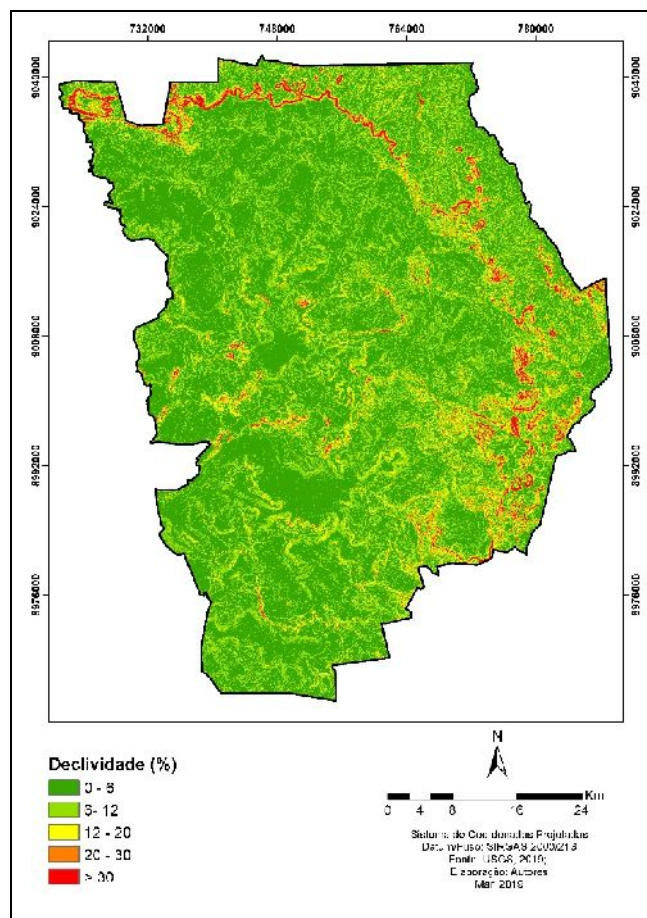


FIGURA 5 - Mapa da declividade do terreno da RBNSC. Fonte: Autores, (2019)

Constatou-se com a análise do uso e ocupação da reserva biológica no ano de 2017, que mais de 63,24% da área apresenta formação florestal e 31,45% formação natural não florestal. De acordo com BRASIL (2009), a RBNSC possui um mosaico de formações, principalmente Floresta Ombrófila Sub-Montana e Campinaranas, caracterizadas sobretudo por áreas de floresta densa e árvores espaçadas e áreas abertas sem cobertura vegetal respectivamente (BRASIL, 2009). Desse modo, entende-se a partir do mapeamento (Figura 6) e das análises realizadas em campo descritas no plano de manejo, que as áreas classificadas como Formação natural não florestal são áreas de Campinarana Aberta e com elevadas altitudes.

Observou-se também o desenvolvimento de atividades de plantio e pecuária no interior da unidade de conservação, conforme a Figura 6, mais de 5,18%, totalizando quase 18 mil hectares de áreas naturais protegidas estão ocupados com atividades antrópicas (Tabela 2). Estudos de Maganhotto et al. (2014) afirmam que a apropriação humana de ambientes naturais potencializa as alterações na paisagem, quando comparada aos processos naturais do meio.

Segundo Nandy et al. (2015), quanto maior o número de mudanças no uso do solo, mais vulnerável está o ambiente natural. Ou seja, as alterações no uso e ocupação da área e a vulnerabilidade ambiental possui uma relação direta, e vem sendo um dos principais indicadores na determinação do grau de vulnerabilidade de ambientes em estudos de Schiavo et al. (2015); Souza e Vale (2016); Trevisan et al. (2018).

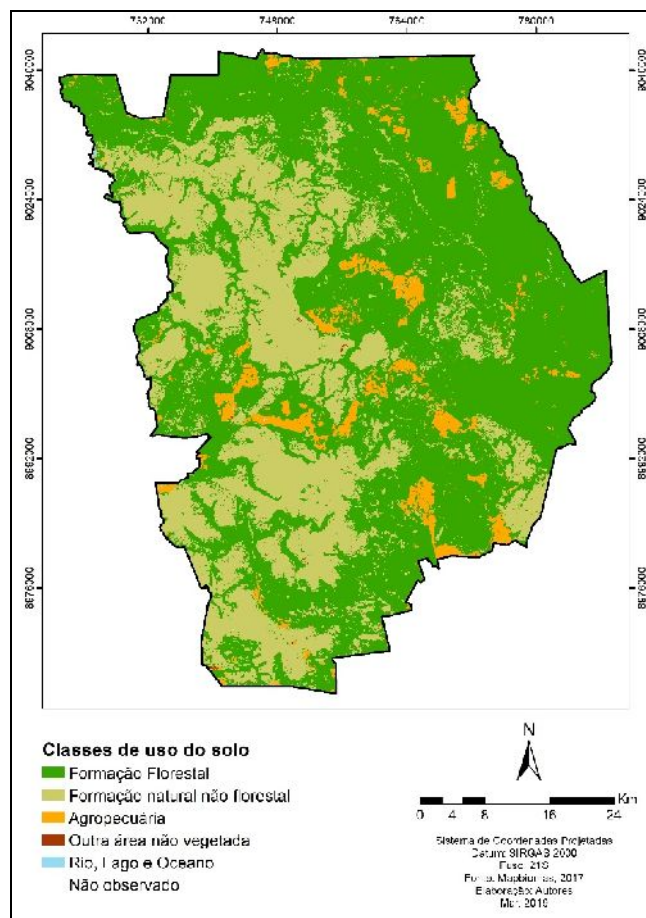


FIGURA 6 - Mapa do uso e ocupação da RBNSC. Fonte: Autores, (2019)

TABELA 2 - Área das classes de uso da RBNSC

Uso do solo	Área (ha)	Área (%)
Formação Florestal	217.238,40	63,24
Formação natural não florestal	108.042,90	31,45
Agropecuária	17.800,15	5,18
Outra área não vegetada	226,83	0,07
Rio, Lago e Oceano	213,79	0,06
Não Observado	9,52	0,00

A análise da vulnerabilidade ambiental (Figura 7 e Tabela 3) identificou principalmente valores de moderada e alta vulnerabilidade na área, 54,41% e 36,72% respectivamente. A classe que obteve a menor porcentagem foi a muito baixa, apenas 0,05% em relação à área total. A distribuição da vulnerabilidade está relacionada aos fatores analisados, e pôde-se observar que determinadas características naturais e usos da terra contribuem para tornar o ambiente mais susceptível aos processos erosivos. Segundo Botero-Acosta et al. (2017), uso da terra e a pedologia são as variáveis mais significativas na previsão da vulnerabilidade.

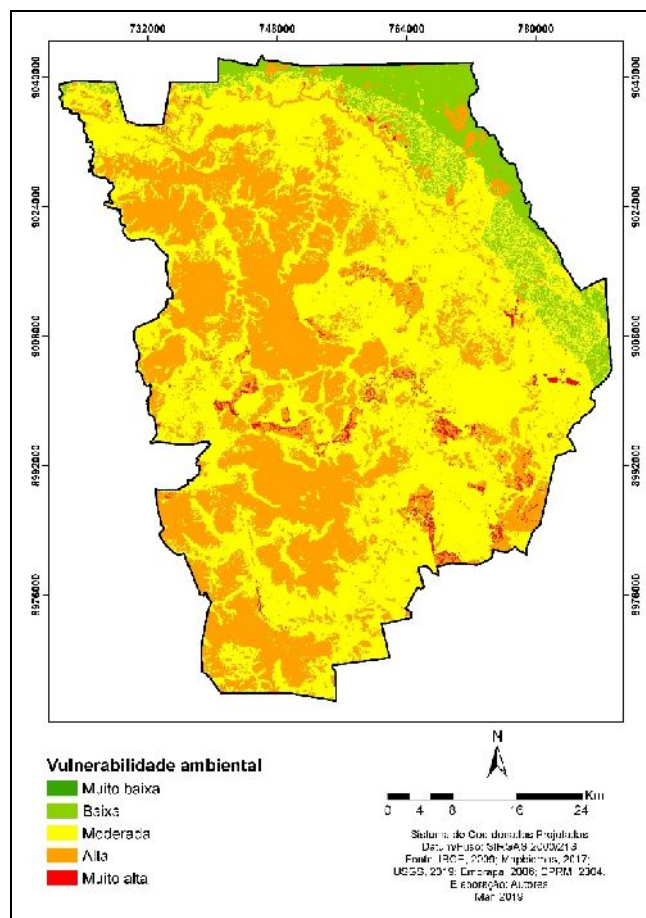


FIGURA 7 - Mapa de vulnerabilidade ambiental da RBNSC. Fonte: Autores, (2019)

TABELA 3 - Área das classes vulnerabilidade ambiental da RBNSC

Vulnerabilidade	Área (ha)	Área (%)
Muito baixa	155,84	0,05
Baixa	26.647,13	7,75
Moderada	187.018,29	54,41
Alta	126.217,55	36,72
Muito alta	3.665,88	1,07

As feições identificadas como muito alta vulnerabilidade, 1,07% do total, são as influenciadas pela presença de pastagem ou cultivos, onde a vegetação nativa foi retirada para o desenvolvimento dessas atividades. Os estudos mostrados em Brasil (2009) alertam sobre a ocupação da reserva, onde afirmam que a floresta está sendo substituída por pastagem, gerando impactos ambientais.

As áreas identificadas como alta vulnerabilidade, encontram-se em áreas abertas, classificadas como Formação natural não florestal, com baixa densidade de floresta. Além disso, nessas áreas ocorrem os solos poucos desenvolvidos, constituídos essencialmente de areia, menos resistentes, e do ponto de vista geológico estão em locais compostos por rochas mais susceptíveis ao intemperismo, como descrito anteriormente.

A classe de moderada vulnerabilidade, predominante na reserva, apresentou características semelhantes de geologia, pedologia, declividade e geomorfologia, no entanto, o uso do solo mostrou diferenças. As áreas classificadas

como moderada referem-se aos locais com presença de formação florestal. Crepani *et al.* (2001) afirmam que a cobertura vegetal auxilia na proteção da paisagem, pois reduz impacto da precipitação sobre o solo e diminui o escoamento superficial. As classes baixa e muito baixa vulnerabilidade apresentaram baixa porcentagem, apenas na região superior a leste, onde apresenta tipo de solo mais desenvolvido e estáveis, em relação aos demais, e possivelmente foi a variável que determinou essa alteração.

CONCLUSÃO

Os resultados da análise da vulnerabilidade ambiental da Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo, situada no estado do Pará, mostraram que a área apresenta vulnerabilidade moderada a alta em maiores proporções, considerando as características naturais, como solos menos desenvolvidos e unidades geomorfológicas e geologia mais susceptíveis ao intemperismo, associadas ao tipo de uso da terra mapeado.

Dessa forma, a associação das técnicas de geoprocessamento com a metodologia para obtenção das cinco classes de vulnerabilidade apresentou-se de forma satisfatória na identificação das áreas mais frágeis no interior da unidade de conservação, fornecendo subsídio para a replicação da metodologia em áreas que também possui características naturais relevantes na manutenção do ecossistema.

Ademais, destaca-se a importância no mapeamento de áreas protegidas na região Amazônica, visto que revelam resultados significativos a fim de sensibilizar a população para a conservação dos recursos naturais, e o poder público na implementação de políticas para aperfeiçoamento da gestão e fiscalização nessas áreas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa de mestrado concedida ao autor M.G.S.

REFERÊNCIAS

AQUINO, A. R.; PALETTA, F. C.; ALMEIDA, J. R. **Vulnerabilidade Ambiental**. São Paulo: Blucher, 2017. 112 p.

ARAÚJO, E.; BARRETO, P.; BAIMA, S.; GOMES, M. **Unidades de conservação mais desmatadas da Amazônia Legal (2012-2015)**. Belém. Imazon. 2017. 92 p.

BOTERO-ACOSTA, A.; CHU, M. L.; GUZMAN, J. A.; STARKS, P. J.; MORIASI, D. N. Riparian erosion vulnerability model based on environmental features. **Journal of Environmental Management**, v. 203, p. 592–602, 2017. DOI:10.1016/j.jenvman.2017.02.045.

BRASIL. **Decreto s/n, de 20 de maio de 2005**. Dispõe sobre a criação da Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo. Diário Oficial, Brasília, DF, 20 maio. 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Manejo da Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo**. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades->

coservacao/rebio_nascentes_da_serra_do_cachimbo.pdf>. Acesso em 25 de março de 2019.

BÜNEMANN, E.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R. E.; DEYN, G.; GOEDE, R.; et al., ; Soil quality – A critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 120, p. 105–125, 2018. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071718300294?via%3Dihub>> . DOI: 10.1016/j.soilbio.2018.01.030.

CPRM. Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. **Geodiversidade do Estado do Pará: Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade**. Belém: CPRM, p. 47-48.2013.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; FILHO, P.H.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José do Campos: INPE, 2001.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

FANTINEL, R. A., BENEDETTI, A. C. P. Avaliação dos fatores influentes na vulnerabilidade à erosão do solo por meio de decisão multicritério e de técnicas de geoprocessamento no município de Piratini-RS. **Ciência e Natura**, v. 38, n.1, p. 156-163, 2016.. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/pdf/4675/467546196051.pdf>>. Acesso em 01 de abril de 2019. DOI: 10.5902/2179-460X19783.

MAGANHOTTO, R. F.; SANTOS, L. J. C.; NUCCI, J. C.; LOHMANN, M.; SOUZA, L. C. P. Unidades de Conservação: limitações e contribuições para a conservação da natureza. **Sustentabilidade em Debate**, v. 5, n. 3, p. 203-221, 2014. Disponível em <<http://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/10906/8894>>. Acesso em 10 de janeiro de 2019.

MapBiomias. **Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil**. Coleção 3.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: < <http://mapbiomas.org/map#coverage>>. Acesso em: 10 de março de 2019.

NANDY, S.; SINGH, C.; KK, D.; NINGMA, N.; KUSHWAHA, S.P.S. Environmental vulnerability assessment of eco-development zone of Great Himalayan National Park, Himachal Pradesh, India. **Ecological indicators**, v.57, p.182-195, 2015. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.03.039.

QIU, B.; LI, H.; ZHOU, M.; ZHANG, L. Vulnerability of ecosystem services provisioning to urbanization: A case of China. **Ecological Indicators**, v.57, p. 505-513, 2015. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X15002034?via%3Dihub>> . DOI: 10.1016/j.ecolind.2015.04.025.

ROVANI, F.F.M.; VIEIRA, M. Vulnerabilidade natural do solo de Silveira Martins – RS. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 151-160, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872016000200151&lng=pt&tlng=pt>. DOI: 10.1590/2179-8087.125614.

SANTOS, R. F. **Vulnerabilidade Ambiental desastres naturais ou fenômenos induzidos**. MMA, Brasília, 2007. 192p.

SCHIAVO, B. N. V.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R.; SANQUETTA, M. N. I.; ANATER, M. J. N. Análise da vulnerabilidade ambiental da sub-bacia hidrográfica do Rio Padilha – PR, com uso de geotecnologias. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.11, n. 22, p. 3689-3698, 2015. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015c/agrarias/analise%20da%20vulnerabilidade.pdf>>. Acesso em 20 de março de 2019.

SMITH, A.M.S.; KOLDEN, C.A.; TINKHAM, W.T.; TALHELM, A.F.; MARSHALL, J.D.; et al.,; Remote sensing the vulnerability of vegetation in natural terrestrial ecosystems. **Remote Sensing of Environment**, v. 154, p. 322-337, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.03.038>>. DOI: 10.1016/j.rse.2014.03.038.

SOUZA, S. O.; VALE, C. C. Vulnerabilidade ambiental da planície costeira de caravelas (BA) como subsídio ao ordenamento ambiental. **Sociedade & Natureza**, v. 28, n. 1, 2016. DOI: 10.1590/1982-451320160110.

TREVISAN, D. P.; MOSCHINI, L. E.; DIAS, L. C. C.; GONÇALVES, J. C. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de São Carlos – SP. **O Espaço Geográfico em Análise**, v. 44, 2018. DOI: 10.5380/raega.v44i0.50439.

WANG, Z.; WANG, Z.; ZHANG, B.; LU, C.; REN, C. Impact of land use/land cover changes on ecosystem services in the Nenjiang River Basin, Northeast China. **Ecological Processes**, v. 4, n. 1, p. 11, 2015. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1186/s13717-015-0036-y>>. DOI: 10.1186/s13717-015-0036-y.

ZOU, T.; YOSHINO, K. Environmental vulnerability evaluation using a spatial principal components approach in the Daxing'anling region, China. **Ecological Indicators**, v. 78, p. 405-415, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X17301577>>. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.03.039.