Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Diagnóstico da Fragilidade Física de Parque Natural Utilizando Ferramentas de Geoprocessamento

Marcella Araújo Macedo¹, Antonio Junior Alves Ribeiro², Maria Lucineide Gomes da Silva³

¹ Engenheira Ambiental. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Juazeiro do Norte, Av. Plácido Aderaldo Castelo, 1646 - Planalto, CEP 63040-540, Juazeiro do Norte, Ceará, (88) 2101-5354. E-mail: marcella.enga@gmail.com. ² Dr. em Engenharia de Transportes, Professor do Curso de Engenharia Ambiental. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Juazeiro do Norte, Av. Plácido Aderaldo Castelo, 1646 - Planalto, CEP 63040-540, Juazeiro do Norte, Ceará, (88) 2101-5354, E-mail: junior.ribeiro@ifce.edu.br (autor correspondente). ³ Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente Pesquisadora, Universidade Federal da Paraíba, Campus I - Jardim Cidade Universitária, CEP 58051-090, João Pessoa - PB, (83) 3216-7472, E-mail: lucineidegmd@gmail.com.

Artigo recebido em 26/03/2020 e aceito em 23/04/2021.

RESUMO

Este estudo tem como objetivo realizar a análise da fragilidade física do Parque Natural Municipal Luís Roberto Correia Sampaio, correlacionando os diferentes fatores físicos do meio, realizando assim uma pequena análise da fragilidade do ambiente dando suporte ao planejamento ambiental desta unidade de conservação. Verificando, através desta correlação as consequências para o meio ambiente, determinando a fragilidade potencial e a fragilidade emergente do Parque Natural Municipal Luís Roberto Correia Sampaio, Unidade de Conservação Municipal de Proteção Integral, localizada dentro do município de Barbalha - CE. A escolha desta Unidade de Conservação deu-se pela sua importância ambiental, que por suas características naturais torna-o singular. Para tanto, para realização deste trabalho, adotou-se uma metodologia, que se baseia no cruzamento de mapas temáticos de solo, declividade e cobertura vegetal, utilizando ferramentas de geoprocessamento. As ferramentas utilizadas permitiram o cruzamento das bases cartográficas para fazer a classificação da área por níveis de fragilidade ambiental, segregando a área em cinco níveis de fragilidade, variando-as de muito fraca a muito forte. Este tipo de estudo tem aplicação prática, visto que, possibilita uma visão ampla da área de estudo e serve de ferramenta para um planejamento voltado ao desenvolvimento sustentável, como também na aplicação de práticas conservacionistas.

Palavras-chave: geotecnologias, unidade de conservação, planejamento ambiental.

Diagnosis of Natural Park Physical Fragility Using Geoprocessing Tools

ABSTRACT

This study aims to conduct the analysis of the physical fragility of the Municipal Natural Park Luís Roberto Correia Sampaio, correlating the different physical factors of the environment, analysing of the physical fragility of the environment supporting the environmental planning of this Conservation Unit. Checking through this correlation the consequences for the environment, determining the potential and emerging fragility of Park Municipal Natural Luís Roberto Correia Sampaio, Municipal Conservation Unit of Integral Protection, located in the municipality of Barbalha, CE. The choice of this Conservation Unit gave for its environmental importance, which in its natural features makes it unique. Therefore we adopted a methodology, which is based on cross-thematic maps of soil, slope and vegetation cover using geoprocessing tools. The tools used allowed the crossing of cartographic bases to the area classification by environmental fragility levels segregating the area in five levels of fragility, ranging from very weak to very strong. This type of study has practical application, since it provides a broad overview of the study area and serves as a tool for planning geared to sustainable development, and application of conservation practices.

Keywords: geoprocessing, conservation unit, environmental planning.

Introdução

A forma de crescimento dos centros urbanos atuais tem-se aliando a grandes catástrofes ambientais fazendo com que o homem volte seu olhar para o meio natural buscando uma

reaproximação com a natureza, tendo o ecoturismo como uma ferramenta de estreitamento dessa relação homem-natureza

(Pivoto, Alves e Rocha, 2018; Freire e Almeida, 2018).

Rangel e Sinay (2019) destacam que o ecoturismo é visto como uma ferramenta útil na promoção da sustentabilidade e conservação de unidades de conservação, tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento, esse vem sendo considerado um importante componente na política governamental, possuindo grande potencial para auxiliar na conservação do patrimônio natural e cultural, além de proporcionar um possível crescimento econômico e promover a visibilidade de populações locais. De maneira geral, o ecoturismo é uma modalidade de turismo que possibilita a integração dos objetivos de conservação com o uso compatível do ambiente natural (Fonseca, Melo e Carvalho, 2018).

As unidades de conservação dão suporte a este ramo do turismo, visto que a preservação e proteção dessas áreas estão garantidas pela Lei Federal nº 9.985 de 2000. Esta Lei afiança áreas de relevante interesse ecológico, salvaguardando a continuidade do ambiente para a posteridade e garantindo a preservação e conservação do local, mantendo nas suas dependências atividades, sejam elas, ecoturísticas, de pesquisa ou exploratória, mas aliando ao cunho sustentável, através do planejamento e do manejo correto.

A gestão, o planejamento das áreas protegidas no país são considerados um tema de grande relevância na atualidade, questões relacionadas ao uso público desses espaços como a importância econômica, o papel no desenvolvimento local, os impactos ambientais, têm sido objetivos de discussão entre muitos pesquisadores (Peres et al., 2020).

Diante do grande número de unidades em todas as esferas governamentais, torna-se cada vez mais urgente o planejamento físico territorial e ambiental, levando em consideração não apenas as potencialidades, mas principalmente a fragilidade das áreas com e sem intervenções antrópicas (Bacani et al, 2015).

A metodologia que busca analisar a fragilidade ambiental, foi proposta inicialmente para o planejamento agrônomo – ambiental, contudo, essa vem sendo largamente aplicada em estudos de ordenamento físico – territorial e de planejamento territorial ambiental urbano (Linhares et al., 2020).

A análise da fragilidade serve como subsídio ao planejamento estratégico ambiental (Sporn e Ross, 2004; Macedo et al., 2018; Carvalho, 2020), uma vez que o estudo norteia quanto as características intrínsecas do meio e as

possíveis consequências que a interferência humana pode causar ao ambiente (Almeida, Bayer e Júnior, 2016). Portanto, a análise de fragilidade ambiental auxilia o diagnóstico ambiental face aos dados obtidos pelo mesmo, dando uma caracterização das fragilidades e consequentes potencialidades da área. Com tudo os diagnósticos ambientais deverão caracterizar as potencialidades e as fragilidades da região em estudo perante as atividades transformadoras que nela ocorreram, assim como de novas atividades que eventualmente venham a ser instaladas.

Ratcliffe (1971), abordava a fragilidade ambiental como uma medida de sensibilidade intrínseca dos ecossistemas às pressões ambientais, associadas as ameaças capazes de perturbar o equilíbrio de um sistema. Os sistemas ambientais respondem de maneiras variadas às intervenções humanas, mapear a fragilidade ambiental permite a definição das áreas mais frágeis, que consequentemente merecem maior atenção (Valle, Francelino e Pinheiro, 2016).

Ao se analisar os níveis de vulnerabilidade de um espaço são necessários conjugar dentro de uma análise, valores e importâncias de cada variável com relação à vulnerabilidade ambiental. Primeiro, é necessário um grande número de informações, processamento e extração de um determinado resultado (Meira, Sabonaro e Silva 2016).

De modo geral o estudo de fragilidade analisa as propriedades físicas correlacionando-as. Classificado as áreas de acordo com seu grau de fragilidade. Podendo ser utilizado como parte da metodologia para o diagnóstico ambiental, utilizando-o como suporte técnico para gestão de unidade de conservação e como ferramenta para a criação de planos de manejo, visto que para se determinar a fragilidade de um ambiente é necessário realizar estudos que integrem e analise os elementos que formam aquele espaço geográfico (Celestino et al., 2019).

Este trabalho realizou um estudo de fragilidade ambiental na Unidade de Conservação de Proteção Integral Luís Roberto Correia Sampaio, localizada no município de Barbalha, na zona de Pediplano da Chapada Nacional do Araripe. O parque, por suas características ecológicas, geológicas, históricas e climáticas possui uma relevante importância ambiental. Seus atributos ambientais, a diversidade, singularidade e o fácil acesso garantem ao local visitas regulares de pessoas interessadas em desfrutar de seus recursos naturais. O ecoturismo é uma alternativa fundamental para a proteção do ambiente, no entanto não existe o controle de visitas à área, não sendo respeitado suas limitações físicas.

O estudo objetiva fazer a análise da fragilidade do ambiente dando suporte ao planejamento ambiental da unidade de conservação.

Material e métodos

Caracterização da Área de Estudo

O Parque Natural Municipal Luiz Roberto Correia Sampaio, situado a 7 Km do centro da sede do município de Barbalha, mais conhecido como Parque Ecológico Riacho do Meio, é uma Unidade de Conservação Municipal perante Lei Municipal nº 2.130 de 06 de agosto de 2014, sua altitude está entre 700 e 800 m, tendo uma variação de altitude de 82 m entre o ponto mais alto e o mais baixo, possui uma área de 15, 81 hectares. Trata-se de uma área de vegetação densa e úmida, que contém em seus domínios três nascentes de águas: Olho D'água Branca, do Meio e Coruja, que abastecem as comunidades que vivem em seu entorno, a presença das fontes em sua área faz com que sua topografia apresente uma área recortada de pequenos interflúvios (Geopark, 2012).

Além de ser uma Unidade de Conservação municipal pela Lei Municipal supracitada, sua área encontra-se dentro da Unidade de Conservação de Proteção Integral Estadual estabelecida pelo decreto nº 28.506/06 que também é abrangida pela Unidade de Conservação de Uso Sustentável APA da Chapada do Araripe.

O parque ainda é o habitat da espécie endêmica Soldadinho do Araripe (*Antilophiabokermanni*), ave ameaçada de extinção que reside unicamente nas matas úmidas da encosta da Chapada do Araripe. A presença do

Soldadinho do Araripe está diretamente ligada a conservação dos córregos perenes, uma vez que, seus ninhos são situados sobre esses cursos de água, por esse motivo esta espécie é considerada como indicadora de degradação do ambiente, pois existe uma relação entre a degradação do ambiente e a diminuição da população de aves.

Procedimentos metodológicos - Possuindo o conhecimento de que os problemas ambientais não podem ser entendidos de forma isolada, pois esses revelam-se a partir de diversos fatores interligados fez-se usou-se da metodologia adotada por de Ross (1994), para excursão deste trabalho.

Por sua vez Ross (1990) baseando-se nos estudos de Tricart (1977), precursor dos estudos de fragilidade dos ambientes, cria uma metodologia capaz de identificar os graus de fragilidade dos ambientes levando em consideração fatores como, clima, solo, geologia, relevo e vegetação.

Portanto, a identificação de locais com menor e maior grau de fragilidade, auxilia na identificação dos impactos ambientais, uma vez que, mesmo os ambientes em equilíbrio dinâmico possuem uma fragilidade potencial, pois estão expostos a sempre possível interferência humana, assim como na prevenção dos mesmos, dado que este estudo prevê os possíveis impactos baseados no grau de fragilidade do ambiente. Diante desta conjuntura a aplicação da metodologia de Ross (1994) adequa-se ao objetivo geral deste trabalho.

Na Tabela 1 observa-se as etapas da metodologia a ser aplicada com seus respectivos produtos.

Tabela 1. Etapas Metodológicas. Fonte: Autores, 2020.

Pontos analisados	Produtos Gerados	Resultados obtidos
Solo	1 - Carta de fragilidade do solo	Fragilidade Potencial
Declividade	2 - Carta de declividade, com suas respectivas fragilidades	
Vegetação	3 - Carta de fragilidade da vegetação	Fragilidade Emergente

Atividades de Campo

Nesta etapa foram feitas visitas a campo buscando verificar as condições atuais do parque como, condições das trilhas, exploração de recursos e possíveis erosões.

Na etapa de angariação de dados em campo foi feito levantamento de pontos através de um sistema de posicionamento global (GPS) em todo perímetro do parque para produção de shape, uma vez que os órgãos responsáveis e colaboradores não possui sua delimitação

georreferenciada, portanto, para posterior elaboração de mapas teve-se que levantar os pontos em campo e elaborar o contorno do parque, para isto foi utilizado GPS portátil da marca Garmim GPSMAP, com precisão de três metros, do laboratório de mecânica dos solos do Instituto Federal do Ceará. Conjuntamente foram feitas visitas para registro fotográfico dos atributos físicos.

Atividades Laboratoriais

Esta fase corresponde a descrição das atividades e procedimentos realizados para a obtenção da base de dados digitais, utilizada para a realização do trabalho.

A base cartográfica do trabalho constituiu-se a partir do banco de dados geográficos e cartográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com escala de 1:500.000, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), com escala de 1:500000, Ministério do Meio Ambiente (MMA), com escala de 1:500000, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), com escala de 1:200000, e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, com escala de 1:500000. Foi adquirido no banco de dados dos órgãos supracitados, dados vetoriais e rasters topográficos SRTM com resolução de 30 metros.

Para o processamento das informações adquiridas em campo utilizou-se os softwares Google Earth Pro e Qgis Lyon 2.12.1, que proporcionaram a compilação dos mapas temáticos referentes a localização, relevo, rede hidrográfica, clima, pluviosidade, cobertura vegetal, declividade, e solos, e no cruzamento dos três últimos para a obtenção da Fragilidade Potencial e Emergente. As informações a seguir descrevem, respectivamente, os procedimentos realizados para construção dos mapas.

O mapa de declividade foi gerado no Qgis Lyon 2.12.1, com base no modelo digital de elevação vinculado ao bando de dados do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Após a elaboração do mapa de declividade, processou-se a determinação das classes de declive, categorizando-o numericamente de 1 a 5, dos quais os valores próximos a 1 possuem uma baixa fragilidade e os valores próximos de 5 possui uma alta fragilidade. Os limites das classes utilizadas seguiram os critérios adotados por Ross (1993). Assim, a declividade foi gerada nas seguintes classes: 0 a 6 %, 6 a 12 %, 12 a 20 %, 20 a 30 % e maiores que 30 %.

Para geração do mapa de solos do parque foi utilizado o mapa de reconhecimento de média intensidade do solo, produzido pela FUNCEME

(Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos) em parceria com a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) os dados deste mapa foram compilados e delimitados para área do parque.

A hierarquização dos parâmetros com níveis de fragilidade variando de 1 a 5 resultou na classificação da fragilidade através da composição entre os três planos de informação composta pelas categorias e Algarismos acima mencionados. O primeiro relacionado ao solo, o segundo a declividade e o terceiro à cobertura vegetal/uso da terra.

A partir do arranjo dos Algarismos (ex.: 111, 222, 333, 444, 555) obteve-se a média aritmética dos mesmos, e a partir daí foi possível classificar os graus de fragilidade. Nesta hierarquização o arranjo de números 111 representa todos os parâmetros favoráveis, média aritmética igual a 1, ou seja, de fragilidade muito baixa, enquanto o arranjo 555 representa todos parâmetros desfavoráveis, média aritmética igual a 5, ou seja, grau de fragilidade muito alta, com esta análise empírica proposta por Ross (1993) é possível compreender o ambiente destacando suas áreas críticas de fragilidade ambiental emergente, isto é, com interferência antrópica.

Para a definição da fragilidade potencial, portanto sem interferência humana, utiliza-se o mesmo arranjo, entretanto adotando apenas os parâmetros solo e declividade.

Para a classificação dos níveis de fragilidade potencial do ambiente usando a associação de Algarismos numéricos supracitados, o presente trabalho priorizou a média aritmética dos parâmetros solo e declividade, usando a fórmula, proposta por Maganhotto (2006), que se segue:

$$FP = (CS + CD) / 2 \quad (1)$$

em que: FP = Fragilidade Potencial; CS = Classes de Solo e CD = Classes de Declive.

A partir do resultado da média aritmética das associações numéricas se pode classificar as manchas de fragilidade detectadas.

A média dos três parâmetros para a classificação da fragilidade emergente foi obtida através da fórmula que segue:

$$FE = FP + CV / 2 \quad (2)$$

em que FE = Fragilidade Emergente; FP = Fragilidade Potencial e CV = Cobertura Vegetal.

Com os resultados das médias aritméticas foi possível classificar os graus de fragilidade de acordo com a hierarquização antes proposta com

níveis de fragilidade variando de 1 a 5. No entanto os resultados obtidos nas médias aritméticas constaram de valores inteiros e fracionados, para se chegar a um consenso na análise foi utilizado a

matriz para o cruzamento de mapas temáticos proposto por Tonetti Santos (2003), (Tabela 2).

Tabela 2. Matriz para Cruzamento dos Mapas Temáticos. Fonte: Tonetti& Santos, 2007.

Cruzamento das Classes	Média dos Valores Atribuídos	Classes de Fragilidade
1;1 (1)	1	Muito Baixa
1,2 (1,5); 1,3 (2); 2,1 (1,5); 2,2 (2); 3,1 (2).	1,5 a 2	Baixa
1,4 (2,5); 2,3 (2,5); 3,2 (2,5); 4,1 (2,5).	2,5	Média
1,5 (3); 2,4 (3); 2,5 (3,5); 3,3 (3); 3,4 (3,5); 4,2 (3); 4,3 (3,5); 5,1 (3); 5,2 (3,5).	3 a 3,5	Alta
3,5 (4); 4,4 (4); 4,5 (4,5); 5,3 (4); 5,4 (4,5); 5,5 (5).	4 a 5	Muito Alta

Resultados e discussão

Ao comparar as declividades encontradas na área de estudo com os valores descritos por Ross (1993), observa-se que grande parte da unidade de conservação encontra-se situada nas classes de fragilidade baixa e muito baixa,

apresentando picos de declividade na medida em que a área do parque se aproxima da zona de talude da chapada do Araripe, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Graus de Fragilidade da Declividade do Parque. Fonte: Maganhotto, 2006. Adaptado pelos Autores, 2020.

Valor	Classes de Fragilidade	de	Classes de Declividade	Classes de declividade do parque
1	Muito Baixa		Até 6%	Presente
2	Baixa		De 6% a 12%	Presente
3	Média		De 12% a 20%	Presente
4	Alta		De 20% a 30%	Presente
5	Muito Alta		Acima de 30%	Presente

A área de estudo encontra-se na zona de pediplano da Chapada do Araripe, essas zonas são caracterizadas por apresentarem uma declividade suave, o relevo de áreas de pediplano variam entre o plano (declividade de 0 a 3%), suave ondulado (declividade de 3 a 8%) e ondulado (declividade de 8 a 20%) (Gomes e Pereira, 2011), sendo que parte da área do parque chega a zona de talude apresentando uma fase de relevo forte ondulado (declividade de 20 a 45%).

A declividade do PNM Luís Roberto Correia Sampaio por sua localização e

geomorfologia, possui uma declividade com variações acentuadas, tendo picos de variações entre plano e fortemente ondulado com picos de declividade com variação entre 3 % e acima de 30%, sendo que sua fragilidade varia de muito baixa (até 6%) portanto, nessa área a declividade não contribuí efetivamente para o aceleração de processos erosivos, e muito alta (acima de 30%), tendo nessas área uma inclinação considerável sendo susceptível a possível erosões (Figura1).

Figura 1. Mapa de Classificação da Declividade. Fonte: Autores, 2020.

De acordo com Souza e Cunha (2012) o fator declividade expõe o comportamento do relevo, sendo crucial para prenunciar processos erosivos, dos movimentos de massa, de inundação e na determinação da fragilidade do meio físico. Além do mais o fator declividade, vem sendo bastante empregado em estudos que buscam analisar, por exemplo o escoamento superficial como potencial de erosão, estimar a perda de solo em determinadas áreas, prever o desencadeamento de feições erosivas, entre outras aplicações (Costa et al., 2018; Rodrigues, 2018; Arantes, 2019; Gottstein, Junior e Arantes, 2019). Ressaltando que em decorrência dos danos naturais, econômicos e sociais provocados pelo processo de erosivos, esse é considerado um dos maiores riscos naturais (Arantes, 2019).

Salientando que na zona de declividade mais alta do parque, há o afloramento de fontes, sendo necessário maior vigilância quanto a preservação da vegetação na área de talude para que as fontes de águas naturais do parque não sejam afetadas pelo soterramento por conta de movimentos de massa nessas áreas mais declives.

Segundo Gomes et al. (2018), a presença de vegetação em áreas de talude tem grande importância na redução dos efeitos de processos erosivos, pois desempenham atividade de contenção do solo evitando e até mesmo controlado o processo, proporcionando maior estabilidade para a área, evitando assim o carreamento de massas de solo para corpos d'água.

A análise da carta de solos feita pela FUNCEME em parceria com a EMBRAPA, do levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos, revelou que a área do parque possui um único solo predominante, Neossolo Litólico (RL), além de afloramento de rochas. De acordo com Ross (1993) esse solo se enquadra na classe de fragilidade muito alta, sendo este propício ao escoamento superficial e processos erosivos. Portanto o parque possui uma única classificação de fragilidade em relação ao solo na ordem de grandeza 5 (Muito Alta) (Figura 2).

Figura 2. Mapa Temático de Classificação do Solo. Fonte: SOUSA. Pesquisa de campo 2017.

Ao fazer a ponte entre a análise de cobertura vegetal do parque e os critérios metodológicos estabelecidos por Ross (1993), constatou-se que praticamente toda área do parque possui floresta nativa preservada com exceção das trilhas, da área de acesso (do portão de entrada até o início das trilhas), e da área de infraestrutura (Auditório, Mirante), entretanto essas áreas não foram levadas em consideração no cálculo de fragilidade da cobertura vegetal por ser uma área

insignificante em relação ao resto do parque. Quanto as trilhas, as mesmas foram estabilizadas através de construção de batentes feitos com bambu e solo, sendo que as mesmas são sombreadas pela vegetação em torno e cobertas de serrapilheira o que garante uma maior estabilidade das mesmas. Após estas considerações, a classificação da fragilidade em relação a cobertura vegetal pode ser melhor visualizada na Tabela 4.

Tabela 4. Grau de proteção da cobertura vegetal do Parque. Fonte: Autores, 2020.

Valor	Tipos de Cobertura Vegetal	Graus de Proteção	Área (ha)	Porcentagem
1	Florestas.	Muito Alta	15,81 ha	100%
2	Cerrado denso.	Alta	Inexistente	0%
3	Pastagens; cultivo de ciclo.	Média	Inexistente	0%
4	Culturas de ciclo curto.	Baixa	Inexistente	0%
5	Áreas desmatadas.	Muito baixa a nula	Inexistente	0%

Pode-se observar que a classificação do grau de fragilidade em relação à cobertura vegetal se fixou em um único nível, com grau de proteção muito alto.

Após a determinação da fragilidade dos parâmetros físicos foi feita o cruzamento entre os parâmetros físicos solo e declividade para obter a

fragilidade potencial. Para obtenção da fragilidade emergente cruzou-se as informações da fragilidade potencial e cobertura vegetal.

Fragilidade Potencial

A fragilidade potencial resultou do cruzamento das informações dos mapas de fragilidade do solo e de declividade realizada a partir de uma associação de dígitos numéricos (Sendo preestabelecidos números de 1 a 5), onde cada um dos números do conjunto representa um peso que varia do mais fraco ou mais protegido (1) ao mais forte ou menos protegido (5).

Deste modo as associações numéricas para obtenção da fragilidade potencial foram compostas de dois dígitos, onde o primeiro dígito refere-se à fragilidade do solo e o segundo dígito refere-se a fragilidade de declive, sendo feito posteriormente a média aritmética dos dois dígitos e classificando de acordo com o visto na Tabela 2 (Matriz Para Cruzamento dos Mapas Temáticos). Levando em consideração que o solo do parque foi classificado como sendo um único

solo, Neossolo Litólico, e o mesmo possui uma fragilidade, segundo classificação proposta por Ross (1993), de intensidade 5, ou seja possui uma fragilidade muito alta, portanto todas as associações numéricas terão como primeiro algarismo o número 5 referente a fragilidade do solo, já em relação a declividade, como visto na Figura 1 (Mapa de Classificação da Declividade), o parque possui diferentes declividades que foram classificadas, e o resultado será associado a classe de solo para que com a média aritmética dos dois itens possa-se chegar as classes de fragilidade potencial.

As associações resultantes das duas primeiras variáveis físicas podem ser visualizadas na Tabela 5, assim como o mapa referente a fragilidade potencial do PNM pode ser observado na Figura 3.

Tabela 5: Classificação da Fragilidade Potencial a partir de Associações Numéricas. Fonte: Autores, 2020.

Fragilidade do Solo	Classes de Declividade	Associações	Média	Categorização
5	1	5;1	3	Alta
5	2	5;2	3,5	Alta
5	3	5;3	4	Muito Alta
5	4	5;4	4,5	Muito Alta
5	5	5;5	5	Muito alta

A fragilidade potencial do PNM varia entre as classes alta e muito alta (Figura 3), sendo as classes de declividade um fator limitante para

fragilidade, uma vez que o solo do parque não apresenta variações.

Figura 3. Mapa da Fragilidade Potencial do Parque. Fonte: Autores, 2020.

Fragilidade Emergente

Para a definição dos graus de fragilidade emergente, foi feito o cruzamento dos mapas de fragilidade potencial e de classificação da cobertura vegetal, sendo que a classificação da cobertura vegetal se fixou em um único grau de fragilidade, sendo considerada com um grau de proteção muito alta, sendo classificada numericamente com o dígito 1.

Como no mapa anterior foi feito a associação numérica, posteriormente a média aritmética garantiu a categorização da fragilidade emergente do Parque Natural Municipal, o que pode ser visualizado na Tabela 6. Os graus de fragilidade emergente do parque se estabeleceram nas categorias baixa, média e alta, como pode ser visto no mapa a seguir (Figura 4).

Tabela 6: Categorização dos Graus de Fragilidade Emergente do Parque. Fonte: Autores, 2020.

Fragilidade Potencial	Cobertura vegetal	Associações	Média	Categorização
3	1	3;1	2	Baixa
3,5	1	3,5;1	2,25	Baixa
4	1	4;1	2,5	Média
4,5	1	4,5;1	2,75	Média
5	1	5;1	3	Alta

Figura 4. Mapa de Fragilidade Emergente do Parque. Fonte: Autores, 2020.

As classes de vegetação foram cruciais para definição da fragilidade, uma vez que, como visto na Figura 3, a fragilidade potencial se concentrava nas categorias alta e muita alta. O fato do parque ter sua vegetação preservada, fez com que houvesse uma estabilização do ambiente em relação a sua fragilidade natural, subindo a categoria para um ambiente de baixa e média fragilidade.

A relação entre o nível de baixa e média fragilidade emergente com áreas de vegetação preservada, também foi encontrada por Araújo, Andrade e Dobbss (2020), onde 32,80% do território analisado pelos referidos autores apresentou fragilidade emergente baixa em decorrência do predomínio de florestas não alteradas e vegetação secundária na área.

Enfatiza-se que a zona de transição entre o pediplano e talude possui uma fragilidade potencial e emergente acentuada, portanto, sendo necessária uma melhor atenção nesta área em relação a sua preservação, para que o ambiente continue em um grau de equilíbrio dinâmico.

Conclusões

Para a manutenção de unidades de conservação, assim como seu manejo e políticas adequadas para sua preservação se faz necessário

um conhecimento aprofundado do local, o modelo de análise proposto por Ross possibilita o conhecimento de diversas variáveis naturais que influencia na dinâmica dos ambientes.

As condições naturais do parque se mostraram em equilíbrio quando analisadas em conjunto. Os fatores determinantes para obtenção das classes de fragilidade foram a declividade, por mostrar uma variação e, portanto, hierarquizar os graus de fragilidade, uma vez que não se tinha variações em relação ao solo. Outro fator determinante foi a vegetação que se mostrou como um fator estabilizante da fragilidade potencial, com isso notou-se que a fragilidade potencial apresentou níveis de fragilidade mais elevados do que a fragilidade emergente levando ao entendimento que os fatores físicos encontra-se em um certo equilíbrio dinâmico.

Um fator preocupante é a falta de manejo do parque, a manutenção do parque está a cargo prefeitura municipal de Barbalha, com atribuições designados à Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SMARH), no entanto, o órgão público não atua efetivamente no local, não se há um controle do número de pessoas que entram no parque, assim como da exploração de recursos naturais do mesmo, este é um fator que chama atenção e que pode ser o desencadeador de processos erosivos, tal como a área entorno do

parque, que deveria ser sua área de amortecimento, mas, no entanto, é uma área ocupada por residências causando distúrbios na área do parque.

No mais, o estudo de fragilidade ambiental dá subsídio para o manejo do parque, podendo ser agregado a outros estudos, como o estudo de capacidade de carga turística da unidade, esse estudo foi feito por Cordeiro (2014) que determinou o número de visitantes por dia ao parque levando em consideração alguns fatores físicos como o solo e a declividade, também usados nesse estudo. Portanto o estudo de fragilidade é dotado de valor relevante para a gestão da unidade de conservação, sua proteção e preservação de seus recursos naturais.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará-Campus Juazeiro do Norte, e ao Programa Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA-UFPB pelo apoio e auxílio na execução de pesquisas científicas.

Referências

- Almeida, R. F. B., Bayer, M., & Júnior, L. G. F. 2016. Compartimentação morfométrica da bacia do rio coco como subsídio a análise de fragilidade ambiental. *Mercator-Revista de Geografia da UFC*, 15(4), 83-94. Disponível: <https://doi.org/10.4215/rm2016.1504.0006>. Acesso: 22 abr.2021.
- Arantes, L. T. 2019. Limiares topográficos de processos erosivos na bacia do Rio Bonito (SP) obtidos a partir de modelo digital de elevação de dados de radar (PALSAR/ALOS). *Ilha Solteira*, 96p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- Araújo, K., Andrade, A., & Dobbss, L. 2020. Análise da fragilidade potencial e emergente do município de Canaã dos Carajás, sudeste do Estado do Pará. *Geografia Ensino & Pesquisa*, 24, e28. Disponível: <https://doi.org/10.5902/2236499444092>. Acesso: 21 abr.2021
- Bacani, V. M.; Sakamoto, A. Y.; Luchiari, A.; Quenol, H.2015. Sensoriamento remoto e SIG aplicados a avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica. *Mercator*, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 119 – 135, maio/ agosto.
- Brasil.2000. Lei Federal Nº9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF,19 de julho de 2000. Seção 1.
- Carvalho, A. P. P., Guerrero, J. V. R., Silva, E. V. E., Pinto, M. J. R., Vaz, R. M. G. F. C., Pereira, C. T., ... & Moschini, L. E. 2020. Fragilidade Ambiental à Erosão em uma Bacia Hidrográfica Antropizada no Nordeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 42(3), 07-18. Disponível: http://dx.doi.org/10.11137/2019_3_07_18. Acesso: 22 abr.2021.
- Celestino, E.F. ; Celestino, L.F. ; Silva, J.F.M. da; Kashiwaqui, E.A.L.; Makrakis, M.C.; Makrakis, S. 2019. Environmental Assessment in Neotropical Watersheds: A Multi-Factorial Approach. *Sustainability*, 11(2): 1 - 17. Disponível: <https://doi.org/10.3390/su11020490>. Acesso: 21 abri.2021.
- Cordeiro, A. M. N.; Bastos, F. H. 2014. Potencial Geoturístico do Estado do Ceará, Brasil. *Cultur: Revista de Cultura e Turismo*, v.08, p. 86-113.
- Costa, C. W., Lorandi, R., de Lollo, J. A., Imani, M., & Dupas, F. A. 2018. Surface runoff and accelerated erosion in a peri-urban wellhead area in southeastern Brazil. *Environmental earth sciences*, 77(5), 1-18. Disponível: <http://hdl.handle.net/11449/163991>. Acesso: 21 abr.2021.
- Freire, P. M. O., & Almeida, F. A. B. 2018. Ecoturismo, educação ambiental crítica e formação de sujeitos ecológicos: convergências e desafios. *Revista Brasileira De Ecoturismo (RBEcotur)*, 11(4). <https://doi.org/10.34024/rbecotur.2018.v11.6697>. Acesso: 20 abr.2021.
- Fonseca, J. M. A. A., Melo, S. M. C. de, & Carvalho, W. G. de. 2018. O Ecoturismo como alternativa sustentável para gestão da RPPN Catedral do Jalapão (TO). *Revista Brasileira De Ecoturismo (RBEcotur)*, 11(1). Disponível: <https://doi.org/10.34024/rbecotur.2018.v11.6663>. Acesso: 20 abr.2021
- Geopark Araripe.2012. *Histórias da Terra do Meio Ambiente e da Cultura*. Crato: Governo do Estado do Ceará,. 177.
- Gottstein, P., Junior, M. A. B., & Arantes, E. J. 2019. Uso de sistema de informação geográfica para determinação do potencial erosivo de bacias hidrográficas: estudo de caso na bacia do Rio do Campo/PR. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 10(3), 352-367. Disponível: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.003.0030> . Acesso: 22 abri.2021.

- Gomes, R. F., Lopes, A. K. C., Sales, L. L. N., Nobre, C. P., & Pinheiro, E. M. 2018. Vegetação Herbácea Como Instrumento de Mitigação de Processos Erosivos em Taludes De Corte. *Educação Ambiental em Ação*, 17(64).
- Gomes, M. A. F.; Pereira, L. C. 2011. Áreas frágeis do Brasil: subsídios à legislação ambiental. Jaguariúna, SP : Embrapa Meio Ambiente, 30 p. — (Documentos / Embrapa Meio Ambiente; 87).
- Linhares, J. M. da S., Silva, D. P. L. da, Bastos, W. R., & Batista, J. F. 2020. Mapeamento da Fragilidade Ambiental Potencial do Meio Físico da Área Urbana do Município de Lábrea – Sul do Amazonas. *Revista Brasileira De Cartografia*, 72(4), 651-664. Disponível: <https://doi.org/10.14393/rbcv72n4-53391>. Acesso: 20 abr.2021
- Macedo, D.R.; Hughes, R.M.; Kaufmann, P.R. & Callisto, M. 2018. Development and validation of an environmental fragility index (EFI) for the neotropical savannah biome. *Science of the Total Environment*, 635: 1267 - 1279. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.216>. Acesso: 22 abr. 2021.
- Maganhotto, R. F. 2006. Fragilidade, impactos e prevenções das trilhas em áreas naturais protegidas: estudo de caso reserva ecológica itatyba- rppn. Dissertação. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Meira, R. T., Sabonaro, D. Z., Silva, D. C. D. C. 2016. Elaboração de mapa de adequabilidade ambiental de uma pequena propriedade rural no município de São Miguel Arcanjo/SP, utilizando técnicas de geoprocessamento. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 21(1).
- Peres, L. D. S., Feijó, G. T., Fraga, A.C., & Silva, C. R.C. 2020. GAUPUC: Uma Proposta Educacional para o Fortalecimento do Uso Público em Unidades de Conservação. *Anais do Uso Público em Unidades de Conservação*, 8(13), 27-41. Disponível: <https://doi.org/10.47977/2318-2148.2020.v8n13p27>. Acesso: 22 abr.2021.
- Pivoto, A.S., Alves, A. F., & Rocha, M. C. R. 2018. Ecoturismo em áreas protegidas: um olhar sobre o perfil de visitantes do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Revista GEOgrafias*, 26(2), 54-79. Disponível: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/19366>. Acesso: 22 abr.2021
- Rangel, L. de A., & Sinay, L. 2019. Ecoturismo como ferramenta para criação de Unidades de Conservação no estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira De Ecoturismo (RBEcotur)*, 12(4). Disponível: <https://doi.org/10.34024/rbecotur.2019.v12.6711>. Acesso: 20 abr.2021
- Ratcliffe DA. 1971. Criteria for the selection of nature reserves. *Advancement of Sciences* 1971; 27: 294-296.
- Rodrigues, I. 2018. Fragilidade à erosão hídrica no município de Sananduva- RS com base na relação entre declividade, uso e cobertura da terra e processos erosivos. 123 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas. Santa Maria, RS.
- Ross, J. L. S. 1993. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. Laboratório de Geomorfologia, Departamento de geografia – USP. São Paulo: Contexto.
- Ross, J.L.S. 1990. Geomorfologia, ambiente e planejamento. São Paulo, Editora Contexto. 85p.
- Ross, J. L. S. 1994. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. DOI: 10.7154/rdg. 1994.0008. 0006. *Revista do departamento de geografia*, 8, 63-74.
- Souza, T. A., & Cunha, C. M. L. 2012. Análise dos atributos físico-ambientais do município de Praia Grande-SP. *Sociedade & Natureza*, 24(2), 303-318.
- Sporl, C; Ross, J. L. S. 2004. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. *GEOUSP – Espaço e Tempo*. São Paulo, 15, 39-49.
- Tricart, J. 1977. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN. 97p.
- Tonetti, S; Santos, L. J. C. 2003. Avaliação do uso e ocupação do solo (1986 e 2000) e da fragilidade ambiental da bacia do rio Iraizinho - Piraquara/pr. *Revista GeoUERJ*, 1, especial, 1033-1039.
- Valle, I. C., Francelino, M. R., & Pinheiro, H. S. K. 2016. Mapeamento da fragilidade ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. *Floresta e Ambiente*, 23(2), 295-308.