



## Mapeamento e Análise da Fragilidade Ambiental do Município de Paripueira-AL Mapping and Analysis of the Environmental Fragility of the Municipality of Paripueira-AL

Aline Neves Silva<sup>1</sup>; Carlos Alberto Borba Schuler<sup>1</sup> & Nivaneide Alves de Melo Falcão<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Cartográfica, Centro de Tecnologia e Geociências.  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

Av. Acadêmico Hélio Ramos, S/N, 50740-530, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Avenida Lourival Melo Mota, S/N, 57072-900, Tabuleiro dos Martins, Maceió, Alagoas, Brasil

E-mails: alinevess@gmail.com; cschuler@ufpe.br; nivaneide.ufal@yahoo.com.br

Recebido em: 01/04/2019      Aprovado em: 28/06/2019

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2019\\_4\\_155\\_162](http://dx.doi.org/10.11137/2019_4_155_162)

### Resumo

O presente estudo teve como objetivo determinar e espacializar os índices de fragilidade ambiental do município de Paripueira-AL. Para a realização de tal objetivo foi utilizada metodologia proposta por Crepani et al., 1996, em que se fez necessário o conhecimento das características geoambientais da área de estudo, já que a metodologia propõe a integração dos mapas de pedologia, declividade, amplitude altimétrica e uso e ocupação do solo. Com a aplicação do método foi possível identificar que 8,63% do território do município apresenta uma fragilidade ambiental muito baixa; 34,0%, baixa; 9,36%, média; 24,0%, alta e 24,01% muito alta. A elaboração do mapa de fragilidade ambiental possibilitou o conhecimento dos índices de fragilidade ambiental, podendo servir futuramente como subsídio para a elaboração do plano diretor do município, fazendo com que o processo de expansão urbana tenha o menor impacto para o ecossistema local.

**Palavras-chaves:** Fragilidade ambiental, Características geoambientais, Expansão urbana

### Abstract

The present study aimed to determine and spatialize the environmental fragility indexes of the municipality of Paripueira-AL. In order to achieve this objective, a method proposed by Crepani et al., 1996 was used in which it was necessary to know the geoenvironmental characteristics of the study area since the method proposes the integration of pedology maps, slope, altimetric amplitude, and use and occupation of the soil. With the application of the method, it was possible to identify that 8.63% of the territory of the municipality has a very low environmental fragility; 34.0%, low; 9.36%, average; 24.0%, high, and 24.01% very high. The elaboration of the map of environmental fragility made it possible to know the environmental fragility indexes and may serve as a subsidy for the elaboration of the municipal master plan, allowing the process of urban expansion to have the least impact on the local ecosystem.

**Keywords:** Environmental fragility, Geoenvironmental characteristics, Urban expansion



## 1 Introdução

O crescimento populacional e a expansão do tecido urbano, quando acontecem de forma desordenada, modificam profundamente o espaço geográfico. Estas alterações impulsionam o crescimento urbano em áreas inadequadas para moradia, como planícies de inundação e áreas de encostas (CEPED-RS/UFRGS, 2016).

O desenvolvimento tecnológico, científico e econômico das sociedades humanas contribuiu, indubitavelmente, com o avanço e exploração dos recursos naturais (Donha *et al.*, 2005). Em função desta realidade se faz cada vez mais necessário o planejamento territorial, levando em consideração a fragilidade ambiental da localidade que esteja passando pelo processo de crescimento do tecido urbano.

O surgimento do Sensoriamento Remoto possibilitou o monitoramento da dinâmica ambiental de uma região, permitindo o acompanhamento, de modo mais eficiente da evolução dos processos antrópicos através de análises multitemporais. (Teruya Jr. *et al.*, 2018).

A fragilidade ambiental é uma medida da sensibilidade intrínseca dos ecossistemas às pressões ambientais, associadas também a quaisquer ameaças que sejam capazes de perturbar o equilíbrio de um sistema (Ratcliffe, 1971), ou seja, a fragilidade ambiental está diretamente ligada à susceptibilidade do sistema de sofrer com intervenções ou modificações podendo ser elas naturais ou antrópicas.

A área de estudo do presente trabalho é o município de Paripueira-AL que durante os últimos anos vem passando por um acelerado processo de expansão urbana. Devido a esse fator e a riqueza ecológica do município, que nele tem compreendido parte Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais, é de suma importância a espacialização da fragilidade ambiental da área, permitindo assim uma melhor compreensão do sistema ambiental local.

Nesta perspectiva o presente trabalho teve como objetivo principal o mapeamento da fragilidade ambiental do município de Paripueira-AL.

## 2. Área de Estudo

A área de estudo encontra-se na região denominada de leste alagoano, possui uma área mu-

nicipal de 92,70Km<sup>2</sup> (Alagoas, 2012). Limita-se ao norte com o município de Barra de Santo Antônio, ao sul e a oeste com Maceió e a leste com o Oceano Atlântico, como pode ser visualizado na figura 1.

Faz parte da Área de Proteção Ambiental (APA) Costa dos Corais, integrando o Parque Municipal Marinho. Paripueira ainda possui uma Reserva Particular do Patrimônio Nacional (Alagoas, 2012). De acordo com o último censo de 2010, realizado pelo IBGE, a população do município é de 11.347 habitantes e uma densidade demográfica de 122,05 hab/km<sup>2</sup> para um total de 5012 domicílios residenciais. Porém, o número de residências não ocupadas, mas com uso ocasional (veraneio) chega a 35,55% da totalidade de domicílios particulares identificados pelo IBGE em 2010.

O município situa-se entre os rios Sapucaí e Sauacuí, que determinam os limites sul e norte do município. No que se refere à geologia, o município encontra-se inserido na Bacia Sedimentar de Alagoas, aflorando a Formação Barreiras, com altitudes de 20 a 80 metros e os sedimentos de praia e aluvião, da época Quaternária, apresentam altitude média de 5 metros. A principal ocorrência mineral é a halita (Alagoas, 2012).

Quanto à geomorfologia, é composta por duas unidades bem definidas: tabuleiros costeiros e a planície costeira. Os tabuleiros costeiros apresentam topos planos e estreitos. A planície costeira é composta por terraços marinhos (Pleistocênico e Holocênico), recifes de coral e algas, arenito de praia e mangues. Em seus aspectos pedológicos o município apresenta em seus tabuleiros com áreas tipificadas como argissolos vermelhos, vermelho-amarelo e latossolos. Já sua planície costeira apresenta solos mais jovens como neossolos quartezarênico.

Com relação ao clima, o município é classificado como tipo As', descrito como tropical chuvoso, com temperaturas superiores a 20°C. A amplitude térmica anual gira em torno dos 6°C, mas durante os dias podem variar desde a máxima chegando a 31°C e mínima a 19°C. O período chuvoso da região vai de outono-inverno, concentrada nos meses de abril a agosto, meses que correspondem ao período da quadra chuvosa típica do litoral do estado de Alagoas.

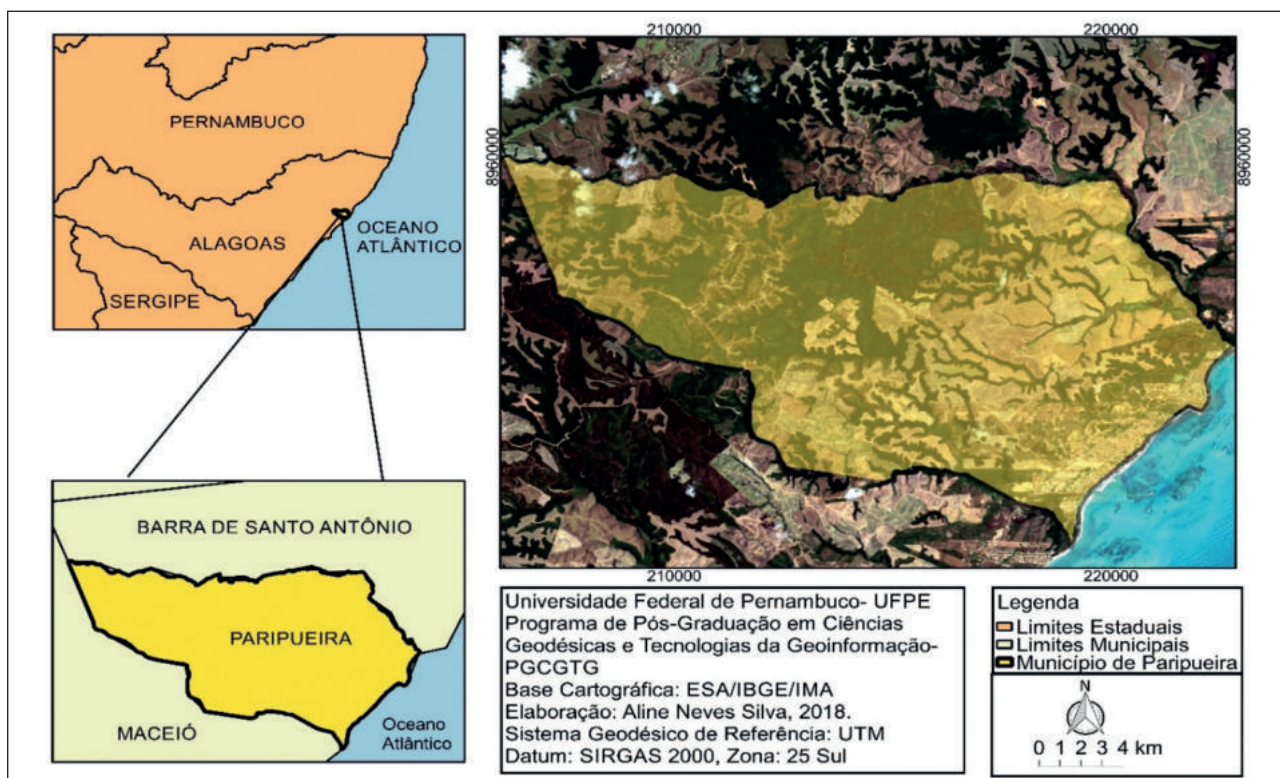


Figura 1 Localização da área de estudo.

A cobertura vegetal da área está diretamente ligada à planície costeira e aos tabuleiros costeiros. Na planície predomina a vegetação rasteira e pouco densa, *Iponoea pescaprae* (salsa de praia), *Sporobolus virginicus* (capim barba de bode) e *Cocos nucifera L.* (coqueiro) (Albuquerque, 2016). Já na área dos tabuleiros costeiros a vegetação predominante é a cana-de-açúcar e algumas áreas de mata atlântica.

### 3 Material e Métodos

#### 3.1 Levantamento da Base Cartográfica

A base cartográfica no formato vetorial foi adquirida de forma gratuita através do site do Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas (IMA). No que se refere ao banco de dados das imagens no formato raster, as mesmas foram adquiridas de forma gratuita através dos sites da *United States Geological Survey* (USGS) e da *European Space Agency* (ESA).

#### 3.2 Elaboração dos Mapas das Características Geoambientais Escolhidas

Para a realização da referida metodologia se fez necessário a integração dos conhecimentos acer-

ca das características geoambientais da área de estudo. A integração dos dados teve início com a geração de arquivos vetoriais e matriciais da localidade de estudo. Nessa etapa do trabalho foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento do software QGIS, versão 2.14.18, tendo como produto final a produção dos mapas temáticos das características geoambientais escolhidas, sendo elas: declividade do relevo, amplitude altimétrica, uso do solo e pedologia, levando em consideração a metodologia proposta por Crepani *et al.*, (1996).

Para a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo foram utilizadas três cenas do satélite Sentinel 2B, disponibilizadas pelo site da *European Space Agency* (ESA), datadas de 24 de novembro de 2016, órbita 9, cena 66. A imagem foi escolhida devido à baixa porcentagem de nuvens. Utilizando o software QGIS, foi realizado o mosaico das imagens, das bandas 04, 03 e 02, que correspondem a composição RGB. Após a geração do mosaico foi realizada a classificação supervisionada, para a geração do mapa de uso e ocupação do solo, onde foram deter-

minadas três classes de ocupação e uso (vegetação, cultivo agrícola e área construída).

No que se refere à confecção do mapa de declividade foram utilizados os dados disponibilizados pela Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária a partir de padrão estabelecido, em plano (< 3%), suave ondulado (3 a 8%), ondulado (8 a 20%), forte ondulado (20 a 45%), montanhoso (45 a 75%) e escarpado (>75%). Já o mapa de amplitude altimétrica foi elaborado a partir do modelo digital de elevação (MDE) das imagens SRTM, obtidas no *United States Geological Survey* (USGS) com resolução espacial de 30 metros.

A tipificação pedológica foi realizada utilizando os dados fornecidos pelo site da Embrapa, com escala de 1: 500.000, sendo a classificação realizada a partir dos dados morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos da área.

### 3.3 Confecção do Mapa de Fragilidade Ambiental

Para obtenção do mapa final de fragilidade ambiental foi utilizado o método de Crepanie *et al.* (1996), em que os níveis de fragilidade ambiental analisados recebem pesos de 1 a 3. O método foi adaptado levando em consideração as características geoambientais escolhidas do município de Paripueira-AL.

A metodologia de análise multicritério é desenvolvida a partir da atribuição de pesos para as variáveis que representam índices de fragilidade ambiental (Silva, 2014). Sendo a metodologia aplicada na área de estudo, através da relação entre as atividades de uso e ocupação do solo e suas características geoambientais da localidade.

A partir dos mapas gerados na caracterização geoambiental, foi elaborado um mapa final por meio do método de álgebra dos mapas, ou seja, a aplicação de operações aritméticas, dos mapas pedológicos, declividade, altimétrico e uso do solo, de acordo com o que preconiza Assis *et al.* (2017).

Para a elaboração do mapa de fragilidade ambiental final foi usada a calculadora raster do QGIS, onde todas as características foram multiplicadas por

seus determinados níveis de fragilidade (Quadro 1) e a partir destas classificações foram geradas outras imagens.

Elementos	Características	Pesos
Uso do solo	Vegetação	1
	Cultivo Agrícola	2
	Áreas Construídas	3
Declividade	Plano	0
	Suave ondulado	0,5
	Ondulado	1
	Forte Ondulado	1,5
	Montanhoso	2
	Escarpado	2,5
Solos	Latossolos	1
	Argissolos	
	Solos de Mangue	2
	Neossolos	
	Gleissolos	3
	Área Urbanizada	
Amplitude Altimétrica	0	1
	5 – 30	1,5
	35 - 55	2
	60 - 70	2,5
	75 - 90	3

Quadro 1 Níveis de fragilidade para as características no Município de Paripueira-AL

Os níveis de fragilidade foram classificados em: Muito baixa, Baixa, Média, Alta e Muito alta. O cálculo foi feito através da análise multicritério, onde foi realizado o cruzamento de cada classe com seus respectivos pesos e para o cálculo final foi feita uma média das características conforme a Equação 01.

$$F = \frac{Vd + Vus + Vip + Vaa + Vs}{5} \quad (1)$$

Em que: F = Fragilidade; Vd = Variável para declividade; Vus = Variável para uso do solo; Vip = Variável para intensidade pluviométrica; Vaa = Variável para amplitude altimétrica; Vs = Variável para os tipos de solos.

## 4 Resultados e Discussão

Os sistemas ambientais podem responder de diversas maneiras às intervenções antrópicas nos componentes da paisagem, como declividade, solo,

clima, recursos hídricos e cobertura vegetal. Realizar o mapeamento da fragilidade ambiental de uma determinada área permite que sejam identificadas as localidades mais frágeis e que merecem maior atenção, pois sua má utilização pode resultar no comprometimento de todo sistema (Valle *et al.*, 2016).

As intervenções antrópicas nas regiões litorâneas na maioria das vezes não levam em consideração a dinâmica natural de equilíbrio da paisagem (Santos, 2017). Sendo assim, ocorre de forma cada vez mais desordenada, transformando a paisagem sem a mínima preocupação com a proteção das estruturas morfológicas e cobertura vegetal. A falta de infraestrutura que atenda às necessidades básicas da população residente como saneamento básico acaba contaminando os corpos d'água e os solos, já que os resíduos são despejados sem receber o devido tratamento.

O estudo da fragilidade ambiental auxilia no diagnóstico das áreas em desequilíbrio, podendo assim nortear as intervenções futuras e corrigir os problemas presentes. O meio antrópico é parte fundamental para entendimento do processo sen-

do, portanto, de fundamental importância levar em consideração as potencialidades dos recursos naturais e as fragilidades dos ambientes. (Ross,1994; Sporn, 2004).

A partir da aplicação dos processos metodológicos foram gerados quatro mapas temáticos das características geoambientais da localidade, sendo elas representadas nas figuras 2 e 3.

Com a espacialização dos indicativos de fragilidade ambiental no município (Figura 4) foi perceptível que os locais onde se encontram a maior concentração de índice muito alto são justamente nas áreas de transição entre a planície costeira e os tabuleiros costeiros, locais em que estão concentradas também declividades classificadas como escarpada, que justamente são as áreas de encostas.

Ocupadas majoritariamente pela população de baixa renda do município. As áreas com o grau muito alto são localidades suscetíveis principalmente a movimento de massas e a processos erosivos (Figura 5). Na área que corresponde a Planície Costeira observaram-se os cinco níveis de fragilidade, sendo

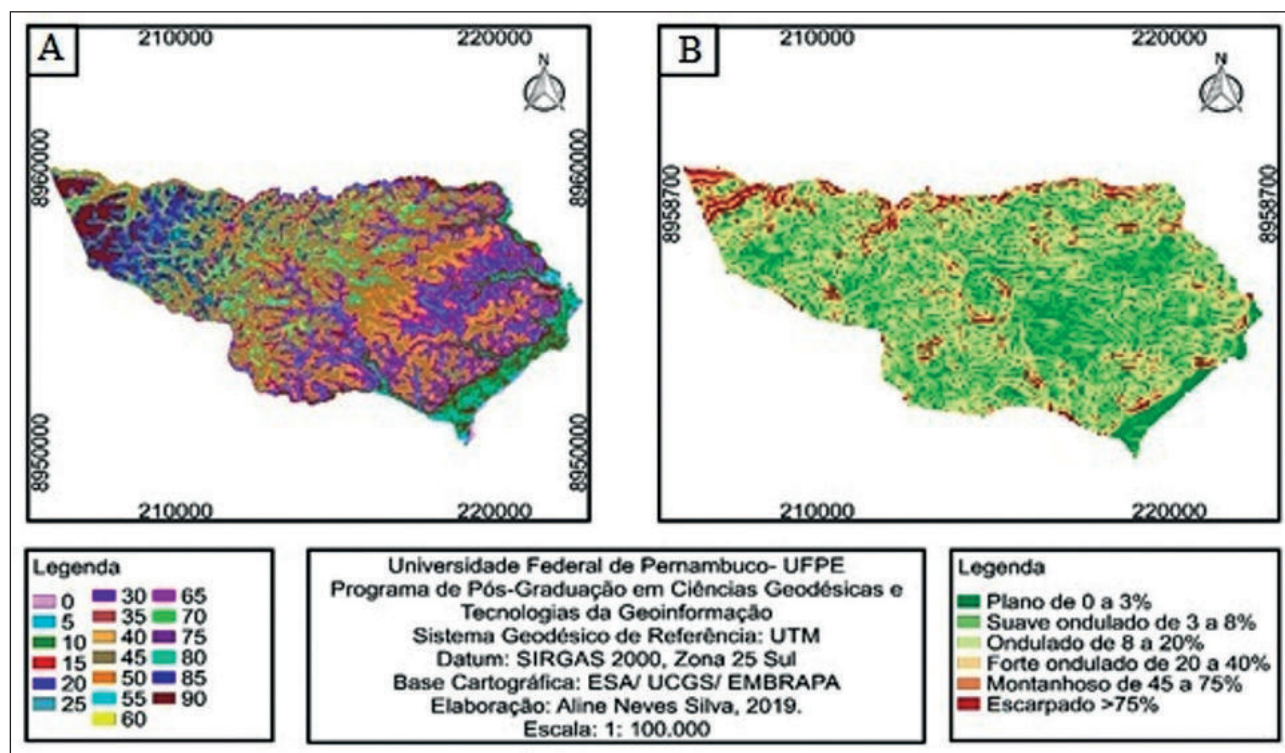


Figura 2 A. Amplitude Altimétrica; B. Declividade.

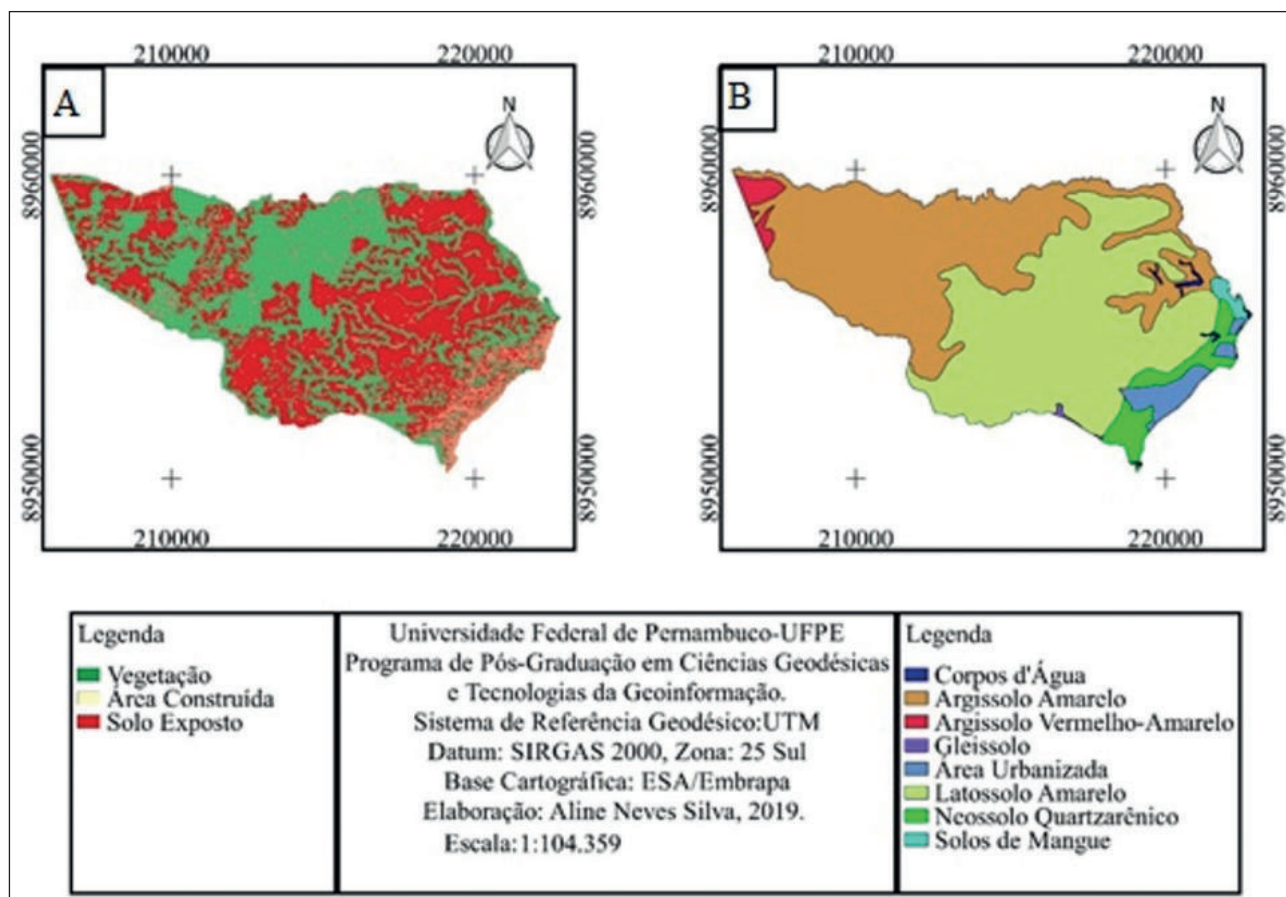


Figura 3A. Mapa de uso e ocupação do solo; B. Mapa pedológico.

elas decorrentes dos fatores de ordem natural do sistema, resultantes dos processos costeiros e dos processos antrópicos.

A partir do resultado do mapa de fragilidade ambiental do município de Paripueira-AL, foi possível identificar o grau de intensidade e a distribuição das intervenções antrópicas, onde se inclui os aspectos geológicos, geomorfológicos, declividade e pedologia e uso e cobertura da terra para obter as classes de fragilidades encontradas na área de estudo.

Após a realização dos cálculos de fragilidade ambiental do município de Paripueira-AL, encontrou-se a totalidade que cada classe de fragilidade ocupa dentro do município, como é demonstrado na tabela 1.

Observamos que cerca de 24,01% da área de estudo pertence à classe de fragilidade ambiental muito alta e isso ocorre devido as suas características ambientais.

Intervalos	Classes	Área (Km <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
0 - 0,199	Muito Baixa	7,43	8,63
0,200 - 0,399	Baixa	31,471	34
0,400-0,599	Média	8,462	9,36
0,600 - 0,799	Alta	21,961	24
0,800 - 1	Muito Alta	22,265	24,01

Tabela 1 Classes de Fragilidade Ambiental.

Já na área que corresponde à feição geomorfologia tabuleiros costeiros, observou-se a presença também das cinco classes de fragilidade. A localidade é ocupada principalmente pelo cultivo da cana de açúcar, que torna a região suscetível a degradação do solo e a contaminação dos corpos hídricos que cortam o Município. Também foi possível observar a presença de áreas de solo exposto o que acarreta problemas de erosão, podendo acarretar surgimento de sulcos, ravinas e voçorocas.

Na localidade em que se encontram os canais de drenagem, os depósitos fluviomarinhos, com pre-

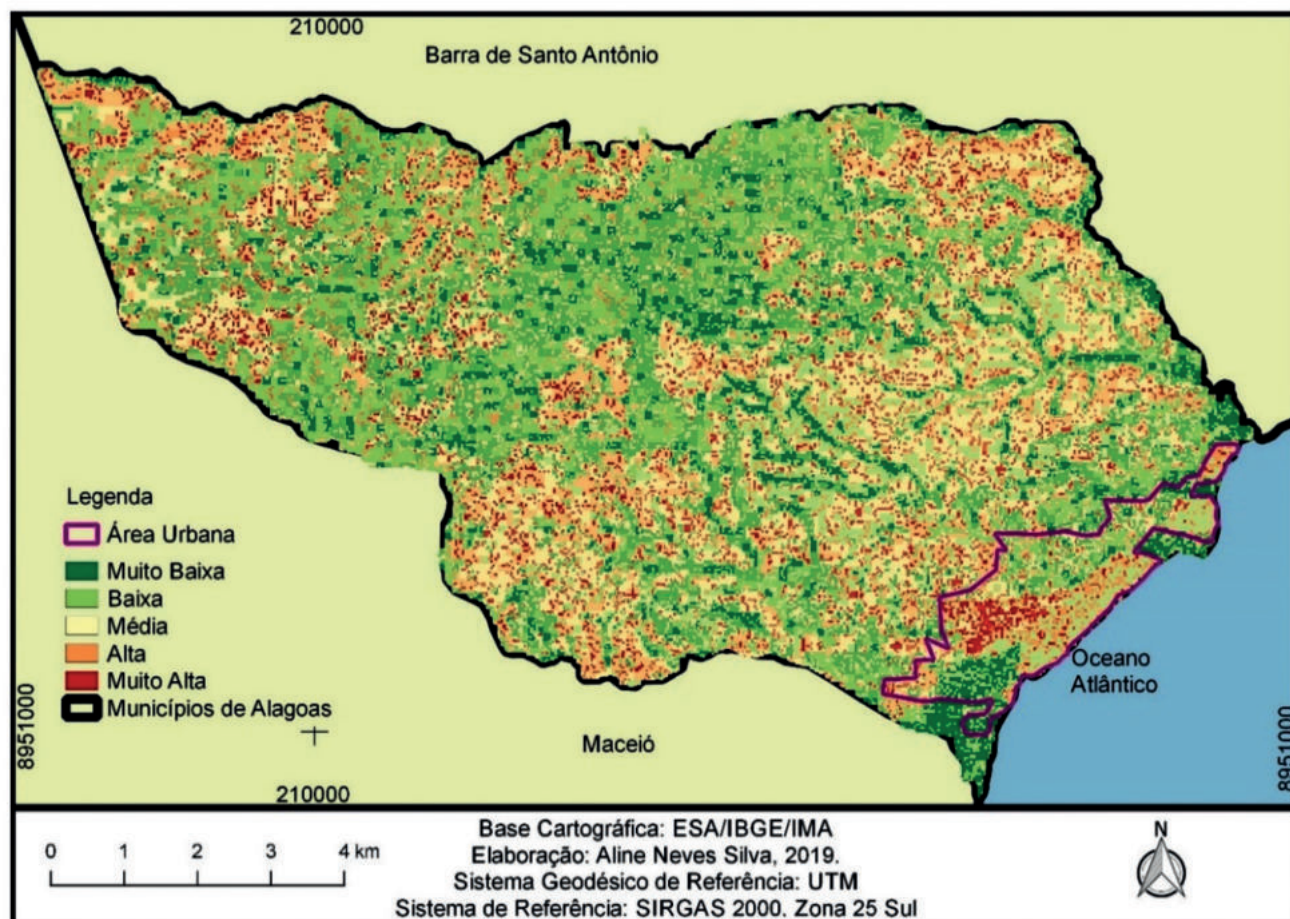


Figura 4 Mapa da Fragilidade Ambiental do Município de Paripueira-AL.



Figura 5 Área de encosta do município de Paripueira-AL.

dominância de pastagem, apresentam grau de fragilidade baixa e média. Isto ocorre devido à cobertura vegetal presente e a baixa ocupação. Em áreas em que existe a presença dos manguezais o índice de fragilidade varia entre baixa, média e alta. Este fenômeno acontece devido a localidade estar sujeita aos processos morfodinâmicos fluviais, marinhos, eólicos e antrópicos.

## 5 Conclusões

O documento cartográfico correspondente a espacialização da fragilidade ambiental municipal, possibilitou a identificação das áreas e seus respectivos graus de fragilidade ambiental, podendo assim servir de subsídio para os gestores municipais na elaboração de um futuro zoneamento da área em estudo, fazendo com que o processo de expansão urbana tenha o menor impacto ambiental possível.

Com o levantamento *in loco* foi possível comprovar uma intensa ocupação na área da planície costeira, nas encostas e nas margens dos rios, sendo todas essas áreas consideradas áreas suscetíveis a algum tipo de desastre, que nos últimos anos tem acontecido de forma mais intensa no período da quadra chuvosa do município. Ao longo da visita ao município percebeu-se também a instalação de vários condomínios novos e o surgimento de novos aglomerados urbanos no topo do tabuleiro costeiro.

Constatou-se que as áreas de transição geomorfológicas são as localidades que apresentam a maior concentração populacional do território em estudo e essa localidade também apresenta a maior concentração de índices de fragilidade ambiental muito alta, necessitando assim de uma atenção especial do poder público.

Através do mapa de fragilidade ambiental observou-se que as áreas onde a urbanização ainda não atua diretamente e a vegetação foi preservada os índices de fragilidade encontrados são muito baixo a baixo.

Com os resultados apresentados destacamos que a planície costeira do município requer uma atenção especial devido ao ecossistema frágil ali encontrado. As áreas de mangue e restinga precisam

ser preservadas devido ao seu elevado grau de importância para o equilíbrio ecológico local. Sendo assim, a urbanização da região tem que começar a levar em consideração os níveis de fragilidade local.

## 6 Referências

- Alagoas. 2012. *Enciclopédia dos municípios de Alagoas*. Alagoas, 3ª Edição, 635p.
- Albuquerque, A.L.S. 2016. *Evolução urbana e caracterização geoambiental da planície costeira do município de Paripueira - Alagoas*. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Alagoas, Dissertação de Mestrado, 105p.
- Assis, A.P.O.; Giongo, P.R.; Silva, J.H.T.; Pesquero, M. A & Gomes, L. F. 2017. Susceptibilidade erosiva da bacia hidrográfica do córrego da formiga, Quirinópolis, GO- Brasil. *Revista Espacios*, 38(42): 2-11.
- CEPED-RS/UFRS. 2016. *Mapeamento da Vulnerabilidade à Áreas Suscetíveis à Inundações e Deslizamento em 8 Municípios do Rio Grande do Sul- Igrejinha*. Porto Alegre, UFRGS. 200p.
- Crepani, E; Medeiros, J.S.; Hernandez, P.F; Florenzano, T.G; Duarte, V. & Barbosa, C.C. F. 1996. *Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico*. São José dos Campos, INPE Brasil, 103p.
- Donha, A.G.; Souza, L.C.P & Sugamoto, M.L. 2006. Determinação da Fragilidade Ambiental Utilizando Técnicas de Suporte à Decisão e SIG. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10(1): 175-181.
- Embrapa, 2017. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. Missão QuickBird. Disponível em: <[https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao\\_quickbird.html](https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_quickbird.html)>. Acesso em: 27 de nov. 2017.
- Esa, 2018. European Space Agency. Technical Guides: Sentinel-2. Disponível em: <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>>. Acesso em: 01 de set. 2018.
- Ratcliffe, D.A. 1971. Criteria for the selection of nature reserves. *Advancement of Sciences*, 27(1): 294-296.
- Ross, J.L.S. 1994. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, 8(1): 30-45.
- Santos, C.N.C. 2017. *Entre o litoral Sul de Sergipe e o litoral Norte da Bahia: onde as políticas territoriais se encontram*. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Sergipe. Tese de Doutorado, 157p
- Silva, I.A.S. 2014. *Clima e arenização em Gilbués-Piauí: dinâmica das precipitações e a vulnerabilidade da paisagem aos eventos pluviiais intensos*. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás, Dissertação de Mestrado 184p.
- Spörl, C. 2007. *Metodologia para a Elaboração de Modelos de Fragilidade Ambiental Utilizando Redes Neurais*. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 221p.
- Spörl, C. & Ross, J.L.S. 2004. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. In: GEOSP - ESPAÇO E TEMPO, São Paulo, 2004. Trabalho Completo, São Paulo, USP, p.39-49.
- Teruya Jr., H.; Lastoria, G.; Correa, L.C; Dalmas, F.B & Paranhos, A.C.F. 2018. Vulnerabilidade Natural e Ambiental da Bacia Hidrográfica Rio Formoso, Mato Grosso do Sul. *Anuário do Instituto de Geociências- UFRJ*, 41: 41-50.
- Valle, I.C.; Francelino, M.R.; Pinheiro, H. & Saraiva, K. 2016. Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. *Floresta Ambiente*, 23(2): 295-308.