

FRAGILIDADE AMBIENTAL DO PARQUE ESTADUAL DO BACANGA, SÃO LUÍS – MA

Fragilidad Ambiental del Parque Estatal de Bacanga, São Luís - MA

Marly Silva de Moraes

Doutoranda da Universidade Estadual de Campinas

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1008-2532>

marlymoraes22@homrail.com

Jeffersson Domingos Viana

Mestre em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço pela Universidade Estadual do Maranhão

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0791-8178>

jeffer.dviana@gmail.com

José Fernando Rodrigues Bezerra

Professor do Mestrado em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6333-8768>

fernangeo@yahoo.com.br

Regina Célia de Oliveira

Professora do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Campinas

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3506-5723>

regina5@unicamp.br

Artigo recebido em junho/2024 e aceito em setembro/2024

RESUMO

O presente trabalho tem como finalidade apresentar os dados referentes a fragilidade ambiental no Parque Estadual do Bacanga, São Luís - MA. A metodologia adotada neste trabalho vincula-se aos levantamentos bibliográficos e cartográficos referentes à caracterização natural (pedologia, densidade do solo, índices pluviométricos e declividade) e antrópica (uso e cobertura). Os mapas foram produzidos utilizando o ArcGis 10.8. Os resultados mostram que, quanto a fragilidade potencial, sua classe predominante a média, com 14,95km². Já a fragilidade emergente, correspondeu a classe média, com aproximadamente 17,22km². Os dados de fragilidade ambiental são fundamentais para compreensão da dinâmica de ocorrência de processos erosivos, principalmente por sua interação com os fatores naturais e antrópicos.

Palavras-chave: Parque Estadual do Bacanga; Fragilidade Ambiental; Fragilidade Potencial e Fragilidade Emergente.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to present data on environmental fragility in Bacanga State Park, São Luís - MA. The methodology adopted in this work is linked to bibliographic and cartographic surveys relating to natural characterization (pedology, soil density, rainfall indices and slope) and anthropogenic characterization (use and cover). The maps were produced using ArcGis 10.8. The

results show that, in terms of potential fragility, its predominant class is medium, with 14.95km². Emergent fragility, on the other hand, corresponded to the medium class, with approximately 17.22km². Environmental fragility data is fundamental for understanding the dynamics of erosion processes, mainly because of its interaction with natural and man-made factors.

Keywords: Bacanga State Park; Environmental Fragility; Potential Fragility and Emerging Fragility.

1. INTRODUÇÃO

Desde o período pré-histórico, indícios de civilizações antigas evidenciam o começo da prática de ações que, ao decorrer do tempo, evoluíram para transformar e utilizar do meio ambiente a melhor forma para conseguir satisfazer as vontades do ser humano na Terra. Os recursos naturais se tornaram a base da sobrevivência humana, sendo utilizados para suprir necessidades diariamente. Um exemplo disso, é os povos nômades, eles não tinham território fixo e quando esgotado os materiais naturais de determinada região, a busca contínua por um novo lugar e novos recursos começava e a procura se tornava um ciclo a ser seguido (Moreira *et al.*, 2022).

A relação do homem com a natureza se transformou no momento em que o homem deixou de retirar da natureza somente aquilo que era necessário para sua sobrevivência e passou a saciar suas necessidades. Esse momento é conhecido como a revolução agrícola, que ocorreu há cerca de 10 mil anos atrás, no período neolítico. Esse estágio da história foi marcado pela transição do ser humano caçador-coletor pelo sedentarismo, pois foi iniciada a trajetória rudimentar das técnicas de agricultura e de criação de animais (Moreira *et al.*, 2022).

Evidências históricas dos impactos causados pelo ser humano no ambiente, são perceptíveis não somente nos dias atuais, mas, desde o surgimento das primeiras civilizações. Com o avanço do homem e a demonstração de suas ações racionais foram sendo intensificados os impactos causados no meio, principalmente iniciado pelo avanço das grandes navegações para “descobrimento” de novos territórios, como também o avanço tecnológico advindo da revolução industrial, que tomou proporções que até hoje geram resultados.

A utilização dos recursos naturais, com maior ou menor impacto, por mais ou menos tempo, geram uma transformação tanto na paisagem, como em lugares e no espaço. Desta forma, a combinação espaço-temporal como foco na paisagem, necessita de uma gama de informações que não se limita apenas aos fatores físicos, mas, a compreensão das relações que surgem em determinados lugares, pois, a forma como cada comunidade utiliza o meio, pode variar de acordo com cada lugar (Costa; Seabra, 2019).

Essa combinação espaço-tempo tem sido bastante discutida em conferências internacionais com foco principalmente sobre a temática ambiental, em específico sobre seu impacto na sociedade, mas,

visando o máximo de conservação do meio, principalmente nas cidades, onde há a maior concentração populacional do nosso planeta.

A compreensão do processo de (re)produção socioespacial perpassa a percepção de que a cidade é produto resultante da dinâmica de fatores condicionantes, o que indica que há um processo de transformação da realidade através dos interesses dos agentes envolvidos no processo de (re)produção, gerando uma transformação na dinâmica e estruturação dos sistemas ambientais (Oliveira Neto; Carmo, 2023).

Os sistemas ambientais frente às modificações humanas proporcionam maior ou menor fragilidade em função das características apresentadas por cada tipo de ambiente, como relevo, solo, vegetação, clima e nos recursos hídricos, ocasionando assim o desequilíbrio das relações dinâmicas dessas variáveis (Ross, 1994). Por meio do diagnóstico das categorias é possível mensurar a fragilidade ambiental dos ambientes naturais (Araújo *et al.*, 2023).

Os sistemas ambientais podem responder de diferentes maneiras às intervenções humanas nos componentes da paisagem, como relevo, solo, clima, recursos hídricos e cobertura vegetal. Mapear a fragilidade ambiental permite definir áreas mais frágeis e que merecem maior atenção, pois sua má utilização pode resultar no comprometimento de todo sistema. O grau de um impacto sobre o equilíbrio de um sistema, dependendo do tipo de intervenção, pode ser maior ou menor em função das características intrínsecas do ambiente, ou seja, de sua fragilidade ambiental (Franco *et al.*, 2013). Conclui-se assim que a fragilidade ambiental está baseada na pressão sobre os sistemas ambientais, assim como as ações que podem alterar o meio.

A análise da fragilidade ambiental de um ambiente fornece subsídio ao planejamento ambiental e ao uso e ocupação adequando a área analisada. Os resultados encontrados em uma análise da fragilidade correspondem ao grau de proteção, considerando suas características físicas e antrópicas, uma vez que as influências humanas nos ambientes naturais causam mudanças significativas na paisagem. Devido a crescente influência humana de maneira exploratória nos diferentes meios naturais, se faz necessário análises que possam determinar a fragilidade de cada ambiente (Costa; Leite, 2022).

Estudos de Ross (1994) apresentam uma metodologia responsável por definir as unidades de fragilidade em potencial e emergente, classificando-as em cinco níveis hierárquicos, que variam em muito baixa, baixa, média, forte e muito forte. As unidades de fragilidade potencial estão associadas à fragilidade natural do ambiente, que embora estejam em equilíbrio, possuem instabilidade potencial face às modificações provocadas pelas atividades humanas. Nesta são consideradas o relevo e/ou declividade das encostas, bem como o tipo do solo. Já a fragilidade emergente, além de considerar os elementos naturais (relevo/declividade e solo) considera também a forma como o

homem se apropria do meio ambiente, o uso e a ocupação. Cabe destacar, ainda, que as aplicações de fragilidade também incluem a precipitação bem como o substrato rochoso.

Os instrumentos de gestão e ordenamento territorial das unidades de conservação são ferramentas essenciais para a conservação e preservação destas. Contudo, a inoperância por parte do poder público, faz com que sucessivas reduções de área, ocupações irregulares e exploração de recursos possam ser ações constantes em seu interior. Para responder tais questionamentos, se faz necessário analisar dois instrumentos primordiais de gestão e ordenamento territorial, responsáveis por consolidar uma visão macro - o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC (regulamentado pela Lei Nº 9.985/2000 e o Decreto Nº4.340/2002) e o Plano Nacional de Áreas Protegidas – PNAP (Decreto Nº 5.758/2006). Tais ferramentas agrupam um conjunto de premissas, que instruem todo o processo de ordenamento territorial voltado para as UCs do território nacional (Morais *et al.*, 2021).

No município de São Luís, Ilha do Maranhão, foram criadas as seguintes UCs de responsabilidade estadual: Área de Proteção Ambiental do Itapiracó, Parque Ecológico Estadual Lagoa da Jansen, Área de Proteção Ambiental do Maracanã, Estação Ecológica do Rangedor e o Parque Estadual do Bacanga, sendo este último a área de estudo pertencente este trabalho.

As UCs brasileiras de Proteção Integral - categoria a qual está inserido o Parque Estadual do Bacanga - tem como objetivo a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico (Brasil, 2000).

O Parque Estadual do Bacanga é de grande importância para São Luís, pois é um dos únicos fragmentos florestais de mata pré-amazônica de forma conservada, servindo para a manutenção de uma grande área verde e mananciais na ilha, contribuindo assim, com a qualidade ambiental de São Luís por meio da conservação dos recursos hídricos locais, recreação, educação e lazer ambiental. Entretanto, diversas intervenções sofridas no decorrer dos anos tendem a reduzir toda sua funcionalidade como unidade de conservação (Pinheiro Júnior *et al.*, 2007).

Mediante o que foi apresentado, este trabalho tem como objetivo analisar e apresentar os resultados dos estudos de fragilidade ambiental, integrando as características naturais e antrópicas, corroborando assim para os dados de fragilidade ambiental potencial e emergente, no Parque Estadual do Bacanga, em São Luís - MA.

1.1. Localização e caracterização da área de estudo

As áreas de relevante interesse ambiental, assim definidas e delimitadas por leis específicas, constituem espaços não adequados para o desenvolvimento da expansão urbana. No entanto, o processo de urbanização também tem se desenvolvido no interior dessas áreas protegidas (Maciel, 2022).

No Maranhão existem aproximadamente 120.00km² de áreas protegidas, distribuídas entre 12 Unidades de Conservação Estaduais (UCE), 14 Unidades de Conservação Federais (UCF), concentrando-se principalmente na região amazônica e zona costeira do Estado, apesar disso, o Maranhão possui um alto índice de alterações das paisagens naturais. Inserido nessa realidade, encontra-se o Parque Estadual do Bacanga, localizado na Ilha do Maranhão, em específico na região central da cidade de São Luís, capital do Estado (Figura 1). Essa UC foi criado em 1980, pelo Decreto nº 7.545, sua criação teve como finalidade a proteção de redes hidrográficas, como do rio Bacanga e rio Maracanã (MASULLO, *et al.*, 2018).

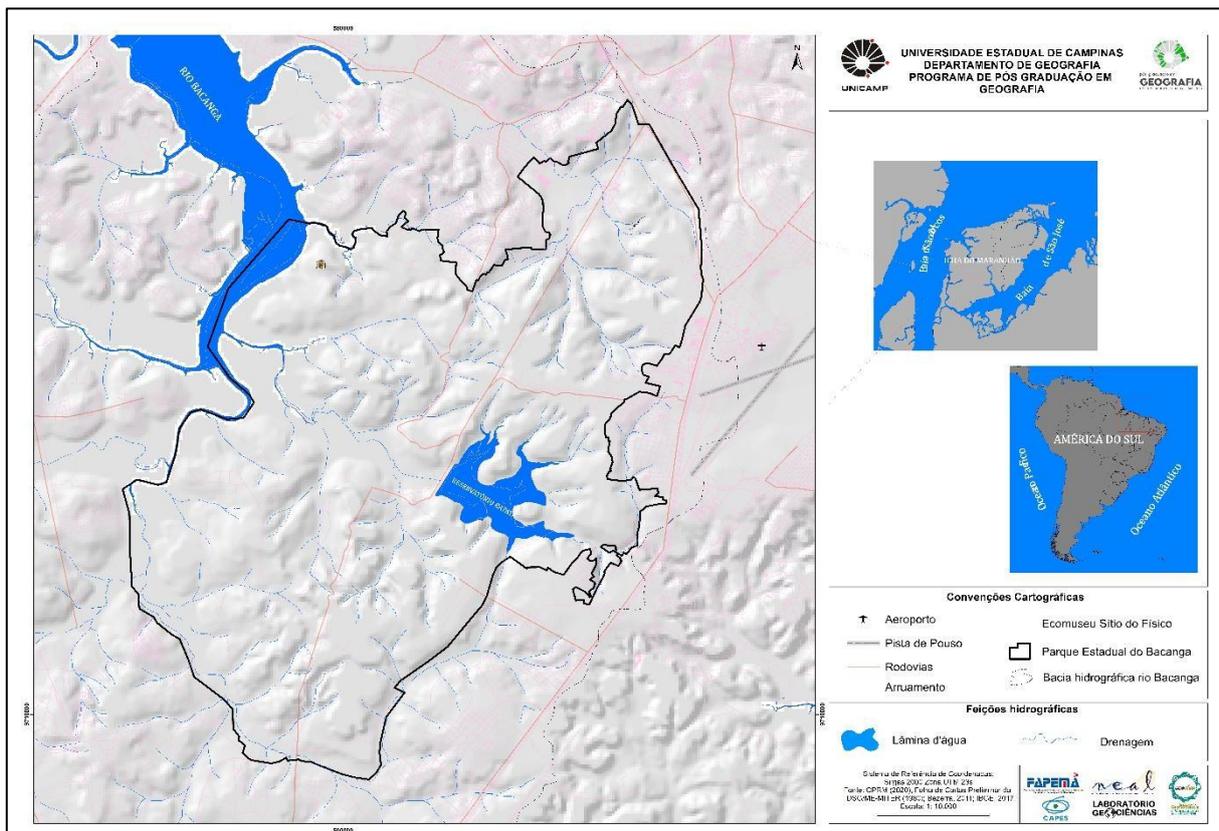


Figura 1 - Mapa de Localização do Parque Estadual do Bacanga.
Fonte: Própria.

O Parque Estadual do Bacanga (PEB) é uma unidade de conservação de proteção integral, a primeira criada no estado. Este Parque localiza-se em uma área de indispensável proteção dos mananciais, que contribuem expressivamente para o abastecimento de água potável da capital do

estado, e vem sendo massivamente utilizado pelo processo de urbanização irregular. A fragilidade do Parque Estadual do Bacanga e os impactos socioambientais negativos advindos, principalmente, do processo de expansão urbana e da falta de planejamento e gestão territorial, evidencia que estes problemas precisam ser mitigados, caso contrário apontam seriamente para a evolução de cenários irreversíveis (Maciel, 2022).

Além das características peculiares da fauna e da flora, encontra-se, no Parque, um conjunto arquitetônico de valor histórico-cultural e uma rede de drenagem natural significativa, que é responsável pelo abastecimento de aproximadamente 20% de toda a cidade de São Luís. Contudo, apesar de todo o significado ambiental, o Parque Estadual do Bacanga, vem sofrendo nas últimas décadas um intenso processo de descaracterização, o que o compromete enquanto unidade de conservação, e dificulta a inserção de atividades que permitam o uso indireto dos seus recursos, como é recomendado no artigo 7, parágrafo 2º do Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Esse processo de descaracterização é reflexo da passividade do Poder Público em relação ao meio ambiente natural, e a falta de sensibilização ambiental junto à população circunvizinha (Ribeiro, 2006).

Apesar de ser uma Unidade de Conservação protegida por lei, o PE do Bacanga passou por alterações em sua delimitação nos anos de 1984, 1986, 1992, 2001 e em o mais recente, em 2019 redefiniu a área do parque, diminuindo sua extensão em virtudes das ocupações no local, que devia ser previamente protegido.

2. METODOLOGIA

Este trabalho tem como base metodológica a perspectiva geoecológica na análise ambiental, de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022), que abordam a paisagem sob o enfoque estrutural, funcional e histórico – genético. Esta pesquisa utiliza o enfoque funcional, objetivando conhecer sua estrutura e a função dos os elementos que a compõem, a partir da organização, inventário, análise, diagnóstico e prognóstico da área. Desse modo, algumas ações foram adotadas no sentido de fundamentar melhor o referido estudo, descritas no próximo item.

2.1. Materiais

Os resultados apresentados neste estudo, fazem parte do acervo da dissertação concluída em 2018 e da tese em andamento.

Nas etapas de organização e inventário, foram realizados levantamentos bibliográficos e cartográficos referentes à caracterização natural (geologia, pedologia, geomorfologia, hidrografia e pluviometria) e antrópica (uso e cobertura), no intuito de obter informações plausíveis.

Os procedimentos técnicos operacionais para análise da fragilidade potencial do PEB, foram adaptados a partir da proposta de Ross (1994), Taglani (2003) e Costa *et al.* (2006), sendo resultante dos levantamentos básicos de geomorfologia (declividade), solos, característica física do solo (densidade do solo) e índices pluviométricos. Para fragilidade emergente foi adicionado o mapeamento de cobertura vegetal / uso da terra (Quadro 1).

Quadro 1: Bases cartográficas utilizadas para o mapeamento da fragilidade ambiental.

Material/escala/resolução espacial	Fonte	Ano	Acesso
Cartas topográficas (1:10.000) Declividade e drenagem	DSG/ME- MINTER Folhas 22, 23, 31 38 e 39	1980	Bezerra (2011)
Pedologia (1: 50.000)	GERCO/CPRM	1998/2020	Rigeo/CPRM
Densidade do solo (1:30.000)	Morais	2018	Acervo próprio
Satélite <i>Chirps</i> /escala mensal/resolução espacial de 5 km Estações pluviométricas Pluvisiosidade	<i>Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations CHIRPS</i> ¹ INMET	1990 a 2022	https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/
Sentinel 2B/ resolução de 10m Cobertura vegetal/uso da terra	<i>ESA Copernicus</i>	2022	https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2

Fonte: Própria.

As informações dos componentes ambientais foram extraídas e recortadas com o limite do PEB (2020), fornecido pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais - SEMA. a partir destes recortes cada elemento foi avaliado seguindo uma análise de multicritério, reclassificando de acordo com o grau de fragilidade conforme as referências bibliográficas utilizadas.

Segundo Ross (1994), esse procedimento pressupõe que cada um dos elementos da paisagem seja hierarquizado em cinco classes, de acordo com sua fragilidade, sendo que as variáveis mais

¹ As imagens do *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations CHIRPS* são uma opção para utilização de dados precipitação pluviométrica em áreas onde há má distribuição de estações meteorológicas com dados superficiais, pois as estimativas geradas são combinações de dados de satélite com dados de superfícies na escala diária a partir da técnica *Cold Cloud Duration (CCD)* (GARCÊS JUNIOR, 2022).

estáveis apresentam valores mais próximos de 1,0, as intermediárias ao redor de 3,0 e as mais vulneráveis estarão próximas de 5,0. A Fragilidade Ambiental neste estudo, foi definida com base nos seguintes pesos (Tabela 1).

Tabela 1: Classes de fragilidades com respectivos pesos para o PEB.

Categorias	Classes	Pesos (categorias)	Fragilidade Potencial/Emergente Pesos (classes)
Solo	Gleissolos (G)	2	0,30% / 0,20 %
	Gleissolos Tiomorficos	1	
	Argissolo Vermelho- Amarelo	5	
	Neossolo Quartizarênico	5	
	Área urbana	3	
Declividade	< 3%	1	0,15 %
	3 a 6%	2	
	6 a 12%	3	
	12 a 20%	4	
	20 a 55%	5	
Precipitação	2.234 - 2.260	3	0,30% / 0,25%
	2.260 – 2.284	4	
	2.284 – 2.307	5	
Densidade	0, 30 - 0,39	1	0,25% / 0,20%
	0,39 – 0,77	2	
	0,77 – 1,66	3	
	1,66 – 1,70	4	
	>1,70	5	
Uso	Vegetação Secundária Mista	1	0,25% / 0,20%
	Mangue	1	
	Área Construída	3	
	Gramínea	4	
	Solo Exposto	5	

Fonte: Própria.

Os produtos cartográficos gerados estão dispostos na escala de 1:10.000 e foram editados no software ArcGis 10.2 (licença EFL999703439) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). O sistema de projeção adotado corresponde ao Universal Transversa de Mercator (UTM), tendo como referencial geodésico o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS, 2000/Zona 23 Sul).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cruzamento das informações, como descrito nos procedimentos, resultou no mapeamento da Fragilidade Ambiental do Parque Estadual do Bacanga, na qual foi possível identificar as fragilidades muito baixa ou nula, baixa, média, forte e muito forte. Com o mapeamento dessas áreas foi possível a indicação das áreas potencialmente mais frágeis da paisagem, sendo fundamentais para o planejamento ambiental-territorial.

A partir dos estudos de Maranhão (1998) e CPRM (2020), o PEB apresenta as seguintes classes de solos (adaptados para a nova classificação da Embrapa, 2006): Argissolos Vermelho-Amarelos, Neossolos Regolíticos, Gleissolos e Gleissolos Tiomórficos e áreas urbanas. Os graus de fragilidades dessa categoria podem ser visualizados no quadro 2.

Quadro 2: Grau de fragilidade dos solos do PEB.

Solos	Fragilidade
Gleissolos	Baixa (2)
GleissolosTiomorficos	Muito baixa ou nula (1)
Argissolo Vermelho- Amarelo	Muito Forte (5)
Neossolo Quartizarênico	Muito forte (5)
Área urbana	Média (3)

Fonte: Adaptado de Ross (1994), Bezerra, (2011) e Morais (2018).

Os Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) encontrados na porção nordeste são solos desenvolvidos de materiais da Formação Itapecuru e de sedimentos referidos ao Grupo Barreiras. Apresentam horizonte de acumulação de argila, B textural (Bt), com cores vermelho-amareladas devido à presença da mistura dos óxidos de ferro hematita e goethita (Embrapa, 2006).

De forma geral, os Quartzarênica apresentam baixo teor de matéria orgânica e elevada permeabilidade e baixa capacidade de retenção de umidade. Eles podem ser eutróficos ou distróficos, com fragipã (conceituado como um horizonte subsuperficial, com conteúdo baixo de matéria orgânica, aparentemente cimentado) e, ou, caráter solódico, resultando em características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas distintas, resultantes de sua gênese (Embrapa, 2006).

Os Gleissolos ocorrem nas planícies de inundação dos rios, são mal drenados, fortemente ácidos e pouco profundos e de textura argilosa. Apresentam como característica principal, o hidromorfismo (Maranhão, 1988). Localizam-se na porção central, sul e sudoeste do parque e apresentam baixa fragilidade (Quadro 2).

Os Gleissolos Tiomórficos são predominantemente desenvolvidos de materiais recentes do Quaternário (Holoceno), constituídos por sedimentos aluviais e depósitos orgânicos estão dispostos na planície de maré, preenchidas pelos manguezais, sendo constituídos por argilas, apresentam muito baixa ou nula vulnerabilidade ambiental, em relação ao início e desenvolvimento dos processos erosivos (Quadro 2).

No tocante a análise da declividade das vertentes, possibilita evidenciar a distribuição das inclinações da superfície do terreno, sendo uma importante característica do balanço de deposição e retirada de material. Quanto maior a declividade, mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais se transforma em energia cinética, aumentando a velocidade da água e sua capacidade de transporte, responsável pelos processos erosivos que modelam as formas do relevo. Por apresentar

predominância de superfícies dissecadas e colinas esparsas (com declives suaves), foram adotados intervalos de declividade de menor peso por não possuírem representatividade espacial as áreas com maior declive encontram-se nas bordas dos tabuleiros. Os intervalos de declividades em % com suas classes de fragilidade podem ser visualizados na tabela 2.

Tabela 2 - Intervalos de declividade com respectivas vulnerabilidades ambientais no PEB.

Categorias Hierárquicas	Classes de Declividade
Muito baixa ou nula	< 3%
Baixa	3 a 6%
Média	6 a 12%
Forte	12 a 20%
Muito Forte	20 a 55%

Fonte: Morais, 2018.

Com base nos dados do *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations CHIRPS* e das estações pluviométricas das séries históricas do INMET, no período de 1990 a 2022, foram definidos três intervalos pluviométricos (Tabela 3).

Tabela 3: Fragilidade associada aos índices pluviométricos.

Intervalo chuvas (mm)	Fragilidades
2.234 - 2.260	Média (3)
2.260 – 2.284	Forte (4)
2.284 – 2.307	Muito Forte (5)

Fonte: Própria.

Apesar da pequena diferença entre os intervalos, esses índices podem influenciar a aceleração dos processos morfogenéticos e a formação de feições erosivas em diferentes setores da área de estudo, assim como o movimento de massa.

A precipitação concentrada em seis meses durante o ano na região foi considerada como importante peso na composição do mapa de fragilidade potencial e emergente. O período de estiagem, ou chuvas escassas, inicia-se em meados de julho, finalizando em dezembro, caracterizando-se por forte insolação e elevadas taxas de evaporação, peculiar às regiões próximas a linha do Equador.

Com os trabalhos de campo, pode-se perceber que no período chuvoso, o transporte e deposição dos sedimentos são maximizados, devido às características atmosféricas atuantes, formando assim diferentes feições erosivas. Os atributos físicos como densidade do solo e umidade são indicadores da qualidade do solo, entendendo como qualidade do solo a capacidade deste em manter a produtividade biológica, a qualidade ambiental e a vida vegetal e animal saudável na face da terra (Doran e Parkin, 1994).

Por esta razão a análise da densidade do solo fez-se necessária neste estudo. Suas respectivas classes de fragilidade estão dispostas na tabela 4.

Tabela 4: Fragilidade da densidade do solo.

Categorias Hierárquicas	Densidade do solo g/m³
Muito baixo (1)	0,30 - 0,39
Baixo (2)	0,39 - 0,77
Médio (3)	0,77 - 1,66
Forte (4)	1,66 - 1,70
Muito Forte (5)	>1,70

Fonte: Morais, 2018.

Os resultados mostram que quanto maior a densidade do solo, maior será sua compactação, tendo menor estruturação e menor porosidade. Na área de estudo isso deve-se ao processo de desmatamento, extração mineral e áreas povoadas.

A cobertura vegetal do Parque Estadual do Bacanga representada pela Vegetação Secundária Mista é composta por espécies de porte arbóreo e de maneira mista, entre as árvores existentes está *Plantonia insignis* (bacuri), *Cedrella odorata* (cedro-rosa), *Hymenea coubaril* (jatobá), *Orbignya speciosa* (babaçu) entre outras, se apresenta de forma não contínua e não pode ser caracterizada como uma classe única (Lorenzi, 2009).

Apresenta-se como uma formação da mata pré-amazônica, predominantemente arbórea, embora com estágios diferenciados de preservação. Em certos trechos, árvores com altura variando entre 25 e 30m de altura e mais de 100 cm de diâmetro.

Estudos realizados por Bezerra (2011) na bacia hidrográfica do rio Bacanga onde o Parque está localizado a área apresentava baixo ou nula fragilidade, sendo que abaixo dessas coberturas, está à categoria de uso gramíneas, oriundas do processo de devastação recente, não tendo tempo suficiente para completar o processo de sucessão ecológica, devido também ao tipo de uso que é submetido, geralmente, o pastoreio, o que vem ser um fator agravante para o início de desenvolvimento de processos erosivos. Para Bezerra (2011), a categoria gramínea foi classificada como forte fragilidade ambiental.

Para o mesmo autor (Bezerra, 2011), às áreas construídas foram caracterizadas pelas zonas impermeabilizadas com formação do rápido escoamento superficial, sendo classificada como baixa fragilidade, apesar de que nas áreas circunvizinhas com cobertura de gramínea e alta erodibilidade, o fluxo superficial concentrado possa gerar impactos negativos.

O mapeamento do uso e cobertura realizados verificou que as classes encontradas por Bezerra (2001) sofreram alteração no que tange a categoria de área considerando que a mesma engloba espaços de ocupações próximos a solo exposto com declives acentuados conforme pesquisa. Em relação às classes com o detalhamento da imagem de satélite Sentinel 2B (2022) foi possível encontrar duas novas classes conforme a quadro 3.

Quadro 3 - Fragilidade do uso e cobertura do PEB.

Uso e cobertura da terra	Fragilidade
Floresta Secundária Mista	Muita Baixa (1)
Mangue	Muita Baixa (1)
Área construída	Média (3)
Gramíneas	Forte (4)
Solo exposto	Muito forte (5)

Fonte: Própria.

Essa mudança no uso e nas classes de fragilidades pode ser explicada pelo aumento significativo da população. Pois a área de entorno do Parque concentrava mais de 60 mil habitantes em 2001, e sua população só tende a crescer nos últimos anos, exercendo uma forte pressão antrópica sobre essa unidade de conservação.

3.1. Fragilidade Potencial

Assim, o cruzamento das informações, referentes a pedologia, densidade do solo, índices pluviométricos e declividade, e com base nos trabalhos de campo na área de estudo, resultaram no mapa de Fragilidade Potencial do Parque Estadual do Bacanga, no qual foi possível identificar as fragilidades muito baixa, baixa, média, forte e muito forte (Figura 2).

A análise da Fragilidade Potencial pode ser usada como uma ferramenta para avaliar o estado de conservação ou degradação dos sistemas naturais. Conforme observado no mapa, a fragilidade média abrange 50,29 % da área total do PEB, seguida das fragilidades baixa, 23,36% e forte, 22,61%. As áreas de menores representatividades espaciais na área de estudo, são as fragilidades muito forte e muito baixa, que chegaram a 0,44% e 0,81 % respectivamente. Podem ser melhor observadas na tabela 5.

As áreas com maior fragilidade potencial média, possui declives de 6 a 20%, estão associadas às formações geológicas sedimentares (Grupo Barreira e Itapecuru), pedológicas friáveis (Neossolos Quartzarênicos e Argissolo Vermelho Amarelo), formas tabulares e colinas esparsas com vertentes de curvatura horizontal convergente, nesta configuração ocorre maior escoamento superficial durante o período chuvoso (Ross, 1992). Segundo Morais (2018) nestas vertentes foram encontradas o maior número de processos erosivos.

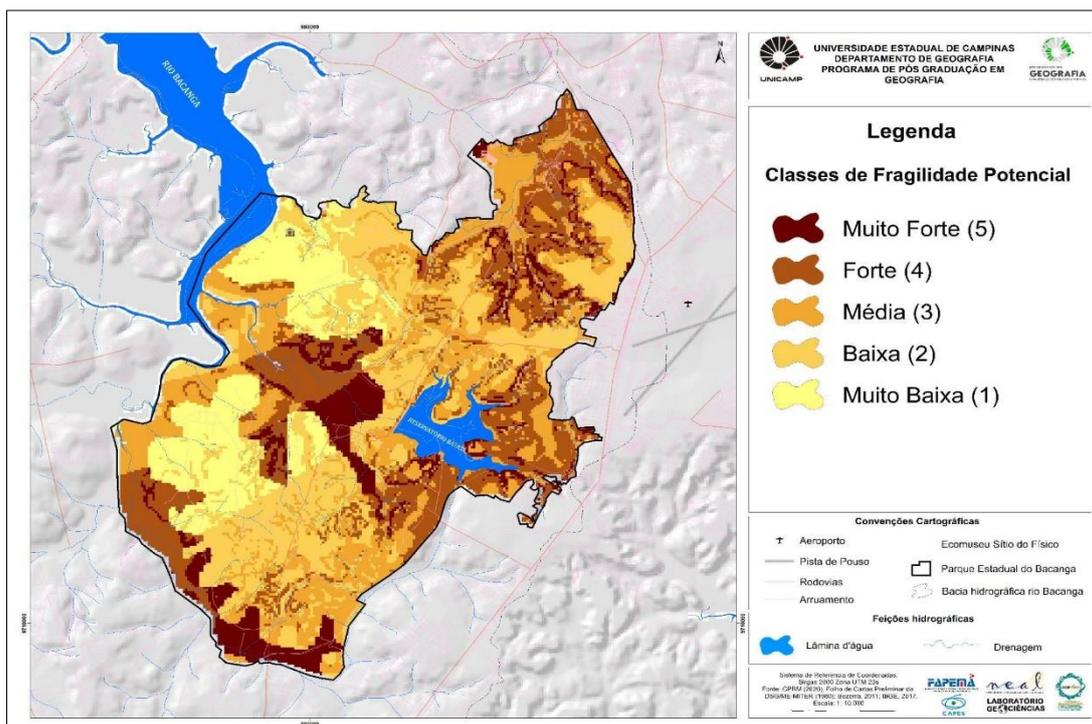


Figura 2 - Mapa de Fragilidade Potencial do Parque Estadual do Bacanga.
Fonte: Própria.

Tabela 5: Distribuição da Fragilidade Potencial do PEB.

Classes	Área	
	Valor relativo (%)	Valor absoluto (Km ²)
Muito forte (5)	0,44	0,13
Forte (4)	22,61	6,72
Média (3)	50,29	14,95
Baixa (2)	23,36	6,94
Muito baixa (1)	0,81	0,24
Áreas não mapeadas*	2,49	0,75
Total	100	29,73

Fonte: Própria.

Área não mapeada devido a dificuldade na leitura do pixel e consequente indicação de classe. *

Após o cruzamento dos fatores competentes a Fragilidade Potencial, foi anexado ao trabalho o fator uso e cobertura, onde foi possível resultar na Fragilidade Emergente, visto que neste caso, a ação antrópica no meio pode gerar danos ambiente, que somados aos aspectos naturais corroboram como por exemplo para degradação do meio.

3.2. Fragilidade Emergente

A sobreposição dos componentes naturais associados ao uso e cobertura da terra, está representada no mapa de Fragilidade Emergente do PEB. Neste resultado foi possível identificar as vulnerabilidades muito baixa ou nula, baixa, média, forte e muito forte.

As áreas correspondentes a Vegetação Secundária Mista e de Manguezal foram classificadas como grau de fragilidade muito baixo, destaca-se que nessas áreas é possível aferir uma menor suscetibilidade a processos erosivos, por exemplo, visto que as características desse tipo de vegetação geram uma “proteção” ao solo, minimizando drasticamente os impactos e possível fragilidade no local.

Pois essa perspectiva é evidenciada por vários autores, como por exemplo Santos e Marchioro (2020), onde afirmam que mesmo diante de declividades acentuadas e solos suscetíveis à erosão, a cobertura da terra ameniza a fragilidade. Ou seja, o tipo de cobertura vegetal pode proporcionar maior ou menor nível de fragilidade no ambiente, o que resultou em seu grau de intensidade muito baixo.

Quanto a área construída percebe-se a necessidade de indicar esse fator com fragilidade do tipo média, visto que, apesar dos danos causados ao meio devido a construções, empreendimentos, entre outros, nesses locais, o nível de fragilidade é considerado pontuais e não ocupam uma espacialização muito ampla, apesar disso, destaca-se que seu uso de forma irregular pode gerar significativos danos.

Mesmo havendo baixa fragilidade potencial em relação à erosão, determinadas áreas podem sofrer influência pela ocupação da terra existente sobre elas. Isso ocorre pela diminuição do grau de proteção, aumentando o escoamento superficial e proporcionando a erosão linear e laminar, tornando essas áreas instáveis e fragilizadas (Traficante *et al.*, 2017).

Já as gramíneas foram analisadas de maneira mais detalhada em relação a cobertura vegetal, visto que, esse tipo de formação em determinadas áreas não gera um nível adequado ou satisfatório de proteção ao solo, possibilitando de acordo com o local, um nível de fragilidade mais elevado, neste estudo sendo classificada como forte.

Quanto a classificação da fragilidade emergente, destaca-se como nível mais alto, a falta da cobertura vegetal e até mesmo de uma área construída, ou seja, o solo exposto. O solo em condições de exposição às intempéries climáticas e ações irregulares do ser humano, potencializam ao solo exposto a ocorrência de processos erosivos, visto que não há nenhuma proteção natural ou artificial que diminua a ação da água da chuva por exemplo, no solo.

Tabela 6: Distribuição da Fragilidade Emergente do PEB.

Classes	Área	
	Valor relativo (%)	Valor absoluto (Km ²)
Muito forte (5)	0,53	0,16
Forte (4)	19,34	5,75
Média (3)	57,92	17,22
Baixa (2)	19,64	5,84
Muito baixa (1)	0,20	0,006
Áreas não mapeadas*	2,37	0,754
Total	100	29,73

Fonte: Própria.

Área não mapeada devido à dificuldade na leitura do pixel e consequente indicação de classe. *

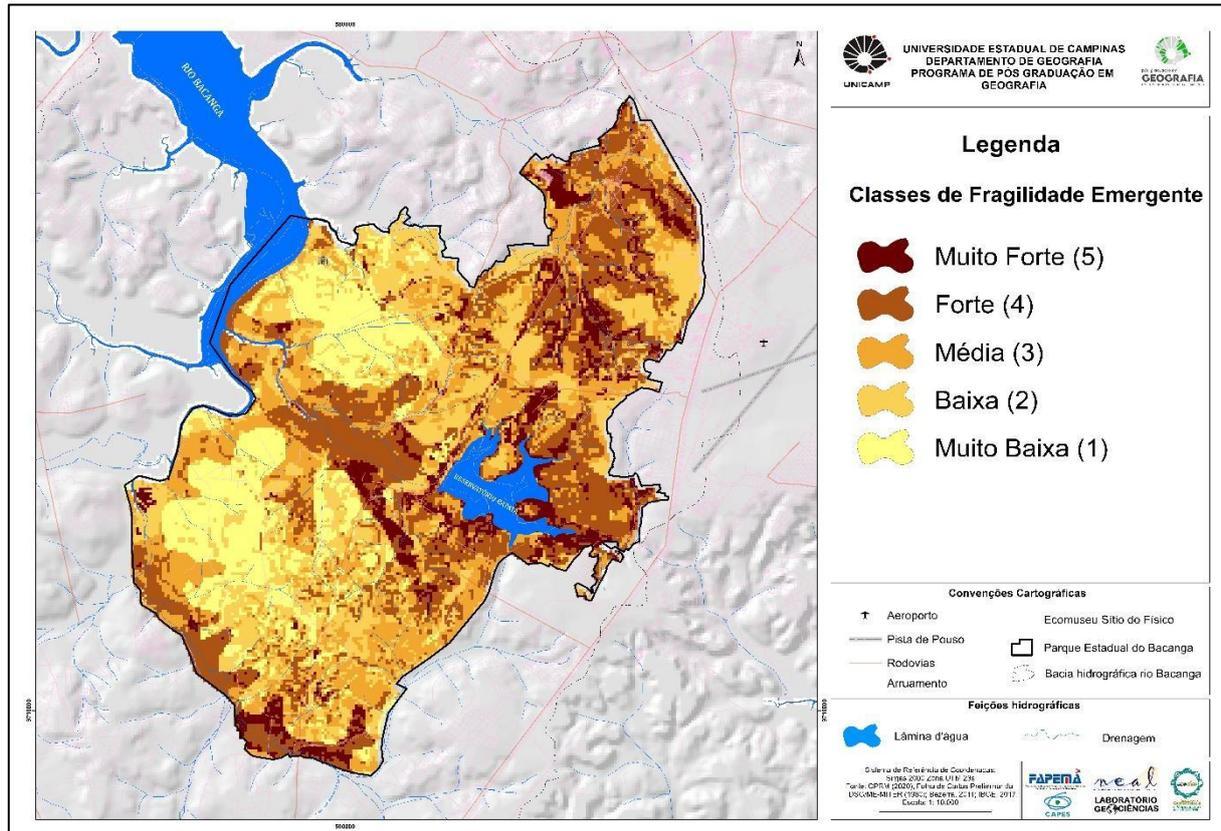


Figura 3 - Mapa de Fragilidade Emergente do Parque Estadual do Bacanga.

Fonte: Própria.

De acordo com a Tabela 6 e a Figura 3 foi possível aferir que a área espacializada correspondente a fragilidade emergente média é superior a todas as outras classes apresentadas, ocupando uma área de aproximadamente 17,22 km², ou seja, mais da metade da área do parque.

Quanto às classes forte e baixa apresentaram resultados equivalentes, apesar disso, com a grande área ocupada pela classe média, somada a área correspondente a forte fragilidade emergente, indica um alerta significativo quanto às consequências que o ambiente do parque pode sofrer.

Ressalta-se que, a fragilidade potencial leva em consideração os parâmetros e fatores que resultam na fragilidade emergente, acrescido do uso e cobertura da terra, desta forma uma das informações pertinentes a ambos tipos de fragilidade corresponde a declividade, que em tese gera uma probabilidade maior de fragilidade no ambiente, apesar disso, em específico, na fragilidade potencial, se essa área de declividade mais acentuada possuir uma cobertura vegetal densa, é possível concluir que sua fragilidade aos impactos relacionados a processos erosivos diminuem, mas, é justamente a ação antrópica que pode proporcionar alteração nesses resultados em seu uso irregular.

A aceleração dos processos morfogenéticos no parque está relacionada à expansão urbana, sem planejamento, pois a pequena amplitude altimétrica e a baixa declividade das unidades geomorfológicas não oferecem limitações para o uso e ocupação do solo, ocasionando o surgimento

de vários problemas socioambientais, dentre eles, o surgimento e evolução de processos erosivos acelerados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como finalidade apresentar os estudos vinculados a Fragilidade Ambiental do Parque Estadual do Bacanga, onde sua importância para a cidade e até Estado, ultrapassa os padrões apenas ambientais, vinculando-o também a todo contexto histórico.

Para o alcance dos objetivos propostos nesse trabalho quanto a fragilidade ambiental, foram avaliados os fatores relacionados a: pedologia, densidade do solo, índices pluviométricos, declividade e uso e cobertura da terra, este último utilizado somente nos dados correspondentes a fragilidade emergente.

Quanto a fragilidade potencial, a maior abrangência de classes foi a média, ocupando uma área de aproximadamente 14,95 km², nessa classificação e peso mais evidente para o tipo de solo, assim como a declividade foi de grande importância para a pesquisa. Nesse nível médio apresenta declividade de 6 a 12%, os tipos de solos correspondem a área urbana, assim como também há presença de Argissolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Quartzarênico, quanto aos índices pluviométricos equivalentes a 2.234 - 2.260 mm, sua densidade do solo analisada como 0,77 – 1,66.

Já na fragilidade emergente, com a junção dos dados de uso e cobertura, os resultados indicaram maior predominância da classe média com 17,22 km², que, apresenta os dados acima mencionados, mais que se acrescenta a área construída.

Em concordância com os dados apresentados neste trabalho, verificou-se que a fragilidade no Parque Estadual do Bacanga, apontadas para as classes de média (maior abrangência) e alta, como indicativo somente para substituição de orientação. Justamente por isso, é comum encontrarmos exemplos de processos erosivos no Parque.

Desta forma, conclui-se que o uso e cobertura da terra, em destaque junto a fragilidade potencial, tem grande importância nesses estudos, assim como a ação antrópica, que se ocorrer de forma irregular pode deixar o solo exposto, proporcionando maior facilidade na ocorrência de processos erosivos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) que desde 2016 vem apoiando o desenvolvimento da pesquisa, através dos processos nº 88882.167431/2018-01/ Acordo CAPES/FAPEMA e 88887.510964/2020-00 finalizados em 2018 e

2022 respectivamente. Atualmente financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA através do processo nº BD-10767/22.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. N. *et al.* Dinâmica da Paisagem no Estudo da Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente das Sub-Bacias do Rio Itacaiúnas - Município de Marabá (PA). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 03, p. 1586-1599, 2023.

BEZERRA, J. F. R. **Geomorfologia e Reabilitação de Áreas Degradadas por Erosão com Técnicas de Bioengenharia de Solos na Bacia do Rio Bacanga, São Luís – MA.** 2011. 249 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

BRASIL - MINISTÉRIO DO EXÉRCITO. **Cartas DSG.** Folha São Luís nº13, 21, 22, 23, 29, 30, 31, 38 e 39, 1980.

BRASIL. **Lei nº 9.985 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 (SNUC) e dá outras providências. Diário Oficial da União, 2000.

COSTA, F. H. dos S *et al.* Determinação da vulnerabilidade ambiental na bacia potiguar, região de Macau (RN), utilizando Sistemas de Informações Geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 58, n. 02, p. 119-127, 2006.

COSTA, E. S.; LEITE, E. F. Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Nioaque-MS. **Revista Geofronter**, Campo Grande, v. 8, p. 01-22. 2022.

COSTA, E. C. P.; SEABRA, V. S. Escala e Tempo na Análise da Paisagem. **Rev. Tamoios**, São Gonçalo, v. 15, n. 1, p. 46-56, 2019.

CHIRPS. CLIMATE HAZARDS GROUP INFRARED PRECIPITATION WITH STATIONS. **Climate Hazard Center – UC Santa Bárbara.** Disponível: https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/global_annual/tifs/. Acesso: 11 out. 2023.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W. *et al.* **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-22.

EMBRAPA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 412p.

FRANCO, G. B. *et al.* Relação qualidade da água e fragilidade ambiental da Bacia do Rio Almada, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, n. 1, p. 114-127, 2012.

INMET. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa.** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso: 11 out. 2023.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odesa: Instituto Plantarum. 2009. 352p.

MACIEL, F. M. G. P. A. **Parque Estadual do Bacanga em São Luís-MA: o fracasso de uma política institucional de conservação ambiental.** São Luís - Editora Pascal, 2022. 128p.

MARANHÃO. SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Diagnóstico Ambiental da Microregião da Aglomeração Urbana de São Luís.** Estudo Sócio-Econômico e Cultural. São Luís: Sema/MMA/PNMA, 1998.

MORAIS, M. S de. **Impactos socioambientais causados por processos erosivos em unidades de conservação: o caso do Parque Estadual do Bacanga, São Luís – MA.** 2018. 154 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luiz, 2018.

MORAIS, M. S de *et al.* Dinâmica do Uso e Cobertura da Terra do Parque Estadual do Bacanga, Ilha do Maranhão. **Ciência Geográfica**, v. 25, n. 4, p. 1-16, 2021.

MOREIRA, A. T. R. *et al.* **O Impacto da Ação Antrópica no Meio Ambiente: Aquecimento Global.** Revista Educação em Foco, v, 14, p.22-27, 2022.

OLIVEIRA NETO, V. P.; CARMO, J. A. A Gestão e a Proteção de Área de Preservação Permanente em Nova Canaã do Norte e Terra Nova do Norte, Mato Grosso. **Revista Equador (UFPI)**, v. 12, n. 3, p. 29-54, 2023.

PINHEIRO JÚNIOR, J. R. *et al.* Análise temporal da paisagem do Parque Estadual do Bacanga utilizando Imagens dos Satélites SPOT-3 e CBERS-2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 1023-1030.

RIBEIRO, F. O. **Unidades de conservação como instrumento para o desenvolvimento de práticas turísticas sustentáveis um estudo sobre o Parque Estadual do Bacanga.** São Luís, UFMA. 2006. 154p.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. D.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia da paisagem: uma visão geossistêmica da análise ambiental.** Fortaleza: EDUFC, 2022. 332p.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade Ambiental dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 8, p. 63-74.1994.

TAGLIANI, C. R. A. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um Sistema Geográfico de Informações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 11., 2003. Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1657-1664.