

ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA A AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL EMERGENTE NOS MUNICÍPIOS DE SALVATERRA E SOURE-PA

Douglas Amon-há Campos Cardoso ¹
Kelven Ruan Pereira Rêgo ²
Luziane Mesquita da Luz ³

INTRODUÇÃO

Os municípios de Salvaterra e Soure, inerentes ao arquipélago do Marajó, na mesorregião de mesmo nome, experimentam um avanço nas tipologias de uso da terra associadas ao desenvolvimento urbano e da agropecuária, desde a segunda metade da década de 80 (MapBiomias, 2024). A mudança nas tipologias naturais implica em problemas multiescalares, envolvendo os diversos elementos da paisagem, que isoladamente já possuem suas fragilidades ambientais potenciais a partir dos seus fatores edáficos, mas que as tornam fragilidades ambientais emergentes quando combinadas a intervenção antrópica. Assim, é necessária uma análise multicritério adequada para o estudo da fragilidade destes ambientes em constante descaracterização, que contribua para o ordenamento e gestão de atividades de regeneração ambiental em municípios onde o turismo cresce aceleradamente, aumentando a mancha urbana com casas de segunda moradia, aparelhos urbanos de uso sazonal e interiorização da agropecuária.

A presente pesquisa objetivou identificar as áreas com diferentes graus de fragilidade em Salvaterra e Soure e, para tanto, foi necessário coletar dados *in loco* das variáveis selecionadas para análise multicritério; normalizar as variáveis com pesos ponderados nas bibliografias de Ross (1994) e Crepani *et al* (2001); elaborar mapas temáticos e unir as variáveis através da álgebra de mapas para a obtenção das cartas de fragilidade.

¹ Mestrando do Curso de Gestão de Riscos e desastres Naturais na Amazônia da Universidade Federal do Pará- UFPA, Douglasamongeo19@gmail.com;

² Graduado pelo Curso de Geografia da Universidade Federal do Pará- UFPA, Kelvenruan16@gmail.com;

³ Docente do Curso de Geografia da Universidade Federal do Pará - UFPA, Luzianeluz36@gmail.com

Os resultados trouxeram panoramas diferentes para os dois municípios limítrofes, através dos cálculos respectivos de fragilidade potencial e emergente. Áreas categorizadas com forte e muito forte grau de fragilidade estão presentes próximas a corpos d'água, onde ocorrem solos hidromórficos e inconsolidados, concomitantes a áreas de vegetação suprimida pela área urbana ou pela agropecuária. Este material engendrado pela pesquisa auxilia em ações estratégicas e de observância do comportamento dos elementos da paisagem em casos de risco associado à ocupação indevida de áreas de potencial fragilidade, também pode ajudar a identificar necessidades de regeneração vegetal, áreas de possíveis unidades de conservação, além de servir como instrumento estratégico de ação preventiva em caso de desastres.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

De 29 a 31 de maio de 2024 foi realizado um campo nos municípios de Salvaterra e Soure, respectivamente, para a análise e coleta de solos em pontos estratégicos. Dados geomorfológicos também foram coletados para uma posterior classificação taxonômica do relevo, além de informações pontuais georreferenciadas, que auxiliaram na construção dos mapas temáticos.

Os mapas foram elaborados em plataforma livre de sistematização de informação geográfica Quantum Gis, versão 3.36 *Maidenhead*, utilizando dados vetoriais e matriciais de bancos de dados livres nacionais e internacionais, como ANA (2019), IBGE (2023), BDIA (2024), MapBiomias (2022), PLANET (2024) e USGS (2024), com escala de 1: 270.000 e 1:250.000.

A fragilidade ambiental emergente baseou-se no método de Jurandyr Ross (1994). Foram escolhidas as variáveis de declividade e solos, para identificar a fragilidade potencial e combinar, posteriormente, a ação antrópica, a fim de apontar áreas de fragilidade emergente. Através da imagem SRTM do modelo digital de elevação de 30 metros de resolução, foi extraído o arquivo raster de declividade e normalizado com pesos equivalentes a classificação de relevo e declividade da Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA) (tabela 1). A atribuição de pesos à base de pedologia ocorreu a partir da ordem dos solos, onde foram atribuídos valores de 1 a 5 para cada tipo de solo identificado na área de estudo, baseados em Crepani *et al* (2001) e Ross (1994).

Tabela 1 - Pesos atribuídos às classes das variáveis adotadas.

Correlação variável-peso para fragilidade potencial e emergente		
Variável	Classe	Peso
Declividade (%)	0 - 3	1
	3 - 8	2
	8 - 20	3
	20 - 45	4
	< 45	5
Solos	Latossolo Amarelo	2
	Plintossolo Háptico	3
	Gleissolos	4
Uso e Cobertura da terra	Vegetação natural	1
	Pastagem	4
	Dunas, praias e areal	3
	Área urbanizada	3
	Outras áreas não vegetadas	3
	Rio, Lago, oceano	2

Adaptado de EMBRAPA; Ross, 1994 e Crepani *et al.*, 2001.

Foi utilizada a calculadora raster para álgebra de mapas, na qual foi inserida a primeira fórmula de média simples, embasada em Ross (1994): $d+s/2=FP$, onde **d** representa a declividade, **s** é a variável de solos e **FP** é a fragilidade potencial de ordem natural, a partir da combinação dos fatores edáficos de maior suscetibilidade a degradação. Após gerado raster de **FP**, pode-se atribuir o fator antrópico, para o raster final de fragilidade ambiental emergente (**FE**), e como fator antrópico, foi utilizado dados de uso e cobertura da terra (**u**), através da fórmula $FP+u/2=FE$.

REFERENCIAL TEÓRICO

O arranjo pedológico natural dos municípios, uma das variáveis selecionadas, é composto de 57,37% de Gleissolos, solo hidromórfico inconsolidado característico de áreas alagadas e sua disposição ocorre nas planícies litorâneas do Marajó, sejam estas fluviomarinhas ou fluviolacustres holocênicas. Para De França e Souza Filho (2006) estas planícies costeiras se limitam ao encontro de terraços e tabuleiros do Marajó e através de processos fluviomarinhas do quaternário desenvolvem ambiente lamoso e

arenoso, formando solos compressíveis, com uma declividade, outra variável selecionada, plana e levemente ondulada.

O Gleissolo tiomórfico órtico apresenta materiais sulfurosos em sua composição pedogenética e compreende principalmente as áreas de mangue do município de Soure, onde há a reserva extrativista marinha do município. Outro tipo de gleissolo que ocorre na área de estudo é o sálico, presente na porção norte de Soure, onde domina a formação campestre e apresenta sais solúveis em sua composição por influência do oceano atlântico. O gleissolo háplico, mais comum na região pela formação em ambientes permanentemente úmidos, como as áreas pantanosas do Marajó, se dispõe em ambos os municípios e representa a maior classe de solo em Salvaterra e Soure, com 33% de ocorrência (EMBRAPA, 2006).

Outra classe de solo que compõe as planícies costeiras do Marajó são os plintossolos, com 31,47% de ocupação da área estudada, que possuem alta plintitização e uma drenagem restrita, muito comum no pantanal mato-grossense. A esta classe atribuiu-se peso 3, em função do seu horizonte plíntico e manejo delicado, nesta unidade a cobertura da terra é, em maior parte, composta de vegetação herbácea de formação campestre.

O latossolo amarelo apresenta apenas 5,83% da área total de estudo, a este atribuiu-se o peso 2 em virtude da boa drenagem e ausência de minerais primários de fácil intemperização, além disso é a classe onde dispõe-se grande parte da formação florestal arbórea de influência fluviomarinha, que aumentam a estabilidade do solo. O latossolo amarelo em Salvaterra e Soure compreende a unidade geomorfológica dos tabuleiros do Marajó, de topo tabular e suave inclinação de média declividade, formando falésias nos limites das planícies fluviomarinhas.

Costa *et al* (2023) afirma a importância econômica de Soure e Salvaterra na transformação da condição de vila à cidade, através de políticas de ocupação que refletem hoje seus processos de urbanização. Atualmente, estes municípios destacam-se na produção de primários da agricultura, na pecuária e na extração vegetal, além de uma expressiva resposta às políticas públicas do Programa de Desenvolvimento do Ecoturismo na Amazônia Legal (PROECOTUR).

O crescimento populacional destes municípios implica a necessidade de instrumentos para a observância da relação homem-natureza e aplicação de diretrizes de zoneamento ambiental e estratégias de ordenamento territorial. As unidades de

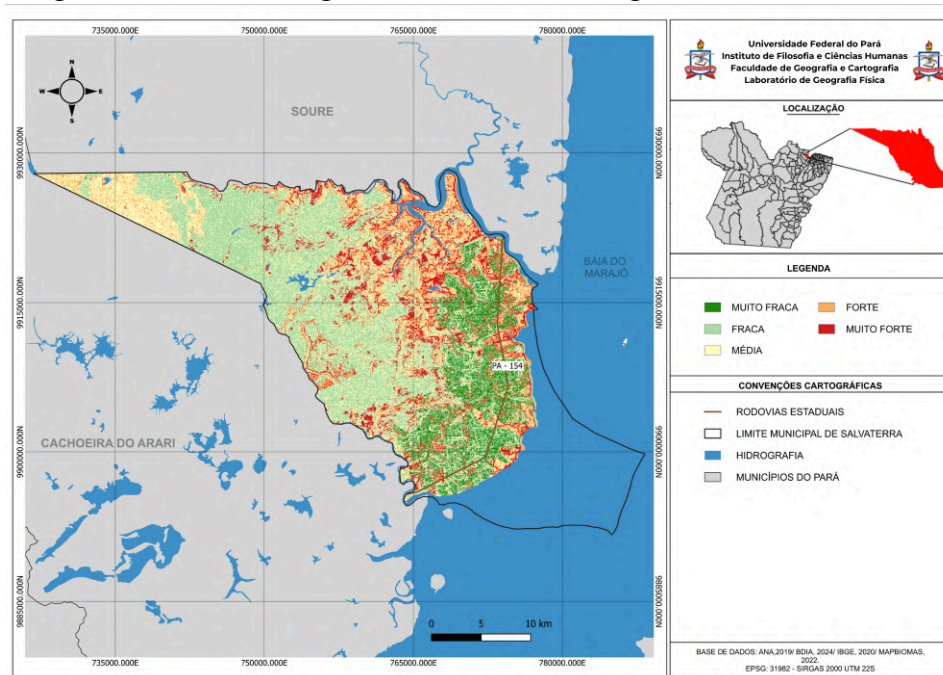
fragilidade indicam ambientes favoráveis à ocupação e outros onde necessitam-se técnicas adequadas de inserção. A fragilidade ambiental, por sua vez, a luz de Ross (1994), baseia-se na unidade ecodinâmica de Tricart (1997), onde, a partir da teoria dos geossistemas, as trocas de matéria e energia acontecem a partir do equilíbrio dinâmico e este pode ser rompido temporariamente ou permanentemente pela intervenção humana.

As unidades ecodinâmicas rompidas são tratadas como fragilidade emergente, onde houve intervenção antrópica, onde há modificação no equilíbrio através de intensas práticas econômicas sem conservacionismo. Já as unidades ecodinâmicas estáveis são as que apresentam equilíbrio dinâmico, mas por conta dos fatores naturais possuem instabilidade potencial previsível (NÖMBERG, REHBEIN, 2021). Assim, a fragilidade ambiental é o resultado da integração de informações, que segundo Ross (1994) para obter-se a carta de fragilidade ambiental potencial deve-se combinar os fatores naturais de declividade do relevo e os tipos de solo e assim obter a fragilidade ambiental emergente a partir da combinação dos dados de uso e cobertura da terra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os graus de fragilidade ambiental emergente (figuras 1 e 2) foram categorizados como muito fraca, fraca, média, forte e muito forte, já combinadas as classes de uso da terra à fragilidade potencial.

Figura 1 - Carta de fragilidade ambiental emergente de Salvaterra-PA



Fonte: Autores, 2024.

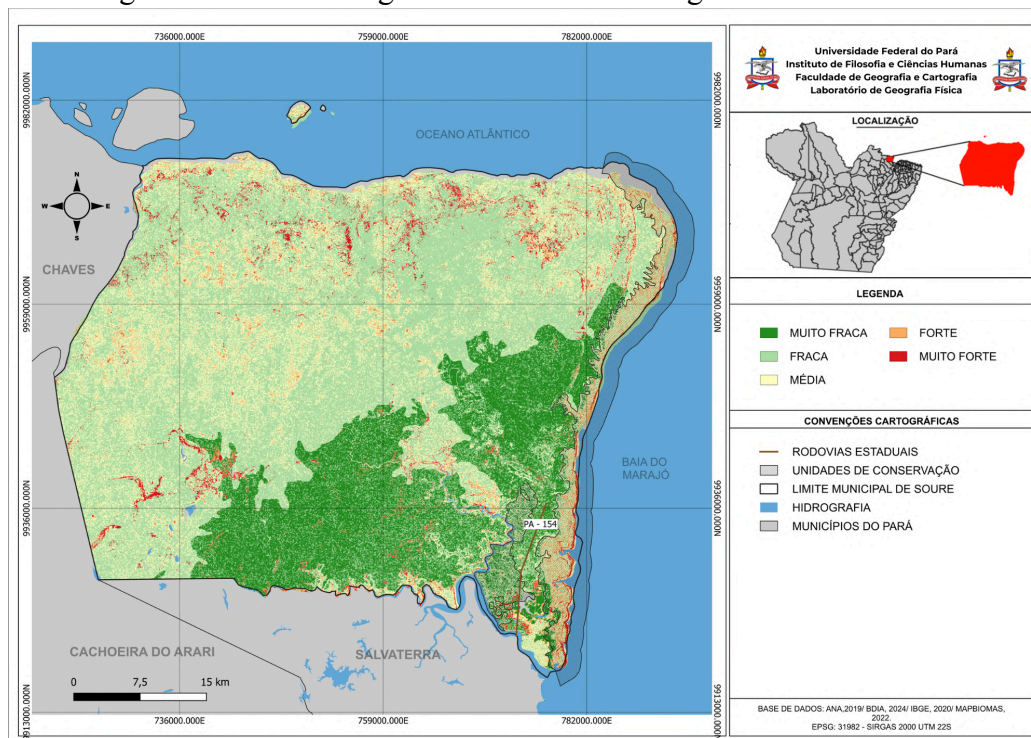
Em Salvaterra (Figura 1), o grau “muito fraca” corresponde a áreas de muito baixa fragilidade potencial, com porções de latossolo amarelo no relevo dos tabuleiros do Marajó, onde há a cobertura florestal natural, que protege os solos do impacto das chuvas com os dosséis latifoliados e fertilizam o solo com matéria orgânica, além da floresta alagável e da formação campestre em menores porções.

Em seguida, o grau “fraca” é composto, majoritariamente, de plintossolo háplico, onde domina a savana parque, os campos alagados e áreas pantanosas de formação natural e relevo plano, sem rochiosidade, apresentando uma fragilidade ambiental potencial de baixa a média e fragilidade emergente fraca. Já a área de média fragilidade emergente se dá em grandes quantidades ao redor dos corpos d’água, com a presença de diferentes tipos de solos hidromórficos, como os gleissolos, ponderados com peso 4 a partir da perspectiva de degradação, em função da má drenagem do solo e alta suscetibilidade ao processo de subsidência.

Os graus forte e muito forte são concomitâncias entre áreas de alta fragilidade ambiental potencial dos solos e declividade com áreas de uso antrópico, como pecuária, agricultura, mancha urbana e outras áreas não vegetadas. Estes caracterizam paisagens de baixa densidade vegetacional, onde a pastagem tem maior expressão. Isso indica a grande adesão das atividades antrópicas a locais planos, todavia associados a solos mais suscetíveis a erosão e potencializados pela falta de vegetação nativa, mas contíguos aos rios para a progressão das atividades. Em contrapartida, plantações de abacaxi e açaí em Salvaterra, que desempenham parte considerável do êxito econômico da agricultura municipal, apresentam grau muito fraco de fragilidade potencial e emergente em função do latossolo amarelo e do relevo plano e suavemente ondulado dos tabuleiros, além da baixa densidade de urbanização, na porção central do município.

Já no município de Soure (figura 2), o grau de fragilidade ambiental emergente muito fraca é apontada pela fragilidade potencial muito baixa e baixa associada a uma cobertura vegetal natural herbácea dominante, de formação pioneira com influências fluviais e lacustres em relevo plano e conservada, em grande parte. Já o grau de fragilidade fraca e média são semelhantes ao de Salvaterra, exceto pela maior extensão de gleissolos em Soure, embora similar disposição do grau médio ao redor dos corpos d’água.

Figura 2 - Carta de fragilidade ambiental emergente de Soure - PA



Fonte: Autores, 2024.

A forte e muito forte fragilidade emergente no município (figura 2) se dá pelo apontamento de áreas potencialmente frágeis naturalmente, com solos compressíveis ou colapsáveis, associadas a classes antrópicas de uso da terra, onde predomina a pecuária, e algumas áreas não vegetadas como praias, dunas e areais, que apresentam neossolo flúvico inconsolidado nas barras arenosas ou em intrusões no plintossolo ou gleissolo. A mancha urbana, neste caso, não indicou muito forte fragilidade emergente por estar assentada sobre área de baixa fragilidade potencial, sobre latossolo amarelo, de relevo plano e levemente ondulado dos tabuleiros do marajó, com pouca expansão rumo planície fluviomarina.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa identificou os ambientes onde o equilíbrio ecodinâmico tornou-se instável pela intervenção humana em Soure e Salvaterra, precisamente pelas tipologias de uso urbano e agropecuária. As políticas de integração territorial e turismo voltadas à Amazônia impulsionaram a expressão econômica dos municípios e, conseqüentemente, engendraram ambientes de fragilidade emergente muito forte em uma região onde as características holocênicas dos elementos da paisagem já apresentavam fragilidade

potencial forte. Apesar de imprescindíveis para o planejamento e manejo urbano, estas análises multicritério da relação homem-natureza são ausentes no plano diretor dos municípios estudados, recomenda-se o aumento de produtos técnicos científicos como este em documentos de diretrizes municipais e, futuramente, aplicações em diferentes escalas.

Palavras-chave: Fragilidade emergente; Equilíbrio dinâmico, intervenção antrópica, Paisagem, Risco.

REFERÊNCIAS

COSTA, S. M. F. et al. **De Lugares a Cidades: A Formação do Urbano na Ilha de Marajó, PA, e as Temporalidades.** In: Encontros Nacionais da ANPUR, 20., 2023, Belém. **Anais [...]**. Belém: ANPUR, 2023. Disponível em: <<https://anpur.org.br/anais-xxenanpur/>>. Acesso em: 12 mai. 2024.

CREPANI, E. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológicoeconômico e ao ordenamento territorial.** São José dos Campos: SAE/INPE, 2001. 103 p.

DE FRANÇA, C. F.; SOUZA FILHO, P. W. M. (2006). Compartimentação Morfológica Da Margem Leste Da Ilha De Marajó: Zona Costeira Dos Municípios De Soure E Salvaterra – Estado Do Pará. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, 7(1). <https://doi.org/10.20502/Rbg.V7i1.58>.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).** Brasília. SPI; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306p.

MAPBIOMAS. Coleção BETA de 2016 a 2022 da série anual de cobertura e uso da terra do Brasil, . Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/produtos/>>. Acesso em: 1 jun. 2024.

NÖRNBERG, S. O.; REHBEIN, M. O., 2020. Avaliação da fragilidade ambiental no município de Pelotas/RS. **Geosul**, v. 35, n. 76, p. 210-231. set./dez. 2020. <http://doi.org/10.5007/2177-5230.2020v35n76p210>

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo. v. 8. p. 63-74. FFLCH- USP, 1994. <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977. 97p.