



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

BRUNA NAYANE DE JESUS SOUZA SANTOS

**ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DO MUNICÍPIO DE PORTO
DA FOLHA (SE): ESTUDO DE CASO APLICADO À GESTÃO TERRITORIAL**

São Cristóvão, 2026



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Trabalho final apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Sergipe, como parte integrante dos requisitos para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador (a)

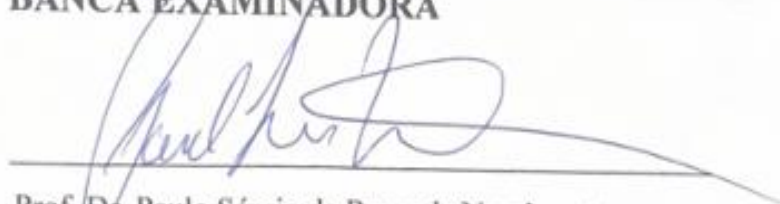
São Cristóvão, 2026

Trabalho apresentado e aprovado em 24 de julho de 2026 pelo Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Sergipe para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

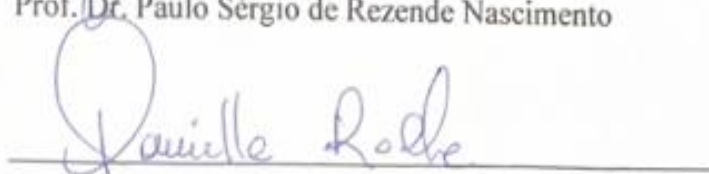


Prof. Dr. Paulo Sérgio de Rezende Nascimento
Orientador

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Paulo Sérgio de Rezende Nascimento



Profa. Dra. Daniella Rocha



José Alves Bezerra Neto
Engenheiro Ambiental e Sanitarista

Zoneamento ecológico-econômico do município de Porta da Folha (SE): estudo de caso aplicado à gestão territorial

Resumo: As crescentes transformações da paisagem decorrentes das mudanças climáticas e das interferências antrópicas têm intensificado os desafios do planejamento ambiental, especialmente em regiões semiáridas, onde a irregularidade pluviométrica, a suscetibilidade à degradação ambiental e as limitações socioeconômicas ampliam a vulnerabilidade territorial. No semiárido sergipano, esse cenário reforça a necessidade de instrumentos técnicos capazes de orientar o ordenamento territorial, o uso do solo e a gestão sustentável dos recursos naturais. Nesse sentido, este trabalho teve como propósito elaborar o Zoneamento Ecológico-Econômico Municipal (ZEEM) como subsídio ao planejamento e à gestão territorial. A metodologia fundamentou-se na integração de técnicas de geoprocessamento e na análise multicritério por meio do Processo Analítico Hierárquico (AHP), permitindo a elaboração do mapa de fragilidade ambiental, representativo da suscetibilidade do meio físico frente as intervenções antrópicas, e do mapa de potencial social, que sintetiza as condições de desenvolvimento socioeconômico do território. A associação desses produtos possibilitou a definição das zonas de gestão territorial, estabelecidas conforme os diferentes níveis de potencialidades, restrições e criticidades para o desenvolvimento sustentável. Conclui-se que a metodologia empregada demonstrou elevada eficiência na sistematização de informações ambientais e socioeconômicas, fornecendo uma base técnica consistente para a tomada de decisão. Além disso, recomenda-se a aplicação do ZEEM como instrumento de apoio às políticas públicas municipais, ao planejamento territorial e ambiental e à sua atualização periódica com novas bases de dados e indicadores, visando ao aprimoramento contínuo de sua capacidade de orientar a gestão sustentável do território.

Palavras-chave: Planejamento territorial; fragilidade ambiental; análise multicritério.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças ambientais observadas nas últimas décadas reforçam a necessidade de conciliar o desenvolvimento econômico com a conservação dos recursos naturais. Esse cenário resulta do agravamento das mudanças climáticas, da degradação ambiental, da perda da biodiversidade e da expansão de áreas suscetíveis à desertificação (Ayoub et al., 2024). Além disso, o aumento dos eventos climáticos extremos e das pressões antrópicas sobre os ecossistemas impõe novos desafios à gestão territorial. Nesse contexto, torna-se indispensável adotar instrumentos de planejamento que orientem o uso sustentável dos recursos naturais e fortaleçam a resiliência socioambiental (Di Giulio et al., 2024). Nesse contexto, organismos internacionais e governos nacionais têm fortalecido a integração entre políticas ambientais e estratégias de desenvolvimento, em consonância com a Agenda 2030 das Nações Unidas (Martins et. al., 2024).

No Brasil, o planejamento ambiental e territorial é respaldado por um conjunto de instrumentos legais que buscam conciliar crescimento econômico, conservação ambiental e redução das desigualdades socioespaciais. Destacam-se a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei nº 6.938/1981, e a Constituição Federal de 1988, que fortaleceram o conceito de desenvolvimento sustentável, consolidado pela Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92) (Martins; Brando, 2023). A Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/2009) reforçou a integração entre as políticas climáticas e o ordenamento territorial para adaptação e mitigação dos impactos ambientais. Segundo Lemos et al. (2018) e MMA (2017), esse processo requer o alinhamento entre o poder público, o conhecimento técnico-científico e a participação da sociedade.

No contexto do semiárido, as particularidades da Caatinga, bioma exclusivamente brasileiro, evidenciam a importância do planejamento ambiental. O bioma ocupa cerca de 10,1% do território nacional (IBGE, 2019) e desempenha papel estratégico na regulação climática e no sequestro de carbono. Mendes et al. (2025) demonstraram que a Caatinga atua como um eficiente sumidouro de carbono, removendo cerca de $7,7 \text{ t Cha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ da atmosfera, desempenho superior ao de outras florestas secas do mundo.

Estudos recentes demonstram que a Caatinga exerce papel relevante na remoção de CO_2 e na regulação do ciclo global do carbono (Costa et al., 2025). Entretanto, o bioma permanece sob intensa pressão antrópica, decorrente do desmatamento, da expansão agropecuária e da degradação dos solos, somada a ação das mudanças climáticas (Ribeiro et al., 2009; Santos et. al., 2023). Em Sergipe, embora o desmatamento tenha diminuído, persistem pressões sobre a vegetação nativa, reforçando a necessidade de planejamento ambiental e conservação (MapBiomias, 2025).

De acordo com (Ayres et. al., 2023), o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) é um importante instrumento de ordenamento territorial, voltado à conciliação dos interesses econômicos, sociais e ambientais. Instituído pela Política Nacional do Meio Ambiente e regulamentado pelo Decreto nº 4.297/2002, orienta a ocupação do território com base em suas potencialidades, fragilidades ambientais e condicionantes socioespaciais. Além disso, o ZEE subsidia o ordenamento territorial e o licenciamento ambiental, desempenhando papel estratégico no planejamento (Itani, 2025).

Contudo, a aplicação dessa estrutura legal ainda é desigual no território brasileiro. Historicamente, as metodologias de Zoneamento Ecológico-Econômico concentraram-se

na Amazônia Legal, em razão de sua relevância ambiental (Ferreira, 2018). Em Sergipe, o Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC), instituído pela Lei nº 9.146/2022, representa um avanço na zona costeira, enquanto o interior do estado, especialmente em escala municipal, permanece com lacunas no planejamento territorial (Tagliani, 2016).

Segundo Montañó et al. (2007) e Santos (2022), essa deficiência compromete o planejamento de regiões semiáridas, onde as diretrizes devem considerar as características hidroclimáticas e socioeconômicas locais. Nesse contexto, o ZEE municipal integra instrumentos como o plano diretor e o licenciamento ambiental, orientando o uso do território conforme suas potencialidades e limitações, reduzindo conflitos de uso do solo e subsidiando políticas públicas de desenvolvimento sustentável (Santos e Ranieri, 2013).

Para enfrentar essa realidade no município de Porto da Folha, localizado no Alto Sertão sergipano, o planejamento territorial deve fundamentar-se na análise da fragilidade ambiental (Teixeira et al., 2021; Macedo et al., 2021). Essa abordagem baseia-se nos princípios da Ecodinâmica de Tricart (1977), que interpreta a paisagem como um sistema dinâmico de fluxos de matéria e energia. Sua aplicação incorpora as relações entre pedogênese e morfogênese propostas por Ross (1994) e os procedimentos metodológicos de Crepani et al. (2001) para avaliação da vulnerabilidade ambiental. Dessa forma, é possível identificar áreas mais suscetíveis às intervenções antrópicas e subsidiar o planejamento territorial. Como destacado por Santos (2015) e Medeiros (2018), a integração de mapas de fragilidade ambiental e potencial social permite orientar o desenvolvimento sustentável com maior precisão técnica.

Para o diagnóstico da fragilidade ambiental, é necessária a integração de parâmetros físicos e bióticos em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), permitindo a avaliação da vulnerabilidade ambiental (Medeiros et. al., 2024). Embora diversas metodologias tenham sido propostas para avaliar e classificar a degradação ambiental, o mapa de fragilidade destaca-se por identificar as áreas mais suscetíveis a alterações em sua dinâmica natural (Lira et. al, 2022).

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) viabilizam diagnósticos voltados ao planejamento ambiental e territorial. Segundo (Pereira; Moscardi ; Moita Neto, 2023). essas ferramentas permitem integrar variáveis complexas e representar espacialmente gradientes de fragilidade. Associado ao SIG, o Método de Análise Hierárquica (AHP), proposto por Saaty (1990), permite ponderar critérios socioambientais e reduzir a

subjetividade na tomada de decisão (Bezerra Neto; Nascimento; Barros, 2022). Dessa forma, a integração entre ferramentas geoespaciais e análise multicritério fortalece a elaboração de instrumentos técnicos para o planejamento municipal (Santana; Silva; Maciel, 2025), e à tomada de decisão por órgãos públicos e privados.

Dessa forma, a presente pesquisa tem como objetivo desenvolver uma proposta preliminar de Zoneamento Ecológico-Econômico para o município de Porto da Folha (SE). Para isso, buscou-se: i) estruturar um banco de dados georreferenciado; ii) elaborar mapas temáticos do meio físico, biótico e socioeconômico; iii) selecionar e hierarquizar critérios socioambientais; iv) aplicar o método AHP e a álgebra de mapas na elaboração dos mapas de fragilidade ambiental e potencial social; e v) gerar o mapa-síntese do ZEE e avaliar seu potencial como instrumento de apoio à gestão territorial e à tomada de decisão.

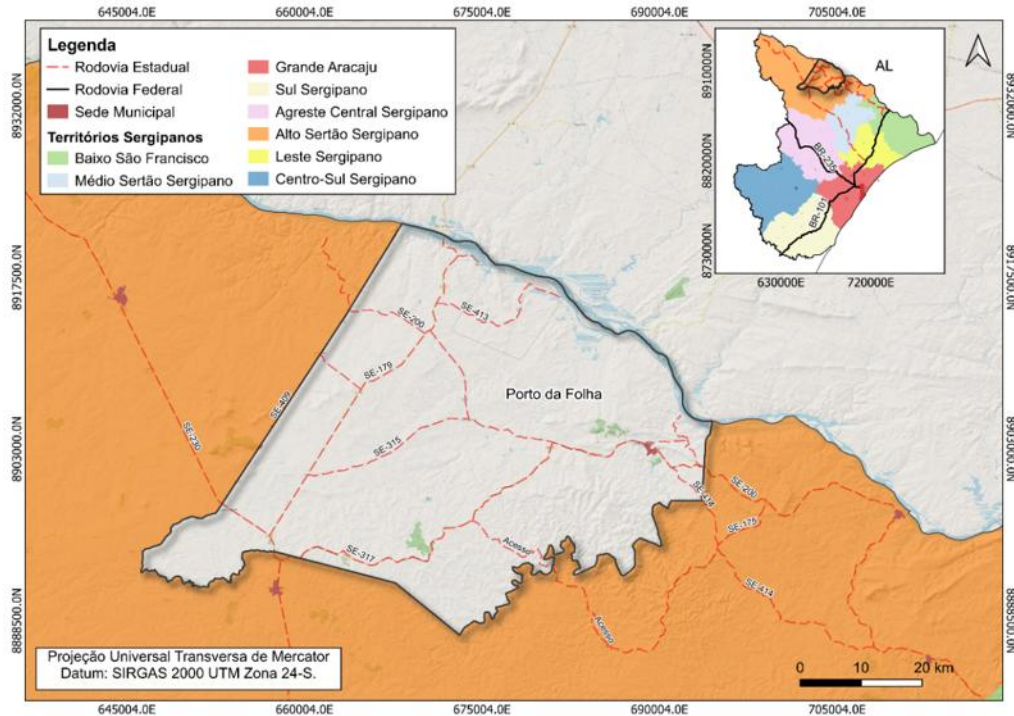
2. MATERIAL E MÉTODO

O município de Porto da Folha localiza-se no extremo noroeste do estado de Sergipe, no território do Alto Sertão Sergipano, inserido na região semiárida. Limita-se ao norte com o Estado de Alagoas, a leste com o município de Gararu, a oeste com Poço Redondo e, ao sul, com Nossa Senhora da Glória e Monte Alegre de Sergipe. Possui área territorial de 878,044 km² (EMDAGRO, 2025). O deslocamento rodoviário é definido pelas coordenadas geográficas iniciais 10°54'23,8" S e 37°05'54,9" W (saída de Aracaju) e finais 09°54'54" S e 37°16'46" W (sede municipal). O acesso ao município, a partir da capital, ocorre pelas rodovias federais e estaduais BR-235, BR-101, SE-452 e SE-200, totalizando um percurso de aproximadamente 179 km (Figura 1).

Para a realização deste estudo, foram utilizados o Modelo Digital de Elevação (MDE) do Projeto Topodata, com resolução espacial de 30 m; bandas espectrais Red e NIR das imagens do satélite Sentinel-2, com resolução espacial de 10 m, adquiridas em 12 de dezembro de 2025, representando o período de estiagem, e em 26 e 29 de abril e 09 de maio de 2025, representando o período chuvoso; dados vetoriais da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Sustentabilidade e Ações Climáticas de Sergipe, do Serviço Geológico do Brasil (SGB); dados de uso e cobertura da terra da Coleção 10 do Projeto MapBiomas, referentes a 2025, com resolução espacial de 30 m; dados demográficos, socioeconômicos e domiciliares do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2011); o software de geoprocessamento QGIS (versão 3.40.13); e o software SpiceLogic AHP (versão

4.2.7), utilizado para o AHP. Adicionalmente, foram adquiridos dados do Tribunal Regional Eleitoral (TRE), da Secretaria de Estado da Fazenda (SEFAZ), do Censo Agropecuário do IBGE (2017) e do Mapa de Aptidão Agrícola das Terras do Brasil, disponível na escala 1:500.000 (EMBRAPA, 2025), os quais foram utilizados para a análise do meio socioeconômico.

Figura 1. Mapa de localização e acesso à área de estudo

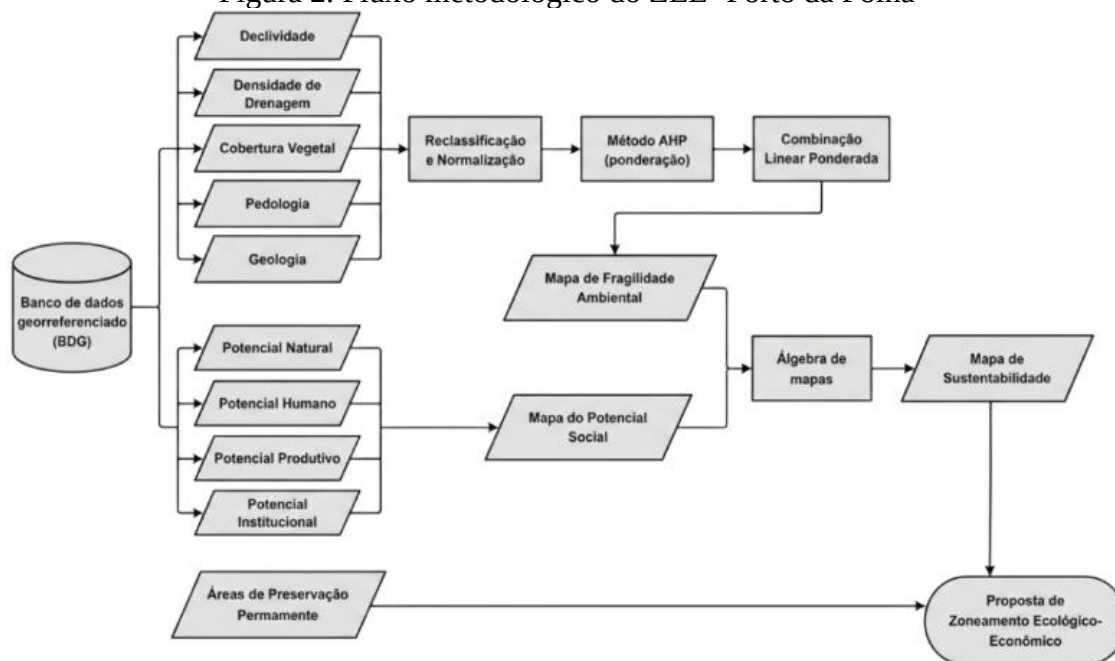


Fonte: Autora (2026).

A aplicação metodológica para elaboração da proposta de Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) municipal foi estruturada em etapas sequenciais de integração de dados geoespaciais e análise multicritério em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Os principais procedimentos metodológicos são apresentados na Figura 2.

Inicialmente, foram selecionados os critérios físicos, bióticos, sociais e econômicos provenientes de bases oficiais, os quais subsidiaram a construção de um banco de dados georreferenciado (BDG). Para o processamento e a análise dos dados, utilizou-se o software de geoprocessamento QGIS (versão 3.40.13). O BDG foi estruturado na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum SIRGAS 2000, Zona 24 Sul.

Figura 2. Fluxo metodológico do ZEE- Porto da Folha



Fonte: Autora (2026).

O mapa de declividade foi elaborado a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), reprojetado para o sistema de referência adotado no estudo, recortado para a área de interesse e submetido à verificação da consistência altimétrica. Em seguida, aplicou-se a ferramenta Slope para calcular a declividade da superfície, cujos valores foram posteriormente reclassificados conforme os intervalos estabelecidos pela Embrapa (1999): 0–3% (plano), 3–8% (suave ondulado), 8–20% (ondulado), 20–45% (forte ondulado), 45–75% (montanhoso) e >75% (escarpado), resultando no mapa de declividade utilizado nas análises subsequentes.

A confecção do mapa de cobertura vegetal fundamentou-se na aplicação do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI), proposto por Huete (1988). O índice foi calculado a partir das bandas do vermelho (RED) e do infravermelho próximo (NIR) das imagens Sentinel-2 do ano de 2025, utilizando o fator de ajuste do solo (L), conforme a equação 1. Sua aplicação foi adotada por minimizar a interferência espectral do solo exposto sobre a resposta da vegetação, característica particularmente relevante para estudos de fragilidade ambiental no bioma Caatinga (Caetano; Castro; Benfica, 2022).

$$SAVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED+L)}(1+L) \quad (1)$$

Onde: NIR = banda B8; RED = banda B4; e L = fator de correção do solo.

O cálculo do índice SAVI foi realizado para os períodos de estiagem (dezembro) e chuvoso (abril/maio). De acordo com Carvalho (2017): $L = 1$ seria adequado para áreas com pouca cobertura vegetal; $L = 0.5$ para áreas com cobertura intermediária; $L = 0.25$ para áreas muito densas. O presente trabalho adotou o valor de $L = 0.25$ para os períodos chuvosos, devido a alta cobertura vegetal nesta época e $L = 0.50$ para o período de seca, que apresenta cobertura vegetal mais esparsa.

É importante destacar que as imagens referentes ao período chuvoso apresentam cobertura de nuvem acima de 10%, portanto, foram submetidas ao mascaramento de nuvens, sombras e demais pixels de baixa qualidade por meio da reamostragem e reclassificação da banda *Scene Classification Layer* (SCL), garantindo maior confiabilidade radiométrica dos dados (Baetens et. al., 2019). Em seguida, a camada binária obtida foi associada as bandas B8 (NIR) e B4 (Red) de cada data selecionada gerando camadas com pixels limpos da influência atmosférica. Em seguida, as camadas SAVI geradas para o período chuvoso foram integradas por meio da operação mediana resultando em uma composição temporal.

Com o objetivo de representar a condição média da cobertura vegetal ao longo do ciclo hidrológico sazonal, o $SAVI_{\text{chuvoso}}$ e o $SAVI_{\text{estiagem}}$ foram integrados por média ponderada, utilizando a ferramenta de álgebra de mapas. O produto gerado corresponde ao mapa síntese da cobertura vegetal, cujos valores variam entre -1 e 1. Valores negativos estão associados a corpos hídricos, enquanto valores próximos de zero indicam solos expostos e superfícies impermeabilizadas. Por sua vez, valores positivos representam diferentes tipos de cobertura vegetal, como cultivos agrícolas, gramíneas, vegetação arbustiva e formações florestais, sendo que valores mais próximos de 1 indicam maior densidade e vigor vegetativo (Silva et. al, 2024).

Para a confecção do mapa de densidade de drenagem, que expressa o grau de dissecação do relevo e a eficiência da rede hidrográfica em drenar as águas superficiais, foram extraídos os vértices dos dados vetoriais da rede de drenagem. A partir dos vértices extraídos, aplicou-se o método de densidade Kernel, conforme Kawamoto (2012). O estimador de densidade Kernel é expresso pela Equação 2. Considerando que um ponto P representa uma localização qualquer em R e $P_1, P_2, \dots, P_n$ representam as localizações dos n eventos, o estimador da função de densidade $f_R(P)$ é dado pela Equação 2.

$$f_R(P) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R^2} k\left(\frac{P - P_i}{R}\right) \quad (2)$$

Onde: $f_R(P)$: função de densidade kernel; n : número de eventos; R : raio de influência; k : função de estimação (quártica, triangular, uniforme, gaussiana, epanechnikov); P : informação pontual como dado de entrada.

Para a aplicação do estimador, é necessária a obtenção de dois parâmetros básicos: o raio de influência (R) e a função de estimação (K), definidos pelas Equações 3 e 4, respectivamente.

$$R = \bar{X} \pm \bar{X}_\sigma \quad (3)$$

Onde: $\bar{X}$ média da distância média; e $\bar{X}_\sigma$ média do desvio padrão.

Inicialmente, calculou-se o raio de influência a partir da matriz de distâncias, com base na metodologia proposta por Rizzati et al. (2020). Esse procedimento estima o raio pela subtração e adição da média das distâncias entre os pontos ao respectivo desvio-padrão, permitindo definir um valor mais representativo para a distribuição espacial dos eventos. Neste estudo, adotou-se o raio de influência R de 8432,54 m, por apresentar a melhor distribuição espacial dos dados, considerando uma escala de 100 m².

$$K = \left(1 - \left(\frac{r}{h}\right)^2\right)^2, \text{ para } \frac{r}{h} \geq 1 \quad (4)$$

Onde: r = Raio centrado no ponto s ; h = Largura de banda; K = Função Kernel.

Por fim, aplicou-se o método de estimativa de densidade Kernel para identificar as áreas com maior concentração da rede de drenagem, conforme proposto por Santos e Nascimento (2019). Esse procedimento proporciona uma estimativa não paramétrica da densidade de drenagem em toda a área de estudo, permitindo a geração de uma superfície contínua e representativa, inclusive em regiões sem registros de drenagem (Kawamoto, 2012).

Para possibilitar a integração das variáveis por meio da álgebra de mapas, os critérios foram previamente reclassificados e normalizados para uma escala comum de valores, eliminando diferenças de unidades de medida e amplitudes de variação. Esse procedimento garantiu a compatibilização dos dados e evitou que variáveis com maiores valores absolutos influenciassem desproporcionalmente o resultado da modelagem espacial (Zuffo et al., 2002; Sampaio, 2012).

Dessa forma, com o objetivo de tornar as variáveis comparáveis, as variáveis

físicas qualitativas (pedologia e geologia) e as variáveis quantitativa (declividade e densidade de drenagem) foram submetidas aos processos de classificação e ponderação, conforme a metodologia proposta por Crepani et al. (2001), que estabelece uma escala de vulnerabilidade dos ambientes naturais e antropizados variando de 1 a 3. Nessa escala, valores próximos de 1 indicam maior estabilidade; valores próximos de 2 representam condições intermediárias, nas quais os processos de pedogênese e morfogênese ocorrem em intensidades semelhantes; e valores próximos de 3 indicam maior vulnerabilidade. O Quadro 1 apresenta os pesos atribuídos aos diferentes critérios.

Quadro 1. Pesos atribuídos as classes temáticas

Critério	Classe Temática	Peso
Declividade	Montanhoso (> 45%)	3,0
	Forte Ondulado (20-45%)	3,0
	Ondulado (8-20%)	2,0
	Suave Ondulado (3-8%)	1,0
	Plano (0-3%)	1,0
Densidade de drenagem	Muito Alta	3,0
	Alta	2,5
	Intermediária	2,0
	Baixa	1,5
	Muito baixa	1,0
Pedologia	Neossolo Regolítico Distrófico	3,0
	Neossolo Litólico Eutrófico	3,0
	Planossolo Háptico Eutrófico	2,0
	Luvissolo Crômico Órtico	2,0
Geologia	Depósitos Aluvionares	3,0
	Metarritmito	2,1
	Anfibolito/Metarritimito	1,8
	Xisto	1,7
	Granitoide Canindé	1,6
	Anfibolito Gentileza	1,5
	Granitoide Serra do Catu	1,4
	Migmatito	1,3
	Granulito Serra Negra	1,3
	Granitoide Garrote	1,3
	Monzogranito Sítios Novos	1,2
	Quartzito	1,0
	Granito Glória	1,0
	Granito Xingó	1,0

Fonte: Elaborado pela autora (2026) adaptado de Crepani et.al (2001).

Posteriormente, os dados ponderados foram padronizados para uma escala

comum, variando de 0 a 1, por meio da função Fuzzy linear crescente (Min–Máx), conforme recomendado por Lopes e Silva (2022) (Equação 5), permitindo a comparabilidade entre as variáveis para a realização das operações algébricas.

$$X_{norm} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (5)$$

Em relação ao índice SAVI, os valores próximos de 1 indicam maior cobertura vegetal e, conseqüentemente, menor fragilidade ambiental, seus valores foram submetidos a uma transformação linear (função Min–Máx), com remoção dos valores negativos associados aos corpos hídricos. Esse procedimento inverteu a relação do índice, fazendo com que valores elevados de SAVI correspondessem a valores próximos de 0 na escala normalizada de fragilidade, compatibilizando-o com os demais critérios.

Em seguida, os critérios foram ponderados pela aplicação do Processo Analítico Hierárquico (AHP) e integrados por meio da combinação linear ponderada, resultando na confecção do mapa de fragilidade ambiental.

Para a definição dos pesos, aplicou-se o método de comparação par a par proposto por Saaty (1980), no qual os critérios são organizados em uma matriz quadrada $n \times n$, permitindo a comparação da importância relativa entre cada par de fatores. Nessa matriz, o elemento a_{ij} representa a importância do critério da linha i em relação ao da coluna j , conforme a Equação 6.

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (6)$$

A comparação par a par dos critérios requer a utilização de uma escala que permita a atribuição e posterior normalização dos pesos. Para isso, adotou-se a escala fundamental de Saaty (1980), composta por nove níveis de importância relativa. Em seguida, foi construída a matriz de comparação par a par, na qual os julgamentos qualitativos foram convertidos em valores absolutos de 1 a 9, conforme a escala proposta pelo autor.

Após a definição dos pesos relativos, foi construída a matriz de comparação $A = [a_{ij}]$, a partir da qual foram calculados o autovetor (vetor de prioridades) e o autovalor máximo ($\lambda_{máx}$). O autovalor máximo foi obtido pela multiplicação da matriz de comparação A pelo vetor de pesos w , seguida da divisão elemento a elemento do vetor resultante (Aw) pelo vetor w , conforme a Equação 7.

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{A_{w_i}}{w_i} \quad (7)$$

Onde: $\lambda_{m\acute{a}x}$: Autovalor máximo; A_{w_i} : Matriz resultante do produto entre a matriz de comparação pareada pela matriz dos pesos calculados; e w_i : Pesos calculados.

O vetor de pesos (w_i) foi obtido conforme a Equação 8, por meio da normalização da matriz de comparação A. Para isso, calculou-se o somatório de cada coluna e, em seguida, cada elemento da matriz foi dividido pelo respectivo somatório, resultando na matriz de comparação par a par normalizada.

$$w_i = \frac{(\prod_{j=1}^n a_{ij})^{1/n}}{\sum_{k=1}^n [(\prod_{j=1}^n a_{kj})^{1/n}]} \quad (8)$$

Esses parâmetros possibilitam o cáculo da Razão de Consistência (RC), utilizada para avaliar a coerência dos pesos atribuídos às comparações par a par, conforme a Equação 9. A RC é obtida a partir do ndice de Consistência (IC) (Equação 10) e do ndice Randômico (IR) (Quadro 2), definido em função da ordem (n) da matriz quadrada.

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (9)$$

$$IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1} \quad (10)$$

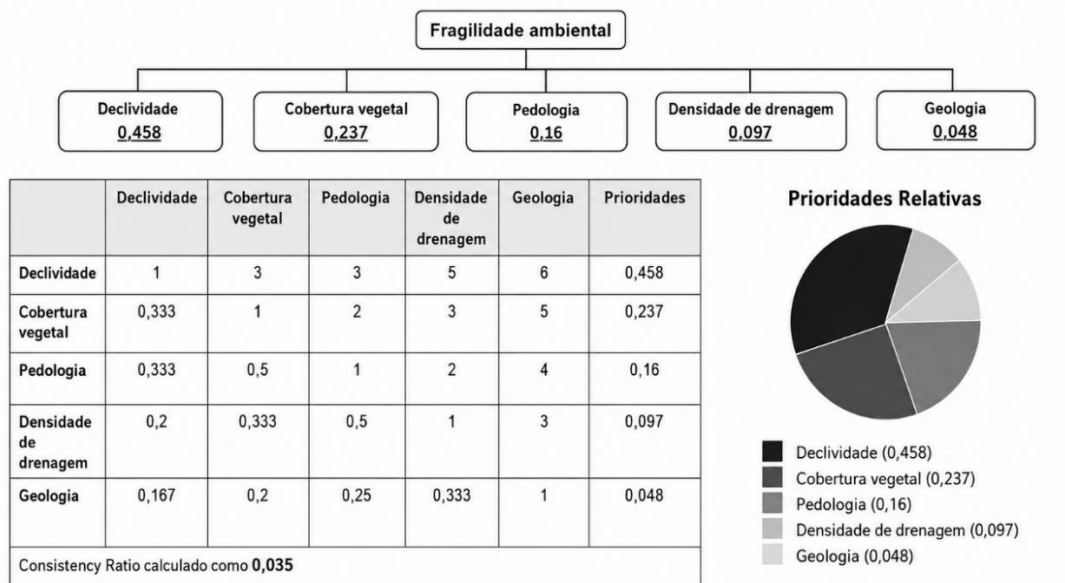
Quadro 2. Valores atribuídos ao ndice randômico

VALORES DO ÍNDICE RANDÔMICO							
<i>n</i>	3	4	5	6	7	8	9
<i>IR</i>	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

Fonte: Adaptado de Saaty (1998)

Segundo Saaty (1994), a Razão de Consistência (RC) deve ser inferior a 0,10; caso contrário, as comparações paritárias devem ser revisadas até que esse limite seja atendido. Neste estudo, a aplicação do AHP e o cáculo dos pesos dos critérios foram realizados no software Analytic Hierarchy Process (versão Trial 4.2.6), cuja interface e aplicação metodológica estão representadas na Figura 3, na qual é possível observar a RC obtida correspondente a 0,035.

Figura 3. Método AHP



Fonte: Software Analytic Hierarchy Process (versão Trial 4.2.7); Autora (2026).

Posteriormente, os critérios foram integrados por meio da álgebra de mapas, utilizando a combinação linear ponderada para a elaboração do mapa de fragilidade ambiental, conforme a Equação 11, obtida a partir do procedimento metodológico adotado.

$$FA = (0,458 \times D) + (0,237 \times CV) + (0,160 \times P) + (0,097 \times DD) + (0,048 \times G) \quad (11)$$

Onde: FA = Fragilidade Ambiental; D = Declividade; CV = Cobertura Vegetal; P = Pedologia; DD = Densidade de Drenagem; G = Geologia.

Paralelamente à elaboração do mapa de vulnerabilidade natural das Unidades Territoriais Básicas (UTBs), correspondentes aos setores censitários delimitados pelo IBGE (2010), procedeu-se à análise das potencialidades socioeconômicas, conforme a metodologia proposta por Becker e Egler (1996). Esse procedimento metodológico possibilita verificar a capacidade de desenvolvimento humano do município, com base nos critérios internacionais definidos pela Organização das Nações Unidas no Relatório Mundial sobre Desenvolvimento Humano. Nessa ótica, o desenvolvimento humano decorre da articulação entre o crescimento econômico sustentável, a distribuição equitativa da renda e a melhoria da qualidade de vida da comunidade local.

Para obter a potencialidade social, os dados econômicos, sociais e políticos adquiridos foram utilizados na criação de indicadores representativos das quatro dimensões básicas do desenvolvimento sustentável: potencial natural, potencial humano,

potencial produtivo e potencial institucional. Os critérios adotados estão descritos no Quadro 3.

Quadro 3. Parâmetros socioeconômicos e seus respectivos indicadores.

Dimensão	Parâmetro	Indicador
Potencial Natural	Cobertura Florestal	Porcentagem entre a área coberta por floresta e a área total da unidade territorial
	Aptidão Agrícola	Porcentagem entre a área apta para uso agrícola e a área total da unidade territorial
Potencial Humano	Nível de escolaridade	Índice de alfabetização e de escolaridade média da população com mais de dez anos
	Acesso aos serviços coletivos	Porcentagem entre os domicílios com energia elétrica, coleta de lixo, abastecimento de água e esgotamento sanitário fornecidos pela operadora responsável e a quantidade de domicílios por setor censitário
Potencial Produtivo	Nível de Renda Local	Renda Salarial média do chefe do domicílio
	Acesso às redes de circulação	Densidade Rodoviária (km/km ²)
	Índice de Rentabilidade Agropecuária	Produto entre o valor adicionado bruto da produção agropecuária municipal e o fator de participação setorial
Potencial Institucional	Autonomia Político-Administrativa	Razão entre as receitas próprias e as receitas totais multiplicada pela participação relativa de cada setor censitário
	Participação Político-eleitoral	Porcentagem entre a população com idade acima de 16 anos por setor censitário e o eleitorado municipal total

Fonte: Autora (2026)

Os dados socioeconômicos foram agregados à malha de setores censitários por meio da função União das propriedades da camada no QGIS, com o objetivo de espacializar a potencialidade social do município de Porto da Folha. Em seguida, as camadas vetoriais foram classificadas, e os intervalos gerados foram padronizados com base na análise da interação entre os fatores dinâmicos e restritivos, atribuindo-se peso 3 às classes de maior dinamismo, peso 2 às condições intermediárias e peso 1 às classes predominantemente restritivas. Posteriormente, os critérios rasterizados foram normalizados pelo método de escalonamento mínimo-máximo e integrados por meio da média ponderada (Equação 12), a ponderação adotada foi definida com base na contribuição relativa de cada dimensão para a capacidade de desenvolvimento territorial. Dessa forma, o potencial humano recebeu maior peso (4) por representar o principal elemento indutor do desenvolvimento, uma vez que os aspectos como educação e qualidade de vida influenciam diretamente a capacidade da população de utilizar os

recursos disponíveis e promover transformações socioeconômicas. Os potenciais natural e produtivo receberam peso intermediário (3), refletindo sua importância conjunta na oferta de recursos naturais e na capacidade de geração de riqueza e dinamização econômica do território. Por sua vez, o potencial institucional recebeu peso 2, considerando seu papel de suporte ao planejamento e à governança territorial, atuando como elemento facilitador do desenvolvimento, porém com influência indireta em relação às demais dimensões. Os critérios foram integrados utilizando a Calculadora Raster, a fim de obter o mapa temático da potencialidade social, o qual sintetiza as condições de desenvolvimento do território sob a perspectiva socioeconômica.

$$PS = \frac{(PN \times 3) + (PH \times 4) + (PP \times 3) + (PI \times 2)}{12} \quad (12)$$

Onde: PS= Potencial Social; PN= Potencial Natural; PH= Potencial Humano; PP= Potencial Produtivo e PI= Potencial Institucional.

Em contraste com o bioma Mata Atlântica, que possui a Lei nº 11.428/2006, a Caatinga não dispõe de uma lei federal específica para a proteção da vegetação nativa. No entanto, sua conservação é baseada principalmente na Lei nº 12.651/2012 (Novo Código Florestal), que rege a proteção e o uso da vegetação nativa no país e define as Áreas de Preservação Permanente (APP) em seu art. 4º.

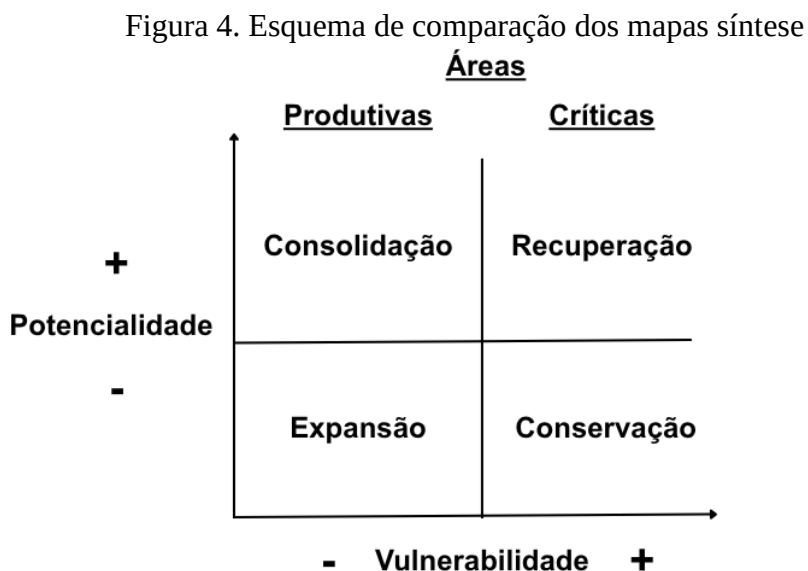
Dessa forma, o método aplicado para a delimitação dessas áreas baseou-se na reclassificação do mapa de vegetação e uso do solo para obtenção das áreas de ocorrência de mata nativa. As faixas de proteção dos recursos hídricos foram calculadas pelo módulo Buffer do SIG, aplicado sobre as camadas vetoriais dos recursos hídricos após a individualização dos reservatórios d'água artificiais decorrentes de barramento de cursos d'água naturais, com área superior a 1 hectare de superfície, bem como dos lagos e lagoas com mais de 20 hectares de área superficial. As áreas com declividades superiores a 45° foram identificadas por meio da reclassificação do mapa de declividade, obtido a partir do Modelo Digital de Elevação (DEM) com resolução espacial de 30 × 30 m.

Esse modelo também foi utilizado para averiguar a existência de Áreas de Preservação Permanente em topos de morros, montes, montanhas e serras. Para isso, foram consideradas as áreas que apresentam, simultaneamente, altura mínima de 100 metros e inclinação média superior a 25°.

De acordo com Becker e Egler (1996), a associação dos mapas de potencial social e de fragilidade ambiental resulta em todas as combinações possíveis entre as classes dos

dois mapas e serve como base para avaliar os níveis de sustentabilidade do território. Posteriormente, ao somar as áreas institucionais (APP, reservas indígenas e extrativistas, unidades de conservação e áreas de fronteira), obtém-se o produto final, que corresponde à proposta de Zoneamento Ecológico-Econômico. Para isso, os autores propõem o uso do seguinte esquema de comparação (Figura 4).

O procedimento agrega as áreas produtivas como zonas de consolidação ou fortalecimento do desenvolvimento humano e como zonas destinadas à expansão do potencial produtivo; enquanto as áreas críticas são agrupadas em zonas de conservação, em razão do elevado grau de vulnerabilidade natural, e em zonas de recuperação, considerando o alto potencial de desenvolvimento associado à elevada vulnerabilidade. A observação do resultado dessa combinação poderá ser feita por meio da elaboração de uma matriz de sustentabilidade.



Fonte: Adaptado de Becker e Egler, (1996)

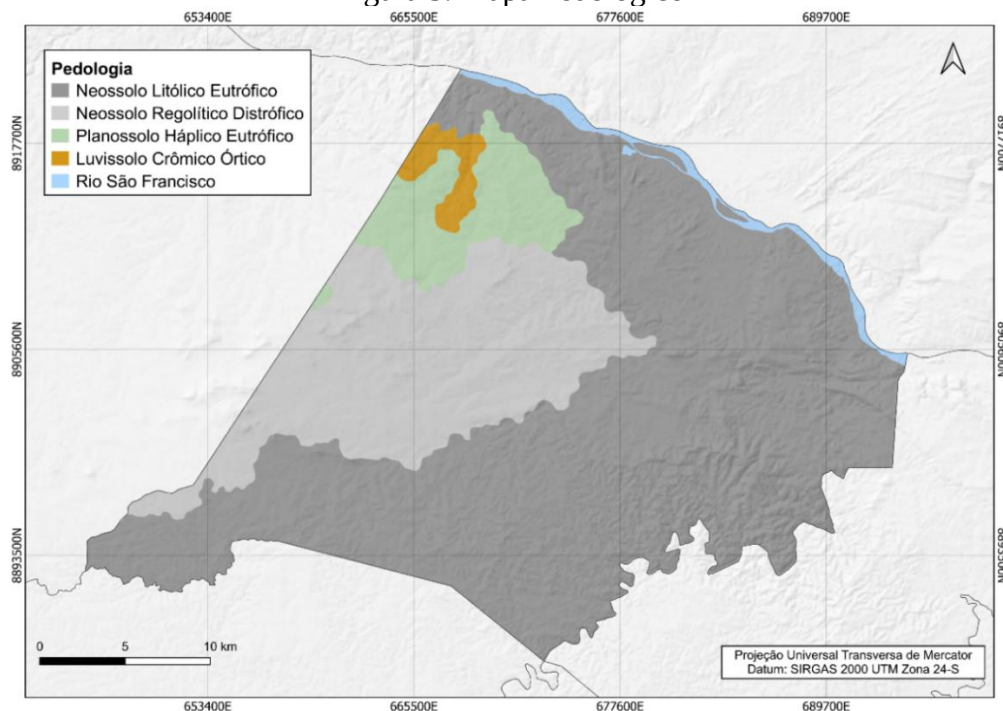
Por fim, após a elaboração do mapa de sustentabilidade, foi realizada a definição das zonas que compõem a proposta de Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do município de Porto da Folha (SE). Essa classificação considerou as necessidades de proteção, conservação e recuperação dos recursos naturais, bem como as diretrizes voltadas ao desenvolvimento sustentável do território.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Diagnóstico Ambiental

Os diferentes tipos pedológicos ilustrados na Figura 5, em função de suas características físicas e químicas, influenciam diretamente a fragilidade do solo frente aos processos de intemperismo e erosão. Observa-se a ocorrência de três classes predominantes de solos no território: Luvisolo, Neossolo e Planossolo. O Planossolo Háplico Eutrófico distingue-se pela drenagem imperfeita e pelo elevado gradiente textural, sendo muito suscetível à erosão laminar e podendo desenvolver sulcos e ravinas em decorrência da ação antrópica, os quais favorecem os processos erosivos mesmo em relevos planos, em razão da suscetibilidade à compactação. O Luvisolo Crômico Órtico apresenta elevada fertilidade natural, horizonte B textural bem desenvolvido e presença de cascalhos e pedregulhos, sendo suscetível à salinização e à erosão em áreas de relevo ondulado. Os Neossolos Litólicos Eutróficos são solos rasos, pedregosos e pouco desenvolvidos, com aptidão reduzida ao cultivo intenso, enquanto o Neossolo Regolítico Distrófico possui maior profundidade, porém baixa fertilidade (Araújo et. al.,2017; Silva, 2008). A Tabela 1, a seguir, apresenta as áreas correspondentes a cada classe de solo que compõe o território do município de Porto da Folha (SE).

Figura 5. Mapa Pedológico



Fonte: Autora (2026)

Tabela 1. Área das classes de tipo de solo.

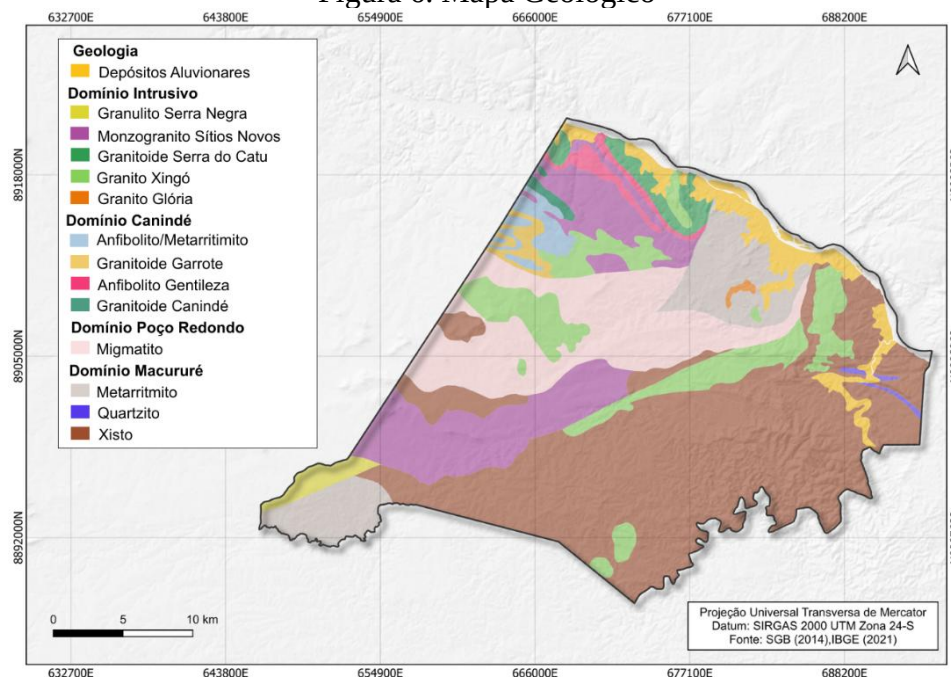
Classes	Área (Km²)	(%)
Neossolo Regolítico Distrófico	208,46	23,74
Neossolo Litólico Eutrófico	579,76	66,03
Planossolo Háptico Eutrófico	61,55	7,01
Luvissolo Crômico Órtico	14,03	1,60

Fonte: Autora (2026)

Na área de estudo, o Neossolo ocupa a maior extensão territorial, correspondendo a 89,77% da área, ocorrendo em terrenos com declividades variando de ondulada a forte ondulada, associado à elevada dissecação do relevo, fatores que caracterizam maior suscetibilidade aos processos erosivos. Por outro lado, o Planossolo (7,01%) e o Luvissolo (1,60%) concentram-se em superfícies mais suaves e estáveis, com menor densidade de canais. Em conjunto, esses tipos de solo permitem aptidões que variam desde pastagens e culturas temporárias adaptadas à seca até sistemas agrícolas sob manejo conservacionista. No semiárido, suas características condicionam a fragilidade ambiental, uma vez que o Neossolo, por ser raso e ocorrer em áreas de elevada declividade, tende a apresentar maior vulnerabilidade à erosão e à degradação, ao passo que o Planossolo e o Luvissolo, em razão de suas limitações de drenagem ou fertilidade, exigem práticas adequadas de manejo para assegurar o uso sustentável do território.

A identificação das unidades geológicas que caracterizam o substrato geológico do município pode ser visualizada no mapa da Figura 6. Observa-se que o município apresenta expressiva diversidade litológica, agrupada em domínios geológicos distintos para facilitar sua compreensão. O domínio intrusivo, composto principalmente por granitóides, confere elevada resistência ao intemperismo e origina relevos mais acidentados, enquanto os domínios Canindé e Macururé, constituídos por rochas metamórficas, como xistos, quartzitos, anfibolitos e metassedimentos, apresentam comportamento erosivo variável de acordo com a litologia (CPRM, 1998). Além disso, a presença localizada de migmatitos e depósitos aluvionares complementa a composição geológica do município.

Figura 6. Mapa Geológico



Fonte: Autora (2026)

De acordo com os valores de área apresentados na Tabela 2, a geologia municipal é composta majoritariamente pelas unidades metamórficas de xisto (310,56 km²) e migmatito (125,71 km²), seguidas pelos Monzogranito Sítios Novos (115,98 km²) e pela Unidade Xingó (89,00 km²), que estruturam grande parte do embasamento cristalino municipal. As demais feições litológicas ocorrem de forma descontínua, destacando-se os depósitos aluvionares (41,73 km²) ao longo da planície do rio São Francisco e pequenas ocorrências de quartzitos, anfibolitos e outros granitoides.

Tabela 2. Áreas das classes de geologia

Classes	Área (Km ²)	(%)
Depósitos Aluvionares	41,73	4,75
Granulito Serra Negra	10,66	1,21
Monzogranito Sítios Novos	115,98	13,21
Granitoide Serra do Catu	15,33	1,75
Granito Xingó	89,00	10,14
Granito Glória	1,54	0,18
Anfibolito/Metarritimito	13,69	1,56
Granitoide Garrote	8,6	0,98
Anfibolito Gentileza	11,74	1,34
Granitoide Canindé	3,24	0,37
Migmatito	125,71	14,32
Metarritimito	28,10	3,20
Quartzito	2,45	0,28
Xisto	310,56	35,37

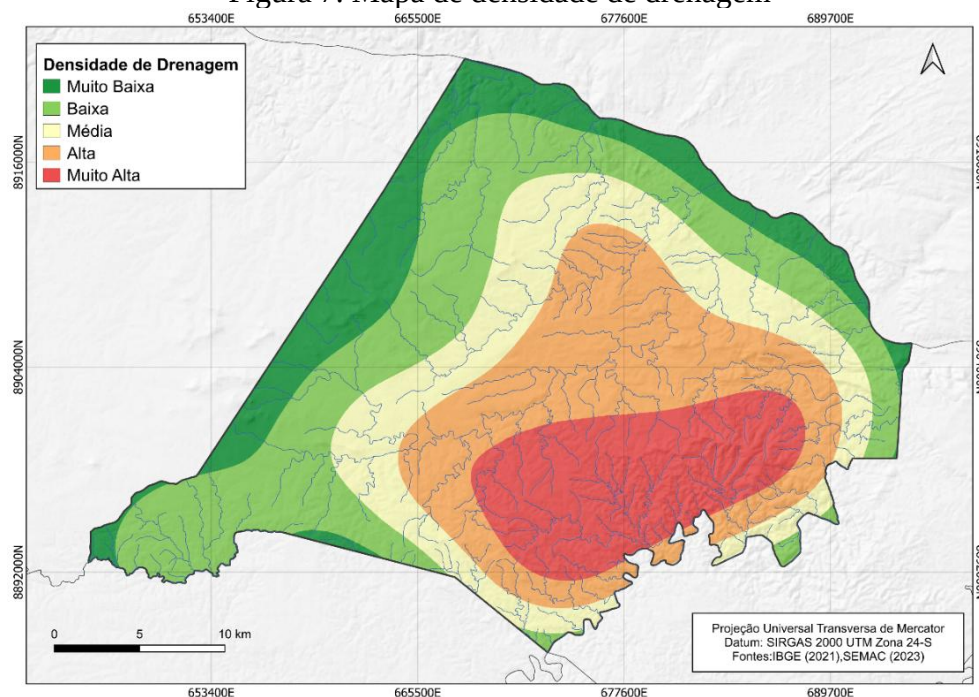
Fonte: Autora (2026)

Na perspectiva da fragilidade ambiental, as regiões assentadas sobre rochas cristalinas resistentes podem apresentar elevada suscetibilidade à erosão quando associadas a encostas íngremes e solos rasos. Além disso, as faixas aluvionares, apesar de mais férteis e favoráveis ao uso agrícola, são mais vulneráveis às inundações e ao assoreamento. Dessa forma, a espacialização das unidades geológicas, em conjunto com o relevo, a drenagem e a cobertura vegetal, exerce influência direta na definição das potencialidades e limitações ambientais do território.

A densidade de drenagem apresentou variação espacial significativa no município, refletindo diferenças nas condições de permeabilidade do terreno e na intensidade do escoamento superficial. De modo geral, as áreas com maior densidade de drenagem tendem a apresentar maior suscetibilidade aos processos erosivos, em razão da menor permeabilidade do terreno, que favorece o aumento do escoamento superficial, podendo desencadear processos de erosão laminar e linear e, conseqüentemente, configurar setores de maior fragilidade ambiental.

Com base na densidade de drenagem, a dissecação do relevo foi classificada em cinco classes de intensidade por meio do método de Quebras Naturais de Jenks, que estabelece automaticamente seus limites com base na distribuição dos dados. Conforme apresentado na Figura 7, as maiores densidades de drenagem concentram-se na porção sudeste do município, indicando maior potencial de escoamento superficial e, conseqüentemente, maior fragilidade do relevo.

Figura 7. Mapa de densidade de drenagem



Fonte: Autora (2026)

Os dados da Tabela 3 evidenciam uma distribuição heterogênea da rede hidrográfica na malha municipal. Observa-se o predomínio da classe de baixa densidade de drenagem (27,21%) na área de estudo, distribuindo-se, em geral, nas porções norte, oeste e sudoeste do território. Essas regiões são caracterizadas por relevo suave, maior capacidade de infiltração dos solos e presença de canais intermitentes e efêmeros, típicos do semiárido. A classe de densidade intermediária abrange cerca de 19,42% do território e forma uma faixa de transição entre os setores de menor e maior densidade de drenagem, enquanto as classes de alta e muito alta densidade concentram-se na porção centro-sul e sudeste do município, onde a dissecação do relevo é mais intensa e a rede de drenagem apresenta maior grau de ramificação.

Tabela 3. Valores de área das classes de densidade de drenagem

Classes	Área (km ²)	(%)
Muito Baixa	122,63	13,97
Baixa	238,89	27,21
Intermediária	170,52	19,42
Alta	208,83	23,78
Muito Alta	137,12	15,62

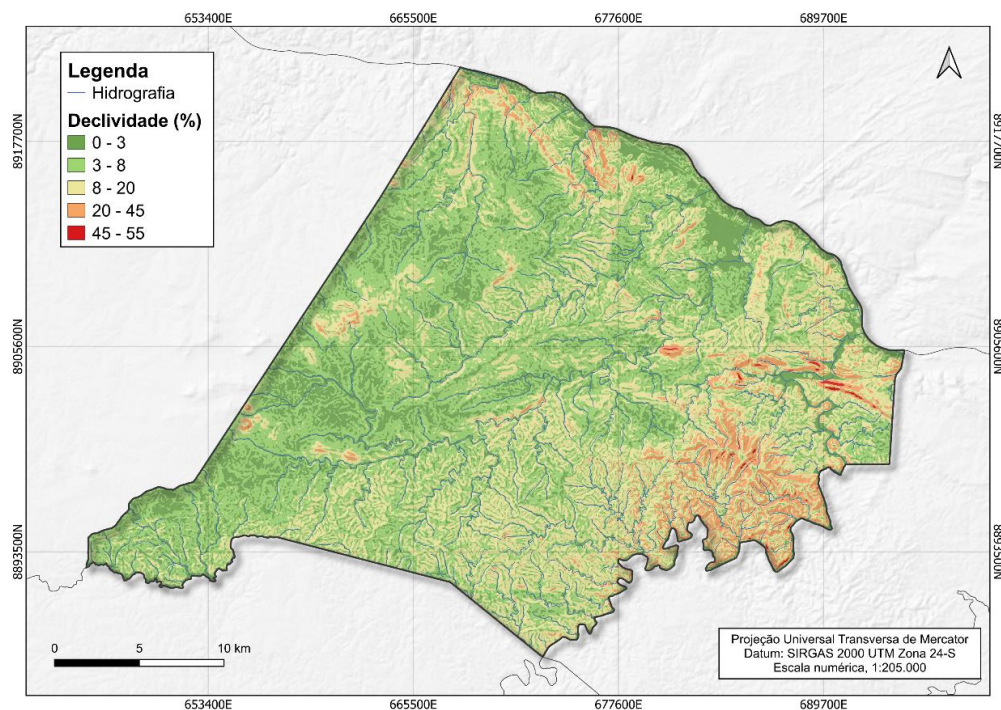
Fonte: Autora (2026)

No contexto do semiárido e do bioma Caatinga, esse parâmetro morfométrico apresenta elevada relevância devido à ocorrência de chuvas intensas e concentradas, que favorecem o escoamento superficial em áreas com cobertura vegetal sazonal e solos

frequentemente rasos. Sua incorporação ao modelo de fragilidade ambiental permitiu identificar setores mais suscetíveis à degradação, principalmente em decorrência da intensificação dos processos erosivos, da perda de solo e da redução da capacidade de retenção hídrica do terreno.

A análise da declividade do terreno, obtida a partir do MDE, revelou uma variação entre 0 e 55%, abrangendo cinco das seis classes de declividade estabelecidas pela Embrapa (1999) (Figura 8). Essa distribuição evidencia a heterogeneidade do relevo municipal, com áreas de menor inclinação associadas a superfícies mais estáveis e setores de maior declividade relacionados a maior potencial de escoamento superficial e atuação dos processos erosivos.

Figura 8. Mapa de Declividade



Fonte: Autora (2026)

Em geral, as classes de relevo plano a suave ondulado são predominantes, abrangendo cerca de 63% do território (Tabela 4), distribuídas principalmente nas porções central, norte e oeste do município. Essas regiões correspondem às superfícies planificadas características da depressão sertaneja, onde os processos de infiltração superam o escoamento superficial, favorecendo a ocupação agropecuária, a expansão das atividades rurais e a implantação da infraestrutura viária. Em contraposição, as classes de maior declividade (20–45% e 45–55%) localizam-se nas porções sul e sudeste da área de

estudo, formando um conjunto de morros, serras e vertentes fortemente dissecadas, que se destacam na paisagem local.

Tabela 4. Valores de área das classes de declividade

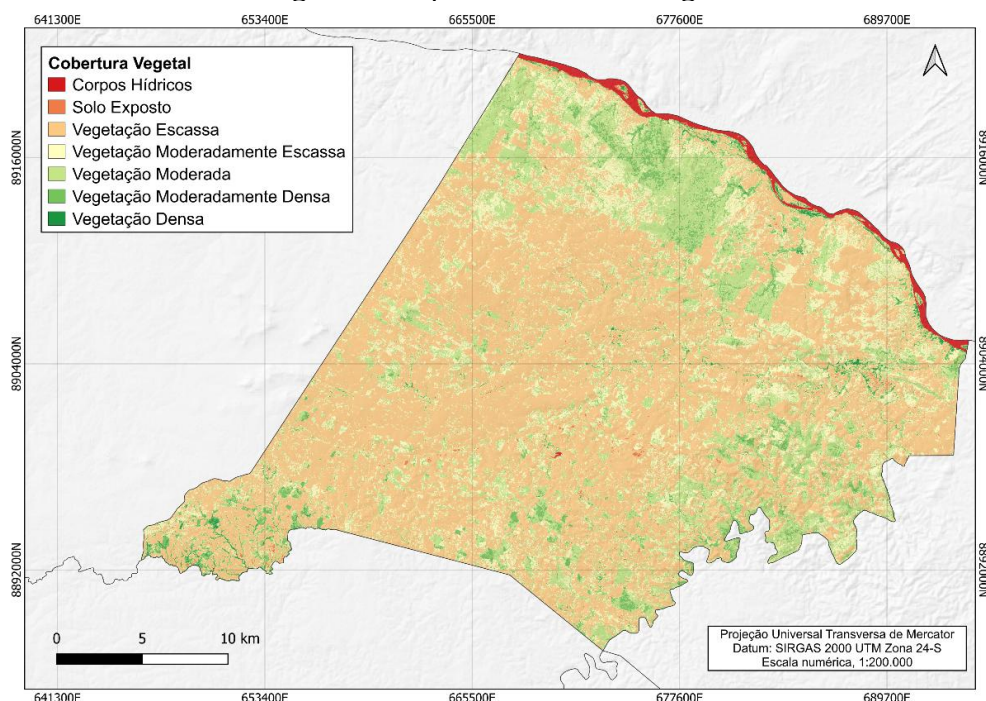
Classes	Área (km²)	(%)
0 a 3% (Plano)	158,45	18,05
3 a 8 % (Suave Ondulado)	393,77	44,85
8 a 20 % (Ondulado)	273,33	31,13
20 a 45 % (Forte Ondulado)	51,24	5,84
acima de 45 % (Montanhoso)	1,20	0,14

Fonte: Autora (2026)

Na lógica ambiental, a declividade é um aspecto fortemente condicionante da fragilidade do território (França et.al, 2020), pois o aumento da inclinação da superfície reduz a capacidade de infiltração da água no solo e intensifica o escoamento superficial, elevando o potencial de erosão fluvial, o transporte de sedimentos e a formação de ravinas e voçorocas, especialmente quando associado à supressão da cobertura vegetal e ao manejo inadequado do solo.

A cobertura vegetal da superfície municipal apresenta comportamento associado às condições ambientais características de áreas inseridas no domínio climático semiárido quente, no qual, a evapotranspiração potencial supera significativamente a precipitação anual, resultando em déficit hídrico durante grande parte do ano (Nascimento et al., 2016). Considerando, a sazonalidade do regime pluviométrico no semiárido com médias de 105,5 mm em maio e de 12,2 em dezembro conforme análise de séries históricas de 2013 a 2022 (Emdagro,2024), predominam nessas áreas formações caducifólias pertencentes ao bioma Caatinga, que perdem suas folhas em época de estiagem como estratégia de sobrevivência, conforme discutido por Araújo et. al. (2017) e Fonseca (1991). No modelo de fragilidade ambiental, esse parâmetro permitiu diferenciar áreas com maior proteção superficial, associadas à vegetação mais densa e heterogênea, daquelas com menor cobertura vegetal, que apresentam maior exposição do solo e maior suscetibilidade aos processos erosivos. A Figura 9, a seguir, demonstra a espacialização de formações vegetais típicas da Caatinga, caracterizadas por coberturas descontínuas e biomassa intermediária.

Figura 9. Mapa de Cobertura Vegetal



Fonte: Autora (2026)

O mapa elaborado evidencia o predomínio de áreas com cobertura vegetal de escassa a moderada densidade na área de estudo. A distribuição espacial demonstra que a classe de vegetação escassa representa cerca de 58,21% da área municipal, seguida pelas classes de vegetação moderadamente escassa (16,03%) e vegetação moderada (19,20%). Em contraste, as áreas com vegetação moderadamente densa (4,58%) e densa (0,39%) apresentam ocorrência bastante reduzida, concentrando-se em setores mais preservados e associados a ambientes com maior disponibilidade hídrica ou a relevo mais acidentado.

Tabela 5. Valores de áreas das classes de cobertura vegetal

Classes	Área (km ²)	(%)
Água ou sombra	10,51	1,20
Solo Exposto	2,89	0,33
Vegetação Escassa	511,11	58,21
Vegetação Moderadamente Escassa	140,78	16,03
Vegetação Moderada	168,61	19,20
Vegetação Moderadamente Densa	40,23	4,58
Vegetação Densa	3,40	0,39

Fonte: Autora (2026)

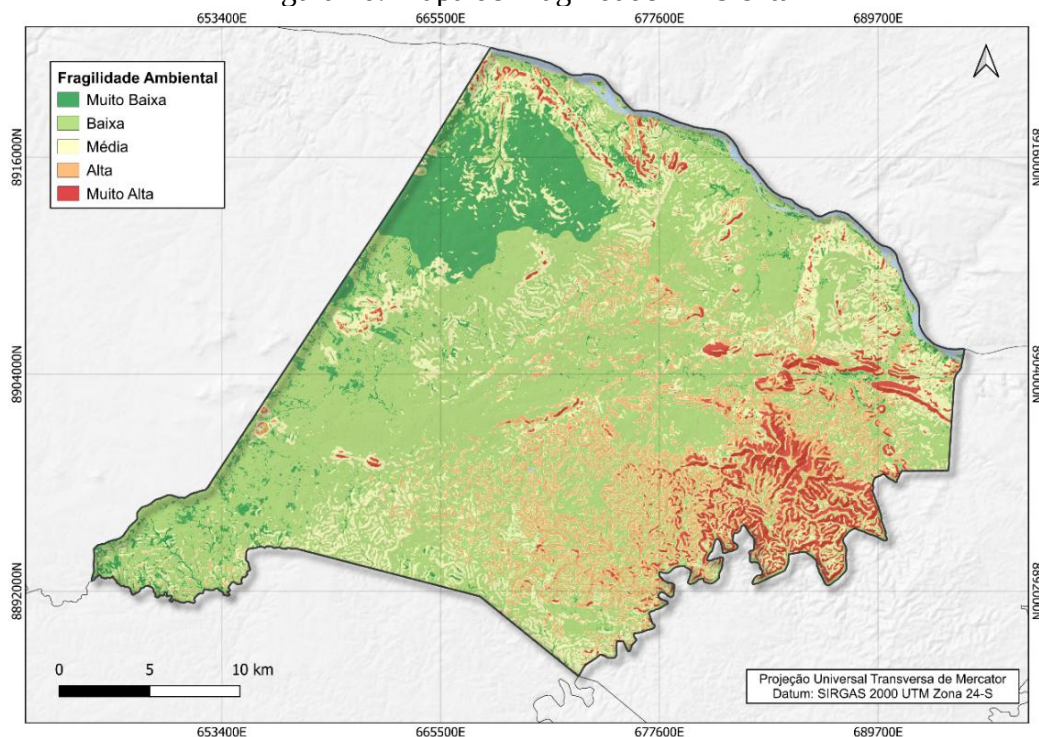
Essa configuração caracteriza um território predominantemente suscetível aos processos de degradação, uma vez que a ampla ocorrência de cobertura vegetal esparsa

reduz a proteção do solo frente ao impacto das chuvas concentradas, favorecendo o aumento do escoamento superficial, da erosão hídrica e da perda de sedimentos, especialmente quando associada às áreas de maior declividade (Tabarelli; Silva, 2008). Embora os remanescentes com vegetação moderada a densa desempenhem papel fundamental na estabilização do solo, na manutenção da infiltração da água e na conservação da biodiversidade (Queiroz et al., 2006), sua reduzida representatividade limita a capacidade de atenuação dos processos de degradação em escala municipal.

3.2 Fragilidade Ambiental

A partir da integração dos critérios físicos e bióticos selecionados (pedologia, geologia, cobertura vegetal, declividade e densidade de drenagem), foi possível obter o mapa síntese da fragilidade ambiental do município de Porto da Folha (SE), por meio da Equação 11, descrita no tópico anterior. O produto gerado foi classificado em cinco classes de fragilidade ambiental, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10. Mapa de Fragilidade Ambiental



Fonte: Autora, (2026).

Observa-se, no mapa acima e nos dados da Tabela 6, uma espacialização heterogênea da suscetibilidade do território aos processos de degradação, com maior predominância das classes de baixa fragilidade (49,54%), concentradas principalmente nas porções centro-norte e oeste do município, onde prevalecem relevo suavemente

ondulado e cobertura vegetal relativamente mais conservada. Nota-se, também, que as áreas de média fragilidade (20,04%) representam uma faixa de transição entre ambientes mais estáveis e setores naturalmente mais vulneráveis. Por sua vez, as classes de alta (12,83%) e muito alta fragilidade (5,12%) correspondem às regiões de serras e morros localizados na porção leste e sudeste do território, onde a combinação entre declividades acentuadas, maior densidade de drenagem, solos mais suscetíveis e menor capacidade de cobertura vegetal potencializa a ocorrência de processos que alteram as funções ecossistêmicas do ambiente. Por fim, a classe de muito baixa fragilidade (10,48%) está associada às regiões de maior estabilidade ambiental na porção noroeste do município.

Tabela 6. Valores de áreas das classes de fragilidade ambiental

Classes	Área (km²)	(%)
Muito Baixa	92,03	10,48
Baixa	434,97	49,54
Média	175,98	20,04
Alta	112,62	12,83
Muito Alta	44,93	5,12

Fonte: Autora, (2026).

Do ponto de vista da gestão territorial, essa configuração espacial fornece importante subsídio para o planejamento ambiental, contribuindo para a definição de zonas prioritárias para conservação, recuperação e controle do uso e ocupação do solo. Enquanto as áreas de maior fragilidade demandam medidas restritivas e práticas conservacionistas para minimizar os riscos de degradação, as áreas de baixa fragilidade apresentam maior aptidão para as atividades produtivas, desde que conduzidas de forma compatível com a capacidade de suporte do ambiente, favorecendo um ordenamento territorial mais sustentável.

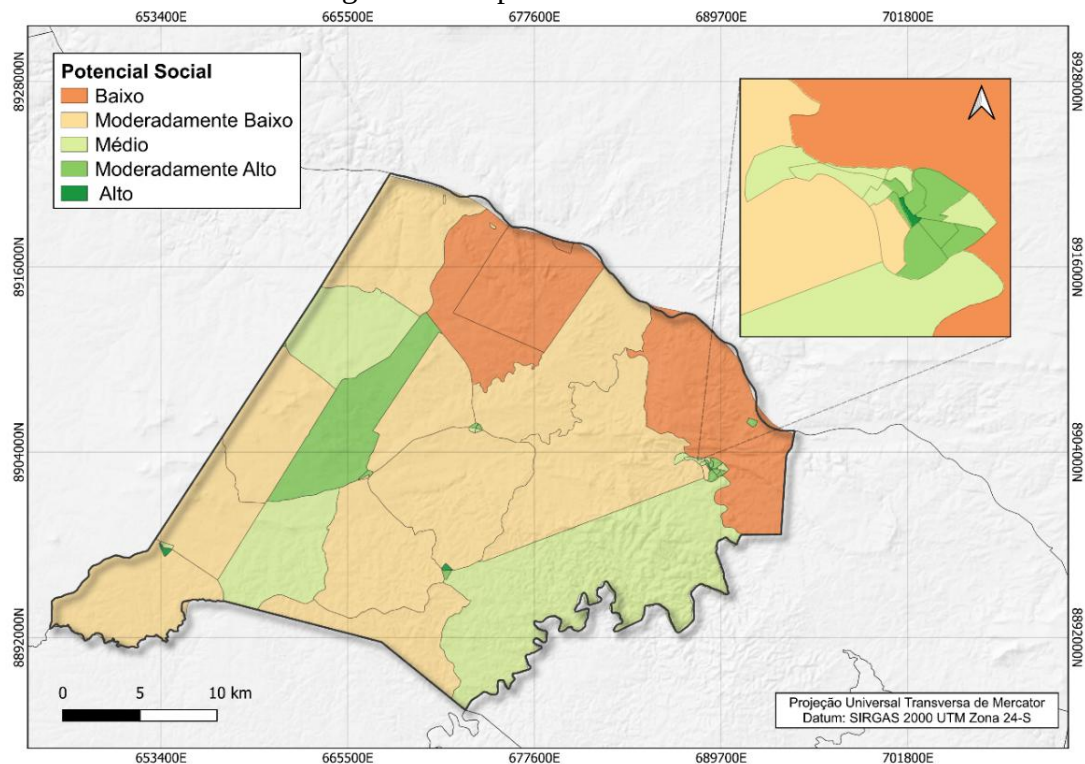
3.3 Potencial Social

O mapa apresentado na Figura 11 representa a síntese dos aspectos econômicos e sociais que irão compor o ZEE municipal. Observa-se uma distribuição heterogênea das condições de desenvolvimento entre os setores censitários do município, refletindo a interação entre os potenciais natural, institucional, produtivo e humano.

É possível identificar, na Tabela 7, o predomínio do potencial de desenvolvimento humano moderadamente baixo (53,33%), distribuído de forma relativamente contínua pelo território, abrangendo a comunidade quilombola Mocambo e Ranchinho, os

povoados Lagoa do Mato, Nitério e Emilia Maria II, além dos projetos de assentamento Vitória do São Francisco, Cajueiro e Nossa Senhora do Carmo. Observa-se, também, a ocorrência expressiva de setores classificados com potencial baixo (18,04%), abrangendo comunidades tradicionais como a Aldeia Indígena Xocó da Ilha de São Pedro e o projeto de assentamento José Unaldo de Oliveira, localizados nas porções periféricas do município, onde há maiores limitações de acesso aos equipamentos públicos, menor diversificação das atividades produtivas e reduzida oferta de serviços essenciais.

Figura 11. Mapa de Potencial Social



Fonte: Autora, (2026).

Nota-se que os setores de alto potencial (0,05%) e moderadamente alto (0,51%) concentram-se em áreas pontuais, que abrangem a região central da sede municipal e áreas de maior concentração populacional, de modo que os melhores níveis de potencial social estão associados à maior disponibilidade de infraestrutura, serviços públicos e dinamismo econômico. Essa diferenciação espacial expressa o contraste entre os espaços rurais e urbanos do semiárido sergipano. Dessa forma, percebe-se que grande parte das áreas rurais apresenta classificação variando entre baixo e médio potencial, condição que reflete a dispersão populacional, a menor densidade da rede de serviços públicos, a forte dependência das atividades agropecuárias e dos programas de transferência de renda.

Tabela 7. Valores de áreas das classes de potencialidade social

Classes	Área (km²)	(%)
Baixo	158,46	18,04
Moderadamente Baixo	468,27	53,33
Médio	20,50	2,33
Moderadamente Alto	4,50	0,51
Alto	0,49	0,05

Fonte: Autora, (2026).

Na ótica demográfica, o município de Porto da Folha registrou entre 2010 e 2022 uma redução populacional equivalente a 2,10% no período intercensitário, ressalta-se que o intervalo analisado também reflete os efeitos de um período pós pandemia da COVID-19 com aumento expressivo na taxa de mortalidade e êxodo rural (Emdagro, 2025; França, Marques, 2022). Observa-se ainda no Quadro 4, que no Censo demográfico de 2022, 55,8% da população residia em áreas rurais e 44,2% em áreas urbanas, reforçando um perfil demográfico vinculado às atividades agropecuárias e a dispersão da estrutura territorial, com forte dependência de estradas vicinais, equipamentos públicos descentralizados e políticas de abastecimento hídrico adaptadas ao semiárido (Emdagro, 2025).

Quadro 4. Dados demográfico municipal

Aspecto	2010	2022
População Total	27.146	26.576
População Rural	17.191	14.830
População Urbana	9.955	11.746
Densidade Demográfica (hab/km ²)	30,94	30,27

Fonte: IBGE - Censos Demográficos 2010 e 2022.

Destaca-se que o turismo local possui potencial associado ao rio São Francisco, à Ilha do Ouro, à Ilha de São Pedro, à cultura Xokó, às vaquejadas, às festas religiosas, às paisagens da Caatinga e às ruralidades sertanejas (Emdagro, 2025). No entanto, sua contribuição econômica permanece limitada por gargalos relacionados ao acesso, à infraestrutura, à qualificação dos serviços, ao saneamento e à promoção integrada.

Para o planejamento territorial, o município demanda políticas integradas de convivência com o semiárido, fortalecimento da agroindústria leiteira, principal eixo econômico da produção animal, recuperação ambiental da Caatinga, saneamento rural, valorização turística e melhoria da conectividade territorial, de modo a transformar sua

base produtiva tradicional em vetor de desenvolvimento sustentável e inclusão socioeconômica.

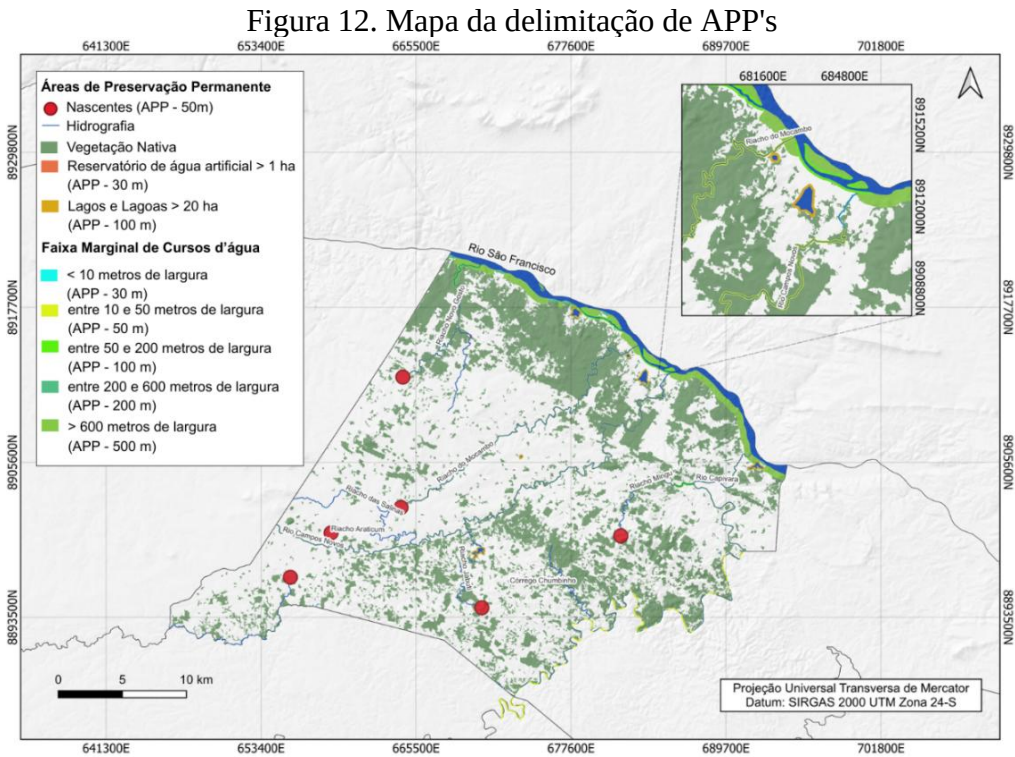
Ressalta-se que a análise dos resultados obtidos exige cautela nos setores que abrangem assentamentos da reforma agrária e comunidades tradicionais, como os territórios indígenas e quilombolas. Isso ocorre porque esses setores podem apresentar baixos valores nos indicadores utilizados na composição do potencial social, decorrentes de sua natureza fortemente orientada pela disponibilidade de infraestrutura urbana, equipamentos públicos e dinamismo econômico convencional. Portanto, a categorização não atribui, necessariamente, uma condição de vulnerabilidade social plena a essas comunidades, tampouco reflete seus modos próprios de organização territorial, suas formas de reprodução social e seus patrimônios culturais. Assim, recomenda-se a realização de futuras análises que agreguem indicadores específicos, de modo a proporcionar uma representação mais adequada de suas potencialidades, contribuindo para a formulação de políticas públicas compatíveis com suas especificidades.

3.4 Áreas de Preservação Permanente

Após a aplicação da legislação vigente sobre os dados de hidrografia, vegetação, altimetria, declividade e uso do solo, foi possível averiguar a existência de oito tipos de APP's no município de Porto da Folha (SE), visualizadas no mapa temático da Figura 12. Nota-se o predomínio da vegetação nativa (271 km²), distribuída de forma fragmentada pelo território. Embora os remanescentes da Caatinga não sejam enquadrados, por si só, como Áreas de Preservação Permanente pela legislação vigente, sua proteção ocorre quando estão inseridos em situações previstas pelo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012).

Dessa forma, observa-se, na Tabela 8, as áreas de APP's associadas à rede hidrográfica, com destaque para as faixas marginais de cursos d'água entre 10 e 50 m de largura (17,65 km²), para a APP de 500 m do rio São Francisco (13,24 km²) e para as faixas de 30 m ao longo dos cursos d'água com largura inferior a 10 m (9,13 km²). Também compõe as áreas de preservação, às APP's referentes ao entorno de lagos e lagoas naturais maiores que 20 ha (1,51 km²), às faixas marginais de cursos d'água entre 50 e 200 m (1,95 km²) e entre 200 e 600 m (0,69 km²) que apresentaram menor representatividade espacial. As APPs no entorno de nascentes (0,05 km²) restringem-se aos poucos pontos de drenagem perene existentes, enquanto o entorno de reservatórios artificiais com área superior a 1 ha totalizou apenas 0,03 km², correspondendo ao único

empreendimento enquadrado nesse critério, pertencente à Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe, antiga COHIDRO, destinado à dessedentação animal.



Fonte: Autora, (2026).

O levantamento permitiu verificar que as faixas marginais se concentram principalmente ao longo de cursos d’água perenes, como o rio São Francisco, no limite norte do município, e ao longo da maior parte da rede de drenagem municipal, composta por riachos intermitentes característicos do semiárido, cuja dinâmica hidrológica é marcada pela sazonalidade das vazões. Nessas áreas, são recorrentes os conflitos relacionados à expansão agropecuária, à ocupação das margens, à supressão da vegetação ciliar e ao uso intensivo dos recursos hídricos, fatores que comprometem a estabilidade do solo e favorecem processos erosivos, resultando no assoreamento e, consequentemente, na redução da qualidade e da disponibilidade hídrica.

Tabela 8. Valores de área das classes de APP.

Classes	Área (km²)	(%)
Vegetação Nativa	271	30,86
Entorno de nascentes e olho d’água perenes	0,05	0,01
Entorno de lagos e lagoas maiores que 20 ha	1,51	0,17

Entorno de reservatórios de água artificial acima de 1 ha	0,03	0,0057
Faixa marginal de 30 m para cursos d'água de até 10 m de largura	9,13	1,04
Faixa marginal de 50 m para cursos d'água entre 10 m e 50 m de largura	17,65	2,01
Faixa marginal de 100 m para cursos d'água entre 50 m e 200 m de largura	1,95	0,22
Faixa marginal de 200 m para cursos d'água entre 200 m e 600 m de largura	0,69	0,08
Faixa marginal de 500 m para cursos d'água acima de 600 m de largura	13,24	1,51

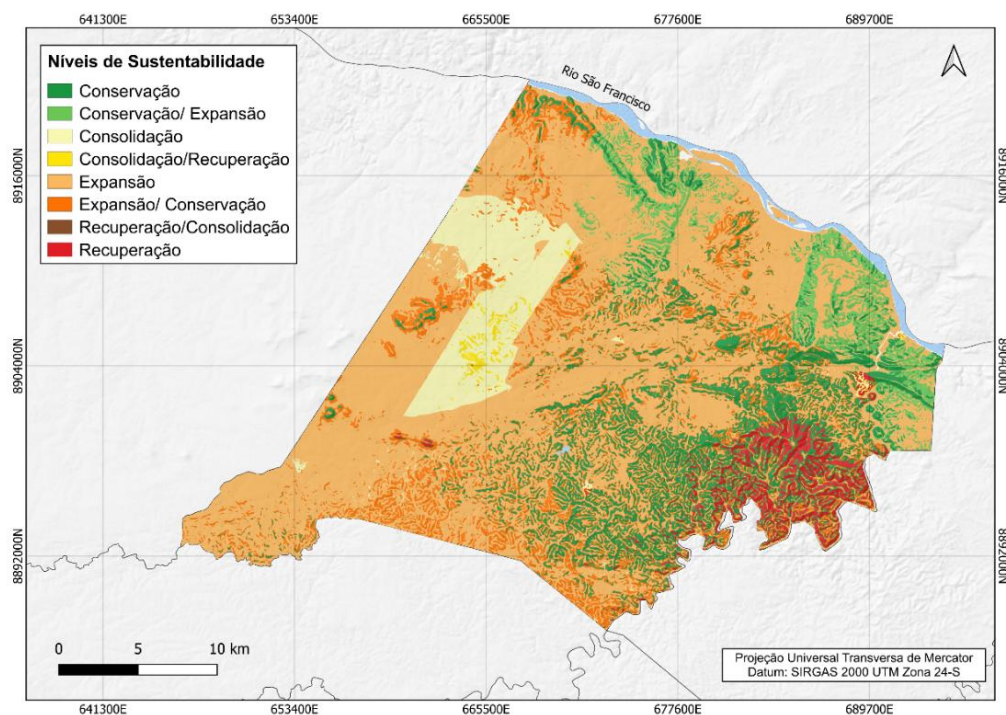
Fonte: Autora, (2026).

Destaca-se, contudo, a inexistência de Unidades de Conservação no município, condição que amplia a vulnerabilidade de um território inserido no bioma Caatinga, reconhecido por sua elevada biodiversidade e por sua relevância como sumidouro de carbono em regiões semiáridas. Esse cenário torna-se ainda mais preocupante diante da intensificação dos processos de degradação ambiental, reforçando a necessidade de políticas públicas voltadas à ampliação das áreas protegidas e à conservação da vegetação nativa remanescente. Diante da relevância atribuída à análise realizada, o produto gerado foi incorporado ao mapa de sustentabilidade para subsidiar a elaboração da proposta do Zoneamento Ecológico-Econômico municipal, reforçando sua aplicação como instrumento orientador da gestão territorial sustentável.

3.5 Zoneamento Ecológico-Econômico do município de Porto da Folha/SE

Após realizar a intersecção dos mapas de fragilidade ambiental e potencial social em ambiente SIG, foi possível obter o mapa base para a avaliação dos níveis de sustentabilidade do território, o qual sintetiza as relações entre as limitações ambientais e as condições de desenvolvimento territorial, identificando áreas com diferentes níveis de aptidão para conservação, recuperação, expansão e consolidação do uso. Observa-se, na Figura 13, a expressiva presença de áreas indicadas para conservação e conservação/expansão, concentradas principalmente nos setores relacionados às serras, morros, encostas e à densa rede de drenagem, onde a maior fragilidade ambiental limita a intensificação dos usos. No entanto, as classes de expansão, consolidação e suas combinações distribuem-se nas porções de relevo mais suave e já antropizadas, indicando maior potencial para ocupação e desenvolvimento mediante planejamento adequado.

Figura 13. Mapa de Sustentabilidade municipal



Fonte: Autora, (2026).

Quadro 5. Matriz de Sustentabilidade

Matriz de Sustentabilidade		Fragilidade Ambiental				
Potencial Social		MB	B	ME	A	MA
	B	Expansão	Expansão	Conservação/Expansão	Conservação	Conservação
	MB	Expansão	Expansão	Expansão/Conservação	Conservação	Conservação
	ME	Consolidação	Expansão	Expansão/Conservação	Conservação	Recuperação
	MA	Consolidação	Consolidação	Consolidação/Recuperação	Recuperação	Recuperação
	A	Consolidação	Consolidação	Recuperação/Consolidação	Recuperação	Recuperação

Potencialidade Social: B – Baixo, MB – Moderadamente Baixo, M – Médio, MA – Moderadamente Alto, A – Alto; **Fragilidade Ambiental:** MB –Muito Baixa, B – Baixa, ME – Média, A – Alta, MA– Muito Alta.

Zona de Proteção Ambiental – ZPA
Zona de Uso Diversificado – ZUD
Zona de Uso Consolidado – ZUC
Zona de Uso Restrito – ZUR
Zona de Criticidade de Gestão Baixa – ZC – 1
Zona de Criticidade de Gestão Média – ZC – 2
Zona de Criticidade de Gestão Alta – ZC – 3

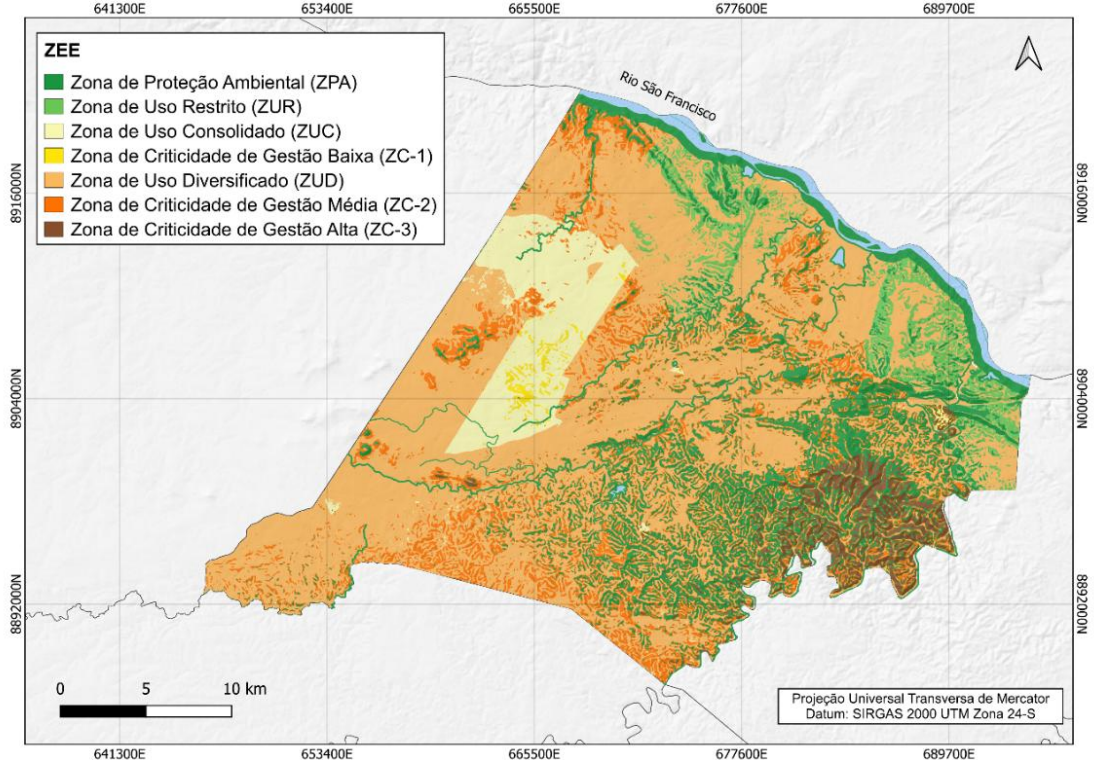
Por fim, a proposta de Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) para o município de Porto da Folha (Figura 14) resulta da sobreposição do mapa de sustentabilidade e do mapa de Áreas de Preservação Permanente, configurando a síntese dos fatores físico-bióticos, socioeconômicos e institucionais da área de estudo. Visando promover a uniformidade da classificação do ZEE em Sergipe, as sete zonas geradas a partir da matriz de sustentabilidade do município foram enquadradas nas categorias utilizadas nos zoneamentos municipais da zona costeira sergipana. No entanto, a adaptação classificatória levou em consideração os diferentes níveis de aptidão ao desenvolvimento e a necessidade de intervenção ambiental na área de estudo.

Assim, o ZEE elaborado, além de manter as quatro macrozonas estaduais caracterizadas da seguinte forma: Zona de Proteção Ambiental (ZPA) destinada às áreas de maior relevância ecológica e elevada fragilidade ambiental, a ZPA delimita espaços que desempenham funções essenciais para a manutenção da biodiversidade, dos recursos hídricos e dos processos ecológicos. Sua finalidade é assegurar a conservação dos ecossistemas, restringindo intervenções que possam comprometer sua integridade e priorizando ações de preservação, monitoramento ambiental e recuperação de áreas degradadas quando necessário, a Zona de Uso Restritivo (ZUR) compreende áreas com limitações ambientais que exigem controle rigoroso das formas de uso e ocupação do solo. Nessa zona, recomenda-se apenas o desenvolvimento de atividades compatíveis com a capacidade de suporte do meio físico, mediante adoção de práticas conservacionistas e critérios técnicos que minimizem riscos de degradação ambiental, a Zona de Uso Consolidado (ZUC) abrange áreas com intensa ocupação urbana ou agropecuária, onde predominam usos estabelecidos e de difícil reversão, com a finalidade de orientar a gestão territorial para a qualificação desses usos, promovendo a adequação ambiental, a melhoria da infraestrutura, o controle dos impactos existentes e a adoção de medidas que favoreçam o desenvolvimento sustentável e a redução da vulnerabilidade ambiental e Zona de Uso Diversificado (ZUD) que delimita as áreas com maior potencial para coexistência de diferentes atividades econômicas e sociais, desde que sejam compatíveis com as características ambientais locais.

Também foi complementado com a criação de três subzonas de manejo que consideram as condições de dualidade da matriz de sustentabilidade, sendo elaboradas com base na criticidade da gestão. Portanto, a classe Expansão/Conservação foi

classificada como Zona de Criticidade de Gestão Baixa (ZC-1) onde o médio potencial para expansão territorial ocorre associado a média fragilidade ambiental, com a finalidade de orientar a ocupação planejada e o desenvolvimento de novas atividades sujeitas implantação de boas práticas de uso e manejo do solo. A classe Consolidação/Recuperação foi classificada como Zona de Criticidade de Gestão Moderada (ZC-2) a qual abrange áreas em que coexistem condições favoráveis à manutenção dos usos consolidados e a necessidade de intervenções voltadas à recuperação ambiental, demandando uma gestão integrada, e as classes Recuperação/Consolidação e Recuperação foram classificadas como Zona de Criticidade de Gestão Alta (ZC-3) que delimita áreas onde a elevada fragilidade ambiental impõe restrições significativas ao uso do território. Essa zona tem como finalidade priorizar medidas de recuperação ambiental, contenção de processos de degradação, restauração da cobertura vegetal e readequação dos usos compatíveis, constituindo áreas estratégicas para intervenções prioritárias de gestão e conservação ambiental.

Figura 14. Mapa do Zoneamento Ecológico-Econômico Municipal



Fonte: Autora, (2026).

Tabela 9. Valores de áreas de cada zona do ZEE municipal.

Classes	Área (km²)	(%)
Zona de Proteção Ambiental (ZPA)	163,22	18,59
Zona de Uso Diversificado (ZUD)	436,70	49,74
Zona de Uso Consolidado (ZUC)	66,18	7,54

Zona de Uso Restritivo (ZUR)	43,49	4,95
Zona de Criticidade de Gestão Baixa (ZC-1)	121,32	13,82
Zona de Criticidade de Gestão Moderada (ZC-2)	4,75	0,54
Zona de Criticidade de Gestão Alta (ZC-3)	0,03	0,003

Fonte: Autora, (2026).

Com base nos dados da Tabela 9, observa-se o predomínio da Zona de Uso Diversificado (ZUD), abrangendo 49,74% do território, evidenciando que o município apresenta condições favoráveis à manutenção e expansão de atividades agropecuárias e demais usos produtivos, desde que orientados por práticas conservacionistas compatíveis com a capacidade de suporte do ambiente semiárido. Em seguida, destaca-se a Zona de Proteção Ambiental (ZPA), que abrange 18,59% da área municipal, englobando as Áreas de Preservação Permanente, os remanescentes de vegetação nativa e os setores de maior fragilidade ambiental, constituindo áreas estratégicas para a conservação dos recursos hídricos, da biodiversidade e da estabilidade ecossistêmica.

A Zona de Criticidade de Gestão Baixa (ZC-1), com cerca de 13,82% da área de estudo, localiza-se, em geral, nas áreas de transição entre ambientes produtivos e áreas ambientalmente sensíveis, onde o desenvolvimento pode ser compatibilizado com a conservação por meio do planejamento, controle da expansão e adoção de boas práticas de manejo. Observa-se, também, que, embora represente apenas 7,54% do território, a Zona de Uso Consolidado (ZUC) concentra a sede municipal e os principais núcleos urbanos, demandando políticas voltadas à qualificação da infraestrutura, ampliação do saneamento básico, drenagem urbana, mobilidade e recuperação ambiental das áreas degradadas inseridas no espaço urbano.

Ademais, zonas classificadas como de maior criticidade ocupam parcelas reduzidas do tecido municipal, porém assumem papel estratégico para a gestão territorial e o planejamento ambiental. Dessa maneira, verifica-se que a Zona de Uso Restrito (ZUR), com 4,95% da área total, reúne porções onde a elevada vulnerabilidade natural limita a intensificação do uso do solo, sendo recomendada a adoção de critérios rigorosos para novos empreendimentos, priorizando atividades de baixo impacto e ações de conservação ambiental.

Da mesma forma, a Zona de Criticidade de Gestão Moderada (ZC-2), que corresponde a 0,54% da área, representa setores onde coexistem usos consolidados e passivos ambientais, exigindo intervenções integradas de recuperação, adequação ambiental e controle da ocupação. Por sua vez, a Zona de Criticidade de Gestão Elevada

(ZC-3) apresenta ocorrência fortemente pontual (0,003%), caracterizando áreas nas quais a elevada vulnerabilidade ambiental coincide com condições desfavoráveis ao uso sustentável, tornando prioritárias ações de recuperação ambiental, contenção de processos de degradação e monitoramento permanente.

4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) em escala local demonstrou ser um instrumento eficiente para subsidiar o planejamento e a gestão territorial, integrando de forma sistemática os condicionantes ambientais e socioeconômicos que estruturam a dinâmica municipal. A metodologia aplicada, baseada em técnicas de geoprocessamento, sobretudo na análise multicritério em ambiente SIG, possibilitou a espacialização consistente da fragilidade ambiental, da potencialidade social e, posteriormente, a integração desses dados para a definição das zonas de gestão territorial.

De modo geral, a região objeto do estudo apresenta predomínio de setores classificados com baixa fragilidade ambiental, caracterizados por relevo mais suave e maior estabilidade física, que coexistem com áreas de alta e muito alta fragilidade associadas às serras, morros e encostas de maior declive, onde a suscetibilidade aos processos erosivos é mais elevada. Paralelamente, o diagnóstico do potencial social apresentou a existência de áreas com diferentes níveis de dinamismo socioeconômico, refletindo as desigualdades territoriais relacionadas à infraestrutura, à acessibilidade, à produção agropecuária e às condições de ocupação espacial. A análise conjunta desses aspectos permitiu a construção de um zoneamento que expressa as potencialidades e as limitações do território municipal de maneira integrada.

A respeito da relevância dos produtos cartográficos gerados, estes constituem uma base técnico-científica importante para subsidiar instrumentos de gestão e ordenamento territorial em escala local, podendo apoiar a elaboração e revisão de Planos Diretores Municipais, Planos Municipais de Meio Ambiente, planos de manejo de unidades de conservação, a definição de usos compatíveis em Áreas de Preservação Permanente, processos de licenciamento ambiental, regularização fundiária e demais políticas públicas referentes ao uso e ocupação do solo.

Ressalta-se, entretanto, que o zoneamento elaborado possui caráter indicativo, devendo ser compreendido como uma etapa inicial do processo de planejamento

territorial. Recomenda-se, portanto, seu refinamento mediante diagnósticos mais abrangentes, incorporando levantamentos de campo, dados de maior resolução espacial, participação das diferentes esferas do poder público, realização de consultas públicas e contribuições da sociedade civil organizada. Dessa forma, o processo participativo permitirá a validação e o aperfeiçoamento das zonas propostas, garantindo maior legitimidade ao instrumento e permitindo sua atualização periódica em resposta às transformações ambientais, sociais e econômicas do município.

5. REFERÊNCIAS

ARAÚJO FILHO, J. C.; ARAÚJO, M. S. B.; BURGOS, N.; MARQUES, F. A. Solos da Caatinga. In: CURI, N.; KER, J. C.; NOVAIS, R. F.; VIDAL-TORRADO, P.; SCHAEFER, C. E. G. R.(ed.). **Pedologia: solos dos Biomas Brasileiros**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017. p. 227-260.

AYOUB J. P.; OLIVEIRA M.; FREITA F.; MELLO M. Ações antrópicas e a associação com as mudanças climáticas. **Journal of Business and Management (IOSR-JBM)**, v. 26, n.12, ser. 9, p. 21-27,2024.

AYRES, F. M.; LAGEANO NETO DE JESUS, D.; GUEDES DA SILVA, W.; DA SILVA ANDRADE, M. H. Zoneamento Ecológico-Econômico e o Plano Diretor: instrumentos para a gestão territorial sustentável na Rota Bioceanica. **Interações**, Campo Grande, v. 24, n. 4, p. e2444222, 2023. Disponível em: <https://multitemasucdb.emnuvens.com.br/interacoes/article/view/4222>. Acesso em: mar. de 2026.

BAETENS, L., DESJARDINS, C., HAGOLLE, O. Validation of copernicus Sentinel-2 cloud masks obtained from MAJA, Sen2Cor, and FMask processors using reference cloud masks generated with a supervised active learning procedure. **Remote Sensing**, 25 p. ,2019. <https://doi.org/10.3390/rs11040433>.

BECKER B.K; EGLER C.A.G. Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico -econômico pelos estados da Amazônia Legal. Brasília: **SAE/MMA**,1996. 54p.

BEZERRA NETO, J. A.; NASCIMENTO, P. S.; BARROS, G. V. Análise Hierárquica aplicada à erosão do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe (SE). **Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, p. 82-106, 2022.

BRASIL. Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002. **Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico- Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências**. Brasília, DF, 2002. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2002/decreto-4297-10-julho-2002-468375-norma-pe.html>. Acesso em: fev.2026.

BRASIL. Lei n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006. **Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências.** Brasília,DF: Presidência da República,2009. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2009/lei-12187-29-dezembro-2009-599441-norma-pl.html>. Acesso em: fev.2026.

BRASIL. Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009. **Dispõe sobre a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências.** Brasília, DF: Presidência da República,2009. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2009/lei-12187-29-dezembro-2009-599441-norma-pl.html>. Acesso em: fev.2026.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.** Brasília, DF, 2012. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2012/lei-12651-25-maio-2012-613076-norma-atualizada-pl.html>. Acesso em: fev. de 2026.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.** Brasília, DF: Presidência da República, 1981. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-6938-31-agosto-1981-366135-norma-pl.html>. Acesso em: fev.2026.

CAETANO, R.; SILVA, T. B.; CASTRO, D. R. de; BENFICA, N. S. Uso de índices espectrais na caracterização da cobertura vegetal em região de Caatinga do Semiárido Baiano. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 8, n. 2, p. 28–43, 2022. DOI: 10.21680/2447-3359.2022v8n2ID26864.

CARVALHO, L. F. R. de. **Sistema para monitoramento dos Campos de Murundus do Distrito Federal mediante sensoriamento remoto**, 2017, 110 p., Trabalho de conclusão e curso (Graduação em Engenharia Aeroespacial), Universidade de Brasília, DF, 2017. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/20022/1/2018_LuizFernandoRochaDeCarvalho_tcc.pdf. Acesso em: jun. de 2026.

COSTA L.M. DA, DAVITT A., VOLPATO G., MENDONÇA G.C DE, PANOSSO A.L., LA SCALA N. A comparative analysis of GHG inventories and ecosystems carbon absorption in Brazil, **Science of The Total Environment**, v.958, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969724080896>. Acessado em: jan. 2026.

CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Sergipe. **Texto explicativo do mapa geológico do estado de sergipe**, escala 1:250.000, Brasília, 1998.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.C.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T.; BARBOSA, C. **Sensoriamento Remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial.** INPE,

São José dos Campos, São Paulo, 2001. Disponível em: <http://sap.ccst.inpe.br/artigos/CrepaneEtAl.pdf>. Acesso em: mar. de 2026.

DI GIULIO, G. M., GRESSE, E. G. E JACOBI, P. R. Emergência climática, eventos extremos e as experiências no contexto brasileiro, **Diálogos Socioambientais**, v. 7, n. 19, p. 6-12, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufabc.edu.br/index.php/dialogossocioambien-tais/article/view/1061>. Acesso em: maio de 2026.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mapa de Aptidão agrícola das terras do Brasil**: 2ª aproximação, escala 1:500.000. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2025. Disponível em: <https://geoinfo.dados.embrapa.br/catalogue/#/map/6499> Acesso em: jul.2025.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa - CNPS; Brasília, DF: Embrapa SPI, 1999. 412 p.

EMDAGRO. Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe. **Informações básicas municipais**: Porto da Folha. Aracaju: EMDAGRO,2025. Disponível em: <https://emdagro.se.gov.br/wp-content/uploads/2025/06/PORTO-DA-FOLHA-IBM.pdf>. Acesso em: mar. de 2026.

FERREIRA, V.J.R., BESER L., VIANA B.D., FRANÇA C., NASCIMENTO J., FREITAS M. Zoneamento ecológico econômico como ferramenta para a gestão territorial integrada e sustentável no Município do Rio de Janeiro. **EURE**, v. 44, n.131, p. 239-260, 2018.

FONSECA, M.R. Análise da vegetação arbustivo-arbórea da Caatinga hiperxerófila do noroeste do estado de Sergipe. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Estadual de Campinas: UNICAMP, São Paulo,1991.

FRANÇA, D., MARQUES, H. R. Impactos da pandemia de covid-19 na evolução da demografia. **Revista Multitemas**, v. 27, n. 67, p. 133–148, 2022. <https://doi.org/10.20435/multi.v27i67.3640>.

FRANÇA, L. C. J; MUCIDA, D. P.; MORAIS JUNIOR, V. T. M. de; ROCHA, S. J. S. S. da; REIS, C. R.; LISBOA, G. d. S.; SILVA, J. B. L. da. Áreas de uso restrito (AUR) em função da declividade em núcleo de desertificação no semiárido brasileiro. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 14, n. 34, p. 74-96, 2020. DOI: 10.5654/acta.v14i34.5436.

HUETE, A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote sensing of environment**, v. 25, n.3, p. 295-309, 1988. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90106-X](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X).

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**: panorama do município de Porto da Folha (SE). Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/porto-da-folha/panorama>. Acesso em: jun. 2026.

IBGE, Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Censo Demográfico 2022**: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em: jun. 2026.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha de setores censitários**, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?edicao=26589&t=downloads>. Acesso em: fev. de 2025.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. SIDRA: Censo Agropecuário 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html>. Acesso em: jul. de 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250.000**. Rio de Janeiro, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 168 p.,2019.

ITANI M. R.; GALLARDO A. L. C. F.; ZUQUIM M. DE L. Zoneamento Ecológico-Econômico: panorama e interface com o planejamento e as políticas públicas. **Estudos Avançados**, São Paulo, Brasil, v.39, n. 114, p.1-28, 2025. Disponível em: <https://revistas.usp.br/eav/article/view/240952>. Acesso em: jun. 2026.

KAWAMOTO, M. T. **Análise de técnicas de distribuição espacial com padrões pontuais e aplicação a dados de acidentes de trânsito e a dados de dengue de Rio Claro-SP**. 69 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu: Botucatu, SP, 2012.

LEMOES R. S.; JUNIOR A.P.; WSTANE C. Planejamento e gestão territorial: reflexões a partir da modernidade, da ciência e da participação social. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 28, n. 55, p. 889–905, 2018.

LIRA, K. C. da S.; FRANCISCO, H. R.; FEIDEN, A. Classificação de fragilidade ambiental em bacia hidrográfica usando lógica Fuzzy e método AHP. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 34, e62872, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/WfwdNkZLH5jLShDmMFZhfvf/?lang=pt>. Acesso em: jul. de 2026.

LOPES, R. C.; SILVA, R. N. F. Aplicação das lógicas booleana e fuzzy na determinação de áreas aptas para a implantação de aterro sanitário. **Revista Geociências**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 377–396, 2022. ISSN 1980-900X. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/16277/12359>. Acesso em: jun. de 2026.

MACEDO, M. A.; RIBEIRO, A. J. A.; SILVA, M. L. G. da. Diagnóstico da fragilidade física de Parque Natural utilizando ferramentas de geoprocessamento. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 4, p. 2059-2070, 2021. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p2059-2070>.

MAPBIOMAS. **Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2024**. Mapbiomas, 2025, 209p. Disponível em: <https://alerta.mapbiomas.org/rad-2024/navegue-pelo-relatorio/>.

Acessado em: jan. de 2026

MARTINS, A. L. J.; MIRANDA, W. D.; SILVEIRA, F.; PAES-SOUSA, R. A Agenda 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) como estratégia para equidade em saúde e territórios sustentáveis e saudáveis. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 48, n. especial 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/2358-28982024E18828P>.

MARTINS, L. A. P.; BRANDO, F. da R. O meio ambiente em discussão: as conferências de Estocolmo e Rio 1992. **Cadernos de História da Ciência**, São Paulo, v. 17, p. 1-23, 2023. ISSN 1809-7634. E-ISSN 2675-7214. Disponível em: <https://periodicos.saude.sp.gov.br/cadernos/article/view/38309/37960>. Acesso em: 20 jul. 2026.

MEDEIROS C. N. Mapeamento da vulnerabilidade socioambiental utilizando ferramentas de geoprocessamento, n.126,37p. **Texto para discussão / Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE)**, 2018.

MEDEIROS, R. R. de; PINHEIRO, M. A.; VITAL, S. R. de O.; LUCENA, R. L. Análise da fragilidade ambiental utilizando técnicas em SIG: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Seridó. **Revista GeoNordeste**, São Cristóvão, n. 1, p. 144–158, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufs.br/geonordeste/article/download/16026/16208/69648>. Acesso em: jul. 2026

MENDES K.R., OLIVEIRA P.E.S., LIMA J.R.S., MOURA M.S.B., SOUZA E.S., PEREZ-MARIN A.M., CUNHA J.E.B.L., MUTTI P.R., COSTA G.B., SÁ T.N.M. DE, ARAUJO P.A.A., FERREIRA R.R., MARQUES T.V., RODRIGUES D.T., CAMPOS S., MELO M.M.L.V, SILVA I.V.H., MORAIS L.F., NASCIMENTO F.S., MENEZES R.S.C. The caatinga dry tropical forest: A highly efficient carbon sink in South America, *Agricultural and Forest Meteorology*, **Scientific reports**, [s. l], v. 369, p. 3-23, 2025. Disponível em: <https://www.ccst.inpe.br/publicacao/the-caatinga-dry-tropical-forest-a-highly-efficient-carbon-sink-in-south-america/>. Acesso em: jan. de 2026.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Situação do ZEE no Brasil**, 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80253/Estados/Informacoes%20ZEE%202017.pdf>>. Acesso em: jun. de 2026.

MONTAÑO M.; OLIVEIRA I. S. D.; RANIERI V. E. L.; FONTES A. T.; SOUZA M. P. O zoneamento ambiental e sua importância para a localização de atividades. **Pesquisa & Desenvolvimento Engenharia de Produção**, v. 5, n. 1, p. 49-64, 2007. Disponível em: http://www.revista.ped.unifei.edu.br/documentos/V05N01/n06_art04.pdf. Acesso em: fev. de 2026.

NASCIMENTO, D. T. F.; LUIZ, G. C.; OLIVEIRA, I. J. Panorama dos sistemas de classificação climática e as diferentes tipologias climáticas referentes ao estado de Goiás e ao Distrito Federal (Brasil). **Revista Geo. UEG**, v.5, n.2, p.59-86, 2016. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/download/5769/3986>. Acesso em: jun. de 2026.

PEREIRA, M. S.; MOSCARDI, M. F. N.; MOITA NETO, J. M. Diagnóstico da vulnerabilidade ambiental da Floresta Nacional de Palmares, Altos, Piauí, Brasil. **Revista**

Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, vol. 10, n. 25, p. 581-596, 2023. ISSN 2359-1412. DOI: 10.21438/rbgas(2023)102501.

QUEIROS, J. A.; TROVÃO, D. M. B. M.; OLIVEIRA, A. B.; OLIVEIRA, E. C. S. Análise da estrutura fitossociológica da Serra do Monte, Boqueirão, Paraíba, 2006. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, p. 251-259.

RIBEIRO, M. R.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GALIN-DO, I. C. L. Os solos e o processo de desertificação no semiárido brasileiro. In: **Tópicos em Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 6, p. 413-459, 2009.

RIZZATTI, M.; LAMPERT BATISTA, N.; CEZAR SPODE P. L.; BOUVIER ERTHAL, D.; MAURO DE FARIA, R.; VOLPATO SCOTTI, A. A.; TRENTIN, R.; PETSCH, C.; TURBA COSTA, I.; QUOOS, J. H. Mapeamento da COVID-19 por meio da densidade de Kernel. *Metodologias e Aprendizado*, v. 3, p. 44–53, 2020. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/metapre/article/view/1312>. Acesso em: jun.de 2026.

ROSS, J.L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, v.8, n.1, p. 63-74, 1994. <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>.

SAATY, T. L How to make a decision: the Analytic Hierachy Process. *Interfaces*, v. 24, n. 6, p. 19-43, 1994.

SAATY, T. L. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, North-Holland, p. 9-26, 1990.

SAATY, T. The Analytic Hierarchy Process. **McGraw Hill International Book**. New York. 1980.

SAMPAIO, T. V. M. Diretrizes e procedimentos metodológicos para a cartografia de síntese com atributos quantitativos via álgebra de mapas e análise multicritério. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 121-131, 2012.

SANTANA, R. G.; DA SILVA, Q. D.; MACIEL, D. S. Geotecnologias aplicadas à identificação das características do relevo como subsídio à gestão territorial. **Revista de Geomorfologia**, v. 6, n. 1, p. 259-277, 2025. DOI: <https://doi.org/10.48025/ISSN2675-6900.v6n1.2025.395>.

SANTOS L. A. N.; NASCIMENTO P. S. R. Espacialização da suscetibilidade erosiva a partir da densidade de drenagem pelo interpolador Kernel. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19. Santos, 2019. **Anais [...]**. São José dos Campos: INPE, 2019, p. 27 –30.

SANTOS, J. de O. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 75 - 90, 2015. ISSN 1984-2201. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/1650>>. Acesso em: jul. de 2026.

SANTOS, J. P. de O.; ABREU, K. G.; ARAÚJO, J. R. E. S.; SOUSA, V. F. de O.; AIRES, M. L. Pressões antrópicas em Floresta Tropical Sazonalmente Seca em área suscetível à desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 16, n. 3, 2023. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2023v16n3e10535>.

SANTOS, M. R. R.; RANIERI, V. E. L. Critérios para análise do zoneamento ambiental como instrumento de planejamento e ordenamento territorial. **Ambiente & Sociedade**, 16(4),p.43-62, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2013000400004>

SANTOS, V. M. dos. **Zonear para recuperar**: proposições para o semiárido brasileiro (Alto Santo-CE), 2022. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/69274>. Acesso em: jul. de 2026.

SERGIPE. Lei nº 9.146, de 29 de dezembro de 2022. **Aprova o Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro do Litoral Centro de Sergipe**, 2022. Disponível em: <https://aleselegis.al.se.leg.br/Arquivo/Documents/legislacao/html/L91462022.html>. Acesso em: jun. 2026.

SILVA JUNIOR, U. J. da; SILVA JUNIOR, J. A. da; ALMEIDA, D. N. O. de; SANTOS, E. M. dos; PAIVA, A. L. R. de; SANTOS, S. M. dos; OLIVEIRA, L. M. M. de. Variações sazonais intra e interanual da cobertura vegetal (NDVI e SAVI) na mata ciliar do bioma Caatinga associada ao Reservatório de Serrinha II, PE, Brasil e sua correlação com o SPI e o volume hídrico acumulado. **Caminhos de Geografia**, v. 25, n. 99, p. 224–242, 2024. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG259970639>.

SILVA, C. R. DA. **Geodiversidade do Brasil**: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. CPRM, 2008. 264 p. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/items/08dabc39-c522-4cb5-af12-477721668c75>. Acesso em: maio de 2026.

TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. Áreas e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga, 2008. In: Leal RI, Tabarelli M & Silva JMC (Eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. 3ª Ed. Recife: Universitária da UFPE, p. 777-796.

TAGLIANI, C. R. Zoneamento Ecológico-Econômico da zona sul do Estado do Rio Grande do Sul. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v.38, p 303-324, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/46044/29126>. Acesso em: jun. de 2026.

TEIXEIRA, T. M. de A.; OLIVEIRA, V. P. V. de; TEIXEIRA, A. C. de O. Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio São João de Tiba, Extremo Sul da Bahia. **Revista Brasileira de Geografia Física** v. 14, n. 4, p. 1941-1956, 2021. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p1941-1956>

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977. 97p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv9679.pdf>. Acesso em: mar de 2026.

ZUFFO A. C., REIS L. F. R., SANTOS R. F., CHAUDHRY F. H. Aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento de recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos RBRH**, v.7, n1, p. 81-102, 2002.