



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**ÉDER GUEDES FREITAS**

**OS COMPONENTES NATURAIS E A FRAGILIDADE AMBIENTAL DOS SERTÕES**  
**DO SEMIÁRIDO SERGIPANO**

**FORTALEZA**

**2024**

ÉDER GUEDES FREITAS

OS COMPONENTES NATURAIS E A FRAGILIDADE AMBIENTAL DOS SERTÕES DO  
SEMIÁRIDO SERGIPANO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Departamento de Geografia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Geografia. Área de concentração: Dinâmica territorial e ambiental.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- F938c Freitas, Éder Guedes.  
Os componentes naturais e a fragilidade ambiental dos sertões do semiárido sergipano / Éder Guedes Freitas. – 2024.  
319 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2024.  
Orientação: Profa. Dra. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira.
1. Análise geoambiental. 2. Ordenamento territorial. 3. Planejamento ambiental. 4. Zoneamento territorial. I. Título.

CDD 910

---

ÉDER GUEDES FREITAS

OS COMPONENTES NATURAIS E A FRAGILIDADE AMBIENTAL DOS SERTÕES DO  
SEMIÁRIDO SERGIPANO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Departamento de Geografia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Geografia. Área de concentração: Dinâmica territorial e ambiental.

Aprovada em 30/07/2024

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira (Orientadora)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Antônio Jeovah de Andrade Meireles

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Elisa Zanella

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dra. Tais Kalil Rodrigues

Universidade Federal de Sergipe (UFS)

---

Prof. Dra. Érika Gomes Brito da Silva

Universidade Estadual do Ceará (UECE)

---

Dra. Ana Consuelo Ferreira Fontenele

Técnica da Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA/SE)

Aos meus pais, Francisco de Sales Duarte  
Freitas e Maria Lúcia Guedes Freitas.

Meus irmãos, Elder Guedes de Freitas e Évila  
Guedes Freitas.

E meus sobrinhos, Pedro Costa de Freitas, José  
Samuel Guedes Paiva e Maria Cecília Costa de  
Freitas.

## AGRADECIMENTOS

O caminho trilhado, até aqui, foi cheio de percalços, crises, felicidades e dissabores que por pouco não minaram o ânimo e a energia de me aventurar nessa trilha acadêmica, rumo a mais desafio – pessoal e acadêmico, e com ele mais um título. Durante o curso dos anos, nos quais me dediquei a esta pesquisa, vários colegas, amigos e familiares tiveram um papel crucial, servindo ora como porto seguro, como incentivadores, ou apenas, como ouvintes das minhas intermináveis lamúrias.

À professora Vlândia, com quem trabalhei durante todos esses anos, que me deu (muitas) broncas, indicou ótimos trabalhos, me deu direcionamento nos momentos que se apresentaram desafiadores na execução do trabalho, e teve um papel fundamental nesta etapa: meu MUITO OBRIGADO POR TUDO, você é demais.

À minha família, principal incentivadora e apoiadora nessa empreitada, que esteve por perto para ser ouvinte ou suporte emocional e estar sempre na torcida para que tudo desse certo.

Aos colegas de trabalho da Superintendência do Patrimônio da União em Sergipe, que torceram, apoiaram e deram auxílio nesta etapa acadêmica: Ao colega (e chefe) Nielson Tôrres, que apoiou e deu suporte na realização da pesquisa, que agora apresento. À Deise Maisa, quem me deu um grande suporte na elaboração de produtos que figuram neste documento. Anderson Belo, que nos momentos de desânimo deu suporte e ouvidos às minhas – inúmeras – reclamações e que nos momentos de conversa me possibilitou repensar alguns conceitos. Aos colegas do SECAP (Lucas Eduardo, Thomaz Fonseca, Sílvia Lopes e Carlos Augusto), do SEDEP (Edileide Pereira, Tereza Cristina, Maria da Conceição e José Alberto), do SEDEP (Emanoel Oliveira, Mônica Regina, Eugênio Figueiredo e Renata Glesemery) e do SEGEC (Teófilo Melo, Isabel Cristina, Emília) e aos demais colegas (Moacy Araújo, Kézia Melo, Laine Santos) pelo apoio, suporte e torcida.

Sabam que este trabalho só foi possível por vocês estarem, e serem, presentes. Assim a todos vocês meu profundo MUITO OBRIGADO.

Nossa realidade é construída pelas nossas sociedades, pela emoção da música, pelas ricas redes entrelaçadas do nosso saber comum, que construímos juntos. Tudo isso é parte daquela mesma natureza que descrevemos. Somos parte integrante da natureza, somos natureza, em uma de suas inumeráveis e variadíssimas expressões. É isso que nosso conhecimento crescente do mundo nos ensina. Tudo que é especificamente humano não representa nossa separação da natureza, é a nossa natureza. É uma forma que a natureza assumiu aqui em nosso planeta, no jogo infinito de suas combinações, da influência recíproca e da troca de correlações e informações entre suas partes. (ROVELLI, C. Sete breves lições de física, 2015, p. 84)

## RESUMO

A discussão das questões ambientais no semiárido torna-se muito pertinentes, graças ao quadro de fragilidade e vulnerabilidade destes ambientes. O semiárido sergipano, é marcado pela degradação de sua cobertura florestal primária. Coloca-se em questão a própria capacidade de uso da terra, podendo tornar estas áreas susceptíveis à ocorrência de processos de degradação ambiental e de desertificação. Tal situação é constatada nos nove municípios que compõem a microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco, os quais tiveram sua dinâmica territorial modelada pelas diferentes atividades econômicas desenvolvidas. Nessa perspectiva, é imprescindível colocar em prática políticas públicas que foquem no ordenamento territorial sustentável. Ancorado nessa necessidade, objetivou-se discutir o processo de planejamento ambiental, mediante a identificação dos indicadores de fragilidade e vulnerabilidade ambiental de modo a subsidiar o zoneamento geoambiental. Para atingir os objetivos pretendidos, o presente trabalho fundamentou-se na abordagem sistêmica, permitindo reconhecimento e a delimitação dos sistemas ambientais que compõem a paisagem. Foram delimitados 5 sistemas ambientais: Planícies e Terraços fluviais, Tabuleiros pré-litorâneos, Planaltos sedimentares, Sertões e Superfícies residuais, cada qual resultante de distintos processos evolutivos, sendo as áreas de sertões, a de maior extensão territorial, abrangendo uma área de 5.093,01 km<sup>2</sup>. Reconhecidas as unidades ambientais, foram analisados os indicadores de fragilidade e vulnerabilidade ambiental da área de pesquisa, onde evidenciou-se que a maior parte do território apresenta elevados graus de fragilidade, variando desde média a muito alta áreas de muito alta fragilidade, com as áreas de muito alta fragilidade restritas a pequenas parcelas do território. Os graus de vulnerabilidade apresentaram-se de moderados a elevados em toda a região, sobretudo nos municípios de Canindé de São Francisco, Monte Alegre de Sergipe e Poço Redondo, afetando as áreas marginais de rios, nascentes e em áreas urbanas, que apresentaram condições de vulnerabilidade que variam de alta a muito alta, sendo decorrentes da forma de urbanização utilizada, e da exploração dos recursos naturais intensiva e o avanço das áreas produtivas, o que resulta na redução da cobertura vegetal e intensificação de processos erosivos. Com base no reconhecimento dos graus de fragilidade e da vulnerabilidade, foi possível estabelecer a delimitações das unidades de intervenção e planejamento tendo como objetivo o ordenamento territorial sobre bases sustentáveis. Para atingir os objetivos pretendidos, o presente trabalho fundamentou-se na abordagem sistêmica, permitindo reconhecimento e a delimitação dos sistemas ambientais que compõem a paisagem. Com base



no reconhecimento dos graus de fragilidade e vulnerabilidade de cada unidade ambiental, foi possível a elaboração do mapa do zoneamento geoambiental, sendo definidas 25 zonas, as quais especificam o grau de risco associado, fragilidade e vulnerabilidades de cada unidades, prevalecendo as unidades com tendência à instabilidade ou instáveis, com maior suscetibilidade à degradação e, conseqüentemente, à desertificação. Por fim, evidenciamos que a metodologia desenvolvida, neste trabalho, demonstrou resultados bastante condizente com as características locais e apresentou-se menos generalista, se comparada às demais metodologias apresentadas, apresentando, desse modo, grande potencial para avaliação dos graus de fragilidade e utilização como instrumento de planejamento e ordenamento territorial.

**Palavras-chave:** Análise geoambiental; Ordenamento territorial; Planejamento ambiental; Zoneamento territorial.

## ABSTRACT

The discussion of environmental issues in the semi-arid region has become very relevant, thanks to the fragility and vulnerability of these environments. The semi-arid region of Sergipe is marked by the degradation of its primary forest cover. This calls into question the very capacity for land use and can make these areas susceptible to environmental degradation and desertification. This situation can be seen in the nine municipalities that make up Sergipe's Sertão do São Francisco micro-region, which have had their territorial dynamics shaped by the different economic activities developed. From this perspective, it is essential to implement public policies that focus on sustainable territorial planning. Anchored in this need, the aim was to discuss the environmental planning process by identifying indicators of environmental fragility and vulnerability in order to support geo-environmental zoning. In order to achieve its objectives, this work was based on a systemic approach, allowing for the recognition and delimitation of the environmental systems that make up the landscape. Five environmental systems were delimited: Plains and River Terraces, Pre-Littoral Tablelands, Sedimentary Plateaus, Hinterlands and Residual Surfaces, each resulting from different evolutionary processes, with the hinterlands being the largest, covering an area of 5,093.01 km<sup>2</sup>. Once the environmental units had been recognized, the environmental fragility and vulnerability indicators of the research area were analyzed, showing that most of the territory has high degrees of fragility, ranging from medium to very high fragility areas, with very high fragility areas restricted to small portions of the territory. The degrees of vulnerability ranged from moderate to high throughout the region, especially in the municipalities of Canindé de São Francisco, Monte Alegre de Sergipe and Poço Redondo, affecting the marginal areas of rivers, springs and urban areas, which presented conditions of vulnerability ranging from high to very high, resulting from the form of urbanization used, and the intensive exploitation of natural resources and the advance of productive areas, which results in the reduction of vegetation cover and intensification of erosion processes. Based on the recognition of the degrees of fragility and vulnerability of each environmental unit, it was possible to draw up the geo-environmental zoning chart, defining 25 zones, which specify the degree of associated risk, fragility and vulnerabilities of each unit, with the prevalence of units with a tendency to instability or unstable, with greater susceptibility to degradation and, consequently, desertification. Finally, we can see that the methodology developed in this work showed results that were very consistent with local characteristics and was less generalist than the other

methodologies presented, thus showing great potential for assessing degrees of fragility and using them as a planning and land-use planning tool.

**Keywords:** Geoenvironmental analysis; Land use planning; Environmental planning; Land use zoning.

## RESUMÉ

Le débat sur les questions environnementales dans les régions semi-arides est devenu très pertinent en raison de la fragilité et de la vulnérabilité de ces environnements. La région semi-aride de Sergipe est marquée par la dégradation de sa couverture forestière primaire. Cela remet en question la capacité même d'utilisation des terres et peut rendre ces zones sensibles à la dégradation de l'environnement et à la désertification. Cette situation se retrouve dans les neuf municipalités qui composent la microrégion du Sertão do São Francisco de Sergipe, dont la dynamique territoriale a été façonnée par les différentes activités économiques qui s'y sont développées. Dans cette perspective, il est essentiel de mettre en œuvre des politiques publiques axées sur l'aménagement durable du territoire. Partant de cette nécessité, l'objectif était de discuter du processus de planification environnementale en identifiant des indicateurs de fragilité et de vulnérabilité environnementale afin de subventionner le zonage géo-environnemental. Pour atteindre ses objectifs, ce travail s'est basé sur une approche systémique, permettant la reconnaissance et la délimitation des systèmes environnementaux qui composent le paysage. Cinq systèmes environnementaux ont été délimités : les plaines et terrasses fluviales, les plateaux pré-littoraux, les plateaux sédimentaires, les arrière-pays et les surfaces résiduelles, chacun résultant de processus évolutifs différents, les arrière-pays étant les plus vastes, couvrant une superficie de 5 093,01 km<sup>2</sup>. Une fois les unités environnementales reconnues, les indicateurs de fragilité et de vulnérabilité environnementales de la zone de recherche ont été analysés. Il en ressort que la majeure partie du territoire présente des degrés de fragilité élevés, allant de zones de fragilité moyenne à très élevée, les zones de fragilité très élevée étant restreintes à de petites portions du territoire. Les degrés de vulnérabilité varient de modéré à élevé dans toute la région, en particulier dans les municipalités de Canindé de São Francisco, Monte Alegre de Sergipe et Poço Redondo, affectant les zones marginales des rivières, des sources et des zones urbaines, qui ont montré des conditions de vulnérabilité allant de élevé à très élevé, résultant de la forme d'urbanisation utilisée et de l'exploitation intensive des ressources naturelles et de l'avancée des zones productives, ce qui entraîne la réduction de la couverture végétale et l'intensification des processus d'érosion. Sur la base de la reconnaissance des degrés de fragilité et de vulnérabilité de chaque unité environnementale, il a été possible d'élaborer le tableau de zonage géo-environnemental, définissant 25 zones, qui spécifient le degré de risque, de fragilité et de vulnérabilité associé à chaque unité, avec la prédominance d'unités sujettes à l'instabilité ou instables, avec une plus grande susceptibilité à

la dégradation et, par conséquent, à la désertification. Enfin, nous pouvons constater que la méthodologie développée dans ce travail a donné des résultats très cohérents avec les caractéristiques locales et qu'elle était moins généralisée que les autres méthodologies présentées, ce qui montre un grand potentiel pour l'évaluation des degrés de fragilité et leur utilisation en tant qu'outil de planification et d'aménagement du territoire.

**Mots clés:** Analyse géoenvironnementale; Aménagement du territoire; Planification environnementale; Zonage de l'aménagement du territoire.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Processo de análise e zoneamento ambiental.....	47
Figura 2 -	Dinâmica dos sistemas ambientais.....	54
Figura 3 -	Elementos da vulnerabilidade do lugar.....	57
Figura 4 -	Fluxograma das etapas de realização do trabalho.....	67
Figura 5 -	Relação entre precipitação e infiltração de água no solo.....	71
Figura 6 -	Influência das componentes gravitacionais e do relevo sobre um corpo....	75
Figura 7 -	Quatro tipos básicos de vertentes e os processos atuantes - Troeh (1965)	76
Figura 8 -	Relação dos fluxos de água conforme as formas da vertente.....	78
Figura 9 -	Esquema de fluxo de água em diferentes tipos de vertente.....	79
Figura 10 -	Delimitação da Região Semiárida Brasileira.....	99
Figura 11 -	Distribuição intra e interanual da precipitação na região Nordeste.....	100
Figura 12 -	Incidência de secas na região Nordeste do Brasil.....	101
Figura 13 -	Delimitação dos Biomas brasileiros.....	102
Figura 14 -	Localização das áreas fortemente degradadas ou em processo de desertificação.....	107
Figura 15 -	Delimitação da região semiárida sergipana.....	110
Figura 16 -	Áreas fortemente degradadas no estado de Sergipe.....	114
Figura 17 -	Domínios geológicos integrantes da Faixa de Dobramentos Sergipana....	120
Figura 18 -	Vista da planície fluvial do Rio São Francisco, no município de Gararu/SE.....	159
Figura 19 -	Vista aérea da margem direita do rio São Francisco, na região do Povoado Lagoa Primeira no município de Gararu/SE. Na imagem, é possível observar os diferentes usos das regiões marginais.....	160
Figura 20 -	Vista panorâmica das áreas do Platô de Feira Nova, evidencia-se o potencial econômico dessas áreas pela larga presença de áreas produtivas	162
Figura 21 -	Vista do Planalto sedimentar dissecado – Unidade Xingó (ao fundo), esculpida em rochas quartzíticas.....	164
Figura 22 -	Vista aérea das feições dos Baixos Sertões do São Francisco.....	166
Figura 23 -	Aspectos da paisagem da unidade dos Baixos Sertões Dissecados (Bsd1).	167
Figura 24 -	Aspectos da unidade dos Sertões dissecados em vales profundos (Bsd2)..	168

Figura 25 - Vista aérea da área dos sertões dissecados no município de Feira Nova/SE.....	171
Figura 26 - Vista das áreas dos sertões dissecados no município de Feira Nova/SE....	172
Figura 27 - Vista aérea dos sertões aplainados, no município de Nossa Senhora da Glória/SE.....	173
Figura 28 - Vista aérea da unidade dos sertões aplainados com inselbergs.....	174
Figura 29 - Vista aérea da unidade dos maciços residuais. Ao centro, a Serra da Tabanga, em Gararu, às margens do Rio São Francisco.....	176
Figura 30 - Distribuição dos graus de fragilidade no sistema ambiental da Planície Fluvial.....	189
Figura 31 - Distribuição dos graus de fragilidade no sistema ambiental dos Terraços Fluviais.....	189
Figura 32 - Distribuição dos graus de fragilidade no sistema ambiental do Platô de Feira Nova.....	190
Figura 33 - Distribuição dos graus de fragilidade no sistema ambiental dos planaltos sedimentares.....	190
Figura 34 - Distribuição dos graus de fragilidade no sistema ambiental dos Baixos Sertões do São Francisco.....	191
Figura 35 - Distribuição dos graus de fragilidade no sistema ambiental dos Baixos sertões dissecados em colinas e morrotes.....	191
Figura 36 - Distribuição dos graus de fragilidade no sistema ambiental dos Baixos sertões dissecados em vales profundos.....	192
Figura 37 - Distribuição dos graus de fragilidade no sistema ambiental dos Altos Sertões Aplainados.....	193
Figura 38 - Distribuição dos graus de fragilidade no sistema ambiental dos Altos Sertões Dissecados.....	194
Figura 39 - Distribuição dos graus de fragilidade no sistema ambiental dos Maciços Residuais.....	195
Figura 40 - Vista aérea do município de Carira. Na imagem, é possível observar áreas destinadas à agropecuária, atividade fortemente presente na região semiárida sergipana.....	209
Figura 41 - Vista aérea, nas proximidades do povoado Cumbuqueiro, Nossa Senhora da Glória/SE.....	210

Figura 42 -	Fragilidade para o sistema alto sertão aplainado com dissecação moderada (ASa1) .....	225
Figura 43 -	Vista aérea de área classificada como de ecodinâmica estável. Notar as características de relevo sem desníveis notáveis e presença de cobertura vegetal nativa, o que garante a estabilidade relativa dessas áreas.....	234
Figura 44 -	Região com ecodinâmica estável. As condições de relevo e a presença de vegetação, ainda que de médio porte, garante relativa estabilidade à unidade.....	235
Figura 45 -	Características de uso e ocupação da área, onde é possível notar a existência de atividade antrópica imprimindo alterações na paisagem.....	236
Figura 46 -	Vista aérea da zona 6 (região central da imagem). Observa-se, apesar das condições de relevo desfavorável a presença de vegetação que age como atenuadora dos efeitos erosivos garantindo relativa estabilidade à unidade.....	238
Figura 47 -	Vista aérea da unidade 8. Devido às características de relevo favoráveis à atividade agropecuárias, tornam-se áreas intensamente utilizadas pelas atividades econômicas, imprimindo alterações significativas na paisagem.....	240
Figura 48 -	Vista aérea da paisagem da Zona 3IVa, com alta fragilidade natural, conferida pelo relevo movimentado e vertentes dissecadas.....	241
Figura 49 -	Vista aérea da Zona 4IIId. Região apresenta relevo pouco movimentado, que confere baixa fragilidade, contudo, apresenta-se bastante alterada por intervenções antrópicas fazendo com que apresente alta vulnerabilidade à degradação.....	243
Figura 50 -	Vista da Zona 4IIIc. Região de relevo suave ondulado, com alta pressão antrópica, conferindo altos valores de vulnerabilidade.....	244
Figura 51 -	Vista aérea da Zona 4IVb (em segundo plano), compostas por áreas dissecadas, recobertas com vegetação nativa, sendo identificados vetores pontuais de pressão.....	245
Figura 52 -	Vista da Zona 5IIIId. Apresenta relevo plano, com solos rasos, e ocorrência pontual de afloramentos rochosos, fortemente alterados pela pecuária e pastos, conferindo alta vulnerabilidade.....	247



Figura 53 - Vista da Zona 5IVc. Compreendem áreas com vertentes retilíneas e inclinadas, sem presença ou com cobertura vegetal bastante alterada.....	248
Figura 54 - Vista aérea da Zona 6IIIe. Feições, normalmente, associadas às margens de rios, compostas por sedimentos inconsolidados, ou localizadas em regiões de relevo muito movimentado, associadas a vertentes.....	250
Figura 55 - Vista da Zona 6IVd. Compreendem áreas de alta fragilidade, submetidas a altos vetores de pressão antrópica, com remoção da vegetação nativa, revolvimento do solo.....	251
Figura 56 - Zona 7IVe (ao fundo). Compreende áreas de relevo movimentado, com cobertura vegetal deficitária ou altos valores de pressão antrópica.....	253
Figura 57 - Vista aérea da Zona 7Ve. Área de relevo montanhoso a escarpado, com vertentes que propiciam acúmulo do fluxo superficial, sem ocupação antrópica.....	256

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Definições do conceito de Sistema.....	37
Quadro 2 -	Intervalos da classificação do risco ambiental.....	64
Quadro 3 -	Cronograma das atividades de campo.....	65
Quadro 4 -	Descrição dos indicadores de fragilidade e vulnerabilidade das unidades de planejamento.....	67
Quadro 5 -	Fatores que influem na suscetibilidade à erosão dos solos.....	82
Quadro 6 -	Influência dos diferentes tipos de vegetação no ciclo hidrológico.....	85
Quadro 7 -	Síntese das características do sistema fluvial.....	161
Quadro 8 -	Síntese das características do sistema tabuliforme.....	163
Quadro 9 -	Síntese das características do planalto sedimentar.....	165
Quadro 10 -	Síntese das características do sistema dos baixos sertões.....	169
Quadro 11 -	Síntese das características do sistema dos altos sertões.....	175
Quadro 12 -	Síntese das características do sistema das superfícies residuais.....	178
Quadro 13 -	Intervalos da classificação do risco ambiental.....	223
Quadro 14 -	Descrição dos indicadores de fragilidade e vulnerabilidade das unidades de planejamento.....	231

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1 -	Localização da área de estudo.....	116
Mapa 2 -	Mapa geológico da área de pesquisa.....	118
Mapa 3 -	Precipitação média anual da microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco.....	124
Mapa 4 -	Declividade da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco.....	126
Mapa 5 -	Declividade da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco.....	127
Mapa 6 -	Unidades geomorfológicas da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco.....	129
Mapa 7 -	Mapa pedológico.....	133
Mapa 8 -	Mapa hidrográfico da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco..	135
Mapa 9 -	Cobertura vegetal da área de estudo.....	139
Mapa 10 -	Densidade demográfica da região.....	143
Mapa 11 -	Delimitação dos sistemas ambientais da microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco.....	158
Mapa 12 -	Mapa de fragilidade ambiental da Microrregião sergipana do Sertão do São Francisco.....	182
Mapa 13 -	Mapa de Vulnerabilidade ambiental da Microrregião sergipana do Sertão do São Francisco.....	218
Mapa 14 -	Mapa do macrozoneamento territorial.....	222
Mapa 15 -	Mapa de riscos ambientais da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco.....	226
Mapa 16 -	Mapa do Zoneamento Geoambiental da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco.....	233

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Distribuição da população por situação.....	141
Gráfico 2 -	Pirâmide etária da microrregião sergipana do Sertão do São Francisco...	142
Gráfico 3 -	Distribuição etária por localização da moradia.....	142
Gráfico 4 -	Grau de escolaridade da população maior de 10 anos.....	145
Gráfico 5 -	Composição do PIB da região.....	148
Gráfico 6 -	PIB municipal por setor da atividade econômica, relativo ao ano de 2020 (Mil reais).....	149
Gráfico 7 -	Quantitativo de imóveis por área total.....	150
Gráfico 8 -	Área destinada às lavouras temporárias e permanentes.....	153
Gráfico 9 -	Distribuição das Classes de Fragilidade.....	180
Gráfico 10 -	Valores de fragilidade ambiental da área de pesquisa, mediante metodologias apresentadas.....	197
Gráfico 11 -	Variação da Cobertura Vegetal nativa, entre os anos de 1985-2022.....	211
Gráfico 12 -	Áreas destinadas a pastagens, entre os anos de 1985-2022.....	212
Gráfico 13 -	Áreas destinadas às lavouras temporárias, entre os anos de 1985-2022...	212

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Estações pluviométricas utilizadas.....	59
Tabela 2 -	Intervalos de fragilidade ambiental estabelecidos.....	62
Tabela 3 -	Intervalos de vulnerabilidade ambiental estabelecidos.....	63
Tabela 4 -	Escala de fragilidade ambiental para o indicador geologia.....	70
Tabela 5 -	Grau de fragilidade para o tema clima, considerando a precipitação anual e coeficiente de variação.....	73
Tabela 6 -	Relação de classes de declividade e fator de influência na componente Geomorfologia.....	75
Tabela 7 -	Relação de classes de curvatura e fator de influência.....	78
Tabela 8 -	Relação de classes de curvatura e fator de influência.....	80
Tabela 9 -	Grau de fragilidade da vertente aos processos erosivos.....	80
Tabela 10 -	Valores de fragilidade adotados para cada classe de solo.....	84
Tabela 11 -	Classe de fragilidade do indicador vegetação e correlação com valores de NDVI.....	86
Tabela 12 -	Escala de vulnerabilidade ambiental para o tema Padrão de uso dos solos....	87
Tabela 13 -	Grau de restrição ao uso.....	88
Tabela 14 -	Desmatamento da vegetação de caatinga por estado.....	103
Tabela 15 -	Áreas suscetíveis à desertificação e intensamente degradadas.....	106
Tabela 16 -	Evapotranspiração de referência para os municípios da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco. Valores expressos em mm.....	122
Tabela 17 -	Precipitação média mensal dos municípios da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco. Valores expressos em mm.....	123
Tabela 18 -	Classes de uso e ocupação do território, através da utilização de produtos de sensoriamento remoto.....	137
Tabela 19 -	Área por classe de cobertura vegetal.....	138
Tabela 20 -	Total de pessoas com rendimento, por classe de rendimento em salários-mínimos.....	144
Tabela 21 -	Taxa de desocupação, por nível de escolaridade (em %).....	146
Tabela 22 -	Rendimento médio mensal por nível de escolaridade.....	146
Tabela 23 -	Ocupação principal declarada pela população.....	147
Tabela 24 -	Características dos imóveis rurais.....	152
Tabela 25 -	Efetivo dos rebanhos, por município (referentes ao ano de 2021).....	154
Tabela 26 -	Produção de origem animal, por tipo de produto (ano de 2022).....	155
Tabela 27 -	Delimitação das unidades sistêmicas da área de pesquisa.....	157
Tabela 28 -	Distribuição das classes de fragilidade por município (valores expressos em km <sup>2</sup> e %).....	181
Tabela 29 -	Distribuição das classes de fragilidade para o tema geologia por município.	185
Tabela 30 -	Distribuição das classes de fragilidade para os indicadores climáticos.....	186
Tabela 31 -	Distribuição das classes de fragilidade para os indicadores geomofológicos	187

Tabela 32 - Distribuição das classes de fragilidade para o tema solos.....	187
Tabela 33 - Distribuição das classes de fragilidade para o tema vegetação.....	188
Tabela 34 - Comparação entre as classes de fragilidade ambiental, mediante metodologias aplicadas.....	196
Tabela 35 - Percentual de cada classe de fragilidade ambiental, mediante metodologias aplicadas.....	196
Tabela 36 - Distribuição percentual dos indicadores por classe de fragilidade.....	198
Tabela 37 - Matriz de correlação dos indicadores utilizados na metodologia de Carmo <i>et al.</i> (2015).....	198
Tabela 38 - Matriz de correlação dos indicadores utilizados na metodologia de Crepani <i>et al.</i> (2001).....	199
Tabela 39 - Valores de fragilidade (vulnerabilidade natural) para os indicadores adotados.....	200
Tabela 40 - Matriz de correlação dos indicadores utilizados na metodologia PNE.....	201
Tabela 41 - Matriz de correlação dos indicadores utilizados no EUPS.....	201
Tabela 42 - Matriz de correlação dos indicadores utilizados.....	202
Tabela 43 - Indicadores utilizados nas metodologias apresentadas.....	204
Tabela 44 - Matriz de correspondência entre os diferentes métodos de modelagem.....	205
Tabela 45 - Áreas dos empreendimentos rurais destinados a cada tipo de atividade rural	213
Tabela 46 - Áreas legalmente protegidas no território da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco.....	215
Tabela 47 - Classe de Vulnerabilidade Ambiental, por município.....	216
Tabela 48 - Macrozoneamento territorial da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco.....	221
Tabela 49 - Compartimentação geoambiental dos municípios da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco.....	232

## LISTA DE SIGLAS

ALOS	Advanced Land Observing Satellite
ANA	Agência Nacional das Águas
APP	Área de Preservação Permanente
ASD	área suscetível à desertificação
CASAM	Mapa de Suscetibilidade Ambiental
CF88	Constituição Federal de 1988
	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (atualmente Serviço
CPRM	Geológico do Brasil)
CV	Coefficiente de Variação
DOL	Distúrbios Ondulatórios de Leste
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e estatística
	Shuttle Radar Topography Mission (Missão Topográfica Radar
SRTM	Shuttle)
kg/ha	Quilograma por hectare
EMDAGRO	Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe
EUPS	Equação Universal de Perda de Solos
PEA	População Economicamente Ativa
PNE	Potencial Natural à Erosão
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
PV	Banda do Vermelho visível
PIVP	Banda do Infravermelho próximo
RL	Reserva Legal
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UC	Unidade de Conservação
LANDSAT	Land Satellite
PALSAR	Phased Array L
SNCR	Sistema Nacional de Cadastro Rural
Sicar	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
SAGA	Sistema de Análises Geocientíficas Automatizado
SPU/SE	Superintendência do Patrimônio da União em Sergipe
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
VCAN	Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA.....</b>	<b>35</b>
<b>2.1</b>	<b>Fundamentação teórica.....</b>	<b>35</b>
2.1.1	A concepção sistêmica como abordagem metodológica aos estudos de ordenamento territorial.....	35
2.1.2	Princípios da análise geoambiental.....	44
2.1.3	A importância da apreensão e aplicabilidade dos conceitos de ‘fragilidade’ e ‘vulnerabilidade’ aos estudos ambientais.....	50
<b>2.2</b>	<b>Procedimentos metodológicos.....</b>	<b>57</b>
2.2.1	Escolha dos indicadores ambientais.....	68
<b>3</b>	<b>DO PLANEJAMENTO, LATO SENSU, AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL.....</b>	<b>89</b>
<b>3.1</b>	<b>Degradação ambiental no semiárido brasileiro.....</b>	<b>98</b>
<b>3.2</b>	<b>A região semiárida sergipana.....</b>	<b>109</b>
<b>4</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE PESQUISA.....</b>	<b>116</b>
<b>4.1</b>	<b>Geologia.....</b>	<b>117</b>
<b>4.2</b>	<b>Clima.....</b>	<b>121</b>
<b>4.3</b>	<b>Geomorfologia.....</b>	<b>125</b>
<b>4.4</b>	<b>Solos.....</b>	<b>130</b>
<b>4.5</b>	<b>Recursos hídricos e hidrografia.....</b>	<b>134</b>
<b>4.6</b>	<b>Cobertura Vegetal.....</b>	<b>136</b>
<b>5</b>	<b>CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS.....</b>	<b>140</b>
<b>5.1</b>	<b>População.....</b>	<b>140</b>
<b>5.2</b>	<b>Características econômicas municipais.....</b>	<b>148</b>
<b>6</b>	<b>ESTRUTURAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS.....</b>	<b>156</b>
<b>7</b>	<b>AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NO SEMIÁRIDO SERGIPANO.....</b>	<b>179</b>
<b>7.1</b>	<b>Análise dos indicadores de fragilidade da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco.....</b>	<b>179</b>
<b>7.2</b>	<b>Fragilidade dos sistemas ambientais do semiárido sergipano.....</b>	<b>188</b>
<b>7.3</b>	<b>Análise comparativa dos resultados.....</b>	<b>195</b>



7.4	<b>Análise comparativa das metodologias aplicadas.....</b>	203
7.5	<b>Vulnerabilidade Ambiental à ocupação.....</b>	207
8	<b>ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA MICRORREGIÃO SERGIPANA DO SERTÃO SÃO FRANCISCO.....</b>	219
8.1	<b>Mapa de riscos ambientais.....</b>	223
8.2	<b>Mapa do zoneamento geoambiental.....</b>	230
9	<b>CONCLUSÕES.....</b>	258
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	262
	<b>APÊNDICE A – PUBLICAÇÕES.....</b>	279
	<b>APÊNDICE B – BALANÇO HÍDRICO MUNICIPAL.....</b>	280
	<b>APÊNDICE C - MAPA DE FRAGILIDADE DE CANINDÉ DE SÃO FRANCISCO.....</b>	285
	<b>APÊNDICE D – MAPA DE FRAGILIDADE DO MUNICÍPIO DE FEIRA NOVA.....</b>	286
	<b>APÊNDICE E – MAPA DE FRAGILIDADE DO MUNICÍPIO DE GARARU.....</b>	287
	<b>APÊNDICE F – MAPA DE FRAGILIDADE DE GRACHO CARDOSO.....</b>	288
	<b>APÊNDICE G – MAPA DE FRAGILIDADE DO MUNICÍPIO DE ITABI.....</b>	289
	<b>APÊNDICE H – MAPA DE FRAGILIDADE DE MONTE ALEGRE DE SERGIPE.....</b>	290
	<b>APÊNDICE I – MAPA DE FRAGILIDADE DE NOSSA SENHORA DA GLÓRIA.....</b>	291
	<b>APÊNDICE J – MAPA DE FRAGILIDADE DE POÇO REDONDO.....</b>	292
	<b>APÊNDICE K – MAPA DE FRAGILIDADE DE PORTO DA FOLHA.....</b>	293
	<b>APÊNDICE L – MAPA DE SUSCETIBILIDADE AMBIENTAL – CASAM....</b>	294
	<b>APÊNDICE M – MAPA DE VULNERABILIDADE NATURAL /FRAGILIDADE.....</b>	295
	<b>APÊNDICE N – MAPA DO POTENCIAL NATURAL A EROSÃO.....</b>	296
	<b>APÊNDICE O – MAPA DA POTENCIAL DE EROSÃO – EUPS.....</b>	297
	<b>APÊNDICE P – MAPA DE VARIAÇÃO DOS VALORES DE FRAGILIDADE (PONDERAÇÃO DE INDICADORES – CASAM) .....</b>	298
	<b>APÊNDICE Q – MAPA DE VARIAÇÃO DOS VALORES DE FRAGILIDADE (PONDERAÇÃO DE INDICADORES – CREPANI <i>ET AL.</i>, 2001).....</b>	299

APÊNDICE R – MAPA DE VARIAÇÃO DOS VALORES DE FRAGILIDADE (PONDERAÇÃO DE INDICADORES – PNE) .....	300
APÊNDICE S – MAPA DE VARIAÇÃO DOS VALORES DE FRAGILIDADE (PONDERAÇÃO DE INDICADORES – EUPS).....	301
APÊNDICE T– MAPA DO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DE CANINDÉ DE SÃO FRANCISCO.....	302
APÊNDICE U – MAPA DO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DE FEIRA NOVA.....	303
APÊNDICE W – MAPA DO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DE GARARU.....	304
APÊNDICE X – MAPA DO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DE GRACHO CARDOSO.....	305
APÊNDICE Y – MAPA DO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DE ITABI.....	306
APÊNDICE Z – MAPA DO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DE MONTE ALEGRE DE SERGIPE.....	307
APÊNDICE AA – MAPA DO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DE NOSSA SENHORA DA GLÓRIA.....	308
APÊNDICE AB – MAPA DO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DE POÇO REDONDO.....	309
APÊNDICE AC – MAPA DO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DE PORTO DA FOLHA.....	310
APÊNDICE AD - TEMPERATURAS MÉDIAS DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO.....	311
APÊNDICE AE - PIRÂMIDES ETÁRIAS MUNICIPAIS.....	313
APÊNDICE AF – DESTINAÇÃO DOS IMÓVEIS RURAIS.....	318

## 1 INTRODUÇÃO

A problemática ambiental tem, cada vez mais, se enraizado na estrutura social moderna, fazendo parte do cotidiano dos grupos sociais que habitam um determinado recorte espacial. Tem se tornado cada vez mais comum o aparecimento de notícias, seja nas mídias televisivas, impressas ou na internet, da ocorrência de “desastres ambientais”, resultando em diversos impactos socioeconômicos com repercussões na estrutura e dinâmica socioespacial existentes no território.

Este, encerra um quadro muito mais amplo de que apenas a degradação da natureza, centrando-se na própria racionalidade econômica, que visa o crescimento econômico como resolução dos problemas socioambientais. Percebe-se que a complexidade dos problemas enfrentados na virada do século, com o desenvolvimento das formas de produção e ampliação da escala produtiva e os impactos dessas atividades sobre os sistemas ambientais, indica um caminho de risco à sustentação da vida e depleção dos recursos ambientais que são a base do sistema econômico e da própria sociedade.

Para Guerra e Marçal (2015), as mudanças ambientais, devidas às atividades humanas sempre aconteceram. Contudo no atual contexto de desenvolvimento tecnológico e de apropriação dos espaços, que somadas à capacidade dos humanos em modificar as paisagens, tem dado uma nova dimensão e espacialidade às mudanças e aos impactos decorrentes do processo de apropriação do espaço pelas atividades produtivas.

A combinação de crescimento populacional com a ocupação desordenada de novas áreas, assim como a exploração de novos recursos naturais, tem causado uma pressão cada vez maior sobre o meio físico, imprimindo modificações na dinâmica natural dos sistemas ambientais alterando a dinâmica e a intensidade dos fluxos de matéria e energia que circulam no sistema ambiental repercutindo nas interações entre os componentes naturais e no próprio sistema socioeconômico, bem como na qualidade de vida das populações.

Para Porto-Gonçalves (2016) o período atual, marcado pela globalização neoliberal, difere dos demais períodos que o antecederam, pela especificidade da problemática ambiental enfrentada. O ideário, sobre o qual se sustenta, é o cerne do problema. A ideia de dominação e exploração, da natureza travestida no discurso de desenvolvimento implica em afastamento daquilo que é natural, tratando a natureza como uma fronteira a ser dominada e integrada à

dinâmica socioeconômica da humanidade, como recurso, como matéria-prima, como base de sustentação do modelo capitalista.

Para Fernandes, Sampaio (2008) vivemos em uma época de crises, cujas raízes estão assentadas em uma “... profunda crise de valores, de conceitos e de projetos, onde a crise ambiental é uma das maiores expressões” (p. 88). A problemática ambiental, seguem os autores, encerra um quadro muito mais amplo que apenas a destruição da natureza. Ela está centrada na própria racionalidade econômica, que tem optado pelo crescimento econômico como resolução dos problemas socioambientais que afligem a sociedade.

Nesse contexto, se insere a discussão das questões ambientais na região semiárida brasileira, que, desde o início de sua ocupação, tem sido intensamente modificada pelas atividades humanas (CASTELETTI *et al.*, 2003; SÁ *et al.* 2010), sobretudo pela expansão da pecuária, a partir de meados o século XVII, tendo contribuído para transformar extensas áreas de caatinga em pastagens (ALVES, 2009; MMA, 2011).

Além disso, o desmatamento, a extração excessiva de produtos florestais, as queimadas, a sobrecarga animal, o uso intensivo do solo e seu manejo inadequado e, o emprego de tecnologias não apropriadas para ecossistemas frágeis, têm contribuído na redução das áreas de vegetação nativa do bioma e, conseqüentemente, resultando na degradação dos solos do semiárido (MMA, 2011; SÁ *et al.* 2010).

A vegetação atua direta ou indiretamente no controle dos processos erosivos, ao fornecer proteção direta contra o impacto das chuvas e a dispersão da água, interceptando-a e favorecendo a evaporação, antes que atinja o solo, atuando ainda na melhoria das condições edáficas ao promover a incorporação de matéria orgânica aos solos, com efeito sobre a estrutura, a agregação a fertilidade e a formação de macroporos que possibilitam a aeração do solo e auxiliam no processo de infiltração de água no perfil do solo (WEILL; PIRES NETO, *idem*).

Vásquez-Méndez *et al.* (2010), ao analisarem os efeitos da cobertura vegetal sobre o escoamento superficial e perdas de solo por erosão, na região semiárida central do México, evidenciaram uma relação inversa entre as duas variáveis analisadas e a taxa de cobertura vegetal, sendo verificada uma redução da ordem de 55 kg/ha-1 por percentual de cobertura vegetal, destacando o papel da cobertura vegetal desse ecossistema na manutenção da estabilidade local face aos processos erosivos.

Santos *et al.* (2012), analisaram as perdas de água e solo sob diferentes condições de umidade antecedente e cobertura vegetal. Em relação ao escoamento superficial, as condições de umidade do solo influenciaram nos valores totais e tempo de início do escoamento

superficial, inversamente proporcional às taxas de umidade dos solos. Contudo, os autores evidenciaram menores perdas, nas áreas dotadas de maior densidade de cobertura vegetal, que atuaram na retenção e retardamento dos fluxos superficiais.

Da mesma forma, as perdas de solo, variaram conforme o teor de umidade antecedente do solo e tipo de cobertura vegetal, concluindo os autores que a cobertura nativa é mais eficiente para a proteção do solo, podendo ser explicados pela sua ação na dissipação da energia cinética das gotas da chuva sobre o solo, reduzindo a desagregação inicial das partículas de solo e, conseqüentemente, a concentração de sedimentos na enxurrada.

Silva *et al.* (2019) analisaram os efeitos da cobertura vegetal sobre a hidrologia de uma área semiárida, localizada no município de Serra Talhada-PE. Os autores evidenciaram menores taxas de infiltração e tempo para o início do escoamento superficial em áreas de pastagem degradada, em comparação às áreas de caatinga preservada e em regeneração natural. Em relação à velocidade de escoamento, os autores constataram diferença significativa apenas nas áreas aradas, indicando que os sulcos resultantes do processo atuaram como facilitadores do escoamento superficial.

Ademais, os autores evidenciaram a influência da cobertura vegetal nas perdas de solo e de água por escoamento superficial, dando ênfase no papel da cobertura vegetal no controle dos fluxos superficiais, ao promover a interceptação da precipitação, diminuindo sua energia cinética, e possibilitando o aumento da infiltração no solo, com conseqüente redução dos fluxos em superfície.

Para Souza e Martins (2012), a sucessiva remoção da cobertura vegetal de uma dada área, pode promover alterações nas interações solo – planta, que desempenham um papel importante na estabilidade dos ecossistemas semiáridos, afetando sobremaneira, na (re)colonização e distribuição espacial das espécies vegetais desse ecossistema.

A remoção indiscriminada da cobertura vegetal, promove alterações na dinâmica ambiental induzindo a alterações na diversidade e distribuição da cobertura vegetal, deixando o solo exposto à ações dos agentes erosivos, reduzindo sua capacidade de infiltração, promovendo o aumento do albedo e, conseqüentemente, da temperatura do solo e do ar, o que propicia a oxidação da sua matéria orgânica, além de causar alterações na microbiota do solo (SÁ *et al.*, 2010; SOUZA, MARTINS, 2012), afetando diretamente a ciclagem de nutrientes, resultando disso em um quadro de intensificação dos efeitos da degradação.

Disso resulta no desencadeamento, e/ou intensificação, de processos de degradação os quais afetam, significativamente, o equilíbrio ambiental dos ambientes semiáridos, em

muitos casos, superando a capacidade natural de auto-regulação dos sistemas, sendo o processo que mais contribui para a degradação das terras produtivas em todo o mundo, comprometendo a manutenção da integridade ou do pleno potencial da terra para usos futuros (WEILL; PIRES NETO, *idem*).

A degradação da qualidade ambiental, é o aspecto mais visível do processo de degradação ambiental na região semiárida. Contudo, os impactos desses processos se fazem sentir nas demais esferas da sociedade impactando diretamente, na esfera social, política e econômica das regiões afetadas por estes processos. A redução da capacidade produtiva está associada (além da perda de camada arável e matéria orgânica), à lixiviação de nutrientes e no ressecamento do solo que afetam, diretamente, na capacidade produtiva local e, portanto, na distribuição de renda, segurança alimentar, gerando, ainda, custos econômicos para a restauração ou recuperação ambiental.

Araújo *et al.* (2016), ao estudarem as perdas de nutrientes decorrentes dos processos erosivos, destacaram que o potássio (K<sup>+</sup>) é o nutriente que mais se perde nos escoamentos superficial e no arraste por erosão, devido à sua maior solubilidade em água o que facilita o seu transporte e, principalmente, pelo seu maior teor no solo evidenciando assim uma maior perda do mesmo. Para estes autores, a ausência de cobertura vegetal implica em grandes perdas financeiras, decorrentes da lixiviação de nutrientes, implicando em perdas econômicas da ordem de 32.176,701, apenas para a reposição do potássio perdido. Assim, evidencia-se o papel da conservação da cobertura vegetal, não só do ponto de vista ambiental, como também do ponto de vista econômico, minorando os valores financeiros necessários para a reposição de um nutriente avaliado.

Para Fernandes *et al.* (2015) o semiárido sergipano é marcado pela degradação de sua cobertura florestal, sendo resultante de vários fatores, dentre os quais se destacam: a disseminação de práticas agrícolas inadequadas, o pastoreio excessivo, o desmatamento, a destruição de áreas com vegetação nativa, o desaparecimento de muitas espécies de animais e vegetais, colocando-se em questão a própria capacidade de uso da terra e dos recursos para a manutenção das atividades produtivas e para a garantia dos serviços ambientais.

Segundo Martins *et al.* (2017), no estado de Sergipe um total de 841,61 km<sup>2</sup> do território já apresenta evidências de degradação, estando estas áreas concentradas nos setores noroeste e sudoeste do estado, equivalendo a 5,14% da área suscetível à desertificação (ASD) do estado. Pode-se relacionar esse quadro observado à intensa modificação nos padrões de uso e ocupação dos solos, com conversão das áreas de caatinga, por áreas de pastagens, ou

agricultura, sem as devidas práticas conservacionistas, deixando expostos, os já frágeis solos da região, às intempéries climáticas, possibilitando a ocorrência de processos de degradação.

Fernandes *et al.* (2015), estudando a dinâmica da cobertura vegetal do semiárido sergipano, entre os anos de 1992 e 2013, observaram a diminuição de área, anteriormente, ocupada pela caatinga (passando de 37,2% da área em 1992 para pouco mais de 15% em 2013), sendo as atividades agropecuárias as principais atividades responsáveis por essa redução. No mesmo período analisado as áreas ocupadas por pastagens e cultivos passou de 48,9%, no ano de 1992, para 72,2% da área, em 2013.

Para estes autores, a degradação da cobertura florestal no semiárido sergipano está relacionada com os modos de produção dominantes, destacando: (a) a disseminação de práticas agrícolas inadequadas; (b) o pastoreio excessivo; (c) o desmatamento; (d) a destruição de áreas com vegetação nativa; e, (e) o desaparecimento de muitas espécies animais e vegetais, colocando-se em questão a própria capacidade de uso da terra e dos recursos para a manutenção das atividades produtivas e garantia de serviços ambientais.

Estudando a dinâmica da cobertura vegetal na região, Fernandes (*idem*) observou que num período de 11 (onze) anos, as áreas recobertas por caatingas e capoeiras sofreram uma significativa redução, passando de 3.985,90 e 866,70 km<sup>2</sup>, em 1992, para pouco mais de 1.610,30 e 239,20 km<sup>2</sup>, em 2013, respectivamente, contrastando com as áreas destinadas aos cultivos agrícolas, pastagem e de solo exposto, que no mesmo período passaram de 111,50, 5.244,20 e 368,00 km<sup>2</sup> para 290,40, 7.746,10 e 712,00 km<sup>2</sup>, respectivamente.

A utilização intensiva dos solos, sem adoção de práticas de manejo adequadas às condições ambientais locais e o abandono de áreas, anteriormente destinadas à pecuária, tem resultado no aumento, significativo, das áreas de solo expostos, representando um aumento de 3,2% no período analisado.

Tal situação é constatada nos 09 (nove) municípios que compõem a microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco: Canindé de São Francisco, Feira Nova, Gararu, Gracho Cardoso, Itabi, Monte Alegre de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, Poço Redondo e Porto da Folha os quais tiveram sua dinâmica territorial modelada pelos ciclos econômicos, os quais imprimiram transformações na paisagem municipal, sendo as atividades agropecuárias as principais responsáveis por estas transformações.

Em ambos os casos, ainda que não represente mais que 27,9% da composição do Produto Interno Bruto municipal de Gracho Cardoso – o qual apresentou o maior percentual na região (IBGE, 2020), as atividades agropecuárias são responsáveis pela utilização de,

aproximadamente, 71,2% do território (ou cerca de 3.868,31 km<sup>2</sup>), sendo destinadas às atividades de pecuária, lavouras temporárias e lavouras permanentes, uma área de 3.179,54 km<sup>2</sup>, 645,32 km<sup>2</sup> e 7,51 km<sup>2</sup>, respectivamente (IBGE, 2017).

Disso resulta uma intensa transformação da paisagem local, com redução da cobertura vegetal natural e sua substituição por outras espécies vegetais, sem adoção de práticas conservacionistas e de forma incompatível, em muitos dos casos, com as potencialidades e limitações ambientais locais, que condiciona um quadro de degradação ambiental (com remoção das camadas superficiais mais férteis do solo, diminuição da biodiversidade e redução da proteção natural dos solos), as quais culminam num intenso processo de empobrecimento, podendo ocasionar o desencadeamento e intensificação de processos de desertificação.

Góis (2020), ao estudar a cobertura vegetal no município de Canindé de São Francisco, destacou a mudança dos padrões de uso e ocupação dos solos entre os anos de 1990 e 2018, evidenciando redução nas áreas de caatinga e ampliação nas áreas de exploração agrícolas: caatinga arbórea (16,6%, 13,8%), caatinga arbustiva (36,7%, 20,7%), solo exposto (7,6%, 12,7%), pastagens e cultivos (35,3%, 48,9%), agricultura irrigada e brejos (0,8%, 1,3%), sede Municipal (0,5%, 0,4%) e corpos d'água (2,4%, 2,2%).

Para o referido autor, as áreas de alto e muito alto risco à desertificação no município, representam 12,1% e 35,5% do território, respectivamente, dispersas em todo o município e estando associados às áreas de solo exposto e afloramento rochoso, e cultivos que compreendem grande parcela da paisagem local. As classes de risco moderado e baixo, ocupam 37,7% e 14,7%, respectivamente, situadas em áreas onde predominam a caatinga arbustiva e áreas de agricultura irrigada, por fim, as áreas de baixo risco compreendem as parcelas com maior cobertura vegetal, sobretudo, localizadas em áreas de preservação permanente e unidades de conservação.

Silva (2016) ao estudar a degradação ambiental no município de Nossa Senhora da Glória, evidenciou o papel das práticas agropecuárias e do uso inadequado dos recursos naturais como principais componentes da degradação ambiental no município, isso somado a um sistema agrário marcado pela concentração da propriedade da terra e da água configuram graves problemas socioeconômicos que se agravam quando sobrevêm as secas.

Nessa perspectiva, é imprescindível que se coloque em prática, políticas públicas nos diferentes âmbitos (federal, estadual, municipal, bacia hidrográfica etc.) que foquem no ordenamento territorial, valorizando a conservação e a preservação da natureza, dentro de uma abordagem de desenvolvimento sustentável (ROSS, 2006 citado por SCHIAVO *et al.*, 2016).



O reconhecimento das características ambientais de um território permite, ao planejador, reconhecer as potencialidades e limitações de uma determinada área, expressas nos graus de fragilidade e vulnerabilidade inerentes aos ambientes analisados, possibilitando ainda uma análise do sentido da dinâmica e, em certo ponto, na predição de impactos pontuais, ou difusos, decorrentes de formas de uso e ocupação incompatíveis com as limitações do ambiente o que, no contexto do semiárido brasileiro, ganha grande relevância por se tratar de uma área que apresenta alto grau de vulnerabilidade socioeconômica e de fragilidade ambiental decorrente, sobretudo, das condições ambientais existentes.

(Re)pensar o processo de planejamento e gestão territorial, tomando como ponto de partida as características diferenciadas dessa região fisiográfica, permite a elaboração de planos, projetos, bem como a adoção de ações visando a minimização dos impactos negativos sobre o meio ambiente e a adequação dos sistemas econômicos às condicionantes ambientais da região. Dito isto, e considerando a necessidade de mudança paradigmática em relação às políticas públicas desenvolvidas no semiárido brasileiro, é vital a realização de uma análise complexa da problemática ambiental, nessa região, e propor, formas alternativas de planejamento e políticas que sirvam de base à sustentabilidade do semiárido sergipano.

Assim, dentro desse contexto, evidencia-se a necessidade de discutir o processo de planejamento ambiental, mediante identificação dos indicadores de fragilidade e vulnerabilidade ambiental dos municípios que compõem a Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco, de modo a subsidiar o zoneamento geoambiental da região, de modo a compatibilizar uso – conservação e minimizar os impactos ambientais negativos sobre os recursos naturais locais.

A hipótese fundamental do trabalho parte do pressuposto de que os sertões de São Francisco, em Sergipe, têm os seus sistemas ambientais fragilizados pela intensificação da degradação ambiental, tornando-os muito vulneráveis ao processo de uso e ocupação do território.

Diante desse contexto, objetiva-se, prioritariamente, analisar os componentes naturais e a fragilidade ambiental dos Sertões do São Francisco Semiárido de Sergipe, através das fragilidades e vulnerabilidades ambientais, para subsidiar o ordenamento territorial.

De modo complementar pretende-se promover e discutir o mapeamento dos sistemas ambientais dos municípios inseridos na Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco; apresentar a modelagem da fragilidade dos sistemas ambientais da região; identificar os vetores de pressão ambiental e o grau de vulnerabilidade a que estão submetidos os sistemas

ambientais da região; Elaborar o diagnóstico ambiental das unidades sistêmicas de modo a subsidiar o zoneamento geoambiental da área; avaliar o contexto socioambiental com base na relação natureza x sociedade; apresentar o zoneamento geoambiental da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco indicando as diretrizes de uso e de ordenamento territorial.

O trabalho parte da síntese e análise dos dados, socioeconômico e ambientais, coletados, ao longo dos 6 (seis) capítulos, de modo a propor um zoneamento para a área de pesquisa, identificando os sistemas ambientais que compõem a paisagem semiárida, os principais processos de degradação e características ambientais, o estado de conservação e, por fim, suas diretrizes de uso, objetivando indicar as formas de uso e ocupação mais compatíveis às limitações e potencialidades identificadas na área.

As bases teóricas que dão suporte à realização do trabalho partem de uma revisão acerca da abordagem de sistemas e sua aplicabilidade nos estudos ambientais, visitando autores que discutem os significados do termo, suas possibilidades de aplicação e as principais problemáticas relacionadas ao conceito, tomando como base os trabalhos de Dias; Perez Filho (2017), Gallopín (2006), Gomes; Vitte (2017), Limberger (2006), Rodriguez *et al.* (2013), Ross (1994), Souza; Oliveira (2011), Tricart (1970), Vale (2012), Vasconcellos *et al.* (2015), Vicente; Perez Filho (2003), e outros autores, que discutem a temática dos sistemas e sua abordagem na geografia.

De modo subsequente, são discutidos os princípios norteadores da análise geoambiental, através da realização de pequena revisão bibliográfica, a fim de analisar o escopo do que vem a ser a “análise geoambiental” e as diferentes abordagens aplicadas desenvolvidas pelos diferentes autores.

São discutidas, os conceitos dos termos “fragilidade” e “vulnerabilidade” ambiental, de modo a subsidiar a escolha dos indicadores a serem utilizados no processo de modelagem aplicada a área de estudo. Discutem-se a fundamentação para a escolha dos indicadores utilizados para a identificação dos graus de fragilidade e vulnerabilidade do território sob análise. A escolha dos indicadores, deu-se através da seleção das características consideradas mais importantes no processo da dinâmica ambiental, fundamentados em ampla revisão bibliográfica.

Dá-se ênfase as características litológicas, de clima (precipitação, temperatura e balanço hídrico), do modelado, da espacialização das classes de solo, da distribuição e das características dos recursos hídricos (superficiais e subsuperficiais), além da cobertura vegetal,

dando ênfase na análise da evolução têmporo-espacial das formas de uso e ocupação dos solos e seus impactos sobre a cobertura vegetal local.

As características socioeconômicas, são apresentadas através de um contexto geral dos municípios que compõem a área de pesquisa, através da análise de indicadores sociais e econômicos, disponibilizados pelo IBGE. Esta etapa se configura como essencial para a compreensão da intensidade da pressão exercida sobre os sistemas ambientais e permite compreender as relações socioespaciais que se operam no espaço geográfico, o que possibilita vislumbrar os potenciais impactos decorrentes dos processos de uso e ocupação.

Faz-se uma discussão acerca do processo de planejamento, sua definição, escopo, suas bases legais e suas principais formas de aplicação no ordenamento do território, dando ênfase ao planejamento ambiental, como principal mecanismo de minimização dos impactos negativos relacionados aos processos de uso e ocupação, apresentando os principais instrumentos relacionados.

São descritas as características ambientais da área de pesquisa, sendo etapa necessária à compreensão dos processos morfodinâmicos atuantes na modelagem das superfícies da região semiárida.

Por fim, é realizada uma revisão sobre as principais características dos ambientes semiáridos brasileiros, sua dinâmica ambiental, os processos relacionados com a dinâmica natural e os processos de uso e ocupação dos solos e seus impactos sobre a estrutura econômica e ambiental, dando ênfase aos impactos do processo de desertificação sobre a biodiversidade e a produção econômica.

Apresenta-se de modo subsequente a delimitação dos sistemas ambientais da microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco, através da análise integrativa das características ambientais, delimitando as unidades conforme suas características fisiográficas e ecológicas.

Avalia-se a fragilidade ambiental, mediante a aplicação de diferentes métodos de modelagens existentes na literatura científica. Serão utilizadas as metodologias da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), do Potencial Natural à Erosão (apresentado por Souza; Galvani, 2017), a metodologia desenvolvida por Crepani *et al.* (2001), a de Fragilidade potencial com apoio de declividade, apresentadas por Ross (1994), a Mapa de Avaliação de Suscetibilidade Ambiental (CASAM), apresentada por Carmo *et al.* (2015; 2016), além do método desenvolvido ao longo da pesquisa.

Por fim, realizou-se a análise comparativa entre os resultados obtidos, através da seleção de pontos aleatórios, distribuídos ao longo da área em análise, objetivando averiguar o grau de exatidão dos métodos de modelagem aplicados e averiguar o desempenho da metodologia desenvolvida neste trabalho.

Foram então estabelecidos os graus de vulnerabilidade que estão expostos os sistemas ambientais da área de pesquisa, mediante identificação das formas de uso e ocupação dos solos e do grau de pressão exercida pelas atividades econômicas desenvolvidas no local.

Esta etapa se faz essencial para o processo de planejamento ambiental da região, uma vez que as formas de uso e ocupação, somadas às fragilidades inerentes a cada sistema ambiental, possibilitando identificar os recortes espaciais mais suscetíveis aos processos de degradação ambiental, fazendo-se sua classificação conforme o grau de pressão antrópica exercido, o grau de fragilidade aos processos de degradação ambientais e ao estado de conservação do sistema, que subsidiam a etapa subsequente da pesquisa.

Por fim, apresenta-se o mapa de Zoneamento Geoambiental organizando com base em todos os dados coletados e analisados, propondo-se um zoneamento para a área de pesquisa, identificando os sistemas ambientais que compõem a paisagem semiárida, os principais processos de degradação e características ambientais, o estado de conservação e, por fim, suas diretrizes de uso, objetivando indicar as formas de uso e ocupação mais compatíveis às limitações e potencialidades identificadas na área.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA

### 2.1 Fundamentação teórica

2.1.1 A concepção sistêmica como abordagem metodológica aos estudos de ordenamento territorial

A abordagem sistêmica se apresenta, na atualidade, como uma nova forma de se analisar e conceber o mundo, tomando como recorte de análise o fenômeno em si, a compreensão das relações entre suas partes e sua espacialidade. Representa um novo paradigma das ciências, pautado, não mais na visão fragmentária e mecanicista da abordagem positivista, mas numa concepção holística, centrada na visão integrativa dos fenômenos.

Até então, o paradigma dominante, no campo das ciências, adotava um viés mais racionalista, preconizava a razão, a análise de dados sensíveis e a experiência, mudando o enfoque da relação Deus – homem para a relação homem-natureza (LIMBERGER, 2006), contrapondo-se à concepção científica sustentada sob as ordens dogmática e metafísica, predominante na idade média, “[...] e na sua modulação dos conceitos aristotélicos de natureza, plenamente adaptados ao teocentrismo da Igreja, que por sua vez, torna-se cada vez mais dominante política e socialmente” (VICENTE; PEREZ FILHO, 2003, p. 325-326).

O avanço no conhecimento científico, vem dar uma nova luz às concepções de mundo então vigentes, desmistificando as relações processuais que operam na natureza, adotando uma visão mais mecanicista e processual, centradas em uma perspectiva que visava compreender o funcionamento do todo, através da análise de suas partes componentes, para poder explicá-la e dominá-la (LIMBERGER, *idem*). Essa abordagem analítica, conhecida como reducionista, busca a identificação das leis gerais que governam os elementos e processos da natureza, decompondo o todo em cada uma de suas partes, afirmando que o conhecimento das partes resulta o conhecimento do todo (RODRIGUEZ, 2004).

Contudo, Vicente; Perez Filho (2003), destacam que, mesmo no auge do paradigma mecanicista, ainda haviam problemas que não pareciam obedecer às leis que regiam o

funcionamento do universo, que não eram tão lineares e previsíveis, como propunham a maioria dos pensadores da época, se impondo como um limite ao conhecimento, até então, acumulado.

Problemas recorrentes nos campos das ciências biológicas, sociais e comportamentais da “ciência clássica”, tais como os problemas dos organismos e da própria natureza, eram totalmente desprezados, considerados ilusórios ou metafísicos. O aparecimento de modelos representando os aspectos de interação entre as variáveis da natureza implicou a introdução de novas categorias no pensamento e na pesquisa científica. A resolução de problemas no campo das ciências que apresentavam múltiplas variáveis, tais como a Biologia, exigia novos instrumentos conceituais para tratar os problemas da complexidade organizada. Os modelos teóricos, de onde decorrem os instrumentos, tinham que ser interdisciplinares, pois transcendem os departamentos convencionais da ciência e se aplicam a fenômenos em diversos domínios (VALE, 2012, p. 90).

As barreiras à compreensão e explicação dos processos observados através da aplicação da concepção mecanicista/reducionista, somados aos avanços observados nos campos da física, na matemática, cibernética e outros campos da ciência, vem abalar o paradigma científico dominante, oferecendo o aporte teórico necessário ao surgimento de uma nova concepção científica para a explicação dos processos complexos.

Nesse contexto, surge, já em meados de 1950 a Teoria Geral do Sistema, proposta por Bertalanffy, vista como “[...] um instrumento útil capaz de fornecer modelos a serem utilizados em diferentes campos e transmitidos de uns para os outros, salvaguardando-os do perigo das analogias superficiais” (VALE, 2012, p. 90), visando integrar aspectos não correlacionáveis, na explicação mecanicista: a relação de adaptação de um organismo, dinamismo e as relações de trocas com seu entorno (MORENO, 2002).

Para Rodriguez (2004) o enfoque sistêmico centra sua atenção na análise do sistema considerando-o não como um amontoado de “engrenagens”, mas sim como totalidade, a qual regula o funcionamento de suas partes integrantes, possuindo características próprias que transcendem seus componentes. Assim, adotar uma perspectiva sistêmica na análise de um problema, consiste em pensar de maneira relacional (MORENO, 2002), buscando analisar o problema em sua própria escala de análise.

Seu objetivo de análise consiste em compreender os processos relacionais entre as partes que constituem cada sistema (RODRIGUEZ, *idem*), estas consideradas como integrantes de um sistema hierarquicamente organizado, havendo trocas de fluxos de energia, matéria e informação que mantém a dinâmica, evolução e funcionamento do sistema. Sua unidade é regida por relações funcionais internas, que condicionam o surgimento de determinadas funções executadas pelo sistema, e de novas propriedades decorrentes das relações entre seus elementos, fazendo do sistema, um todo, sinergicamente organizado (MORENO, 2002).

Ao longo do tempo, diversas definições foram elaboradas, com o objetivo de qualificar as características do que viria a constituir um “sistema” - **Quadro 1**. Independente do conceito adotado, o sistema pode ser caracterizado por: a) seus elementos/unidades; componentes; b) suas relações; c) seus atributos e qualidades; d) entrada; e) saída, (LIMBERGER, 2006) de energia, matéria e informação.

**Quadro 1** - Definições do conceito de Sistema

AUTOR	DEFINIÇÃO DE SISTEMA
Hall; Fagen (1956) <sup>a</sup>	Um conjunto de elementos e das relações entre eles e seus atributos.
Miller (1965) <sup>a</sup>	Um conjunto de unidades com relações entre si.
Bertalanffy (1975)	Um complexo de unidades entre os quais existem relações.
Buckley (1976) <sup>c</sup>	Um complexo de elementos, direta ou indiretamente relacionados numa rede causal, de sorte que cada um se relaciona com alguns outros, de modo mais ou menos estável, dentro de determinado período de tempo.
Kast; Rosenzweig (1976) <sup>c</sup>	Um todo organizado ou complexo: um agregado ou uma combinação de coisas ou partes, formando um todo complexo ou integral.
Morin (1977) <sup>a</sup>	Uma inter-relação de elementos que constituem uma entidade ou unidade global.
Thornes; Brusden (1977) <sup>a</sup>	Um conjunto de objetos ou atributos e as suas relações, que se encontram organizados para executar uma função particular.
Tricart (1977)	... um sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos. Como consequência, o sistema apresenta propriedade que lhe são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes. Uma delas é ter dinâmica própria, específica do sistema.
Chiavenato (1993) <sup>b</sup>	Um conjunto de elementos unidos por alguma forma de interação ou interdependência.
Mattos; Perez Filho (2004)	... um todo organizado composto de elementos que se inter-relacionam. A idéia de sistema só ganha sentido se forem considerados conjuntamente esses três conceitos: todo, partes e interrelação.
Stair; Reynolds (2011) <sup>b</sup>	Um conjunto de elementos ou componentes que interagem para se atingir objetivos.
Rodriguez <i>et al.</i> (2013)	Conjunto de elementos que se encontram em relação entre si, e que formam uma determinada unidade e integridade [...] um todo complexo, único, organizado, formado pelo conjunto ou combinação de objetos ou partes.
Araújo; Gouveia (2016)	O sistema é composto por partes, os elementos que unidos o compõem. Essa união, ou relação entre os elementos que faz com que adquiram uma organização, uma totalidade que revela a regra do sistema. Sistema é, um todo organizado formado por elementos interdependentes, rodeado por um meio exterior ( <i>environment</i> ). Esse meio exterior, ou ambiente, é o meio específico no qual o sistema opera e são por ele condicionados (p. 8-9).

<sup>a</sup> AMORIM (2012); <sup>b</sup> ARAÚJO; GOUVEIA (2016); <sup>c</sup> COLOSSI; BAADE (2015).

**Fonte:** Organizado pelo autor (2024).

A energia, sendo representada pelas forças que movimentam o sistema, a matéria, como sendo o material mobilizado, e a estrutura, consistindo na materialização das trocas de informação no sistema (relações e arranjo de seus componentes).

Para Rodriguez (2005), os sistemas caracterizam-se por sua dinamicidade, devido sua estrutura interna e a tendência de adaptação a distúrbios externos que possibilitam a

estabilidade de suas formas e processos. Ainda na visão deste autor, analisar um objeto partindo de uma perspectiva sistêmica, devem-se analisar as seguintes questões: identificar as interações que vinculam os diversos componentes do sistema; estabelecer sua organização; analisar os processos de formação, funcionamento e desenvolvimento; identificar as trocas de energia com o meio; analisar a variabilidade e a capacidade de adaptação; e resiliência e sensibilidade do sistema.

Além disso, os sistemas podem ser classificados conforme diferentes critérios, sendo caracterizados conforme critério funcional (em isolados, não-isolados – fechados e abertos); quanto à estrutura (morfológicos, em sequência, processo-resposta, controlados) e quanto à complexidade, classificados em: simples, complexos, mas desorganizados e complexos, mas organizados (CHRISTOFOLETTI, 1999). Podemos considerar o meio, onde se desenvolvem as atividades antrópicas, como sistemas abertos, pois há trocas de matéria e energia, e complexos.

Para Christofolletti (*idem*), os sistemas complexos, apresentam diversidade de elementos, interações, fluxos, compondo uma entidade organizada, compostas por uma grande quantidade de componentes interagentes, capazes de realizar trocas de energia e informação com seu entorno e de adaptar sua estrutura interna como consequência de tais interações. Moreno (2002), por sua vez, destaca as principais características dos sistemas abertos e complexos:

a. Totalidade: os sistemas possuem identidade própria, resultante de sua organização, não redutível às propriedades de suas partes componentes, fazendo do todo maior que o somatório de suas partes. Da interrelação entre estes, resultam no surgimento de novas características e propriedades que inexistiriam caso estes elementos fossem considerados isoladamente, chamadas de propriedades emergentes (MATTOS; PEREZ FILHO, 2004).

Importa destacar que a totalidade é resultante, não do somatório ou sobreposição dos componentes, mas das relações recíprocas das partes entre si e com o entorno (MORENO, *idem*), formando uma unidade integrada. Contudo, para Mattos; Perez Filho (*idem*), a compreensão desse todo não é possível se não se compreender, totalmente, quais são e como se interrelacionam suas partes componentes. Isso porquê, segundo Amorim (2012, citando MORIN, 1977, p. 108-109),

[...] restrições são impostas aos elementos para garantir a organização do sistema: nem todas as potencialidades que os elementos poderiam exibir isoladamente são exercidas quando eles estão agrupados e interagindo para formar um sistema; da mesma forma, apenas uma parte de todas as ligações e arranjos possíveis entre os



elementos é realizada dentro de um sistema. Essas limitações impostas pela organização do sistema, que para garantir o funcionamento do todo restringe as qualidades das partes e as potencialidades presentes no sistema, levam a um enunciado menos conhecido: “o todo é inferior à soma de suas partes”. p. 87

b. Interrelações: Os sistemas possuem relações funcionais internas e externas (de energia, matéria e/ou informação) que se apresentam estruturadas e ordenadas em rede, as quais expressam múltiplas etapas de ordem/desordem/interações/organização, que estruturam a dinâmica do sistema, sendo necessárias à compreensão dos processos de organização (MARQUES NETO, 2008), assim, a interação entre ordem e desordem representam etapas intermediárias necessárias à evolução do sistema a um novo estágio de estabilidade (MATTOS; PEREZ FILHO, 2004).

c. Equifinalidade: Representa a capacidade de um sistema atingir, por uma variedade de caminhos, um mesmo estado de equilíbrio, partindo de diferentes pontos ou de um conjunto de condições iniciais (COLOSSI; BAADE, 2015).

d. Diferenciação: Sistemas complexos tendem, em decorrência do conjunto de relações e processos desenvolvidos, a atingir diferentes estágios evolutivos ou evoluir mediante diferentes caminhos, assumindo funções mais especializadas (COLOSSI; BAADE, 2015). Além disto, em um mesmo sistema podem coexistir subsistemas que se apresentam em diferentes estados, em relação ao equilíbrio, com diferentes funções, características e sensibilidades à alterações ambientais, que podem vir a instabilizar o funcionamento do sistema ou serem compensadas em níveis superiores garantindo a estabilidade do sistema (MATTOS; PEREZ FILHO, *idem*).

e. Retroalimentação (*feedback*, *neguentropia*): Sistemas complexos, possuem mecanismos de autorregulação de modo a mantê-lo estável através de estruturas dissipativas que minimizam os efeitos da entropia, garantindo a manutenção do sistema afastado do estado de equilíbrio termodinâmico, seja através da importação de energia do ambiente para aumentar seu nível de organização, além também de processos não-lineares “[...] o que leva à criação de laços de realimentação negativos e positivos que controlam os estados do sistema” (MATTOS; PEREZ FILHO, 2004, p. 12), sendo os efeitos das perturbações maiores, quanto maiores forem as sensibilidades dos sistemas e menores as quantidades de ligações existentes entre os diversos componentes, atuando para garantir uma minimização dos efeitos provocados pelas perturbações externas (Retroalimentação negativa) ou na amplificação de seus efeitos (Retroalimentação positiva).

A retroalimentação foi proposta, dessa forma, como um mecanismo de compensação da entropia nos sistemas, o qual tenderiam à morte ou ao equilíbrio termodinâmico, caminhando de um estado de ordem para desordem, num estado de máxima entropia, onde a quantidade de energia disponível para a realização de trabalho é mínima, conforme a segunda lei da Termodinâmica (MARQUES NETO, 2008).

f. Crescimento/finalidade: Os sistemas dinâmicos caracterizam-se por transformações e adaptações ao ambiente de entorno, através de interações e trocas de energia, matéria e informação, porém mantendo sua unidade e organização.

g. Estabilidade: A noção de que o sistema alcança a estabilidade quando conserva a capacidade de desempenhar suas funções e funcionar com eficiência (COLOSSI; BAADE, 2015). Reflete a capacidade de o sistema manter sua organização após submetida a distúrbios, seja no mesmo estado, anterior à perturbação, ou em novo nível de estabilidade. Estabilidade e organização, se reforçam mutuamente: assim o padrão de organização garante a estabilidade do sistema e a estabilização do sistema possibilita a manutenção ou o surgimento de novo padrão de organização (MATTOS; PEREZ FILHO, *idem*).

Contudo, estabilidade não é sinônimo de estático, ao contrário, é uma noção relativa e dinâmica. A estabilidade do sistema é atrelada à noções de sensibilidade e resiliência as quais representam a capacidade de resposta de um sistema à perturbações. Enquanto sensibilidade reflete a capacidade do sistema em resistir à alterações, a resiliência expressa a capacidade do sistema em retornar ao estado pré-perturbação.

Dessa forma, o sistema mantém sua organização se as perturbações não forem suficientes para prejudicarem sua capacidade de auto-organização, levando o sistema a um estado de instabilidade momentânea compensada através dos mecanismos de retroalimentação, ou levando-o a um novo estado de organização e readaptação funcional caso o limiar de estabilidade seja ultrapassado prejudicando a capacidade auto-organizadora do sistema, levando a um novo estado de estabilidade (MATTOS; PEREZ FILHO, *idem*).

A estabilidade desses sistemas depende da intensidade dos fluxos de matéria e energia no sistema e a capacidade do mesmo em regular as flutuações de energia, estabelecendo relações de causa e efeito, resultando em sucessivos estados de transformação, auto-organização, dissipação, e novamente auto-organização. Assim, o processo de evolução por ser caracterizado pela sequência de estados de equilíbrio e desequilíbrio, pela sucessão de diferentes organizações se transformam devido à ação de agentes internos e externos ao sistema (RODRIGUEZ, *et al.*, 2013).

Ao se comparar com as diferentes abordagens aplicadas nos estudos sobre o meio ambiente, a visão sistêmica se sobressai às demais por conseguir superar as análises fatoriais, simplificadores e disciplinares, que buscam a compreensão do todo pela decomposição de suas partes componentes, as que abordam a temática do ponto de vista, unicamente, das relações sociais, que pecam por desconsiderar, da análise, o espaço físico por meio do qual as relações sociais se materializam e se tornam possíveis (RODRIGUEZ; SILVA, 2013).

Sua inserção na Geografia, teve início em 1935, com a formulação do conceito de ecossistema, e consolidou-se em 1971, como uma das principais bases da pesquisa geográfica, com a obra *Physical Geography: a system approach* (MARQUES NETO, 2008), amparada na necessidade de reflexão e compreensão analítica do complexo ambiental, através da evolução e interação dos componentes socioeconômicos e naturais no conjunto da organização espaço-temporal (VICENTE; PEREZ FILHO, 2003).

A interação entre as componentes socioeconômicas (cultura, economia, sociedade) promovendo alterações e o rearranjo da estrutura do ambiente natural, resulta numa formação que a diferencia do seu ambiente natural, com dinâmicas próprias e velocidades de transformação e adaptação distintas do ambiente de entorno, que caracteriza o sistema ambiental.

Tais sistemas têm uma dimensão histórica, resultante de um longo processo de evolução (RODRIGUEZ; SILVA, 2013), nas quais os fluxos de matéria, energia e informação constantemente moldam as feições e (re)organizam o sistema, promovendo alterações funcionais e/ou estruturais, de modo a atingir um estado ótimo, refletindo as interações entre seus subsistemas componentes. Assim, “[...] o estado de equilíbrio é um estado quase impossível de ser alcançado em qualquer sistema natural, uma vez que todos eles estão submetidos às transformações ambientais de diferentes escalas espaciais e temporais” (LOPES, *et al.*, 2015, p. 5).

Ainda que resultante de interação dos subsistemas socioeconômico e natural, sua dinâmica não se dá de maneira aleatória, mas segue determinadas leis ou formas de comportamento (RODRIGUEZ; SILVA, 2013) que regulam os fluxos de matéria e energia os quais definem uma funcionalidade esperada pelo sistema, quer seja ela em equilíbrio dinâmico – estável, ou em desequilíbrio temporário – instável (ROSS, 1994).

Para Costa; Oliveira (2019), a identificação e a hierarquização dos componentes, são de fundamental importância, no estudo dos sistemas ambientais, sendo estes identificados e hierarquizados conforme a interrelação dos seus componentes geoambientais, suas dimensões

e características de origem e evolução. Assim, cada sistema se apresenta como uma organização da paisagem, com potencialidades e limitações específicas (SOUZA *et al.* 2012).

A paisagem sintetiza o conjunto das relações e as dinâmicas existentes entre as componentes ambientais de um dado território, podendo, assim, ser compreendida como resultado da combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 2004). Em virtude dessa unicidade da paisagem (fisionomia, estrutura e dinâmica), enquanto síntese de suas partes componentes, as paisagens apresentam potencialidades para a exploração dos recursos ambientais e limitações em razão dos riscos possíveis e da degradação ambiental.

Considerar a natureza como um sistema complexo e aberto, cuja dinâmica é influenciada pelos fluxos de matéria e energia dentro da paisagem, bem como da própria dinâmica dos subsistemas que a compõe, é primordial no processo de análise ambiental, que ao considerar a análise partindo de uma perspectiva sistêmica permite compreender a natureza enquanto totalidade e não apenas o somatório de suas partes constituintes (SANTOS, 2011).

As unidades de paisagem, ou sistemas ambientais, podem ser compreendidas assim como recortes espaciais que apresentam uma certa homogeneidade fisionômica e funcional, sendo reflexo dos fluxos de matéria e energia entre as componentes ambientais e da interferência da ação antrópica (ROSS, 2009), possuindo, deste modo, uma unicidade e singularidade no espaço e no tempo. Cada unidade da paisagem, é assim, “[...] uma parte do espaço, na superfície da terra, que consiste de um complexo sistema formado pelas atividades das rochas, da água, ar, plantas, animais e homem e é uma entidade que tem fisionomia e forma reconhecível” (ROSS, 2009, p. 37).

Os sistemas ambientais sintetizam as relações dialéticas existentes no território, apresentando-se como uma síntese das condições ambientais, sociais e econômicas, que se sobrepõem no território, possuindo uma gênese, uma dinâmica e uma evolução, discerníveis no conjunto de paisagens, apresentando limitações, fragilidades e capacidades autorregulatórias distintas e resultantes das relações entre suas partes. Assim, analisar e compreender os processos e as relações existentes entre as componentes dos sistemas ambientais, é atividade essencial ao processo de planejamento, de cunho ambiental, sem o qual qualquer iniciativa de intervenção ou adequação de atividades e ordenamento territorial estará fadada ao fracasso.

A temporalidade dos sistemas ambientais, também é um fator a ser considerado quando da análise e planejamento ambiental, uma vez que estes sistemas não são estáticos, mas

se encontram em um estado de perpétua evolução, caracterizados por uma sucessão de estados ou mudanças de uma permanente transformação e evolução. Cada sistema ambiental, além de único no espaço, possui uma temporalidade, uma história, que nos fornece indícios que nos possibilitam compreender os processos atuantes na sua formação e diferenciação no espaço, bem como possibilitam apreender suas características genéticas e as suas limitações intrínsecas.

Costa *et al.* (2016) observam que a aplicação da abordagem sistêmica no trato das questões ambientais se faz necessária para compreender como tais entidades se estruturam, funcionam e evoluem como diferentes unidades complexas, com organização própria e características inerentes a cada forma de espacialização dos componentes ambientais, não lançando mão da análise setorial para compreender os arranjos e os mecanismos que impulsionam a dinâmica dos referidos sistemas e possibilitando visualizar as potencialidades e fragilidades de cada sistema ambiental, as quais permitem modelar cenários evolutivos mediante as características genéticas e de evolução dos sistemas.

A perspectiva sistêmica, aplicada aos estudos ambientais, centra sua atenção na análise dos sistemas, considerados como totalidade, no qual o todo apresenta características únicas que não podem ser apreendidas pelo somatório de suas partes constituintes e que regula o funcionamento das partes e os aspectos que a integram.

Ao se comparar com as diferentes abordagens aplicadas nos estudos sobre o meio ambiente, a visão sistêmica se sobressai às demais por conseguir superar as análises fatoriais, simplificadores e disciplinares, que buscam a compreensão do todo pela decomposição de suas partes componentes, as que abordam a temática do ponto de vista, unicamente, das relações sociais, que pecam por desconsiderar, da análise, o espaço físico por meio do qual as relações sociais se materializam e se tornam possíveis (RODRIGUEZ; SILVA, 2013).

Contudo, observa-se que tal abordagem não abandona, por inteiro, a análise atomística e disciplinar, centrada no conhecimento disciplinar, sendo esse dado essencial para a integralização e análise sistêmica que fundamentarão a tomada de decisões. Souza e Oliveira (2011), destacam o papel fundamental que os estudos disciplinares, através dos levantamentos tradicionais dos recursos naturais, trazem para o reconhecimento da realidade ambiental, contudo destacam que esse conhecimento é parcial, incompleto e não permite apreender o ambiente em sua totalidade, tal qual ele se apresenta no contexto da paisagem, como um reflexo das relações existentes entre os componentes que constituem determinada paisagem.

Assim a análise ambiental, consistiria numa etapa importantíssima no processo de ordenamento territorial, por permitir compreender as características do local, bem como as

dinâmicas e os impactos decorrentes do processo de uso e ocupação e do desenvolvimento de cada atividade econômica sobre o território.

O objetivo central da análise ambiental consiste em reconhecer as potencialidades e limitações de uma dada paisagem, mediante o conhecimento de sua fragilidade natural, identificar os principais vetores de pressão existentes e seus impactos sobre o meio, além de se diagnosticar o estado de evolução do sistema e planejar/sugerir ações de intervenção de modo a garantir a sustentabilidade, ou a recuperação, ambiental de um dado território.

Desse modo, podemos definir análise ambiental como um procedimento de análise, de viés complexo dos sistemas naturais, que partindo do pressuposto de uma abordagem sistêmica, possibilita a compreensão da fisionomia da paisagem, mediante análise de suas partes constituintes, de modo a apreender o sentido geral da dinâmica e os fluxos de matéria e energia que circulam num dado recorte espacial, possibilitando ao pesquisador/observador inferir o estado evolutivo e a tendência geral de evolução do sistema.

### 2.1.2 Princípios da análise geoambiental

A abordagem “geoambiental” despontou, nos últimos anos, como uma nova perspectiva metodológica no trato das questões ambientais, que se apresentam cada vez mais multifacetadas e, com tendências, multidisciplinares, tendo ganhado maior destaque no campo de atuação de profissionais ligados, principalmente, aos estudos do meio ambiente desenvolvidos pelas Geociências, na tentativa de não estreitar os campos de atuação de determinados profissionais, além de favorecer estudos integrados de especialistas da área na solução dos problemas ambientais, possibilitando o estabelecimento de relações entre as condições naturais e a apropriação do espaço através da ação antrópica, permitindo indicar suscetibilidades e potencialidades (RADEMANN *et al.*, 2017).

A utilização do prefixo geo, no termo geoambiental, que do grego significa —terra, revela

[...] a intencionalidade de inserirmos na abordagem os aspectos físicos estruturais desse ambiente, partindo do pressuposto que para se obter o conhecimento integrado dos elementos que compõem o meio ambiente, faz-se necessária a compreensão das unidades de paisagem e seus atributos, associada a análise dos processos e práticas sociais. [...] Em outras palavras, é necessário compreender e perceber a natureza e sociedade conjuntamente (MONTEIRO, 2015, p. 78).

Para Amaral (2014), o principal objetivo desta abordagem analítica, consiste em compreender, de forma integrada, as características do meio físico e seu comportamento frente as várias formas de uso e ocupação, possibilitando, desse modo, delimitar as diferentes unidades geoambientais que compõem a paisagem que possuem uma ligação e interação dinâmica entre si, e com outras unidades territoriais próximas, permitindo, dessa forma, sua diferenciação e sua evolução em completa harmonia com o meio que estão inseridas (LIMA, 2017), permitindo apreender os processos atuantes na paisagem e a caracterização de suas aptidões e restrições, além de indicar porções do terreno com uma maior qualidade ambiental (SANTOS, 2018).

Apesar de parecer ser uma tendência atual do desenvolvimento científico, Oliveira (2018), observa que o surgimento da concepção, desponta já no início do século XVIII, com trabalhos referentes a obras de engenharia, a cargo da Cartografia Geotécnica, tendo como preocupação as diferentes condições de terreno, que naquele momento passam a ser representados de forma cartográfica. É a partir da década de 1950, contudo, diante das grandes questões ambientais enfrentadas, que a abordagem geoambiental começa a ganhar os contornos atuais, ao introduzir uma abordagem de análise conjunta dos processos naturais e da influência antrópica, com foco em uma porção restrita da superfície terrestre (RODRIGUES, 2018).

Desde então encontra-se uma multiplicidade de usos nos trabalhos que utilizam o termo “Geoambiental”, o que se observa, nestes trabalhos, é a mutabilidade do significado do termo: sendo utilizados, ora para caracterizar as componentes ambientais da área de estudo<sup>1</sup>, como sinônimo de análise ambiental<sup>2</sup>, muitas vezes realizando o zoneamento ambiental<sup>3</sup>, ou ainda, sua utilização para fins de zoneamento territorial<sup>4</sup>, ou utilizando a compartimentação geomorfológica<sup>5</sup> como critério para a delimitação de unidades geoambientais, desenvolvendo, em algum aspecto, algumas características da análise geoambiental, seja adotando uma perspectiva integrativa entre as componentes ambientais<sup>6</sup>, seja analisando os graus de estabilidade/vulnerabilidade da paisagem<sup>7</sup>.

O contexto geoambiental de uma determinada área, não é dado pela mera descrição ou enumeração dos componentes físicos (geologia, geomorfologia, pedologia, clima,

---

<sup>1</sup> SANTOS (2011); LOSSARDO (2014); RODRIGUES LIMA (2015); LIRA (2016); SOUZA *et al.* (2016); MILEN, *et al.* (2016); MARTINS (2017).

<sup>2</sup> AGUIAR *et al.* (2013); LOSSARDO (2014); SOUZA *et al.* (2016).

<sup>3</sup> CABRAL (2014); COSTA, *et al.* (2015); AGUIAR *et al.* (2013); FREITAS (2016); LIRA (2016); MARTINS (2017); MAZZUCO (2019).

<sup>4</sup> PIRES, DAL’ASTA (2011); CABRAL (2014); LOSSARDO (2014); MAZZUCO (2019).

<sup>5</sup> SANTOS (2011); CABRAL (2014); ZALOTI (2017).

<sup>6</sup> PIRES, DAL’ASTA (2011); AGUIAR *et al.* (2013); COSTA, *et al.* (2015); LIRA (2016); SOUZA *et al.* (2016).

<sup>7</sup> AGUIAR *et al.* (2013); RODRIGUES LIMA (2015); FREITAS (2016); LIRA (2016).

vegetação), biológicos e socioeconômicos (uso e ocupação, degradação ambiental...) que constituem a unidade do recorte territorial analisado, ela abrange, mais que isso, o conjunto de relações que se operam dentro deste espaço e de sua espacialização, a dinâmica evolutiva dos elementos que a compõem, bem como as configurações paisagísticas decorrentes dessa interrelação entre os componentes.

A construção teórica da análise geoambiental tem como base a teoria geral dos sistemas, sobretudo, influenciada pelas concepções geossistêmica e ecodinâmica, e tem como fim, em si, não a compartimentação e delimitação de unidades homogêneas, mas a busca pela compreensão dos processos que atuam na diferenciação das paisagens – sua intensidade, seu sentido geral e seus os estágios evolutivos – objetivando identificar o grau de estabilidade de determinado recorte espacial.

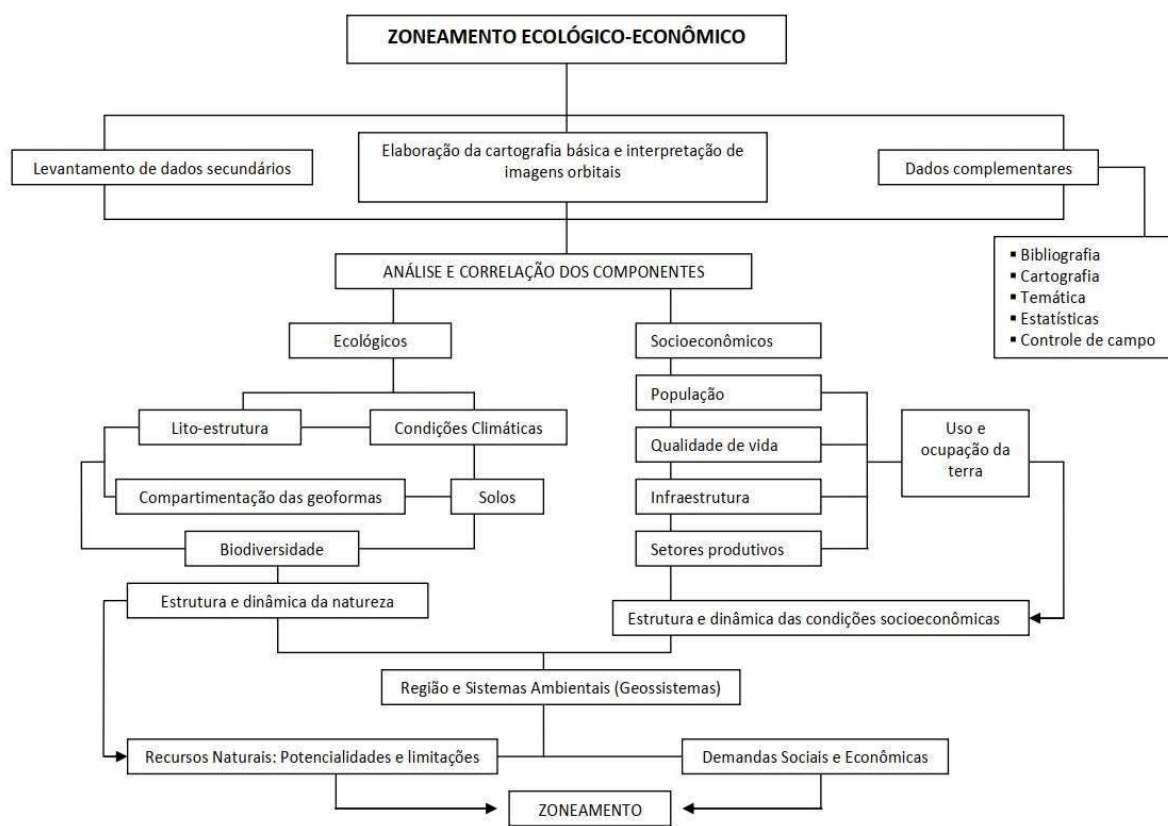
O entendimento desses processos, possibilita definir os graus de fragilidade do território – sua resiliência, resistência, capacidade de adaptação e auto-organização – face aos processos de degradação ambientais, decorrentes das mudanças climáticas e da pressão antrópica exercida sobre as paisagens, permitindo que se vislumbre os mecanismos que operam as mudanças internas neste recorte, compreendido como um sistema complexo aberto e distante do equilíbrio.

Esta perspectiva de análise difere da análise ambiental, ainda que adote terminologia semelhante, a qual se busca a compreensão da relação – ora conflituosa, ora harmoniosa, entre os diversos subsistemas que compõem a paisagem – o sistema natural (geologia, geomorfologia, clima, solos, vegetação), o sistema social (desenvolvimento tecnológico, relações sociais) e o sistema econômico (forma de produção, apropriação e consumo do espaço) de maneira integrada, “[...] com a finalidade de conservar, preservar e recuperar a natureza e, ao mesmo tempo, promover o desenvolvimento econômico e social em bases sustentáveis” (ROSS, 2009, 58), resultando em um mapa que indica a aptidão das áreas para o uso e ordenamento territorial – **Figura 1**.

A seu turno, a análise geoambiental objetiva identificar, por meio da análise dos componentes ambientais, e suas interrelações, os mecanismos impulsionadores da evolução das paisagens, seu grau de estabilidade, o sentido geral de sua dinâmica, possibilitando a previsão/modelagem de cenários tendenciais futuros, não se dissociando, totalmente, da análise ambiental, sendo esta última a integração entre o potencial natural (possibilidades e restrições à utilização), estado de degradação/conservação, possibilidade de ocupação e impactos esperados decorrentes da utilização dos recursos naturais e do ordenamento do território.



**Figura 1** - Processo de análise e zoneamento ambiental



Fonte: Souza; Oliveira (2011).

Assim, a paisagem, vista a partir da concepção geoambiental, pode ser descrita em função de:

- seu **estágio evolutivo** (em estágio inicial de evolução – apresentando características pouco diferenciáveis do entorno e altamente instáveis, jovens – apresentando características distinguíveis do entorno que possibilitem perceber o grau de organização interna do recorte espacial, altamente instáveis, etc.);
- de sua **dinâmica** (regressiva, progressiva, ou em estabilidade);
- do seu grau de **estabilidade** (estável, em transição ou instável);
- quanto à sua **gênese** (associada a movimentos crustais, ou gravitacionais de massa e detritos, de acumulação fluvial, coluvial, de erosão diferencial etc.);
- de seus **processos** (associados aos processos erosivos que esculpem e diferenciam as paisagens); e
- de sua **capacidade de suporte**, atuantes conjuntamente no funcionamento e diferenciação das unidades geoambientais, não sendo excludentes, mas ocorrendo de forma simultânea e sobrepostas no espaço e no tempo.

O estágio evolutivo, indica as diferentes etapas de sucessão de uma área e encontra-se relacionado ao tempo necessário para a evolução da paisagem, sendo o critério da adaptação desta às condições de entorno, condição essencial a compreensão da dinâmica e dos mecanismos de impacto-resposta atuantes na diferenciação de tal unidade. À medida que uma paisagem se torna mais evoluída, ou madura, passa a reproduzir as condições necessárias à sua perpetuação, oscilando em torno de uma estabilidade, que é dinâmica, e tornando-se cada vez mais resiliente.

Paisagens jovens, ou pouco evoluídas, são caracterizadas por grande instabilidade ambiental, decorrente do predomínio dos processos morfogenéticos que atuam na esculturação do relevo, oferecendo poucas condições à sustentação de um ecossistema complexo, apresentando, no geral, uma pequena rede de componentes que se interrelacionam em alto grau de dependência, sendo assim altamente suscetíveis à instabilização e, conseqüentemente, à degradação ambiental.

Quanto mais evoluídas, ou maduras, se tornam as paisagens, mais complexas se torna a rede de componentes e mais autossustentável é a paisagem. Essas unidades, ainda que dependam dos fluxos de matéria e energia provenientes de outros sistemas próximos, apresentam-se diferenciados dos demais e possuem estruturas autorregulatórias que reproduzem as condições necessárias à sua conservação. No geral, estas unidades apresentam menor grau de dependência em relação a algumas condicionantes e são menos suscetíveis à instabilização, possuindo maior resiliência e menor sensibilidade, sendo, conseqüentemente, menos suscetíveis à degradação ambiental.

A dinâmica do sistema ambiental, possui relação indireta com o estágio evolutivo e estabilidade das paisagens. Paisagens que se apresentam estáveis, tem maior possibilidade de evoluir em unidades mais maduras e auto-organizadas, criando as condições para sua sustentação. A instabilização da paisagem (seja por progressão ou regressão), induz alterações no sentido geral da evolução das paisagens (positiva ou negativamente), criando estados ótimos em torno do qual esta se organiza, possibilitando a complexificação, através da inclusão de novos componentes, ou simplificação da paisagem, que por sua vez se refletirá nos graus de dependência e de fragilidade do território.

O grau de estabilidade reflete o estado momentâneo do processo evolutivo e apresenta-se relacionado à resiliência, resistência e a própria estabilidade do meio. Aqui é importante que se faça uma observação a respeito do conceito de estabilidade, este não deve ser entendido como fixo e rígido, mas sim dinâmico e resultado do comportamento e adaptação da

paisagem às variabilidades dos fluxos de matéria e energia, bem como da capacidade de absorção e elasticidade de cada elemento que a compõe. Desse modo, paisagens ditas estáveis, possuem maior capacidade de adaptação frente as perturbações, retornando rapidamente às condições anteriores.

A gênese e seus processos relacionados, por seu turno, permitem que se vislumbrem os mecanismos que atuam na esculturação e modelagem da paisagem e são condicionados, fortemente, pelas características ambientais da área analisada. Tomemos como exemplo uma bacia hidrográfica. Esta tem sua formação, dinâmica e evolução relacionadas às condicionantes morfológicas e climatológicas, sendo os processos, em maior ou menor grau, decorrentes das relações entre estes componentes.

À medida que aumentam os volumes pluviométricos precipitados na área da bacia, inicialmente, ocorrem maiores volumes de matéria sólida removida pelos processos erosivos, contudo, possibilita maior desgaste e dissolução das rochas que compõem a bacia, aprofundando os solos, melhorando as suas condições de textura e estrutura, possibilitando maior infiltração e retenção de água nos solos, o que permite, por sua vez, um maior desenvolvimento vegetal, que tem efeitos diretos na interceptação das águas das chuvas, reduzindo a quantidade de chuva que atinge o solo diretamente, bem como a velocidade de escoamento, o que aumenta a infiltração e o armazenamento de água no solo, criando mecanismos de retroalimentação que permitem a manutenção das condições ambientais na bacia.

Teixeira (2016), analisando a Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu, aplicou a metodologia geoambiental para analisar o grau de estabilidade das paisagens, correlacionando os graus de intervenção antrópicas com as condicionantes ambientais, produzindo o mapa de instabilidade morfodinâmica da bacia, indicando as áreas mais suscetíveis à ocorrência de processos erosivos.

Sousa; Nascimento (2014), associaram as características da paisagem ao uso e ocupação do território para analisar os graus de degradação dos solos, em três microbacias hidrográficas do semiárido cearense. Para os autores as condições ambientais das microbacias, somadas aos impactos antrópicos exercidos sobre os solos contribuem de forma muito significativa para aumentar a vulnerabilidade ambiental dos sistemas ambientais existentes.

Souza *et al.* (2016) evidenciaram o papel desempenhado pelos componentes do meio na diferenciação e regeneração das paisagens do Parque Natural Municipal Lagoa do Frio, no município de Canindé de São Francisco/SE, constatando alterações na cobertura vegetal

(porte e densidade), bem como variações significativas nas condições edafoclimáticas, decorrentes das condições microclimáticas das áreas analisadas, destacando como o mecanismo de retroalimentação atua para a diferenciação desses ambientes.

Costa *et al.* (2016), analisaram a gênese e os mecanismos evolutivos das unidades ambientais da bacia hidrográfica do rio Banabuiú, definindo os Sistemas ambientais da área em estudo, correlacionando as características genéticas dessas áreas às potencialidades e à capacidade de suporte desses ambientes e identificando os impactos ambientais decorrentes das formas de uso e ocupação.

Pinton; Cunha (2014), buscaram identificar os processos que atuam na evolução do modelado do município de Cubatão/SP, bem como o grau de estabilidade das paisagens se utilizando das características ambientais e os vetores de pressão antrópicas para analisar o estado geoambiental, ou seu grau de estabilidade.

Menezes *et al.* (2011) realizaram uma análise genética da paisagem do município de São Pedro do Sul – RS, distinguindo diferentes através da análise das componentes ambientais, resultando na delimitação de unidades homogêneas, quanto às características ambientais e processos evolutivos relacionados, correlacionando-os às potencialidades e aos impactos ambientais.

Os trabalhos analisados desenvolvem, em algum aspecto, elementos da análise geoambiental, conforme proposto neste trabalho, ainda que seu objetivo fim não seja, necessariamente, a compreensão dos processos evolutivos ou da dinâmica da paisagem, evidenciando a importância de se compreender como as componentes da paisagem se relacionam (suas características, fragilidades intrínsecas, seus graus de estabilidade/fragilidade etc.), para que seja possível o planejamento do território.

### 2.1.3 A importância da apreensão e aplicabilidade dos conceitos de ‘fragilidade’ e ‘vulnerabilidade’ aos estudos ambientais

Um importante conceito utilizado na análise ambiental, o conceito de “fragilidade”, tem se tornado cada vez mais presente nos trabalhos que vem sendo desenvolvidos, sobretudo, no meio acadêmico, sendo utilizado sem um rigor conceitual, ora utilizado como sinônimo de

vulnerabilidade, ora sendo utilizado para representar o grau de degradação a que está submetida uma paisagem.

A imprecisão conceitual do termo, acaba por causar confusão em sua dimensão e aplicação, sobretudo quando acompanhado do termo “ambiental”, eliminando, aparentemente, qualquer diferenciação entre os significados de vulnerabilidade e fragilidade, que passam, dentro deste contexto, a assumir um único valor conceitual para representar diferentes características intrínsecas ou adquiridas pela paisagem.

Ao se buscar o significado da palavra “Fragilidade” (e seus sinônimos – frágil; fraqueza), nos dicionários de língua portuguesa, encontramos as seguintes definições (DICIO, [s/d]):

**Frágil**

*adjetivo* Que se quebra facilmente: cuidado, embalagem frágil. De natureza fraca; que tende a ser delicado: uma criança frágil. Que se deteriora facilmente: objeto frágil.

[Por Extensão] De pouca duração; efêmero: emprego frágil.

[Figurado] Sem firmeza ou estabilidade: namoro frágil.

[Figurado] Em que há instabilidade emocional ou psicológica: mãe frágil.

**Fraqueza**

*substantivo feminino* Característica da pessoa fraca, sem vigor físico. Fragilidade; que não é forte; que é fraco. Que está abatido; que apresenta desânimo. Vulnerabilidade; que não é capaz de se defender; que é vulnerável. Defeito ou vício: o álcool é sua fraqueza. Sem rigidez de caráter: sua fraqueza é a mentira.

**Fragilidade**

*substantivo feminino* Característica do que é frágil, do que se quebra facilmente. Tendência natural para quebrar; fraqueza.

Além desta, o *Diccionario de la Natureza* (1987 citado por MIYAZAKI, 2014, p. 84), define o termo como uma medida do “[...] grau de susceptibilidade ao dano, ante à incidência de determinadas ações”. A ideia de fragilidade, desse modo, está intrinsecamente relacionada à delicadeza, à tendência natural para quebrar, à inflexibilidade do objeto em frente a um esforço ou perturbação.

Quanto sobreposta às questões ambientais, passa a expressar a ideia de potencialidade natural de um determinado recorte espacial à ocorrência de um dano (seja de origem natural ou antrópica), ou de uma mudança geral no sentido de sua dinâmica e sua estabilidade, levando à sua degradação e a quebra do seu equilíbrio com o meio. Dito de outra forma, pode expressar a vulnerabilidade do ambiente à ocorrência de qualquer dano, estando diretamente relacionada com os fatores de desequilíbrio natural apresentando um limiar entre o equilíbrio dinâmico e a desestabilização (MIYAZAKI, 2014).

A fragilidade, de um ambiente, é dada pelo arranjo da estrutura da paisagem e de suas características genéticas (ROSS, 1994), que se expressam em uma dinâmica interna e própria, que exprimem o grau de estabilidade da paisagem face à ocorrência de perturbações, considerando os balanços energéticos através de relações em equilíbrio dinâmico. Para Christofolletti (1999), a noção de estabilidade permite, em primeira instância, realçar dois aspectos relacionados à dinâmica do sistema, sendo eles: a *resistência* e a *resiliência*.

A noção de estabilidade reflete, desse modo, a capacidade intrínseca do sistema em conservar, adaptar e reorganizar sua estrutura, dinâmica e funcionamento, no tempo e no espaço, face às perturbações nos fluxos de matéria e energia, até um nível crítico, que determina o limite ao qual o sistema pode recuperar-se e retornar ao ponto inicial antes da perturbação (RODRIGUEZ *et al.*, 2013). Assim, o conceito de fragilidade carrega, em sua construção conceitual, as noções de *resistência*, *resiliência* e *sensibilidade* que expressam, de diferentes meios, a capacidade de uma paisagem em responder a uma mudança imposta por perturbações.

Para Christofolletti (*idem*), a *resistência*, representa “[...] a capacidade do sistema em permanecer sem ser afetado pelos distúrbios externos, sendo também chamada de inércia” (p. 114) ou sua inflexibilidade face às pressões exercidas sobre o sistema. O segundo aspecto, refere-se à capacidade de o sistema retornar às condições iniciais após sofrer os efeitos de um distúrbio, externo ao sistema, refletindo sua capacidade em absorver, e incorporar, as mudanças, permitindo um certo grau de flutuação no estado de ajuste do sistema em torno das condições iniciais, garantindo a manutenção de sua estrutura e características internas, mantendo sua funcionalidade.

Para Huggett (2010), a resiliência representa a habilidade de um sistema de se recuperar ou de resistir a um distúrbio, garantindo a manutenção do grau de estabilidade do sistema, ou ainda representando a quantidade de perturbação necessária para virar o sistema de um domínio de estabilidade para outro, ou, dito de outra forma, a quantidade necessária de perturbação que um ecossistema pode absorver antes de mudar para uma nova configuração – sofrer degradação.

Este conceito possui ainda, a nosso ver, grande correlação com o conceito de *sensibilidade*, podendo ser considerado um último aspecto inerente à ideia de fragilidade. Tal conceito representa “[...] o nível em que um sistema responderá a uma mudança ocorrida em [seus] fatores controlantes” (CHRISTOFOLETTI, *op. cit.*, 1999), sendo entendida ainda como a capacidade de resposta do sistema às perturbações externas (SCHUMM, 1991, citado por CHRISTOFOLETTI, *idem*), ou ainda como a medida da probabilidade de uma determinada

mudança/perturbação em produzir uma resposta sensível, reconhecível e persistente (BRUNSDEN & THORNES, 1979, citados por CHRISTOFOLETTI, *idem*) na configuração e dinâmica do sistema.

Tricart (1977), em seu trabalho, apresenta uma perspectiva de análise da fragilidade dos ambientes, centradas nos processos morfodinâmicos de esculturação do relevo. Ao apresentar sua Ecodinâmica, o autor evidencia o papel das características morfológicas do terreno na suscetibilidade aos processos erosivos, delimitando unidades básicas de terreno onde evidenciam-se dinâmicas distintas.

Com base nessas características, autor define três grupos de unidades da paisagem, onde predominam diferentes características e processos, reconhecendo as unidades estáveis, *intergrades* e instáveis. Nas primeiras, predominam condições ambientais favoráveis aos processos pedogenéticos e capazes de suportar as “[...] relações complexas [que] se estabelecem entre essas diversas condições, comportando mecanismos de compensação e auto-regulação” (TRICART, *idem*, p. 36), que favorecem a evolução e a complexificação da paisagem.

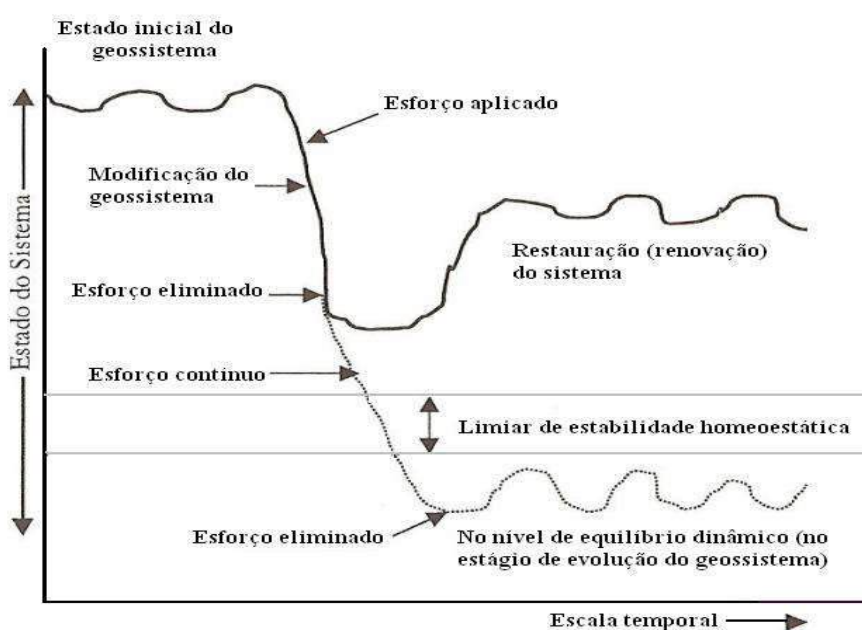
Os meios *intergrades*, apresentam condições transitórias entre os processos pedogenéticos e morfogenéticos os quais ocorrem simultaneamente no tempo e no espaço, ocorrendo de modo concorrente, em função das condições ambientais de entorno. Devido a isto, caracterizam-se como ambientes delicados e suscetíveis a fenômenos de amplificação, eventualmente, tendendo à instabilização, nos quais há prevalência dos processos de esculturação.

Por fim, nas unidades instáveis “[...] a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural, e fator determinante do sistema natural, ao qual outros elementos estão subordinados” (TRICART, *idem*, p. 51), criando condições de grande fragilidade ambiental, o que torna tais ambientes bastante suscetíveis aos processos de degradação ambiental.

Assim, o grau fragilidade, descreve o comportamento do sistema frente as oscilações nos fluxos de energia e matéria, provenientes de fora do sistema, que impulsionam a dinâmica do sistema para além dos limiares de variação interna (**Figura 2**), superando a capacidade de recuperação dos danos o que desencadeia a quebra do equilíbrio e, conseqüentemente, leva a degradação da qualidade das condições ambientais, encaminhando o sistema a um novo estado de equilíbrio que se adéque aos fluxos de energia e matéria que perpassam o sistema ou o retorno às condições iniciais após cessadas as perturbações aplicadas.

Além da fragilidade, outro que apresenta grande imprecisão conceitual é o conceito de vulnerabilidade, sendo utilizado em diversas abordagens analíticas e metodologias distintas, apresentando-se como sinônimo de suscetibilidade ou fragilidade, utilizadas, em ambos os casos como “[...] categorias de análise para expressar a dinâmica da superfície terrestre, fomentando o prognóstico de potenciais impactos ambientais” (OLÍMPIO; ZANELLA, 2017, p. 104), sem a existência de um limite preciso entre o campo de ação de cada termo, passando a assumir diferentes conotações e magnitudes, conforme o viés metodológico adotado.

**Figura 2 - Dinâmica dos sistemas ambientais**



Fonte: Rodriguez *et al.* (2013).

Na definição trazida pelos dicionários de língua portuguesa (MICHAELLIS, s/d), para o termo **vulnerabilidade** e para o termo **vulnerável**, também se encontra expressa a ideia de exposição e suscetibilidade a ocorrência de um perigo, sendo definido como,

**Vulnerável**

vul·ne·rá·vel  
adj m+f

1. Que é suscetível de ser ferido ou atingido por doença.
2. Que está sujeito a ser atacado ou criticado.

**Vulnerabilidade**

vul·ne·ra·bi·li·da·de  
sf

1. Qualidade ou estado do que é vulnerável.
2. Suscetibilidade de ser ferido ou atingido por uma doença; fragilidade.
3. Característica de algo que é sujeito a críticas por apresentar falhas ou incoerências; fragilidade.



Santos (2015), define a vulnerabilidade “[...] como um limiar de ruptura, a possibilidade de sofrer perturbações derivadas de fenômenos e intervenções que podem ter sido originadas para além dos limites territoriais do sistema afetado” (p. 79). Para Jordão; Moretto (2015), tal conceito reflete a probabilidade de uma comunidade, estrutura, serviços ou área geográfica de ser danificada ou perturbada pelo impacto de um determinado perigo, concepção sustentada e complementada por Veyret e Richemond (2007, citados por Santos, *idem*), os quais relacionam o conceito de vulnerabilidade à exposição a um perigo, sua capacidade de resposta e de adaptação frente aos distúrbios.

Para Gallopín (2006), a vulnerabilidade pode ser vista como a suscetibilidade à ocorrência de um determinado dano, a medida do potencial para a mudança da dinâmica de um sistema após a ocorrência de uma perturbação, não podendo ser confundida com o dano, que seria o resultado da materialização de um perigo. Ainda para a referida autora, a noção de vulnerabilidade tem relação com o grau de alteração do sistema em decorrência dessa mesma perturbação, sendo um sistema considerado vulnerável, quando as transformações ou mudanças ocorridas no sistema, são grandes ou intensas o suficiente para promoverem alterações na estrutura e dinâmica do sistema.

Para se possa compreender os aspectos da vulnerabilidade, é preciso que se leve em conta sua relação com o conceito de risco (MARANDOLA; HOGAN, 2005), sendo uma condição necessária a configuração da vulnerabilidade de um dado sistema face ao risco da ocorrência de uma ameaça (SOUZA; ZANELLA, 2009). Desse modo, tal conceito carrega consigo uma relação de causalidade com o risco, notadamente da percepção, que um grupo ou “[...] indivíduo tem sobre si, sobre o outro ou mesmo em relação a uma entidade que possa ser afetada por um determinado fenômeno perigoso” (OLÍMPIO; ZANELLA, 2017, p. 101).

Embora relacionados, risco e vulnerabilidade têm conceituações distintas. Enquanto o primeiro descreve a exposição, de determinadas áreas ou indivíduos, a perigos externos e a possibilidade da ocorrência de dano, decorrentes de um acontecimento eventual que não depende exclusivamente da vontade dos agentes (OLÍMPIO; ZANELLA, *idem*), o segundo, mensura a capacidade de enfrentamento/controlar/adaptação a tais perigos, de modo a mitigar ou contornar potenciais danos decorrentes destes perigos (PNUD, 2007, citado por ESTEVES, 2011).

O termo “risco”, ao ser adjetivado, indica a origem do fenômeno perigoso, podendo ser este de origem natural, tecnológica, econômica ou política (OLÍMPIO; ZANELLA, 2017),

não significando, necessariamente, uma situação de perigo imediato (SANTOS, 2015), sendo mais relacionada à ideia de incerteza, de exposição ao perigo, de perdas e prejuízos materiais, econômicos e humanos, devido à ocorrência de um fenômeno perigoso, seja de origem natural ou antrópica (SOUZA; ZANELLA, 2009; ESTEVES, 2011).

Dessa forma, três componentes devem ser considerados para a análise da vulnerabilidade de um sistema: exposição, sensibilidade e resiliência. A sensibilidade mede a severidade do dano causado por uma perturbação do sistema. Por sua vez, a resiliência reflete a capacidade do sistema em absorver danos, sem sofrer alterações significativas. Já a exposição é relacionada às características dos eventos responsáveis pelas perturbações infringidas ao sistema (JORDÃO; MORETTO, 2015), em geral, seu o grau, duração e a extensão ao qual o sistema está em contato ou sujeito a uma perturbação (GALLOPIN, 2006).

Desse modo, a vulnerabilidade pode ser entendida a partir de três componentes:

- (1) a existência de um evento potencialmente adverso (risco), endógeno ou exógeno;
- (2) incapacidade de responder à situação, seja por causa da ineficiência de suas defesas, seja pela ausência de recursos que lhe dêem suporte;
- (3) inabilidade de se adaptar à situação gerada pela materialização do risco (MARANDOLA; HOGAN, 2005, p. 42).

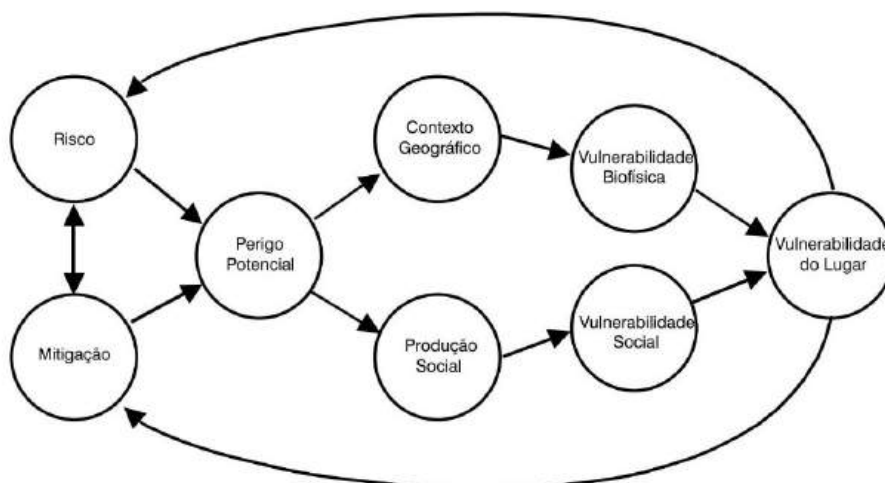
Ao tratar da vulnerabilidade ambiental, Aquino *et al.* (2017) a definem como o grau em que um sistema é suscetível ou incapaz de lidar com os efeitos de perturbações externas, de ocorrência natural ou antrópica, e de retornarem ao estado antes da alteração, ou ainda como a susceptibilidade de um sistema à degradação ambiental, considerando os elementos de exposição, sensibilidade e capacidade de resposta em face de tais perturbações, sendo uma condição intrínseca que cada território possui para responder a fatores de estresse, ao longo do tempo e do espaço (JORDÃO; MORETTO, *idem*).

A abordagem espacial da vulnerabilidade, considera ambos os aspectos – ambiental e social, na compreensão da dinâmica e dos processos que operam dentro de cada recorte considerado, incorporando “[...] o contexto da produção social do perigo em conexão com o contexto geográfico na delimitação da escala espacial. O resultado desta relação, suas tensões, aberturas, estruturas de proteção e risco, permite identificar a vulnerabilidade” (MARANDOLA; HOGAN, *idem*, p. 36), sendo tal dinâmica apresentada na **Figura 3**.

Por fim, sua dimensão temporal também é essencial à sua compreensão (MARANDOLA; HOGAN, *idem*). Esta característica não apresenta-se imutável, ao longo do

espaço e do tempo, sendo resultado das relações dinâmicas entre as componentes do sistema e os fluxos de matéria e energia e os estados ambientais do sistema e do seu entorno.

**Figura 3** - Elementos da vulnerabilidade do lugar



**Fonte:** Cutter (1996) *apud* Marandola; Hogan (2005).

## 2.2 Procedimentos metodológicos

No presente tópico, estão descritos os procedimentos metodológicos adotados no desenvolvimento deste trabalho, os quais incluem desde extensa revisão bibliográfica – descrita no **tópico 2.1 I, II e III**, e coleta de dados secundários (acerca dos indicadores utilizados), seleção das metodologias a serem aplicadas na identificação dos graus de fragilidade e vulnerabilidade da área, obtenção e tratamento das imagens de sensores remotos (imagens dos satélites da série Landsat e de radar – Alos-palsar) para delimitação dos indicadores utilizados, elaboração dos mapas base (ambientais, fragilidade, vulnerabilidade), delimitação das unidades geoambientais, utilizando-se dos dados ambientais da área, tomando como base para a definição os processos atuantes, em cada área, realização de trabalho de campo, bem como correção e adaptação dos materiais geocartográficos resultantes das metodologias aplicadas.

A seguir, serão descritos os procedimentos adotados.

### a. Revisão Bibliográfica

Revisão sobre os conceitos de Sistemas, fundamentado na leitura de autores como: Rodriguez (2004, 2005), Vale (2012), Moreno (2002), Limberger (2006), Christofolletti (1999), Mattos; Perez Filho (2004), Amorim (2012), Colossi; Baade (2015), dentre outros;

Aplicação da teoria sistêmica no estudo das questões ambientais: Rodriguez; Silva (2013), Vicente; Perez Filho (2003), Lopes *et al.* (2015), Ross (1994), Souza *et al.* (2012), Bertrand (2004), Santos (2011), Costa *et al.* (2016);

Conceituação da análise geoambiental, buscando definir, conceitualmente, o termo, sua aplicabilidade nos estudos ambientais e suas potencialidades e limitações, fundamentando as leituras nos trabalhos de Rademann *et al.* (2017), Amaral (2014), Lima (2017), Santos (2018), Ross (2009), Souza; Oliveira (2011), bem como nos diferentes trabalhos que utilizaram a abordagem geoambiental em suas análises, de modo a se construir o arcabouço conceitual no qual se fundamentou esta pesquisa;

Revisão teórica sobre o conceito de “Fragilidade”, fundamentando as leituras em autores como: Miyazaki (2014), Ross (1994), Christofolletti (1999), Rodriguez *et al.* (2013), Tricart (1977), e;

Por fim, revisão sobre o conceito e aplicabilidade de “Vulnerabilidade” e sua utilização no estudo das questões ambientais, para tanto consultando autores como: Olímpio; Zanella (2017), Santos (2015), Jordão; Moretto (2015), Gallopín (2006), Marandola; Hogan (2005) e Souza; Zanella (2009).

#### b. Levantamento de dados

Para fins de execução dos trabalhos, foi realizada a coleta de dados relacionados às características ambientais, da área em estudo, produzidos e disponibilizados por fontes oficiais.

- i. Para o indicador geologia, foram utilizados os dados da Folha SC-24 do mapa Geológica do Brasil ao Milionésimo, em escala 1:1.000.000, obtida no site do [CPRM – Serviço Geológico do Brasil](#).
- ii. Os dados da caracterização das feições geomorfológicas da área, objeto da pesquisa, foram obtidos do mapeamento, em escala de detalhamento de 1:250.000, Folha SC-24, disponibilizadas no site do [IBGE](#).
- iii. Os tipos climáticos, foram obtidos do levantamento, produzido em escala de 1:5.000.000, disponibilizados no site do [IBGE](#).

- iv. Para a obtenção das variáveis climatológicas, utilizadas neste trabalho, (Precipitação anual e coeficiente de variação), foram utilizados os dados das estações pluviométricas, apresentadas na **Tabela 1**, obtidas através do portal [Sistema de Informações Hidrológicas \(HIDROWEB\)](#), da Agência Nacional de Águas (ANA).

Tabela 1 - Estações pluviométricas utilizadas

Estação	Nome	Município	UF	E (UTM)	N (UTM)	Período
907040	Capivara II	Batalha	AL	718493	8917927	2005-2019
937013	Delmiro Gouveia	Delmiro Gouveia	AL	610438	8961564	1991-2019
937018	Pão de Açúcar	Paó De Açúcar	AL	670052	8921992	1991-2019
937023	Piranhas	Piranhas	AL	636487	8935677	1991-2019
937032	Santana Do Ipanema	Santana do Ipanema	AL	692695	8963453	1991-2019
936026	Traipu	Traipu	AL	718885	8896936	1991-2019
1037079	Coronel João Sá	Coronel João Sá	BA	617079	8863096	2005-2019
938029	Quixaba	Glória	BA	573928	8977561	2010-2019
938081	Santa Brigida	Santa Brigida	BA	595153	8923703	2005-2019
1037049	Camboatã	Santa Rosa de Lima	SE	697686	8821836	1991-2019
1036048	Propriá	Propriá	SE	738387	8869982	1991-2019

**Fonte:** Organizado pelo autor (2024).

- v. As classes de solo, foram obtidos do mapeamento, em escala de detalhamento de 1:250.000, Folha SC-24, disponibilizadas no site do [IBGE](#).
- vi. A hidrografia da região foi obtida no site [Agência Nacional das Águas – Bacias hidrográficas otocodificadas](#).
- vii. Uma parte dos dados de uso e ocupação do território, relativas à delimitação das propriedades situadas na área, objeto da pesquisa, foi obtida nas bases de dados disponibilizadas pelo [SNCR – Sistema Nacional de Cadastro Rural](#) e no [Sicar – Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural](#).
- viii. Os dados socioeconômicos dos municípios, situados na área de pesquisa, foram obtidos através dos dados dos Censos populacionais, disponibilizados no site do [IBGE](#), de pesquisa econômica (Produto Interno Bruto – PIB municipal) e de produtividade agropecuária ambos disponibilizados no [SIDRA](#).
- c. Tratamento de dados e obtenção dos parâmetros utilizados

A obtenção dos dados de uso e ocupação e dos dados morfológicos, descritos na metodologia desenvolvida, foi realizada através da utilização de dados de sensores remotos,

dos satélites da série Landsat e de radar – Alos-palsar, disponibilizados gratuitamente através dos sites da [U.S. Geological Survey](#), [INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais](#) e [Alaska Satellite Facility](#), respectivamente.

Para a obtenção do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI), foi utilizado o software Qgis (versões 2.18.28, *Las Palmas*, e 3.10.8, *A Coruña*), sendo realizados os seguintes procedimentos de Correção radiométrica, conforme descritos por Bezerra *et al.* (2018),

$$L\lambda = ((LMax\lambda - LMin\lambda)/65535) * DN + LMin\lambda \quad \text{Equação 1}$$

Onde  $L\lambda$  é o valor da radiância espectral para a banda,  $LMax\lambda$  e  $LMin\lambda$  são os coeficientes de calibração das respectivas radiâncias espectrais de cada banda ( $W/m^2/sr/m$ ),  $DN$  nível digital do pixel na imagem, que varia de 0 a 65535.

Etapa subsequente, foi realizado o cálculo do NDVI, através da **Equação 2**:

$$NDVI = (NIR - Red)/(NIR + Red) \quad \text{Equação 2}$$

Onde, NIR (*Near Infrared*) corresponde a banda infravermelha (Banda 5) e Red a banda do Vermelho visível (Banda 4).

Por fim, realizou-se a reclassificação dos valores, conforme intervalos estabelecidos na **Tabela 11**.

Para a obtenção das variáveis morfológicas utilizadas neste estudo, foram utilizadas imagens de radar, do satélite Alos-Palsar, com resolução espacial de 12,5 metros, e processadas no software Qgis.

Inicialmente foi realizado o preenchimento das falhas nas imagens, através do algoritmo *fill sinks*, de posse do arquivo preenchido, foi utilizado o algoritmo *morphometric features* (para a obtenção dos parâmetros de declividade, curvatura de perfil e plana, além do aspecto) e do algoritmo *basic terrain analysis* (de onde foi obtido o parâmetro distância vertical da drenagem).

Após isto, os arquivos resultantes foram reclassificados através dos algoritmos *r.reclass* e *Reclassify values (simple)*, adotando os intervalos definidos para cada indicador utilizado.

Para a obtenção dos indicadores climatológicos, foram utilizados os softwares Qgis e LibreOffice Calc.

No Qgis, foi realizada a interpolação dos valores anuais de precipitação de cada uma das estações utilizadas, através do algoritmo *multilevel b-spline interpolation* do SAGA.

No LibreOffice Calc foram obtidos os valores de coeficiente de variação, posteriormente tratados no Qgis para obtenção de arquivo *raster*. Ambos os arquivos resultantes, foram reclassificados através dos algoritmos *r.reclass* e *Reclassify values (simple)*, adotando os intervalos definidos para cada indicador utilizado.

#### d. Análise e interpretação dos dados primários e secundários

Com os dados obtidos, na etapa de levantamento, serão preparados os mapas base, utilizados na etapa de campo, consolidando as informações obtidas, de modo a auxiliar à observação, coleta e análise dos dados e informações obtidas na etapa de campo.

A sobreposição das informações (mapas base e de fragilidade e vulnerabilidade), com as observações realizadas, *in loco*, possibilitará maior refinamento do material geocartográfico produzido e a correção de eventual, erro ou inconsistência constatada na etapa de escritório.

#### e. Delimitação das Unidades Geoambientais

Para a delimitação das unidades geoambientais da área de estudo, utilizou como base as informações ambientais disponíveis as quais serviram de base para identificar os processos de modelagem e esculturação atuantes na diferenciação paisagem e suas feições, delimitando as diferentes unidades ambientais que compõem a área em estudo.

A delimitação apoiou-se na utilização de parâmetros morfológicos (altimetria, declividade e intensidade de dissecação), bem como nas características climáticas e geológicas, possibilitando a individualização das feições que guardam características genéticas, estruturais e dinâmicas homogêneas.

Assim, cada unidade geoambiental descreve o conjunto das características que a compõem e os processos que atuam na sua dinâmica e evolução.

#### f. Elaboração do Mapa de Fragilidade

Para a geração das mapas de fragilidade, foram utilizados a metodologia de análise de suscetibilidade natural à erosão, conforme apresentado por Carmo *et al.*, (2016), de fragilidade potencial com apoio da declividade, apresentada por Ross (1994), a Equação Universal de Perda de Solos, apresentada por Bertoni; Lombardi Neto (2017), de Potencial Natural à Erosão, utilizando como base os parâmetros de relevo, erosividade e erodibilidade da EUPS, conforme apresentado por Souza; Galvani (2017), além da metodologia desenvolvida neste trabalho.

Neste trabalho, a fragilidade ambiental será definida através da ponderação dos valores de cada tema utilizado, conforme apresentado na equação 3, sendo estabelecidos valores variando de 1 (menor fragilidade, considerados ambientes estáveis, onde predominam processos pedogenéticos) a 5 (maior fragilidade, considerados ambientes instáveis, onde predominam processos morfogenéticos).

$$f.a = \varepsilon[(SL * 0.1) + (DC * 0.15) + (Cp * 0.08) + (Ch * 0.05) + (Gl * 0.1) + (Pc * 0.07) + (CV * 0.1) + (Pd * 0.15) + (Vg * 0.2)] \quad \text{Equação 3}$$

Onde: **f.a.** = Fragilidade ambiental; **SL**: Comprimento de vertente; **DC**: Declividade; **Cp**: Curvatura Perfil; **Ch**: Curvatura Plana; **Gl**: Geologia; **Pc**: Precipitação; **CV**: Coeficiente de Variação; **Pd**: Solos; **Vg**: Vegetação.

Os graus de fragilidade ambiental, estão apresentados na Tabela 2

Tabela 2 - Intervalos de fragilidade ambiental estabelecidos

INTERVALO DE VALORES	FRAGILIDADE	RGB
2,2	Muito baixa	R(0) G(169) B(51)
2,2 – 2,8	Baixa	R(129) G(212) B(26)
2,8 – 3,2	Média	R(255) G(255) B(56)
3,2 – 3,8	Alta	R(255) G(128) B(0)
3,8 – 5,0	Muito alta	R(255) G(0) B(0)

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

Para cada tema utilizado neste estudo, foram tomados como indicadores, diferentes atributos para o cálculo da fragilidade ambiental, sendo adotados os seguintes indicadores para cada condicionante: para a **Geologia**, foi adotada a litologia, para a **Geomorfologia**, foram



utilizados a declividade, curvatura de vertentes (plana e perfil) e o comprimento de vertente, para o **Clima**, adotaram-se os parâmetros de precipitação total e coeficiente de variação, para o condicionante **Solos**, o indicador classe de solo e, por fim, para a **Vegetação**, a densidade de cobertura calculada através do NDVI.

No tópico 2.1.1, serão explicados os intervalos de fragilidade adotados para cada indicador.

#### g. Elaboração do Mapa de Vulnerabilidade Ambiental

Para caracterizar o grau de vulnerabilidade ambiental, serão considerados aspectos relacionados às formas de uso e ocupação e os marcos legais que estabelecem as áreas a serem protegidas, os quais terão implicações diretas sobre as dinâmicas ambientais dos sistemas analisados.

A definição da vulnerabilidade ambiental, é dada pela equação 4,

$$V = Us + Rs \quad \text{Equação 4}$$

Onde, **V**, corresponde ao grau de Vulnerabilidade ambiental; **Us**, corresponde ao valor de vulnerabilidade do fator padrão de uso dos solos e **Rs**, indica as restrições ao uso definidas por legislação específica.

Os graus de vulnerabilidade ambiental, estão apresentados na **Tabela 3**.

**Tabela 3** - Intervalos de vulnerabilidade ambiental estabelecidos

INTERVALO DE VALORES	VULNERABILIDADE	RGB
2,6	Muito baixa	R(0) G(169) B(51)
2,6 - 4,6	Baixa	R(129) G(212) B(26)
4,6 - 5,8	Média	R(255) G(255) B(56)
5,8 - 7,8	Alta	R(255) G(128) B(0)
7,8 – 10,0	Muito alta	R(255) G(0) B(0)

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

De posse do valor da vulnerabilidade, é realizado o cruzamento dos valores de fragilidade e vulnerabilidade o qual descreverá o estado de conservação e sensibilidade do recorte espacial analisado.

No tópico 2.1.1, serão explicados os intervalos de vulnerabilidade adotados para cada indicador.

#### h. Elaboração do Mapa de Riscos Ambientais

A mapa de riscos ambientais, foi obtida através do cruzamento dos mapas de fragilidade e vulnerabilidade do território e reclassificadas conforme intervalos de valores indicados no **Quadro 2**.

Foram estabelecidas 07 (sete) unidades de risco ambiental onde os menores valores de risco, indicam áreas com melhores condições ambientais e menores exposição aos vetores de pressão ambiental, tornando-se áreas nas quais os processos de degradação são/estão menos pronunciados.

**Quadro 2** - Intervalos da classificação do risco ambiental

ESCALA		MORFODINÂMICA	
1	Risco nulo	3,0	Estável
2	Baixo risco	3,0 – 4,0	Tende à estabilidade
3	Risco presente	4,0 – 5,0	Tendência à estabilidade
4	Risco moderado	5,0 – 6,0	Em transição/intergrade
5	Risco considerável	6,0 – 7,0	Tendência à instabilidade
6	Estado de Atenção	7,0 – 8,0	Tende à instabilidade
7	Estado Crítico	8,0 – 10,0	Instável

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

Por outro lado, as áreas com maiores valores apresentam condições ambientais mais críticas, com áreas mais sensíveis aos processos de degradação ou nas quais existem pressões intensas sobre o território, sendo, portanto, mais suscetíveis aos processos de degradação, podendo apresentar evidências do fenômeno, ou, em casos mais intensos, apresentarem-se já degradadas.

#### i. Etapa de campo

A etapa de campo foi planejada para ser desenvolvida em três etapas distintas (conforme apresentado no **Quadro 3**, abaixo).

Para o primeiro foi prevista a realização de atividade de reconhecimento da área, objetivando levantar informações e dados não possíveis de serem obtidos através das etapas de consolidação da base secundária e dos dados de uso e morfológicos produzidos, na etapa de geoprocessamento.

**Quadro 3** - Cronograma das atividades de campo

ATIVIDADE	2022				2023			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Reconhecimento					X	X		
Coleta de dados				X	X			
Análise dos resultados						X	X	

Na etapa seguinte, realizada em paralelo à etapa de reconhecimento, foi prevista uma etapa de coleta de dados, com realização de registros fotográficos, coleta de informações e comparação dos produtos obtidos em escritório.

Nesta etapa, foram realizadas a correção dos mapas obtidos, bem como a análise dos resultados, mediante a escolha de pontos amostrais na área (abrangendo as diferentes classes de fragilidade e vulnerabilidade). Foi realizada, ainda, a validação da metodologia desenvolvida, neste trabalho, bem como de comparação dos resultados obtidos pela aplicação das demais metodologias apresentadas.

A validação da metodologia, dá-se mediante análise e comparação dos resultados obtidos mediante a aplicação do método, com as demais metodologias já existentes na bibliografia científica, possibilitando, desse modo, averiguar o grau de acerto e identificar, eventuais, inconsistências decorrentes da aplicação das metodologias desenvolvidas.

j. Revisão do material geocartográfico

Após a realização das etapas de campo, previstas no item anterior, os produtos geocartográficos foram corrigidos e adaptados para melhor representar as observações, coletas e análises realizadas, *in loco*, sendo os produtos resultantes, o refinamento dos produtos cartográficos produzidos em escritório.

k. Elaboração do mapa de zoneamento geoambiental

Por fim, para a produção dos mapas do zoneamento geoambiental, foram utilizados os valores de fragilidade e vulnerabilidade ambiental de cada unidade geoambiental identificada no território em análise, lançando mão ainda dos mapas dos sistemas ambientais, e das normas e diplomas legais que disciplinam o uso e ocupação do território.

De acordo com suas limitações, foram delimitadas diferentes unidades descrevendo suas características ambientais, seus graus de suscetibilidade à ocorrência de processos de degradação, os vetores de pressão existentes e as possibilidades de uso e restrições associadas.

Para cada unidade delimitada, foi realizado o diagnóstico e o prognóstico, objetivando identificar o sentido geral da dinâmica ambiental que atua na modelagem e evolução das feições e os impactos ambientais esperados, decorrentes dos usos atualmente desenvolvidos, possibilitando, desse modo, a elaboração do mapa do zoneamento geoambiental.

Para a geração do primeiro subproduto, foi realizada uma revisão sistemática dos normativos legais e infralegais, para identificação, no território, das áreas com limitações ao uso e ocupação, tais como: Unidades de Conservação, Áreas de preservação permanentes, Territórios indígenas e quilombolas, dentre outros, sendo elaborado o mapa do macrozoneamento territorial.

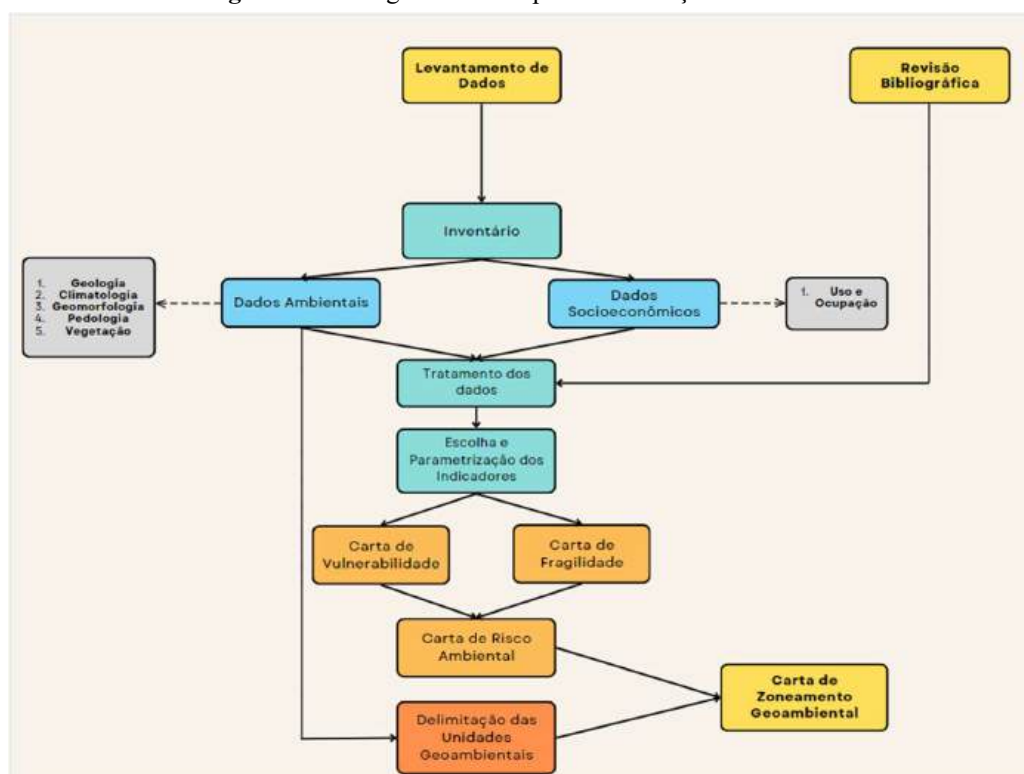
Etapa seguinte, realizou-se o cruzamento dos mapas de Riscos Ambientais, Fragilidade e Vulnerabilidade, para delimitação das unidades de planejamento do território, resultando na produção do Mapa do Zoneamento Geoambiental. Cada unidade delimitada apresenta um conjunto de características que os tornam mais, ou menos, sensíveis e vulneráveis aos processos de degradação ambiental (**Figura 4**).

Cada unidade de planejamento foi construída de forma a descrever os processos dinâmicos que atuam na evolução do recorte espacial e sua sensibilidade à alteração natural, bem como os graus de pressão exercidos sobre a paisagem, sendo descritas da seguinte forma: o campo com algarismos arábicos, indica o grau de risco ambiental do recorte espacial (variando de 1 a 7), e os números romanos (I a V), indicam a susceptibilidade da ocorrência de processos naturais de degradação e as letras minúsculas a ocorrência/intensidade dos vetores de pressão atuantes no recorte espacial (**Quadro 4**).

**Quadro 4** - Descrição dos indicadores de fragilidade e vulnerabilidade das unidades de planejamento

Fragilidade		Definição	Vulnerabilidade	Definição
<b>I</b>	Muito Baixa	Com susceptibilidade nula/muito baixa à degradação	<b>a</b> Muito Baixa	Pressão ambiental nula ou virtualmente ausente
<b>II</b>	Baixa	Com baixa susceptibilidade à degradação	<b>b</b> Baixa	Com presença esporádica de fatores de pressão ambiental
<b>III</b>	Média	Com tendência à degradação	<b>c</b> Média	Com presença de fatores ambiental, de intensidade e frequências moderadas
<b>IV</b>	Alta	Com alta susceptibilidade à degradação	<b>d</b> Alta	Com presença de fatores pressão ambiental de alta intensidade ou sob constante uso
<b>V</b>	Muito Alta	Sujeita à degradação ou degradada	<b>e</b> Muito Alta	Sob intensa pressão ambiental

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

**Figura 4** - Fluxograma das etapas de realização do trabalho

Fonte: Elaborado por Deise Maisa Ribeiro de Santana, 2024.

Nos tópicos subsequentes serão explicados os indicadores utilizados e a correlação destes com os valores de fragilidade.

### 2.1.2 Escolha dos indicadores ambientais

- **Geologia (G1)**

Nos estudos ambientais, a compreensão das características e da composição litológica de uma dada área fornece uma visão mais ampla acerca dos processos de intemperismo e da própria dinâmica ambiental, permitindo avaliar a ocorrência dos processos intempéricos e sua intensidade, bem como a suscetibilidade à ocorrência de processos de degradação ambiental. O intemperismo age no substrato, seja na quebra (intemperismo físico e biológico), ou na dissolução (intemperismo químico), promovendo a alteração das rochas, transformando-as em produtos em equilíbrio mais estável com as condições do ambiente local.

O principal agente intempérico é o clima que atua (através das condições de temperatura e precipitação) no desgaste do material que compõe a superfície do planeta, em maior ou menor intensidade, sendo afetada pelas características físico-químicas e mineralógicas das rochas. Para Crepani *et al.* (2001), o grau de coesão das rochas é a informação básica na análise ecodinâmica, visto que em rochas pouco coesas podem prevalecer a ocorrência de processos erosivos devido à fraca agregação de suas componentes mineralógicas.

Além disso, sua resistência vai depender, também, de sua composição mineral, bem como da resistência à desagregação entre os minerais. Nos silicatos, a resistência ao intemperismo, em geral, coincide com a *série de reações de Bowen*, que se refere à sequência geral de cristalização dos silicatos formadores de rochas durante a diferenciação magmática que ocorre por ocasião do resfriamento, mantendo-se uma relação direta entre a temperatura de formação do cristal e a facilidade de intemperização, seguindo a ordem de cristalização do magma, sendo a olivina o mineral mais susceptível e o quartzo o mais estável. Na seguinte ordem:

Olivina Plagioclásios Cálcicos Piroxênios Plagioclásios Intermediários e Hornblenda  
Plagioclásios Sódicos Biotita Ortoclásio Moscovita Quartzo

Além da composição mineralógica, outros fatores contribuem para a estabilidade das rochas, tais como: tamanho – devido à maior superfície de contato, cristais menores se tornam mais facilmente intemperizáveis; forma – cristais com estrutura plana, são mais facilmente intemperizáveis do que cristais prismáticos, pois é maior a superfície exposta à intemperização; perfeição e pureza – aquelas que apresentam impurezas e outras deformidades têm ligações químicas mais frouxas, e por isso o mineral se intemperiza mais rapidamente; por fim, estrutura da rocha – rochas mais porosas, ou fissuradas, possibilitam maior capacidade de infiltração e, conseqüentemente, maior superfície de contato, favorecendo a ação intempérica da água.

As rochas metamórficas são originadas de alterações químicas e/ou físicas de rochas ígneas, sedimentares ou de outras rochas metamórficas, sob condições de altas temperaturas e pressões, ou decorrentes da ação de dissolução da água ou outros agentes químicos, resultando na formação de novos minerais (com a adição ou subtração de constituintes químicos), ou num reajustamento físico das partículas minerais para se conformarem com a nova condição. A partir da composição química e do grau de metamorfismo, as principais rochas metamórficas podem ser ordenadas numa sequência de resistência ao intemperismo indo do metaquartzito ao mármore, seguindo a sequência:

quartzito granulito migmatitos gnaisses milonitos xistos anfibolitos filitos ardósia  
mármore

As rochas sedimentares são resultantes da interação entre a atmosfera e a hidrosfera sobre a Crosta Superficial da Terra, sendo oriundas do desgaste de rochas preexistentes (ígneas, metamórficas ou sedimentares). Estas se caracterizam, em geral, pelo arranjo paralelo de suas partículas constituintes, resultando na formação de estratos, os quais diferem, entre si, em espessura, dimensão das partículas ou cores.

A resistência dessas rochas depende, além da constituição mineralógica da sua matriz detrítica e do agente cimentante das partículas (que geralmente é composta por sílica, o carbonato de cálcio ou o óxido de ferro), outras características como granulometria, seleção, maturidade, diagênese e litificação devem ser considerados para que se possa estabelecer algum tipo de ordenamento com relação à resistência das rochas sedimentares ao intemperismo e à erosão. Assim, a sequência decrescente de resistência, segue a seguinte ordem:

Arenito quartzoso conglomerados subgraúvaca graúvaca siltitos argilito folhelho margas dolomito calcários evaporitos sedimentos inconsolidados

Assim, foi adotada a classificação de Crepani *et al.* (2001) de fragilidade para a litologia, sendo adaptada para a metodologia proposta, conforme **Tabela 4**.

**Tabela 4** - Escala de fragilidade ambiental para o indicador geologia

Litologias	Valor
Quartzito, Quartzito micáceo	1
Metagranito, Metagranodiorito, Metamonzonito, Augengnaisse, Granito, Granodiorito, Leucogranito, Quartzo diorito, Monzonito, Quartzo monzodiorito	1,2
Diorito, Granito, Granodiorito, Monzogranito, Monzonito, Tonalito, Gabro, Gabronorito, Quartzo diorito, Monzodiorito, Anortosito, Troctolito, Hornblendito, Piroxenito, Peridotito, Norito	2
Quartzo sienito, Quartzo monzonito, Quartzo álcali-feldspato sienito, Biotita xisto, Migmatito, Metagranito, Ortognaisse granodiorítico, Paragnaisse, Biotita xisto, Gnaisse, Mica xisto, Metagraúvaca, Metavulcanoclástica, Paragnaisse	2,4
Anfibolito, Metabasalto, Metatufo, Metavulcânica básica	2,6
Xisto aluminoso, Mica xisto, Quartzito, Metagraúvaca, Metarritmito	3
Filito, Metarenito, Metassilito	3,2
Filito, Rocha metavulcânica máfica, Rocha metavulcânica intermediária, Metagraúvaca, Metarritmito, Metarenito, Metassilito, Mármore, Rocha calcissilicática, Metabasito, Metatufo	3,2
Mármore, Rocha metavulcânica, Metabasito, Metaconglomerado, Metarritmito, Rocha metaultramáfica	3,6
Arenito, Arenito conglomerático, Arenito arenoso, Conglomerado, Diamictito, Dolomito, Folhelho, Silito, Silexito	3,8
Dolomito, Metabasito, Metarritmito, Rocha metaultramáfica, Metavulcânica félsica	4,8
Areia	5

Fonte: Modificado de Crepani *et al.* (2001).

#### ▪ **Clima (Cl)**

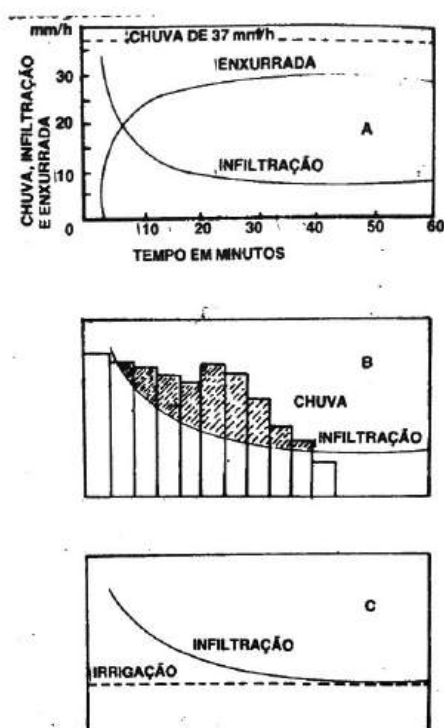
O clima, constitui um dos elementos essenciais à análise da fragilidade ambiental de uma área, influenciando diretamente nos processos erosivos, sendo a distribuição temporal e espacial, bem como a intensidade (representada em mm/h) da precipitação, algumas das



características que afetam a natureza e a magnitude dos processos modeladores do relevo (COELHO NETO, 2008, citado por ARANHA; SOUZA, 2013).

Além disto, fatores como intensidade pluviométrica, bem como a umidade antecedente no solo, desempenham importante papel no processo de infiltração, reduzindo a capacidade de absorção dos solos e influenciando na ocorrência de escoamento superficial, **Figura 5**. Para Guerra (2015), isso se dá devido à superação da velocidade de absorção do solo, pelo preenchimento dos espaços porosos existentes entre as partículas do solo, tornando o solo saturado, não conseguindo absorver mais água, e pela diminuição da capacidade de absorção, decorrente da umidade antecedente do solo.

**Figura 5** - Relação entre precipitação e infiltração de água no solo



Fonte: Bertoni; Lombardi Neto (2017).

Fatores como a duração, intensidade, distribuição (frequência) e energia cinética são os que mais afetam a capacidade de uma chuva erodir um solo (WEILL; PIRES NETO, 2007; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2017), assim, eventos de chuva de longa duração e baixa intensidade podem ocasionar pequenas perdas de água e solos, devido à capacidade de absorção do solo e a pequena energia cinética das chuvas, enquanto chuvas de curta duração e alta intensidade podem apresentar efeito inverso.

Sousa *et al.* (2017) evidenciaram esse efeito ao analisarem as perdas de solo e água em uma microbacia experimental, constatando valores superiores no setor com menor quantidade de eventos chuvosos em comparação com os demais setores. Situação semelhante foi encontrada por Falcão; Sobrinho (2019), que constataram perdas de solo significativamente maiores, mesmo com totais pluviométricos inferiores, evidenciando a vinculação entre o total de sedimentos carreados com as magnitudes dos eventos climáticos, principalmente as intensidades (volume) dos eventos hidrológicos.

Para Santos *et al.* (2011) e Trindade *et al.* (2016), ainda que seja um parâmetro de extrema importância no estudo da erosão, a obtenção dos valores de intensidade pluviométrica, são de difícil obtenção “[...] pois necessitam de dados pluviográficos de alta resolução e de medição contínua por um longo período de tempo” (TRINDADE *et al.*, *idem*, p. 1919), desse modo, dados como totais pluviométrico e distribuição têmporo espacial das precipitações se tornam importantes para a compreensão e a extensão da ocorrência desses processos na modelagem da paisagem.

A erosividade das chuvas, definida como a capacidade potencial das chuvas em causar erosão, é uma das principais componentes consideradas na análise dos processos erosivos, exprimindo o potencial de energia disponível para realização do trabalho erosivo, sendo definida através da expressão (BERTONI; LOMBARDI NETO; 2017).

Contudo, ainda que haja uma tendência de aumento das perdas por erosão com o aumento das quantidades pluviométricos, essa relação não é uniforme (LOMBARDI; PESTANA, 1972), assim dados totais ou médias mensais pouco significam em relação à erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2017), “[...] pois mostram efeitos médios somente para certos períodos do ano, quando os riscos de erosão existem, não levando em consideração as intensidades individuais” (LOMBARDI; PESTANA, 1972, p. 227-228), havendo a necessidade de ser levarem em consideração outros parâmetros.

A frequência (ou a distribuição temporal) das precipitações, é outro fator que também influi nas perdas de terra pela erosão. Intervalos curtos, entre eventos chuvosos, podem ocasionar enxurradas volumosas, devido à umidade antecedente do solo, que reduz a capacidade e a velocidade de infiltração do solo (SANTOS *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2012, FALCÃO; SOBRINHO, 2019), do que quando ocorrem em intervalos mais longos, pois o solo seco tende a infiltrar maior volume de água, reduzindo, desse modo, as enxurradas, contudo, em casos de longa estiagem, a vegetação pode sofrer por falta de umidade reduzindo a proteção natural do terreno (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2017).

Para Trindade *et al.* (2016), essa variabilidade na distribuição das precipitações se reflete de modo significativo nos cálculos de erosividade das chuvas, reforçando o entendimento de que o total pluviométrico, sozinho, não consegue explicar a intensidade do processo erosivo.

Assim, para fins de cálculo do valor de fragilidade para o tema clima, serão utilizados os parâmetros, total pluviométrico e coeficiente de variação, conforme apresentados na **Tabela 5**. O coeficiente de variação (CV), serve para representar a dispersão dos dados em uma amostra, quanto mais próximos do 0, mais homogêneos serão os dados. A obtenção do CV é obtida pela divisão do desvio-padrão (s) da amostra pela média (X), expressos pela equação 5:

$$CV = \frac{s}{X} * 100 \quad \text{Equação 5}$$

**Tabela 5** - Grau de fragilidade para o tema clima, considerando a precipitação anual e coeficiente de variação

PRECIPITAÇÃO (mm/ano)		COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	
Precipitação	Valor	CV	Valor
300	1	30	1
300-450	1,5	30	1,5
450-600	2	40	2
600-750	2,5	50	2,5
750-900	3	60	3
900-1050	3,5	70	3,5
1050-1200	4	80	4
1200-1500	4,5	90	4,5
1500	5	100	5

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

#### ▪ Geomorfologia (Gm)

As características morfológicas do relevo desempenham papel fundamental na dinâmica dos processos erosivos que atuam na esculturação do modelado terrestre, tendo influência direta na dinâmica hidrológica, na formação e distribuição dos solos e, sobretudo, na suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa (CARMO *et al.*, 2016).

Para efeitos de avaliação da condicionante, no cômputo do grau de fragilidade dos sistemas ambientais, serão utilizados os indicadores: Declividade, curvaturas de vertente (em perfil e horizontal) e amplitude de dissecação do relevo, estabelecendo valores variando de 1,0 – de menor fragilidade, à 5,0 – de maior fragilidade ambiental, a cada um dos indicadores selecionados, conforme descrito nos parágrafos subsequentes.

### **Declividade**

A declividade, expressa o ângulo de inclinação do terreno em relação ao horizonte e apresenta relação com a força gravitacional exercida sobre a matéria em superfície, influenciando no transporte de massa através da encosta, que tende a aumentar, conforme aumentam os valores de declividade do terreno (LACERDA *et al.*, 2021), transformando a energia potencial em energia cinética responsável pelo transporte de materiais, assim, quanto maior a declividade mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais transforma-se em energia cinética e maior é a velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte, responsáveis pelos processos erosivos que esculpem as formas de relevo (CREPANI *et al.*, 2001).

Isto é evidenciado por Bertoni; Lombardi Neto (2017, citando Ayres), para quem

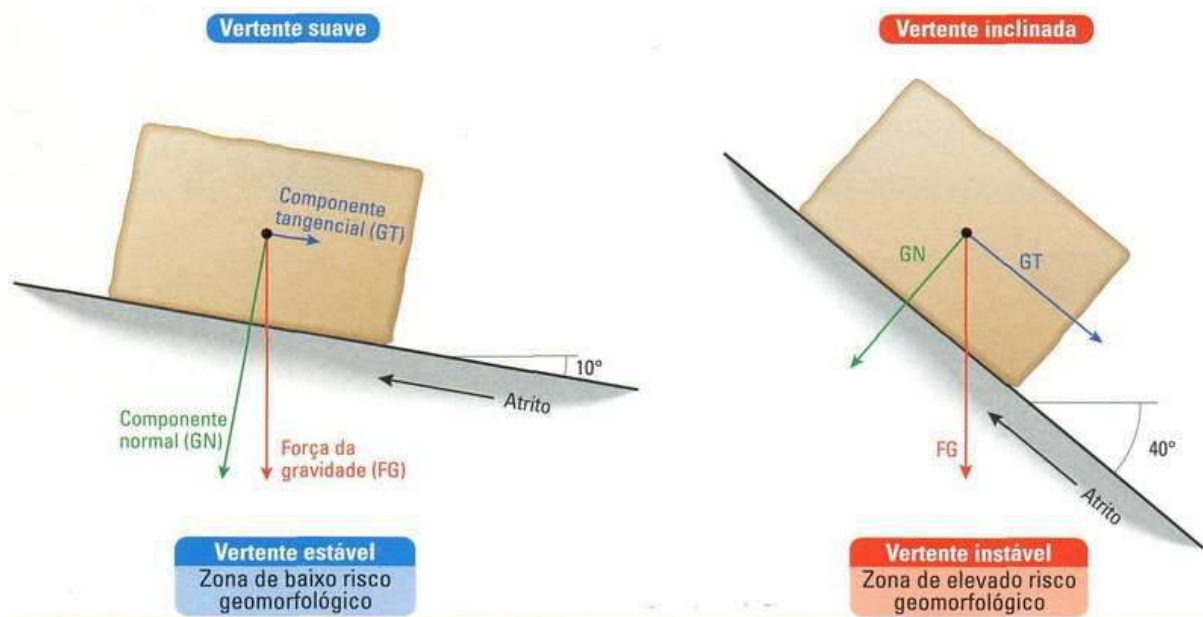
(a) a velocidade da água varia com a raiz quadrada da distância vertical que ela percorre, e a sua energia cinética, de acordo com o quadrado da velocidade [...]; (b) a quantidade de material que pode ser arrastado varia com a quinta potência da velocidade do escoamento; (c) o tamanho das partículas arrastadas varia com a sexta potência da velocidade de escoamento (p.62).

Isto é explicado por Crepani *et al.* (op. cit.), para quem o coeficiente de atrito de uma partícula em movimento possui relação de duas componentes da força gravitacional que atuam na encosta, uma componente paralela, ou de deslize, que é proporcional ao seno do ângulo de inclinação da encosta, e a componente de aderência, que atua perpendicularmente à encosta, e é proporcional ao cosseno do ângulo de inclinação da encosta. Assim, tem-se que o coeficiente de atrito de uma partícula em movimento como sendo igual à tangente do ângulo de inclinação da encosta (**Figura 6** *Figura 1*).

Ainda para estes autores, poucos materiais possuem coeficiente de atrito superior a 1, fazendo com que, as partículas separadas pelos processos erosivos, dificilmente sejam retidas em encostas muito íngremes (com declividades maiores que 45°, que possuem tangente igual a

1). Considerando ainda a ação das águas em movimento nas encostas (*runoff*), o valor máximo de inclinação para que prevaleçam os processos de morfogênese é ainda mais diminuto, por esta razão, o ângulo máximo adotado na escala de vulnerabilidade, apresentada pelos autores, é de 27° (tangente do ângulo é 0,510 ou, em termos de porcentagem, aproximadamente 50%).

**Figura 6** - Influência das componentes gravitacionais e do relevo sobre um corpo



Fonte: <http://e-portfolio-biologia.blogspot.com>.

Desse modo, para fins de classificação dos fatores de influência da declividade no cálculo da fragilidade ambiental, desenvolvidos neste estudo, serão adotadas os intervalos de declividades, estabelecidos por Crepani *et al.* (2001), apresentadas na **Tabela 6**, abaixo.

**Tabela 6** - Relação de classes de declividade e fator de influência na componente Geomorfologia

DECLIVIDADE (%)	VALOR	
2%	Muito Baixa	1
2 – 6%	Baixa	2
6 – 20%	Média	3
20 – 50%	Alta	4
50%	Muito Alta	5

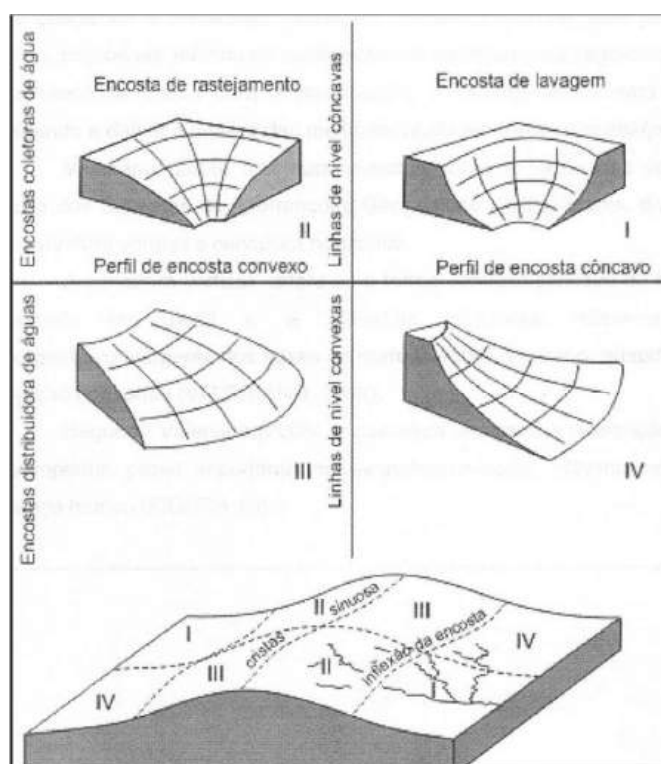
Fonte: Crepani *et al.* (2001).

### Curvaturas de Vertente

Outra característica do relevo que influencia diretamente na ocorrência dos fluxos superficiais, está relacionada à característica das vertentes quanto a sua curvatura, devendo “... ser abordadas como intensificadores dos processos morfogenéticos ou diferenciadores da intensidade de fluxo por terra” (SILVA NETO, 2013, p. 8).

Para Lopes; Santos (2021), a forma de uma vertente é interdependentes com seu estado de equilíbrio, contribuindo diretamente “... para a susceptibilidade à instabilidade de qualquer área, pois a atual forma do relevo é o resultado de sua evolução e do delicado equilíbrio que o mantém estável” (p. 1497), sendo assim, os diferentes padrões de curvatura têm atuações importantes no equilíbrio natural da vertente, uma vez que influenciam tanto na direção do fluxo dos escoamentos como na movimentação de sedimentos (LOPES; SANTOS, *idem*; CARMO *et al.*, 2015).

Para Silveira; Cunha (2008), citando Casseti (1983), a influência da forma da vertente sobre os fluxos, se dá através de duas componentes referentes às forças morfogenéticas atuantes na vertente: o primeiro refere-se ao componente perpendicular, caracterizado pela infiltração, enquanto o segundo é referenciado como componente paralelo, expresso pelo processo denudacional, ou seja, a ação realizada pelo *runoff* – **Figura 7**, sendo bastante difundida na literatura sua relação e a concentração do fluxo hídrico, da espessura do solo e, conseqüentemente, a ocorrência de movimentos de massa (LOPES; SANTOS, *idem*).



**Figura 7** - Quatro tipos básicos de vertentes e os processos atuantes - Troeh (1965)

**Fonte:** Sopchaki; Sampaio (2013).

Contudo, este aspecto do modelado, normalmente, não é considerado quando da análise da influência do relevo nos processos erosivos e, menos ainda é utilizada para analisar esta associação em trabalhos empíricos, sendo poucos os trabalhos que buscam associar a ocorrência dos fenômenos erosivos às formas de curvatura das vertentes, divergindo sobre como tal parâmetro pode influir nos processos erosivos (STABILE; VIEIRA, 2009).

Quanto à curvatura, a vertente pode ser classificada pela curvatura no perfil e no plano. A primeira representa a taxa de variação da declividade na direção de sua orientação, estando relacionada ao caráter convexo, retilíneo ou côncavo do terreno, sendo decisiva na aceleração ou desaceleração do fluxo da água, a segunda, representa a taxa de variação da declividade na direção ortogonal à da orientação da vertente e refere-se ao caráter divergente, planar ou convergente do terreno (ANJOS, *et al.*, 2011; CARDOSO; GOUVEIA, 2019).

Desse modo, cada um dos indicadores relacionados à forma da vertente, serão apresentados nos tópicos abaixo.

#### Perfil de curvatura

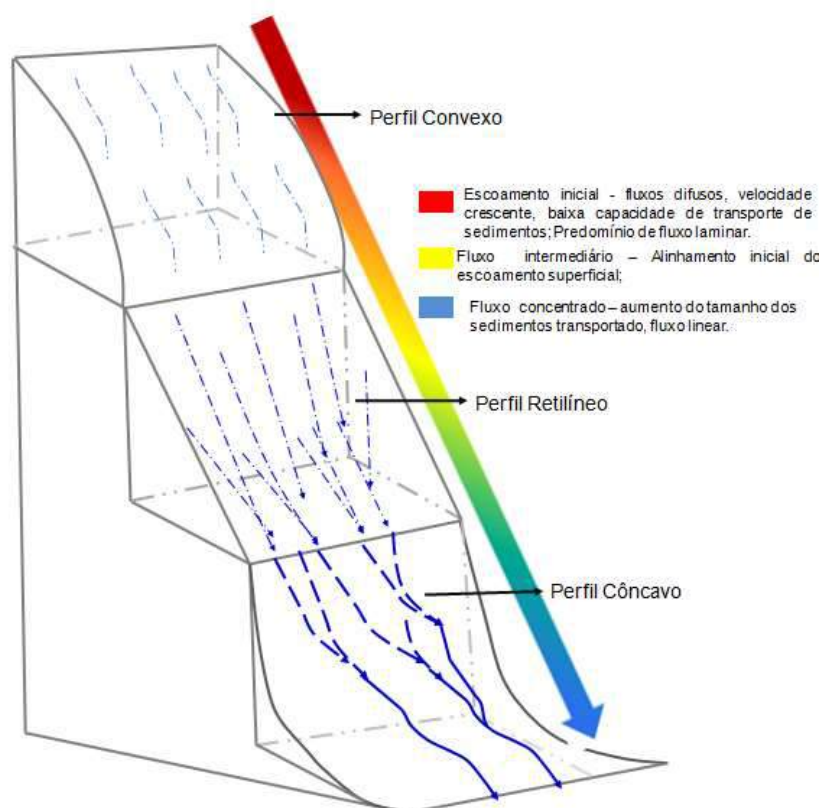
O perfil de curvatura, representa a taxa de variação da declividade na direção de sua orientação, estando relacionada ao caráter convexo, retilíneo ou côncavo do terreno, sendo decisiva na aceleração ou desaceleração do fluxo da água, bem como nos fluxos de matéria nas encostas (ANJOS, *et al.*, 2011; CARDOSO; GOUVEIA, 2019), onde as formas côncavas favorecem a concentração da água e sedimentos originados a montante, enquanto formas convexas favorecem a sua divergência (LOPES; SANTOS, 2021) – **Figura 8**.

Para Silva Neto (2013), o início do escoamento superficial caracteriza-se de pela ocorrência difusa, no perfil convexo da vertente, adquirindo, já no perfil retilíneo, uma tipologia constituída de pequenos filetes, e na porção côncava da vertente os filetes aumentam, capacitando o fluxo a transportar partículas maiores do que as removidas pelo escoamento inicial difuso.

Alguns trabalhos (OHLMACHER, 2007 citado por LOPES; SANTOS, *op. cit.*; KNIERIN *et al.*, 2018) tem evidenciado a influência da curvatura das vertentes e a ocorrência de movimentos de massa e erosivos em perfis retilíneos, devido à menor espessura da camada

de solo e às maiores energias dos fluxos em direção a base das vertentes, fazendo destas mais suscetíveis aos processos erosivos que as demais.

**Figura 8** - Relação dos fluxos de água conforme as formas da vertente



Fonte: Silva Neto (2013).

Assim, considerando o exposto, a metodologia proposta neste trabalho, adota as curvaturas convexas com o menor valor de fragilidade à ocorrência de processos erosivos, com valor 1,0 na escala, e no extremo oposto, a classe côncava, como de maior valor de fragilidade assumindo escala 5,0 – **Tabela 7**.

**Tabela 7** - Relação de classes de curvatura e fator de influência

CLASSE DE CURVATURA	INTERVALO	VALOR
Convexa	0.0005	Baixa 1
Retilínea	0.0005 a -0.0005	Média 3
Côncava	-0.0005	Alta 5

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

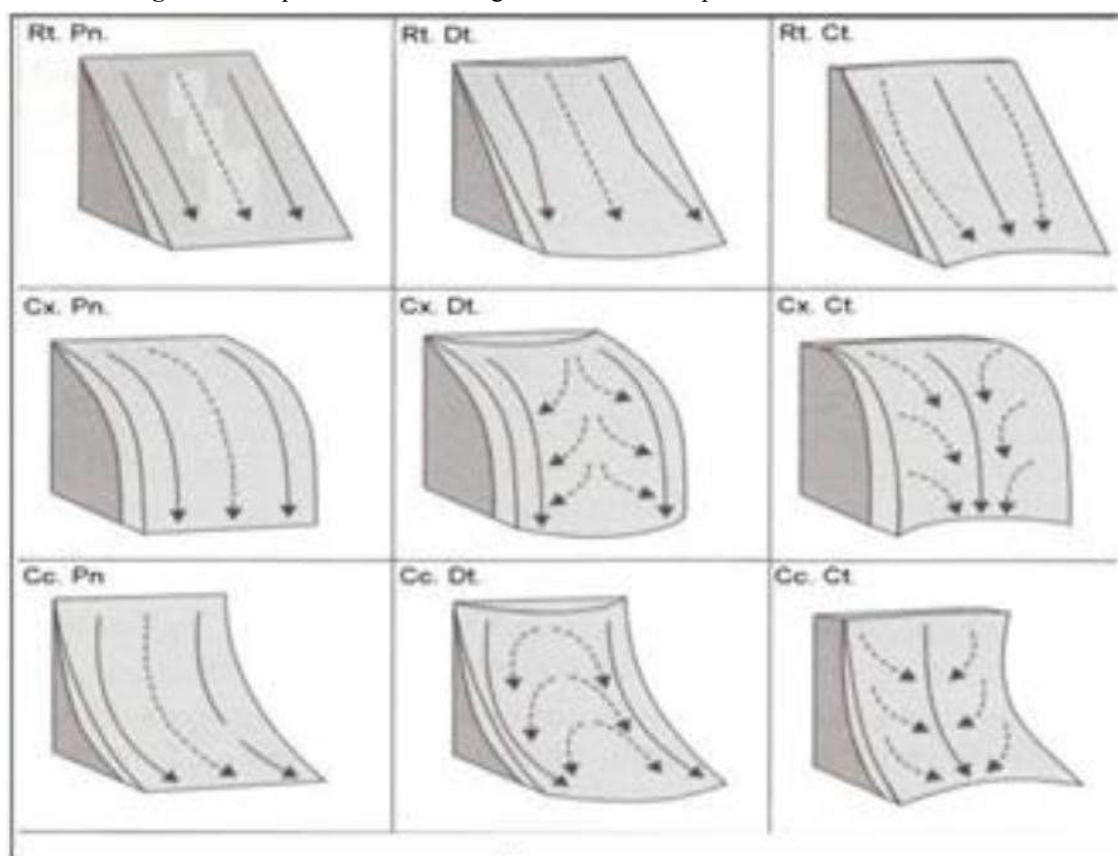
Plano de curvatura



O plano de curvatura, representa a taxa de variação da declividade na direção ortogonal à da orientação da vertente e refere-se ao caráter divergente, planar ou convergente do terreno (ANJOS, *et al.*, 2011; CARDOSO; GOUVEIA, 2019), e relaciona-se ao direcionamento (concentração ou dispersão) dos fluxos de água orientados pela forma da vertente (SILVA NETO, 2013).

Sua influência é exercida através da distribuição dos fluxos de escoamento superficiais no terreno, variando em efetividade de transporte de materiais, conforme aumentam os valores de convergência dos fluxos, aumentando a energia disponível para a realização do trabalho na encosta, transportando o material em suspensão nas águas, vertente abaixo com uma energia capaz de desagregar maiores porções de solo e produzir sulcos de erosão (BIGARELLA, 2003, citado por SILVA NETO, *idem*) – **Figura 9**.

**Figura 9** - Esquema de fluxo de água em diferentes tipos de vertente



Fonte: Lopes; Santos (2021).

Isto foi constatado nos trabalhos de Knierin *et al.* (2018) e Lopes; Santos (2021), que evidenciaram a influência dos perfis convergentes na ocorrência de processos lineares, em

função destes representarem os pontos onde há a máxima concentração dos fluxos nas vertentes condicionando na maior ação erosiva pela concentração de água.

Assim, adotamos os perfis divergentes com o menor valor de fragilidade à ocorrência de processos erosivos, com valor 1,0 na escala, e no extremo oposto, o perfil convergente, como de maior valor de fragilidade assumindo escala 5,0 – **Tabela 8**.

**Tabela 8** - Relação de classes de curvatura e fator de influência

CLASSE DE CURVATURA	INTERVALOS	VALOR	
Divergente	-0.0025	Baixa	1
Planar	-0.0025 a 0.0025	Média	3
Convergente	0.0025	Alta	5

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

### Comprimento de vertente

Para Bertoni; Lombardi Neto (2017), o comprimento da vertente, exerce grande influência na ocorrência dos processos erosivos, estando relacionada à velocidade, energia e capacidade erosiva dos fluxos superficiais, sendo seus efeitos expressos através da equação 6:

$$T = 0,166 * C^{1,63} \quad \text{Equação 6}$$

Em que, T, representa a perda de solo esperada, em quilograma, por unidade de largura do terreno; 0,166, representa a constante de variação; C, representa o comprimento da vertente, expresso em metros; e 1,63, representa o expoente. Segundo os autores, este indicador, pode ser considerado um dos mais importantes no estudo dos processos erosivos, destacando que as rampas mais longas imprimem mais energia cinética ao fluxo superficial, fazendo com que a enxurrada produza grande número de sulcos e cause maiores perdas de solo nas partes mais baixas dos grandes lançantes. Para fins de classificação da fragilidade ambiental foram estabelecidos os intervalos observados na **Tabela 9**.

**Tabela 9** - Grau de fragilidade da vertente aos processos erosivos

COMPRIMENTO DE VERTENTE	FATOR DE INFLUÊNCIA	
10 m	Muito baixa	1
10 – 20 m	Baixa	2
20 – 40 m	Média	3
40 – 80 m	Alta	4
80 m	Muito alta	5

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A delimitação das classes, foi realizada através da aplicação da Equação 6, apresentada por Bertoni; Lombardi Neto (*idem*), correlacionando-se a variação dos valores de erosão obtidos, sendo estabelecido como limite máximo o comprimento de 80 m, para além do qual há pouca variação nos resultados.

- **Solos (Pd)**

Outro componente importante na dinâmica dos processos erosivos, a cobertura pedológica tem atuação passiva no processo resistindo à ação erosiva das águas e desempenhando papel no controle do regime hidrológico, através de suas características físicas, químicas, mineralógicas e biológicas, lhe proporcionando diferentes comportamentos diante dos agentes erosivos (LIMA, 2003), podendo ser agrupadas em 6 grupos de propriedades, conforme apresentado no **Quadro 5**.

A erodibilidade dos solos – que pode ser entendida como a sua capacidade de resistência à ação erosiva da chuva – é a característica de maior relevância aos estudos de degradação ambiental, sendo afetada pelas propriedades do solo relacionadas à dinâmica hidrológica do solo, como: textura, estrutura, profundidade do perfil e tipo e quantidade de argila, matéria orgânica e cátions trocáveis (FRANCISCO *et al.*, 2019), assim, cada solo possui capacidade diferenciada para ser erodida, independentemente da intensidade e duração da chuva, da declividade, da cobertura vegetal ou mesmo das formas de uso (SANTOS; AQUINO, 2015).

A textura, exerce importante papel na dinâmica hidrológica do solo, estando relacionada às outras características dos solos, influenciando na infiltração do solo, armazenamento de água no perfil, bem como no grau de resistência do solo ao arraste exercido pelos fluxos superficiais do solo.

Outro fator importante é a porosidade, através da quantidade, distribuição e tamanho dos espaços porosos do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2017). Este fato é responsável pela retenção de água no solo (SILVA, 2015), além de apresentarem relação direta entre o tamanho e a velocidade de infiltração do solo (LIMA, 2003), assim solos porosos, apresentam baixa capacidade de armazenamento de água, contudo, possibilitam maior velocidade de absorção das águas pluviais, situação inversa constatada nos solos argilosos.

**Quadro 5** - Fatores que influem na suscetibilidade à erosão dos solos

PROPRIEDADES	FATORES	CARACTERÍSTICAS	
<b>Mecânicas</b>	Textura	Influi no destacamento e carreamento de partículas do solo.	
		Determina a facilidade com que o solo é dispersado.	
		Determina a força-limite necessária para o destacamento.	
	Estrutura	Formação de agregados que resistem à dispersão, aos efeitos abrasivos da água de escoamento e ao destacamento.	
		Grau de agregação e distribuição de agregados estáveis. Tamanho dos agregados.	
Tamanho dos torrões e cultivos do solo	Resistência à desagregação pela chuva e erosão pelo vento.		
Formação de crosta	Responsável pela alta taxa de escoamento superficial. Desenvolve-se em solos com baixa porcentagem de matéria orgânica.		
<b>Resistência</b>	Resistência ao cisalhamento	Importante no destacamento de partículas de solo (impacto e escoamento superficial). Rolamento e deslizamento de grãos.	
<b>Hidrológicas</b>	Retenção de água	O estado de energia da água do solo ou pressão neutra influencia a resistência ao cisalhamento do solo. Resistência do solo ao arrastamento pela água é influenciada pela umidade inicial ou antecedente. Solos secos são mais susceptíveis à erosão pelo vento e pela água do que solos úmidos. A umidade fornece coesão entre as partículas.	
		Transmissão de água no solo – infiltração	Taxa de infiltração determina o maior ou menor volume de escoamento superficial.
		Permeabilidade	Solos com permeabilidade extremamente baixa a moderada geram mais escoamento superficial.
	<b>Reológicas</b>	Sistema solo/água	A umidade do solo influi na suscetibilidade à erosão por afetar a coesão, a resistência ao cisalhamento, consistência e plasticidade.
<b>Químicas e mineralógicas</b>	Matéria orgânica	Influencia a distribuição granulométrica, propriedades de retenção e transmissão de água. Fortalece as ligações que estabilizam as unidades estruturais e mantém um balanço favorável entre retenção e transmissão nos poros. Diminui o efeito da compactação. Concentração de matéria orgânica nos micro-agregados aumenta a sua resistência à desagregação (“ <i>slacking</i> ”) e à dispersão. Elevadas concentrações de m.o. em alguns solos são responsáveis pelas características hidrofóbicas.	
		Argilominerais	A estrutura do solo e a sua resistência são influenciadas pela quantidade e natureza dos argilominerais. A fração fina do solo interage com a matéria orgânica para formar agregados estáveis que resistem ao impacto das gotas da chuva.
	<b>Características do perfil</b>	Diretos e indiretos	Influencia a erosão direta e indiretamente. Influência sobre o escoamento subsuperficial de água em decorrência de mudanças nas propriedades hidrológicas de diferentes horizontes. Influência sobre o crescimento vegetal.

Fonte: Adaptado de Lal (1990), por Lima (2003).

Além disso, a intercomunicabilidade entre os poros, ou a permeabilidade, influem na movimentação vertical da água no solo, sendo que mudanças no diâmetro, morfologia e

distribuição, sobretudo, se decorrentes de descontinuidades texturais abruptas entre os horizontes do solo, podem acarretar sérios processos erosivos (SILVA, *idem*), devido à diferenças na velocidade de infiltração, existente entre estas camadas, promovendo a rápida saturação do horizonte superficial e dando início ao escoamento superficial.

A presença, bem como o grau de desenvolvimento dos agregados dos solos (estrutura), também exercem influência na porosidade e, conseqüentemente, na infiltração dos solos, sendo o conteúdo e a mineralogia das argilas, responsáveis pela cimentação e estabilidade das partículas, e a propriedade biológica causada pela presença de matéria orgânica, responsáveis pela variação no conteúdo de água, e a ação de expansão e contração, como influenciadoras da estabilidade dos agregados (LIMA, *idem*; GUERRA, 2015).

Para Bertoni; Lombardi Neto (2017), quando as partículas do solo estão bem agregadas, os espaços porosos entre elas são maiores, proporcionando maior velocidade de infiltração, e maior resistência ao arraste provocado pelo escoamento superficial. O tipo de argila presente influencia na estabilidade dos agregados e, conseqüentemente, na sua resistência aos efeitos da energia cinética das chuvas, sendo a presença de argila caulinítica, relacionada à maior estabilidade do agregado e montmorilonítica com a menor estabilidade (LIMA, *idem*).

Outros fatores que também devem ser considerados na dinâmica hidrológica dos solos, são o conteúdo de matéria orgânica e a umidade antecedente, que apresentam relações diretas com os demais fatores apresentados. Além de funcionar como elemento agregador das partículas do solo, a matéria orgânica atua no melhoramento das condições de arejamento e de retenção de água, uma vez que a matéria orgânica retém de duas a três vezes o seu peso em água aumentando assim a infiltração, do que resulta uma diminuição das perdas por erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2017; GUERRA, 2015; LIMA, 2003).

Alguns trabalhos que analisaram o grau de erodibilidade dos solos, desenvolvidos por Santos; Aquino (2015) e Francisco *et al.* (2019), apresentaram resultados concordantes com a ordem apresentada neste trabalho, onde foram observados valores menores, conforme o grau de evolução dos solos e as suas características morfológicas, evidenciando o papel do tipo de horizonte diagnóstico na obtenção dos dados apresentados.

Contudo, a utilização do indicador erodibilidade do solo, necessita a realização de amostragem, *in loco*, tornando os estudos onerosos, tanto do ponto de vista financeiro como de tempo, devido à necessidade de realização de coletas de solo e análises laboratoriais. Dessa forma, o grau de fragilidade dos solos aos processos erosivos, tomou como base critérios, em ordem de importância, a maturidade dos solos o gradiente textural a presença de horizonte B

(textural, incipiente ou ausente) e a estrutura, sendo apresentados os valores de fragilidade na **Tabela 10**, abaixo.

**Tabela 10** - Valores de fragilidade adotados para cada classe de solo

CLASSE	VALOR	CLASSE	VALOR
LATOSSOLO	1,00	CAMBISSOLO	3,10
NITOSSOLO	1,30	CHERNOSSOLO	3,40
ARGISSOLO	1,50	VERTISSOLO	3,70
ORGANOSSOLO	1,80	PLANOSSOLO	4,00
ESPODOSSOLO	2,10	PLINTOSSOLO	4,30
NEOSSOLO regolítico	2,40	NEOSSOLO flúvico	4,60
GLEISSOLO	2,60	NEOSSOLO quartzarênico	4,80
LUVISSOLO	2,90	NEOSSOLO litólito	5,00

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

#### ▪ Vegetação (Vg)

A cobertura vegetal desempenha papel essencial na dinâmica ambiental de uma determinada área, atuando no controle dos processos erosivos, amenização da temperatura, filtragem da poluição, na regulação de elementos climáticos locais – como umidade e chuvas, além do abastecimento de reservatórios (como lagos, aquíferos e represas), (TOGASHI *et al.*, 2012; ÁVILA *et al.* 2014).

Bertoni; Lombardi Neto (2017), elencam os efeitos que a vegetação desempenha importante papel na defesa do solo conta os processos erosivos, atuando na:

- (a) proteção direta contra o impacto das gotas da chuva; (b) dispersão da água, interceptando-a antes que atinja o solo; (c) decomposição das raízes das plantas que, formando canaliculos no solo, aumentam a infiltração da água; (d) melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica; (e) diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície (p. 59).

De modo complementar, Ávila *et al.*, (2014) destacam a importância das coberturas vegetais na dinâmica hidrológica, exercendo influência na formação de novas massas atmosféricas úmidas através das perdas por interceptação pelo dossel florestal, a qual contribui para o processo de precipitação, além de importante papel na redução dos efeitos prejudiciais ao meio ambiente, como alteração da qualidade da água e eutrofização dos rios, dentre outros.

Vários autores, analisando o papel da cobertura vegetal no processo de interceptação, destacaram os efeitos sobre o regime hidrológico local. Os autores apresentados no **Quadro 6**, encontraram, para diferentes tipos de cobertura vegetal, valores de interceptação, variando desde 10,5%, em uma área de floresta de araucária secundária (THOMAZ; ANTONELI, 2015), até 39,6% em área de floresta de terra firme (OLIVEIRA *et al.*, 2011), enquanto nas áreas de caatinga, os valores observados variando desde 12,8% a 19,4%, em função do estado de conservação e do estrato vegetacional existente na área pesquisada.

Além de sua influência na diminuição da energia cinética das gotas de chuva que atingem o solo, a vegetação desempenha outro importante papel na dinâmica superficial dos fluxos, através do estrato herbáceo, atuando na redução da velocidade do escoamento superficial, influenciando no aumento da infiltração nos solos e, conseqüentemente, reduzindo o volume de enxurrada que participa nos processos erosivos.

Observa-se que o componente **densidade de cobertura vegetal**, tem grande influência sobre a dinâmica hidrológica de uma determinada área, atuando como barreira para a atuação dos processos erosivos. Assim, adotamos este indicador para avaliar o grau de fragilidade do território.

**Quadro 6** - Influência dos diferentes tipos de vegetação no ciclo hidrológico

AUTORES	VEGETAÇÃO	PRECIPITAÇÃO INTERNA	INTERCEPTAÇÃO	ESCOAMENTO DE TRONCO
CICCO <i>et al.</i> (2019)	Floresta Ombrófila Densa Altomontana	66,8% ~ 86,7% <sup>1</sup>	13,3% ~ 33,2% <sup>1</sup>	-
RIBEIRO FILHO <i>et al.</i> (2019)	Mata Atlântica	59,2%	38,4%	2,4%
THOMAZ; ANTONELI (2015)	Floresta de araucária (secundária)	89,5%	10,5%	-
AMORIM <i>et al.</i> (2015)	Caatinga (raleada*; densa**)	87%*	12,8%*~19,4%**	-
IZIDIO <i>et al.</i> (2013) <sup>2</sup>	Caatinga arbóreo-arbustiva	73,9%	17,9%	5,9%
ARCOVA <i>et al.</i> (2003) <sup>2</sup>	Mata Atlântica	81,2%	18,6%	0,2%
OLIVEIRA <i>et al.</i> (2008b) <sup>2</sup>	Floresta Tropical	76,8%	21,5%	1,7%
OLIVEIRA JÚNIOR E DIAS <i>et al.</i> (2005) <sup>2</sup>	Mata Atlântica	80%	18,3%	1,7%
BRASIL <i>et al.</i> (2017)	Caatinga	78%~81,2%	16%-17,9%	1,1%-2,9%
SOUSA <i>et al.</i> (2016)	Floresta Ombrófila Mista	-	14% <sup>1</sup>	-
OLIVEIRA <i>et al.</i> (2011)	Floresta de terra firme <sup>3</sup>	59,65~82,8%	14,9%~39,6%	0,81%~2,3%

<sup>1</sup>Valores medianos para os períodos analisados; <sup>2</sup>Trabalhos citados por Izidio et al (2013); <sup>3</sup>Os valores apresentados para os parâmetros correspondem aos períodos seco e chuvoso; - Parâmetro não analisado no estudo.

**Fonte:** Organizado pelo autor (2024).

De acordo com Guedes; Silva (2018), o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI, é utilizado para a construção de perfis sazonais e temporais da cobertura vegetal, possibilitando comparações interanuais, sendo um dos métodos mais difundidos e utilizados atualmente. Este método utiliza as bandas infravermelho próximo (PIVP) e vermelho (PV), resultando em valores que variam entre -1 a +1, onde os valores mais elevados estão relacionados às áreas com maiores densidades de vegetação fotossinteticamente ativa, enquanto que os valores mais baixos representam as áreas com menor quantidade de vegetação:

Ainda para os autores,

... sua interpretação deve levar em conta vários fatores limitantes, como por exemplo, pontos de saturação que se manifestam de forma diferenciada nas faixas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo, interferência atmosférica, posicionamento do centro e largura de cada banda que varia entre os sensores remotos (p. 138).

O NDVI apresenta resultado bastante consistente na classificação e caracterização da cobertura vegetal, podendo ser utilizado como índice para análise do grau de fragilidade aos processos erosivos. Dessa forma, para fins de avaliação do indicador, serão utilizados os intervalos de valores estabelecidos na **Tabela 11**, obtidos através de NDVI.

**Tabela 11** - Classe de fragilidade do indicador vegetação e correlação com valores de NDVI

NDVI	CLASSE	VALOR
0.1	Corpos D'água	0,0
0.1-0.24	Solo exposto/áreas urbanas	5,0
0.24-0.275	Cultivos	4,5
0.275-0.32	Pastagem	4,3
0.32-0.37	Vegetação arbustiva	1,8
0.37-0.41	Vegetação arbustiva-arbórea	1,4
0.41-0.55	Vegetação arbórea-arbustiva	1,0
0.55	Vegetação arbórea	0,5

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

#### ▪ Padrões de uso dos solos (Us)

A adoção do critério de uso e ocupação dos solos, conforme critérios estabelecidos na **Tabela 12**, é de *essencial* importância para o cômputo da vulnerabilidade à ocorrência dos



processos de degradação, pois expressa, ainda que de modo subjetivo, a intensidade das intervenções antrópicas sobre as paisagens.

Cada critério definido, neste trabalho, baseou-se no grau de intervenção sobre as paisagens (), partindo de uma escala máxima (05), onde há exploração intensiva dos recursos naturais sem adoção de práticas conservacionistas, sujeitando à ocorrência de processos de degradação ambiental, até valores mínimos (01), nos quais as condições ambientais estão inalteradas ou não são notadas grandes pressões ambientais exercidas sobre os ecossistemas, possibilitando a manutenção dos serviços ecossistêmicos e a evolução das características ambientais a um ponto ótimo.

**Tabela 12** - Escala de vulnerabilidade ambiental para o tema Padrão de uso dos solos

FORMA DE INTERVENÇÃO	VALOR
Áreas desprovidas de cobertura vegetal, com ou sem utilização	5,00
Áreas urbanizadas	5,00
Áreas em estágio inicial de regeneração	4,80
Vegetação herbácea/Pastagem	4,65
Área de cultivos	4,55
Uso semi-intensivo sem adoção de práticas conservacionistas	4,30
Uso intensivo com adoção de práticas conservacionistas	3,00
Uso semi-intensivo com adoção de práticas conservacionistas/ Áreas em estágio intermediário de regeneração	2,30
Usos consorciados – agroflorestas	1,60
Áreas medianamente vegetada com pouca intervenção	1,30
Áreas densamente vegetada sem intervenção aparente	0,60
Áreas densamente florestadas com pouca intervenção	0,10
Áreas densamente florestadas sem intervenção aparente	0,10

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

Além das formas de uso e ocupação, outro critério que deve ser levado em consideração para a delimitação dos graus de vulnerabilidade, diz respeito aos graus de restrição ao uso e ocupação (**Tabela 13**).

A identificação das restrições de uso a cada recorte espacial, carrega implícita limites à exploração e às diferentes formas de ocupação, sendo destinadas para finalidades específicas, seja para fins de exploração econômicas, seja para fins de conservação/proteção ambiental, criando zonas, ou recortes espaciais, que possibilitem o planejamento racional do uso e ocupação dos solos e definindo os critérios a serem observados ao desenvolvimento de

determinadas atividades (FREITAS, 2022), sendo estas unidades delimitadas a partir das restrições ao uso impostas a cada unidade, definidas por ato legal ou infralegal, ou por outros meios.

**Tabela 13** - Grau de restrição ao uso

<b>CLASSE</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>GRAU DE RESTRIÇÃO</b>
Áreas Insuscetíveis à ocupação	Áreas de Preservação Permanentes	5,0
	Unidades de Conservação Integrais	5,0
	Cavernas	4,5
	Declividade restrita	3,5
Áreas de Ocupação Limitadas	Unidades de Uso Sustentável	3,0
	Barragem	5,0
Áreas de Ocupação Moderadas	Reserva Legal	3,0
	Áreas Indígenas	4,8
Áreas Especiais	Áreas Urbanas	5,0
	Assentamentos	1,0
	Áreas Quilombolas	1,0
Áreas Sem Restrições	--	1,0

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

### 3 DO PLANEJAMENTO, *LATO SENSU*, AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL

A preocupação com a racionalização da utilização e organização do território, e conseqüentemente dos recursos naturais, existe há muito tempo nas sociedades humanas, representadas seja na forma de se (re)produzir o espaço, na forma de distribuir ou alocar as atividades econômicas, na funcionalização do espaço e na própria divisão sócio territorial numa dada área.

Para Rodriguez (*et al.* 2013) o planejamento territorial, tem como objetivo o controle ou a regulação das atividades produtivas e de indivíduos de modo a minimizar os efeitos negativos do processo de ocupação e promover o melhor rendimento de determinada parcela do território. De modo a alcançar o objetivo pretendido, dá-se uma funcionalidade a uma determinada parcela do território atribuindo usos que se adéquem às necessidades e aos grupos envolvidos na utilização do espaço, um exemplo de atividade de planejamento territorial, observada no contexto urbano brasileiro, é o do “Plano Diretor”, que consiste, essencialmente, na adequação do espaço urbano aos anseios e à dinâmica territorial existente no espaço intraurbano.

Ainda para os autores,

O ordenamento territorial, via planejamento, implica uso e ocupação organizada de um espaço socialmente apropriado. O uso refere-se à funcionalização do território, ou seja, é para servir para alguma coisa, a competência é dada devido a seu conteúdo. A ocupação implica o significado social de tal conteúdo. Tanto um quanto o outro têm em comum a apropriação (RODRIGUEZ, *et al.*, 2013, p. 268).

Ao consultar os dicionários de língua portuguesa, encontramos as seguintes definições para os vocábulos planejar, planificar e planejamento,

**Planejar** – *v. t.* - 1. Fazer o plano, a planta, o esboço de; projetar. 2. Estabelecer o desígnio, o fito de; tencionar.

**Planificar** – *v. t.* - Fazer o plano de; planejar (LUFT, 2005).

**Planejar** – *v. t.* - 1. Desenvolver a planificação de; criar a planta de; planejar: necessitava do engenheiro para planejar o apartamento; 2. Elaborar a planificação ou a descrição pormenorizada de; programar: planejou um crime contra o governo; 3. Demonstrar um propósito para realizar alguma coisa; ter como intenção ou objetivo: planejo ir ao concerto.

**Planificar** – *v. t.* - Organizar, dirigir seguindo determinado plano.

**Planejamento** – *v. t.* - 1. Ação de preparar um trabalho, ou um objetivo, de forma sistemática; planificação; 2. Ação ou efeito de planejar, de elaborar um plano; 3. Determinação das etapas, procedimentos ou meios que devem ser usados no desenvolvimento de um trabalho, festa, evento; 4. [Economia] Política. Desenvolvimento de projetos que buscam sanar os problemas sociais, econômicos, ou atingir certos objetivos de governo. (DICIO, 2019)

Santos (2004) define o planejamento como

[...] um processo contínuo que envolve a coleta, organização e análise sistematizadas das informações, por meio de procedimentos e métodos, para chegar a decisões ou a escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis (p. 24).

Apesar de sua aplicabilidade, o planejamento, não deve ser considerado um fim em si, mas um processo de construção, análise e observação dos fenômenos que ocorrem em determinada área sendo, portanto, periodicamente revisados de forma a melhor adequar o sistema produtivo às limitações do ambiente, caso contrário tem sua aplicabilidade comprometida, podendo até causar novos danos ao ambiente (FREITAS; OLIVEIRA, 2016). O ato de planejar, consistiria assim, numa das fases do amplo processo de ordenamento territorial, sendo a fase de planejamento uma etapa de imaginar, guiar, ou desenhar, a utilização do espaço no sentido, inicialmente, previsto.

O processo de planejamento, enquanto instrumento de adequação ou funcionalização do espaço com determinado fim, pressupõe o (re)conhecimento das características do território em análise. Ai se encontra, justamente, um elemento crucial a todo e qualquer processo de planejamento, seja ele com fins urbanísticos, de expansão urbana, de exploração comercial ou de (re)estruturação do espaço: conhecer o território a ser planejado.

Para Santos (2004) destaca que a ênfase do processo de planejamento está na tomada de decisões, subsidiadas em uma etapa de diagnóstico que possibilite definir e identificar as melhores formas de uso possível para os recursos da área planejada. As características de cada recorte espacial nos fornecem dados e informações acerca da vocação do terreno, da necessidade de intervenção e, porque não, dos custos e dos impactos associados ao se intervir numa dada área. Esse é o elemento essencial a todo e qualquer processo de planejamento, sem o qual qualquer metodologia aplicada, por mais sofisticada que seja, estará fadada ao fracasso.

A escolha de dados ou informações, independente do objetivo a que se propõe o trabalho, deve ser pensado, coletado, analisado e parametrizado criteriosamente sob o risco de se gerar um produto não factível com a realidade observada, ou impreciso e falho e que,

dependendo dos objetivos propostos, pode vir a representar riscos, ou até mesmo perdas materiais e/ou financeiras, bem como pode acabar por gerar ou intensificar um problema que tal processo deveria resolver.

Assim, quando pensamos no ato de planejar, estamos falando em uma sucessão de atividades, interdependentes, sem as quais corre-se o risco de apresentar um produto aquém das necessidades imediatas. Dependendo do autor, pode-se considerar o planejamento como uma fase no processo de ordenamento do território (ROSS, 2009; RODRIGUEZ *et al.*, 2013) ou como uma etapa incluída em uma das fases do processo, normalmente inserida na etapa de análise, (SANTOS, 2004) sendo, portanto, o resultado da integração e análise dos indicadores e dados levantados na etapa de inventário.

Além do (re)conhecimento, a escolha dos dados, que servirão como base à análise, é procedimento de igual importância na execução dos trabalhos, no contexto do planejamento. A escolha dos dados depende tanto dos objetivos que se deseja alcançar, como do grau de detalhamento do produto a ser apresentado, ainda como do espaço de tempo para o qual está prevista sua duração. Pensar a análise de um volume gigantesco de dados para um projeto de assentamento ou expansão urbana, por exemplo, tornaria a atividade de planejamento inexecutável, dadas as particularidades da dinâmica e temporalidade dos ambientes urbanos, bem como a inserção de variáveis não diretamente relacionadas ao tema, poderia prejudicar a qualidade do produto apresentado, correndo-se o risco do mesmo não condizer com a realidade do local.

(Re)conhecimento e escolha dos dados, ainda que essenciais, são etapas intermediárias na atividade de se pensar e se ordenar o território. Além destas, a análise e integração possuem grande importância, pois é através desta fase que se desenhará os contornos do ordenamento territorial. A integração dos dados obtidos, nas etapas preliminares, e sua posterior análise, permite vislumbrar um cenário não passível de ser visualizado quando analisamos os dados obtidos separadamente.

A análise, e a leitura, dos dados obtidos, individualmente, nos fornece uma perspectiva parcial acerca de quais problemas aos quais estamos enfrentando, sendo, somente quando integramos os mesmos dados que podemos ver com maior clareza a magnitude dos problemas. Um bom exemplo disso, é o processo de degradação das áreas de manguezais em áreas urbanas: em grande parte das cidades estas áreas estão sobre forte pressão antropogênica, com o avanço da malha urbana, sobretudo das classes menos favorecidas, que veem nessas

áreas, desprovidas de valor comercial, uma alternativa ao consumo e inserção do/no espaço urbano.

Observa-se, assim, que a atividade de se planejar o território, compreende a realização de múltiplas tarefas, desde o levantamento de dados e reconhecimento do território analisado, até a parametrização dos dados, análise e integração dos dados e, finalmente, na elaboração do esboço do ordenamento territorial. Contudo, é importante destacar que, a apresentação do plano de ordenamento, como já destacado anteriormente, não é um fim por si só, o planejamento é um processo contínuo que envolve análise, reanálise, levantamento de novos dados, integração e modificação e ajustes da proposta apresentada de modo a buscar resolver os problemas os quais se objetiva resolver.

A partir das grandes crises ambientais enfrentadas já na segunda metade do século XX, viu-se a necessidade de discutir mais profundamente a questão da problemática ambiental e a sustentabilidade do modelo de exploração da natureza até então praticados. Para Fernandes; Sampaio (2008), é a partir dos anos 1960 que a problemática ambiental passa a ser amplamente discutida no meio científico, e quando se começa a relacionar a crise ambiental ao modelo de vida das sociedades ocidentais, no que se refere à produção e consumo e, portanto, aos problemas sociais e econômicos.

Os anos 1960, marcam um período de grande discussão do tema que rapidamente vai ganhando mais espaço nos campos de vida da sociedade, ganhando contornos políticos e cada vez mais espaço junto à sociedade organizada, tanto nos países da Europa e América do Norte, como nos países explorados por essas potências econômicas. Percebe-se que a complexidade dos problemas enfrentados na virada do século, com o desenvolvimento das formas de produção e ampliação da escala produtiva e os impactos dessas atividades sobre os sistemas ambientais, indica um caminho de risco à sustentação da vida e depleção dos recursos ambientais que são a base do sistema econômico e da própria sociedade.

Com o avanço da percepção dos problemas ambientais que afligem os ecossistemas do planeta terra, repensar as estratégias de utilização e ordenamento do território, se tornou ponto crucial para a manutenção da sociedade, bem como da vida em si. É dentro desta mudança paradigmática que se insere a temática da análise e planejamento ambiental.

O ato de planejar o espaço, partindo de uma perspectiva ambiental, consiste num...

[...] processo contínuo que envolve coleta, organização e análise sistematizada das informações, por meio de procedimentos e métodos, para se chegar a decisões ou escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis em função de suas potencialidades, e com a finalidade de atingir metas

específicas no futuro, tanto em relação a recursos naturais quanto à sociedade (SILVA; SANTOS, 2004).

Na definição apresentada por Silva e Santos (2004) é possível se observar a importância que o planejamento, sobretudo o ambiental, adquire no processo de ordenamento territorial, ao considerar a adequação das atividades econômicas e as formas e padrões de uso e ocupação do território às potencialidades do mesmo.

Ross (2009) parte do mesmo entendimento ao compreender o papel do planejamento ambiental no ordenamento do território. Para este autor “[...] é absolutamente necessário que as intervenções humanas sejam planejadas com objetivos claros de ordenamento territorial, tomando-se como premissas a potencialidade dos recursos naturais e humanos e as fragilidades dos ambientes naturais” (p. 53).

Atualmente, a complexidade ambiental em que vivemos nos conduz, na maioria das vezes, a trabalhar com ou a partir dos processos de degradação já em desenvolvimento, levando-nos a desafios ainda maiores para buscar soluções que apontem mecanismos que relacionem as possíveis causas e, ao mesmo tempo, entender os processos que levam a acentuar os problemas ambientais. Neste cenário, torna-se também relevante a busca de adequar metodologias e ferramentas para trabalhar o planejamento de unidades ambientais que apontem perspectivas mais coerentes e duradouras para a proteção, preservação e conservação das diversidades de paisagens e unidades de paisagem, sobre a superfície terrestre (GUERRA; MAÇAL, 2015, p. 14).

Compreender o sentido da dinâmica e os processos atuantes dentro de um recorte espacial definido, consiste no objetivo principal da análise ambiental, que tem na análise das componentes do meio uma forma de se compreender as relações sinérgicas, de trocas de matéria e energia, dentro de uma paisagem, e os impactos resultantes das intervenções realizadas no meio. Souza e Oliveira (2011), entendem que a análise ambiental tem a finalidade prática de servir como instrumento técnico de manejo e conservação dos recursos naturais, visando a proteção e a manutenção dos ecossistemas e de suas funções ambientais.

Para Rodriguez (*et al.*, 2013) o planejamento ambiental pode apresentar, de uma perspectiva geral, a forma de se melhor organizar o território, de acordo com as características dos ambientes, delimitando unidades ambientais homogêneas, sendo possível ainda ordenar o território de acordo com vários cenários, tipos e graus de utilização, níveis de uso dos potenciais de recursos e os vários estados apresentados por estes recortes homogêneos.

A efetivação do planejamento ambiental pressupõe o conhecimento de todas as variáveis – tanto ambientais como sociais – envolvidas na dinâmica de determinado território, devendo-se levar em consideração os recursos naturais, suas potencialidades e limitações, assim

como a forma como a sociedade se apropria do ambiente, sendo de fundamental importância o conhecimento da dinâmica e dos fluxos existentes dentro do recorte considerado, a fim de se evitar a degradação do território (ROCHA *et al.*, 2014; FREITAS; OLIVEIRA, 2016).

Além do reconhecimento das componentes de um dado recorte espacial, a realização do diagnóstico da paisagem é uma etapa de fundamental importância no planejamento ambiental. É nesta etapa onde são reconhecidas suas características mais distintas (como fisionomia, estrutura, funcionamento e estado geral de evolução, além da fragilidade e capacidade de suporte do ambiente), e onde se podem criar os mecanismos mais hábeis para subsidiar o planejamento territorial e a organização dos sistemas socioeconômicos que exploram o potencial ecológico dessa paisagem (MANOSSO, 2009).

A projeção de cenários, é outro elemento, de fundamental importância, no processo de planejamento, sendo um dos instrumentos

...que permitem o conhecimento da evolução da paisagem a partir da interpretação dos rumos e das velocidades de transformações no espaço. Por possibilitarem a reflexão sobre as consequências de formas de uso e ocupação do território, são adotados como ferramentas úteis ao ordenamento territorial, uma vez que, contribuem com a orientação de usos atuais e futuros em função do controle das pressões antrópicas e de proposições de ações que não comprometam a integridade biofísica (OLIVEIRA, 2013, citado por GÓIS, 2018, p. 52-53).

Esse instrumento, que pode se utilizar de métodos de modelagem matemática, estatística, computacional e/ou outras ferramentas e tecnologias, possibilita identificar a existência (ou surgimento) de eventos adversos decorrentes das intervenções realizadas, permitindo a adoção de ações e estratégias para evitar, ou mitigar, os efeitos negativos de tais intervenções, possuindo, dessa forma, um caráter preventivo, fundamentado em cenários tendenciais e incertos.

A utilização de modelos, como elemento de suporte a análise ambiental, apresenta diversas possibilidades e aplicações aos estudos e proposições, possibilitando a simplificação dos processos (naturais, sociais e econômicos), servindo como instrumental no diagnóstico e prognóstico dos cenários ambientais, sobretudo no que diz respeito à identificação das fragilidades e vulnerabilidades dos ambientes às intervenções humanas e aos processos naturais (OLIVEIRA, 2011).

Assim, planejar, do ponto de vista ambiental, consiste na adequação das ações humanas às potencialidades, limitações e à capacidade de suporte e resiliência do ambiente, objetivando o desenvolvimento harmônico e a manutenção da qualidade do ambiente natural –



considerando-se seus três subsistemas (físico, biológico e social), sendo assim, trabalha, enfaticamente, sob a lógica da potencialidade e fragilidade do meio, definindo-se e especializando ocupações, ações e atividades, de acordo com essas características (SANTOS, 2004).

Dentro deste contexto é, absolutamente, necessário se pensar o planejamento ambiental sob uma perspectiva integradora – através de uma visão holística, sistêmica e dialética das relações natureza e sociedade – de modo a buscar compreender a estruturação do sistema analisado, tal qual ele se apresenta, como um todo, como um sistema originado “[...] por estruturas conexas, totais e sistêmicas, que são variáveis dinâmicas e que estão sujeitas a uma complexa rede de cadeias de causa-efeito, que é submetida a retroalimentação” (RODRIGUEZ *et al.*, 2013, p. 287).

Assim, observa-se que, planejar ambientalmente a utilização do território consiste na análise conjunta dos sistemas que compõem a paisagem (SANTOS, 2004), tanto social, econômico e natural, como uma totalidade, como elementos indissociáveis do contexto no qual se inserem, buscando estabelecer as relações, entre estes subsistemas, a fim de garantir o melhor funcionamento e manter a integridade de seus elementos.

Para tal fim, busca-se estabelecer a organização do espaço, racionalmente, de forma que se adéque ao funcionamento, estrutura e as propriedades emergentes da dinâmica sistêmica, de forma a garantir a manutenção dos serviços essenciais a sociedade (RODRIGUEZ, *et al.*, 2013).

Um dos instrumentos utilizados no processo de planejamento ambiental é o Zoneamento. Segundo Santos (2004, p.132) o

[...] zoneamento é a compartimentação de uma região em porções territoriais, obtida pela avaliação dos atributos mais relevantes e de suas dinâmicas. Cada compartimento é apresentado como uma “área homogênea”, ou seja, uma zona delimitada no espaço, com estrutura e funcionamento uniforme. Cada unidade tem, assim, alto grau de associação dentro de si, com variáveis solidamente ligadas, mas significativa diferença entre ela e os outros compartimentos. Isso pressupõe que o zoneamento faz uma análise por agrupamentos possíveis de ser desenhados no eixo horizontal do território e numa escala definida.

Para Silva e Santos (2004) zonar consiste no ato de identificar em um território, zonas ou unidades espaciais que apresentem certa homogeneidade, no que diz respeito aos seus parâmetros ambientais, possíveis de serem delimitadas no território, sendo sua delimitação realizada pelo agrupamento de variáveis que apresentem alto grau de associação (geologia,

solos, clima, vegetação uso), diferindo de outras unidades em termos de função, dinâmica ou estado.

Na visão de Montaña *et al.* (2007), a ideia de zoneamento, no Brasil, está ligada a pelo menos duas tradições, uma mais ligada ao planejamento agrícola, sob a forma dos zoneamentos agroecológicos ou agrícolas, nos quais se faz um estudo da aptidão dos solos e do clima de uma dada área para diversos tipos de cultura e outra, mais presente e consolidada pela prática, ligada à regulamentação do uso do solo urbano, que se consubstancia, geralmente, em instrumentos legais e normativos.

Com o advento da lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) que vai ser tecido os princípios gerais que fundamentam o sistema ambiental brasileiro, a figura do planejamento territorial, calcada numa perspectiva ambiental, vai ganhar novos contornos aos instituir mecanismos, obrigações e sanções objetivando a garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado, conforme estabelecido no art. 255 da Constituição Federal de 1988.

Dentre as diretrizes traçadas para alcançar os objetivos foi estabelecido, em seu artigo 9º, os instrumentos necessários a efetivação do direito ao meio ambiente, tais como: o zoneamento ambiental (Regulamentado pelo Decreto nº 4.297/02, Lei Complementar nº 140/11), a avaliação de impacto ambiental (Resolução CONAMA nº 1/86), o licenciamento de atividades poluidoras (art. 10, Lei nº 6.938/81, regulamentada pelo art. 17 do Decreto nº 99.274/90; Lei Complementar 140/2011, Resolução CONAMA nº 237/97), a criação de espaços territoriais especialmente protegidos (Leis nº 9.985/00 e 12.651/12), as penalidades disciplinares ou compensatórias necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental (Decreto 6.514/08, Lei nº 6.938/81, Lei nº 6.905/98, Lei nº 12.651), dentre outros (FREITAS, 2022).

Fundamentado na perspectiva do desenvolvimento sustentável, o ZA se constitui em um dos principais instrumentos estabelecidos pela PNMA, ao congrega a variável ambiental ao processo de planejamento e ordenamento do território, desde a formulação de estratégias de desenvolvimento, até a decisão sobre a ocupação de uma área para a implantação de determinada atividade (MONTAÑO, *et al.*, 2007), buscando compatibilizar o desenvolvimento econômico às condições ambientais locais (SANTOS; RANIERI, 2013). Longe de ser fato novo na legislação brasileira, a figura do zoneamento existe desde a edição da Lei nº 4.504/64, porém com diferentes objetivos e centrada, essencialmente, no desenvolvimento econômico e a organização da atividade agropecuária.

Apesar de sua relevância, este instrumento só foi regulamentado em 2002, através do Decreto nº 4.297/02, que vai definir o objetivo geral, as diretrizes e os procedimentos necessários ao processo de zoneamento ambiental. A delimitação das zonas, conforme dispõe o artigo 12 do referido decreto, deve observar as características ambientais do local, as potencialidades e aspirações econômicas, bem como as limitações legalmente estabelecidas, de modo a adequar a organização das atividades, em função da capacidade do ambiente em absorver e mitigar os impactos a fim de garantir a plena manutenção do capital e dos serviços ambientais dos ecossistemas.

Na visão de Santos e Ranieri (op. cit.), ao determinar a capacidade de suporte do meio, o ZA permite sua ligação com a Avaliação de Impacto Ambiental, o que facilita a tomada de decisão quanto às exigências necessárias na alocação das atividades e à sua implantação e funcionamento, conforme o grau de complexidade e de impacto resultante.

Assim, a função central do processo de zoneamento é a delimitação de áreas que possibilitem a exploração econômica de forma sustentável e sustentada, buscando adequar (ou ordenar) as atividades conforme as especificidades de cada recorte espacial definido durante o processo, possibilitando ainda vislumbrar a projeção de cenários evolutivos tendenciais para os mesmos.

Contudo, ainda que seja uma obrigação comum aos entes da federação, este instrumento não tem recebido a devida atenção por parte dos gestores, sobretudo no nível municipal. Isso se deve, dentre outros fatores, à complexidade e aos custos envolvidos no processo de elaboração, bem como a interesses locais antagônicos, de determinados grupos econômicos, e, sobretudo, à impopularidade/desinformação em torno da importância do instrumento (FREITAS, *idem*).

O desconhecimento das, ou o descaso as, características e dinâmica dos ambientes semiáridos têm resultado na adoção de políticas de desenvolvimento regional que apresentam “[...] soluções imediatistas e paliativas desprovidas de componente ambiental” (MMA, 2011, p. 49), que, em vez de melhorar a qualidade de vida da população sertaneja, contribuíram para diminuir os recursos naturais e por isso dificultaram o desenvolvimento da organização socioespacial e socioeconômica (MMA, *idem*).

No contexto das políticas públicas, as ações empreendidas foram de caráter bastante fragmentário, focando na mitigação de problemas pontuais, decorrentes dos processos de degradação ambiental e das secas que assolam a região sem buscar atacar as causas da degradação em si, sendo construídas com base nas seguintes características: a) o caráter

emergencial, fragmentado e descontínuo dos programas desenvolvidos em momentos de calamidade pública; b) as ações emergenciais que alimentam a “indústria da seca”; e c) a solução hidráulica, quase sempre favorecendo empreiteiras e a grande propriedade rural. Tal perspectiva é centrada numa visão antropocêntrica, de distanciamento entre ser humano e natureza (e de dominação da segunda), na qual as adversidades ambientais devem ser contornadas, por meio da técnica, de modo a garantir o crescimento econômico e a satisfação do consumismo (SILVA, 2003).

Dentro desse contexto Freitas (2022) define o zoneamento, sobretudo o ambiental, como um instrumento de fundamental importância no processo de ordenamento territorial, devido ao elevado grau de degradação e ao nível de pressão, de origem antrópica, ao qual estão submetidas as paisagens, no qual a delimitação de zonas possibilita o planejamento racional do uso e ocupação dos solos, bem como permite vislumbrar cenários evolutivos, definindo os critérios a serem observados ao desenvolvimento de determinadas atividades, bem como propor medidas mitigadoras (ou reparadoras) dos impactos esperados, decorrentes das atividades econômicas desenvolvidas.

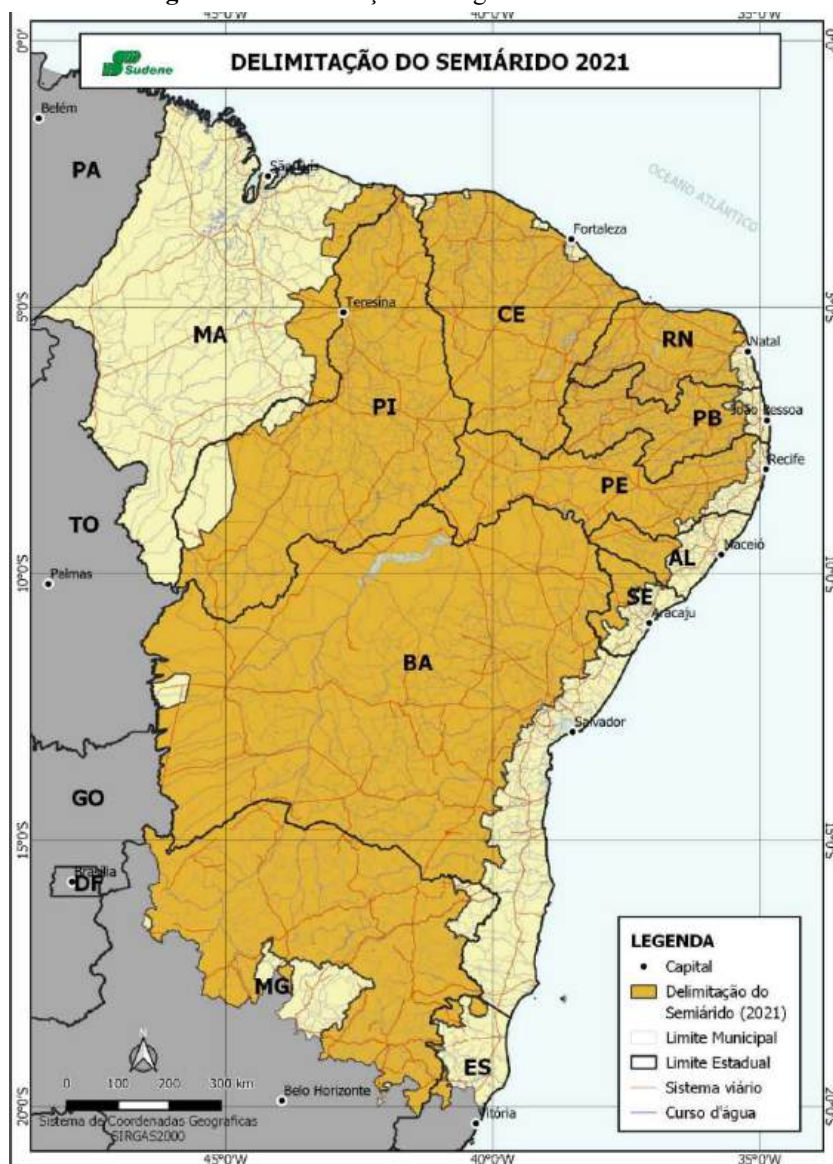
Assim, identificar as unidades que compõem a paisagem e reconhecer as suas características funcionais, estruturais e dinâmicas que diferenciam cada recorte espacial no conjunto, é processo de fundamental importância no planejamento ambiental, que possibilitará ajustar as atividades socioeconômicas e as formas de uso e ocupação de maneira a se adequarem às limitações e as fragilidades presentes em cada unidade distinta.

### **3.1 Degradação ambiental no semiárido brasileiro**

A região semiárida brasileira, a região semiárida brasileira, ocupa uma área de, aproximadamente, 1.318.750,00 km<sup>2</sup>, representando cerca de 15,5% do território nacional. A nova delimitação abarca cerca de 25,61% dos municípios brasileiros (1.427) localizados nas regiões nordeste e sudeste, englobando os estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais (SUDENE, 2021), representando um acréscimo de 16,9% em relação à delimitação de 2017, com área a maior de 190.478,00 km<sup>2</sup> - **Figura 10.**

Comparada a outras regiões semiáridas do planeta, o semiárido brasileiro é considerado o mais chuvoso (com totais pluviométricos variando de 350 a 800 mm/ano). Contudo, apresenta temperaturas médias anuais elevadas (que oscilam entre 23 e 27° C), com temperatura média do mês mais quente pouco superior à do mês mais frio, altas taxas de evaporação (em média de 2.000 mm/ano), baixa umidade relativa do ar, regime pluviométrico marcado pela irregularidade e concentração das precipitações em um curto período – em média, de três a cinco meses, (CGEE, 2016; SUDENE, 2021), resulta em pequenas reservas hídricas disponíveis no solo, o que confere a essa região, suas características mais notáveis: a caducifolia da cobertura vegetal, a ocorrência de secas.

Figura 10 - Delimitação da Região Semiárida Brasileira

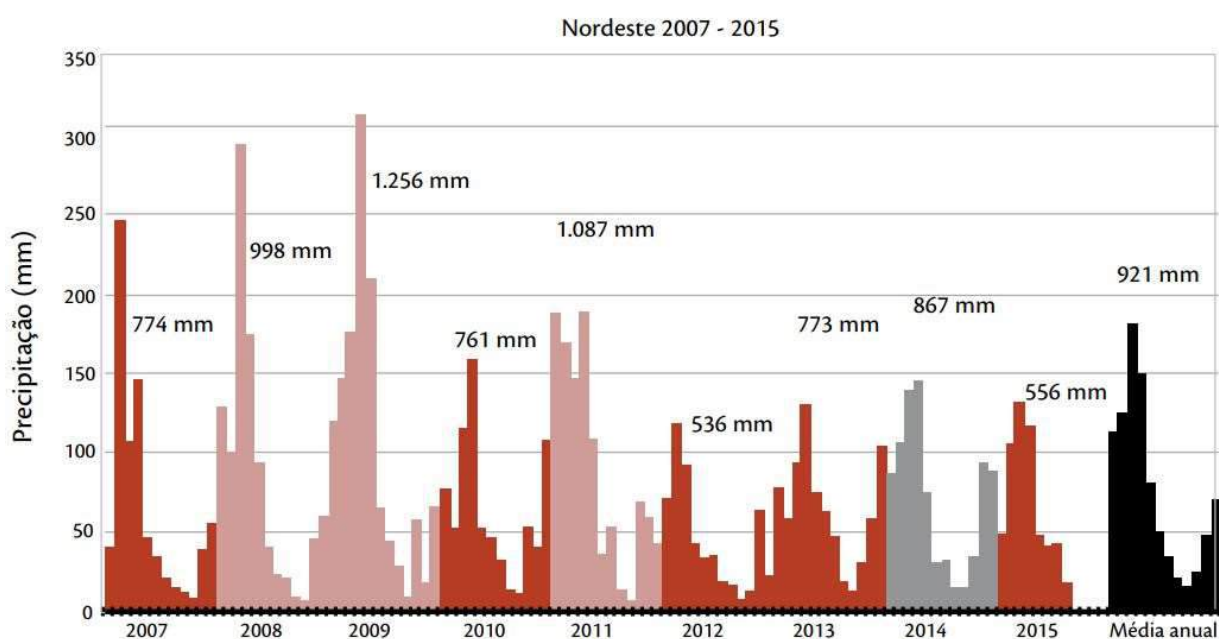


Fonte: SUDENE (2021).

Além da variabilidade interanual da precipitação, há grande variação na distribuição nos totais pluviométricos entre diferentes anos em uma mesma localidade (CGEE, idem) - **Figura 11**, com ocorrência periódica de secas (registradas desde o século XVI), as quais “[...] são determinantes para o sucesso ou o fracasso das atividades agrícolas e pecuárias e, conseqüentemente, para a sobrevivência das famílias, com grande influência sobre os condicionamentos de ordens ecológica, botânica e fitogeográfica” (SUDENE, 2021, p. 9).

Além disto, os eventos não ocorrem uniformemente na região, podendo ser registrados, eventos de curta duração (valores de precipitação inferiores à média história para o mês ou estação) ou de duração mais longa (com duração de alguns meses ou anos), afetando diferentemente o território. Segundo MMA (2005), a ocorrência de secas encontra-se mais fortemente evidenciada nas áreas que se encontram sob influência direta da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT (**Figura 12**).

Figura 11 - Distribuição intra e interanual da precipitação na região Nordeste



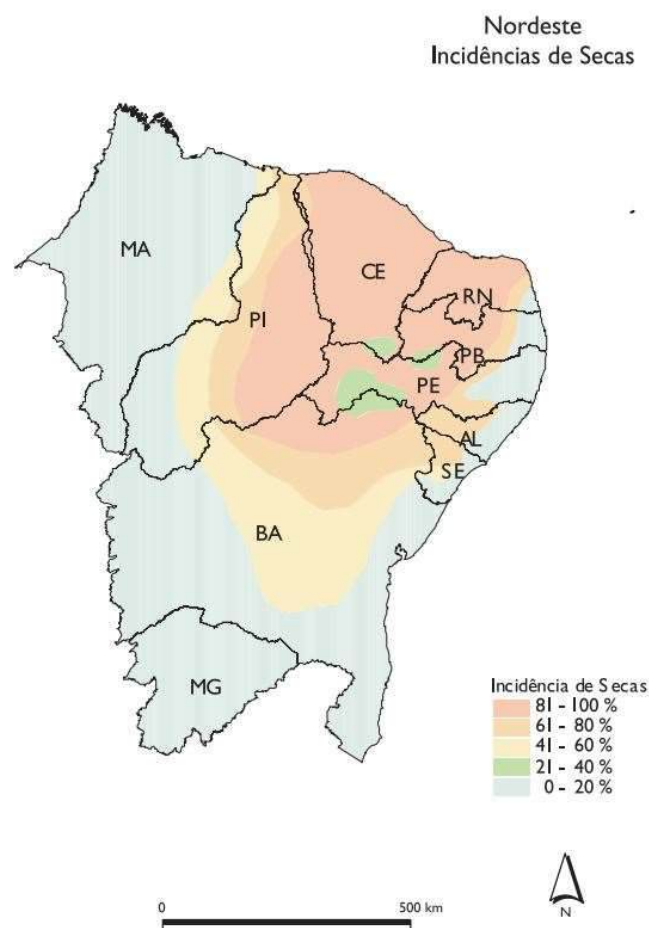
Fonte: CGEE (2016).

Segundo dados do IBGE, 2014 (citado por ASA, s/d), aproximadamente, 11,84% da população do país (23,8 milhões de habitantes) residiam no semiárido brasileiro, sendo que destes cerca de 38% ocupam áreas rurais (SUDENE, 2021), fazendo desta, a região semiárida mais povoada do planeta.

Quanto à vegetação, predomina o bioma caatinga, estando este localizado quase que inteiramente na região nordeste do Brasil, ocupa uma área de aproximadamente 826.411

km<sup>2</sup> (**Figura 13**), o equivalente a aproximadamente 11% do território nacional (HAUFF, 2010; MMA, 2010; SEYFFARTH, RODRIGUES, 2017) e é considerado como o único bioma exclusivamente brasileiro.

Figura 12 - Incidência de secas na região Nordeste do Brasil



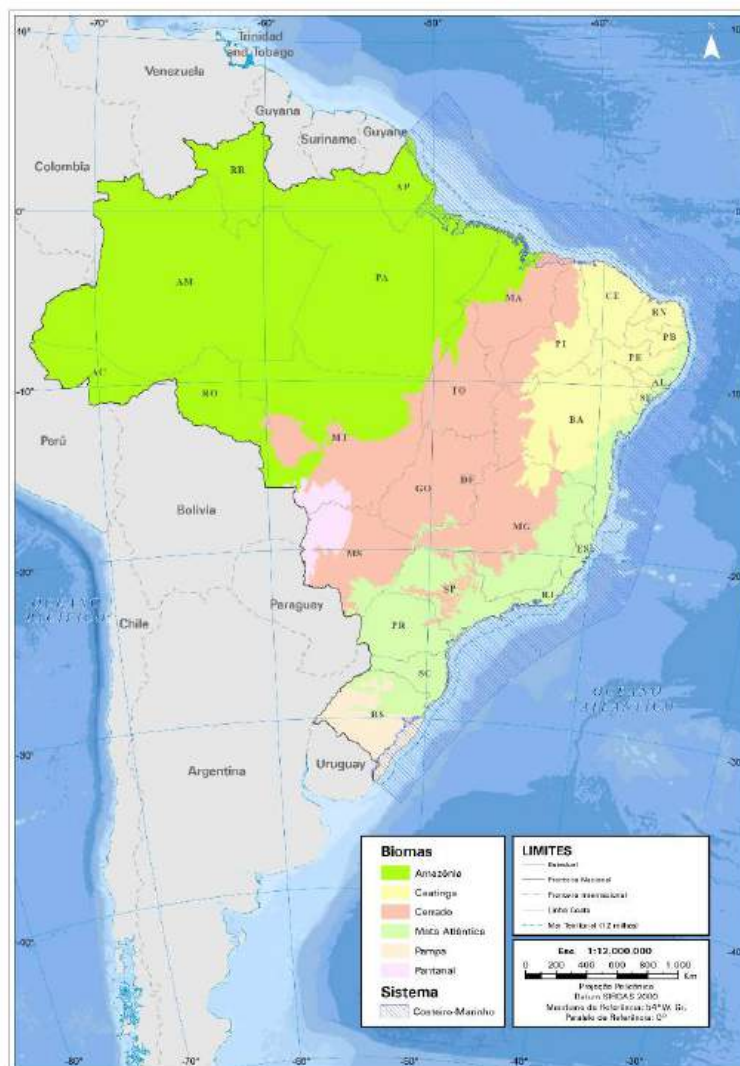
Fonte: MMA (2011).

Estende-se por praticamente todo o estado do Ceará (quase 100%), mais de metade dos estados do Rio Grande do Norte (95%), Paraíba (92%), Pernambuco (83%), Piauí (63%) e Bahia (54%), e quase a metade de Alagoas (48%) e Sergipe (49%), além de pequenas porções de Minas Gerais (2%) e do Maranhão (1%), (MMA, 2011).

Desde o início de sua ocupação, a vegetação da região tem sido intensamente modificada pelas atividades humanas (CASTELETTI *et al.*, 2003; SÁ *et al.* 2010), sobretudo pela expansão da pecuária, a partir de meados o século XVII, a qual tem contribuído para transformar extensas áreas de caatinga em pastagens (ALVES, 2009; MMA, 2011). Além disso, as práticas agrícolas convencionais utilizadas, inclusive nos dias de hoje, em desconsideração

à capacidade de suporte do ambiente, bem como a utilização de técnicas de manejo inadequadas, também têm contribuído na redução das áreas de vegetação nativa do bioma e, conseqüentemente, resultando na degradação dos solos do semiárido (SÁ *et al.* 2010).

Figura 13 - Delimitação dos Biomas brasileiros



Fonte: IBGE (2019).

Para Fernandes (2015) a utilização dos recursos da caatinga é essencialmente extrativista e sem adoção de práticas de manejo sustentável, o que vem acarretando severos problemas ambientais, dentre os quais destacam-se: a redução da biodiversidade, a degradação dos solos, o comprometimento dos sistemas produtivos e recursos hídricos, fragmentação e desertificação de extensas áreas na maioria dos estados que compõem a região.

Apesar de sua importância no cenário socioeconômico regional, a forma como se desenvolveu a atividade agropecuária resultou em um padrão de ocupação territorial



desordenado e impactante, cujos reflexos se fizeram sentir na diminuição da biodiversidade regional (MMA, 2007). Segundo MMA (2011), conforme dados levantados pelo projeto RADAMBRASIL, a cobertura vegetal nativa do bioma Caatinga, para o ano de 1984, foi estimada em cerca de 68% da área do bioma.

Estimativas mais recentes, apresentadas pelo IBAMA (2010a, b, **Tabela 14**), por meio da utilização de imagens de satélite, indicavam uma área de cobertura vegetal remanescente de cerca de 55,67% da área total do bioma, em 2002, contra 53,62%, em 2008, e 53,38%, em 2009. Em números absolutos, a redução da cobertura vegetal da caatinga, no período de 2002 a 2009 foi de 18.497,03 km<sup>2</sup>, passando de 460.063 km<sup>2</sup> para 441.117,88 km<sup>2</sup>, no período analisado, o que representa uma perda média da ordem de 2.642,43 km<sup>2</sup> de vegetação por ano.

**Tabela 14 - Desmatamento da vegetação de caatinga por estado**

Estado	Caatinga (km <sup>2</sup> )	Desmatamento			Percentual		
		Até 2002	2002-2008	2008-2009	Até 2002	2002-2008	2008-2009
Alagoas	13.000,00	10.320,00	353,00	23,85	79,38%	0,04%	0,18%
Bahia	300.967,00	149.619,00	4.527,00	638,35	49,71%	0,55%	0,21%
Ceará	147.675,00	54.735,00	4.132,00	440,19	37,06%	0,50%	0,30%
Maranhão	3.753,00	1.134,00	97,00	32,32	30,22%	0,01%	0,86%
Minas Gerais	11.100,00	5.371,00	359,00	15,16	48,39%	0,04%	0,14%
Paraíba	51.357,00	22.342,00	1.013,00	91,89	43,50%	0,12%	0,18%
Pernambuco	81.141,00	41.159,00	2.204,00	167,77	50,73%	0,27%	0,21%
Piauí	157.985,00	45.754,00	2.586,00	408,92	28,96%	0,31%	0,26%
Rio Grande do Norte	49.402,00	21.418,00	1.142,00	98,19	43,35%	0,14%	0,20%
<b>Sergipe</b>	<b>10.027,00</b>	<b>6.683,00</b>	<b>157,00</b>	<b>4,39</b>	<b>66,65%</b>	<b>0,02%</b>	<b>0,04%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>826.411,00</b>	<b>358.540,00</b>	<b>16.576,00</b>	<b>1.921,18</b>	<b>43,38%</b>	<b>2,00%</b>	<b>2,58%</b>

Fonte: IBAMA (2010a, b).

Analisando a situação por estado, observa-se que os Estados da Bahia, Ceará, Piauí e Pernambuco, respondem, em números absolutos, por mais da metade dos valores de desmatamento registrados para os três períodos analisados, respectivamente, 291.267,00 km<sup>2</sup>, 3.449,00 km<sup>2</sup> e 1.655,23 km<sup>2</sup> de área de vegetação nativa desmatada.

Em termos percentuais, contudo, a situação apresentada é um pouco distinta: até o ano de 2002, os estados que tiveram as maiores reduções apresentadas foram Alagoas, Sergipe,

Pernambuco, Bahia e Minas Gerais, respectivamente, com 79,38%, 66,65%, 50,73%, 49,71% e 48,39%, enquanto que o levantamento realizado para os anos de 2008 e 2009, mostra os estados do Maranhão, Ceará, Piauí, Bahia e Pernambuco, respectivamente, com 0,86%, 0,30%, 0,26%, 0,21% e 0,21%.

Sá *et al.* (2010) e Sampaio *et al.* (2005), destacam a importância da cobertura vegetal de caatinga na preservação dos ambientes semiáridos a qual desempenha o papel de protetor do solo contra os efeitos diretos dos agentes do clima, reduzindo a sua degradação. A degradação ambiental possui grande relação com as formas de uso, ocupação e manejo dos solos as quais podem impactar negativamente na conservação e preservação dos recursos naturais, sobretudo nos solos, águas e biodiversidade do território, estando mais comumente associada à perda de produtividade biológica dos solos (GÓIS, 2020).

Para Silva *et al.* (2019), a erosão hídrica é um dos principais problemas ambientais, uma vez que pode causar danos consideráveis aos solos, pela remoção das camadas superficiais dos solos, acarretando na diminuição da fertilidade do solo, redução da camada arável e da diversidade e atividade microbiológica do solo, com consequente redução do potencial produtivo do solo e aumento nos custos de produção e recuperação dos solos, assumindo grande importância, no contexto da região semiárida brasileira, dada a sua irreversibilidade (SAMPAIO *et al.*, 2005).

O uso indiscriminado dos recursos florestais através da supressão da vegetação em grandes extensões para a conversão em áreas de agricultura e pastagens, da prática de queimadas, da extração de lenha sem planejamento, da abertura de áreas para mineração ou do excesso de carga animal em áreas de vegetação natural da Caatinga, têm efeitos negativos sobre a estabilidade e a capacidade regenerativa dos solos e da vegetação, prejudicando a regeneração natural e dificultando a permeabilidade dos solos (MMA, 2011, p. 26).

A desertificação, resultante desse intenso processo de degradação ambiental ao qual a região encontra-se submetida, já afeta uma área de mais de 1 milhão de quilômetros quadrados, aproximadamente 15% do território nacional, englobando cerca de 1.492 municípios, nos estados do Nordeste e em partes de Minas Gerais e do Espírito Santo, afetando mais de 37 milhões de habitantes (MMA, 2018), sobretudo na caatinga, região na qual se localizam cerca de 62% das áreas susceptíveis à desertificação no país (HAUFF, 2010).

Muito comumente se associam os termos “Deserto” e “Desertificação” como sinônimos ou como correlatos/interdependentes, contudo, há diferença conceitual na aplicação de ambos os termos. O primeiro, descreve uma região no espaço/ou um fenômeno espacial

acabado, resultante de processos que atingiram uma certa estabilidade, enquanto o segundo, denota um processo dinâmico em curso. Neste, há um desequilíbrio natural, induzido por fenômenos (de ordem natural ou antrópica), que alteram os ciclos de retroalimentação do ecossistema, induzindo à degradação gradativa da qualidade ambiental, podendo resultar na formação de uma área desértica (SILVA; OLIVEIRA, 2017; MACAMBIRA; GOMES, 2021).

Uma definição mais clara quanto ao significado do termo, é trazida pela UNCCD, sendo considerado como a “degradação da terra nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, resultantes de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas” (MACAMBIRA; GOMES, *idem*, p. 164). Como um processo dinâmico, a desertificação se desenvolve mediante uma cadeia de eventos fechada em ciclos que tendem a retroalimentar o processo (SAMPAIO *et al.*, 2005).

Para Sampaio *et al.* (*idem*), diversos eventos, individuais ou somados, podem desencadear a ocorrência do fenômeno, não sendo possível distinguir uma única, ou a mais importante, causa, contudo, o processo parece progredir em 4 fases:

1) a degradação do solo em uma certa área; 2) a redução da capacidade produtiva da agropecuária nesta área; 3) a redução da renda agropecuária; e 4) a deterioração das condições sociais da população da área. A desertificação é plenamente caracterizada quando as quatro fases estão presentes e o ciclo vicioso faz com que uma reforce as seguintes. Nem sempre elas vão coexistir e a análise fica mais complicada (p. 95).

As características ambientais da região semiárida influem para a amplificação do grau de vulnerabilidade ambiental aos processos de degradação, destacando: clima semiárido a subúmido seco, com secas recorrentes e regime pluviométrico muito irregular, com chuvas repentinas e de caráter torrencial; coeficientes térmicos elevados, além de balanço hídrico deficitário por longo tempo; solos rasos ou muito pouco espessos, altamente suscetíveis à erosão; impermeabilidade do substrato rochoso, limitando a capacidade de infiltração; a supressão da cobertura vegetal para a prática de atividades não compatíveis com a capacidade de suporte da terra e exploração inadequada dos recursos hídricos, dentre outros (CGEE, 2016).

Martins *et al.* (2017) através de análise de imagens de satélites, constataram que uma parcela de 70.279,46 km<sup>2</sup> da área semiárida brasileira, encontram-se atualmente sob avançados processos de desertificação, espalhados pela região. A **Tabela 15**, apresenta uma distribuição dessas áreas e seu percentual em relação às áreas suscetíveis à desertificação, representadas na **Figura 14**.

**Tabela 15 - Áreas suscetíveis à desertificação e intensamente degradadas**

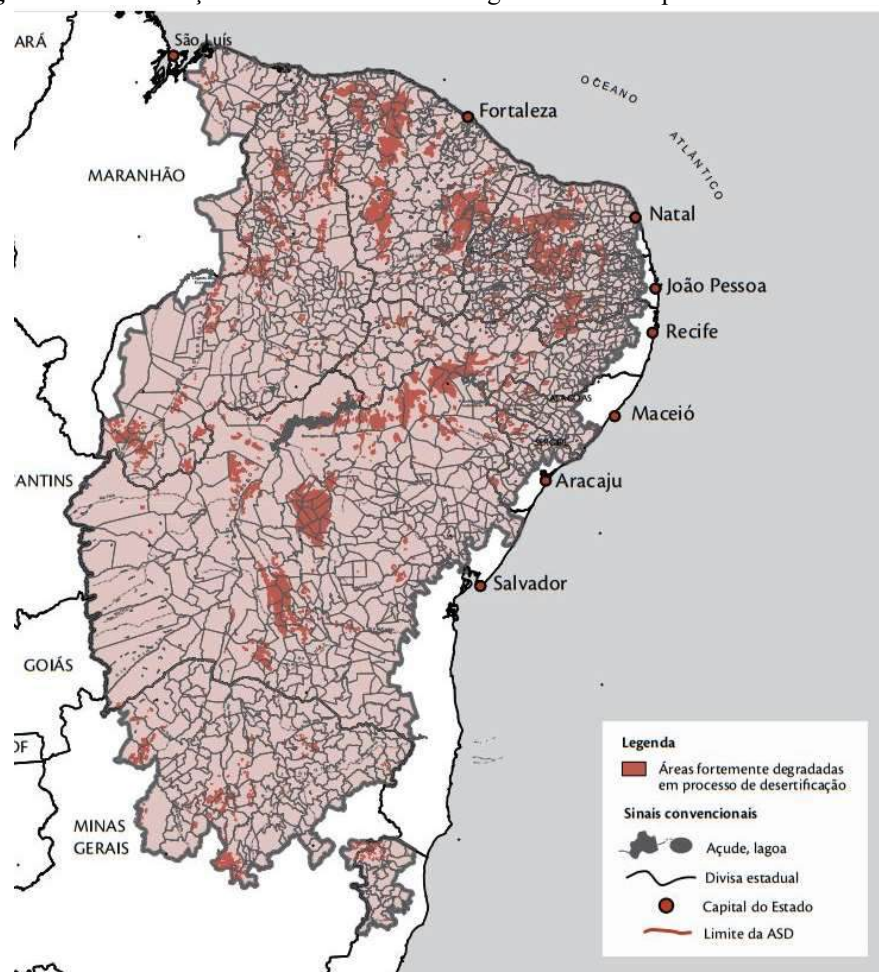
ESTADO	Área Suscetível à Desertificação (ASD)		Áreas fortemente degradadas na ASD	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Alagoas	17.670,40	63,62	425,16	2,41
Bahia	491.741,4	87,07	26.751,59	5,44
Ceará	148.886,31	100	17.042,16	11,45
Espírito Santo	14.724,30	36,28	216,59	1,3
Maranhão	40.809,60	12,29	360,05	0,88
Minas Gerais	178.850,93	30,49	2.741,61	1,53
Paraíba	53.421,90	94,6	4.339,09	8,12
Pernambuco	89.571,70	91,26	3.286,42	3,67
Piauí	238.901,50	94,94	7.592,90	3,18
Rio Grande do Norte	51.997,20	98,42	6.689,14	12,87
<b>Sergipe</b>	<b>16.211,40</b>	<b>73,96</b>	<b>834,74</b>	<b>5,15</b>
Resultado	1.344.766,64	61,37	70.279,46	5,23

Fonte: CGEE (2016). Grifos nossos.

Góis (2020), destaca que o processo de desertificação compreende a um aspecto extremo da degradação ambiental, apresentando impactos com pouca probabilidade de recuperação, sendo considerado um dos mais graves problemas ambientais da atualidade, em decorrência de seus efeitos estenderem-se para além do plano ambiental, afetando os quadros sociais, políticos e econômicos das regiões afetadas pelo processo.

Conforme CGEE (*idem*), a população residente em áreas degradadas, desertificadas e de incidência de secas no Brasil chegou a 34.819.874 de pessoas. Para estes autores, o grande contingente, residente em ambientes vulneráveis, tendem a provocar sérios impactos sobre os ecossistemas locais, pois ampliam a demanda por bens e serviços produzidos a partir de recursos naturais nem sempre disponíveis.

**Figura 14** - Localização das áreas fortemente degradadas ou em processo de desertificação



Fonte: CGEE (2016).

As consequências do processo de desertificação, segundo Silva (2016, p. 28), podem ser agrupadas em 04 (quatro) grupos:

- 1) natureza ambiental e climática: como perda de biodiversidade (flora e fauna), a perda de solos por erosão, a diminuição da disponibilidade de recursos hídricos devido ao assoreamento de rios e reservatórios, resultado tanto dos fatores climáticos adversos quando do mau uso e da perda da capacidade produtiva dos solos em razão da baixa umidade provocada, também, pelo manejo inadequado da cobertura vegetal, aumento das secas edáficas por incapacidade de retenção de água dos solos e aumento da pressão antrópica em outros ecossistemas;
- 2) natureza social: abandono das terras por parte das populações mais pobres (migrações), a diminuição da qualidade de vida e o aumento da mortalidade infantil, a diminuição da expectativa de vida da população e a desestruturação das famílias como unidades produtivas. Acrescente-se, também, o crescimento da pobreza urbana devido às migrações, a desorganização das cidades, o aumento da poluição e problemas ambientais urbanos;
- 3) natureza econômica: destacam-se a queda na produtividade e produção agrícolas, a diminuição da renda do consumo das populações, dificuldade de manter uma oferta de produtos agrícolas de maneira constante, de modo a atender os mercados regional e nacional, sobretudo, a agricultura de sequeiro que é mais dependente dos fatores climáticos;

4) natureza político institucional: há uma perda da capacidade produtiva do Estado, sobretudo no meio rural, que repercute diretamente na arrecadação de impostos e na circulação da renda e, por outro lado, criam-se novas demandas sociais que extrapolam a capacidade do Estado de atendê-las, desorganização do estado e inviabilização de sua capacidade de prestação de serviços e instabilidade política.

Quanto aos impactos ambientais decorrentes do fenômeno, Sousa e Nascimento (2015), destacam: perda dos nutrientes do solo, resultando na redução da produtividade e, quando carregados para os corpos hídricos, eutrofização dos corpos hídricos, impactando na qualidade da água para consumo e na biodiversidade.

Além destas, Silva *et al.* (2019), evidenciaram redução nos valores de infiltração de água no solo, entre as áreas de caatinga preservada e áreas de pastagem degradadas, maiores velocidades de escoamento, nas áreas de terra arada, em decorrência da existência de sulcos no sentido do declive, que favorecem o fluxo d'água, um tempo de início de escoamento de, cerca de, 2,5 vezes menor, nas áreas de pastagem degradada em comparação à caatinga preservada.

No aspecto socioeconômico, para além dos impactos indicados por Silva (2016), Sousa e Nascimento (*idem*), citando Lemos (2000), destacam também o papel da estrutura fundiária no processo de degradação ambiental do semiárido. Isto se deve, a nosso ver, ao menos três características distintas da propriedade: (1) a própria concentração de terra, já indicada pelos autores; (2) localização das grandes propriedades, geralmente localizadas em áreas de solos mais férteis e com mais fácil acesso aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, e no caso dos grandes polos produtores, (3) à existência de incentivo econômico à exploração agropecuária por parte do poder público local, facilitando o acesso ao crédito ou incentivos fiscais.

Quanto aos aspectos econômicos, Araújo *et al.* (2016), buscaram avaliar os impactos do processo de degradação dos solos do semiárido, analisando as perdas de nutrientes sob diferentes tipos de cobertura vegetal. Os autores verificaram perdas econômicas no montante de R\$ 193,06/ha – relativos ao período de 2012 a 2014. Evidenciando, assim, a importância da cobertura vegetal na manutenção da fertilidade dos solos.

Para Esteves e Cruz (2022), a vegetação de caatinga assume grande importância histórica e econômica para a população do nordeste brasileiro, como fonte de renda, para o uso doméstico entre outras. Os autores destacam que, na região do Seridó Ocidental Paraibano, as práticas predatórias de remoção da cobertura vegetal (promovidas através dos diversos ciclos econômicos), somados aos fatores climáticos, tem causado grande pressão sobre os recursos naturais favorecendo o surgimento e a evolução de núcleos de desertificação na região.

No núcleo de desertificação de Gilbués (PI), Macambira e Gomes (2021) destacam a influência das características ambientais e da sucessão dos ciclos econômicos desenvolvidos na região, como fatores cruciais no agravamento da degradação ambiental local. O rápido crescimento demográfico, observado entre as décadas de 1940-50, resultou em uma maior pressão sobre os ecossistemas naturais, já bastante frágeis, decorrentes do aumento da demanda por bens e serviços.

Assim, para os autores,

[...] a degradação ambiental foi potencializada devido ao desmatamento em larga escala para a prática da mineração, da agricultura e da pecuária extensiva, à elevada pluviometria na região, com o solo desprotegido pela supressão vegetal, aumenta o escoamento superficial e a força da água carrega a parcela orgânica do solo, assoreando os rios e riachos e provocando imensas voçorocas (p. 178).

Por fim, Silva e Oliveira (2017), ao realizarem uma análise comparativa entre as informações cartográficas referentes à dimensão das áreas susceptíveis aos processos de degradação das terras no estado do Ceará, evidenciando divergência quanto à extensão total – de 20.720,10 km<sup>2</sup> (no levantamento de 1992) passando à 17.742,20 km<sup>2</sup> (no levantamento de 2015). Contudo, em ambos os levantamentos realizados, consideraram como as áreas mais comprometidas a região dos Inhamuns/Sertões de Crateús, o município de Irauçuba e regiões circunvizinhas e o Médio Jaguaribe.

Evidencia-se, desse modo, que o processo de desertificação resulta em impactos, não apenas de natureza ambiental, como também sociais, econômicos e institucionais, que podem influir significativamente na vulnerabilidade dos locais a estes processos.

### 3.2 A região semiárida sergipana

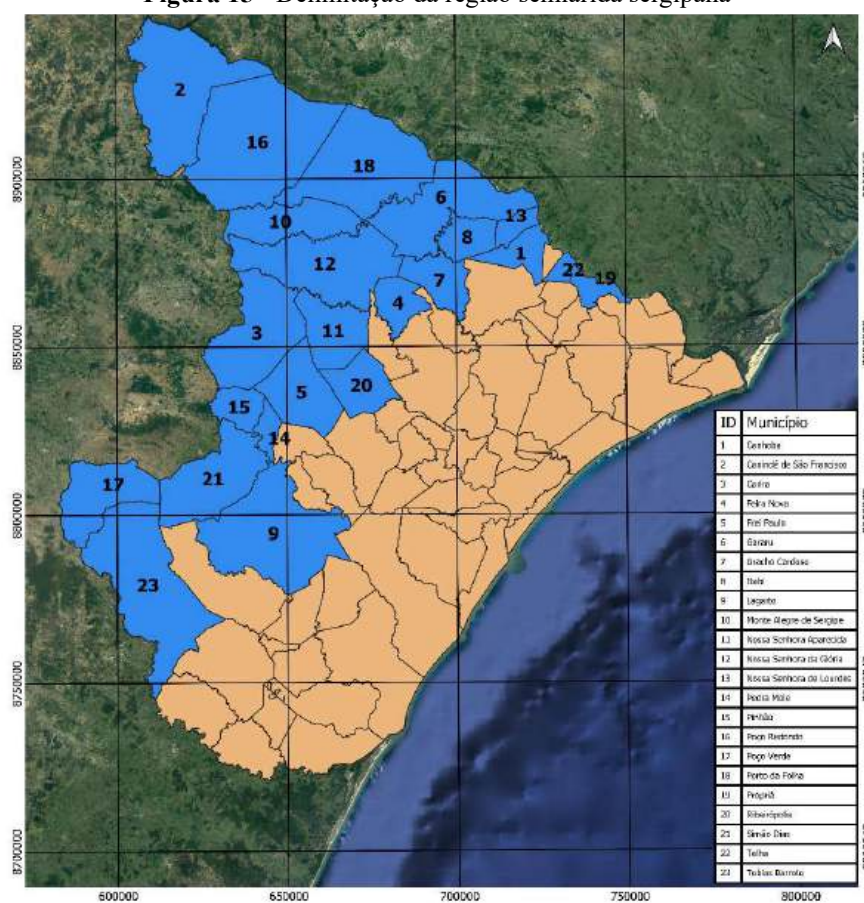
A região semiárida sergipana, composta por 23 municípios, ocupando uma área de 10.715,26 km<sup>2</sup> (**Figura 15**), corresponde à 48,84% do território sergipano (SUDENE, 2021). Conta com uma população de 496.033 habitantes (Censo, 2022) e densidade demográfica de 46,3 hab/km<sup>2</sup>.

Sua ocupação se deu a partir da criação de gado, sofrendo, ao longo do processo, forte pressão antrópica, com a conversão de áreas de vegetação nativa em pastagens que tem

proporcionado condições de suscetibilidade à desertificação, em especial em suas extremidades a noroeste e a sudoeste (GÓIS, 2020).

Segundo Oliveira (2017), o processo de ocupação e povoamento do semiárido sergipano, se deu pelo sistema de sesmarias, priorizadas para a prática da atividade pecuária, sendo a bovinicultura a atividade econômica responsável pela conquista de Sergipe nos fins do século XVI, tornando-se a atividade dominante e avançando sobre a área canavieira.

**Figura 15 - Delimitação da região semiárida sergipana**



**F onte:** SUDENE (2021), organizado pelo autor (2024).

A atividade pecuária continuou sua expansão no território sergipano, em meados do século XVIII, figurando como a atividade econômica mais importante de Sergipe que articulava o mercado regional para a capitania, pois ainda não tinha acompanhado o mesmo avanço de desenvolvimento econômico agroexportador do açúcar como em outras capitanias vizinhas.

Ao longo do século XIX, a atividade pecuária foi substituída pela produção canavieira e, em algumas fases, pela lavoura do algodão, praticadas pelos produtores de maiores posses na região, que transformaram intensamente a paisagem do sertão sergipano, as quais



“passaram a construir uma paisagem onde só havia lugar para o boi e as ramas brancas do algodão” (OLIVEIRA, 2017, p. 70).

Durante este período a atividade algodoeira representou a atividade econômica de maior importância, no contexto regional, sendo a principal geradora de emprego e renda na zona rural, com a produção oriunda, majoritariamente, dos grandes latifúndios, assim como nos centros urbanos, onde eram beneficiados os insumos para a produção do fio e a extração do óleo. Apenas que a pecuária volta a ocupar posição hegemônica na economia sergipana (OLIVEIRA, 2017, p. 70).

A autora ainda destaca que, mais recentemente, a partir da década de 1980, a atividade pecuária foi fortemente incentivada pelo Estado<sup>8</sup>, através da concessão de incentivos fiscais e crédito destinados, sobretudo, aos grandes produtores rurais, não resultando em melhorias nas questões socioeconômicas da região, pelo contrário, acabavam por agravar a situação de miserabilidade da região, com expulsão da população rural já estabelecida.

Góis (2020) e Bitencurt et alli. (2017), destacam que com a expansão da exploração agropecuária, no semiárido sergipano, foi havendo a substituição da cobertura nativa por cultivos temporários ou pastagem, que acaba exercendo forte influência do ponto de vista pedológico e bioclimático, desfavorecendo a sucessão natural da cobertura vegetal, sendo, aos poucos, substituídos, cada vez mais, por pequenas “ilhas de vegetação”, o que pode ser considerado uma estratégia das plantas sobreviventes a um ambiente cada vez mais inóspito.

Trabalhos como os de Fernandes (2015), Fernandes *et al.* (2017) e, mais recentemente, de Galina *et al.* (2022), tem evidenciado os impactos das atividades antrópicas sobre a distribuição temporo-espacial da vegetação de caatinga no semiárido sergipano.

Em uma análise temporal e espacial mais ampla, Galina *et al.* (*idem*), com base nos dados do MapBiomias, observaram uma tendência de diminuição da cobertura florestal nativa, em detrimento das áreas destinadas a cultivos temporários e à pecuária. Segundo estes autores, no ano de 1985 a área de cobertura nativa, no Estado de Sergipe, recobria uma área de, aproximadamente, 628.170 hectares (correspondendo a 29% do território estadual), enquanto para o ano de 2020, estes valores representavam um total de 374.620 hectares (17% do território estadual) o que reflete perda de cerca de 40% de ambientes naturais florestais. Situação inversa

---

<sup>8</sup> A autora cita como exemplos de programas desenvolvidos o PROTERRA – Programa de Redistribuição de Terra e de Estímulos à Agroindústria do Norte e Nordeste (1971), o Projeto Especial de Apoio ao Desenvolvimento da Região Semiárida do Nordeste – PROJETO SERTANEJO (1976), e o Projeto Nordeste, (1985).

das áreas agrícolas, que por sua vez, passaram de 1.423.958 hectares (65% do território), em 1985, para 1.683.653 hectares (77%), em 2020.

A mesma tendência foi observada para o semiárido sergipano, que, segundo os autores, sofreu uma redução de 47,1% de sua cobertura nativa entre 1985 e 2020, passando de 445.094,7 ha, em 1985, para 235.252,3 ha, em 2020. Dentre as atividades que mais impulsionaram essa redução, encontra-se a utilização do solo para pastagem que representava aproximadamente 49,6%, em 1985, ampliando sua abrangência para 69,9% em 2020.

Para Fernandes (2015), entre os anos de 1992 e 2013, foi observada uma diminuição de área ocupada pela caatinga (passando de 37,2% da área em 1992 para pouco mais de 15% em 2013), sendo as atividades agropecuárias as principais atividades responsáveis por essa redução. No mesmo período analisado as áreas ocupadas por pastagens e cultivos passaram de 48,9%, no ano de 1992, para 72,2% da área, em 2013. A utilização intensiva dos solos, sem adoção de práticas de manejo adequadas às condições ambientais locais e o abandono de áreas, anteriormente destinadas à pecuária, tem resultado no aumento, significativo, das áreas de solo expostos, representando um aumento de 3,2% no mesmo período.

Como resultado da intensa intervenção sobre a cobertura nativa, Fernandes *et al.* (2017), observaram um aumento no grau de fragmentação na vegetação de caatinga, bem como alterações nas suas características, entre os anos de 1992 e 2013, decorrente de mudanças no padrão de uso e ocupação dos solos ao longo dos anos, sobretudo no período compreendido entre 2003 e 2013.

Conforme dados apresentados pelos autores, o número de fragmentos existentes passou de 12.412 fragmentos florestais para o ano de 1992; 13.778 fragmentos florestais para o ano de 2003, para 21.064 fragmentos florestais para o ano de 2013 em toda a área representativa da região semiárida, representando um aumento de mais de 170%, sendo as áreas mais afetadas a região do Agreste Central e Centro Sul do Estado.

Para Fernandes (2015), a degradação da cobertura florestal no semiárido sergipano está relacionada com os modos de produção dominantes, destacando: (a) a disseminação de práticas agrícolas inadequadas; (b) o pastoreio excessivo; (c) o desmatamento; (d) a destruição de áreas com vegetação nativa; e, (e) o desaparecimento de muitas espécies animais e vegetais, colocando-se em questão a própria capacidade de uso da terra e dos recursos para a manutenção das atividades produtivas e garantia de serviços ambientais.

Galina *et al.* (2022), assim como Fernandes *et al.* (2017), associam a redução da cobertura vegetal no semiárido sergipano a expansão da atividade pecuária, a qual foi

influenciada por ações de incentivo fiscal, promovidas pelo poder Público, e da modernização da produção, imprimindo maior grau de pressão sobre a cobertura vegetal remanescente.

As características naturais do semiárido sergipano – assim como do restante da região, tornam essas áreas bastante sensíveis aos processos de degradação ambiental, associando-se aos graus de pressão antrópica, historicamente, observados tem proporcionado condições de suscetibilidade aos processos de desertificação (GÓIS, 2020), os quais repercutem em todas as esferas da vida humana – seja na social, econômica, ambiental e, de igual modo, política, afetando de modo desigual a população residente nessas áreas.

Na esfera ambiental, Galina *et al.* (2022) destacam os impactos decorrentes das intervenções antrópicas: perda de espécies endêmicas e produtos e serviços ecossistêmicos (restauração da fertilidade, proteção do solo, produção de água e de produtos florestais como lenha, madeira e forragem), além da maior suscetibilidade à salinização dos solos, impactos sobre o banco de semente dos solos, pela remoção da camada superficial por meio dos processos erosivos, aumento do albedo de superfície, alterações no regime pluviométrico (inter)anual, dentre outros.

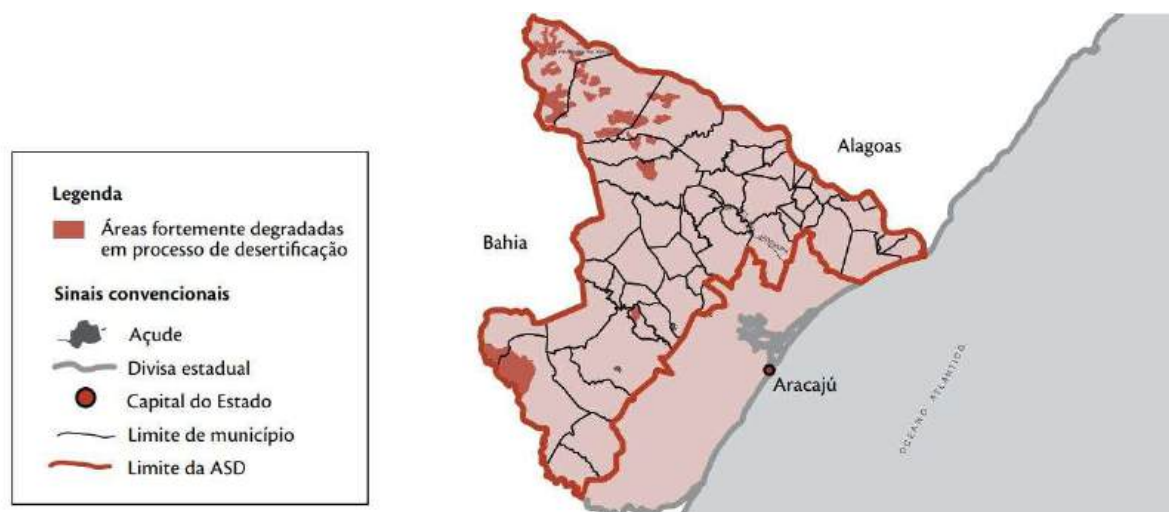
No aspecto econômico, os efeitos dos processos de desertificação se expressam através de variações na produção agrícola, refletindo direta, ou indiretamente, sobre toda a cadeia produtiva relacionada à atividade, como a produção pecuária – com aumento nos custos de produção – devido à menor disponibilidade de pastagem para alimentação animal, sendo necessária a substituição das pastagens por ração animal para manter o efetivo de rebanho, perdas de animais, o que resulta em uma redução no produto disponível para venda e conseqüentemente aumento do preço final dos produtos – seja carne ou outros produtos de origem animal (BATISTA; ALBUQUERQUE, 2022).

No aspecto social, os impactos decorrentes do agravamento do processo de desertificação, afetará significativamente nas condições de trabalho e renda da região semiárida, visto que esta é a região do estado que mais aglomera estabelecimentos rurais e, sobretudo, no aumento da vulnerabilidade social, e, eventualmente, numa ampliação/retomada dos processos de êxodo rural, podendo aumentar a pressão demográfica na porção costeira do estado (CASTELHANO; SIQUEIRA PINTO, 2022).

Para Sergipe (2011), podem ser delimitadas áreas de fragilidade em três zonas: 1) uma estreita faixa litorânea sem riscos de desertificação; 2) uma faixa central abrangendo todo o Estado de Norte a Sul, com riscos de ocorrência do processo de desertificação; e 3) uma faixa do sertão semiárida, com riscos elevados de desertificação. Segundo Martins *et al.* (2017), um

total de 841,61 km<sup>2</sup> do território já apresenta evidências de degradação, estando estas áreas concentradas nos setores noroeste e sudoeste do estado, equivalendo a 5,14% da área suscetível à desertificação (ASD) do estado (**Figura 16**).

**Figura 16** - Áreas fortemente degradadas no estado de Sergipe



Fonte: CGEE (2016).

Pode-se relacionar esse quadro observado à intensa modificação nos padrões de uso e ocupação dos solos, com conversão das áreas de caatinga, por áreas de pastagens, ou agricultura, sem as devidas práticas conservacionistas, deixando expostos, os já frágeis solos da região, às intempéries climáticas, possibilitando a ocorrência de processos de degradação.

Tal situação é constatada nos 09 (nove) municípios que compõem a microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco, os quais tiveram sua dinâmica territorial modelada pelos ciclos econômicos, os quais imprimiram transformações na paisagem municipal, sendo as atividades agropecuárias as principais responsáveis por estas transformações. Ainda que não represente mais que 27,9% da composição do Produto Interno Bruto municipal de Gracho Cardoso – o qual apresentou o maior percentual na região (IBGE, 2020), as atividades agropecuárias são responsáveis pela utilização de, aproximadamente, 71,2% do território (ou cerca de 3.868,31 km<sup>2</sup>), sendo destinadas às atividades de pecuária, lavouras temporárias e lavouras permanentes, ocupando uma área de 3.179,54 km<sup>2</sup>, 645,32 km<sup>2</sup> e 7,51 km<sup>2</sup>, respectivamente (IBGE, 2017).

Góis (2020), ao estudar a cobertura vegetal no município de Canindé de São Francisco, destacou a mudança dos padrões de uso e ocupação dos solos entre os anos de 1990 e 2018, evidenciou uma redução nas áreas de caatinga e ampliação nas áreas de exploração

agrícolas: caatinga arbórea (16,6%, 13,8%), caatinga arbustiva (36,7%, 20,7%), solo exposto (7,6%, 12,7%), pastagens e cultivos (35,3%, 48,9%), agricultura irrigada e brejos (0,8%, 1,3%).

Já Silva (2016) ao estudar a degradação ambiental no município de Nossa Senhora da Glória, evidenciou o papel das práticas agropecuárias e do uso inadequado dos recursos naturais como principal componente da degradação ambiental no município, isso somado a um sistema agrário marcado pela concentração da propriedade da terra e da água caracterizam graves problemas socioeconômicos que se agravam quando sobrevêm as secas.

Dentro desse contexto, devido às fragilidades e vulnerabilidades dos sistemas ambientais, o planejamento ambiental assume grande importância ao buscar compatibilizar o ordenamento territorial às limitações e capacidades do território, visando a minimização dos impactos e seus efeitos negativos sobre os sistemas socioeconômicos possibilitando a manutenção e/ou melhoria da qualidade de vida da população residente.

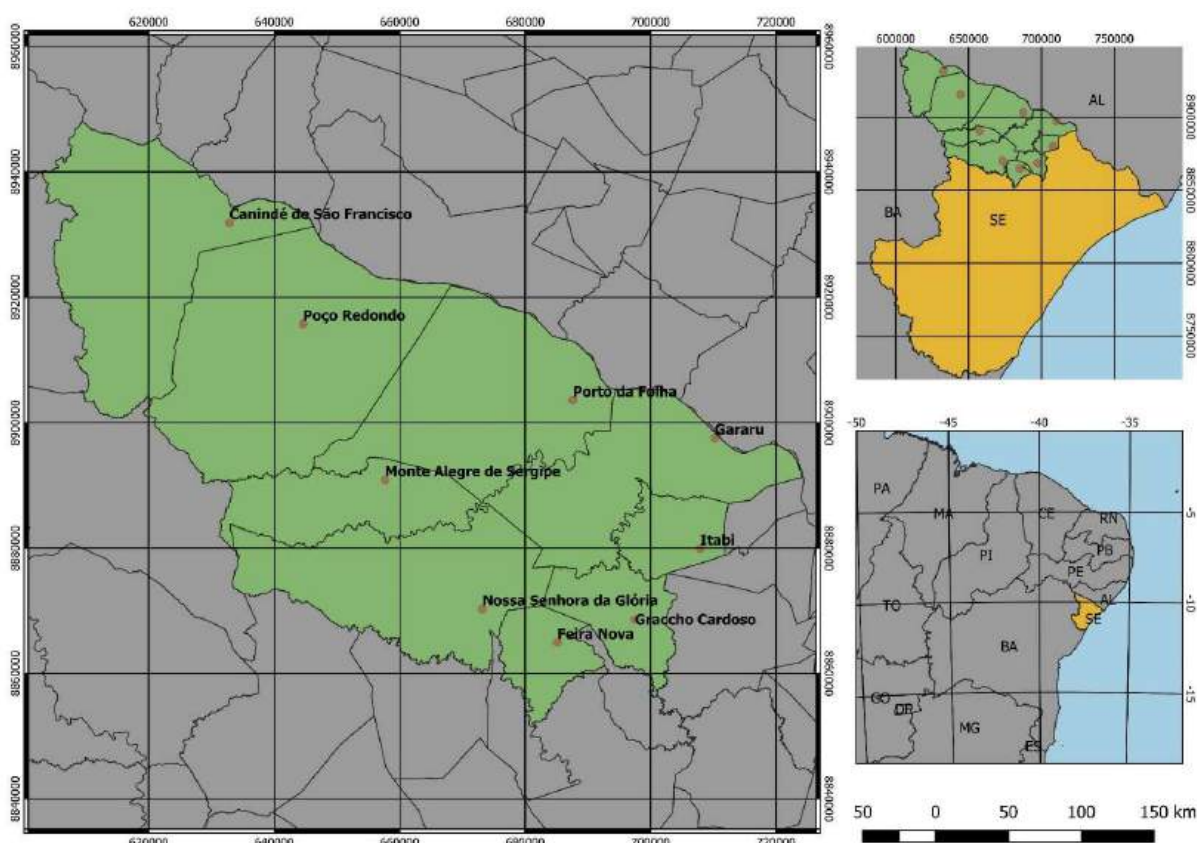
Assim, identificar os graus de fragilidade e vulnerabilidade de cada sistema ambiental que compõe a paisagem semiárida é etapa primordial para o ordenamento territorial que tenha como premissa a sustentabilidade social, econômica e ambiental, sendo necessário o reconhecimento das características naturais, das formas de uso e ocupação, da identificação dos vetores de pressão para, por fim, delimitar as unidades de intervenção locais.

#### 4 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE PESQUISA

A microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco (**Mapa 1**) situada na região noroeste do Estado de Sergipe, localiza-se à, aproximadamente, 76 km de distância da capital sergipana e encontra-se delimitada pelos paralelos 9° 30' S e 10° 23' 24" S e pelos meridianos 36° 57' O e 38° 06' O, ocupando uma área de, aproximadamente 5.444,31 km<sup>2</sup>.

Compõem a microrregião os municípios de Canindé de São Francisco, com área de 934,167 km<sup>2</sup>, Feira Nova, com área de 183,273 km<sup>2</sup>, Gararu, com 656,956 km<sup>2</sup>, Gracho Cardoso, com uma área de 242,679 km<sup>2</sup>, Itabi, 183,422 km<sup>2</sup>, Monte Alegre de Sergipe, com área de 386,912 km<sup>2</sup>, Nossa Senhora da Glória, 758,429 km<sup>2</sup>, Poço Redondo, com 1.220,426 km<sup>2</sup>, e Porto da Folha, com área de 878,043 km<sup>2</sup>.

**Mapa 1** - Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O conhecimento das características ambientais do território analisado, é uma etapa essencial ao processo de planejamento territorial, pois permite identificar os elementos que

compõem a paisagem, e compreender sua dinâmica, os fluxos de matéria e energia que operam no território, os processos que atuam em sua evolução, bem as suas fragilidades intrínsecas possibilitando, desse modo, que se identifiquem pontos mais suscetíveis à ocorrência de processos de degradação.

Dessa forma, este capítulo visa apresentar o conjunto das características ambientais que subsidiarão a identificação e delimitação dos sistemas ambientais, apresentados no Capítulo 7.

#### 4.1 Geologia

A microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco encontra-se situada sobre as províncias estruturais da Borborema, Recôncavo-Tucano-Jatobá e a província costeira e a margem continental, sendo a primeira, a de maior expressão territorial na área de estudo.

Segundo IBGE (2019), a província estrutural Borborema compreende um mosaico de microcontinentes (crátons) e orógenos do Arqueano, Paleoproterozoico e Mesoproterozoico, amalgamados por faixas móveis brasileiras, estas últimas “[...] expostas como remanescentes de bacias de margem passiva invertidas ou por corpos [...] de um intenso plutonismo granítico de arco continental brasileiro sin, tardi e pós-orogênico” (p. 34).

A geologia da área de pesquisa é composta, majoritariamente, por rochas da faixa de dobramentos sergipana, representadas por litótipos ígneos e metamórficos de idade Neoproterozóica a mesoproterozóica e, pontualmente, por litótipos de idade paleozóica e cenozóica, representadas por materiais sedimentares (de composição clástica ou inconsolidada), os quais representam a menor parcela da área em estudo (Mapa 2).

A faixa de dobramentos sergipana, representa um dos sistemas de dobramento da zona transversal da Província Borborema, desenvolvida entre o Meso e Neoproterozoico, formada por domínios limitados por descontinuidades estruturais profundas com feições geológicas distintas (CARVALHO; MARTINS, 2017), localmente subdividida nos domínios geológicos Macururé, Marancó, Poço Redondo e Canindé (**Figura 17**).





O **domínio Macururé**, consiste em uma unidade basal quartzítica, intercalada por xistos, com sillimanita, uma sequência de micaxisto granadífero e metarritmito, com níveis de quartzito, metamorfozada na fácies anfíbolito, com ampla representatividade em ambos os setores da faixa; e de uma sequência de metarritmito fino e cloritaxisto aflorantes na porção sudeste, representadas na com coloração acinzentada, que compõem a maior parte do território em análise.

O **domínio Marancó**, representado em tons de amarelo e laranja na , compreende um conjunto diversificado, litologicamente, com predomínio de rochas vulcanogênicas félsicas, máficas e ultramáficas com intercalações subordinadas de metassedimentos (SANTOS *et al.*, 2001).

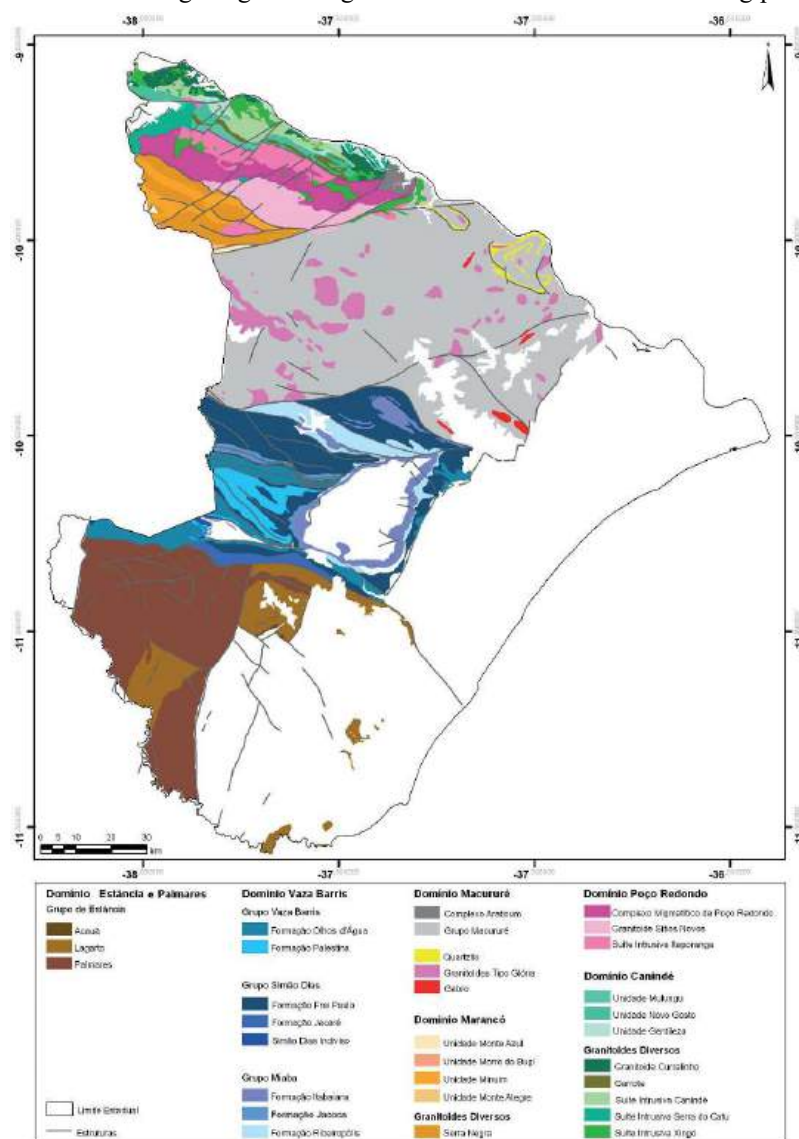
Quanto ao **domínio Poço Redondo**, é constituído por uma sequência de ortognaisses tonalito-granodioríticos e de paragnaisses subordinados, frequentemente migmatizados, representando nível crustal mais profundo que os demais, soerguido por tectônica compressional, orientada de nordeste para sudoeste (SANTOS *et al.*, *idem*).

E, por fim, o **domínio Canindé**, situado mais ao norte, representado em tons de verde, constitui-se de uma faixa orientada à nordeste-sudoeste, acompanhando o sentido do Rio São Francisco. Seu limite sul, com o Domínio Poço Redondo, é marcado por “[...] expressiva zona de cisalhamento dúctil contracional, de alto ângulo, deslocada em vários pontos por falhas transcorrentes sinistras transversais, de direção NE-SW” (SANTOS *et al.*, *idem*, p. 27), preenchidas, pontualmente, por diques básicos. É constituída por rochas metavulcano-sedimentares, frequentemente transpostas e cisalhadas, intrudidas por expressivo corpo gabróico diferenciado, ocorrendo, também, abundantes corpos irregulares de granitóides diversos, de colocação sin, tardi a pós, e pós-tectônicos.

A província estrutural Recôncavo-Tucano-Jatobá, trata-se de extensa área de coberturas sedimentares que recobrem, parcialmente, os limites das províncias estruturais do São Francisco e Borborema. Sua configuração está relacionada aos esforços distensionais que resultaram na fragmentação do Supercontinente Gondwana no Cretáceo Inferior, com o início da abertura do Oceano Atlântico, representando m ramo do Rife Sul-Atlantiano abortado na idade Eoaptiana (~125 milhões de anos), (IBGE, 2019), compostas por arenitos, conglomerados, folhelhos, siltitos.

Por fim, a província costeira e a margem continental, compreendem as formações superficiais cenozoicas no estado de Sergipe contemplando: o Grupo Barreiras e as coberturas cenozoicas (de idades pleistocênicas e holocênicas), (CARVALHO; MARTINS, 2017).

Figura 17 - Domínios geológicos integrantes da Faixa de Dobramentos Sergipana



Fonte: Carvalho; Martins (2017).

O Grupo Barreiras é constituído por sedimentos terrígenos (cascalhos, conglomerados, areias finas e grossas e níveis de argila), pouco ou não consolidados, de cores variegadas e estratificação irregular, normalmente indistinta. O grupo ocorre formando planaltos, ligeiramente inclinados em direção à costa, onde são comuns falésias, enquanto que na borda ocidental (interior do estado), o seu relevo é cuestiforme com drenagem superposta, formando vales de encostas abruptas, (SANTOS *et al.*, 2001). As coberturas cenozoicas, compreendem os depósitos eluvionares e coluvionares não consolidados, constituídos por areias, cascalhos e sedimentos siltico-argilosos, podendo alcançar, no máximo, três metros de espessura (SANTOS *et al.*, *idem*).

## 4.2 Clima

O clima da região é caracterizado como Semiárido do tipo “BSh” segundo a classificação de Köppen, com precipitações inferiores a 800 mm/ano (**Mapa 3**), apresentando duas estações distintas: uma chuvosa, de outono/inverno, com duração de 3 a 5 meses (entre os meses de março a julho) marcados por chuvas irregulares e de pouca duração; e uma estação seca, com duração de 7 a 9 meses e quase não apresenta precipitação (FERNANDES *et al.*, 2015).

Seu regime climático é marcado pela irregularidade na distribuição têmporo-espacial das precipitações, influenciada pela circulação atmosférica do anticiclone semi-estacionário do Atlântico Sul, principal gerador do tempo estável e das estações secas de primavera e verão, cedendo, periodicamente, passagem à atuação de sistemas frontológicos, associados à Frente Polar Atlântica e às Correntes Perturbadas de Leste, as quais são decisivas na manutenção de um regime pluviométrico caracterizado por chuvas mais abundantes no período outono-inverno (LIMA; PINTO, 2012).

Além deste, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), são os responsáveis pelas precipitações entre os meses de novembro a fevereiro, ocasionalmente atuando até março/abril, ocorrendo de forma irregular, em dependência de sua posição, podem produzir tanto chuvas intensas como estiagens em qualquer área de Sergipe, inclusive causando ventos fortes (LIMA; PINTO, *idem*).

As frentes frias, tem atuação associada à bandas de nebulosidade remanescentes deste sistema convectivo, que avançam sobre o sul do estado entre os meses de dezembro a fevereiro e podem influenciar na precipitação nos meses de abril a agosto, interagindo, em alguns casos, com outros sistemas meteorológicos, com seu máximo de precipitação entre maio e julho, durante o início do inverno do Hemisfério Sul – época em que as frentes frias são mais intensas (LIMA; PINTO, *idem*).

Por fim, os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), que atuam no estado de Sergipe entre os meses de maio a agosto. Este sistema está a bandas de nuvens que ocorrem de leste para oeste, originadas sobre o Oceano Atlântico, tendo sua frequência e intensidades associadas às Temperaturas de Superfície do mar do cisalhamento meridional do vento e da circulação troposférica no Atlântico tropical, podendo produzir chuvas intensas e inundações, particularmente em áreas costeiras, e podem penetrar até 400 km dentro do continente.

As temperaturas médias anuais ([Anexo I](#)), apresentam-se elevadas em todos os meses do ano, variando de 25 a 28° C, com os meses de maio a setembro apresentando as menores temperaturas observadas, em decorrência da presença de cobertura de nuvens, que atuam na diminuição da energia incidente sobre a superfície do solo, reduzindo, desse modo, as temperaturas do ar.

Graças às temperaturas elevadas, durante todo o ano, apresentam valores de evapotranspiração variando de um mínimo de 987,20 mm/ano, para o município de Poço Redondo, a um máximo de 2.128,30 mm/ano, no município de Canindé de São Francisco, o que, somadas aos volumes de precipitação, faz com que não apresentem excedente hídrico, com exceção para os municípios de Feira Nova e Gracho Cardoso, entre os meses de junho e agosto ([Apêndice II](#)), que influenciam, por sua vez, no regime hidrológico local, marcado pela intermitência dos canais fluviais e déficit hídrico ao longo do ano - **Tabela 16**.

**Tabela 16** - Evapotranspiração de referência para os municípios da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco. Valores expressos em mm

Município	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	TOTAL
Canindé de São Francisco	200,7	202,5	203,2	187,7	158,2	144	136,2	142,6	164,2	186,5	202,9	199,6	2128,3
Feira Nova	177,1	177,3	172,9	146,5	112,1	97,9	90,1	119,1	112,2	141,8	163,6	171	1681,5
Gararu	185,5	187,2	185,9	158	122,1	105,7	94,7	99,7	119,8	150,1	172,8	181,7	1763,2
Gracho Cardoso	176,2	178,8	174,6	148,7	114,1	99,6	89,5	94,4	114,9	143,7	166,8	173,5	1674,9
Itabi	97,8	99	98	88,6	75,6	67,5	61,9	95,2	72,3	84,8	94	96,5	1031,1
Monte Alegre de Sergipe	99,4	100,1	99,1	89,8	75	67	61,3	95,9	73,4	86,4	96,2	98,2	1041,9
Nossa Senhora da Glória	95	96,2	94,6	85,3	71,7	63,1	57,4	89,2	68,4	81,4	91,2	93,7	987,2
Poço Redondo	99,8	101,1	99,9	93,8	82,3	74	69,2	127,1	81,3	91,2	98,3	99	1117
Porto da Folha	106,1	106,8	106,8	97,6	83,5	76	70,5	108,4	81,3	94,9	103,5	105,5	1140,9

Fonte: Medeiros; Costa (2004).

Pela análise dos dados históricos das estações pluviométricas, apresentados na

**Tabela 17**, observa-se um considerável aumento nas precipitações médias, a partir do mês de março, sendo consequência da atuação de bandas de nebulosidades, associadas à Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, sendo considerado como o sistema responsável pelo aumento dos índices de precipitação pluvial nessa região do Estado, devido ao seu deslocamento mais ao sul no período (PEREIRA *et al.*, 2011; LIMA; PINTO, 2012).

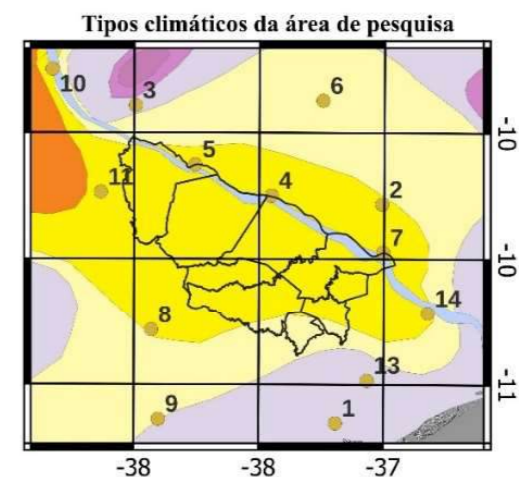
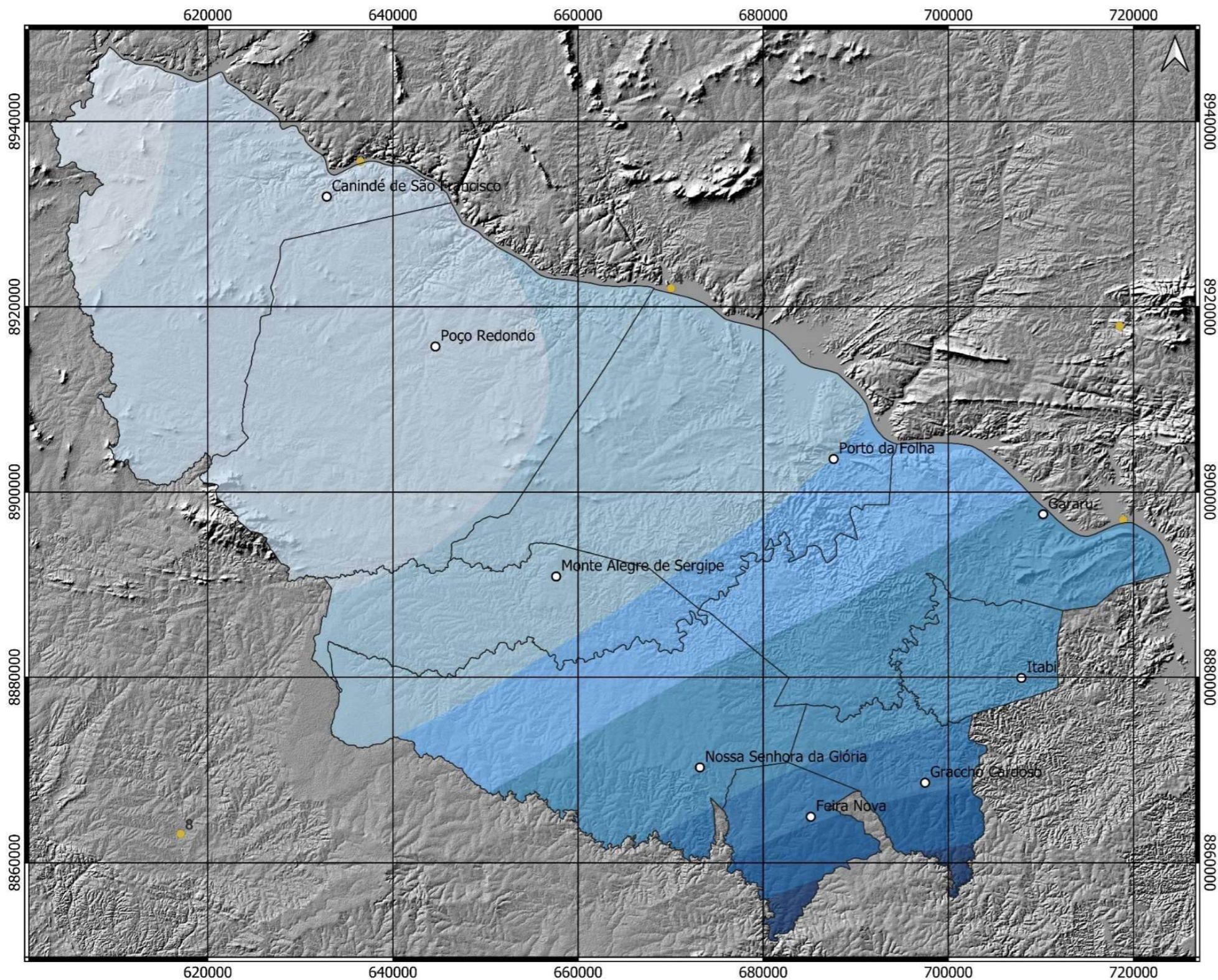
**Tabela 17** - Precipitação média mensal dos municípios da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco.  
Valores expressos em mm

<b>Município</b>	<b>jan</b>	<b>fev</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>mai</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>set</b>	<b>out</b>	<b>nov</b>	<b>dez</b>	<b>TOTAL</b>
Canindé de São Francisco	39,9	41,5	48,5	43,4	57,9	63,8	65,2	37,2	21,9	15,9	11,6	30,7	477,3
Feira Nova	40	40,3	42,4	70,4	113,1	132,6	129,4	79,8	47,4	30,6	20,2	16,4	743,7
Gararu	32,6	31,3	43,2	58,2	106	99,6	99,5	58	36,6	23,4	14,2	13,5	609
Graccho Cardoso	39,4	37,1	41,3	70,6	116,8	133,1	129,9	80,3	47,7	29,3	20,4	14,4	741,5
Itabi	36,2	32,8	41,2	65	113,3	119,4	117,5	71,1	43,2	26,4	17,8	13,1	683
Monte Alegre de Sergipe	37,1	38,5	42,1	44,3	70,7	82,6	85	48,5	29,4	20,9	11,7	22,9	526,3
Nossa Senhora da Glória	38,2	39,9	42	60,1	96,9	114,5	113,8	68,5	41	27,7	17	18,5	663
Porto da Folha	35,1	34,1	40,3	47,3	84,2	90,5	93,1	54,7	32,4	18,1	13,8	16,2	550,6
Poço Redondo	39	39,7	45,7	42	61,4	68,6	70,8	40,2	24,1	17,1	11,1	27,8	485,5

Obs.: Em vermelho, os meses menos chuvosos. Em azul, os meses mais chuvosos

**Fonte:** Organizado pelo autor (2024).

Mapa 3 - Precipitação média anual da microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco



**Precipitação média mensal, por município**

Município	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	TOTAL
Canindé de São Francisco	39,9	41,5	48,5	43,3	57,8	63,8	65,2	37,2	21,8	15,9	11,7	30,7	477,3
Feira Nova	40,0	40,2	42,4	70,4	113,1	132,6	129,4	79,8	47,4	30,5	20,1	16,4	762,3
Gararu	32,6	31,3	43,2	58,2	106,0	99,6	99,5	58,0	36,6	23,4	14,2	13,5	616,1
Graccho Cardoso	39,4	37,1	41,3	70,6	116,8	133,1	129,9	80,3	47,7	29,3	20,4	14,4	760,3
Itabi	36,2	32,8	41,2	65,0	113,3	119,4	117,5	71,1	43,2	26,4	17,8	13,1	697,0
Monte Alegre de Sergipe	37,1	38,5	42,1	44,3	70,7	82,6	85,0	48,5	29,4	20,9	11,7	22,9	533,7
Nossa Senhora da Glória	38,2	39,9	42,0	60,1	96,9	114,5	113,8	68,5	41,0	27,7	17,0	18,5	678,1
Poço Redondo	39,0	39,7	45,7	42,0	61,4	68,6	70,8	40,2	24,1	17,1	11,1	27,8	487,5
Porto da Folha	35,1	34,1	40,3	47,3	84,2	90,5	93,1	54,7	32,4	18,1	13,8	16,2	559,8

**Estações Pluviométricas utilizadas**

ID	Estação	Período	E	N	Total	ID	Estação	Período	E	N	Total
1	Camboata	1990-2019	697686	8821836	1245,05	1	Camboata	1990-2019	697686	8821836	1245,05
2	Capivara II	2005-2019	718493	8917927	640,07	2	Capivara II	2005-2019	718493	8917927	640,07
3	Delmiro Gouveia	1990-2019	610438	8961564	456,98	3	Delmiro Gouveia	1990-2019	610438	8961564	456,98
4	Pão de Açúcar	1990-2019	670052	8921992	509,6	4	Pão de Açúcar	1990-2019	670052	8921992	509,6
5	Piranhas	1990-2019	636487	8935677	460,73	5	Piranhas	1990-2019	636487	8935677	460,73
6	Santana Do Ipanema	1990-2019	692695	8963453	653,13	6	Santana Do Ipanema	1990-2019	692695	8963453	653,13
7	Traipu	1990-2019	718895	8896936	589,97	7	Traipu	1990-2019	718895	8896936	589,97



**MAPA DE PRECIPITAÇÃO ANUAL**

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS, UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM)  
DATUM: SIRGAS 2000, ZONA 24 S, MERIDIANO CENTRAL -39°

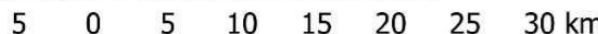
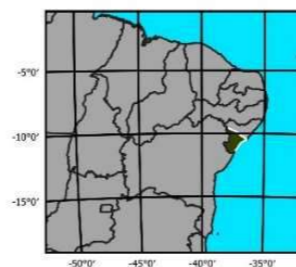
ESCALA: 1:460.000      DATA: 31/08/2024      ELABORAÇÃO: ÉDER GUEDES FREITAS

BASE DE DADOS:

ANA - Agência Nacional das Águas, Hidroweb - Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Séries Históricas de Estações Pluviométricas, 2023.  
IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha Municipal da Divisão Político-administrativa brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.  
Mapa de climas do do Brasil. Escala: 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

**Convenções**

- Sedes municipais
- Macrorregião Sergipana do Sertão do São Francisco
- Sergipe



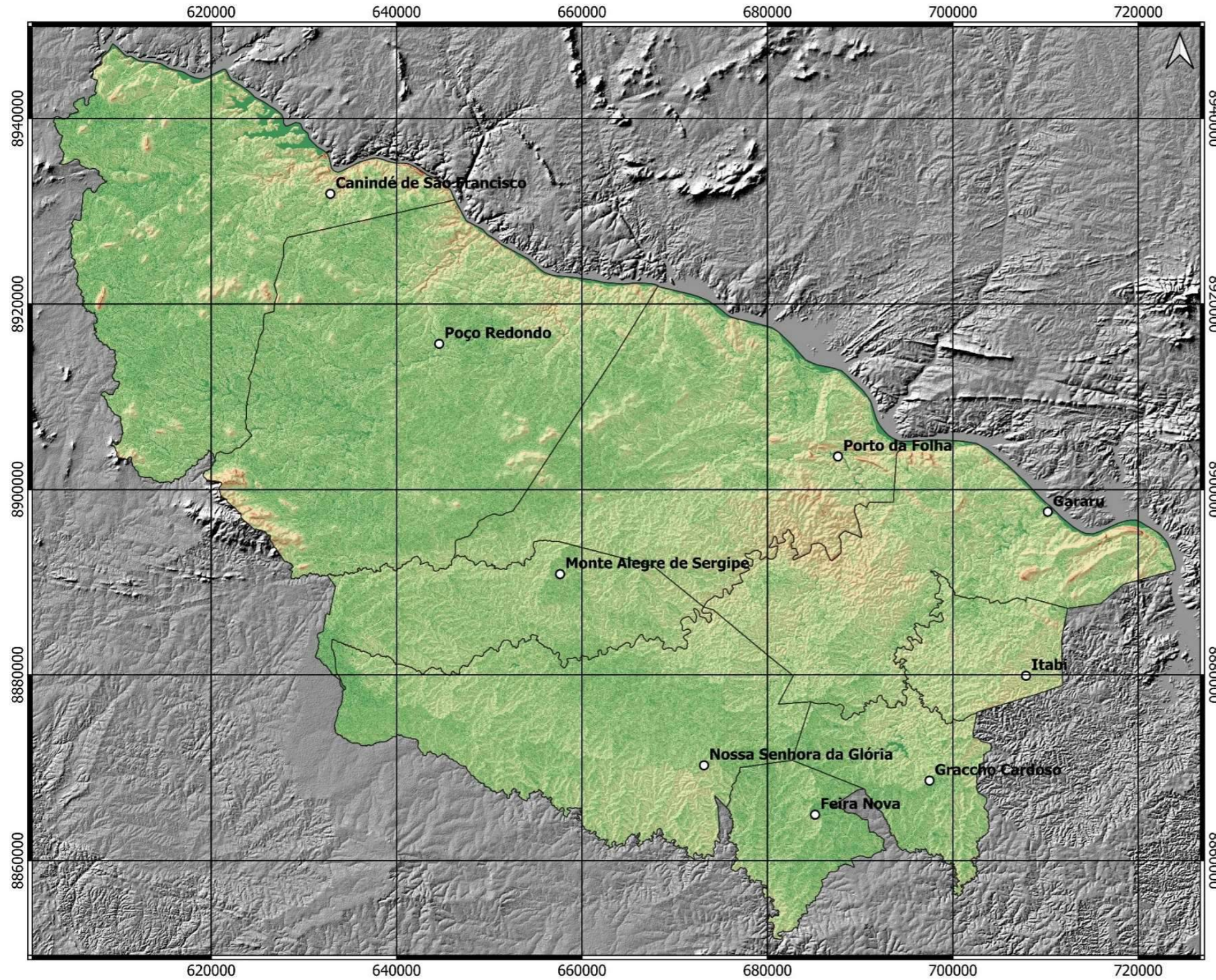
### 4.3 Geomorfologia

As feições morfológicas da área em estudo são caracterizadas por um relevo pouco movimentado, constituídas por um modelado suave, marcados por declividades variando de suave onduladas a onduladas – 3 a 20%, as quais representam cerca de 44 e 36,82% do território da região, respectivamente (**Mapa 4**), e ocorrência de superfícies declivosas, dispersos no território estando associadas aos maciços residuais e as áreas intensamente dissecadas, com declividades apresentando valores superiores a 20% representando cerca de 6,9% (forte onduladas), 0,42% (montanhosas) e 0,02% (escarpadas) do total.

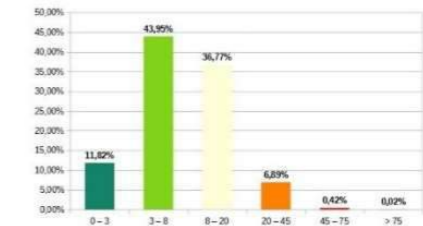
Do ponto de vista morfoestrutural, compreende a área dos Cinturões Móveis Neoproterozóicos, as quais, segundo IBGE (2009, p. 29), compreendem “[...] extensas áreas representadas por planaltos, alinhamentos serranos e depressões interplanálticas elaborados em terrenos dobrados e falhados, incluindo principalmente metamorfitos e granitóides associados”, da faixa de dobramentos sergipana.

Apresenta modesta variação altimétrica, com cotas variando de 100 a 400 m, e pontuadas por serras, as quais representam os pontos mais altos do território. Em termos de compartimentação topográfica, maior parte do território consiste de áreas com cotas altimétricas variando de 100 a 300 m, que juntas representam 85,6% do total, seguidas das áreas de cotas altimétricas menos expressivas, variando de 0 a 100 metros, que representam cerca de 10,2% do total, já as áreas com maiores cotas altimétricas ( > 300 m), perfazem apenas 4,2% da área (**Mapa 5**).

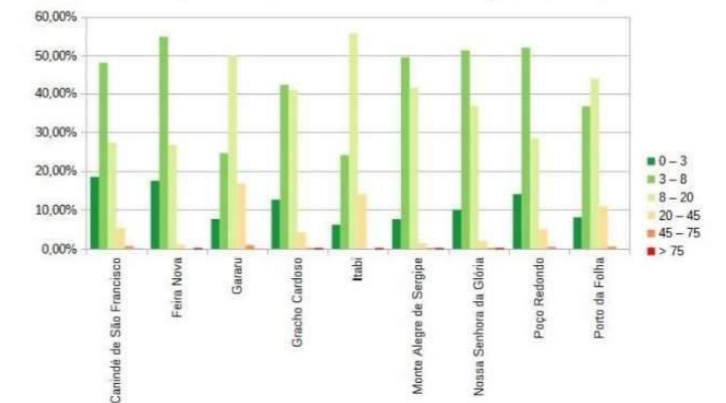
Mapa 4 - Declividade da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco



Distribuição das classes de declividade na Microrregião




Distribuição das classes de declividade por município



Declividade por município. (Valores expressos em km² e %)

Município		0 - 3	3 - 8	8 - 20	20 - 45	45 - 75	> 75
Canindé de São Francisco	km	172,65	449,45	255,01	49,6	6,25	0,52
	%	18,50%	48,15%	27,32%	5,31%	0,67%	0,06%
Feira Nova	km	32,02	100,49	49	1,75	0,01	0
	%	17,47%	54,83%	26,74%	0,95%	0,01%	0,00%
Gararu	km	49,9	160,93	327,34	109,8	5,92	0,25
	%	7,63%	24,60%	50,04%	16,79%	0,91%	0,04%
Graccho Cardoso	km	30,68	102,46	99,31	10,22	0	0
	%	12,64%	42,22%	40,92%	4,21%	0,00%	0,00%
Itabi	km	11,26	44,16	102,12	25,82	0,06	0
	%	6,14%	24,08%	55,68%	14,08%	0,03%	0,00%
Monte Alegre de Sergipe	km	29,38	191,6	160,51	5,41	0	0
	%	7,59%	49,52%	41,49%	1,40%	0,00%	0,00%
Nossa Senhora da Glória	km	75,62	389,07	278,67	15,08	0	0
	%	9,97%	51,30%	36,74%	1,99%	0,00%	0,00%
Poço Redondo	km	171,39	633,42	346,48	61,25	5,91	0,14
	%	14,06%	51,98%	28,43%	5,03%	0,48%	0,01%
Porto da Folha	km	70,78	321,16	383,68	96,27	4,75	0,04
	%	8,07%	36,63%	43,77%	10,98%	0,54%	0,00%
TOTAL		643,68	2392,74	2002,12	375,2	22,9	0,95



## MAPA DE DECLIVIDADE

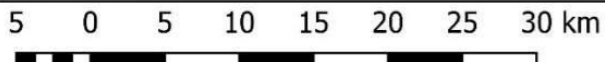
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS, UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM)  
DATUM: SURGAS 2000, ZONA 24 S, MERIDIANO CENTRAL -39°

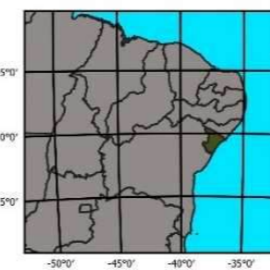
ESCALA: 468.000	DATA: 22/08/2024	ELABORAÇÃO: ÉDER GUEDES FREITAS
-----------------	------------------	---------------------------------

BASE DE DADOS:  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha municipal digital da divisão político-administrativa brasileira, Rio de Janeiro: IBGE, 2020.  
JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency. PALSAR data [CEOS]. Fairbank: Alaska. Resolução: 12,5 m. Cenra: AP\_23659\_FBD\_F6980; AP\_23659\_FBD\_F6990; AP\_23907\_FBD\_F6980; AP\_23907\_FBD\_F6990; AP\_24330\_FBD\_F6970; AP\_24753\_FBD\_F6980.

**Convenções**

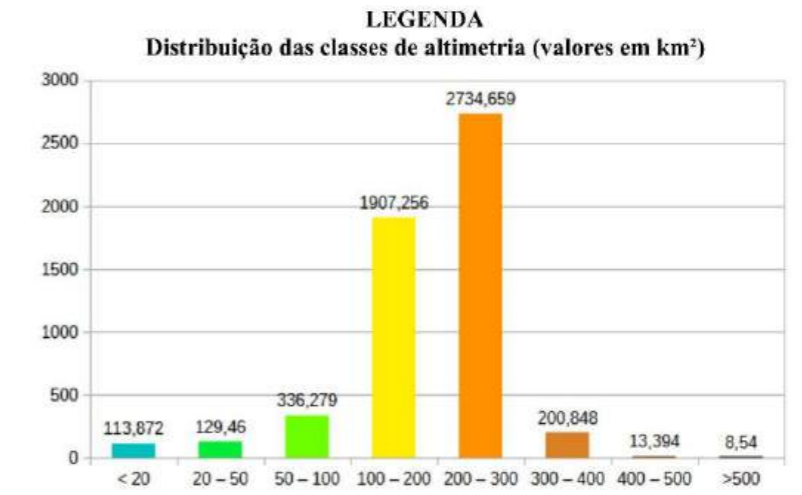
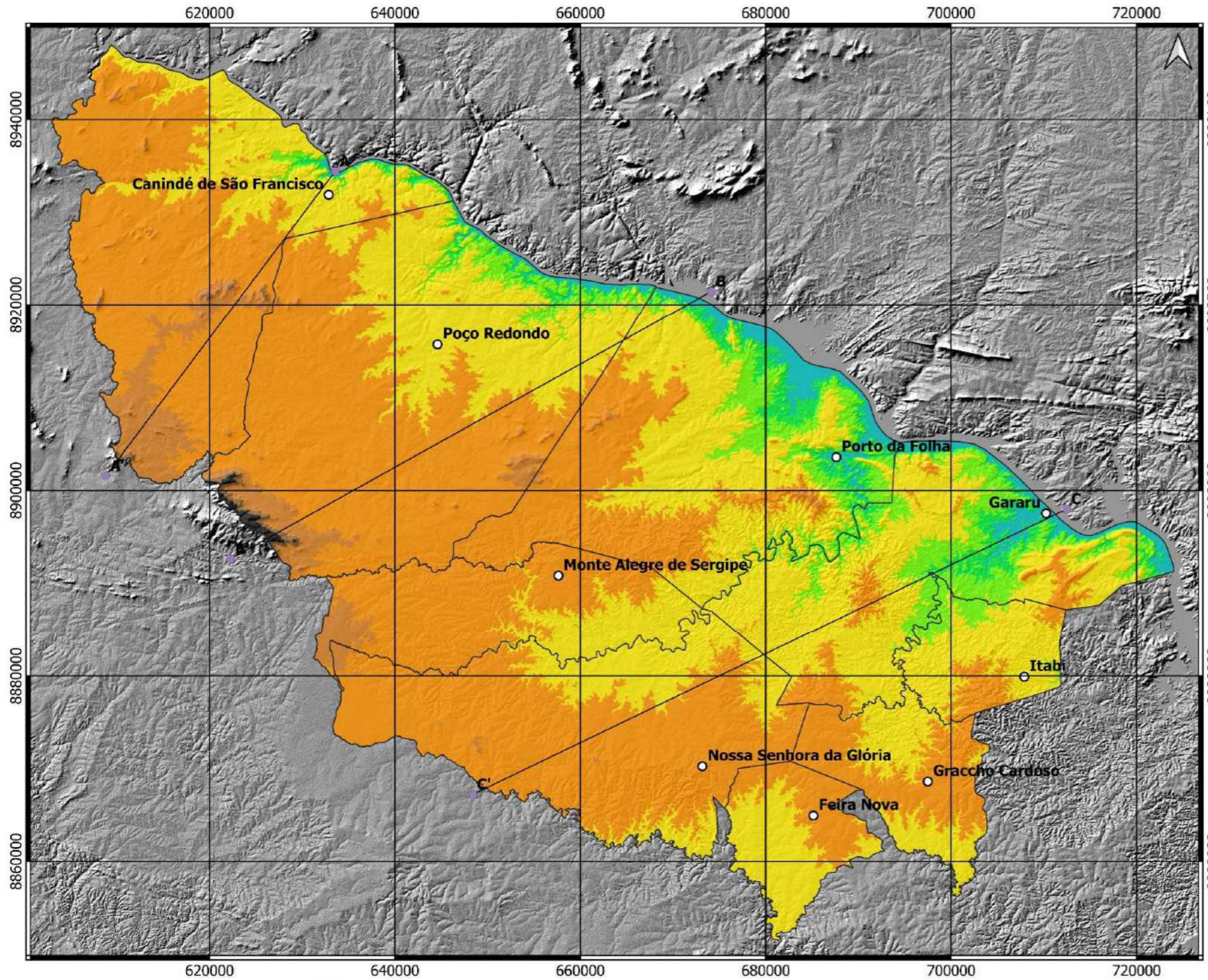
- Sedes municipais
- Limites municipais
- Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco
- Sergipe





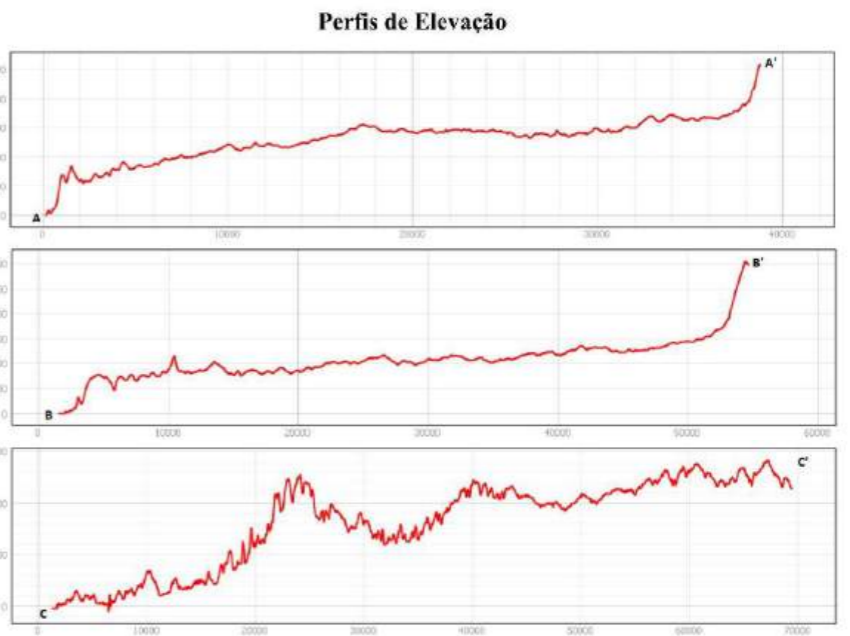


Mapa 5 - Declividade da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco



### Distribuição das classes de altimetria por município

MUNICÍPIO	< 20	20 - 50	50 - 100	100 - 200	200 - 300	300 - 400	400 - 500	> 500
Canindé de São Francisco	3,774	5,299	13,434	223,711	580,15	104,244	3,449	0,105
Feira Nova	**	**	0,03	110,856	72,387	**	**	**
Gararu	43,219	49,473	138,481	358,603	66,758	0,421	**	**
Graccho Cardoso	**	**	**	102,256	140,423	**	**	**
Itabi	**	0,292	22,494	125,348	35,278	0,009	**	**
Monte Alegre de Sergipe	**	**	0,001	97,932	265,228	23,75	**	**
Nossa Senhora da Glória	**	**	0,006	171,18	579,825	7,424	**	**
Poço Redondo	12,482	14,309	52,064	367,193	695,052	59,746	9,945	8,435
Porto da Folha	54,397	60,087	109,169	350,177	298,958	5,254	**	**
MUNICÍPIO	%							
Canindé de São Francisco	0,40%	0,57%	1,44%	23,95%	62,10%	11,16%	0,37%	0,01%
Feira Nova	**	**	0,02%	60,49%	39,50%	**	**	**
Gararu	6,58%	7,53%	21,08%	54,59%	10,16%	0,06%	**	**
Graccho Cardoso	**	**	**	42,14%	57,86%	**	**	**
Itabi	**	0,16%	12,26%	68,34%	19,23%	0,005%	**	**
Monte Alegre de Sergipe	**	**	0,0003%	25,31%	68,55%	6,14%	**	**
Nossa Senhora da Glória	**	**	0,001%	22,57%	76,45%	0,98%	**	**
Poço Redondo	1,02%	1,17%	4,32%	30,09%	57,00%	4,90%	0,81%	0,69%
Porto da Folha	6,20%	6,84%	12,43%	39,88%	34,05%	0,60%		



## MAPA HIPSOMÉTRICO

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS, UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM)  
 DATUM: SIRGAS 2000, ZONA 24 S, MERIDIANO CENTRAL -39°

ESCALA: 1:460.000	DATA: 25/08/2024	ELABORAÇÃO: ÉDER GUEDES FREITAS
-------------------	------------------	---------------------------------

BASE DE DADOS:  
 IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Malha Municipal da Divisão Político-administrativa brasileira, Rio de Janeiro: IBGE, 2020.  
 JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency, PALSAR data (CEOS), Fairbanks: Alaska, Resolução: 12,5m, Cenús: AP\_23059\_FBD\_F0089; AP\_23650\_FBD\_F0090; AP\_23907\_FBD\_F0086; AP\_23907\_FBD\_F0099; AP\_24334\_FBD\_F0078; AP\_24753\_FBD\_F0680

Convenções

- Sedes municipais
- Limites municipais
- Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco
- Sergipe

As unidades geomorfológicas que ocorrem na área de pesquisa, são resultantes dos processos de erosão diferencial, que atuaram ao longo do tempo geológico formando um arranjo de formas, altimétrica e fisionomicamente, semelhantes quanto aos seus modelados. Na área, em questão, podem ser identificadas os compartimentos de Planícies e Terraços Fluviais do Rio São Francisco, as áreas de Pediplanos do Baixo São Francisco e os Tabuleiros Dissecados do Vaza-Barris (**Mapa** ).

Os pediplanos do baixo São Francisco, abrangem o conjunto de feições de dissecação homogênea, elaborada sobre sucessivas fases de retomada dos processos erosivos, sem perder a característica principal de aplainamento. As formas predominantes na paisagem consistem de áreas levemente inclinadas, com topos convexos, e dissecação pouco pronunciada, resultando em um modelado, com declives suaves (variando de planos a suave ondulados), marcados por elevações residuais (tipo inselbergs e maciços residuais), solos pouco desenvolvidos e pouco profundos, além da presença de detritos no perfil do solo resultante.

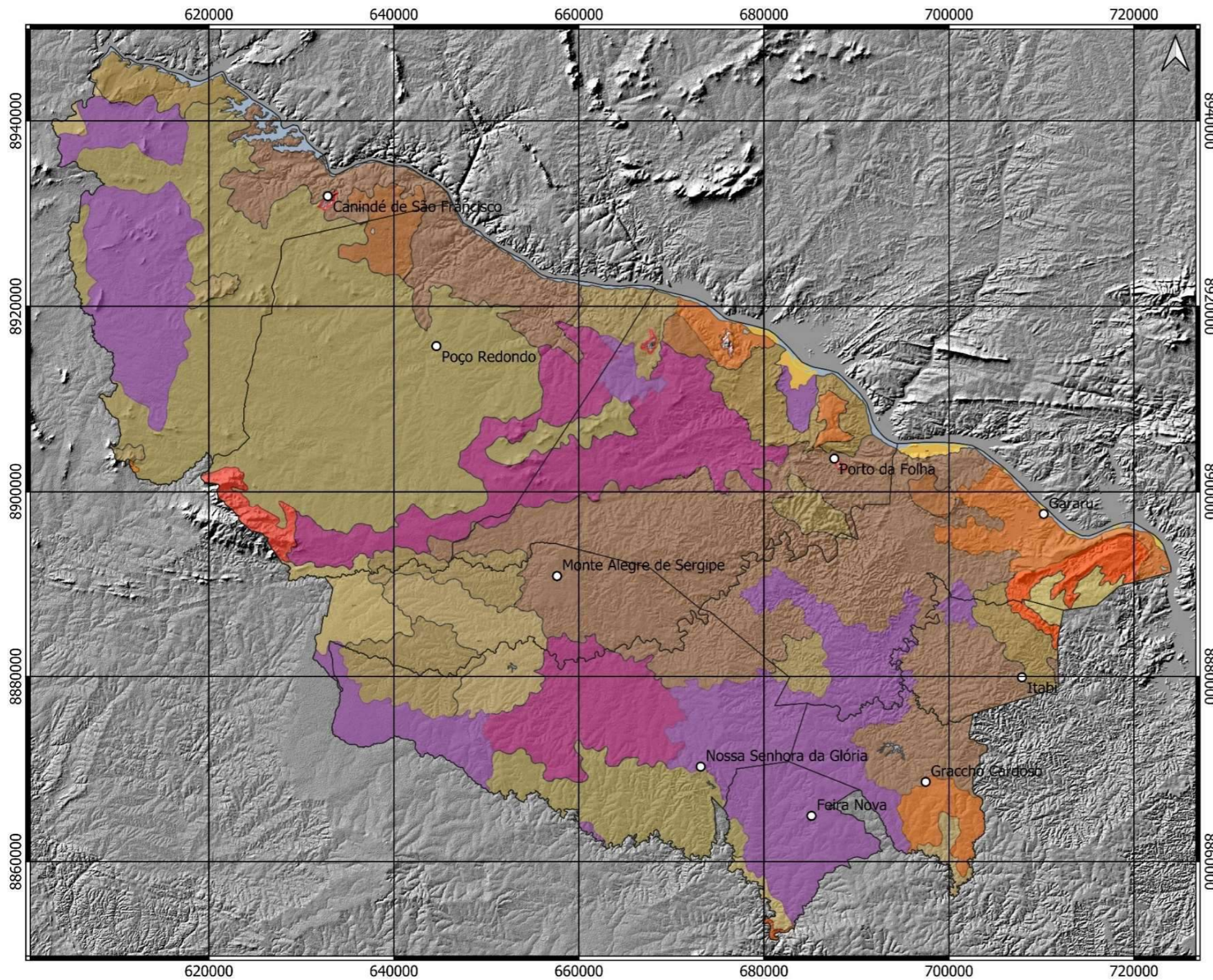
Os Tabuleiros do Vaza-Barris, abrangem áreas de relevo tabuliformes e de dissecação menos profundas e uma maior densidade de drenagem, ocorrendo sobre rochas metamórficas (compostas por xistos, quartzitos, filitos e granitos).

Por fim, os compartimentos de Planícies e Terraços Fluviais do Rio São Francisco, estão associadas às regiões mais rebaixadas do relevo local, com cotas altimétricas inferiores a 50 metros, compostas por feições de acumulação, com presença de solos profundos, poucos desenvolvidos e relevo plano.

Quanto às feições, na área são identificadas aquelas associadas a processos de acumulação, aplainamento e dissecação, estas últimas, dominando as formas existentes na região. Os modelados de acumulação, correspondem às áreas nas quais há a ocorrência de deposição dos materiais oriundos das regiões circunvizinhas, de cotas mais elevadas, resultantes de processos de dissecação e transporte dos sedimentos carregados por ação gravitacional, pluvial, fluvial, eólica e/ou marinha.

Na área foi identificada a feição de planície fluvial (**Planície – Apf**), a qual compreende uma área plana resultante de acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas, correspondendo às várzeas atuais. Ocorre nos vales com preenchimento aluvial, restrita à área do Rio São Francisco, devido à escala de mapeamento adotada no levantamento do IBGE (2018).

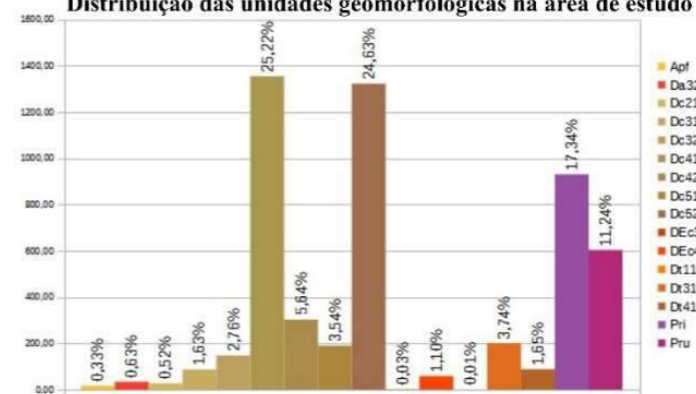
Mapa 6 - Unidades geomorfológicas da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco



**LEGENDA**  
**Unidades geomorfológicas**

SIGLA	UNIDADE	NATUREZA	CARACTERÍSTICA	FORMA	DRENAGEM	INCISÃO
Apf	Planícies e Terrços Fluviais do Rio São Francisco	acumulação	fluvial	planície		
Da32	Pediplano do Baixo São Francisco	dissecação	dissecação homogênea ou diferencial	topo aguçado	média	faco : > 50 a 100m
De21	Pediplano do Baixo São Francisco	dissecação	dissecação homogênea ou diferencial	topo convexo	baixa	muito faco : até 50m
De31	Pediplano do Baixo São Francisco	dissecação	dissecação homogênea ou diferencial	topo convexo	média	muito faco : até 50m
De32	Pediplano do Baixo São Francisco	dissecação	dissecação homogênea ou diferencial	topo convexo	média	faco : > 50 a 100m
De41	Pediplano do Baixo São Francisco	dissecação	dissecação homogênea ou diferencial	topo convexo	alta	muito faco : até 50m
De42	Pediplano do Baixo São Francisco	dissecação	dissecação homogênea ou diferencial	topo convexo	alta	faco : > 50 a 100m
De51	Pediplano do Baixo São Francisco	dissecação	dissecação homogênea ou diferencial	topo convexo	muito alta	muito faco : até 50m
De52	Pediplano do Baixo São Francisco	dissecação	dissecação homogênea ou diferencial	topo convexo	muito alta	faco : > 50 a 100m
DE.c32	Tabuleiro Dissecado do Vaza-Barris	dissecação	dissecação estrutural	topo convexo		
DE.e42	Pediplano do Baixo São Francisco	dissecação	dissecação estrutural	topo convexo		
Dt11	Tabuleiro Dissecado do Vaza-Harris	dissecação	dissecação homogênea ou diferencial	topo tabular	muito baixa	muito faco : até 50m
D31	Pediplano do Baixo São Francisco	dissecação	dissecação homogênea ou diferencial	topo tabular	média	muito faco : até 50m
D41	Pediplano do Baixo São Francisco	dissecação	dissecação homogênea ou diferencial	topo tabular	alta	muito faco : até 50m
Pri	Pediplano do Baixo São Francisco	aplanamento	retocado inumado	pediplano		
Pru	Pediplano do Baixo São Francisco	aplanamento	retocado desnudado	pediplano		

Distribuição das unidades geomorfológicas na área de estudo



Unidades geomorfológicas por município

Legenda	Canindé de São Francisco	Feira Nova	Gararu	Graccho Cardoso	Itabi	Monte Alegre de Sergipe	Nossa Senhora da Glória	Poço Redondo	Porto da Folha
Apf	--	--	8,76	--	--	--	--	--	8,95
Da32	--	--	--	--	--	--	--	33,78	--
De21	--	--	21,86	--	5,9	--	--	--	--
De31	8,45	11,75	--	--	--	55,5	0,06	11,62	--
De32	--	--	--	16,48	--	76,71	54,11	--	--
De41	418,32	6,56	--	--	--	--	165,75	755,75	23,39
De42	17,23	--	28,61	--	--	83,93	58,38	47,64	67,14
De51	52,93	--	6,17	--	42,9	--	--	--	89,89
De52	110,45	--	293,26	89,46	111,49	153,81	73,4	150,01	346,3
DE.c32	--	1,7	--	--	--	--	--	--	--
DE.e42	--	--	50,54	--	8,45	--	--	--	--
Dt11	0,63	--	0	--	--	--	--	--	--
D31	--	0,29	101,15	54,24	--	--	--	--	45,82
D41	21,52	--	15,9	--	--	--	--	37,63	14,63
Pri	304,16	161,89	118,82	80,52	14,4	3,98	214,15	2,18	38,5
Pru	--	--	--	--	--	12,9	190,18	174,81	225,21

## MAPA GEOMORFOLÓGICO

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS, UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM)  
DATUM: SIRGAS 2000, ZONA 24 S, MERIDIANO CENTRAL -39°

ESCALA: 1:460.000    DATA: 31/08/2024    ELABORAÇÃO: ÉDER GUEDES FREITAS

BASE DE DADOS:  
IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Malha Municipal da Divisão Político-administrativa brasileira, Rio de Janeiro: IBGE, 2020.  
Mapeamento de recursos naturais do Brasil, Geomorfologia, Escala: 1:250.000, Folha SC-24, Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

**Convenções**

- Sedes municipais
- Macrorregião Sergipana do Sertão do São Francisco
- Áreas Urbanas
- Corpos Hídricos
- Sergipe

Os modelados de aplainamento, abrangem as áreas nas quais a atuação dos processos erosivos resultou na formação de um modelado levemente inclinado, com declividades, no geral, baixas, representando relevos com modelados suava ondulados a planos. Na área foram identificadas áreas de **Pediplano Retocado Inumado/Desnudado – Pri, Pru**, a primeira, correspondendo a feições com presença de “[...] cobertura detrítica e/ou encouraçamentos com mais de um metro de espessura, indicando remanejamentos sucessivos (Pri), ou rochas pouco alteradas truncadas pelos processos de aplainamento que desnudaram o relevo (Pru)” (IBGE, 2009, p. 40).

Por fim, os modelados de dissecação, mais representativos na paisagem da área em questão, compreendendo as feições caracterizadas como dissecados homogêneos, dissecados estruturais e dissecados em ravinas, em função da intensidade dos processos erosivos e da estrutura que influenciam na gênese e evolução das formas identificadas.

Na área, há predominância de feições de dissecação **homogênea (D)** que não apresentam controle estrutural marcante, predominantemente dissecada em formas com topos convexos (c), tabulares (t) ou aguçados (a).

Em menor dimensão, há ocorrência de feições de dissecação **estrutural (E)** marcadas por evidências de controle estrutural da drenagem, que apresentam padrões paralelos, lineares ou em treliça, e caracterizada por inúmeras cristas, vales e sulcos estruturais.

#### 4.4 Solos

A composição litológica da região, em estudo, predominantemente, representada por rochas do embasamento cristalino, combinada às condições climáticas semiáridas, que atuaram na esculturação e modelagem das formas de relevo, favoreceram a formação de um quadro de solos, em geral, pouco espessos e desenvolvidos, predominando as classes de NEOSSOLOS litólicos, PLANOSSOLOS, LUVISSOLOS, NEOSSOLOS regolíticos e ARGISSOLOS, respectivamente.

Para EMBRAPA (2018), os ARGISSOLOS, compreendem solos constituídos por material mineral, tendo como característica principal a presença de B textural com argila de atividade baixa, ou atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico, ocorrendo imediatamente abaixo dos horizontes superficiais do solo.

Esta classe apresenta solos de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e mais raramente brunadas ou acinzentadas, e apresenta transição entre os horizontes superficiais, normalmente, clara, abrupta ou gradual, com incremento nos teores de argila do horizonte A ao Bt.

Estes solos se desenvolvem a partir de diversos materiais de origem, ocorrendo em áreas de relevo plano a montanhoso. Devido às características de transição entre os horizontes superficial e subsuperficial, fazem deste solo altamente suscetível aos processos erosivos, em decorrência da presença de horizonte de acumulação de argila, sendo maiores as limitações quanto maiores forem as diferenças texturais entre os horizontes. Além desta, a presença de cascalhos e ocorrência de setores de maiores declividades também constituem condicionantes para o agravamento dos processos erosivos (CUNHA *et al.*, 2010).

Os LUVISSOLOS, são solos, no geral, rasos a pouco profundos, com presença de B textural, imediatamente abaixo dos horizontes A ou E, com argila de alta atividade, moderadamente ácidos a neutros, elevada saturação por bases. Apresenta sequência de horizontes A, Bt e C, com nítida diferença entre os horizontes A e Bt, apresentando transição abrupta (EMBRAPA, *idem*). Apresentam revestimento pedregoso em sua superfície ou ao longo do perfil do solo e sua ocorrência está relacionada a área de relevo suave ondulado ou ondulados. Assim como os ARGISSOLOS, apresentam-se como solos altamente suscetíveis aos processos erosivos, devido à mudança textural entre os horizontes dos solos, mesmo quando localizadas em áreas de relevo suave onduladas (CUNHA *et al.*, *idem*).

Os NEOSSOLOS, por sua vez, compreendem um conjunto de solos jovens, pouco desenvolvidos, apresentando sequência de horizontes A-R, A-C-R, A-Cr-R, A-Cr, A-C, O-R ou H-C, variando em profundidade e quanto às características do relevo e ambientes de ocorrência. Subdivide-se em quatro subordens: NEOSSOLOS litólicos, regolíticos, flúvicos e quartzarênicos (EMBRAPA, *idem*), sendo os dois primeiros os de maior ocorrência na área em estudo.

Os NEOSSOLOS litólicos, são solos pouco profundos, apresentando sequência de horizontes A-C; A-Cr; A-Bi-C, nesse último caso não apresentando espessura suficiente para caracterizar como CAMBISSOLO. Ocorrem em áreas de relevo variando de suave ondulado a montanhoso. Devido à sua pouca espessura, textura, bem como às características do relevo na qual ocorre apresentam suscetibilidade muito alta aos processos erosivos.

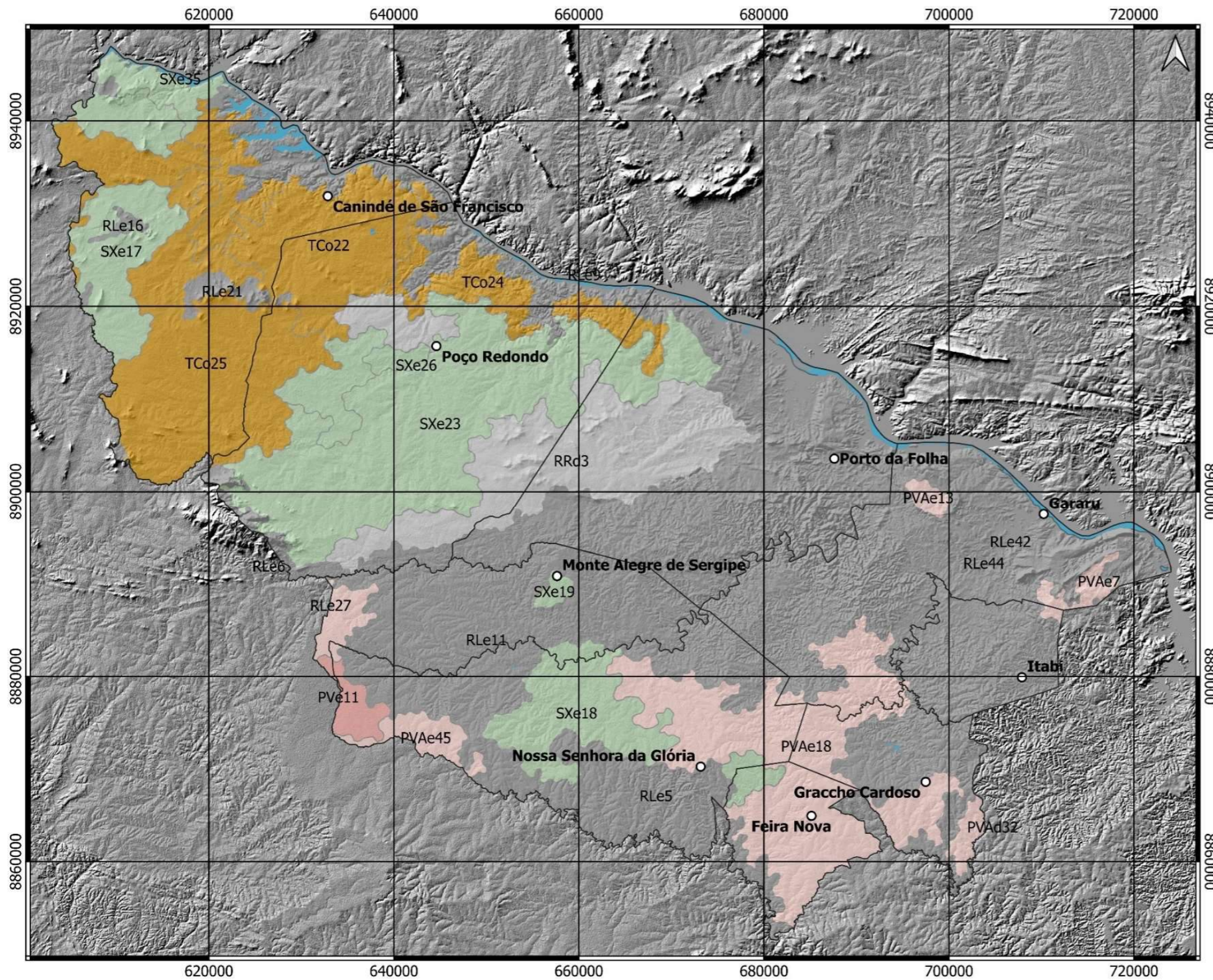
Os NEOSSOLOS regolíticos, são constituídos por solos sem contato lítico dentro de 50 cm a partir da superfície, apresenta sequência de horizontes A-C, A-Cr ou A-Bi-C, sem

condições para caracterizar como CAMBISSOLO. Quanto à erodibilidade, são moderadamente suscetíveis aos processos erosivos, devido sua maior espessura e às características do relevo onde ocorrem (CUNHA *et al.*, *idem*).

Já os PLANOSSOLOS, apresentam sequência de horizonte A, AB ou A, E (álbico ou não) ou Eg, seguidos de Bt, Btg, Btn ou Btng. Apresentam mudança textural abrupta entre os horizontes superficiais e o B plânico, que se apresenta mais adensado, com presença de estruturas fortes e grandes em blocos angulares, frequentemente com aspecto cúbico, ou estrutura prismática ou colunar e apresentando consistência dura a extremamente dura quando seca.

Quanto ao ambiente de ocorrência, predominam em área de relevo plano ou suave onduladas, as quais somadas às características morfológicas e texturais, favorecem o acúmulo de excesso de água e a saturação das camadas superiores do solo (EMBRAPA, *idem*). Quanto aos aspectos erosivos, apresentam-se muito propensos à ocorrência de erosão, sobretudo, superficial, em virtude do maior adensamento do horizonte subsuperficial, que atua como barreira à percolação d'água. Contudo, devido as características do relevo onde ocorrem, amenizam o problema (CUNHA *et al.*, *idem*). Na área são encontradas as seguintes associações de solos, apresentado no **Mapa** .

Mapa 7 - Mapa pedológico



Distribuição das classes de solo por município

MUNICÍPIO	RRd	RLe	SXe	TCo	PVAe	PVe	PVAe
Canindé de São Francisco	0,00	105,69	228,60	573,66	0,00	0,00	0,04
Feira Nova	0,00	24,25	14,43	0,00	0,00	0,00	144,59
Gararu	0,00	544,47	0,00	0,00	0,00	0,00	97,09
Gracho Cardoso	0,00	134,41	0,00	0,00	18,23	0,00	88,90
Itabi	0,00	179,75	0,00	0,00	0,00	0,00	3,67
Monte Alegre de Sergipe	0,03	334,98	20,53	0,00	0,00	2,92	28,45
Nossa Senhora da Glória	0,00	393,64	158,09	0,00	0,00	28,09	178,20
Poço Redondo	180,73	125,00	595,59	310,68	0,00	0,00	0,00
Porto da Folha	208,45	579,75	61,54	14,02	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>389,21</b>	<b>2.421,95</b>	<b>1.078,78</b>	<b>898,37</b>	<b>18,23</b>	<b>31,01</b>	<b>540,95</b>

MUNICÍPIO	RRd	RLe	SXe	TCo	PVAe	PVe	PVAe
Canindé de São Francisco	0,00%	11,31%	24,47%	61,41%	0,00%	0,00%	0,00%
Feira Nova	0,00%	13,23%	7,88%	0,00%	0,00%	0,00%	78,89%
Gararu	0,00%	82,88%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	14,78%
Gracho Cardoso	0,00%	55,39%	0,00%	0,00%	7,51%	0,00%	36,63%
Itabi	0,00%	98,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,00%
Monte Alegre de Sergipe	0,01%	86,58%	5,31%	0,00%	0,00%	0,75%	7,35%
Nossa Senhora da Glória	0,00%	51,90%	20,84%	0,00%	0,00%	3,70%	23,50%
Poço Redondo	14,81%	10,24%	48,80%	25,46%	0,00%	0,00%	0,00%
Porto da Folha	23,74%	66,03%	7,01%	1,60%	0,00%	0,00%	0,00%

LEGENDA	DESCRIÇÃO
FVAe32	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico plintossólico média argilosa A moderado plano e suave ondulado ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico média argilosa A moderado plano e suave ondulado
FVAe13	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico média argilosa A fraco e A moderado suave ondulado e ondulado NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico típico arenosa e média A fraco e A moderado ondulado e suave ondulado
FVAe18	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrupto plintossólico média argilosa A moderado suave ondulado e plano PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico solódico média argilosa A moderado plano e suave ondulado
FVAe45	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrupto e plintossólico média argilosa A fraco e A moderado suave ondulado e plano LUVISSOLO CRÔMICO Pálico abrupto e plintossólico média argilosa A fraco e A moderado suave ondulado e plano
FVAe7	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico média argilosa A moderado suave ondulado e ondulado NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico típico média A moderado suave ondulado e ondulado
PVe11	ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abrupto plintossólico média argilosa A moderado plano e suave ondulado NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico fragmentário e típico arenosa e média A fraco e A moderado pedregosa suave ondulado
RLe11	NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico típico média A fraco e A moderado pedregosa suave ondulado e ondulado ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrupto plintossólico e solódico média argilosa A fraco e A moderado suave ondulado e plano
RLe16	NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico típico arenosa e média A fraco pedregosa ondulado e suave ondulado AFLORENTOS DE ROCHAS
RLe18	NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico típico arenosa e média A fraco e A moderado rochosa forte ondulado e ondulado LUVISSOLO CRÔMICO Ortico típico média argilosa A fraco e A moderado pedregosa ondulado e suave ondulado
RLe21	NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico típico arenosa e média A fraco e A moderado pedregosa rochosa forte ondulado e montanhoso AFLORENTOS DE ROCHAS
RLe27	NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico típico média A moderado pedregosa suave ondulado LUVISSOLO CRÔMICO Ortico típico média argilosa A moderado suave ondulado
RLe42	NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico típico arenosa e média A fraco e A moderado rochosa suave ondulado e ondulado PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico solódico arenosa média, arenosa argilosa e média argilosa A fraco e A moderado suave ondulado
RLe44	NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico típico arenosa e média A fraco e A moderado rochosa ondulado e forte ondulado LUVISSOLO CRÔMICO Ortico vertissólico e típico média argilosa A fraco e A moderado suave ondulado e ondulado
RLe46	NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico típico média A moderado pedregosa ondulado e suave ondulado ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico média argilosa A moderado suave ondulado e ondulado
RLe48	NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico típico média A moderado pedregosa ondulado e suave ondulado LUVISSOLO CRÔMICO Ortico vertissólico média argilosa A moderado suave ondulado
RLe49	NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico típico média A fraco rochosa ondulado e forte ondulado LUVISSOLO CRÔMICO Ortico vertissólico média argilosa A fraco ondulado e forte ondulado
RRd3	NEOSSOLO REGOLITICO Distrófico fragipânico arenosa cascalhenta A fraco plano e suave ondulado NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico típico arenosa e média A fraco rochosa suave ondulado e ondulado PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico solódico arenosa média, arenosa argilosa e média argilosa A fraco e A moderado plano e suave ondulado
SXe17	PLANOSSOLO NÁTRICO Ortico típico arenosa média, arenosa argilosa e média argilosa A fraco e A moderado, suave ondulado
SXe18	PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico solódico arenosa média, arenosa argilosa e média argilosa A fraco e A moderado suave ondulado e plano NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico típico arenosa e média A fraco e A moderado suave ondulado
SXe19	PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico solódico arenosa média, arenosa argilosa e média argilosa A fraco e A moderado suave ondulado ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrupto e plintossólico arenosa média, arenosa argilosa e média argilosa A moderado suave ondulado
SXe23	PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico solódico arenosa média, arenosa argilosa e média argilosa A fraco plano e suave ondulado NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico típico arenosa e média A fraco pedregosa suave ondulado e ondulado
SXe26	PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico solódico arenosa média, arenosa argilosa e média argilosa A fraco suave ondulado NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico típico arenosa e média A fraco pedregosa suave ondulado e ondulado
SXe35	PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico solódico e arênico arenosa média e arenosa argilosa A fraco plano e suave ondulado PLANOSSOLO HÁPLICO Carbonático típico arenosa média, arenosa argilosa e média argilosa A fraco plano e suave ondulado
TCo22	LUVISSOLO CRÔMICO Ortico vertissólico média argilosa A fraco plano e suave ondulado NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico típico arenosa e média A fraco rochosa suave ondulado
TCo24	LUVISSOLO CRÔMICO Ortico vertissólico média argilosa A fraco suave ondulado e ondulado NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico típico média A fraco rochosa ondulado e suave ondulado
TCo25	LUVISSOLO CRÔMICO Ortico vertissólico média argilosa A fraco pedregosa suave ondulado e plano NEOSSOLO LITOLICO Eutrófico típico arenosa e média A fraco pedregosa suave ondulado

## MAPA PEDOLÓGICO

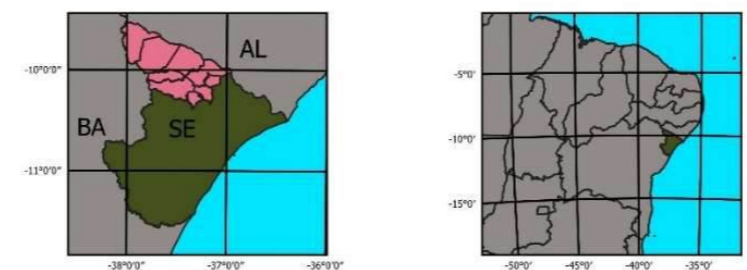
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS: UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM)  
DATUM: SIRGAS 2000, ZONA 24 S, MERIDIANO CENTRAL -39°

ESCALA: 1:460.000    DATA: 25/08/2024    ELABORAÇÃO: ÉDER GUEDES FREITAS

BASE DE DADOS:  
IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha Municipal da Divisão Político-administrativa brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.  
Mapeamento de Recursos Naturais do Brasil. Escala 1:250.000. Pedologia, folha SC-24, 2018.

**Convenções**

- Sedes municipais
- Limites municipais
- Microrregião Sergipana do Seto do São Francisco
- Sergipe



#### 4.5 Recursos hídricos e hidrografia

A área é drenada por 04 bacias hidrográficas, em ordem de área drenada (**Mapa**): Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, Bacia hidrográfica do Rio Sergipe, Bacia Hidrográfica do Rio Japarutuba e Bacia Hidrográfica do Rio Vaza-barris.

Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, abrangendo área de 4.887,67 km<sup>2</sup> (representando cerca de 89,9% do território) banhando, integralmente, os municípios de Canindé de São Francisco, Poço Redondo, Porto da Folha, Gararu, Itabi, e a maior parte dos municípios de Monte Alegre de Sergipe, Gracho Cardoso e Nossa Senhora da Glória.

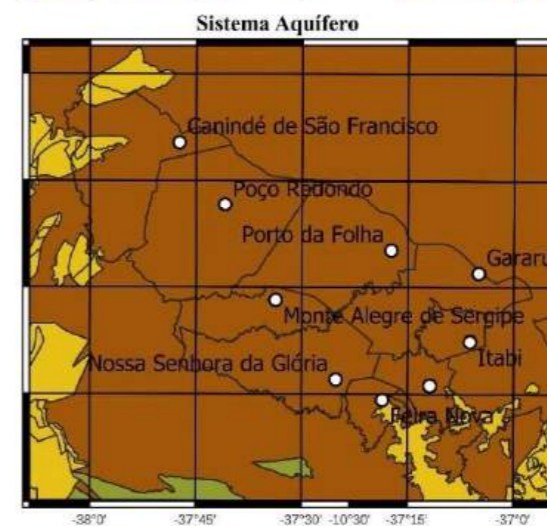
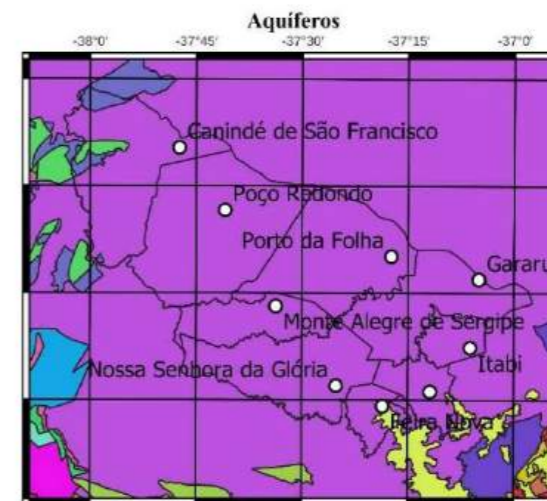
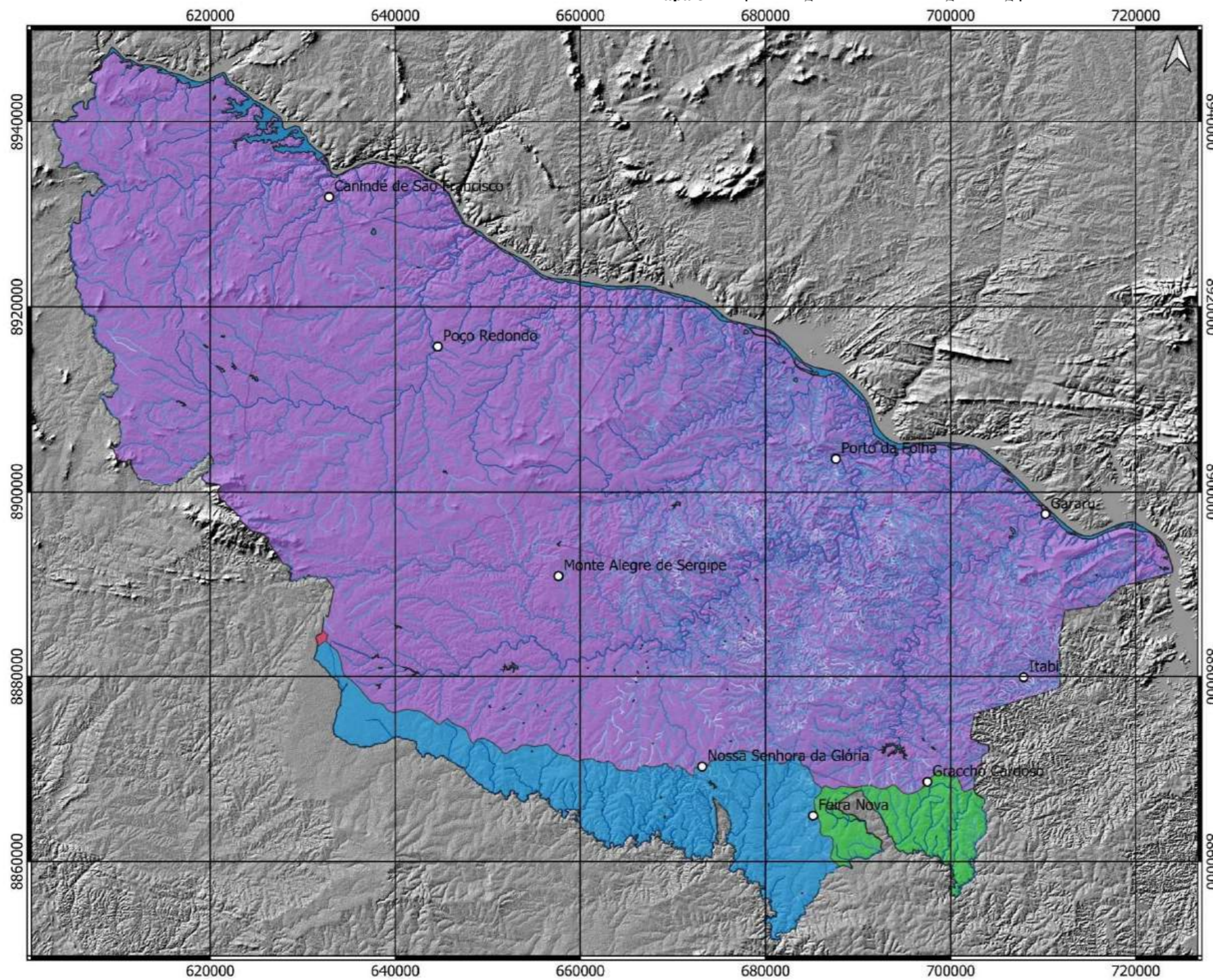
A Bacia hidrográfica do Rio Sergipe, drena uma área de 424,51 km<sup>2</sup> (cerca de 7,81%), banhando os municípios de Monte Alegre de Sergipe, Feira Nova e Nossa Senhora da Glória. Por fim, a Bacia Hidrográfica do Rio Japarutuba, drena uma área de 124,03 km<sup>2</sup> (2,28% do território), banhando os municípios de Feira Nova e Gracho Cardoso, ainda há uma pequena área drenada pela Bacia do Rio Vaza-barris, representando apenas cerca de 0,03% do território, restrita a setores dos municípios de Monte Alegre de Sergipe e Canindé de São Francisco.

À exceção dos canais principais de cada bacia (respectivamente, Rio São Francisco, Rio Sergipe, Rio Japarutuba e Rio Vaza-Barris), os demais canais tributários apresentam regime intermitente sazonal, condicionado pelas condições de semiaridez, com baixos totais pluviométricos anuais e alto valores de evapotranspiração potencial o que faz com que haja pequeno excedente hídrico, entre os meses de junho e agosto nos municípios de Feira Nova, Nossa Senhora da Glória, Gararu, Gracho Cardoso e Itabi.

Quanto às condições hidrogeológicas, na área identificam-se dois sistemas aquíferos distintos: sistema aquífero fraturado e poroso. O primeiro sistema é composto por rochas do embasamento cristalino, com baixa porosidade primária, sendo a ocorrência de água subterrânea condicionada por uma porosidade secundária, representada por fraturas e fendas, formando reservatórios aleatórios, descontínuos, de pequena extensão e contidos. Em decorrência da falta de circulação, dos efeitos climáticos regionais e do tipo de litologia que as compõem, influencia na acumulação de sais nas águas subterrâneas o que faz com que apresentem baixo potencial hidrogeológico.



Mapa 8 - Mapa hidrográfico da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco



MUNICÍPIO	BACIA HIDROGRÁFICA (km²)			
	São Francisco	Sergipe	Japarutuba	Vaza-Barris
Canindé de São Francisco	933,47	--	--	--
Feira Nova	3,69	146,3	33,34	--
Gararu	654,15	--	--	--
Graccho Cardoso	150,8	1,2	90,68	--
Itabi	183,45	--	--	--
Monte Alegre de Sergipe	380,35	5,3	--	1,25
Nossa Senhora da Glória	486,7	271,8	--	--
Poço Redondo	1218,6	--	--	--
Porto da Folha	876,7	--	--	--

## MAPA HIDROLÓGICO

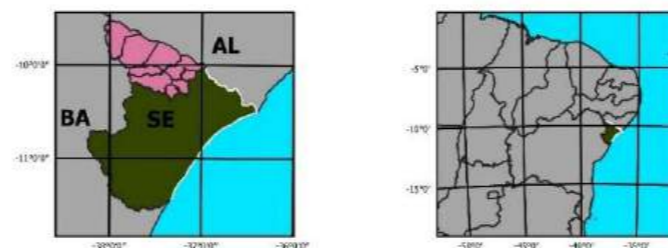
SISTEMA DE COORDENADAS PROJEKTADAS, UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM)  
DATUM: SIRGAS 2011, ZONA 24 S, MERIDIANO CENTRAL -39°

ESCALA: 1:660.000    DATA: 31/05/2024    ELABORAÇÃO: ÉDER GUEDES FREITAS

**BASE DE DADOS:**  
ANA, Agência Nacional das Águas. Base de dados nacional de referência de massas d'água, 2020.  
IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha Municipal da Divisão Político-administrativa Brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

**Convenções**

- Sedes municipais
- Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco
- Sergipe
- Corpos Hídricos



Por outro lado, as rochas sedimentares, que compõem os aquíferos porosos, apresentam maior potencial hidrogeológico, devido a grande espessura, porosidade e permeabilidade do material que a compõe, que possibilitam a recarga e acumulação de água subterrânea.

#### 4.6 Cobertura Vegetal

As condições climáticas, aliadas às demais características ambientais, descritas nos tópicos anteriores, criaram as condições necessárias para o predomínio da cobertura vegetal de caatingas, sendo o clima o principal fator atuante na diferenciação das fácies vegetacionais do domínio das caatingas no semiárido sergipano (GÓIS, 2020).

O autor, citando Franco (1983), destaca que na região predominam dois tipos de vegetação: a Caatinga Hipoxerófila e a Hiperxerófila, estando intimamente associadas ao regime de aridez predominante, na qual as áreas com menor déficit hídrico, com até sete meses secos, há ocorrência da caatinga hipoxerófila, e nas demais ocorrendo a caatinga hiperxerófila, esta última, restrita aos municípios de Canindé de São Francisco e Porto da Folha.

Contudo, as intervenções antrópicas, ao longo dos anos, tem sido responsável pela conversão de extensas áreas de caatinga em áreas de cultivos e pastagens, impulsionadas pela atividade agropecuária. Fernandes (2015), destaca que a degradação da cobertura florestal no semiárido sergipano está relacionada com os modos de produção dominantes, destacando: (a) a disseminação de práticas agrícolas inadequadas; (b) o pastoreio excessivo; (c) o desmatamento; (d) a destruição de áreas com vegetação nativa; e, (e) o desaparecimento de muitas espécies animais e vegetais, colocando-se em questão a própria capacidade de uso da terra e dos recursos para a manutenção das atividades produtivas e garantia de serviços ambientais.

Para o ano de 1992, a autora identificou que cerca de 48,9% da região semiárida, estava recoberta por pastagens, ao passo que 37,2% estavam ocupadas por caatingas. Situação diferente é observada em 2003, onde os resultados apontaram um aumento na área de pastagem (55%) e cultivo agrícola (1,3%), e uma redução na área de Caatinga (33,6%) e capoeira (4,3%). Por fim, em 2013, as áreas ocupadas com pastagens aumentaram 17,2% (atingindo o patamar de 72,2%) quando comparada a 2003, tendência inversa foi observada para as áreas de Caatinga,

que diminuíram 18,6% entre 2003 e 2013, atingindo cerca de 15% da área total do semiárido sergipano.

Para o presente trabalho, de forma a caracterizar as formas de uso e ocupação, foi utilizada cena do satélite Landsat 8, 215/67, datada de 05/12/2017, por apresentar a menor taxa de cobertura por nuvens. Depois foi realizada a calibração da cena e a geração do NDVI que serviu de base para a diferenciação das classes de cobertura vegetal, da área de estudo.

Conforme resultados obtidos, e apresentado nas tabelas **Tabela 18** e **Tabela 19** e **Mapa 9**, verificou-se que cerca de 15,99% da área (aproximadamente 869,70 km<sup>2</sup>) encontrava-se recoberta por vegetação nativa. Quanto à categoria de solo exposto, foi identificada uma área de 314,11 km<sup>2</sup> (cerca de 5,78%). Por fim, as áreas de intervenção antrópica (aqui abrangendo as áreas de vegetação aberta, arbustivas abertas, pastagens e cultivos) compreendeu uma parcela de 4.209,65 km<sup>2</sup>, cerca de 77,42% do território da microrregião (**Mapa 9**).

Analisando os resultados por município, observamos que o município de Gracho Cardoso, foi o que apresentou o maior percentual de áreas de remanescente classificadas (60,91%), seguido por Itabi (50,27%) e Feira Nova (39,55%). No extremo oposto, os municípios de Canindé de São Francisco, Monte Alegre de Sergipe e Poço Redondo, apresentaram os menores percentuais, respectivamente, 5,18%, 6,66% e 7,46%. A , apresenta os valores de cada classe de uso e ocupação do território, expressa em km<sup>2</sup>, por município.

**Tabela 18** - Classes de uso e ocupação do território, através da utilização de produtos de sensoriamento remoto

MUNICÍPIO	REMANESCENTE	SOLO EXPOSTO	INTERVENÇÃO ANTRÓPICA
Canindé de São Francisco	5,18%	9,23%	83,02%
Feira Nova	39,55%	0,88%	59,54%
Gararu	23,43%	2,12%	73,48%
Gracho Cardoso	60,91%	0,95%	37,82%
Itabi	50,27%	2,56%	47,16%
Monte Alegre de Sergipe	6,66%	8,35%	84,95%
Nossa Senhora da Glória	17,74%	9,82%	72,33%
Poço Redondo	7,46%	6,16%	86,01%
Porto da Folha	11,90%	2,69%	84,55%

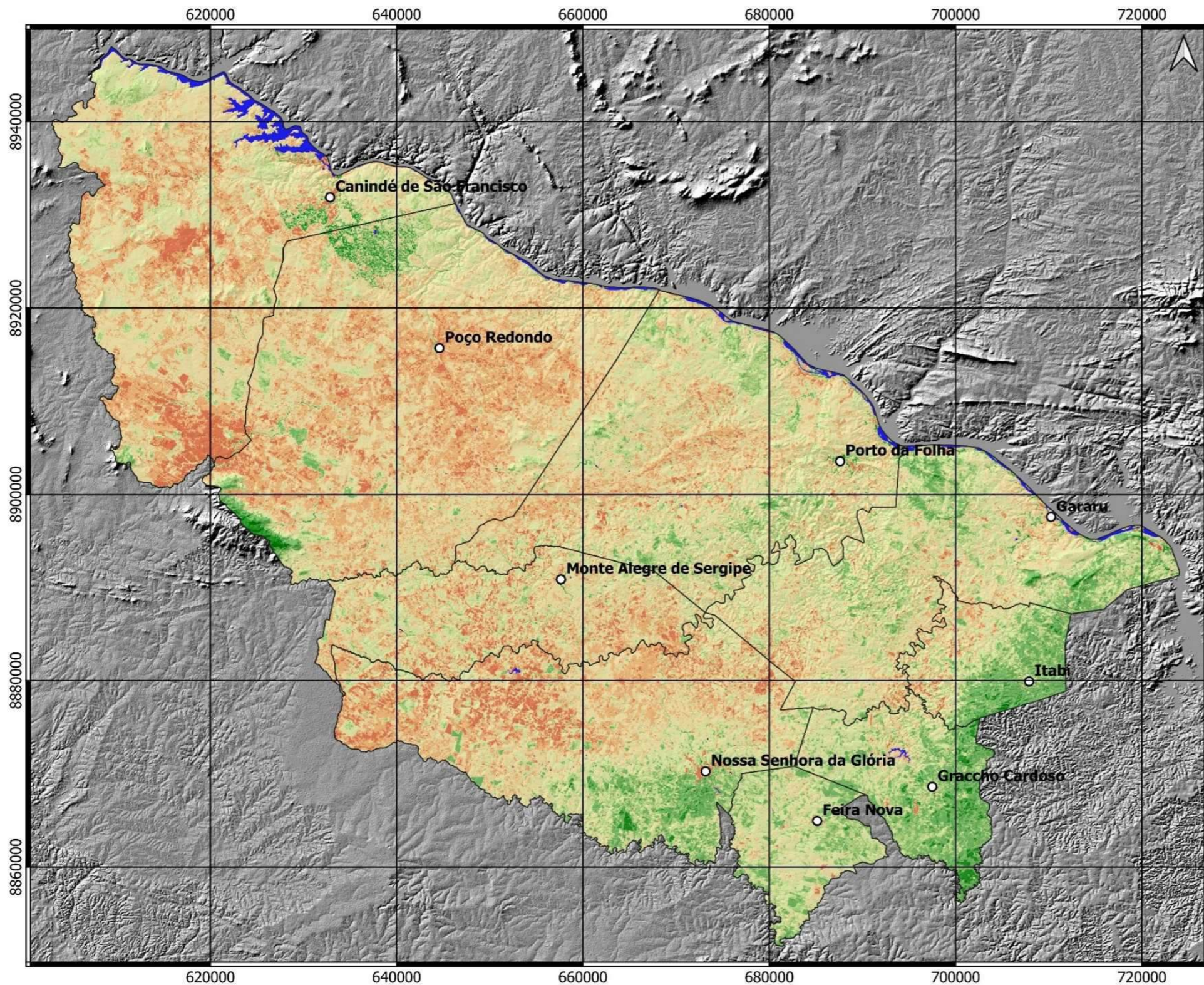
**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

**Tabela 19 - Área por classe de cobertura vegetal**

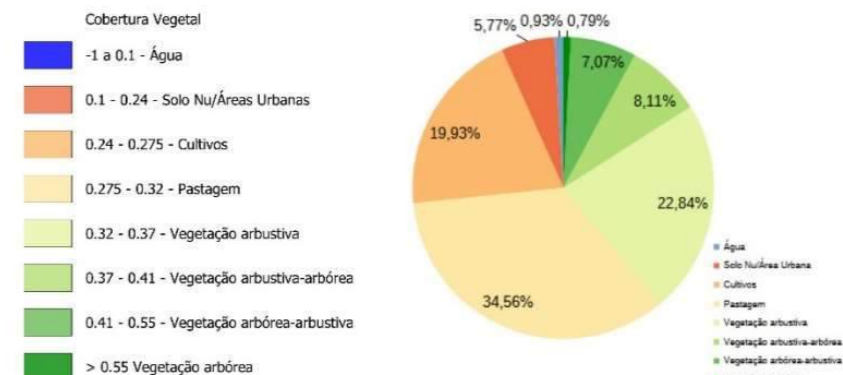
<b>Cobertura Vegetal (expressa em km²)</b>								
MUNICÍPIO	Solo Nu/ Urbana		Cultivos	Pastagem	Vegetação arbustiva	Vegetação arbustiva- arbórea	Vegetação arbórea- arbustiva	Vegetação arbórea
	Água	Área						
Canindé de São Francisco	23,94	86,19	234,27	365,6	175,1	32,83	12,42	3,12
Feira Nova	0,06	1,61	3,56	31,84	73,72	41,71	30,5	0,28
Gararu	6,39	13,86	47,29	208,74	224,61	90,2	59,99	3,04
Gracho Cardoso	0,78	2,3	5,42	24,21	62,16	48,71	84,91	14,2
Itabi	0,02	4,7	12,89	31,71	41,9	30,35	58,09	3,76
Monte Alegre de Sergipe	0,14	32,31	92,54	140,21	95,94	19,64	6,04	0,08
Nossa Senhora da Glória	0,79	74,5	170,09	224,81	153,69	62,57	67,33	4,66
Poço Redondo	4,41	75,06	389,78	501,7	156,66	39,79	38,39	12,78
Porto da Folha	7,57	23,58	129,09	352,64	259,48	75,64	27,33	1,34
<b>TOTAL</b>	<b>44,1</b>	<b>314,11</b>	<b>1084,93</b>	<b>1881,46</b>	<b>1243,26</b>	<b>441,44</b>	<b>385</b>	<b>43,26</b>
<b>Cobertura Vegetal (expressa em %)</b>								
Canindé de São Francisco	2,56%	9,23%	25,10%	39,17%	18,76%	3,52%	1,33%	0,33%
Feira Nova	0,03%	0,88%	1,94%	17,34%	40,20%	22,70%	16,76%	0,15%
Gararu	0,98%	2,12%	7,23%	31,91%	34,34%	13,79%	9,17%	0,46%
Gracho Cardoso	0,32%	0,95%	2,23%	9,98%	25,61%	20,07%	34,99%	5,85%
Itabi	0,01%	2,56%	7,03%	17,29%	22,84%	16,55%	31,67%	2,05%
Monte Alegre de Sergipe	0,04%	8,35%	23,92%	36,23%	24,80%	5,08%	1,56%	0,02%
Nossa Senhora da Glória	0,10%	9,82%	22,43%	29,64%	20,26%	8,25%	8,88%	0,62%
Poço Redondo	0,36%	6,16%	31,99%	41,16%	12,86%	3,27%	3,15%	1,05%
Porto da Folha	0,86%	2,69%	14,73%	40,22%	29,60%	8,63%	3,12%	0,15%

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

Mapa 9 - Cobertura vegetal da área de estudo



LEGENDA



Distribuição das classes de cobertura vegetal por município

MUNICÍPIO	Cobertura Vegetal (expressa em km <sup>2</sup> )							
	Água	Solo Nu/Área Urbana	Cultivos	Pastagem	Vegetação arbustiva	Vegetação arbustiva-arbórea	Vegetação arbórea-arbustiva	Vegetação arbórea
Canindé de São Francisco	24,64	86,19	234,27	365,6	175,1	32,83	12,42	3,12
Feira Nova	0,05	1,61	3,56	31,84	73,72	41,71	30,5	0,28
Gararu	9,23	13,86	47,29	208,74	224,61	90,2	59,99	3,04
Gracho Cardoso	0,77	2,3	5,42	24,21	62,16	48,71	84,91	14,2
Itabi	0,02	4,7	12,89	31,71	41,9	30,35	58,09	3,76
Monte Alegre de Sergipe	0,15	32,31	92,54	140,21	95,94	19,64	6,04	0,08
Nossa Senhora da Glória	0,78	74,5	170,09	224,81	153,69	62,57	67,33	4,66
Poço Redondo	6,27	75,06	389,78	501,7	156,66	39,79	38,39	12,78
Porto da Folha	8,94	23,58	129,09	352,64	259,48	75,64	27,33	1,34
<b>TOTAL</b>	<b>50,85</b>	<b>314,11</b>	<b>1084,93</b>	<b>1881,46</b>	<b>1243,26</b>	<b>441,44</b>	<b>385,00</b>	<b>43,26</b>
MUNICÍPIO	Cobertura Vegetal (expressa em %)							
	Água	Solo Nu/Área Urbana	Cultivos	Pastagem	Vegetação arbustiva	Vegetação arbustiva-arbórea	Vegetação arbórea-arbustiva	Vegetação arbórea
Canindé de São Francisco	0,45%	1,58%	4,30%	6,72%	3,22%	0,60%	0,23%	0,06%
Feira Nova	0,00%	0,03%	0,07%	0,58%	1,35%	0,77%	0,56%	0,01%
Gararu	0,17%	0,25%	0,87%	3,83%	4,13%	1,66%	1,10%	0,06%
Gracho Cardoso	0,01%	0,04%	0,10%	0,44%	1,14%	0,89%	1,56%	0,26%
Itabi	0,00%	0,09%	0,24%	0,58%	0,77%	0,56%	1,07%	0,07%
Monte Alegre de Sergipe	0,00%	0,59%	1,70%	2,58%	1,76%	0,36%	0,11%	0,00%
Nossa Senhora da Glória	0,01%	1,37%	3,12%	4,13%	2,82%	1,15%	1,24%	0,09%
Poço Redondo	0,12%	1,38%	7,16%	9,22%	2,88%	0,73%	0,71%	0,23%
Porto da Folha	0,16%	0,43%	2,37%	6,48%	4,77%	1,39%	0,50%	0,02%
<b>TOTAL</b>	<b>0,93%</b>	<b>5,77%</b>	<b>19,93%</b>	<b>34,56%</b>	<b>22,84%</b>	<b>8,11%</b>	<b>7,07%</b>	<b>0,79%</b>

**MAPA DE COBERTURA VEGETAL**

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS, UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM)  
 DATUM: SIRGAS 2000, ZONA 24 S, MERIDIANO CENTRAL -38°

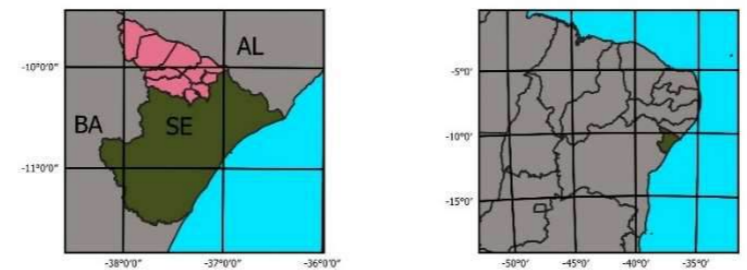
ESCALA: 1:460.000    DATA: 25/08/2024    ELABORAÇÃO: ÉDER GUEDES FREITAS

BASE DE DADOS:  
 IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha Municipal da Divisão Político-administrativa brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

**Convenções**

- Sedes municipais
- Limites municipais
- Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco
- Sergipe

5 0 5 10 15 20 25 30 km



Mapa elaborada através de álgebra de mapas em ambiente SIG, com a utilização do software QGIS 3.36.3.

Para obtenção dos dados de cobertura vegetal, da área de pesquisa, utilizou-se imagem orbital do satélite da série Landsat (Landsat 8, sensor OLI, Path 215/Kov 67), datada de 05/12/2017, por apresentar a menor taxa de cobertura de nuvens.

Para o cálculo do NDVI foi utilizado o software Qgis (versões 2.18.28, 1.8.10, 3.10.8, A Coruña), sendo realizados os seguintes procedimentos de Correção radiométrica, conforme descritos por Bezerra et al. (2018).

$$L_i = ((L_{Max} - L_{Min}) * (DN - 1)) / (65535 - 1)$$

Onde  $L_i$  é o valor da radiancia espectral para a banda,  $L_{Max}$  e  $L_{Min}$  são os coeficientes de calibração das respectivas radiancias espectrais de cada banda ( $W/m^2/sr/m$ ),  $DN$  nível digital do pixel na imagem, que varia de 0 a 65535.

Após a correção radiométrica da imagem, realizou-se a álgebra de mapas, para obtenção do NDVI através da fórmula:

$$NDVI = (NIR - Vermelho) / (NIR + Vermelho)$$

Onde NIR é uma luz quase infravermelha e Vermelho é uma luz vermelha visível.

Por fim, foi realizada a reclassificação do arquivo matricial resultante, utilizando-se os intervalos de reflectância dos alvos.

## 5 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS

Compreender as características socioeconômicas de uma determinada área, compreende uma etapa essencial ao processo de planejamento e ordenamento territorial, devendo ser levada em consideração quando da definição das áreas de intervenção, controle e estabelecimento das diretrizes de usos, de modo a minimizarem-se os impactos negativos relacionado à tomada de decisão.

Qualquer planejamento, de cunho territorial, que não leve em consideração as necessidades da população atingida, os normativos legais e infralegais de ordenamento territorial e a capacidade de suporte dos ambientes naturais, estará incompleto, e poderá incidir no agravamento de crises (econômicas e sociais), resultando na criação de conflitos pelo uso da terra e/ou na criação de novos tensores ambientais, não previstos, cujos impactos podem exceder a capacidade de resposta institucional, sendo necessária uma ampliação da destinação de recursos públicos para resolução ou remediação do problema apontado.

Diante desse quadro, faz-se de extrema importância, reconhecer as características sociais, econômicas e populacionais da área em que se deseja realizar um plano de ordenamento territorial.

Assim, o presente capítulo visa apresentar as características socioeconômicas da área de pesquisa, através dos dados censitários, levantados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

### 5.1 População

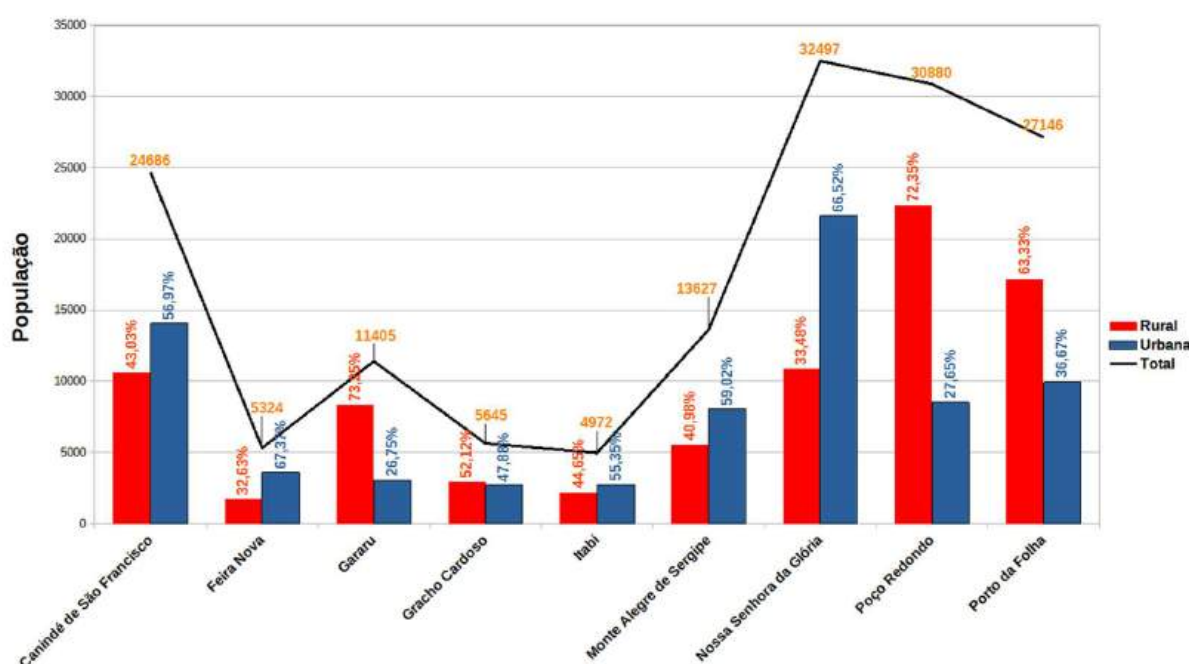
Conforme dados do Censo Demográfico de 2010<sup>1</sup> (**Gráfico 1**), a região contava com população estimada em 156.182 habitantes, sendo os municípios de Nossa Senhora da Glória, Poço Redondo, Porto da Folha e Canindé de São Francisco, aqueles que possuíam maior população, respectivamente com 32.490, 30.880, 27.146 e 24.686 habitantes.

Analisando os dados gerais da região, verificou-se que cerca de 52,42% da população da região é residente de áreas rurais (81.873 habitantes), sendo os municípios de Gararu, Gracho Cardoso, Poço Redondo e Porto da Folha, os municípios que apresentaram

maior percentual, com destaque para Gararu, que possui cerca de 73,25% de sua população residindo em áreas rurais.

Por sua vez, a população urbana, corresponde à parcela de 47,58% da população (74.309 habitantes), sendo os municípios de Canindé de São Francisco, Feira Nova, Itabi, Monte Alegre de Sergipe e Nossa Senhora da Glória, os municípios que apresentaram maior percentual de pessoas residindo em áreas urbanas, com o município de Feira Nova o que apresenta o maior percentual (63,37%).

**Gráfico 1** - Distribuição da população por situação



**Fonte:** IBGE (2010). organizado pelo autor (2024).

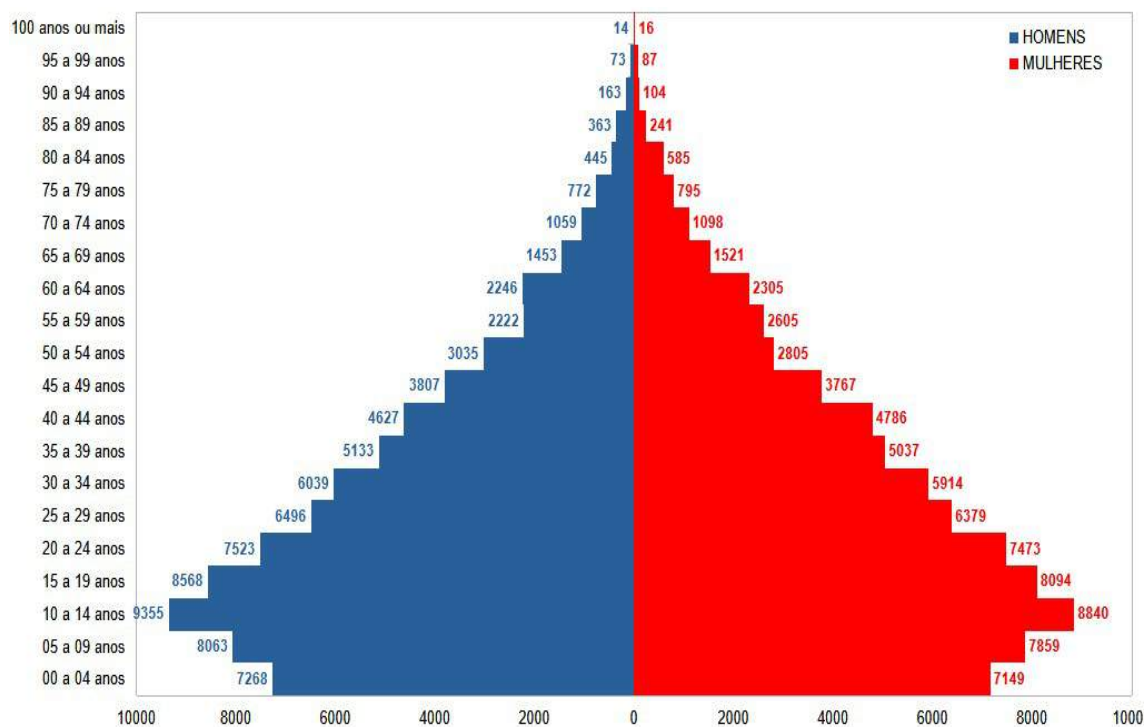
No tocante à distribuição etária da população (**Gráfico 2**), os dados demográficos indicam que a região apresenta uma população bastante jovem, com maior número de habitantes com idade inferior a 25 anos, correspondendo à 51,34% da população total (80.190 habitantes).

As faixas etárias mais representativas da região, são aquelas compreendidas entre 10 a 14 anos, seguidas por 15 a 19 anos e 05 a 09 anos (respectivamente com 18.195, 16.663 e 15.922 habitantes), representando cerca de 32,51% da população total da região.

Ao analisar a distribuição etária da população, por local de moradia (**Gráfico 3**), é possível observar que as faixas de 25 a 29, 30 a 34, 40 a 44, 45 a 49, 80 a 84, 85 a 89 e 90 a 94 anos residem, em sua maior parcela, em áreas urbanas, enquanto nas demais a maior parte do total reside em áreas rurais. A variação percentual observada, nas faixas com maioria urbana,

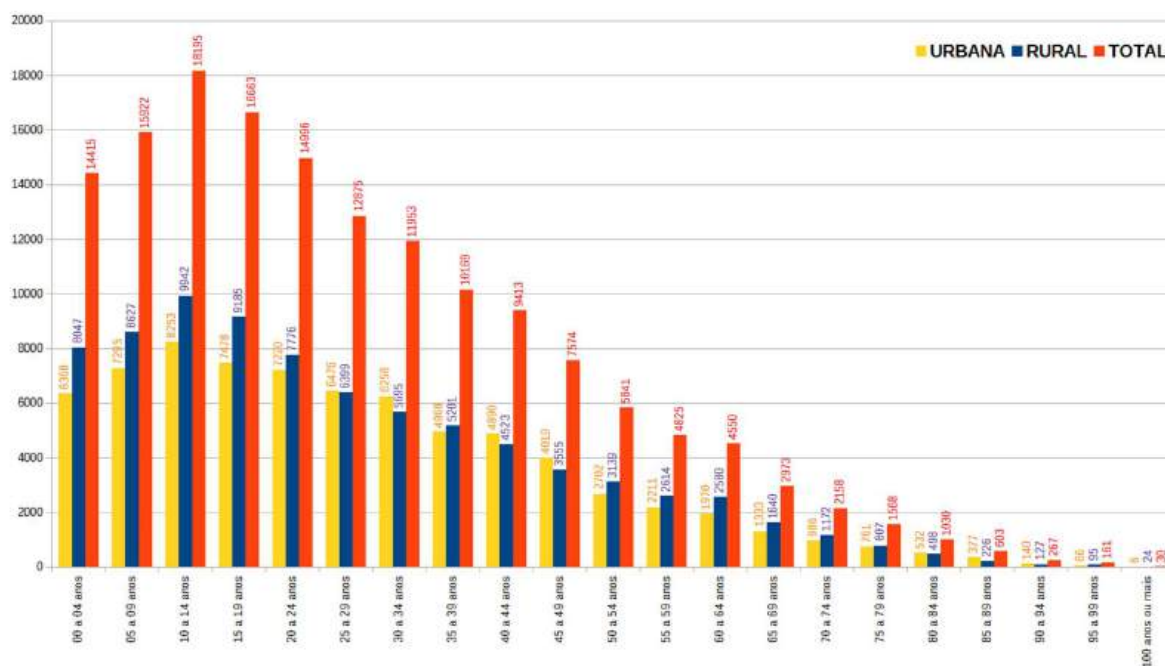
variou de 1,19% (25 a 29 anos) até, aproximadamente, 40,05% (85 a 89 anos), enquanto nas áreas rurais os percentuais variaram de 4,69% (35 a 39 anos) até 300% (100 anos ou mais).

**Gráfico 2 - Pirâmide etária da microrregião sergipana do Sertão do São Francisco**



Fonte: IBGE (2010). organizado pelo autor (2024).

**Gráfico 3 - Distribuição etária por localização da moradia**



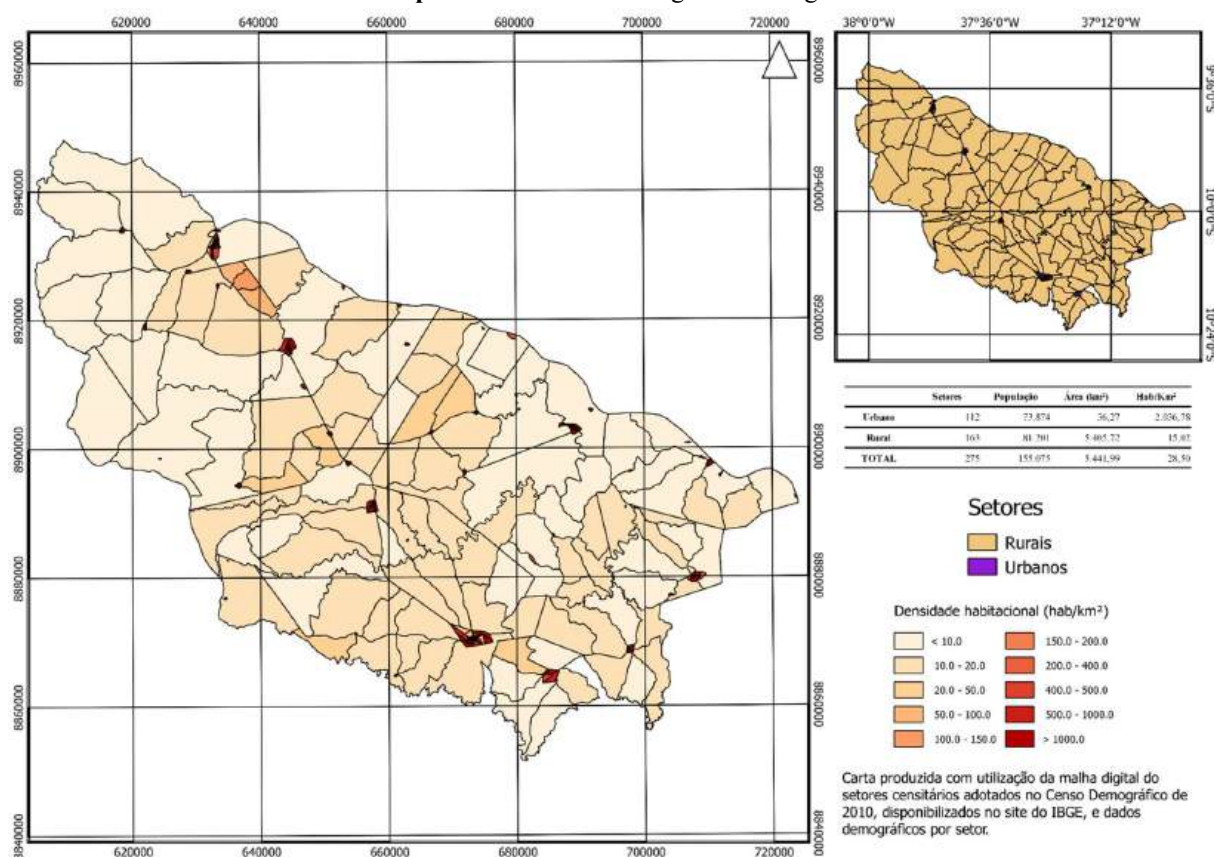
Fonte: IBGE (2010). organizado pelo autor (2024).



Apesar da pequena diferença na composição da população, foi observado que a maior parte do contingente populacional reside nas áreas urbanas dos municípios componentes da microrregião em estudo, fazendo com que estas áreas apresentem densidade demográfica, muito vezes superiores às das áreas rurais – com 2.036,78 hab/km<sup>2</sup> em contraponto com as áreas rurais que apresentaram densidade demográfica de, aproximadamente 15,02 hab/km<sup>2</sup> (**Mapa 10**).

A característica socioeconômica da população, é um elemento de fundamental importância para a análise e proposição de políticas públicas e ações de intervenção local, uma vez que ações inadvertidas e mal dimensionadas às características e necessidades locais pode vir a afetar negativamente a vida dos habitantes de um dado recorte espacial, em especial nas condições de emprego, renda e, conseqüentemente, na qualidade de vida da população local.

**Mapa 10-** Densidade demográfica da região



**Fonte:** IBGE (2010). organizado pelo autor (2024).

Na área de estudo, os dados do censo demográfico (**Tabela 20**) revelam que grande parte da população economicamente ativa (PEA) dos municípios tem rendimentos médios mensais iguais ou menores a 1 salário-mínimo, correspondendo a uma parcela de 55.899

habitantes (44,42%), com os municípios de Itabi, Feira Nova, Porto da Folha e Gararu, os municípios que apresentaram os maiores percentuais nessa faixa salarial.

Quanto à faixa que declarou não possuir rendimentos, representam cerca de 43% da PEA, com um número de 54.111 habitantes nesta situação. Os municípios que apresentaram os maiores percentuais nessa condição são, respectivamente, Poço Redondo, Gararu, Monte Alegre de Sergipe e Gracho Cardoso.

**Tabela 20** - Total de pessoas com rendimento, por classe de rendimento em salários-mínimos

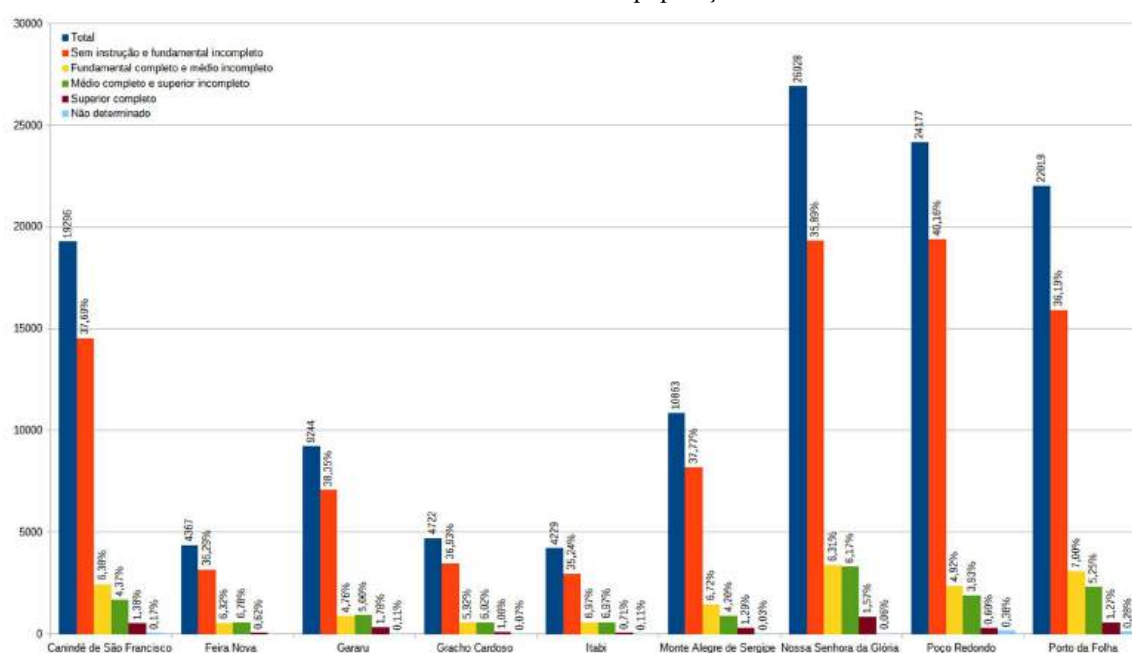
	Canindé de São Francisco	Feira Nova	Gararu	Gracho Cardoso	Itabi	Monte Alegre de Sergipe	Nossa Senhora da Glória	Poço Redondo	Porto da Folha
<b>Valores totais</b>									
Total	19296	4367	9244	4722	4229	10863	26928	24177	22019
Até 1	8323	1982	4124	2052	2197	4608	12663	10118	9832
Mais de 1 a 2	1807	320	529	347	358	878	3000	1594	1615
Mais de 2 a 3	305	69	125	56	76	185	641	435	391
Mais de 3 a 5	318	47	100	66	56	126	497	244	243
Mais de 5 a 10	293	33	105	40	47	81	250	120	174
Mais de 10 a 20	33	2	15	10	3	18	62	9	11
Mais de 20	18	0	10	3	0	0	38	12	15
Sem rendimento	8198	1914	4235	2146	1492	4967	9778	11644	9737
<b>Valores expressos em %</b>									
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Até 1	43,14	45,39	44,62	43,46	51,96	42,42	47,02	41,85	44,65
Mais de 1 a 2	9,37	7,33	5,72	7,36	8,45	8,09	11,14	6,59	7,34
Mais de 2 a 3	1,58	1,59	1,35	1,19	1,8	1,7	2,38	1,8	1,77
Mais de 3 a 5	1,65	1,08	1,08	1,41	1,33	1,16	1,85	1,01	1,11
Mais de 5 a 10	1,52	0,75	1,14	0,85	1,11	0,74	0,93	0,5	0,79
Mais de 10 a 20	0,17	0,05	0,16	0,2	0,06	0,17	0,23	0,04	0,05
Mais de 20	0,09	0	0,11	0,07	0	0	0,14	0,05	0,07
Sem rendimento	42,49	43,82	45,82	45,45	35,29	45,73	36,31	48,16	44,22

**Fonte:** IBGE (2020), organizado pelo autor (2024).

Já no extremo oposto, 1.402 habitantes declararam possuir rendimentos superiores a 5 salários-mínimos, correspondendo a 1,11% da PEA. Nesta faixa destacaram-se os municípios de Canindé de São Francisco (com 344 pessoas), Nossa Senhora da Glória (com 350), Porto da Folha (com 200), Poço Redondo (com 141) e Gararu (com 130 pessoas).

Os níveis de escolaridade influenciam diretamente nas condições de trabalho e renda, afetando significativamente as taxas de ocupação, rendimentos médios mensais, bem como em relação às funções desempenhadas, em especial, para as pessoas com menor nível de escolaridade. Em relação aos indicadores de escolaridade, em toda a região, é possível observar que maior percentual dos habitantes não completou o ensino básico, sendo essa faixa de escolaridade parcela expressiva da população, variando de 70,48%, em Itabi, à 80,32% no município de Poço Redondo (**Gráfico 4**).

**Gráfico 4** - Grau de escolaridade da população maior de 10 anos



Fonte: IBGE (2020), organizado pelo autor (2024).

Analisando os dados do Censo de 2010, observamos que as taxas de desocupação foram maiores, invariavelmente, nas parcelas da população com nível de instrução declarado como fundamental incompleto, sendo os municípios de Canindé de São Francisco, Feira Nova e Porto da Folha os que apresentaram os maiores percentuais, conforme apresentado na **Tabela 21**.

**Tabela 21** - Taxa de desocupação, por nível de escolaridade (em %)

	Canindé de São Francisco	Feira Nova	Gararu	Gracho Cardoso	Itabi	Monte Alegre de Sergipe	Nossa Senhora da Glória	Poço Redondo	Porto da Folha
Total	5,99	7,34	1,93	3,11	2,4	4,25	3,47	2,97	3,97
Sem instrução e fundamental incompleto	3,89	3,49	0,81	1,42	0,94	2,01	2,12	1,52	2,24
Fundamental completo e médio incompleto	1,1	1,61	0,27	0,6	0,55	1,52	0,62	0,56	0,65
Médio completo e superior incompleto	0,74	2,24	0,8	1,01	0,92	0,65	0,66	0,86	0,89
Superior completo	0,19	0	0,05	0,08	0	0,06	0,07	0,03	0,12
Não determinado	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0,09

Fonte: IBGE (2020), organizado pelo autor (2024).

No tocante à renda, no geral, os valores médios oscilaram entre R\$ 326,56, no município de Poço Redondo, até R\$ 517,17 no município de Canindé de São Francisco, e, assim, como observado na taxa de desocupação, os valores médios mensais percebidos como rendimentos, oscilaram positivamente, conforme o grau de instrução informado (**Tabela 22**).

**Tabela 22** - Rendimento médio mensal por nível de escolaridade

	Canindé de São Francisco	Feira Nova	Gararu	Gracho Cardoso	Itabi	Monte Alegre de Sergipe	Nossa Senhora da Glória	Poço Redondo	Porto da Folha
Total	517,17	442,02	426,42	371	359,65	396,06	486,59	326,56	334,64
Sem instrução e fundamental incompleto	333,38	355,24	211,52	237,07	276,61	256,08	338,77	258,26	203,74
Fundamental completo e médio incompleto	459,19	439,4	389,82	386,1	316,02	361,62	415,58	367,3	398,64
Médio completo e superior incompleto	875,62	604,62	875,75	704,42	597,8	798,78	771,47	585,16	541,38
Superior completo	2152,37	1457,02	1717,58	1459,21	1131,86	1719,78	1600,14	1551,36	1610,7
Não determinado	317,76	0	500	1020	150	510	183,78	25,8	157,97

Fonte: IBGE (2020), organizado pelo autor (2024).

Apesar de representar menos que 8% do PIB da microrregião, o setor agropecuário é a atividade que mais demanda e ocupa mão de obra na área, sendo responsável por ocupar cerca de 53,02% da força de trabalho local (**Tabela 23**), com taxas de ocupação no setor variando de 40,44%, em Canindé de São Francisco, até 65,82% no município de Gararu.

Além desta, o comércio se destaca como outra atividade que emprega grande contingente de mão de obra, sendo responsável pela ocupação de 5.840 pessoas, respondendo por cerca de 10,1% do total. Neste setor, destacam-se os municípios de Nossa Senhora da Glória (16,73% da força de trabalho local), seguido por Canindé de São Francisco (com 11,47%), Feira Nova (10,49%) e Monte Alegre de Sergipe (com 10,38%).

Por fim, a administração pública responsável pela ocupação de cerca de 6,23% da força de trabalho da região, tendo os municípios de Gararu e Gracho Cardoso como aqueles que ocupam o maior percentual da força de trabalho local, respectivamente, 10,38 e 9,09%.

**Tabela 23** - Ocupação principal declarada pela população

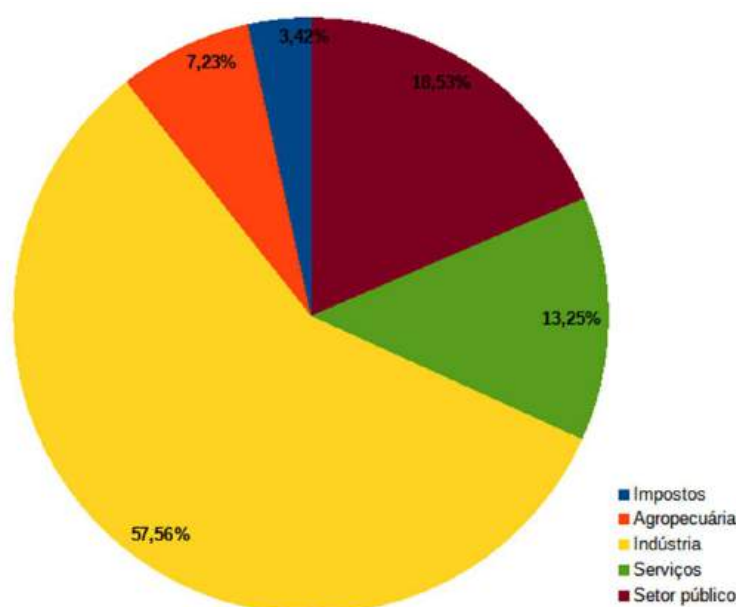
	Canindé de São Francisco	Feira Nova	Gararu	Gracho Cardoso	Itabi	Monte Alegre de Sergipe	Nossa Senhora da Glória	Poço Redondo	Porto da Folha
TOTAL	8922	1579	3698	2031	1843	4866	14438	10296	10159
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	6308	639	2434	1309	1016	2735	6307	6750	5862
Indústrias extrativas	0	0	5	0	5	0	0	8	51
Indústrias de transformação	211	64	50	49	52	76	773	213	369
Eletricidade e gás	32	0	5	0	0	0	12	0	27
Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	83	8	15	6	40	13	114	46	50
Construção	906	145	110	78	85	241	615	760	593
Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas	1023	166	130	87	137	505	2416	606	770
Transporte, armazenagem e correio	300	44	35	39	61	148	322	233	215
Alojamento e alimentação	365	20	44	7	38	57	266	73	77
Informação e comunicação	0	0	15	8	2	4	0	0	19
Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	18	3	25	3	6	14	39	12	42
Atividades profissionais, científicas e técnicas	52	5	25	0	7	24	52	23	93
Atividades administrativas e serviços complementares	162	22	5	8	12	25	167	78	62
Administração pública, defesa e seguridade social	697	125	384	185	118	372	874	181	665
Educação	431	93	135	99	117	222	646	518	504
Saúde humana e serviços sociais	158	24	30	18	44	33	408	172	245
Artes, cultura, esporte e recreação	14	6	10	0	3	5	73	26	34
Outras atividades de serviços	143	22	25	3	34	58	264	122	44
Serviços domésticos	358	77	130	81	52	161	520	184	275
Atividades especificadas	359	116	85	52	15	174	569	291	162

**Fonte:** IBGE (2020), organizado pelo autor (2024).

## 5.2 Características econômicas municipais

A composição do Produto Interno Bruto (PIB) da Microrregião do Sergipana do Sertão do São Francisco é fortemente influenciado pelas atividades industriais, as quais correspondem a mais de 57% do total, seguidos pelo setor público, de serviços e agropecuária que representam, respectivamente, uma parcela 18,53, 13,25 e 7,23% do total do PIB da microrregião (**Gráfico 5**).

**Gráfico 5** - Composição do PIB da região



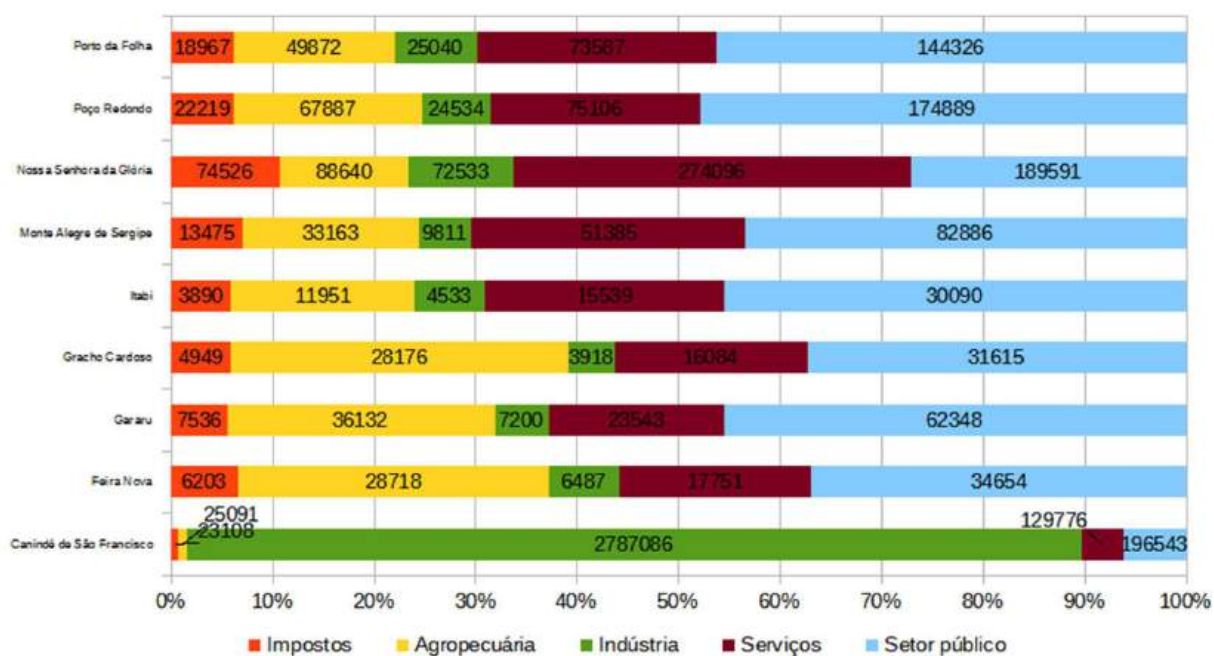
**Fonte:** IBGE (2020), organizado pelo autor (2024).

O município de Canindé de São Francisco representa, de forma isolada, o maior percentual de arrecadação no setor industrial da região, respondendo por cerca de 94,76% da arrecadação no ano de 2020, seguido por Nossa Senhora da Glória, Porto da Folha e Poço Redondo, respectivamente, com 2,47, 0,85 e 0,83% do total (**Gráfico 6**).

Em termo de representatividade municipal, apenas em Canindé de São Francisco a atividade industrial apresenta grande influência sobre o PIB municipal, correspondendo a cerca de 88,15% da arrecadação para o ano de 2020, os demais municípios apresentaram valores inferiores a 11% no mesmo período.

No setor de serviços, por sua vez, o município de Nossa Senhora da Glória desponta com a maior participação na composição deste ramo da atividade econômica, respondendo por cerca de 40,49% do total, seguido pelos municípios de Canindé de São Francisco (19,17%), Poço Redondo (11,10%) e Porto da Folha (10,87%). No âmbito municipal, a participação deste setor tem percentuais variando entre 20,6 até 39,19% do PIB, sendo os municípios de Itabi (23,54%), Monte Alegre de Sergipe (26,94%), Nossa Senhora da Glória (39,19%), Poço Redondo (20,6%) e Porto da Folha (23,6%) aqueles que apresentaram os maiores valores relativos a este setor.

**Gráfico 6 - PIB municipal por setor da atividade econômica, relativo ao ano de 2020 (Mil reais)**



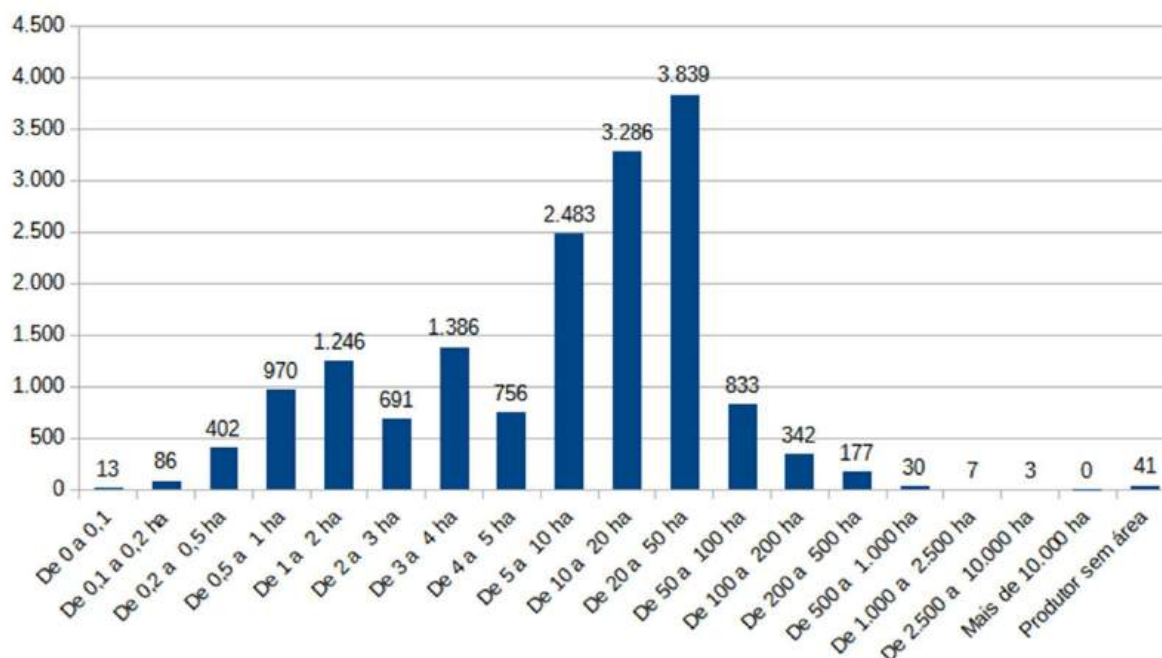
Fonte: IBGE (2020), organizado pelo autor (2024).

Já a agropecuária, dentre as atividades econômicas, foi aquela que apresentou o menor percentual de participação na composição do PIB da região, com 7,23% do total. Os municípios com os maiores percentuais de participação neste setor são: Nossa Senhora da Glória, com 23,98%, Poço Redondo, com 18,37% e Porto da Folha, com 13,49%. Contudo, ao se analisar a composição do PIB, por município observa-se que os municípios de Feira Nova, Gararu e Gracho Cardoso, são aqueles nos quais a atividade apresenta o maior percentual de participação na composição interna do PIB com, respectivamente, 30,61, 26,45 e 33,25% do total<sup>2</sup>.

No tocante à estrutura fundiária da região, conforme dados do Censo Agropecuário (IBGE, 2017), foram identificados um total de 16.591 imóveis rurais, distribuídos da seguinte forma: Canindé de São Francisco (1.229), Feira Nova (562), Gararu (2.253), Gracho Cardoso (942), Itabi (727), Monte Alegre de Sergipe (1.162), Nossa Senhora da Glória (2.992), Poço Redondo (4.077) e Porto da Folha (2.647).

Quanto às características dos imóveis (**Gráfico 7**), observa-se que grande parte dos imóveis rurais (cerca de 3.839 imóveis) possuem área variando entre 20 a 50 hectares, correspondendo a 23,14% do total dos imóveis da região, seguidos pelos imóveis com área variando entre 10 e 20 ha (19,81%) e dos imóveis com área entre 5 e 10 ha (14,97%).

**Gráfico 7** - Quantitativo de imóveis por área total



Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor (2024).

Os imóveis com área inferior a 1 ha, representaram, conforme dados do Censo agropecuário, cerca de 1.471 imóveis (representando cerca de 8,87% dos imóveis rurais da região), com os municípios de Nossa Senhora da Glória, Gararu, Porto da Folha e Poço Redondo os que apresentaram os maiores quantitativos de imóveis nessa categoria, respectivamente, com 469, 218, 199 e 170.

A classe de 1 a 5 hectares, representa um total de 4.079 imóveis (representando cerca de 24,59% do total). Os municípios de Poço Redondo (1.255 imóveis), Nossa Senhora da Glória (717 imóveis), Gararu (562 imóveis) e Porto da Folha (545 imóveis), foram os que



apresentaram os maiores quantitativos de imóveis, representando 75,48% dos imóveis nesta faixa de área na região.

Os imóveis entre 5 e 100 ha, representaram mais de 62% do total de imóveis levantados na região (cerca de 10.441), com os municípios de Poço Redondo, Porto da Folha, Nossa Senhora da Glória e Gararu, concentrando cerca de 71,62% do total, com 2.549, 1.831, 1.717 e 1.381 imóveis, respectivamente.

Por fim, na categoria dos imóveis maiores de 100 ha, foram contabilizados cerca de 559 imóveis (correspondendo a 3,37% do total). Nesta categoria, os municípios de Poço Redondo, Nossa Senhora da Glória, Gararu e Porto da Folha, foram os que apresentaram a maior parcela de imóveis nesta faixa, respectivamente, com 102, 88, 77 e 71 imóveis, representando cerca de 60,47% do total.

Analisando a distribuição de área total dos imóveis rurais **Tabela 24**, observou-se que estes representam cerca de 71,05% do território da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco, totalizando uma área de 386.831 ha, com área média de 23,32 ha, por imóvel. Os dados do Censo Agropecuário (2017), não possibilitam avaliar as dimensões totais dos imóveis com áreas menores de 0,1 ha e maiores de 1.000 ha, ainda que tenham sido recenseados 23 imóveis (13 imóveis com menos de 0,1 ha, 7 imóveis com área entre 1.000 e 2.500, 3 com área de 2.500 a 10.000 ha).

A análise dos dados revela a existência de concentração de terras nas mãos de poucos proprietários rurais na área de estudo, o que pode acentuar as discrepâncias nas condições socioeconômicas da população rural, devido à maior disponibilidade de terras subutilizadas e a maior dificuldade de acesso à terra produtiva local.

Os imóveis menores de 1 ha, apesar de representarem cerca de 8,87% do total dos imóveis rurais, somam apenas 0,22% da área total dos imóveis rurais, situação distinta à observada na classe de imóveis acima de 50 ha que, ainda que representem 8,39% dos imóveis, respondem por 43,35% da área total dos imóveis rurais da região.

A pecuária se destaca como sendo a principal atividade econômica desempenhada, estando presente em 12.947 propriedades (correspondendo a 78,04% dos imóveis), ocupando uma área de 301.304 ha, seguidos pelas áreas destinadas às lavouras temporárias (3.061 imóveis, com uma área de 61.916 ha), à horticultura e floricultura (323 imóveis, ocupando um total de 1.529 ha), lavouras permanentes (170 imóveis, com uma área de 751 ha) e aquicultura (com 26 imóveis, ocupando uma área de 28 ha).

**Tabela 24** - Características dos imóveis rurais

Classe de imóvel	Nº de imóveis	%	Área total (ha)	Área média (ha)
Mais de 0 a menos de 0,1 ha	13	0,08	0*	0*
De 0,1 a menos de 0,2 ha	86	0,52	8	0,09
De 0,2 a menos de 0,5 ha	402	2,42	140	0,35
De 0,5 a menos de 1 ha	970	5,85	710	0,73
De 1 a menos de 2 ha	1246	7,51	1.844	1,48
De 2 a menos de 3 ha	691	4,16	1.665	2,41
De 3 a menos de 4 ha	1386	8,35	4.536	3,27
De 4 a menos de 5 ha	756	4,56	3.391	4,49
De 5 a menos de 10 ha	2483	14,97	18.303	7,37
De 10 a menos de 20 ha	3286	19,81	49.251	14,99
De 20 a menos de 50 ha	3839	23,14	110.149	28,69
De 50 a menos de 100 ha	833	5,02	58.303	69,99
De 100 a menos de 200 ha	342	2,06	46.916	137,18
De 200 a menos de 500 ha	177	1,07	47.979	271,07
De 500 a menos de 1.000 ha	30	0,18	14.492	483,07
De 1.000 a menos de 2.500 ha	7	0,04	0*	0*
De 2.500 a menos de 10.000 ha	3	0,02	0*	0*
De 10.000 ha e mais	0	0	0*	0*
Produtor sem área	41	0,25	0*	0*

**Fonte:** IBGE (2017), organizado pelo autor (2024). \*Valores não informados ou insignificantes.

Nos municípios de Poço Redondo, Nossa Senhora da Glória, Porto da Folha e Gararu, foram observados os maiores quantitativos de imóveis destinados à pecuária, com, respectivamente, 21,56%, 18,13%, 17,52% e 14,02% do total. Já em relação à área média dos imóveis, foi verificado que Canindé do São Francisco, Poço Redondo, Gararu e Gracho Cardoso, apresentam os maiores valores na região, respectivamente com 50,68, 25,97, 24,07 e 23,51 ha por imóvel.

Já para as lavouras temporárias, observou-se que os municípios de Nossa Senhora da Glória, Poço Redondo, Gararu e Porto da Folha, destinam a maior quantidade de imóveis a esta atividade, com 30,61%, 20,84%, 13,52% e 11,53% do total. Já em relação à área média, a situação observada difere, tendo os municípios de Feira Nova (89,27 ha), Canindé de São Francisco (25,47 ha), Gracho Cardoso (22,92 ha) e Nossa Senhora da Glória (22,05 ha) apresentam as maiores áreas médias dos imóveis destinados a esta atividade.

As tabelas, constantes no anexo III, apresentam um quadro da destinação das áreas dos imóveis rurais (quantidade de imóveis destinados à atividade, área total destinada e área média dos imóveis para cada atividade econômica desenvolvida), com base nos dados constantes do Censo Agropecuário (IBGE, 2017).

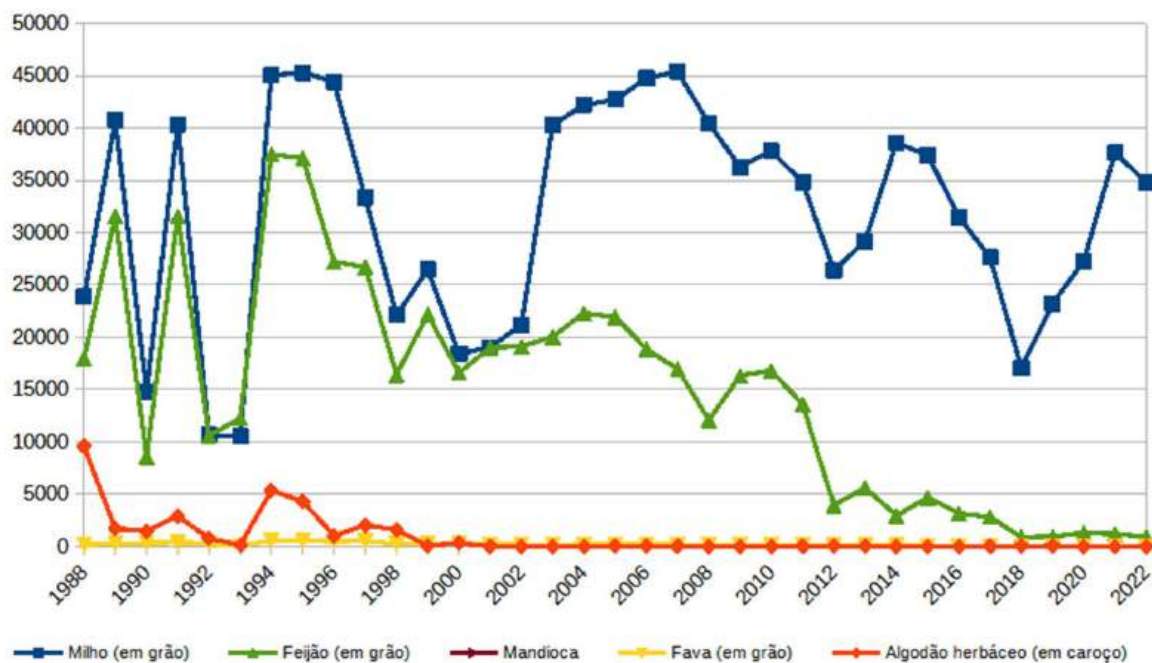
Santos; Costa (2020), ao analisarem os dados do Censo agropecuário, observaram que a atividade de lavoura temporária, figura como atividade secundária na região,

consolidando-se enquanto produto para complementar a alimentação familiar, para autoconsumo ou destinadas a venda direta nas feiras municipais ou nos supermercados regionais para a compra de outros alimentos para consumo familiar, apresentando números poucos expressivos.

O milho e o feijão, são os produtos mais comumente encontrados nas lavouras da região, devido à adaptação dos cultivos às características climáticas locais, tendo os municípios de Nossa Senhora da Glória, seguido por Feira Nova e Gararu, destaque no que diz respeito à área plantada, produção total e valor total da produção. Além destes produtos, a palma forrageira apresenta volume produzido expressivo no território, mas com pequeno volume vendido, sendo bastante utilizada para complementar a alimentação dos rebanhos (SANTOS; COSTA, 2020).

Para Oliveira (2017), a relação entre as lavouras de milho e feijão se estabeleceram como as mais proeminentes no semiárido sergipano, contudo, nos últimos anos, o cultivo do milho vem ganhando mais espaço no campo (**Gráfico 8**), sendo desenvolvida por pequenos, médios e grandes produtores agrícolas, podendo estar associado ao aumento do efetivo bovino na região, sendo o milho, utilizado como parte da alimentação animal.

**Gráfico 8** - Área destinada às lavouras temporárias e permanentes



Fonte: IBGE (2022), organizado pelo autor (2024).

Na produção animal - **Tabela 25**, a região se destaca pelo grande efetivo bovino, atividade presente desde o processo de ocupação, ainda no período colonial (SANTOS, 2018), sendo a atividade que mais se expandiu sobre a região semiárida sergipana, influenciada por ação Estatal com a concessão de incentivos econômicos, sendo a atividade com maior expressão nos imóveis rurais da região (sendo desenvolvida em 12.947 imóveis, ocupando uma área de, aproximadamente, 60.260,80 ha).

**Tabela 25** - Efetivo dos rebanhos, por município (referentes ao ano de 2021)

	Canindé de São Francisco	Feira Nova	Gararu	Gracho Cardoso	Itabi	Monte Alegre de Sergipe	Nossa Senhora da Glória	Poço Redondo	Porto da Folha	TOTAL
Bovinos	25.860	9.270	22.430	9.280	10.680	23.750	44.130	43.160	38.570	227.130
Equino	1.270	680	1.710	900	630	760	2.360	2.250	1.930	12.490
Suíno – total	3.030	1.740	5.920	1.550	1.860	2.550	11.250	3.100	8.450	39.450
Suíno – matrizes de suínos	215	190	510	150	220	210	1.030	270	670	3.465
Caprino	1.390	240	620	420	200	550	700	2.045	1.340	7.505
Ovino	7.060	2.050	7.710	3.610	1.710	3.720	9.860	10.270	6.170	52.160
Galináceos – total	91.810	34.260	94.730	37.120	36.710	47.630	116.420	83.420	118.730	660.830
Galináceos – galinhas	14.140	6.980	13.840	3.950	3.240	9.480	20.380	21.570	20.690	114.270

Fonte: IBGE (2021), organizado pelo autor (2024).

De acordo com Santos (2018) e Santos; Costa (2020) a pecuária leiteira é um arranjo produtivo de grande importância social e econômica para os municípios, sendo a atividade de maior destaque na região e que continua em expansão - **Tabela 26**. Santos (*idem*), destaca que a economia dos municípios se encontra bastante ligada à produção do leite e à pecuária de maneira geral, sobretudo, por ser o setor da economia que mais absorve mão de obra e ser responsável pela geração de renda a diversas famílias que trabalham com a criação e ordenha do gado.

Apesar de sua pequena participação na composição do PIB, como já destacado nas páginas anteriores, a atividade agropecuária representa um importante ramo da economia local, devido à grande força de trabalho, atualmente, empregada nestas atividades, bem como sua relação com os demais setores econômicos locais, sobretudo, de indústria e serviços, movimentando a economia local e possibilitando grande desenvolvimento aos municípios, ora, estudados.

Os dados levantados neste trabalho, são insipientes para destacar a importância regional da atividade e suas relações com os demais setores da economia, e para avaliar os efeitos decorrentes das mudanças climáticas sobre os arranjos econômicos, produtivos, sociais e políticos locais.

**Tabela 26** - Produção de origem animal, por tipo de produto (ano de 2022)

	<b>Leite (Mil litros)</b>	<b>Ovos de galinha (Mil dúzias)</b>	<b>Mel de abelha (Quilogramas)</b>
Canindé de São Francisco	36.814	127	1.700
Feira Nova	12.038	60	0
Gararu	34.190	137	2.780
Gracho Cardoso	12.826	36	400
Itabi	12.814	30	540
Monte Alegre de Sergipe	41.958	79	1.200
Nossa Senhora da Glória	73.165	220	6.870
Poço Redondo	80.832	217	3.500
Porto da Folha	63.293	185	3.240
<b>TOTAL</b>	<b>369.930</b>	<b>1.091</b>	<b>20.230</b>

**Fonte:** IBGE (2022), organizado pelo autor (2024).

Os impactos dos processos de degradação ambiental, ainda que restritos a esta atividade, podem impactar, negativamente, os demais setores econômicos, e levar a degradação das condições sociais, econômicas e políticas locais, fazendo-se necessário a realização de estudos que avaliem o grau de dependência econômica e de vulnerabilidade econômico/ambiental da atividade agropecuária na região da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco, bem como os efeitos sobre as condições econômicas locais.

## 6 ESTRUTURAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS

O mosaico dos sistemas ambientais, da área de pesquisa, reflete o quadro ambiental que atuou (e atua) na esculturação e evolução das paisagens do semiárido sergipano, esculpidas sob um regime climático marcado pela irregularidade pluviométrica e com elevadas temperaturas anuais médias, características de ambientes de clima semiárido.

O substrato geológico composto majoritariamente, por rochas de idade proterozoicas, metamorfizadas sob condições de compressão e intemperizado sob condições de semiaridez, sustenta um relevo, no geral, variando de suave ondulado a ondulado e de baixa amplitude altimétrica, pontuado por relevos residuais que se constituem evidências dos processos erosivos diferenciais que atuaram na esculturação do relevo do sertão sergipano.

A combinação entre as características climáticas e geológicas, possibilitou a formação de um mosaico pedológico, constituído por solos pouco desenvolvidos, no geral, rasos, arenosos, com marcada diferenciação entre os horizontes e a presença de argilas montmorilonitas, rochosidade e, localmente, afloramento do embasamento geológico, decorrentes dos processos intempéricos sob regime semiárido.

Como resultado da intrincada dinâmica dos constituintes da paisagem, apresentam cobertura vegetal composta, majoritariamente, por espécies caducifólias, adaptadas à baixa disponibilidade hídrica dos solos, típica das caatingas, representadas pelos estratos arbustivos e herbáceos e, pontuadas por espécies arbóreas, localizadas nos setores de relevo mais elevado e voltados a barlavento, as quais possibilitam melhores condições de umidade, bem como nas áreas mais rebaixadas do relevo, associadas aos canais fluviais, que possuem melhores condições edafoclimáticas que permitem a colonização por espécies arbustivas.

Da complexa interrelação entre as componentes da paisagem local, resultam a formação de um conjunto de sistemas, comandados por processos distintos, com diferentes dinâmicas e intensidades, os quais condicionaram características e dinâmicas atuais distintas, sendo divididas em: **Planícies e Terraços, Tabuleiros pré-litorâneos, Planaltos sedimentares, Sertões e Superfícies residuais (Mapa 11, Tabela 27).**

Cada sistema, e suas subdivisões, apresentam características morfogenéticas e dinâmicas que as diferenciam e que condicionam suas potencialidades e limitações. O reconhecimento dessas características é de essencial importância ao processo de ordenamento territorial e de planejamento do uso e ocupação do solo, tendo como objetivos: a minimização

dos impactos ambientais negativos, o aproveitamento racional dos recursos ambientais, a compatibilização do uso às limitações do território, a análise de riscos (sociais, econômicos e ambientais) e a recuperação ambiental das áreas degradadas.

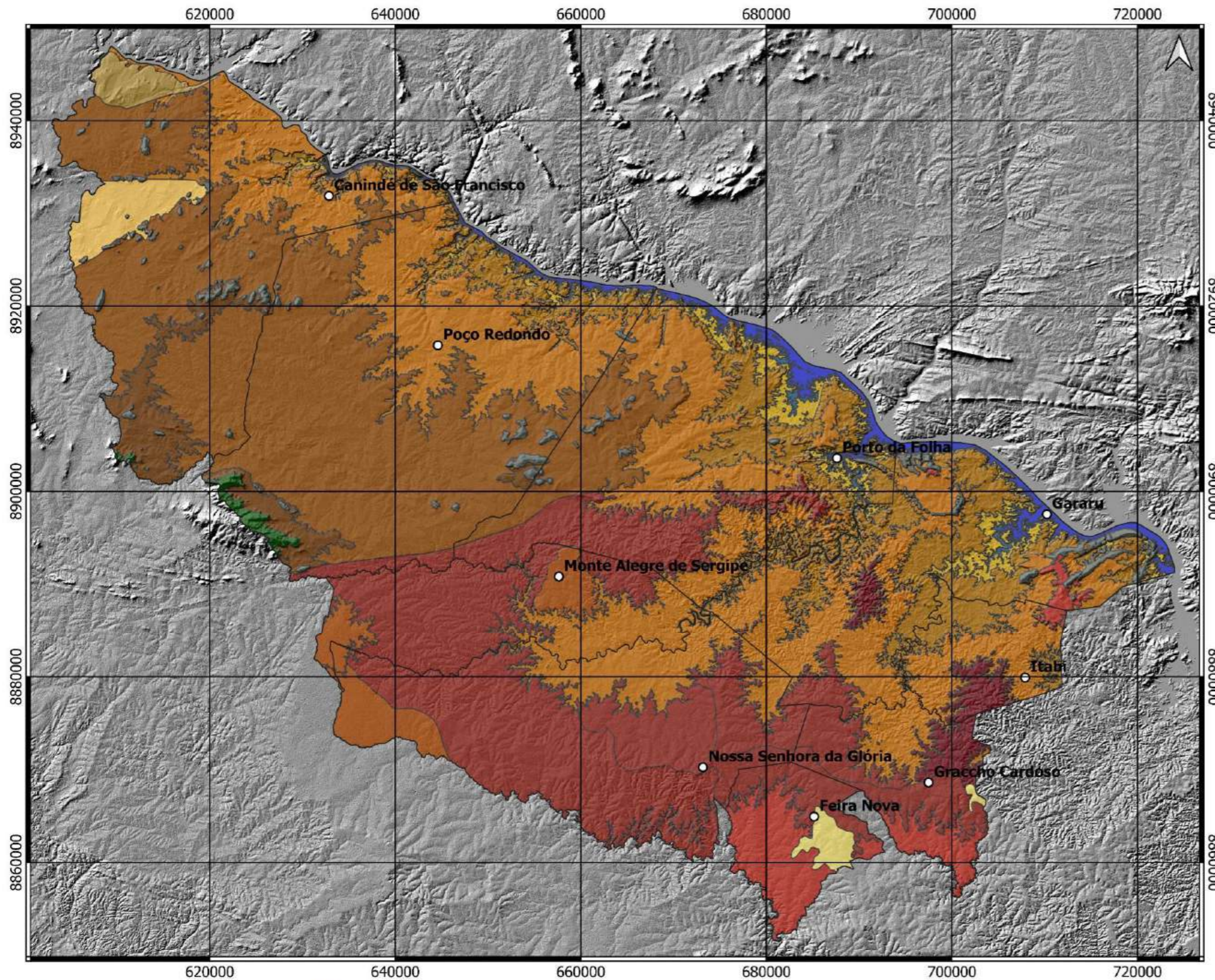
**Tabela 27** - Delimitação das unidades sistêmicas da área de pesquisa

<b>SISTEMA AMBIENTAL</b>		<b>LEGENDA</b>	<b>ÁREA (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>	
Planície	Planície fluvial do Rio São Francisco	PIF	76,3	1,4	
	Terraço fluvial do Rio São Francisco	PtF	35,82	0,66	
<b>TOTAL</b>			<b>112,12</b>	<b>2,06</b>	
Tabuleiros	Platô de Feira Nova	TSp	27,6	0,51	
Bacias sedimentares	Bacia sedimentar de relevo plano – Unidade agrovila	BSt1	69,71	1,28	
	Bacia sedimentar dissecada – Unidade Xingó	BSt2	38,38	0,7	
<b>TOTAL</b>			<b>108,09</b>	<b>1,99</b>	
Baixos Sertões	Baixos Sertões do São Francisco	BsF	127,82	2,35	
	Sertões dissecados em colinas e morros	Bsd1	1490,58	27,38	
	Sertões dissecados em vales profundos	Bsd2	517,39	9,5	
<b>TOTAL</b>			<b>2135,79</b>	<b>39,23</b>	
Altos Sertões	Sertões Aplainados	com dissecção moderada	ASa1	124,78	2,29
		com maciços e inselbergs	ASa2	1290,37	23,7
		pedimentos/pés de serra	ASa3	139,68	2,57
	Sertões Dissecados	em colinas rasas e amplas	ASd1	166,92	3,07
		em morros e morrotes	ASd2	1155,14	21,22
		dissecados em vales profundos	ASd3	80,33	
<b>TOTAL</b>			<b>2957,22</b>	<b>54,31</b>	
Maciço	Inselbergs e serras secas	Msi	78,74	1,45	
Residuais	Serras úmidas	Msu	19,74	0,36	
<b>TOTAL</b>			<b>98,48</b>	<b>1,81</b>	

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

Dessa forma, o presente capítulo, apresenta a compartimentação dos sistemas ambientais da área de pesquisa, a descrição de suas características morfogenéticas e de sua dinâmica, bem como sua subdivisão e dos seus principais vetores de pressão e capacidade de uso.

Mapa 11 - Delimitação dos sistemas ambientais da microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco



### LEGENDA

SISTEMA	FEIÇÃO	UNIDADE	LEGENDA	PROCESSO	DINÂMICA	INTENSIDADE	PROCESSOS	ÁREA (km²)	%
PLANÍCIES	Planície fluvial do São Francisco	indiviso	PIF	Acumulação	Agradacional	Moderada	Superfície de baixa energia, resultante da acumulação de sedimentos (por efeitos gravitacionais e fluviométricos) sob raios pouco desenvolvidos	81,28	1,49%
TERRAÇOS	Terraços fluviais do São Francisco	indiviso	TrF	Acumulação	Agradacional	Fraca/Moderada	Superfícies de acumulação gravitacional e fluviométrica com evidências de amplos processos fluviais	35,82	0,66%
TABULEIROS	Tabuleiros sedimentares pré-ibórnios	indiviso	Tsp	Transição	Transicional	Fraca	Dissecação fraca relevo secutoriforme com declividade baixa alta densidade de drenagem possuindo baixa amplitude alométrica sob raios pouco desenvolvidos	27,60	0,51%
BACIAS SEDIMENTARES	Bacia sedimentar de relevo plano	indiviso	Bs01	Transição	Transicional	Fraca/Moderada	Superfície modelada por processos erosivos pouco pronunciados apresentando relevo plano a suave ondulado e baixa densidade de drenagem com presença de superfícies elevadas compostas por rochas mais resistentes	69,71	1,20%
	Bacia sedimentar dissecada	indiviso	Bsd1	Transição	Transicional	Moderada/Intensa	Superfície dissecada elaborada em rochas metamórficas apresentando amplitude média alta sob raios pouco desenvolvidos	38,38	0,70%
BAIXOS SERTÕES	Baixas serrões do São Francisco	indiviso	Bsf	Transição	Transicional	Moderada	Superfície transicional entre as áreas de acumulação sedimentares e de serrões sob influência de processos de acumulação e dissecação alta densidade de drenagem possuindo baixa amplitude alométrica sob raios pouco desenvolvidos	127,82	2,30%
	Superfícies dissecadas	com colinas e morotes	Bsd1	Dissecação	Degradacional	Moderada/Intensa	Superfícies declivadas escavadas em vales profundos (20-100m) solos profundos arenosos modelados pela variação da energia fluvial	1.490,56	27,30%
	Superfícies dissecadas	em vales profundos	Bsd2	Dissecação	Degradacional	Intensa	Superfície escarpada por intensos processos erosivos com presença de vales moderados a profundos com densidade de drenagem moderada	517,39	9,50%
	Serries dissecadas	com colinas rasas e amplas	ASd1	Dissecação	Degradacional	Fraca/Moderada	Relevo com declividade baixa, dissecado em colinas e rampas longas, com presença de superfícies mais elevadas constituídas de rochas mais resistentes, densidade de drenagem mediana, com baixa amplitude alométrica e solos pouco desenvolvidos e presença de vegetação arbustiva esparsa	165,93	3,07%
	Serries dissecadas	com montes e morotes	ASd2	Dissecação	Degradacional	Moderada/Intensa	Superfície movimentada modelada por processos erosivos mais intensos sob influência de drenagem com presença de superfícies elevadas compostas por rochas mais resistentes	1.155,16	21,22%
	Superfícies dissecadas	intensas	ASd1	Dissecação	Degradacional	Intensa	Superfícies declivadas escavadas em vales profundos (20-100m) alta densidade de drenagem solos riosos pouco desenvolvidos decorrente de intensos processos erosivos	80,33	1,48%
ALTOS SERTÕES	Serries dissecadas	com dissecação moderada	ASd1	Dissecação	Degradacional	Fraca	Superfície relaxada por sucessivos processos erosivos com relevo plano a suave ondulado limitado por áreas declivadas e com baixa densidade de drenagem alta densidade de drenagem sob raios pouco desenvolvidos decorrente de menos processos erosivos	124,77	2,29%
	Serries aplanadas	com maçoço e moçoço	ASd2	Dissecação	Degradacional	Moderada	Superfície relaxada por sucessivos processos erosivos declividade baixa atualmente sob influência de processos erosivos pouco pronunciados em decorrência das baixas declividades	1.290,37	23,70%
MACIÇOS RESIDUAIS	Pedimentos		ASa3	Transição	Transicional	Fraca/Moderada	Acumulação de material detrito depositado nos sopés dos maçoços levemente inclinado e escudo moderada alta densidade de drenagem sob raios pouco desenvolvidos decorrente de menos processos erosivos	139,69	2,57%
	Itaíbergo e serras secas	Itaíbergo e serras secas	Msi	Dissecação	Degradacional	Intensa	Superfícies resultantes de processos erosivos diferenciais elaboradas em litologia resistente e ausência de rebolamento da superfície alta declividade sob raios e bastante dissecadas	78,74	1,45%
	Serras úmidas	Serras úmidas	Msu	Dissecação	Degradacional	Moderada/Intensa	Superfícies resultantes de processos erosivos diferenciais elaboradas em litologia resistente e ausência de rebolamento da superfície com densidade de drenagem moderada	19,74	0,36%

### DISTRIBUIÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS POR MUNICÍPIO (Valores expressos em km²)

Legenda	Canindé de São Francisco	Feira Nova	Gararu	Graccho Cardoso	Itabi	Monte Alegre de Sergipe	Nossa Senhora da Glória	Poço Redondo	Porto da Folha
PIF	2,2	--	30,23	--	--	--	--	8,69	25,27
TrF	1,49	--	12,43	--	--	--	--	2,6	18,4
Tsp	--	24,75	--	2,84	--	--	--	--	--
Bs01	5,27	--	48,55	--	0,28	--	--	14,18	59,89
Bsd1	190,99	--	275,48	58,76	101,42	96,95	129,99	323,56	295,62
Bsd2	20,46	0,7	202,1	0,12	48,07	0,93	1,12	85,06	162,06
BS01	69,7	--	--	--	--	--	--	--	--
BS02	28,25	--	--	--	--	--	--	--	--
ASd1	--	104,69	13,76	42,33	5,14	--	0,24	--	--
ASd2	--	53,01	30,24	105,1	--	227,85	552,65	23,43	162,16
ASd3	--	--	16,49	32,39	20,5	--	--	--	--
ASa1	--	--	--	--	--	61,11	62,22	--	0,19
ASa2	488,9	--	--	--	--	--	--	668,11	124,71
ASa3	90,59	--	--	--	--	--	--	48,58	0,56
Msi	24,17	--	27,6	--	--	--	--	16,8	9,05
Msu	1,47	--	--	--	--	--	--	18,28	--

## MAPA DE SISTEMAS AMBIENTAIS

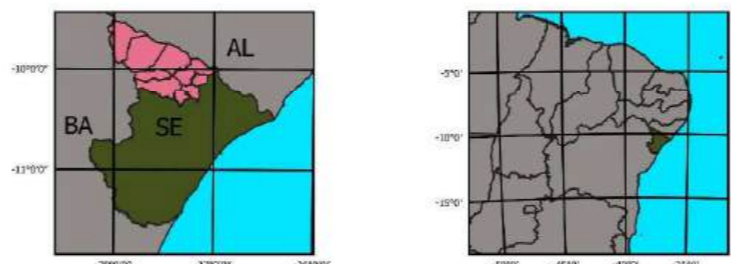
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS, UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM)  
DATUM: SIRGAS 2000, ZONA 24 S, MERIDIANO CENTRAL -39°

ESCALA: 1:460.000    DATA: 22/08/2024    ELABORAÇÃO: ÉDER GUEDES FREITAS

BASE DE DADOS:  
IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Atlas Municipal da Divisão Político-administrativa brasileira, Rio de Janeiro: IBGE, 2026.

**Convenções**

- Sedes municipais
- Limites municipais
- Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco
- Sergipe





As áreas de **Planícies e terraços**, ocorrem associadas ao rio São Francisco e são subdivididas em: Planícies fluviais e Terraços do Rio São Francisco.

As planícies fluviais apresentam cotas moderadas (normalmente, inferiores a 10 m), e declividades, em média, inferiores a 8%. São compostas por pacotes sedimentares inconsolidados e espessos, sustentando solos pouco desenvolvidos, arenosos, com baixa capacidade de agregação das partículas, tornando-os bastante sujeitos à ocorrência de processos erosivos, sobretudo lateral (influenciada pelo fluxo do Rio) e superficiais. Compreende uma área de 76,30 km<sup>2</sup> - **Figura 18**.

**Figura 188** - Vista da planície fluvial do Rio São Francisco, no município de Gararu/SE



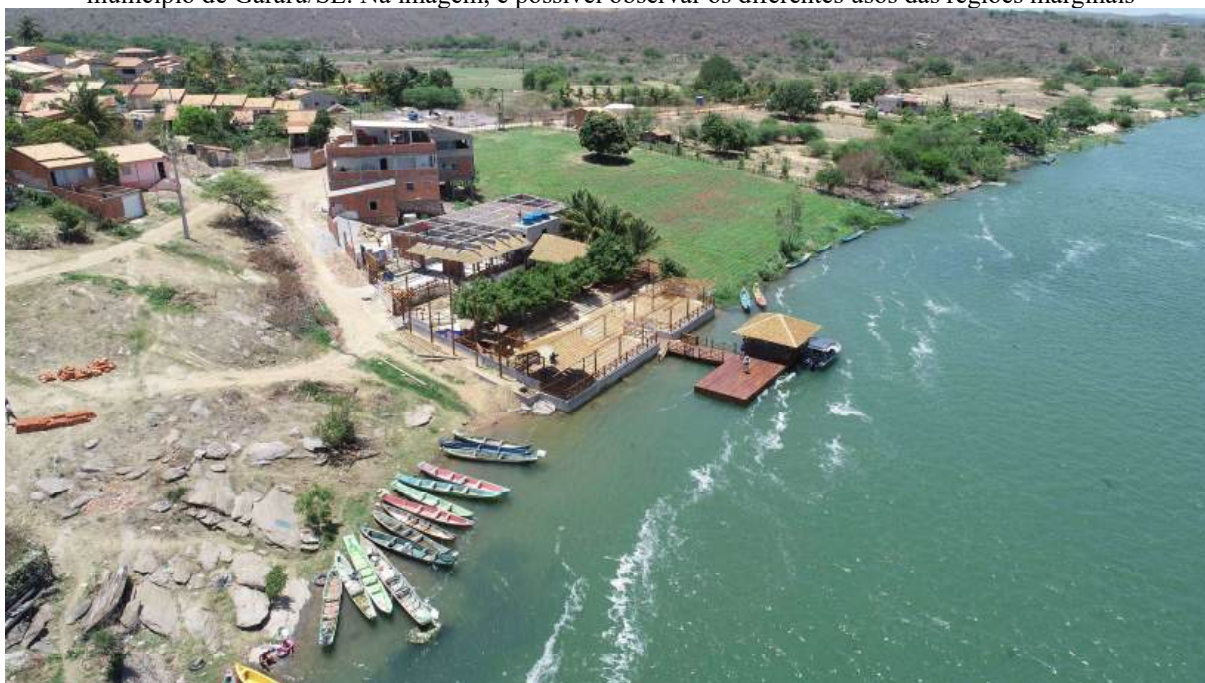
**Fonte:** SPU/SE, 2021.

Os terraços, são superfícies planas a suave onduladas, associadas às dinâmicas fluviais do Rio São Francisco, diferentemente da subunidade anterior, correspondem aos níveis mais elevados da planície fluvial. Possuem cotas entre 10 e 20 metros. Compreendendo uma parcela de 35,82 km<sup>2</sup> - **Figura 19**.

As condições do relevo, caracterizado como plano e suave ondulado, compensam as fragilidades do material que compõe o solo desta unidade, possibilitando maior infiltração das águas da chuva e, conseqüentemente, menor escoamento superficial. Contudo, as diferentes atividades econômicas praticadas no sistema, sem levar em consideração às fragilidades e capacidade de suporte deste ambiente podem vir a ampliar a sua vulnerabilidade.

Devido a sua proximidade às águas do São Francisco, estes ambientes são bastante utilizados para atividades agrícolas (predominantemente por cultivos temporários), realizados sem adoção de medidas conservacionistas e controle de efluentes. Além destas, há também a destinação de áreas para a pecuária bovina (sobretudo, realizada nas grandes propriedades limítrofes ao São Francisco) realizada sem levar em consideração a capacidade de suporte dos solos, sujeitando-os à ocorrência de compactação e revolvimento da camada superficial e, conseqüentemente, à intensificação dos processos erosivos. São identificados, ainda, diferentes povoadamentos localizados ao longo das margens do Rio.

**Figura 19** - Vista aérea da margem direita do rio São Francisco, na região do Povoado Lagoa Primeira no município de Gararu/SE. Na imagem, é possível observar os diferentes usos das regiões marginais



Fonte: SPU/SE, 2021.

Constituem-se em áreas de Preservação Permanentes, instituídas pela Lei nº 12.651, sendo sua utilização limitada a atividades recreativas, exploração indireta dos recursos naturais, captação d'água e obras e serviços públicos.

O **Quadro 7**, apresenta a síntese das características do sistema fluvial.

Quadro 7 - Síntese das características do sistema fluvial

SISTEMA	SUBSISTEMA	FEIÇÃO	PROCESSO	DINÂMICA
Planície e terraço	Planície Fluvial (PIF)	Planície fluvial do Rio São Francisco	Acumulação	Agradacional
	Terraços Fluvial (PtF)	Terraço fluvial do Rio São Francisco		
Características		Fragilidade	Vulnerabilidade	
<p><u>Geologia:</u> Sedimentos arenosos inconsolidados, depositados às margens do canal fluvial.</p> <p><u>Relevo:</u> Baixa amplitude altimétrica, com desnível inferior à 20 metros, relevo plano a suave ondulado ( 8%), com as planícies ocupando as áreas com cotas inferiores a 10 m, e os terraços entre 10 e 20 m.</p> <p><u>Solos:</u> solos arenosos, profundos e pouco desenvolvidos, com predomínio de associação de neossolos: litólicos, flúvicos e quartzarênicos.</p> <p><u>Vegetação:</u> Devido às condições climáticas e pedológicas, desenvolvem vegetação de porte arbustivo e gramíneas, pontuadas por espécies arbóreas, adaptadas às condições de baixa umidade e fertilidade dos solos.</p>		<p>Devido à composição arenosa e pouco consolidada do material, constituem ambientes bastante sujeitos à ocorrência de processos erosivos, sendo identificadas ocorrências de processos de desbarrancamento e erosão em lençol.</p> <p><b>PIF</b> – Os processos de desbarrancamento ocorrem às margens do canal fluvial, devido a própria dinâmica do rio que ocasiona erosão da base e a consequente instabilização do material.</p> <p><b>PtF</b> – O segundo está mais associado às áreas do topo da planície, decorrentes da baixa capacidade de agregação das partículas do solo sujeitando-os ao arraste, contudo, sendo compensada pelas características do relevo e da alta porosidade natural do solo.</p>	<p>Devido à proximidade do Rio São Francisco, são intensamente utilizados para atividades agropecuárias, sobretudo, cultivos de sequeiro (com cultivos temporários), sem adoção de práticas conservacionistas e controle de efluentes. Localmente são identificados povoamentos, situados nas proximidades do canal fluvial. São encontradas ainda, áreas destinadas à pecuária (sobretudo bovina), levando a uma grande pressão sobre o solo, sujeitando à compactação e potencializando a ocorrência de processos erosivos.</p>	
Usos		Potencialidade		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pecuária (bovinos);</li> <li>2. Agricultura de sequeiro;</li> <li>3. Pequenos povoamentos e fazendas;</li> <li>4. Atividades econômicas (bares; restaurantes).</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Áreas destinadas à preservação permanente do ecossistema local, regulamentadas por legislação específica – Lei nº 12.651/2012;</li> <li>2. Atividades recreativas;</li> <li>3. Captação d'água e instalação de obras públicas.</li> </ol>		

Os **Tabuleiros pré-litorâneos (Platô de Feira Nova)** compreendem o conjunto de formações sedimentares, sustentadas no pacote sedimentar do grupo barreiras, de relevo plano a suave ondulado, solos de textura média a argilosa, profundos e desenvolvidos. Compreende a menor unidade da área estudada, recobrimdo uma área de 27,60 km<sup>2</sup>.

Devido às condições de relevo e solos favoráveis, apresentam-se bastante favoráveis à exploração agrícola, sendo esta a principal atividade desenvolvida. Além desta, há prática da pecuária bovina. Este sistema apresenta, no geral, fragilidade baixa, conferida pelo relevo menos movimentado ( 8%) e solo desenvolvido e de textura média a argilosa, que possibilitam maior agregação entre as partículas e, conseqüentemente, menores perdas de solo

- **Figura 20.**

**Figura 20** - Vista panorâmica das áreas do Platô de Feira Nova, evidencia-se o potencial econômico dessas áreas pela larga presença de áreas produtivas



**Fonte:** Trabalho de campo realizado em 21 de abril de 2023.

Contudo, apesar da baixa fragilidade, as formas de uso e ocupação, incompatíveis com a capacidade de suporte do ambiente, podem vir a vulnerabilizá-lo, em virtude da intensa remoção da vegetação nativa e compactação dos solos (causada tanto pela ação das águas pluviais direto sobre o solo nu, como a compactação mecânica, causada pelo pisoteio do gado) vindo a reduzir, paulatinamente, sua resistência aos processos erosivos.

Do ponto de vista legal, não apresentam restrições ao seu uso e ocupação devendo, contudo, serem adotadas medidas mitigadoras para contornar efeitos negativos decorrentes das formas de uso e ocupação praticadas.

O **Quadro 8**, apresenta a síntese das características do sistema tabuliforme.

Os **Planaltos sedimentares** compreendem o conjunto de feições elaboradas em rochas de idade fanerozoica, compostas por arenitos, conglomerados e folhelhos. Do ponto de vista do relevo, apresenta uma área com relevo, predominantemente, plano a suave ondulado (BSt1), e outra (limítrofe ao Rio São Francisco), de relevo mais movimentado variando de suave ondulado a forte ondulado (BSt2).

Devido às características de relevo e geologia, apresentam solos rasos a medianamente profundos, arenosos e pouco desenvolvidos. Devido a estes fatores, apresenta vegetação esparsa, predominantemente, arbustiva arbórea e caducifólia. Esta unidade compreende uma área de 108,10 km<sup>2</sup> da área de estudo. São subdivididas em: Plantalto

sedimentar de relevo plano – Unidade Agrovila (BSt1) e Plantalto sedimentar dissecado – Unidade Xingó (BSt2)<sup>9</sup>.

**Quadro 8** - Síntese das características do sistema tabuliforme

SISTEMA	SUBSISTEMA	FEIÇÃO	PROCESSO	DINÂMICA
Tabuleiros	Platô de Feira Nova (TSp)	Indiviso	Transição	Transicional
Características		Fragilidade	Vulnerabilidade	
<p><u>Geologia:</u> Sedimentos areno-argilosos do grupo barreiras;</p> <p><u>Relevo:</u> Relevo plano a suave ondulado e baixa variação altimétrica;</p> <p><u>Solos:</u> Solos profundos, de textura média a argilosa, com predomínio de <u>A</u>argissolos;</p> <p><u>Vegetação:</u> Devido às condições de solo, relevo e clima, encontrando-se em ambiente transicional do semiárido e da zona costeira, apresenta cobertura vegetal mais diversa, com presença de espécies arbóreas.</p>		<p>Devido às condições favoráveis de relevo e solos, estes ambientes apresentam-se, no geral, com menor fragilidade aos processos de degradação ambiental. Em parte, explica-se devido ao relevo de baixa declividade o qual reduz a energia livre dos fluxos superficiais e, conseqüentemente, resultando no menor arraste de material. Concorre ainda para a menor fragilidade as condições dos solos que favorecem maior agregação das partículas oferecendo maior resistência ao arraste pelas águas pluviais.</p>	<p>As características favoráveis, possibilitaram uso e ocupação intensa destes ambientes, acima da capacidade de suporte dos solos. A constante remoção da cobertura vegetal e a compactação dos solos, causada pela pecuária, acabam por, paulatinamente, reduzir a resistência dos solos aos processos erosivos, predominando processos aureolares.</p>	
Usos			Potencialidade	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agricultura;</li> <li>2. Pecuária.</li> </ol>			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agricultura;</li> <li>2. Pecuária;</li> <li>3. Ocupações urbanas;</li> <li>4. Dentre outras, desde que adotadas medidas mitigadoras contra os processos erosivos.</li> </ol>	

Do ponto de vista dos processos, compreendem feições transicionais, com maior influência de processos de dissecção que atuam na esculturação do modelado, em diferentes intensidades, variando de fraca/moderada a moderada/intensa, fazendo destes ambientes moderadamente frágeis a frágeis. A fragilidade destes ambientes deve-se à pouca profundidade e a menor consistência dos solos, fazendo deles facilmente erodíveis.

Em termos de influência dos processos há diferença significativa entre as duas subunidades, na unidade BSt1 as condições de relevo plano a suave ondulado, atuam para reduzir a energia disponível para a ocorrência de processos erosivos, fazendo destes ambientes

<sup>9</sup> A subdivisão apresentada serve para diferenciar as características de relevo predominante nas áreas. Do ponto de vista geológico e pedológico, há pouca variação entre as duas unidades.

menos frágeis, ao passo que na unidade BSt2, com relevo mais movimentado, há maior energia disponível para a modelagem do relevo, fazendo destas áreas mais frágeis.

No tocante às formas de uso e ocupação, na unidade BSt1 devido às características pedológicas e climáticas, acabam por ser mais utilizadas para atividades de subsistência e pecuária, restritas às áreas com melhores condições (solos mais profundos e úmidos) e exploração da vegetação de caatinga como matriz energética.

Quanto à unidade BSt2 (localizada às margens do Rio São Francisco) - **Figura 21**, devido às condições de relevo movimentado e solos rasos, apresentam grandes limitações para o desenvolvimento de atividades econômicas, somando-se ainda ao fato de se tratar de unidade de conservação de com regime de proteção integral, que garante intocabilidade a esta área.

Em decorrência disso, apresentam vulnerabilidade variável, sendo a unidade BSt1, de maior vulnerabilidade, devido à maior pressão antrópica exercida, ainda que corresponda à área de menor fragilidade.

**Figura 21** - Vista do Planalto sedimentar dissecado – Unidade Xingó (ao fundo), esculpida em rochas quartzíticas



**Fonte:** Trabalho de campo realizado em 12/06/2024.

O **Quadro 9**, apresenta a síntese das características do planalto sedimentar.

**Quadro 9** - Síntese das características do planalto sedimentar

SISTEMA	SUBSISTEMA	FEIÇÃO	PROCESSO	DINÂMICA
Planaltos Sedimentares	Sedimentares (BSt)	Bacia sedimentar de relevo plano – Unidade Agrovila (BSt1)	Transição	Transicional
		Bacia sedimentar dissecada – Unidade Xingó (BSt2)		
Características		Fragilidade	Vulnerabilidade	
<p><u>Geologia:</u> Rochas sedimentares paleozoicas (arenito, folhelho, conglomerado).</p> <p><u>Relevo:</u> (BSt1) baixa amplitude altimétrica e relevo variando de plano a suave ondulado; (BSt2) amplitude de relevo moderada, com relevo variando de ondulado a forte ondulado.</p> <p><u>Solos:</u> Solos pouco desenvolvidos, pouco profundos, de textura média a arenosa, predomínio de planossolos, neossolos litólicos e regolíticos.</p> <p><u>Vegetação:</u> Vegetação arbustiva-arbórea, com densidade média a alta.</p>		<p><b>BSt1</b> – Compreende unidade de fragilidade moderada, condicionada pelas características de relevo (no geral com baixa amplitude altimétrica e declividade baixa – inferior a 8%). Sua fragilidade é condicionada pela cobertura pedológica, composta por solos rasos e pouco desenvolvidos, que apresentam resistência baixa a moderada aos processos erosivos.</p>	<p><b>BSt1</b> – Esta unidade apresenta maior vulnerabilidade, devido à intensidade dos processos de uso e ocupação dos solos, se comparada com a segunda unidade. Apesar de menor fragilidade, graças ao fato de sofrer maiores intervenções, faz desta unidade mais sujeita à degradação dos solos, devido à remoção da cobertura vegetal e compactação dos solos.</p>	
		<p><b>BSt2</b> – Compreende unidade de relevo mais movimentado (ondulado a forte ondulado). Devido às características de relevo e solos pouco desenvolvidos e profundos, apresentam-se como áreas bastante frágeis à ocorrência de processos erosivos. Isso se dá à baixa capacidade de armazenamento de água pelos solos, alta energia potencial, influenciada pelo relevo, que acabam por influenciar na cobertura vegetal.</p>	<p><b>BSt2</b> – Apresenta menor vulnerabilidade, devido à menor pressão sofrida, que possibilita melhores condições de cobertura vegetal, garantindo a conservação deste ambiente. A existência de unidade de conservação integral também exerce influência para reduzir o grau de vulnerabilidade, devido à maiores restrições no uso e fiscalização da área.</p>	
Usos			Potencialidade	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agricultura;</li> <li>2. Pecuária.</li> </ol>			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agricultura;</li> <li>2. Pecuária;</li> <li>3. Lazer e exploração indireta;</li> <li>4. Unidade de conservação.</li> </ol>	

A unidade ambiental dos **Sertões** compreende a feição modelada por processos de dissecação, em diferentes intensidades, ao longo do tempo geológico. Esculpida em rochas sedimentares e ígneas, compreende a maior unidade da área de estudo, abrangendo uma área de 5.093,01 km<sup>2</sup>, sendo subdivididas em duas unidades: os **Baixos Sertões** e os **Altos Sertões**.

Os **Baixos Sertões** compreendem as feições esculpidas por diferentes ciclos erosivos, situadas nas porções mais baixas do relevo (entre 120 e 200 metros), apresentando-se como superfície de contato entre os altos sertões e as regiões de acumulação. Compreendem uma parcela de 2.135,79 km<sup>2</sup>, caracterizadas como áreas de dissecação, com intensidades variando de moderada a intensa.

Apresentam, no geral, solos pouco profundos e desenvolvidos, ocasionalmente, marcados pela presença de rochosidade no perfil do solo ou aflorando em superfície, resultantes da intemperização de rochas metamórficas e ígneas em condições de semiaridez. Apresentam relevo variando de plano a ondulado, com áreas de relevo forte ondulado, restrito às vertentes de maior amplitude altimétrica, existentes e dispostas ao longo de todo o sistema.

Podem ser subdivididas em três feições, com diferentes características e processos dinâmicos, sendo reconhecidas as seguintes: Baixos Sertões do São Francisco (BSF), Sertões dissecados em colinas e morros (Bsd1), Sertões dissecados em vales profundos (Bsd2).

**Baixos Sertões do São Francisco (BSF)** – Compreende a feição transicional entre as áreas de acumulação e às áreas de dissecação. Possui baixa amplitude altimétrica, variando de 20 a 50 metros, e relevo, predominantemente, suave ondulado, compreendendo uma área de 127,82 km<sup>2</sup>. Os processos que atuam na esculturação do modelado desta feição são menos intensos que nas demais feições do sistema dos baixos sertões, desenhando um relevo em colinas muito amplas e áreas de acumulação de sedimentos resultantes dos processos erosivos situados nas cotas mais rebaixadas - **Figura 22**.

**Figura 22** - Vista aérea das feições dos Baixos Sertões do São Francisco



**Fonte:** Trabalho de campo realizado em 20/06/2024.



No tocante à fragilidade, trata-se de áreas, no geral, alta, influenciadas pela combinação desfavorável de relevo e solos, que possibilitam maior energia livre para o trabalho morfológico e a menor resistência dos solos aos processos erosivos (condicionados pela pouca profundidade e textura). Contudo, as condições de relevo, mais movimentado, fazem com que as maiores pressões sejam exercidas nas áreas deprimidas, onde as melhores condições de relevo e solos, possibilitam a prática de atividades agropecuárias, sem adoção de medidas conservacionistas e sem considerar as limitações desta feição, tornando-a moderadamente vulnerável a muito vulnerável à degradação ambiental.

**Sertões dissecados em colinas e morros (Bsd1)** – Esta feição compreende a maior entre as subdivisões dos baixos sertões, abrangendo uma área de 1.490,58 km<sup>2</sup>, ocorrendo em áreas com altimetria variando entre 120 e 200 m. Suas declividades são menos pronunciadas que as da feição anterior, contudo, ainda apresenta relevo bastante movimentado, com declives variando de planos a ondulados – **Figura 23**.

Consistem em áreas de dissecação moderada a intensa, com vales pouco profundos, solos rasos e amplitude de relevo baixa a moderada. As condições de clima e geologia, fazem com que estas áreas apresentem solos, geralmente, pouco profundos, desenvolvidos, com textura variando de arenosa a argilosa e, mais raramente, presença de afloramentos rochosos.

Apresenta fragilidade moderada a alta, devido às condições de relevo e solos os quais potencializam os efeitos dos processos erosivos.

**Figura 23** - Aspectos da paisagem da unidade dos Baixos Sertões Dissecados (Bsd1)



**Fonte:** Trabalho de campo realizado em 20/06/2024.

Quanto às formas de uso e ocupação, esta sofre maiores pressões antrópicas, decorrentes de atividades agropecuárias (lavouras temporárias e permanentes, além da pecuária bovina), acima da capacidade de suporte do ambiente, desenvolvida em todos os municípios nos quais ocorre, fazendo destas áreas mais vulneráveis à degradação ambiental.

**Sertões dissecados em vales profundos (Bsd2)** – Compreende a feição delimitada pelas cotas variando de 50 a 120 metros. Apresenta relevo variando de forte ondulado a escarpado e amplitude de relevo bastante marcada. São áreas de intensos processos de dissecação, recortadas por vales profundos. Apresentam solos muito rasos, pouco desenvolvidos, arenosos e, ocasionalmente, afloramentos rochosos. Compreende a 2ª maior feição, recobrimdo uma área de 517,39 km<sup>2</sup> - **Figura 24**.

Devido às condições de solos e relevo apresentam fragilidade ambiental variando de moderada a alta, influenciadas pela espessura delgada dos solos e o relevo bastante declivoso, que influencia na energia livre disponível para a ocorrência de processos erosivos intensos, condicionando o desenvolvimento incipiente dos solos no local.

Nesta feição, foram identificadas áreas de exploração agrícola, restritas aos municípios de Porto da Folha e Gararu, mais a jusante do São Francisco, onde esta feição se apresenta mais presente no território. Nas demais, às condições de declividade são limitantes a exploração agrícola, fazendo com que estas áreas apresentem maior cobertura vegetal.

**Figura 194** - Aspectos da unidade dos Sertões dissecados em vales profundos (Bsd2)



**Fonte:** Trabalho de campo realizado em 20/06/2024.

Quanto à vulnerabilidade, apresentam vulnerabilidade moderada a baixa, sendo as áreas de maiores vulnerabilidades, restritas aos municípios de Porto da folha e Gararu, onde desenvolvem-se atividades agrícolas, sem utilização de práticas de conservação dos solos e prática de pecuária, além da capacidade de suporte dos ambientes.

O **Quadro 10**, apresenta a síntese das características do sistema dos baixos sertões.

**Quadro 10** - Síntese das características do sistema dos baixos sertões

SISTEMA	SUBSISTEMA	FEIÇÃO	PROCESSO	DINÂMICA
Sertões	Baixos Sertões	Baixos Sertões do São Francisco (BsF)	Dissecação	Transicional
		Sertões dissecados em colinas e morros (Bsd1)	Dissecação	Degradacional
		Sertões dissecados em vales profundos (Bsd2)	Dissecação	Degradacional
Características		Fragilidade	Vulnerabilidade	
<p><u>Geologia:</u> Rochas metamórficas e ígneas de idade pré-cambriana.</p> <p><u>Relevo:</u> <b>BSF</b> – baixa amplitude altimétrica e relevo suave ondulado.</p> <p><b>Bsd1</b> – Alta amplitude altimétrica, relevo com declividades variando de ondulados a escarpados, recortados por vales profundos e intensa dissecação do relevo.</p> <p><b>Bsd2</b> – Amplitude do relevo moderada a baixa e declividades variando de planas a onduladas, dissecadas em colinas amplas e morrotes, distribuídos na paisagem.</p> <p><u>Solos:</u> Solos pouco desenvolvidos, pouco profundos, de textura média a arenosa, predomínio de luvisolos, neossolos litólicos e regolíticos e afloramentos rochosos.</p> <p><u>Vegetação:</u> Vegetação arbustiva-arbórea, com densidade média a alta.</p>		<p><b>BsF</b> – Moderadamente frágeis, influenciadas pela combinação desfavorável de relevo e solos, que possibilitam maior energia livre para o trabalho morfológico e a menor resistência dos solos aos processos erosivos.</p> <p><b>Bsd1</b> – apresenta fragilidade moderada a alta, devido às condições de relevo e solos os quais potencializam os efeitos dos processos erosivos.</p> <p><b>Bsd2</b> – apresentam fragilidade ambiental variando de alta a muito alta, influenciadas pela espessura delgada dos solos e o relevo bastante declivoso, que influencia na energia livre disponível para a ocorrência de processos erosivos intensos, condicionando o desenvolvimento incipiente dos solos no local.</p>	<p><b>BSF</b> – Apresenta vulnerabilidade variável em função do relevo, sendo maiores nas áreas mais planas e rebaixadas da unidade, as quais, devido às condições de relevo e solo, são exploradas por atividades agrícolas sem adoção de práticas conservacionistas.</p> <p><b>Bsd1</b> – Vulnerabilidade de moderada a alta, decorrentes de atividades agropecuárias (lavouras temporárias e permanentes, além da pecuária bovina), acima da capacidade de suporte do ambiente, desenvolvida em todos os municípios nos quais ocorre.</p> <p><b>Bsd2</b> – moderada a baixa, sendo as áreas de maiores vulnerabilidades, restritas aos municípios de Porto da folha e Gararu, onde desenvolvem-se atividades agrícolas, sem utilização de práticas de conservação dos solos e prática de pecuária, além da capacidade de suporte dos ambientes.</p>	
Usos		Potencialidade		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agricultura;</li> <li>2. Pecuária;</li> <li>3. Urbanização;</li> <li>4. Extração vegetal.</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pecuária; Agricultura;</li> <li>2. Manejo sustentável dos solos;</li> <li>3. Expansão urbana;</li> <li>4. Silvicultura;</li> <li>5. Preservação e conservação dos ambientes.</li> </ol>		

Os **Altos Sertões** representam o maior subsistema da área em análise, correspondendo a uma parcela de 2.876,89 km<sup>2</sup>. Situa-se em área com altimetria superior a 200 metros, em superfície contínua, esculpida por processos de dissecação que atuam no rebaixamento da superfície. Compreende um sistema elaborado, ao longo de diversos ciclos erosivos, sob climas com grande variabilidade têmporo-espacial do regime pluviométrico e esculpidas em rochas metamórficas e ígneas.

Possuem relevo com declividade variando de plana a ondulada, baixa amplitude altimétrica e solos rasos, pouco desenvolvidos, pedregosos, com textura variando de arenosa a argilosa e, ocasionalmente, marcados pela presença de rochosidade no perfil do solo ou aflorando em superfície e recobertas por vegetação de caatinga.

Devido suas características ambientais, apresentam fragilidades variáveis, conforme características locais, influenciadas pelas variações de relevo, solos e cobertura vegetal, que interferem na dinâmica e intensidade dos processos que atuam na esculturação do relevo local.

Em decorrência das características de relevo, estas áreas são, em sua grande maioria, destinadas a pastos e lavouras (temporárias e permanentes) dispersas em todos os municípios que compõem a região, além da prática de pecuária extensiva e exploração direta dos recursos florestais, fazendo desta feição àquela que sofre a maior pressão antrópica e apresentando os piores valores de vulnerabilidade aos processos de degradação ambiental – os quais variam de moderadas a muito altas. Podem ser subdivididas em duas feições distintas: Sertões dissecados e Sertões aplainados.

Os **Sertões dissecados**, representam a menor feição desta subunidade, recobrimdo área de 1.322,06 km<sup>2</sup>. Abrange parte dos municípios de: Monte Alegre de Sergipe, Porto da Folha, Nossa Senhora da Glória, Feira Nova, Gracho Cardoso, Gararu e Itabi. No geral, apresenta relevo com declives variando de suave ondulado a ondulado, e áreas de ocorrência de relevo forte ondulado, maiores amplitudes altimétricas, resultante do intenso processo de dissecação linear que atuou na esculturação e evolução de suas feições, influenciadas por regime pluviométrico com maiores totais anuais, superiores a 500 mm/ano.

As demais características (de solos, vegetação e uso e ocupação) não diferem do contexto geral em que se inserem, sendo as diferenças, percebidas, decorrentes de variações morfológicas, identificadas por análise dos produtos de sensoriamento remoto e análise prévia, sendo identificadas as seguintes subdivisões:

**ASd1 – Sertões dissecados em colinas rasas e amplas (166,92 km<sup>2</sup>)** – são áreas com relevo mais suavizado, apresentando declividades inferiores a 12% e baixas amplitudes altimétricas, apresentando intensidade de dissecação de fraca a moderada - **Figura 25**. Tais características têm favorecido a exploração econômica intensiva e extensiva dessas áreas, provocando intensas transformações na paisagem, com retirada da cobertura vegetal nativa e destinação das áreas para pasto e cultivos temporários.

Em decorrência de tais intervenções, a cobertura vegetal nativa se encontra virtualmente ausente e restrita a enclaves situados em áreas de reservas legais, nas margens de canais e córregos e em áreas com declividades mais acentuadas.

**Figura 25** - Vista aérea da área dos sertões dissecados no município de Feira Nova/SE



Fonte: Trabalho de campo realizado em 21/04/2023.

**ASd2 – Sertões dissecados em morros e morrotes (1.155,14 km<sup>2</sup>)** - com declividades variando de suave ondulada a forte ondulada, amplitudes altimétricas moderadas, apresentando intensidade de dissecação variando de moderada a intensa - **Figura 26**. Apresentam solos rasos, pouco desenvolvidos e, localmente, presença de rochosoidade na forma de clastos de tamanhos variados.

As condições de relevo suave e os solos pouco profundos e desenvolvidos favoreceram a exploração econômica intensiva e extensiva dessas áreas, o que provocou intensas transformações na paisagem, com retirada da cobertura vegetal nativa e destinação das áreas para pasto e cultivos temporários.

Assim como na unidade anterior, em decorrência de tais intervenções, a cobertura vegetal nativa se encontra virtualmente ausente e restrita a enclaves situados em áreas de reservas legais, nas margens de canais e córregos e em áreas com declividades mais acentuadas, que representam resquícios da cobertura vegetal do semiárido.

**Figura 26** - Vista das áreas dos sertões dissecados no município de Feira Nova/SE



**Fonte:** Trabalho de campo realizado em 21/04/2023.

**ASd3 – Sertões dissecados em vales profundos (80,33 km<sup>2</sup>)**, que representam as áreas com declividades variando de onduladas a escarpadas, grandes amplitudes altimétricas e modeladas por intensos processos de dissecação.

A fragilidade desta unidade é condicionada pelas diferenças de declive, visto que as demais condições ambientais são semelhantes nas subunidades que a compõem, variando desde moderada, a alta e muito alta, respectivamente, Sertões dissecados em colinas rasas e amplas, Sertões dissecados em morros e morrotes e Sertões dissecados em vales profundos.

Por sua vez, os **Sertões aplainados**, correspondem a segunda maior subdivisão da área de pesquisa, cobrindo uma área de 1.544,83 km<sup>2</sup>, ocorrendo nos municípios de Canindé de São Francisco, Poço Redondo e parte de Porto da Folha. Diferem da subunidade anterior, por apresentarem relevo mais plano (com declives inferiores a 12%), esculpidas em regime

climático com precipitações médias anuais inferiores a 550 mm/ano, irregularmente distribuídas.

Correspondem a feições nas quais os processos de pediplanação apresentam-se mais conservados, fazendo com que o relevo apresente perfil mais plano e com menores amplitudes altimétricas. Os processos de esculturação atuantes são de intensidade variando de fraca a moderada, influenciadas pela grande irregularidade na distribuição das chuvas, e baixa capacidade de armazenamento de água, pelas rochas e solos, sendo os processos erosivos dominantes mais superficiais com remoção de delgadas camadas do solo ao longo dos eventos pluviométricos.

Pela análise da configuração espacial, desta subunidade, é possível sua compartimentação em 3 (três) feições, que representam diferentes etapas dos processos evolutivos, sendo identificadas as seguintes feições:

**ASa1 – Sertões aplainados com dissecação moderada (124,78 km<sup>2</sup>)** – compreendem as áreas de cotas altimétricas intermediárias, variando entre 320 e 400 m, relevo predominantemente plano, com vales pouco pronunciados e intensidade de dissecação fraca. Em virtude dessas características, apresentam-se como áreas com fragilidade moderada, influenciada pelas baixas variações de declive - **Figura 27**;

**Figura 27** - Vista aérea dos sertões aplainados, no município de Nossa Senhora da Glória/SE



Fonte: SPU/SE (2023).

**ASa2 – Sertões aplainados com maciços e inselbergs (1.290,37 km<sup>2</sup>) – Figura 20**, correspondem às áreas situadas em cotas variando entre 200 e 320 m, com relevo variando de plano a suave ondulado, marcadas pela presença de superfícies mais elevadas (inselbergs, cristas e maciços residuais) os quais representam os antigos níveis altimétricos da região e com processos de dissecação moderados. Apresentam-se como áreas de fragilidade variando de fraca a alta, devido à grande variabilidade das condições de relevo; e

**Figura 20** - Vista aérea da unidade dos sertões aplainados com inselbergs



**Fonte:** Trabalho de campo realizado em 12/06/2024.

**ASa3 – Pedimentos/pés de serra (139,68 km<sup>2</sup>)** – os quais representam as camadas situadas entre cotas de 300 a 400 m, representando áreas ativas de acumulação de materiais oriundos do entorno mais elevado, retrabalhadas por processos de dissecação variando de fraca a moderada. Apresentam ainda relevo variando de suave ondulado a ondulado e amplitude altimétrica moderada, o que faz com que estas áreas apresentem fragilidade variando de moderada a alta.

O **Quadro 11**, apresenta a síntese das condições descritas.



**Quadro 11** - Síntese das características do sistema dos altos sertões

SISTEMA	SUBSISTEMA	FEIÇÃO	PROCESSO	DINÂMICA
Sertões	Altos Sertões	Sertões Aplainados (ASa)	Dissecação	Degradacional
		Sertões Dissecados (ASd)		
Características		Fragilidade	Vulnerabilidade	
<p><u>Geologia:</u> Elaborados em rochas metamórficas e ígneas, de idade paleozoicas, com grande diversidade litológica.</p> <p><u>Relevo:</u> Variando de suave ondulado a montanhoso, apresenta, no geral, amplitude de relevo baixa a alta ( 50m), resultantes da ação diferencial das condições de clima sobre o embasamento geológico, as quais delimitaram duas grandes feições com características distintas: as áreas dissecadas e as áreas aplainadas.</p> <p><u>Solos:</u> Solos rasos, pouco desenvolvidos, com presença ocasional de pedregosidade e afloramento rochoso. Predomínio de solos litólicos, planossolos, luvisolos.</p> <p><u>Vegetação:</u> Vegetação de caatinga em diferentes compartimentações (de aberta a densa, e de arbustiva a arbórea).</p>		<p><b>ASa</b> – Apresenta fragilidade variando de fraca a alta, sendo as diferenças de relevo e solos significativas nessa variabilidade observada, sendo o primeiro o de maior importância na diferenciação da fragilidade.</p> <p><b>ASd</b> – A fragilidade desta unidade é condicionada pelas diferenças de declive, visto que as demais condições ambientais são semelhantes nas subunidades que a compõem, variando desde moderada, a alta e muito alta, respectivamente, Sertões dissecados em colinas rasas e amplas, Sertões dissecados em morros e morrotes e Sertões dissecados em vales profundos.</p>	<p>Em decorrência das características de relevo, estas áreas são, em sua grande maioria, destinadas a pastos e lavoras (temporárias e permanentes) dispersas em todos os municípios que compõem a região, além da prática de pecuária extensiva e exploração direta dos recursos florestais, fazendo desta feição àquela que sofre a maior pressão antrópica e apresentando os piores valores de vulnerabilidade aos processos de degradação ambiental – variando de moderadas a muito altas.</p>	
Usos		Potencialidade		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agricultura;</li> <li>2. Pecuária;</li> <li>3. Urbanização;</li> <li>4. Extração vegetal.</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Pecuária;</li> <li>2 Agricultura;</li> <li>3 Manejo sustentável dos solos;</li> <li>4 Expansão urbana;</li> <li>5 Silvicultura;</li> <li>6 Preservação e conservação dos ambientes.</li> </ol>		

Por fim, as **Superfícies residuais**. Estas compreendem as feições elaboradas em substrato geológico mais resistente, ao longo de sucessivos ciclos erosivos, sob regime climático intermitente, que resultou no rebaixamento diferencial das superfícies de entorno, deixando resquícios dos antigos níveis altimétricos locais, que correspondem aos maciços e inselbergs. Ocorrem dispersas nos territórios dos municípios que fazem limite com o São Francisco: Canindé de São Francisco, Porto da Folha, Poço Redondo e Gararu.

Possuem amplitude altimétrica alta ( 50 m), e declividades que variam de onduladas a escarpadas. Em decorrência das condições geológicas e geomorfológicas, a cobertura pedológica apresenta-se pouco desenvolvida, muito rasa, frequentemente, com ocorrência de pedregosidade e afloramentos rochosos, sendo a principal classe de solos verificados os NEOSSOLOS litólicos, com ocorrência de ARGISSOLOS, restritas às áreas de serras úmidas

presentes no sudoeste da área de pesquisa. Em termos da dinâmica de modelagem compreendem superfícies de dissecação de intensidade variando de moderadas a intensas que atuam na esculturação das formas de relevo destas feições.

Devido a esse somatório de fatores, a cobertura vegetal varia de áreas sem vegetação nativa (inselbergs), com vegetação arbustiva densa (serras secas) e com vegetação arbustiva arbórea densa e perenifólia (serras úmidas, sendo as áreas de vegetação perenifólia, situadas nas áreas dotadas de melhores condições edafoclimáticas).

Na área foram identificadas as seguintes subdivisões desta unidade:

Os **Inselbergs e as serras secas – Msi**. Compreende a feição composta por superfícies de altitudes inferiores a 100 metros, encontrando-se distribuídas por maior parte da área de pesquisa, recobrando uma área de 78,74 km<sup>2</sup>, localizadas nos municípios de Canindé de São Francisco, Porto da Folha, Poço Redondo e Gararu. Possuem declividades variando de forte onduladas a escarpadas, solos rasos, pouco desenvolvidos e profundos, pedregosos, com ocorrência de afloramentos rochosos, com predomínio de NEOSSOLOS litólicos - **Figura 29**.

**Figura 29** - Vista aérea da unidade dos maciços residuais. Ao centro, a Serra da Tabanga, em Gararu, às margens do Rio São Francisco



**Fonte:** SPU/SE, 2021.

Em virtude disso, faz com que estas áreas apresentem fragilidade variando de alta a muito alta, sendo a combinação de relevo e solos os principais responsáveis pela sensibilidade destas feições aos processos erosivos. Tais condições, constituem-se impedimentos à

exploração econômica, fazendo com que estas sofrem menores intervenções antrópicas, fazendo com que sejam áreas de vulnerabilidade variando de alta a muito alta.

As **Serras úmidas – Msu**, compreendem as feições com amplitudes altimétricas superiores a 100 metros, encontrando-se restritas aos municípios de Canindé de São Francisco e Poço Redondo. Correspondem a uma área de, aproximadamente, 19,74 km<sup>2</sup> e tem como principais características, relevo variando de montanhoso a escarpado, com solos rasos, pouco desenvolvidos e profundos, pedregosos, com ocorrência de afloramentos rochosos e ocorrência de associações de NEOSSOLOS litólicos, ARGISSOLOS e afloramentos rochosos.

Apresenta fragilidade variando de alta a muito alta, influenciada pelas condições de relevo e solos, as quais constituem-se impedimentos à exploração econômica, fazendo com que estas sofrem menores intervenções antrópicas, fazendo com que sejam áreas de vulnerabilidade variando de moderada a alta, sendo que a cobertura vegetal existente atua como barreira natural e estabilizador dos solos existentes nesta feição.

O **Quadro 12**, apresenta um resumo das características desta unidade.

Quadro 12 - Síntese das características do sistema das superfícies residuais

SISTEMA	SUBSISTEMA	FEIÇÃO	PROCESSO	DINÂMICA
Superfícies residuais	Maciços residuais	Inselbergs e serras secas (Msi)	Dissecação	Degradacional
		Serras úmidas (Msu)		
Características		Fragilidade	Vulnerabilidade	
<p><u>Geologia:</u> Elaborados em rochas metamórficas e ígneas, de idade paleozoicas.</p> <p><u>Relevo:</u> Grande amplitude altimétrica (no geral, maiores de 50 metros), e declividades variando de forte onduladas a escarpadas. Encontram-se dispersas em toda a área de pesquisa, ocorrendo nos diferentes sistemas e subsistemas, como resquícios dos antigos níveis altimétricos.</p> <p><u>Solos:</u> Solos pouco desenvolvidos, pouco profundos, de textura média a arenosa, predomínio de neossolos litólicos e afloramentos rochosos.</p> <p><u>Vegetação:</u> Vegetação arbustiva-arbórea, com densidade média a alta (nas áreas de serras secas e úmidas) e áreas desprovidas de vegetação (inselbergs).</p>		<p><b>Msi</b> – As condições de relevo constituem-se na principal componente da fragilidade destas feições. Devido seus declives apresentarem-se, no geral, bastante acidentados, faz com que estas feições apresentem grande quantidade de energia livre disponível para a ocorrência de processos erosivos, dificultando a evolução dos perfis de solos e, conseqüentemente, na cobertura vegetal, acabando por torná-las ainda mais frágeis à erosão.</p>	<p><b>Msi</b> – Apresentam-se como áreas de vulnerabilidade variando de alta a muito alta, ainda que não apresentem efeitos notáveis da exploração econômica. Sendo tal condição devido à pequena espessura dos solos e altas declividades, as quais influenciam significativamente, nos processos erosivos.</p>	
		<p><b>Msu</b> – Assim como na feição anterior, o relevo influencia significativamente na fragilidade aos processos erosivos, contudo, estes se apresentam menos intensos devido à presença de cobertura vegetal que atua no retardamento e diminuição da energia cinética das gotas das chuvas.</p>	<p><b>Msu</b> – Assim como na feição anterior, não apresenta sinais de utilização intensiva dos recursos naturais. Contudo, devido às condições de relevo e solos, faz que estas áreas apresentem vulnerabilidade variando de moderada a alta, tendo a vegetação importante papel na estabilização das feições existentes e redução da energia cinética disponível.</p>	
Usos			Potencialidade	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Extração vegetal.</li> </ol>			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Silvicultura;</li> <li>2. Turismo e recreação;</li> <li>3. Preservação e conservação dos ambientes;</li> <li>4. Áreas de preservação.</li> </ol>	

## 7 AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NO SEMIÁRIDO SERGIPANO

Para fins de análise dos graus de fragilidade ambiental foi desenvolvida a metodologia da Ponderação dos indicadores ambientais, descrita no Capítulo 2, utilizando informações relativas às características ambientais como parâmetros: litologia, precipitação anual, coeficiente de variação anual da precipitação, classe de solos, declividade, comprimento e curvatura de vertentes e de cobertura vegetal. Os procedimentos para obtenção dos indicadores encontram-se descritas nos tópicos 2.1.III e 2.2.

Para avaliação do desempenho, do método apresentado, foi realizada comparação com outras metodologias disponíveis na literatura acadêmica, tomando como base os trabalhos desenvolvidos por Crepani *et al.* (2001), Carmo *et al.* (2015; 2016), a Equação Universal de Perda de Solos – EUPS (Bertoni; Lombardi Neto, 2010), seguindo os procedimentos metodológicos apresentados por Lopes *et al.* (2011), e do Potencial Natural à Erosão (PNE), conforme apresentado por Souza; Galvani (2017).

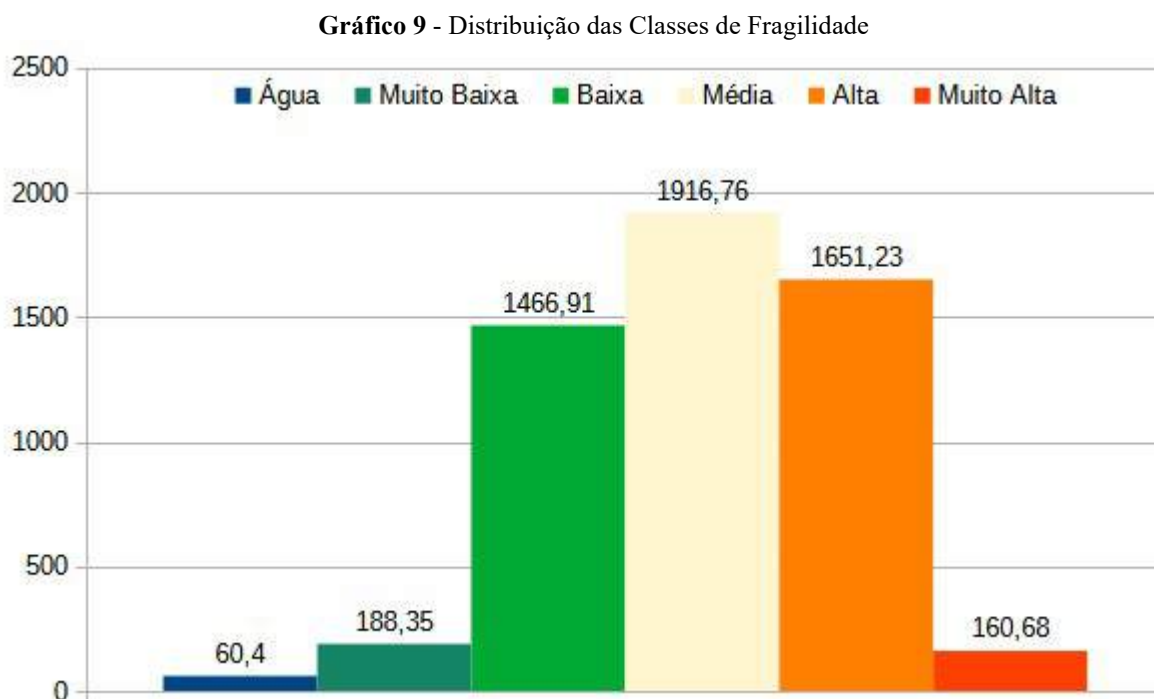
Nos parágrafos seguintes, serão analisados e discutidos os resultados obtidos através da aplicação de cada um dos métodos indicados no parágrafo anterior.

### 7.1 Análise dos indicadores de fragilidade da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco

A aplicação do método de avaliação da fragilidade na região, objeto da análise, indica que grande parte do território apresenta valores de fragilidade variando de intermediários a altos (**Mapa 12; Gráfico 9**), o que as torna mais suscetíveis à ocorrência de processos de degradação ambiental e demanda a necessidade de ações de proteção e a compatibilização das atividades socioeconômicas às características de cada recorte espacial.

Em termo de distribuição municipal, os valores de fragilidade apresentaram-se bastante variáveis, sendo influenciados pelas características ambientais e pela, maior ou menor, presença de cobertura vegetal existente na região – a qual atenua os efeitos dos processos erosivos atuantes na região.

Conforme é possível observar na **Tabela 28**, os valores apresentaram-se distribuídos, de forma mais expressiva em três classes, variando de baixa a alta fragilidade, predominando a ocorrência de duas classes de fragilidade com diferenças, no geral, inferiores a 100 km<sup>2</sup>.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No município de Feira Nova, houve o predomínio da classe de fragilidade baixa (102,93 km<sup>2</sup>), seguidas pela média, muito baixa, alta e muito alta, respectivamente, com 39,24, 25,55, 14,28 e 0,53 km<sup>2</sup>. O município apresentou a 5ª maior diferença de área entre as duas maiores classes predominantes, com total de 63,69 km<sup>2</sup>. Neste município, os valores de fragilidade foram bastante influenciados pelas classes de solos com baixos valores de fragilidade e do cumprimento das vertentes, que apresentaram baixa variação altimétrica, influenciando assim nos resultados observados.

**Tabela 28** O município de Canindé de São Francisco, apresentou os maiores valores de fragilidade situados nas faixas de média a baixa fragilidade, respectivamente, com 390,48 e 269,69 km<sup>2</sup> - apresentando uma diferença da ordem de 93,79 km<sup>2</sup>, sendo a segunda maior diferença observada - seguidas pelas altas (183,66 km<sup>2</sup>), muito baixas (32,7 km<sup>2</sup>) e muito alta fragilidades (3,27 km<sup>2</sup>).

A combinação de clima – com baixos totais pluviométricos e maior distribuição – somadas às características do relevo, sobretudo das vertentes de baixa amplitudes e convexas, tiveram importante papel na atenuação dos valores, fazendo com que esta região, apesar do predomínio de solos de média a alta fragilidade, de rochas medianamente frágeis e de cobertura vegetal deficitária, apresente-se mais estável do ponto de vista ecodinâmico.

No município de Feira Nova, houve o predomínio da classe de fragilidade baixa (102,93 km<sup>2</sup>), seguidas pela média, muito baixa, alta e muito alta, respectivamente, com 39,24, 25,55, 14,28 e 0,53 km<sup>2</sup>. O município apresentou a 5ª maior diferença de área entre as duas maiores classes predominantes, com total de 63,69 km<sup>2</sup>. Neste município, os valores de fragilidade foram bastante influenciados pelas classes de solos com baixos valores de fragilidade e do cumprimento das vertentes, que apresentaram baixa variação altimétrica, influenciando assim nos resultados observados.

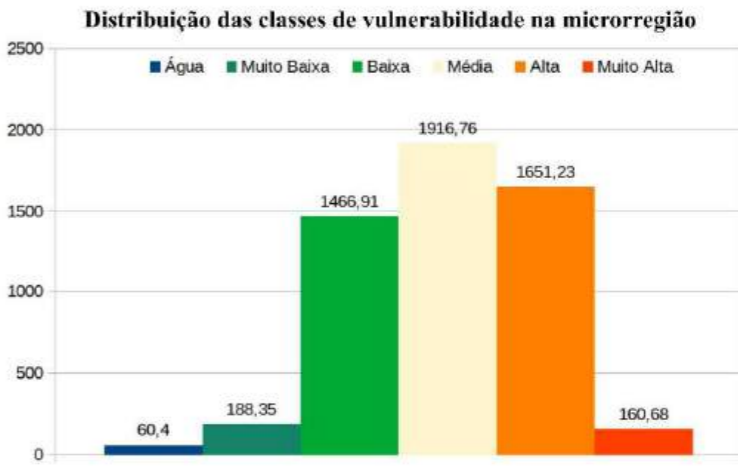
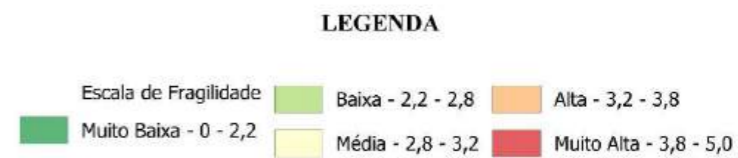
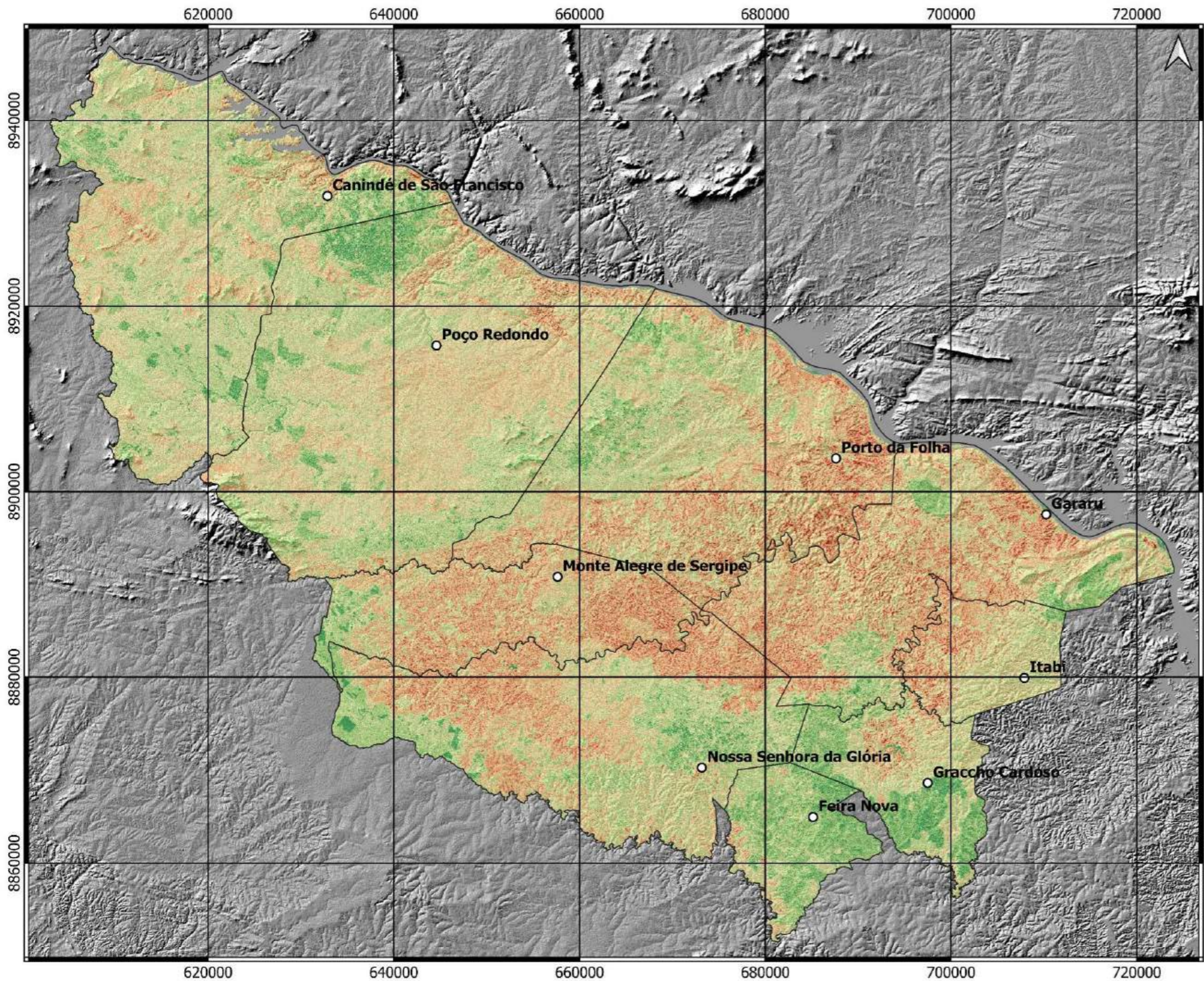
**Tabela 28** - Distribuição das classes de fragilidade por município (valores expressos em km<sup>2</sup> e %)

Município	Água	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Canindé de São Francisco	27,37	32,7	296,69	390,48	183,66	3,27
Feira Nova	0,75	25,55	102,93	39,24	14,28	0,53
Gararu	10,77	12,88	118,12	192,36	278,88	43,95
Gracho Cardoso	0,7	30,26	103,92	65,4	38,88	3,52
Itabi	0,15	1,21	40,92	64,27	67,21	9,67
Monte Alegre de Sergipe	0,27	4,57	53,08	113,33	189,12	26,54
Nossa Senhora da Glória	1,21	26,24	206,67	237,39	257,34	29,58
Poço Redondo	6,71	41,86	346,23	522,34	297,42	5,86
Porto da Folha	12,47	13,08	198,35	291,95	324,44	37,76
<b>TOTAL</b>	<b>60,4</b>	<b>188,35</b>	<b>1466,91</b>	<b>1916,76</b>	<b>1651,23</b>	<b>160,68</b>
Município	Água	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Canindé de São Francisco	2,93%	3,50%	31,76%	41,80%	19,66%	0,35%
Feira Nova	0,41%	13,94%	56,16%	21,41%	7,79%	0,29%
Gararu	1,64%	1,96%	17,98%	29,28%	42,45%	6,69%
Gracho Cardoso	0,29%	12,47%	42,82%	26,95%	16,02%	1,45%
Itabi	0,08%	0,66%	22,31%	35,04%	36,64%	5,27%
Monte Alegre de Sergipe	0,07%	1,18%	13,72%	29,29%	48,88%	6,86%
Nossa Senhora da Glória	0,16%	3,46%	27,25%	31,30%	33,93%	3,90%
Poço Redondo	0,55%	3,43%	28,37%	42,80%	24,37%	0,48%
Porto da Folha	1,42%	1,49%	22,59%	33,25%	36,95%	4,30%

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

Para o município de Gararu, predominaram as classes de alta e média fragilidade, com 278,88 e 192,36 km<sup>2</sup>, respectivamente, apresentando uma variação de 86,52 km<sup>2</sup> (a terceira maior observada). As demais classes (baixa, muito alta e muito baixa), apresentaram valores de 118,12, 43,95 e 12,88 km<sup>2</sup>, respectivamente.

Mapa 12 - Mapa de fragilidade ambiental da Microrregião sergipana do Sertão do São Francisco



**Distribuição das classes de vulnerabilidade por município**

MUNICÍPIO	ÁGUA	MUITO BAIXA	BAIXA	MÉDIA	ALTA	MUITO ALTA
Canindé de São Francisco	27,37	32,70	296,69	390,48	183,66	3,27
Feira Nova	0,75	25,55	102,93	39,24	14,28	0,53
Garatu	10,77	12,88	118,12	192,36	278,88	43,95
Graccho Cardoso	0,70	30,26	103,92	65,40	38,88	3,52
Itabi	0,15	1,21	40,92	64,27	67,21	9,67
Monte Alegre de Sergipe	0,27	4,57	53,08	113,33	189,12	26,54
Nossa Senhora da Glória	1,21	26,24	206,67	237,39	257,34	29,58
Poço Redondo	6,71	41,86	346,23	522,34	297,42	5,86
Porto da Folha	12,47	13,08	198,35	291,95	324,44	37,76

MUNICÍPIO	ÁGUA	MUITO BAIXA	BAIXA	MÉDIA	ALTA	MUITO ALTA
Canindé de São Francisco	2,93%	3,50%	31,76%	41,80%	19,66%	0,35%
Feira Nova	0,41%	13,94%	56,16%	21,41%	7,79%	0,29%
Garatu	1,64%	1,96%	17,98%	29,28%	42,45%	6,69%
Graccho Cardoso	0,29%	12,47%	42,82%	26,95%	16,02%	1,45%
Itabi	0,08%	0,66%	22,31%	35,04%	36,64%	5,27%
Monte Alegre de Sergipe	0,07%	1,18%	13,72%	29,29%	48,88%	6,86%
Nossa Senhora da Glória	0,16%	3,46%	27,25%	31,30%	33,93%	3,90%
Poço Redondo	0,53%	3,43%	28,37%	42,80%	24,37%	0,48%
Porto da Folha	1,42%	1,49%	22,59%	33,25%	36,95%	4,30%

**MAPA DE FRAGILIDADE**

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS, UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM)  
 DATUM: SIRGAS 2006, ZONA 24 S, MERIDIANO CENTRAL -39°

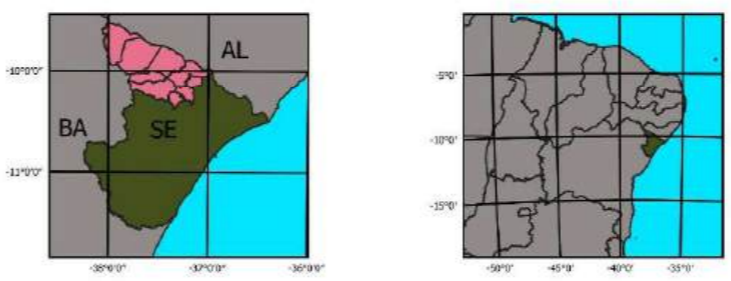
ESCALA: 1:460.000 | DATA: 25/08/2024 | ELABORAÇÃO: ÉDIER GUEDES FREITAS

**BASE DE DADOS:**  
 IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha Municipal da Divisão Político-administrativa brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

**Convenções**

- Sedes municipais
- Limites municipais
- Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco
- Sergipe

5 0 5 10 15 20 25 30 km



Mapa elaborado através de álgebra de mapas em ambiente SIG, com a utilização do software QGIS 3.36.3.

Para caracterização do grau de fragilidade, foram utilizados dados de indicadores ambientais (Geologia, clima, geomorfologia, pedologia e cobertura vegetal) para identificação dos valores e graus de fragilidade dos sistemas ambientais.

Para cada tema utilizado neste estudo, foram tomados como indicadores, diferentes atributos para o cálculo da fragilidade ambiental, sendo adotados os seguintes indicadores para cada condicionante: para a Geologia, será adotada a litologia, para a Geomorfologia, serão utilizados a declividade, curvatura de vertentes (plano e perfil) e comprimento de vertente, para o Clima, serão utilizados os parâmetros de precipitação total e coeficiente de variação, para o condicionante Solos, será utilizado o indicador classe de solo e, por fim, para a Vegetação, será adotada a densidade de cobertura rastreada através do NDVI.

O cálculo da Fragilidade ambiental será definido através da ponderação dos valores de cada tema utilizado, conforme apresentado na fórmula 1, sendo estabelecidos valores variando de 1 (menor fragilidade, considerados ambientes estáveis, onde predominam processos pedogênicos) a 5 (maior fragilidade, considerados ambientes instáveis, onde predominam processos morfogênicos). Sendo calculada através da fórmula:

$$F_a = 2[(SI \cdot 0,1) + (De \cdot 0,15) + (Cp \cdot 0,08) + (Ch \cdot 0,05) + (GI \cdot 0,1) + (Pe \cdot 0,07) + (CV \cdot 0,1) + (Pdi \cdot 0,15) + (Vg \cdot 0,2)]$$

Onde:  $F_a$  = Fragilidade ambiental; SI: Comprimento de vertente; DC: Declividade; Cp: Curvatura Perfil; Ch: Curvatura Plano; GI: Geologia; Pe: Precipitação; CV: Coeficiente de Variação; Pdi: Solos; Vg: Vegetação.

O produto resultante indica as áreas mais sensíveis aos processos erosivos, com escala variando de 1 a 5, que refletem as condições de instabilidade existentes. As áreas com valores mais próximos de 01, indicam regiões mais estáveis, onde os processos pedogênicos e morfogênicos coexistem em equilíbrio. Por outro lado, as áreas com valores mais próximos a 05, indicam as regiões nas quais os processos morfogênicos dominam na dinâmica ambiental.



Os fatores, geologia, coeficiente de variação, declividade e solos, foram significativos para os resultados obtidos, apresentando, no geral, classificação de fragilidade de média a muito alta, sendo atenuados pelos indicadores precipitação e vertentes, os quais apresentam valores de fragilidade, predominantemente, baixos

Gracho Cardoso, apresentou valores de fragilidade variando de baixo à médio (103,92, 65,4 km<sup>2</sup>, respectivamente), seguidos pelas classes de alta, muito baixa e muito alta, com 38,88, 30,26 e 3,52 km<sup>2</sup>, respectivamente. A diferença entre as duas classes predominantes foi de 38,52 km<sup>2</sup>, colocando-a na sexta posição em termos de variação.

Apesar de apresentar fatores como geologia, coeficiente de variação e solos, com valores altos de fragilidade, a combinação dos fatores geomorfológicos, a precipitação e as classes de vegetação, com valores mais baixos, tiveram grande importância na classificação da fragilidade local, fazendo com que o município apresente uma paisagem mais estável.

O município de Itabi, apresentou a menor variação observada entre as classes predominantes, cerca de 2,94 km<sup>2</sup>. Neste município, a fragilidade apresentou-se como alta a média (com 67,21 e 64,27 km<sup>2</sup>, respectivamente). Fatores como geologia, coeficiente de variação e solos foram os indicadores que mais influíram nos valores de fragilidade observados, apresentando-se, no geral, como de alta fragilidade. Contudo, fatores como os geomorfológicos e os totais pluviométricos, atuaram, localmente, na redução dos valores, fazendo com que esta área, também, apresentasse áreas de fragilidade média.

Em monte Alegre de Sergipe, a fragilidade foi classificada como alta a média (189,12, 113,33 km<sup>2</sup>, respectivamente), seguido pelas classes de baixa (53,08 km<sup>2</sup>), muito alta (26,54 km<sup>2</sup>) e muito baixa (4,57 km<sup>2</sup>). Este município apresentou a quarta maior variação entre as classes predominantes (cerca de 75,79 km<sup>2</sup>) e teve seus valores influenciados por fatores como geologia, cumprimento de vertentes, solos e cobertura vegetal, que tiveram valores de fragilidade elevados. Os fatores climáticos e os valores de declividade atuaram como agentes atenuadores, apresentando valores de fragilidade de muito baixo a médios, influenciando assim na ocorrência de áreas de média fragilidade.

Nossa Senhora da Glória, apresentou a segunda menor variação (19,95 km<sup>2</sup>), entre as classes de fragilidade alta (257,34 km<sup>2</sup>) e média (237,39 km<sup>2</sup>). As demais classes (baixa, muito alta e muito baixa), representaram cerca de 206,67, 29,58 e 26,24 km<sup>2</sup>, respectivamente. No geral, a maioria dos indicadores, apresentaram valores de fragilidade elevados, contudo, os fatores precipitação, declividade, curvatura plana e cumprimento de vertente, atuaram de modo

discreto na atenuação dos valores de fragilidade, o que possibilitou a existência de áreas de fragilidade médias no município.

O município de Poço Redondo, apresentou valores de fragilidade intermediários (com 522,34 km<sup>2</sup>), seguidas pelas classes baixa, alta, muito baixa e muito alta, respectivamente, com 346,23 297,42, 41,86 e 5,86 km<sup>2</sup>. A diferença total entre as duas classes predominantes foi a maior entre todos os municípios analisados (cerca de 176,11 km<sup>2</sup>) permitindo classificar esse município como de média fragilidade.

Maior parte dos indicadores apresentaram valores médios de fragilidade o que influenciou os valores observados no município. Contudo, os aspectos climáticos (classificados como de fragilidade baixa a muito baixa) e os fatores solos e cobertura vegetal (com fragilidade variando de alta a muito alta) influíram nos baixos e altos valores de fragilidade observados, sendo que o clima teve importante papel na definição das áreas de fragilidade mais baixas, enquanto os solos, por sua vez, influenciaram na ocorrência de valores mais elevados.

Por fim, o município de Porto da Folha, apresentou fragilidade variando de alta a média (324,44 e 291,95 km<sup>2</sup>), apresentando a segunda menor variação entre as classes predominantes (cerca de 32,49 km<sup>2</sup>). As classes, baixa, muito alta e muito baixa, correspondem a um total de 198,35, 37,76 e 13,08 km<sup>2</sup>, respectivamente. Os fatores geologia, solos e cobertura vegetal foram significativos nos resultados observados, apresentando valores de fragilidade elevados.

Cada indicador adotado, conforme destacado nos parágrafos anteriores, teve diferentes graus de importância e influência no cálculo da fragilidade municipal. Isto deveu-se à ocorrência e distribuição dos indicadores no território municipal, conforme apresentado nas tabelas abaixo. O indicador geologia, no geral, apresentou valores de fragilidade que o classificam como média, influenciado pela presença de rochas metamórficas (xisto, micaxisto, mármore, dentre outras) que recobrem grande parte do território, sobretudo nos setores mais orientais, seguidas pelas áreas de baixa fragilidade, aqui representadas por gnaisses, migmatitos e quartzos, localizados mais à noroeste da região.

Como decorrência dessa distribuição, os valores de fragilidade dos municípios, para o tema geologia, apresentam a mesma distribuição, influenciada pela composição do embasamento litológico (**Tabela 29**). Para o tema clima, os valores de fragilidade observados, apresentaram-se, majoritariamente, baixos, representando mais de 75% do território da região. Isto deve-se às características do clima local, com predomínio de precipitações inferiores a 800 mm/ano, e variações interanuais relativamente concentradas no tempo e no espaço (**Tabela 30**).

Em termos da distribuição dos totais pluviométricos, todos os municípios apresentaram valores de fragilidade de baixo a muito baixo, com apenas os municípios de Feira Nova e Gracho Cardoso, apresentando valores medianos, em virtude dos maiores totais pluviométricos observados.

**Tabela 29** - Distribuição das classes de fragilidade para o tema geologia por município

Município	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Canindé de São Francisco	282,96	301,65	197,07	116,48	8,86
Feira Nova	0	0,01	159,14	24,12	0,0
Gararu	45,21	4,98	590,22	0,01	0,01
Gracho Cardoso	20,02	0,75	219,62	2,3	0
Itabi	18,32	3,62	161,48	0	0
Monte Alegre de Sergipe	28,74	0,93	357,24	0	0
Nossa Senhora da Glória	175,68	3,11	579,65	0	0
Poço Redondo	239,83	760,3	168,47	8,38	35,19
Porto da Folha	151,18	326,92	350,54	1,44	29,94
	961,94	1402,27	2783,43	152,73	74,00

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

Para o coeficiente de variação, entretanto, quatro municípios apresentaram valores de fragilidade altos, sendo eles Feira Nova, Gararu, Gracho Cardoso e Itabi nos quais os valores de variação da pluviometria, superiores a 60%, indicam alta concentração, no tempo e espaço das precipitações.

A **Tabela 31** apresenta dados sobre os diferentes indicadores geomorfológicos da área de pesquisa. Canindé de São Francisco apresenta os valores mais altos em declividade média e alta, com 432,57 e 53,65, respectivamente, enquanto Poço Redondo se destaca com a maior curvatura em perfil, atingindo 734,16. Nossa Senhora da Glória e Porto da Folha também mostram valores significativos, especialmente em curvatura plana e em perfil. Em contrapartida, municípios como Feira Nova e Gracho Cardoso apresentam valores mais baixos em ambas as categorias, indicando uma topografia menos acidentada. Esses dados são fundamentais para entender as características geográficas que podem influenciar o uso do solo e a sustentabilidade ambiental na região.

**Tabela 30** - Distribuição das classes de fragilidade para os indicadores climáticos

<b>Coefficiente de Variação</b>					
<b>Município</b>	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
<b>Canindé de São Francisco</b>		934,17	0	0	
<b>Feira Nova</b>		0	0	183,27	
<b>Gararu</b>		0	166,56	490,39	
<b>Gracho Cardoso</b>		0	0	242,68	
<b>Itabi</b>		0	0	183,42	
<b>Monte Alegre de Sergipe</b>		91,06	295,85	0	
<b>Nossa Senhora da Glória</b>		40,04	641,9	76,5	
<b>Poço Redondo</b>		1139,28	81,15	0	
<b>Porto da Folha</b>		0,02	878,02	0	
<b>Precipitação</b>					
<b>Município</b>	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
<b>Canindé de São Francisco</b>	933,81	0	0		
<b>Feira Nova</b>	0	86,42	96,74		
<b>Gararu</b>	278,04	378,81	0		
<b>Gracho Cardoso</b>	0	164,4	78,18		
<b>Itabi</b>	0	183,41	0		
<b>Monte Alegre de Sergipe</b>	386,84	0	0		
<b>Nossa Senhora da Glória</b>	391,4	366,84	0		
<b>Poço Redondo</b>	1220,25	0	0		
<b>Porto da Folha</b>	877,97	0	0		

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

Os valores de fragilidade para o tema solos, foram, no geral, bastante elevados, com 44,78% do território recobertos por solos muito frágeis aos processos erosivos (**Tabela 32**). Em termo de ocorrência, por município, o quadro segue, no geral a distribuição observada para a região. Excetuam-se à regra, os municípios de Canindé de São Francisco, com predomínio dos luvisolos, Feira Nova e onde dominam os argissolos. Os municípios de Gracho Cardoso e Nossa Senhora da Glória apresentaram duas classes dominantes, ocorrendo a classes dos argissolos e dos neossolos litólicos em maior parte dos seus respectivos territórios.

**Tabela 31** - Distribuição das classes de fragilidade para os indicadores geomofológicos

Município	Declividade					Curvatura Plana				
	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
<b>Canindé de São Francisco</b>	170,41	272,95	432,57	53,65	4,58	408,04		161,36		364,77
<b>Feira Nova</b>	31,58	61,76	87,81	2,12	0	82,96		26,41		73,9
<b>Gararu</b>	49,76	91,09	393,59	118,68	3,84	291,19		123,29		242,48
<b>Gracho Cardoso</b>	30,37	60,64	139,77	11,9	0	109,74		39,25		93,69
<b>Itabi</b>	11,24	25,04	118,85	28,26	0,02	84,08		28,91		70,44
<b>Monte Alegre de Sergipe</b>	17,74	126,39	236,46	6,33	0	173,89		57,85		155,17
<b>Nossa Senhora da Glória</b>	62,76	247,56	430,31	17,8	0	340,93		113,62		303,89
<b>Poço Redondo</b>	144,52	419,12	586,87	66,28	3,63	538,67		192,74		489,02
<b>Porto da Folha</b>	53,71	207,4	511,54	102,89	2,51	384,7		161,13		332,21
	Curvatura em Perfil					Vertente				
<b>Canindé de São Francisco</b>	164,32		563,92		205,92	163,79	319,43	223,6	166,98	60,37
<b>Feira Nova</b>	33,05		115,19		35,04	34,62	66,03	45,49	30,11	7,03
<b>Gararu</b>	194,41		247,75		214,8	78,22	193,13	158,47	156,47	70,67
<b>Gracho Cardoso</b>	60,72		123,73		58,24	37,62	80,69	60,23	48,55	15,6
<b>Itabi</b>	61,06		61,42		60,94	23,23	55,32	45,04	42,87	16,96
<b>Monte Alegre de Sergipe</b>	88,03		208,85		90,03	50,12	107,95	92,14	92,45	44,26
<b>Nossa Senhora da Glória</b>	161,77		432,39		164,28	126,89	240,5	184,8	152,72	53,53
<b>Poço Redondo</b>	222,75		734,16		263,51	203,51	395,73	294,59	238,64	87,95
<b>Porto da Folha</b>	214,97		428,42		234,65	98,96	240,17	206,46	218,58	113,87

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

**Tabela 32** - Distribuição das classes de fragilidade para o tema solos

Município	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
<b>Canindé de São Francisco</b>	0,4	1,42	589,02	237,14	106,18
<b>Feira Nova</b>	0	144,22	0,53	14,62	23,89
<b>Gararu</b>	0	98,72	1,78	1,2	555,26
<b>Gracho Cardoso</b>	0	106,84	1,13	0,92	133,79
<b>Itabi</b>	0	3,59	0,08	0,08	179,67
<b>Monte Alegre de Sergipe</b>	0	31,12	0,27	20,79	334,73
<b>Nossa Senhora da Glória</b>	0	205,39	1,69	158,7	392,65
<b>Poço Redondo</b>	0,03	180,7	314,74	600,77	124,18
<b>Porto da Folha</b>	0	211,41	16,07	63,07	587,49

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Por fim, para a classe vegetação (**Tabela 33**), há predomínio das classes de alta, muito alta e média, que juntas, representam cerca de 83% do território, representados por

cobertura vegetal deficitária ou ausência de vegetação. Com exceção dos municípios de Feira Nova, Gracho Cardoso e Itabi, todos os demais tiveram distribuição das classes de fragilidade condizentes com a observada para a região.

**Tabela 33** - Distribuição das classes de fragilidade para o tema vegetação

<b>Município</b>	<b>Muito Baixa</b>	<b>Baixa</b>	<b>Média</b>	<b>Alta</b>	<b>Muito Alta</b>
<b>Canindé de São Francisco</b>	23,89	48,49	175,22	365,8	320,44
<b>Feira Nova</b>	0,06	72,59	73,59	31,76	5,16
<b>Gararu</b>	6,38	153,86	225,56	209,54	61,51
<b>Gracho Cardoso</b>	0,79	147,78	62,05	24,25	7,7
<b>Itabi</b>	0,03	92,03	42,14	31,65	17,55
<b>Monte Alegre de Sergipe</b>	0,13	25,74	96	140,21	124,77
<b>Nossa Senhora da Glória</b>	0,79	134,25	153,63	225,05	244,53
<b>Poço Redondo</b>	4,35	91	157,13	502,42	465,38
<b>Porto da Folha</b>	7,55	104,28	259,79	353,38	152,97

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

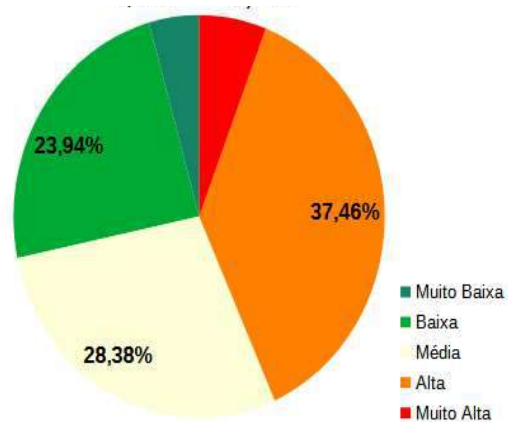
## 7.2 Fragilidade dos sistemas ambientais do semiárido sergipano

Cada sistema ambiental apresenta características, genéticas e ambientais, que as diferem na paisagem, fazendo com que apresentem dinâmicas e processos evolutivos distintos que garantem, a cada unidade, uma configuração espaço-temporal própria, refletiva na paisagem por sua fisiografia.

Em decorrência de suas características, cada unidade apresenta diferentes graus de fragilidade aos processos erosivos que as tornam, mais ou menos, suscetíveis aos processos de degradação. Assim, este tópico objetiva avaliar a fragilidade ambiental dos sistemas ambientais, da área de pesquisa, obtidos mediante a aplicação da metodologia desenvolvida.

As planícies fluviais, apesar das condições de declividade moderada ( 5%), esta unidade apresenta valores de fragilidade que as caracterizam como alta-média fragilidade (65,84%), podendo ser explicada pela litologia, composta por materiais inconsolidados e menos resistentes aos processos erosivos, e por solos profundos e pouco desenvolvidos, compostos por NEOSSOLOS fluviais, que, devido ao maior percentual de areia em seu perfil, tornam-se mais suscetíveis à erosão - **Figura 21**.

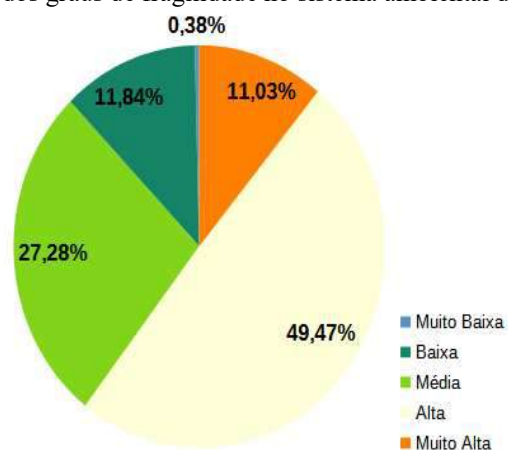
**Figura 21** - Distribuição dos graus de fragilidade no sistema ambiental da Planície Fluvial



Fonte: Organizado pelo autor (2024).

Os terraços fluviais, assim como a unidade anterior, caracterizaram-se como áreas de alta-média fragilidade, contudo, apresentaram maior concentração dos valores na classe de alta fragilidade (49,47%, 17,46 km<sup>2</sup>), quase 2 vezes maiores que a de média fragilidade (9,62 km<sup>2</sup>). As características morfológicas (declividade e vertentes), bem como a pedologia, tiveram influência significativa nos valores apresentados, apresentando rampas mais longas e declivosas e solos menos desenvolvidos, tornando-as mais suscetíveis à erosão - **Figura 22**.

**Figura 22** - Distribuição dos graus de fragilidade no sistema ambiental dos Terraços Fluviais

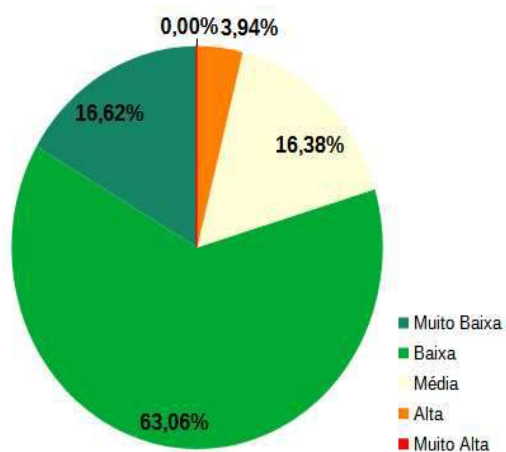


Fonte: Organizado pelo autor (2024).

No Platô de Feira Nova, os valores de fragilidade foram, predominantemente, baixos (63,06%), com ocorrências de áreas de muito baixa (16,62%) e média fragilidades (16,38%). As condições ambientais (litologia – composta por sedimentos argilo-arenosos do Barreiras, solos – com ocorrência de solos profundos e desenvolvidos, e condições de relevo planas a suave onduladas), favorecem a maior estabilidade desta unidade, fazendo-a menos

suscetível aos processos erosivos. As áreas com maiores valores de fragilidade observados, estão associadas às áreas com menores percentuais de cobertura vegetal ou com presença de cobertura vegetal menos densa - **Figura 23**.

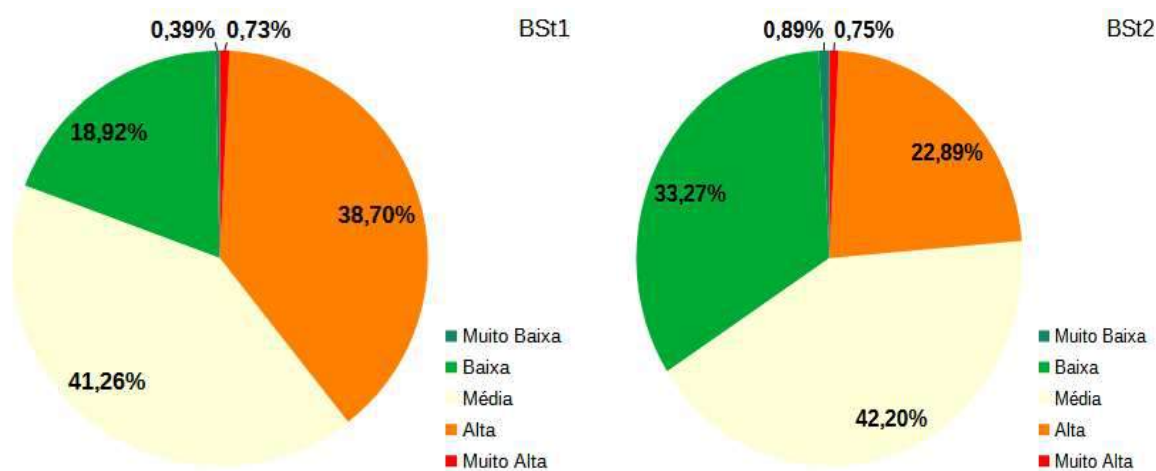
**Figura 23** - Distribuição dos graus de fragilidade no sistema ambiental do Platô de Feira Nova



Fonte: Organizado pelo autor (2024).

Os planaltos sedimentares, foram caracterizadas como unidades de fragilidade média-alta (BSt1) e média-baixa (BSt2). Apesar da segunda unidade compreender uma unidade mais dissecada, os valores de fragilidade tenderam à uma relativa estabilidade, influenciadas pela maior cobertura vegetal presente nesta unidade. Já a unidade BSt1, apesar de condições ambientais mais favoráveis, apresentou tendência à instabilidade ambiental influenciada pela cobertura vegetal deficitária, tornando-a mais suscetível aos processos erosivos - **Figura 24**.

**Figura 24** - Distribuição dos graus de fragilidade no sistema ambiental dos planaltos sedimentares

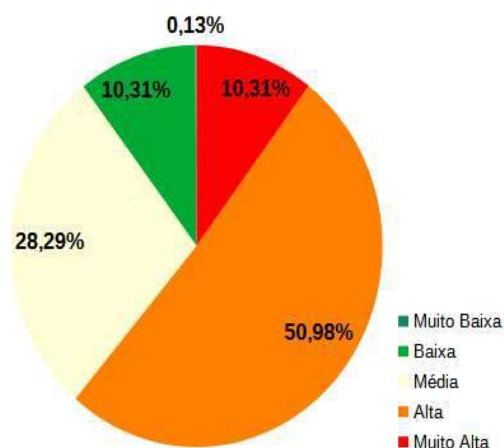


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).



As subunidades que compõem os baixos sertões, foram classificadas como áreas de fragilidade alta. A feição Bsf, apresentou a maior classificação entre as feições dos baixos sertões (50,97% do total), influenciadas significativamente pela pedologia, composta por solos rasos e pouco desenvolvidos, e cobertura vegetal, em geral, pouco densa, oferecendo pouca proteção ao solo - **Figura 25**.

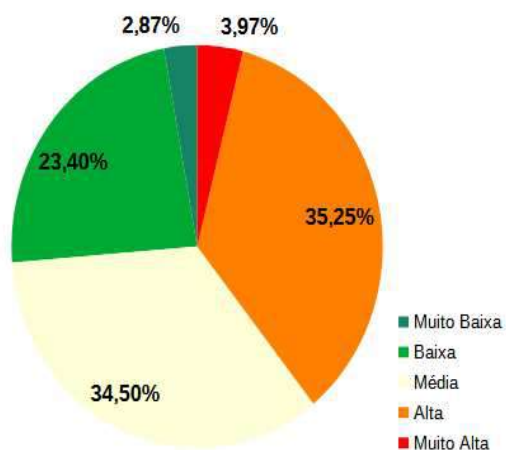
**Figura 25** - Distribuição dos graus de fragilidade no sistema ambiental dos Baixos Sertões do São Francisco



Fonte: Organizado pelo autor (2024).

A subunidade Bsd1, foi classificada como de fragilidade alta-média, apresentando a menor variação entre as classes mais representativas. A cobertura pedológica, associadas à cobertura vegetal e as características do relevo (comprimento e declividade), foram significativas para a caracterização ambiental desta área, sobretudo, os dois últimos, que tiveram maior influência na localização e intensidade da fragilidade ambiental - **Figura 26**.

**Figura 26** - Distribuição dos graus de fragilidade no sistema ambiental dos Baixos sertões dissecados em colinas e morrotes

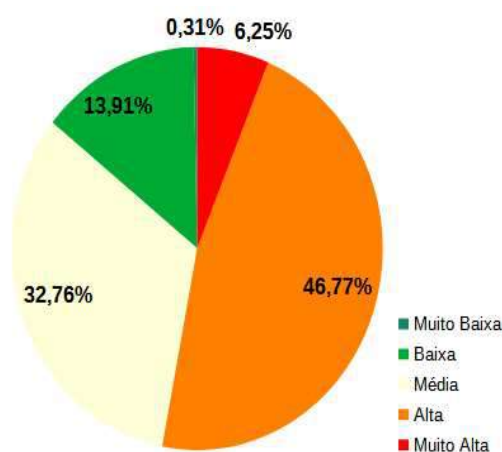


Fonte: Organizado pelo autor (2024).

Por último, a subunidade Bsd2. Esta apresentou fragilidade alta-média. Assim como na unidade anterior, a cobertura pedológica, associadas à cobertura vegetal e as características do relevo (comprimento e declividade), foram significativas para a caracterização ambiental desta área, sobretudo, os dois últimos, que tiveram maior influência na localização e intensidade da fragilidade ambiental - **Figura 27**.

As subunidades que compõem os Altos Sertões, apresentaram valores médios de fragilidade ligeiramente diferentes. Para a unidade dos altos sertões dissecados, foi verificado valores de fragilidade alta-média (correspondendo à 31,82 e 29,87% da unidade, respectivamente). Já os sertões aplainados, podem ser caracterizados como de fragilidade média-baixa (43,65 e 33,73%, respectivamente).

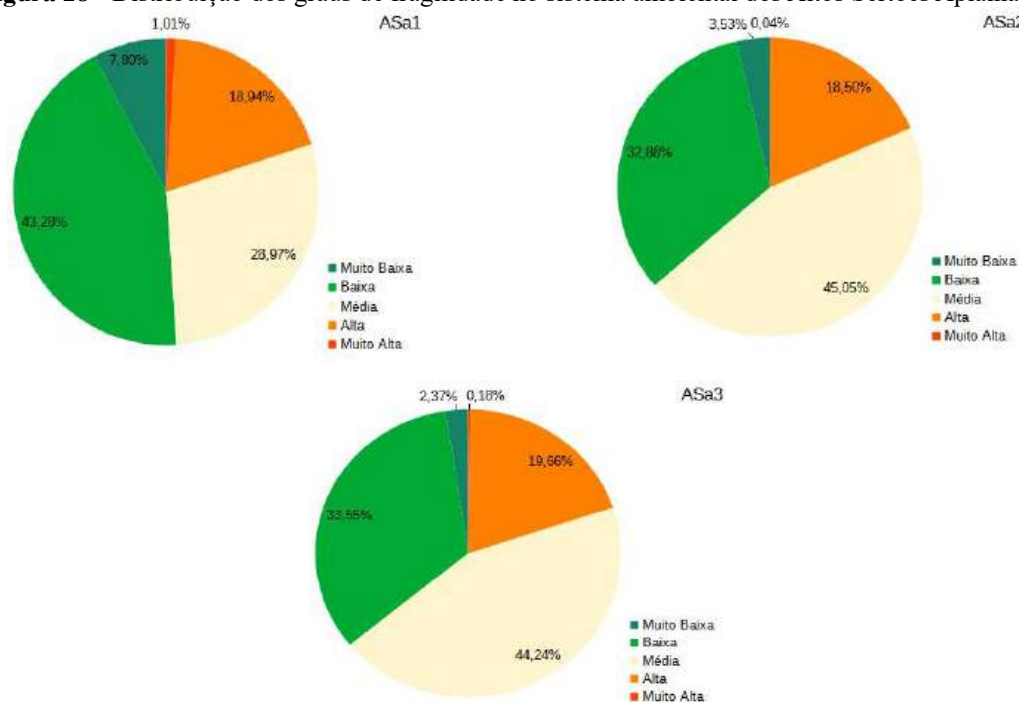
**Figura 27** - Distribuição dos graus de fragilidade no sistema ambiental dos Baixos sertões dissecados em vales profundos



**Fonte:** Organizado pelo autor (2024).

A subunidade dos altos sertões aplainados, apresenta-se como uma superfície aplainada, associadas às áreas de maciços, com rampas longas e pequenos desníveis, fazendo com que elas se apresentem menos suscetíveis aos processos erosivos - **Figura 28**. Com exceção da feição ASa1, que apresentou fragilidade baixa-média, as demais feições que compõem esta subunidade apresentaram fragilidade média-baixa.

**Figura 28** - Distribuição dos graus de fragilidade no sistema ambiental dos Altos Sertões Aplainados

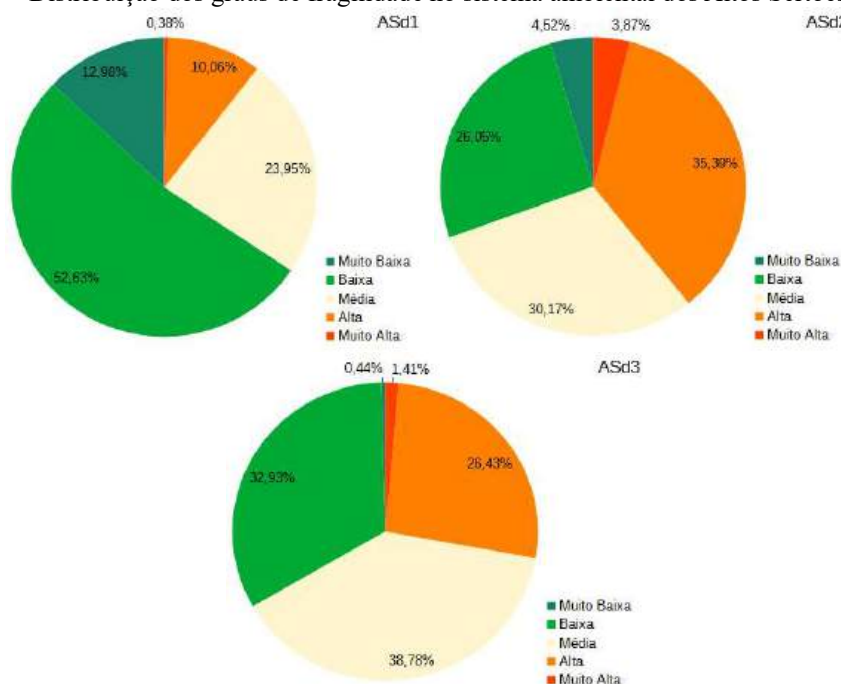


**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

Já as feições que compõem os Altos sertões dissecados, apresentaram resultados levemente diferentes entre si - **Figura 29**. A feição ASd1, caracteriza-se como de baixa fragilidade, podendo ser explicada pelo relevo pouco movimentado e pouco dissecado característico desta feição. Já a feição ASd2, configura-se como de alta-média fragilidade, com presença de áreas de baixa fragilidade, localizadas, sobretudo, nos topos de morros, que apresentam, no geral, baixos valores de declividade, e nas baixadas onde ocorre a deposição do material erodido.

Por fim, a feição ASd3, classifica-se como de média-baixa fragilidade, com presença de áreas de alta fragilidade. Apesar de ser a feição com maior grau de dissecação da subunidade, apresenta valores consideráveis de áreas classificadas como baixa fragilidade. Isto se deve às suas características morfológicas, que apresentam áreas de relevo menos movimentado, que tem efeito atenuador na intensidade dos processos erosivos – localizados no topo e base das vertentes, e rampas com altos valores de declividade e desnível acentuado, que potencializam os efeitos dos processos erosivos, estando refletido na presença, considerável, de áreas de média e alta fragilidades.

**Figura 29** - Distribuição dos graus de fragilidade no sistema ambiental dos Altos Sertões Dissecados



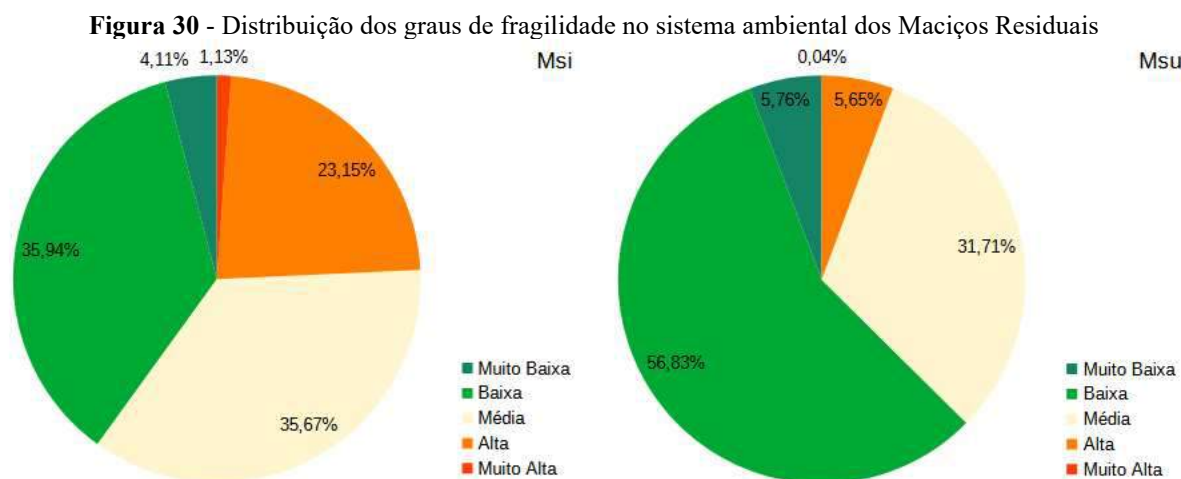
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Por fim, a unidade dos Maciço Residuais - **Figura 30**. Esta unidade se apresenta como áreas de baixa-média fragilidade, com pequena diferenciação em suas feições. As feições dos inselbergs e serras secas - Msi, apresentam os valores de fragilidade mais distribuídos, contudo, se configuram como áreas de baixa-média fragilidade. As áreas mais suscetíveis à ocorrência de processos erosivos estão associadas às parcelas mais declivosas e convexas do relevo, o que potencializa o efeito gravitacional dos fluxos, e às áreas com menor percentual de cobertura vegetal, deixando-as expostas aos agentes intempéricos do clima.

Por outro lado, as feições das Serras úmidas (Msu), são classificadas como áreas de baixa-média fragilidade ambiental. Apesar das características morfológicas desfavoráveis (relevo bastante declivoso, vertentes amplas e com grande desnível), a densidade de cobertura vegetal presente atua como agente atenuador dos efeitos dos processos erosivos, garantindo a estabilidade desta unidade. As áreas de média fragilidade, estão associadas às áreas com solos pouco profundos e desenvolvidos, e áreas com relevo, em geral, pouco movimentado e com cobertura vegetal deficitária, que tornam estas áreas mais sensíveis à ocorrência de processos erosivos.

No geral, os resultados obtidos, mediante a aplicação da metodologia, para cada unidade ambiental, são condizentes com as características ambientais de cada unidade, refletindo os processos e a dinâmica ambiental que atuam na evolução dos sistemas ambientais,

conferindo características próprias e capacidade de suporte distinto para cada recorte espacial identificado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tal conhecimento é de enorme importância para os processos de planejamento ambiental e a utilização de uma metodologia mais sensível às características ambientais locais é de fundamental importância no processo.

### 7.3 Análise comparativa dos resultados

Neste tópico, serão discutidos os resultados obtidos, mediante a aplicação das metodologias, já apresentadas. O foco deste tópico, é realizar a análise dos resultados obtidos e a influência do processo de modelagem e dos indicadores utilizados.

Conforme é possível se observar na **Tabela 34** e **Tabela 35**, há considerável variação nos valores de fragilidade. Isto deve-se, dentre outros fatores, à seleção dos indicadores utilizados, bem como ao método de cálculo utilizado, nos casos em que é adotada ponderação de valores, o grau de importância relativo e a influência dos indicadores nos cálculos.

Entre as áreas de muito baixa fragilidade ambiental, a EUPS, apresentou, de longe, os maiores valores de área classificados nesta categoria com 3.138,80 km<sup>2</sup>, enquanto a metodologia de Crepani *et al.* (2001) apresentou os menores valores com 0,02 km<sup>2</sup>.

Para as áreas de baixa fragilidade ambiental, a Ponderação dos indicadores ambientais e a EUPS, apresentaram os maiores valores de área com esta classificação, com

1.464,24 e 1.158,81 km<sup>2</sup>, respectivamente. No outro extremo, a metodologia de Crepani (2001) apresentou os menores valores, com 2,47.

**Tabela 34** - Comparação entre as classes de fragilidade ambiental, mediante metodologias aplicadas

METODOLOGIA	Classe (área em km <sup>2</sup> )					
	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não classificado
Crepani <i>et al.</i> (2001)	0,02	2,47	3.297,87	1.959,61	65,92	118,42
CASAM	483,02	934,51	1.138,96	2.088,31	787,81	11,70
PNE <sup>1</sup>	748,45	509,15	1.422,69	1.255,86	1.448,51	59,65
EUPS <sup>2</sup>	3.138,80	1.158,81	839,55	202,79	46,56	57,81
Autor	188,10	1.464,24	1.914,36	1.649,03	160,33	61,51

<sup>1</sup> Metodologia apresentada por Souza; Galvani (2017)

<sup>2</sup> Metodologia apresentada por Bertoni; Lombardi Neto (2010), conforme procedimentos indicados por Lopes *et al.* (2011)

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

Nas áreas classificadas como de média fragilidade ambiental, a metodologia de Crepani (2001) e a Ponderação dos indicadores ambientais, corresponderam, respectivamente, a 3.297,87 e 1.914,36 km<sup>2</sup>. Já em relação aos menores percentuais, encontram-se a EUPS, com 839,55 km<sup>2</sup> e a de Carmo *et al.* (2015), representando 1.138,96 km<sup>2</sup>.

**Tabela 35** - Percentual de cada classe de fragilidade ambiental, mediante metodologias aplicadas

METODOLOGIA	%					
	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Resíduo
Crepani <i>et al.</i> (2001)	0,0004	0,05	60,57	35,99	1,21	2,18
CASAM	8,87	17,16	20,92	38,36	14,47	0,22
PNE <sup>1</sup>	13,75	9,35	26,13	23,07	26,61	1,1
EUPS <sup>2</sup>	57,6	21,28	15,42	3,72	0,86	1,06
Autor	3,45	28,89	35,16	30,29	2,94	1,25

<sup>1</sup> Metodologia apresentada por Souza; Galvani (2017)

<sup>2</sup> Metodologia apresentada por Bertoni; Lombardi Neto (2010), conforme procedimentos indicados por Lopes *et al.* (2011)

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

Na classe de alta fragilidade, 2 metodologias apresentaram áreas maiores que 1.900 km<sup>2</sup>, sendo elas a de Crepani *et al.* (com 1.959,61 km<sup>2</sup>), e a de Carmo *et al.* (2015), com 2.088,31 km<sup>2</sup>. No outro extremo, a EUPS apresentou uma área de 202,79 km<sup>2</sup> enquadrada nesta categoria.

Por fim, as áreas de muito alta fragilidade, apresentaram as menores variações entre as metodologias, sendo classificada uma área de 1.448,51 km<sup>2</sup>, com a utilização do PNE, e 787,81 com a metodologia de Carmo *et al.* (2015), e 160,33, 65,92 e 46,56 km<sup>2</sup>, respectivamente, com o uso das metodologias da ponderação dos indicadores, Crepani *et al.* (2001) e EUPS.

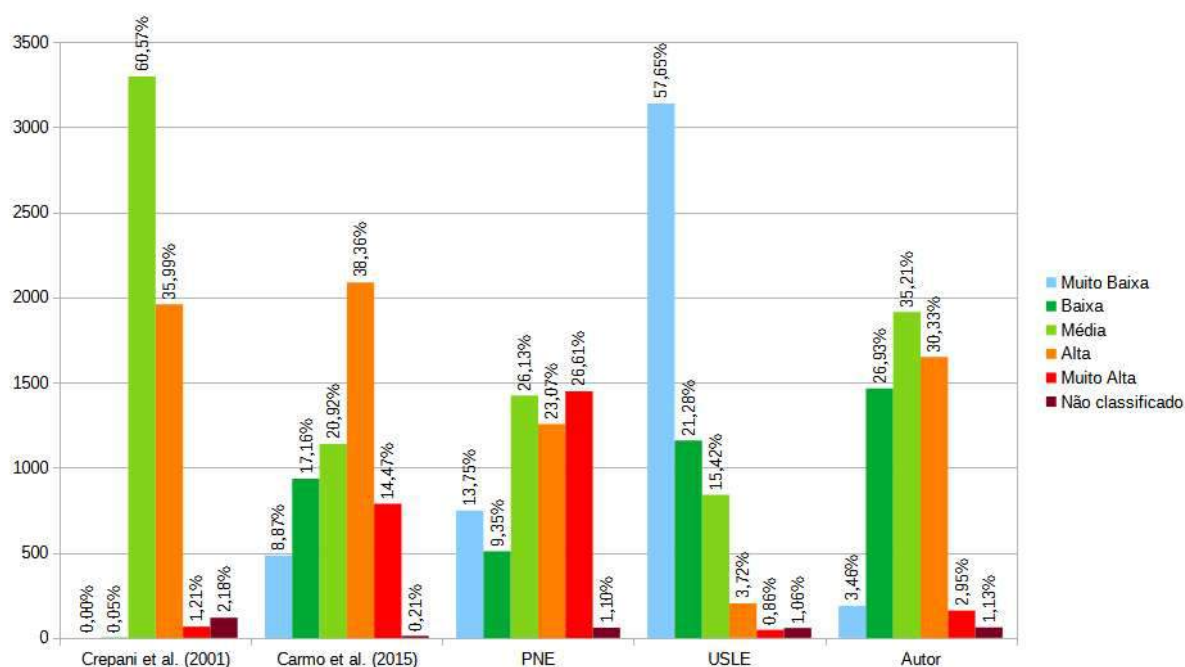
O **Gráfico 10**, apresenta os percentuais relativos a cada classe de fragilidade ambiental, obtidos mediante a aplicação das metodologias apresentadas.

Nas metodologias de Carmo *et al.* (2015), Crepani *et al.* (2001) e na EUPS, há uma maior concentração de valores em uma única categoria de fragilidade, apresentando grande diferença com a segunda categoria mais representativa. Para a primeira, há predomínio na classe de alta fragilidade, com 38,36% da área, na segunda, predominam as áreas de média fragilidade (60,57%), já para a terceira, 57,65% da área foi classificada como de muito baixa fragilidade.

Por fim, o PNE e a metodologia da ponderação dos indicadores, desenvolvida neste trabalho, apresentaram valores mais bem distribuídos, diferindo, contudo, quanto às classes predominantes. Para a PNE, foram classificadas, em ordem decrescente, em: muito alta (26,61%), média (26,13%), alta (23,07%), muito baixa (13,75%) e baixa (9,35%).

Por sua vez, a ponderação dos indicadores apresentou a seguinte classificação: média (35,21%), alta (30,33%), baixa (26,93%), muito baixa (3,46%) e muito alta (2,95%).

**Gráfico 10** - Valores de fragilidade ambiental da área de pesquisa, mediante metodologias apresentadas



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O CASAM, desenvolvido por Carmo *et al.* (2015; 2016), avalia a suscetibilidade da ocorrência de processos erosivos, utilizando informações de variáveis morfométricas (declividade, curvatura de vertentes – vertical e horizontal e orientação das vertentes), além de informações relativas à cobertura dos solos.

Para cada indicador adotado, foram estabelecidos pesos diferenciados – variando de 0 a 10, onde quanto menor o valor adotado, menor é o grau de vulnerabilidade natural, e

graus de influência – que refletem a importância relativa do indicador no cálculo de vulnerabilidade.

Por fim, para a geração do mapa de fragilidade, é realizada a álgebra de mapas, conforme Equação 7, sendo, posteriormente, reclassificada nos intervalos estabelecidos nos trabalhos dos autores:

$$\text{CASAM: (atributos superficiais do terreno*0,35) + (declividade*0,25) + (curvatura vertical*0,20) + (curvatura horizontal*0,10) + (orientação de vertente*0,10)} \quad \text{Equação 7}$$

Como resultado da aplicação da metodologia, verificou-se predomínio das áreas de fragilidade ambiental média e alta, as quais representaram 20,92% e 38,36%, respectivamente, da área total da microrregião, correspondendo a 1.138,96 e 2.008,31 km<sup>2</sup> - **Tabela 36**.

**Tabela 36** - Distribuição percentual dos indicadores por classe de fragilidade

<b>Fragilidade</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Declividade</b>	<b>Horizontal</b>	<b>Vertical</b>	<b>Uso</b>
Muito Baixa	33,62%	59,00%	25,82%	22,07%	8,69%
Baixa	10,14%	30,15%	0,00%	0,00%	8,13%
Média	12,54%	3,51%	28,22%	48,08%	0,00%
Alta	3,99%	6,16%	0,00%	0,00%	22,89%
Muito alta	39,77%	0,70%	46,03%	24,39%	60,37%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Analisando a relação entre os indicadores e o produto resultante, observou-se forte correlação positiva (0.699066) entre o indicador uso e ocupação dos solos com os valores de fragilidade verificados, sendo este o indicador que teve maior influência nas classes de fragilidade verificados (**Tabela 37**).

**Tabela 37** - Matriz de correlação dos indicadores utilizados na metodologia de Carmo *et al.* (2015)

	<b>Fragilidade</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Declividade</b>	<b>Horizontal</b>	<b>Vertical</b>	<b>Uso</b>
Fragilidade	1.000000					
Aspecto	0.208870	1.000000				
Declividade	0.210323	-0.038826	1.000000			
Horizontal	0.329620	-0.028860	-0.028946	1.000000		
Vertical	0.235727	-0.047064	-0.067194	0.284895	1.000000	
Uso	0.699066	0.015873	-0.113193	-0.060753	-0.039990	1.000000

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Isto pode ser evidenciado, talvez, pela importância relativa associada ao tema, que assume importância de 0,35 no cálculo, o que, somado às características de uso e ocupação,



observadas na área de pesquisa, atuou positivamente para os altos valores de fragilidade observados.

No apêndice III, encontra-se o produto cartográfico resultante da metodologia aplicada.

Por sua vez, a metodologia apresentada por Crepani *et al.* (2001) utiliza dos indicadores ambientais para a análise da suscetibilidade natural à perda de solos, sendo desenvolvida a partir do conceito de Ecodinâmica, de Tricart (1977).

Esta metodologia utiliza de indicadores de geologia (litologia), clima (medida pela intensidade pluviométrica, expressa em mm/mês), da geomorfologia (utilizando variáveis morfométricas do relevo: declividade, amplitude de relevo e grau de dissecação), dos solos (pela classe de solo) e de cobertura vegetal, sendo considerada a densidade de cobertura vegetal no cômputo das classes de vulnerabilidade natural.

$$V = \frac{G+R+S+Vg+C}{5} \quad \text{Equação 8}$$

Onde V, corresponde à vulnerabilidade natural; G, corresponde ao tema geologia; R, corresponde à média dos valores de fragilidade da dissecação vertical, horizontal e declividade; S, corresponde ao tema pedologia; Vg, corresponde à vegetação e C, correspondendo ao clima.

Como resultado da aplicação da metodologia, verificou-se predomínio das áreas de fragilidade ambiental média e alta, as quais representaram 60,57% e 35,99%, respectivamente, da área total da microrregião, correspondendo a 3.297,87 e 1.959,61 km<sup>2</sup>.

Analisando a relação entre os indicadores e o produto resultante, observou-se que os indicadores Pedologia e Geologia, tiveram forte influência na caracterização dos graus de fragilidade da área de estudo, apresentando, respectivamente, correlação de 0,740340 e 0,610195 (**Tabela 38**).

**Tabela 38** - Matriz de correlação dos indicadores utilizados na metodologia de Crepani *et al.* (2001)

	Fragilidade	Clima	Geologia	Geomorfologia	Pedologia	Vegetação
Fragilidade	1.000000					
Clima	0.336715	1.000000				
Geologia	0.610195	0.062816	1.000000			
Geomorfologia	0.340136	-0.177659	0.015952	1.000000		
Pedologia	0.740340	-0.043423	0.207631	0.298353	1.000000	
Vegetação	0.067715	-0.002871	-0.106156	-0.174582	-0.146390	1.000000

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No caso, a baixa variação e a homogeneidade dos valores deveram-se, em nossa observação, à própria construção da metodologia que, ao adotar a média aritmética dos indicadores, acaba por relativizar a influência dos outros indicadores (a exemplo da geomorfologia e do clima, que se apresentam mais diversificados) em relação à geologia e solos (**Tabela 39**), que apresentam menores variações de valores.

**Tabela 39** - Valores de fragilidade (vulnerabilidade natural) para os indicadores adotados

Fragilidade	%	Geologia	Clima	Geomorfologia			Pedologia	Uso
				DV	DH	Dec. Média		
Muito Alta	0,0004%	18,12%	*	67,35%	*	71,93%	0,01%	*
Alta	0,05%	25,72%	47,7%	18,55%	*	20,88%	31,21%	0,79%
Média	60,57%	51,92%	52,3%	8,94%	*	5,35%	61,7%	47,74%
Baixa	35,99%	2,82%	*	3,06%	0,03%	1,14%	6,26%	30,94%
Muito Baixa	1,21%	1,42%	*	2,10%	99,97%	0,55%	0,66%	52,26%

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024). \* Valores não existentes para o indicador.

No apêndice IV, encontra-se o produto cartográfico resultante da metodologia aplicada.

O PNE, apresentado por Souza; Galvani (2017), por sua vez, utiliza 3 (três) dos 5 (cinco) indicadores da EUPS, sendo eles: fator LS, erosividade (R) e erodibilidade (K), sendo definido através da Equação 9:

$$PNE = LS * K * R \quad \text{Equação 9}$$

Os resultados obtidos, indicam predomínio das áreas de média e muito alta fragilidade, representando 26,13 e 26,61%, respectivamente. Apesar disso, não foram constatadas grandes variações entre as classes de fragilidade, sendo a diferença areal de aproximadamente 939,36 km<sup>2</sup>, entre as classes de baixa e muito alta fragilidade que representam os menores e maiores valores, respectivamente.

A variável morfológica (LS = relevo e declividade) apresentou correlação positiva entre os valores de declividade (0,962035), representando, isoladamente, o indicador que mais influenciou na suscetibilidade à ocorrência dos processos erosivos (**Tabela 40**).

**Tabela 40** - Matriz de correlação dos indicadores utilizados na metodologia PNE

	PNE	Erosividade	LS	Solos
PNE	1.000000			
Erosividade	0.150176	1.000000		
LS	0.962035	0.054791	1.000000	
Solos	0.179806	-0.255891	0.098837	1.000000

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No apêndice V, encontra-se o produto cartográfico resultante da metodologia aplicada.

A Equação Universal de Perda de Solos – EUPS, desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978), é um modelo desenvolvido para analisar e estimar as perdas de solos, decorrentes do escoamento superficial, em função da energia potencial das chuvas (fator R), resistência dos solos (fator K), cobertura vegetal (fator C), características do relevo (declividade e comprimento de rampa), sendo consideradas, ainda, as práticas conservacionistas adotadas (fator P), expresso na equação 10.

$$EUPS = R * K * LS * C * P \quad \text{Equação 10}$$

O arquivo *raster* resultante foi reclassificado, conforme valores estabelecidos no . As classes de muito baixa – com perdas médias inferiores a 10 ton/ha/ano, e baixa fragilidade – com perdas variando entre 10 a 20 ton/ha/ano, predominam no território, representando cerca de 57,65 e 21,28%, respectivamente, da área total analisada.

A variável morfológica (LS = relevo e declividade), teve importância significativa para os resultados obtidos, com coeficiente de correlação de 0.492253, indicando boa correlação com os valores de fragilidade (**Tabela 41**).

Contudo, nesta metodologia, a cobertura vegetal também exercerá influência nos valores obtidos, ainda que em menor grau de importância em relação à variável morfológica, sendo determinante na intensificação ou redução dos valores de fragilidade observados.

**Tabela 41** - Matriz de correlação dos indicadores utilizados no EUPS

	EUPS	Erosividade	LS	Solos	Vegetação
EUPS	1.000000				
Erosividade	-0.025822	0			
LS	0.492253	0.056078	0		
Solos	0.174126	-0.256508	0.096731	0	
Vegetação	0.475996	-0.224371	-0.123094	0.074618	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No apêndice VI, encontra-se o produto cartográfico resultante da metodologia aplicada.

Por fim, na metodologia desenvolvida nesta pesquisa, foi utilizada a média ponderada dos indicadores ambientais (litologia, declividade, comprimento de vertente, curvaturas de vertente – perfil e plana, pedologia, vegetação, precipitação e coeficiente de variação) para a obtenção dos valores de fragilidade, mediante aplicação da equação 3.

Como resultados obtidos pela aplicação da metodologia, observou-se predomínio das áreas classificadas como de alta e média fragilidade, as quais representam 30,33 e 35,21%, respectivamente, da área total, com menor participação das classes de muito baixa (3,46%), baixa (26,93%) e muito alta fragilidade (2,95%).

Nesta metodologia, o indicador pedologia teve maior influência no cálculo das fragilidades (com coeficiente de correlação de 0.488231), seguidos pelos indicadores comprimento de vertentes, vegetação e declividade, os quais apresentaram correlação de 0.433148, 0.395910 e 0.322357, respectivamente (**Tabela 42**).

**Tabela 42** - Matriz de correlação dos indicadores utilizados

	Frag.	G.	CV	Prec.	Dec.	Perfil	Plana	Vertente	Ped.	Vég.
Fragilidade	1.000000									
Geologia	0.227067	1.000000								
CV	0.055444	0.292224	1.000000							
Precipitação	0.066080	0.285292	0.773949	1.000000						
Declividade	0.322357	0.065916	0.135120	0.145975	1.000000					
Curv. Perfil	0.277870	-0.003080	-0.013456	-0.012903	-0.036940	1.000000				
Curv. Plana	0.290434	-0.005533	-0.008968	-0.009970	-0.071783	0.262983	1.000000			
Vertente	0.433148	0.025728	0.063493	0.040721	0.338468	0.233089	0.358671	1.000000		
Pedologia	0.488231	0.156823	0.128929	0.137716	0.238518	-0.005782	-0.010553	0.115646	1.000000	
Vegetação	0.395910	-0.136065	-0.384715	-0.367448	-0.122782	-0.061116	-0.032770	-0.082047	-0.087706	1.000000

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

Contudo, diferente do que se observou nas metodologias, anteriormente apresentadas, vários indicadores influenciaram nos resultados, não sendo observada correlação forte entre os indicadores ambientais e os valores de fragilidade. A nosso ver, isto indica que os valores obtidos, mediante a aplicação da metodologia desenvolvida, variarão, localmente, conforme a relação entre os indicadores, sendo majoradas ou minoradas na ordem da influência relativa a cada tema.

Os valores obtidos podem ser explicados pelos pesos atribuídos os indicadores mais significativos, bem como pela quantidade de indicadores utilizadas e ao próprio grau de

detalhamento dos produtos primários utilizados, fazendo com que vários indicadores tivessem influência na determinação das categorias.

#### 7.4 Análise comparativa das metodologias aplicadas

Conforme foi possível observar, os diferentes métodos de modelagem adotados, apresentaram variações nos valores de fragilidade obtidos, como também, na distribuição destes. Isto se deve a alguns fatores que acabam por influenciar no método de modelagem adotado.

Em primeiro lugar, deve-se considerar o quantitativo de indicadores utilizados em cada uma das metodologias apresentadas (

**Tabela 43**). As metodologias EUPS e o PNE são as que utilizam a menor quantidade de indicadores para a modelagem, utilizando 04 e 03 indicadores respectivamente, ao passo que a metodologia desenvolvida, nesta pesquisa, adotou a maior quantidade de indicadores (09 ao total).

Em segundo lugar, deve-se considerar quais os indicadores são considerados em cada método (

**Tabela 43**). Das metodologias utilizadas, duas utilizam o tema geologia. Em relação aos temas Pedologia e Vegetação, 04 das 05 metodologias as consideram no cálculo da fragilidade. Quanto ao tema clima, 04 das 05 consideram, direta ou indiretamente, a precipitação. Destas 02 adotam valores de erosividade e 02 consideram os valores de precipitação média. Ainda em relação ao tema, apenas uma metodologia considera o Coeficiente de Variação da Precipitação (CV) como indicador na modelagem.

Por fim, quanto à geomorfologia, todas consideram para o processo de modelagem. Contudo, diferem quanto à qual indicador é utilizado. Em relação à declividade, observa-se que esta é presente em todas as metodologias, duas adotam as formas de vertente, uma utiliza a orientação da vertente, uma considera os graus de dissecação do relevo, e três consideram, direta ou indiretamente, o comprimento da vertente.

Aqui, a forma de utilização dos indicadores (o aspecto considerado) foi significativa para a diferenciação e distribuição das classes de fragilidade. Para a metodologia de Carmo *et al.* (2015) são considerados apenas os temas geomorfologia e vegetação, Crepani *et al.* (2001)

e a Ponderação dos indicadores utilizam todos os temas, já o PNE utiliza os temas geomorfologia, clima e pedologia e, por fim, a EUPS não considera a geologia no cômputo das classes de fragilidade e, por fim.

**Tabela 43** - Indicadores utilizados nas metodologias apresentadas

Método	INDICADORES											
	Geo	CV	Prec	Dec	Asp	Cp	Ch	Dv	Dh	CVe	Solos	Veg
Crepani <i>et al.</i> (2001)	X		X <sup>2</sup>	X				X	X		X	X
Carmo <i>et al.</i> (2015)				X	X	X	X					X
PNE			X <sup>1</sup>	X <sup>4</sup>						X <sup>4</sup>	X <sup>3</sup>	
EUPS			X <sup>1</sup>	X <sup>4</sup>						X <sup>4</sup>	X <sup>3</sup>	X
Autor	X	X	X <sup>2</sup>	X		X	X			X	X	X
1	Metodologia utiliza valores de erosividade como referência											
2	Metodologia utiliza valores de precipitação média											
3	Metodologia adota valores referenciais de erodibilidade											
4	Metodologia utiliza fator LS (Declividade x Comprimento de vertente) como indicador morfológico											

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

Em terceiro lugar, devemos considerar a forma de modelagem dos valores de fragilidade. A metodologia de Crepani (et al, 2001) considera a média aritmética. O PNE e a EUPS, consideram o produto dos indicadores no cálculo e, por fim, o método de Carmo *et al.* (2015) e a metodologia desenvolvida, neste trabalho, adotam a ponderação dos indicadores no processo de modelagem.

Neste ponto, podemos observar que a construção do método teve relativa influência na distribuição das classes obtidas. A metodologia de Crepani et al (2001), por exemplo, acabaram por equalizar o grau de influência de cada indicador, diminuindo a sensibilidade do método, fazendo com que os valores de fragilidade tendessem a concentrarem-se em torno de uma ou duas categorias dominantes.

Nas metodologias de Carmo *et al.* (2015) e EUPS, observou-se grande concentração de valor em torno de uma única categoria. No primeiro caso, o valor relativo adotado para o tema vegetação (0,35), foi significativo para o resultado observado. Já para o segundo caso, esta concentração pode ser explicada pela predominância de baixos valores para o tema vegetação, enquanto o tema geomorfologia (representado pelo fator LS) foi significativo para a determinação da localização das classes.

Já no PNE e na Ponderação dos Indicadores, que apresentaram as menores variações, contudo, por motivos distintos. No primeiro caso, o tema geomorfologia (representado pelo fator LS) foi significativo para a determinação da das classes e sua

localização, devido sua maior variabilidade, enquanto os demais temas, foram menos importantes na modelagem.

Já para o segundo caso, os valores obtidos podem ser explicados pelos pesos atribuídos os indicadores mais significativos (comprimento de vertente, pedologia, declividade e vegetação), bem como pela quantidade de indicadores utilizadas e ao próprio grau de detalhamento dos produtos primários utilizados (comprimento de vertente, declividade, curvaturas de vertente e vegetação), fazendo com que vários indicadores tivessem influência na determinação das categorias.

Por fim, devemos considerar, também, a origem e a escala de detalhamento dos próprios indicadores utilizados. A adoção de bases pouco detalhadas e, portanto, mais homogêneas, refletem na própria distribuição das categorias de fragilidade, fazendo com que o tema, em questão, apresente maior influência na localização das classes.

Os mapas com as classificações individuais para cada metodologia, encontram-se nos Apêndices XII, XIII, XIV e XV.

Ao analisarmos a correspondência de valores, entre as diferentes metodologias aplicadas, fica evidente, não só a diferença na distribuição entre as classes, mas também a diferença na sua localização espacial. A **Tabela 44**, apresenta um comparativo entre os diferentes produtos obtidos, nela é possível verificar que, no geral, os diferentes métodos apresentam-se, significativamente, diferentes, com correspondência entre os valores não maior que 42,82%.

**Tabela 44** - Matriz de correspondência entre os diferentes métodos de modelagem

	CARMO <i>et al.</i>	CREPANI <i>et al.</i>	PNE	Pond. Indicadores	EUPS
CARMO <i>et al.</i>	100,00%	29,82%	24,55%	35,14%	13,94%
CREPANI <i>et al.</i>	29,82%	100,00%	28,31%	42,82%	8,70%
PNE	24,55%	28,31%	100,00%	25,79%	18,23%
Pond. Indicadores	35,14%	42,82%	25,79%	100,00%	13,40%
EUPS	13,94%	8,70%	18,23%	13,40%	100,00%

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

Tal diferença é explicada pelos diferentes indicadores e processo de modelagem utilizados. Isso fica mais evidente ao se analisar os produtos que se apresentaram mais semelhantes.

A metodologia de Carmo *et al.* (2015) apresentou, as maiores correspondências com as metodologias Crepani *et al.* (2001) - 29,82%, e à Ponderação dos Indicadores, 35,14%,

respectivamente. A similaridade entre as 3 metodologias pode ser explicada pela existência de indicadores em comum com intervalos aproximados.

Já em relação à metodologia de Crepani *et al.* (2001), há correspondência superior a 30% somente em relação à Ponderação dos Indicadores. No caso dessa última a presença de muitos indicadores em comum e com intervalos aproximados, pode ter sido fator crucial para explicar tais resultados.

O PNE, apresenta correspondência inferior a 30% entre as demais metodologias, o que é facilmente explicado pelos indicadores e valores utilizados, visto que ambos adotam a erodibilidade e a erosividade para o cálculo da fragilidade.

Por fim, em relação à EUPS, observamos que, no geral, os resultados obtidos apresentaram baixa correspondência aos demais produtos (com valores inferiores a 18,23%, quando comparado ao PNE). Isto se deve, sobretudo, ao método de modelagem que utiliza os produtos de 04 indicadores, bem como aos valores adotados.

Os mapas com as classificações individuais para cada metodologia, encontram-se nos Apêndices XVI, XVII, XVIII e XIX.

## **7.5 Vulnerabilidade Ambiental à ocupação**

A vulnerabilidade ambiental de um território, assim como a análise da sensibilidade dos sistemas, é de grande importância dentro do processo de análise ambiental, uma vez que tal elemento representa o grau de exposição a um agente tensor, em um dado recorte espacial, e a sua suscetibilidade ante a ocorrência de um perigo.

Tal noção está, normalmente, associada a uma “[...] exposição aos riscos e designa a maior ou menor susceptibilidade de pessoas, lugares, infra-estruturas ou ecossistemas sofrerem algum tipo particular de agravo” (ACSELRAD, 2006), pode ser entendida a partir de três componentes: (1) a existência de um evento potencialmente adverso (risco), endógeno ou exógeno; (2) incapacidade de responder à situação, seja por causa da ineficiência de suas defesas, seja pela ausência de recursos que lhe deem suporte; (3) inabilidade de se adaptar à situação gerada pela materialização do risco (MARANDOLA; HOGAN, 2005, p. 42).

O conceito de vulnerabilidade ambiental, além de considerar a construção teórica acerca do conceito de vulnerabilidade, incorpora em sua construção a perspectiva do



risco/fragilidade ambiental, passando assim a representar uma maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer, ou a suscetibilidade de um sistema à degradação ambiental (FIGUEIREDO, 2010 citado por AQUINO *et al.*, 2017).

Tal concepção considera 03 (três) elementos para configurar a vulnerabilidade ambiental de um território, a saber:

A exposição do sistema às pressões ambientais típicas de atividades agroindustriais, avaliada por indicadores que mostram a pressão antropogênica exercida no sistema; A sensibilidade do sistema às pressões exercidas, avaliada pelo uso de indicadores que mostram as características do meio físico e biótico próprias de uma região (tipo de solo, clima, vegetação) que já ocorrem antes de qualquer perturbação e que interagem com as pressões; A capacidade de resposta do meio, avaliada pela adoção de ações de conservação ou preservação ambiental que mitigam ou reduzem os possíveis efeitos das pressões exercidas. (FIGUEIREDO, *idem*, citado por AQUINO *et al.*, *idem*, p. 16)

Desse modo, a análise dos indicadores de vulnerabilidade ambiental, conforme proposto neste trabalho, parte da consideração dos usos potenciais indicados para os recortes espaciais, e regulados em legislação específica, bem como a existência (e intensidade) dos vetores de pressão ambiental.

Como já destacado em capítulos anteriores (Nos tópicos 2.2.4 e 2.2.5), desde os primórdios de sua ocupação, a região semiárida brasileira tem sofrido enormes intervenções sobre sua cobertura vegetal, para o desenvolvimento de atividades produtivas, passando por ciclos de exploração com atividade pecuária, cotonicultura, agricultura, sem adoção de técnicas de manejo adequadas ao território, resultando na ocorrência, e agravamento, dos quadros de degradação ambiental hoje vivenciados pela região.

Diversos trabalhos, tem evidenciado o impacto das atividades econômicas desenvolvidas sobre a cobertura vegetal (IBAMA, 2010a, b; MMA, 2011) e destacado como consequência mais evidente do processo de degradação ambiental – a Desertificação (SAMPAIO *et al.*, 2015), que envolve a diminuição da biodiversidade local e capacidade produtiva dos solos, entre outros impactos de natureza social e econômica associados ao fenômeno.

Além disto, a fragilidade natural dos ambientes naturais, acabam amplificando o grau de vulnerabilidade ambiental dos ambientes semiáridos tornando-os mais suscetíveis à ocorrência de processos de degradação/desertificação. Trabalhos anteriores (HAUFF, 2010; MMA, 2018), já destacavam o impacto, social e territorial, do processo na região semiárida,

enquanto outros já chamavam atenção para o atual estágio evolutivo do processo instaurado (CGEE, 2016; MARTINS *et al.*, 2017).

A velocidade, e intensidade, com a qual as atividades econômicas avançam sobre o(s) território(s), e suas consequências sobre o meio ambiente, demonstram que a capacidade do ser humano em promover alterações sobre o ambiente natural superam, em muito, a capacidade de adaptação e recuperação dos ecossistemas, tornando-os mais frágeis e mais suscetíveis à degradação ambiental.

A utilização de técnicas de cultivo rudimentares, utilização de maquinário pesado, falta de adoção de práticas de manejo e conservação dos solos, pecuária extensiva, são algumas das formas de pressão evidenciadas e visíveis na paisagem sertaneja, transfigurando a paisagem natural, para uma paisagem agrária, controlada, nas quais a dinâmica e os processos são, normalmente, tecnificados e controlados a fim de garantir um aumento ou a manutenção da produção, em detrimento da conservação ambiental.

Destacamos ainda que, mesmo nas áreas legalmente protegidas (como Áreas de Preservação Permanentes e Unidades de Conservação) e áreas com restrição ao uso e exploração econômica (tais quais os territórios indígenas e as Reservas legais) é possível sentir os impactos, diretos e indiretos, das atividades econômicas, afetando a sucessão natural da vegetação, devido às mudanças ambientais locais causadas pelas intervenções humanas.

Os efeitos de tais processos, podem ser sentidos, não somente na esfera ambiental, como repercutem sobre os aspectos econômicos e sociais dos municípios afetados. Galina *et al.* (*idem*), destacam como efeitos desses processos: a perda de espécies endêmicas e produtos e serviços ecossistêmicos (restauração da fertilidade, proteção do solo, produção de água e de produtos florestais como lenha, madeira e forragem), além da maior suscetibilidade à salinização dos solos, impactos sobre o banco de semente dos solos, pela remoção da camada superficial por meio dos processos erosivos, aumento do albedo de superfície, alterações no regime pluviométrico (inter)anual, dentre outros.

Na esfera econômica, variações na produtividade agrícola, aumentos nos custos de produção, efeitos em econômicos estendidos a setores relacionados, aumentos nos preços de mercado (BATISTA; ALBUQUERQUE, 2022) são apenas alguns dos efeitos esperados decorrentes dos processos de desertificação. Por fim, na esfera social, modificações nas condições de trabalho e renda, visto que esta é a região do estado que mais aglomera estabelecimentos rurais, aumento da vulnerabilidade social, e, eventualmente, numa

ampliação/retomada dos processos de êxodo rural, podendo aumentar a pressão demográfica na porção costeira do estado (CASTELHANO; SIQUEIRA PINTO, 2022).

No semiárido sergipano, a influência humana foi, de igual modo, devastadora - **Figura 31**. Desde o início de sua ocupação (GÓIS, 2020; OLIVEIRA, 2017), a pecuária tem sido o principal vetor de pressão antrópica sobre a vegetação nativa, responsável pela diminuição da biodiversidade vegetal, com a substituição da cobertura natural por pastos e outras formas de atividades correlatas, fortemente incentivadas pelo Poder Público Estadual e desenvolvidas de modo incompatível com a capacidade de suporte dos ambientes (compostos, em sua maioria, por solos rasos e pedregosos, e pouco desenvolvidos).

**Figura 31** - Vista aérea do município de Carira. Na imagem, é possível observar áreas destinadas à agropecuária, atividade fortemente presente na região semiárida sergipana



Fonte: SPU/SE (2023).

Para Fernandes (2015), a degradação no semiárido sergipano está relacionada com os modos de produção dominantes, com a disseminação de práticas agrícolas inadequadas; pastoreio excessivo; o desmatamento indiscriminado, que resulta na destruição de áreas com vegetação nativa e culmina com o desaparecimento de espécies animais e vegetais, colocando-se em questão a própria capacidade de uso da terra e dos recursos para a manutenção das atividades produtivas e garantia de serviços ambientais.

Trabalhos como o de Galina *et al.* (2022), destacaram a tendência de diminuição da cobertura florestal nativa, entre 1985 e 2020, em detrimento das áreas destinadas a cultivos temporários e à pecuária, representando uma perda da ordem de 47,1% da área de vegetação nativa, ao passo que as áreas de pasto passaram a ocupar cerca de 69,9% da região.

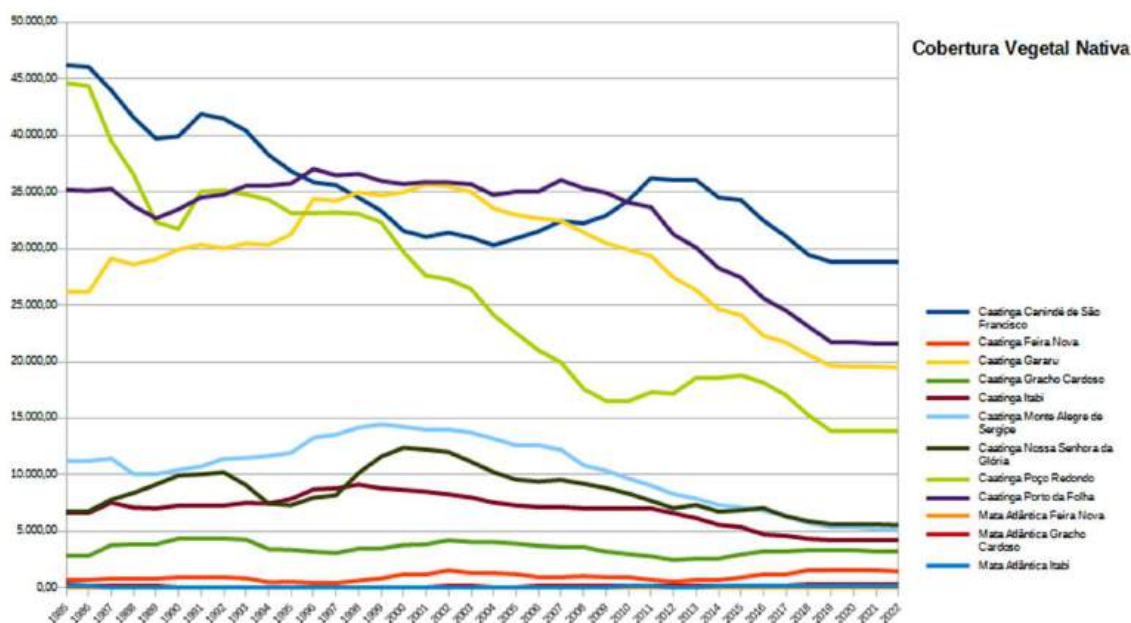
Os impactos dessas transformações, são destacados por Fernandes *et al.* (2017) e Santos (2018), os quais evidenciaram um aumento no grau de fragmentação na vegetação de caatinga, bem como alterações nas suas características, entre os anos de 1992 e 2013, decorrente de mudanças no padrão de uso e ocupação dos solos ao longo dos anos, sobretudo no período compreendido entre 2003 e 2013.

Assim como no contexto regional, a região objeto do estudo, tem sofrido intensamente com as formas de exploração econômica e com o aumento das áreas destinadas às atividades antrópicas - **Figura 32**. O **Gráfico 8**, apresenta a evolução da cobertura vegetal nos municípios que compõem a região, entre os anos de 1985 e 2020, evidenciando a redução, gradual, nos totais de cobertura nativa na região. Com destaque, os municípios de Canindé de São Francisco, Porto da Folha e Poço Redondo, apresentaram as maiores perdas de vegetação no período analisado, enquanto nos demais houve taxas menores de redução.

**Figura 32** - Vista aérea, nas proximidades do povoado Cumbuqueiro - Nossa Senhora da Glória/SE



Fonte: SPU/SE (2023).

**Gráfico 8** - Variação da Cobertura Vegetal nativa, entre os anos de 1985-2022

**Fonte:** MapBiomias (2024), organizado pelo autor (2024). Valores expressos em ha.

Góis (2020), ao estudar a cobertura vegetal no município de Canindé de São Francisco, já destacou essa mudança dos padrões de uso e ocupação dos solos, evidenciando uma redução nas áreas de caatinga e ampliação nas áreas de exploração agrícolas e de solo exposto: caatinga arbórea (16,6%, 13,8%), caatinga arbustiva (36,7%, 20,7%), solo exposto (7,6%, 12,7%), pastagens e cultivos (35,3%, 48,9%), agricultura irrigada e brejos (0,8%, 1,3%).

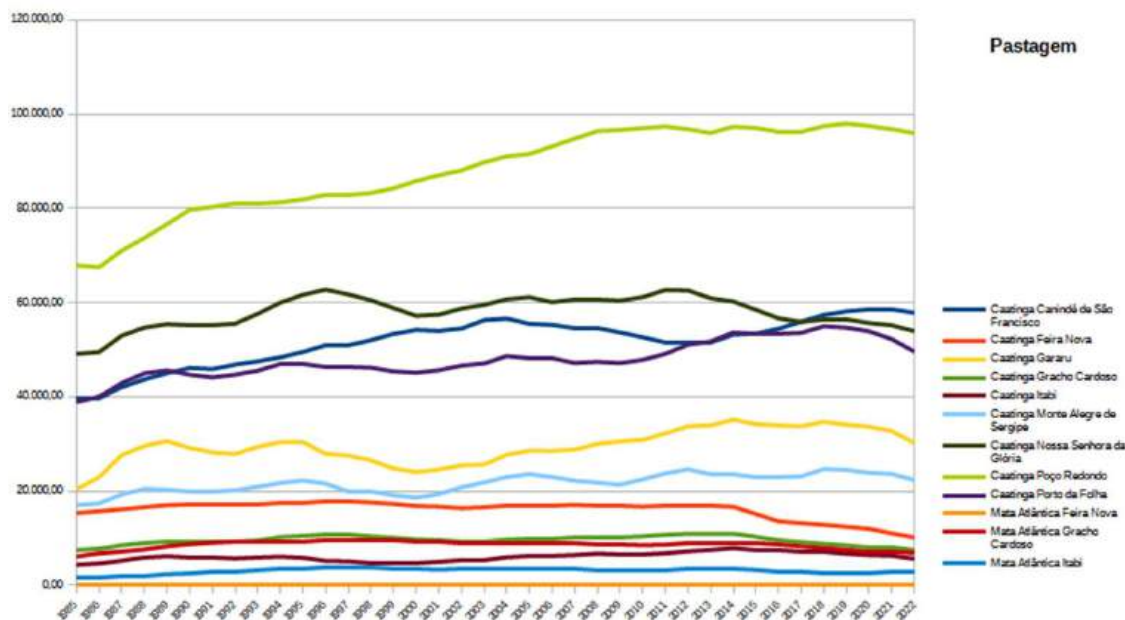
Por sua vez, o **Gráfico 9**, evidencia a evolução das áreas destinadas às atividades agropecuárias na região. Os municípios de Canindé de São Francisco, Gracho Cardoso, Poço Redondo e Nossa Senhora da Glória, apresentaram os maiores totais de áreas destinadas a estas atividades, conforme dados do MapBiomias.

Além de ampliação da área de pastagem, foi observado, ainda que em menor escala, um aumento nas áreas destinadas às lavouras temporárias, sobretudo a partir de 2011 (**Gráfico 10**), com maior destaque para os municípios de Feira Nova, Gararu, Monte Alegre de Sergipe e Nossa Senhora da Glória, que apresentaram os maiores totais destinados às lavouras temporárias.

O milho e o feijão têm dominado a produção agrícola da região, sendo responsáveis pela quase totalidade das áreas destinadas aos cultivos, com o milho ganhando maior destaque e participação regional, com percentuais totais, para o ano de 2020 (IBGE, 2017), variando entre 57,94% e 63,78% nos municípios de Canindé de São Francisco e Poço Redondo, e valores maiores que 95,64% nos demais. Já o feijão, tem participação menos expressiva, com

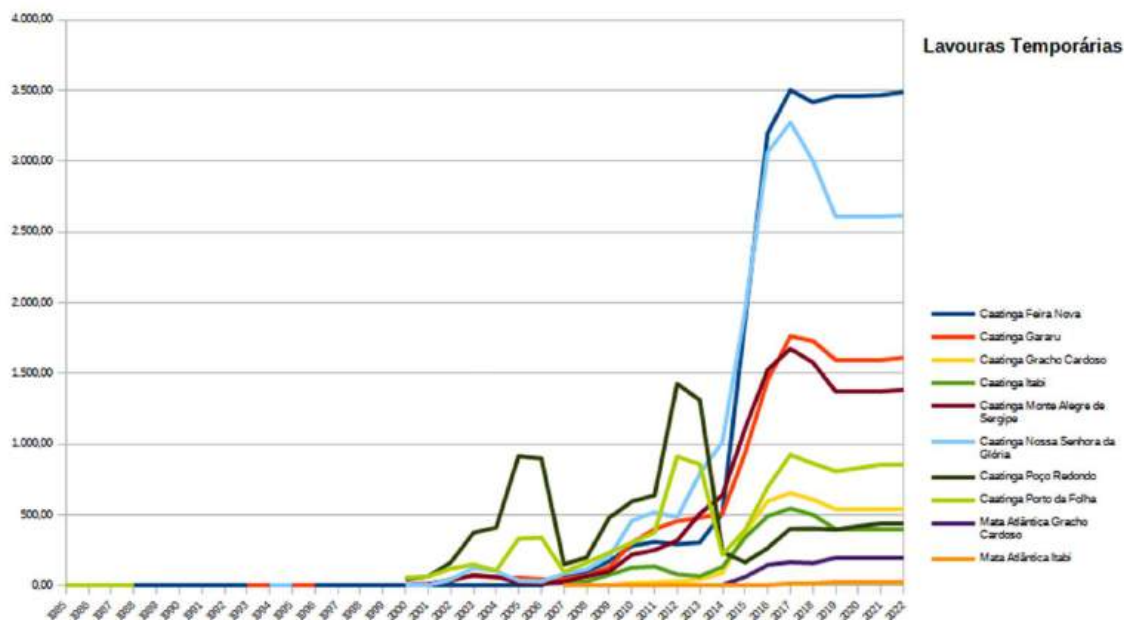
percentuais variando de 0,25%, em Gracho Cardoso, até 24,33%, no município de Canindé de São Francisco.

**Gráfico 9** - Áreas destinadas a pastagens, entre os anos de 1985-2022



**Fonte:** MapBiomias (2024), organizado pelo autor (2024). Valores expressos em ha.

**Gráfico 10** - Áreas destinadas às lavouras temporárias, entre os anos de 1985-2022



**Fonte:** MapBiomias, 2024, organizado pelo autor. Valores expressos em ha.

Os dados levantados pelo MapBiomias e pelo IBGE (2017), ainda que sensivelmente diferentes, evidenciam a importância das atividades produtivas, sobre a dinâmica

e transformação das paisagens naturais do semiárido sergipano, sobretudo na área objeto da pesquisa. A **Tabela 45**, apresenta o quantitativo de áreas destinadas as atividades produtivas e seu percentual relativo em relação ao universo dos imóveis rurais recenseados pelo IBGE.

É notável a participação da pecuária que respondia, sozinha, por cerca de 82,19% das áreas dos imóveis rurais identificados. Destacam-se os municípios de Canindé de São Francisco, Nossa Senhora da Glória, Poço Redondo e Porto da Folha, os quais apresentaram totais superiores a 40 mil ha destinados a esta atividade.

A segunda atividade mais desenvolvida na região, as lavouras temporárias, representaram 16,68% das áreas dos imóveis rurais, destacando os municípios de Feira Nova, Gararu, Nossa Senhora da Glória e Porto da Folha, os quais destinaram mais de 8 mil hectares para esta atividade.

Quando observados os totais relativos destinados as atividades agropecuárias, observamos prevalência da atividade pecuária em 8 dos municípios, nos quais esta representou mais de 80% da área dos imóveis rurais.

**Tabela 45** - Áreas dos empreendimentos rurais destinados a cada tipo de atividade rural

Município	Área (Ha)	Lavouras temporárias	Horticultura e floricultura	Lavouras permanentes	Pecuária
Canindé de São Francisco	49.965,00	6.317,00	693,00	200,00	42.524,00
Feira Nova	19.886,00	8.748,00	0,00	44,00	11.094,00
Gararu	46.153,00	8.014,00	0,00	0,00	38.075,00
Gracho Cardoso	21.759,00	3.438,00	0,00	0,00	18.081,00
Itabi	15.215,00	1.626,00	0,00	0,00	13.574,00
Monte Alegre de Sergipe	28.728,00	3.440,00	0,00	0,00	25.166,00
Nossa Senhora da Glória	60.419,00	14.065,00	0,00	0,00	46.223,00
Poço Redondo	88.008,00	13.175,00	801,00	449,00	72.376,00
Porto da Folha	56.698,00	5.709,00	35,00	58,00	50.841,00
<b>TOTAL</b>	<b>386.831,00</b>	<b>64.532,00</b>	<b>1.529,00</b>	<b>751,00</b>	<b>317.954,00</b>
<b>Percentual da área dos imóveis rurais destinadas as atividades produtivas</b>					
Canindé de São Francisco	100,00%	12,64%	1,39%	0,40%	85,11%
Feira Nova	100,00%	43,99%	0,00%	0,22%	55,79%
Gararu	100,00%	17,36%	0,00%	0,00%	82,50%
Gracho Cardoso	100,00%	15,80%	0,00%	0,00%	83,10%
Itabi	100,00%	10,69%	0,00%	0,00%	89,21%
Monte Alegre de Sergipe	100,00%	11,97%	0,00%	0,00%	87,60%
Nossa Senhora da Glória	100,00%	23,28%	0,00%	0,00%	76,50%
Poço Redondo	100,00%	14,97%	0,91%	0,51%	82,24%
Porto da Folha	100,00%	10,07%	0,06%	0,10%	89,67%
<b>TOTAL</b>	<b>100,00%</b>	<b>16,68%</b>	<b>0,40%</b>	<b>0,19%</b>	<b>82,19%</b>

**Fonte:** Dados do Censo Agropecuário (IBGE, 2017, organizado pelo autor, 2024).

Os dados apresentados, evidenciam o papel e a influência, quase onipresente, das ações antrópicas sobre a paisagem natural, demonstrando o poder transformador e das atividades econômicas e evidenciando, ainda, a rápida transformação pelas quais passaram as paisagens semiáridas na região em análise. Destacamos que, apesar de sua enorme importância para a economia e qualidade de vida local, tais atividades, desenvolvidas em desconformidade com as capacidades de suporte dos territórios, tem resultado em quadros de grave vulnerabilização e, conseqüentemente, agravado as condições de degradação ambiental presentes na região.

Tal quadro se torna ainda mais grave, quando se considera a inexistência de planos, projetos e ações de ordenamento territorial e agrícola para as áreas semiáridas e ainda a inexpressiva participação das áreas destinadas à conservação e preservação da cobertura vegetal.

A **Tabela 46**, apresenta uma estimativa das áreas que apresentam restrições ao uso e ocupação. Podemos dividir o território em análise em 3 categorias distintas: as áreas insuscetíveis de ocupação, as quais representam pouco mais de 9,65% da região (525,20 km<sup>2</sup>)<sup>10</sup>, áreas de ocupação limitadas ou restritas, que representam cerca de 42,21 km<sup>2</sup> (0,78%), as áreas de ocupação moderadas, que ocupam, aproximadamente, 550,92 km<sup>2</sup> (14,87%) e as áreas sem restrição legal ao uso, que somam, aproximadamente, 4.325,98 km<sup>2</sup> (cerca de 79,46% da região).

Contudo, o já pouco expressivo percentual de áreas destinadas à preservação ambiental, são ainda afetados pelas intervenções diretas sobre suas áreas – com exploração do potencial madeireiro, supressão vegetal para prática de atividades agropecuárias, dentre outras formas de intervenção – o que faz com que a sua efetividade seja bastante comprometida, pondo em xeque a própria capacidade de regeneração natural destes ambientes.

Outro ponto que merece destaque, diz respeito às áreas de Reserva Legais. Sua delimitação, feita na forma do artigo 12, da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, ainda que tenha sido implementada de forma compulsória, encontra, de igual modo, problemas no que diz respeito à sua efetividade. Dentre os pontos que podemos destacar, sem adentrar muito à discussão deste tema, que por si só daria uma ampla e extensa discussão, esbarra na falta de planejamento e de ordenamento na localização destas áreas, utilização de manobras (i)legais

---

<sup>10</sup> Os valores apresentados foram calculados excluindo-se as áreas sobrepostas. As áreas de sobreposição foram consideradas como áreas de maiores restrições e somadas à categoria específica



para contornar o mínimo estabelecido por lei e a pouco efetiva fiscalização da utilização e adequação destas áreas.

**Tabela 46** - Áreas legalmente protegidas no território da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco

Categoria	Tipologia	Ato de Criação	Áreas (km <sup>2</sup> )	%
Áreas de Preservação permanentes	Margens de rios	São Francisco Inciso I, Art. 4º, Lei nº 12.561/2012	88,79	2,4
	Afluentes	Inciso I, Art. 4º, Lei nº 12.561/2012	314,21	8,48
	Nascentes	Inciso I, Art. 4º, Lei nº 12.561/2012	20,89	0,56
Unidades de Proteção Integral	Monumento Natural	Inciso IV, art. 8, Lei nº 9.985/2000 c/c Decreto s/n, de 05 de junho de 2009	65,47	1,77
	Parque Natural Municipal Lagoa do Frio	Inciso IV, art. 8, Lei nº 9.985/2000 c/c Decreto 41, de 23/10/2001	2,7	0,07
Áreas de uso especial	Áreas indígenas	Lei nº 6.001, de 19/12/1973	33,14	0,89
Áreas de ocupação limitadas	Declividade restrita Entre 25 e 45°	Art. 11, Lei nº 12.651, de 25/05/2012	8,49	0,23
	Barragens	Decreto de 29 de abril de 1993	33,72	0,62
Áreas de ocupação moderadas	Reserva Legal	Art. 12, Lei nº 12.651, de 25/05/2012	550,92	14,87
<b>TOTAL</b>			<b>1.084,60</b>	<b>19,92</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Em relação aos dois primeiros pontos, o efeito mais notável da forma pela quais tais unidades tem sido implementadas, resulta num grande grau de fragmentação da cobertura vegetal (o que foi destacado nos trabalhos de Fernandes *et al.*, 2017; Santos, 2018 e Galina *et al.*; 2022), na diminuição da extensão total das áreas destinadas à reservas legais, fazendo com que estas áreas enfrentem problemas relacionados aos efeitos de borda que criam condições microclimáticas muito diferenciadas em relação às áreas centrais e põe em cheque a própria funcionalidade destas áreas como espaços de preservação da biodiversidade local.

Como resultado dos processos de ocupação e intensa transformação do território, observamos graus de vulnerabilidade elevados em toda a região, sobretudo nas áreas marginais de rios, nascentes e em áreas urbanas, que apresentaram, no geral, condições de vulnerabilidade que variam de alta a muito alta (**Mapa 13**).

O grau de vulnerabilidade observado nestas unidades, decorre, no caso das áreas urbanas, da forma de urbanização utilizada, com remoção, quase, total das coberturas naturais locais e da rápida e desordenada expansão da malha urbana, não totalmente atendidas por serviços ambientais básicos, como drenagem e esgotamento sanitário. Já no caso das áreas marginais de rios e de nascentes, o principal impacto é decorrente da exploração dos recursos naturais intensiva e o avanço das áreas produtivas sobre tais unidades, o que resulta na redução

da cobertura vegetal e intensificação de processos erosivos nas margens de rios e córregos, afetando a biodiversidade local.

No contexto geral, a microrregião apresentou valores de vulnerabilidade medianos, seguidos pelas de muito baixa, alta, baixa e muito alta vulnerabilidades, respectivamente com 2.696,96 km<sup>2</sup> (49,54%), 1.570,18 km<sup>2</sup> (28,84%), 681,71 km<sup>2</sup> (12,52%), 276,39 km<sup>2</sup> (5,08%) e 218,11 km<sup>2</sup> (4,01%) as quais ocorreram em todos os municípios que compõem a região (**Tabela 47**).

**Tabela 47** - Classe de Vulnerabilidade Ambiental, por município

MUNICÍPIO	Água	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Canindé de São Francisco	0,23	136,23	44,22	543,59	144,21	65,68
Feira Nova	0,09	119,67	12,31	39,61	10,15	1,45
Gararu	0,06	281,59	43,71	251,03	53,12	27,45
Gracho Cardoso	0,1	174,9	16,09	38,74	10,89	1,97
Itabi	0,02	111,2	9,67	46,2	12,65	3,68
Monte Alegre de Sergipe	0,02	85,87	28,16	204,79	58,66	9,4
Nossa Senhora da Glória	0,13	217,81	39,28	363,16	122,9	15,16
Poço Redondo	0,19	199,99	34,9	775,42	167,76	42,18
Porto da Folha	0,14	242,92	48,05	434,42	101,37	51,14
<b>TOTAL</b>	<b>0,98</b>	<b>1570,18</b>	<b>276,39</b>	<b>2696,96</b>	<b>681,71</b>	<b>218,11</b>
MUNICÍPIO	%					
Canindé de São Francisco	0.02%	14.58%	4.73%	58.19%	15.44%	7.03%
Feira Nova	0.05%	65.29%	6.72%	21.61%	5.54%	0.79%
Gararu	0.01%	42.86%	6.65%	38.21%	8.09%	4.18%
Gracho Cardoso	0.04%	72.07%	6.63%	15.96%	4.49%	0.81%
Itabi	0.01%	60.63%	5.27%	25.19%	6.90%	2.01%
Monte Alegre de Sergipe	0.01%	22.19%	7.28%	52.93%	15.16%	2.43%
Nossa Senhora da Glória	0.02%	28.72%	5.18%	47.88%	16.20%	2.00%
Poço Redondo	0.02%	16.39%	2.86%	63.54%	13.75%	3.46%
Porto da Folha	0.02%	27.67%	5.47%	49.48%	11.55%	5.82%
<b>TOTAL</b>	<b>0.02%</b>	<b>28.84%</b>	<b>5.08%</b>	<b>49.54%</b>	<b>12.52%</b>	<b>4.01%</b>

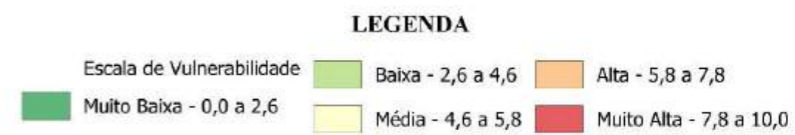
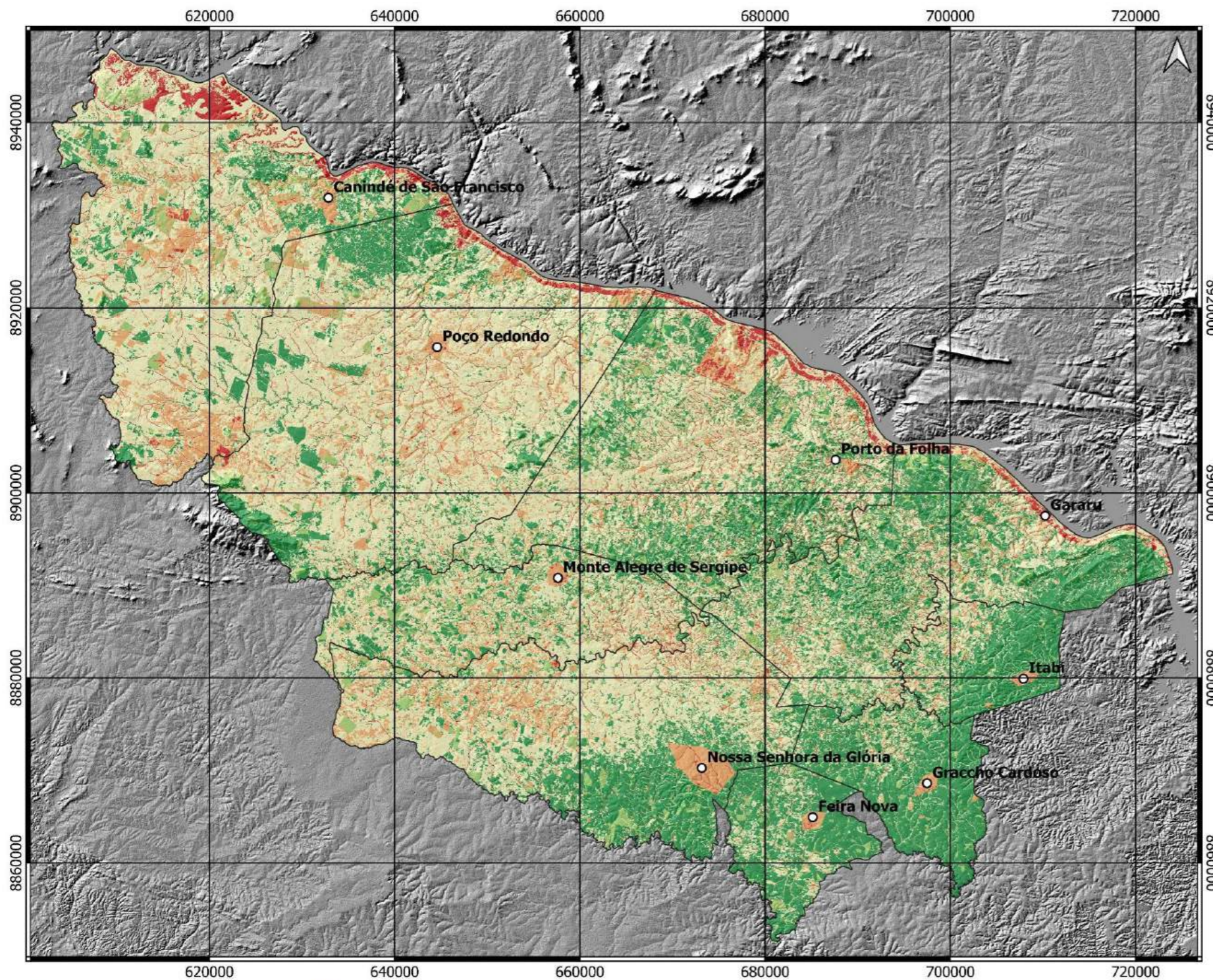
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para a classe de média vulnerabilidade, se destacam os municípios de Canindé de São Francisco, Monte Alegre de Sergipe e Poço Redondo com mais de 50% dos seus respectivos territórios englobados nesta categoria. Isto decorre, sobretudo, da substituição da cobertura natural por pastagem e da não utilização de técnicas de manejo para controle e pelas intensas modificações impressas nas áreas legalmente protegidas existentes no território.

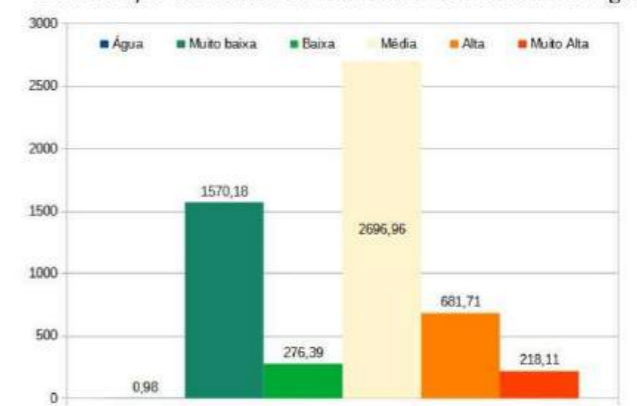
Para a classe de muito baixa fragilidade, Feira Nova, Itabi e Gracho Cardoso, apresentaram valores superiores a 50% nesta categoria, influenciados, sobretudo, pela maior taxa de cobertura vegetal, sobretudo nas áreas legalmente protegidas. Por fim, as áreas de alta vulnerabilidade, os municípios de Canindé de São Francisco, Monte Alegre de Sergipe e Nossa

Senhora da Glória, apresentando percentuais superiores a 15% do território municipal nessa categoria, influenciadas pelas baixas taxas de cobertura vegetal, intensa exploração dos solos e avanço sobre as áreas destinadas a proteção ambiental, tornando-as bastante suscetíveis a degradação dos solos.

Mapa 13 - Mapa de Vulnerabilidade ambiental da Microrregião sergipana do Sertão do São Francisco



Distribuição das classes de vulnerabilidade na microrregião



Distribuição das classes de vulnerabilidade por município

MUNICÍPIO	Água	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Canindé de São Francisco	0,23	136,23	44,22	543,59	144,21	65,68
Feira Nova	0,09	119,67	12,31	39,61	10,15	1,45
Gararu	0,06	281,59	43,71	251,03	53,12	27,45
Graccho Cardoso	0,1	174,9	16,09	38,74	10,89	1,97
Itabi	0,02	111,2	9,67	46,2	12,65	3,68
Monte Alegre de Sergipe	0,02	85,87	28,16	204,79	58,66	9,4
Nossa Senhora da Glória	0,13	217,81	39,28	363,16	122,9	15,16
Poço Redondo	0,19	199,99	34,9	775,42	167,76	42,18
Porto da Folha	0,14	242,92	48,05	434,42	101,37	51,14
<b>MUNICÍPIO</b>				<b>%</b>		
Canindé de São Francisco	0,02%	14,58%	4,73%	58,19%	15,44%	7,03%
Feira Nova	0,05%	65,29%	6,72%	21,61%	5,54%	0,79%
Gararu	0,01%	42,86%	6,65%	38,21%	8,09%	4,18%
Graccho Cardoso	0,04%	72,07%	6,63%	15,96%	4,49%	0,81%
Itabi	0,01%	60,63%	5,27%	25,19%	6,90%	2,01%
Monte Alegre de Sergipe	0,01%	22,19%	7,28%	52,93%	15,16%	2,43%
Nossa Senhora da Glória	0,02%	28,72%	5,18%	47,88%	16,20%	2,00%
Poço Redondo	0,02%	16,39%	2,86%	63,54%	13,75%	3,46%
Porto da Folha	0,02%	27,67%	5,47%	49,48%	11,55%	5,82%

**MAPA DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL**

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS, UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM)  
DATUM: SIRGAS 2000, ZONA 24 S, MERIDIANO CENTRAL -39°

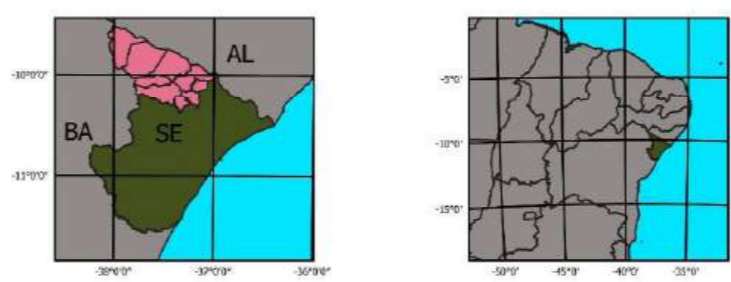
ESCALA: 1:460.000    DATA: 22/08/2024    ELABORAÇÃO: ÉDER GUEDES TREITAS

BASE DE DADOS:  
IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Malha Municipal da Divisão Político-administrativa brasileira, Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

**Convenções**

- Sedes municipais
- Limites municipais
- Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco
- Sergipe

5 0 5 10 15 20 25 30 km



Mapa elaborado através do álgebra de mapas em ambiente SIG, com a utilização do software QGIS 3.36.3.

Para caracterização do grau de vulnerabilidade ambiental, foram considerados aspectos relacionados às formas de uso e ocupação e os marcos legais que estabelecem as áreas a serem protegidas, os quais terão implicações diretas sobre as dinâmicas ambientais dos sistemas analisados.

Cada critério definido baseou-se no grau de intervenção sobre os paisagens, partindo de uma escala máxima (05), onde há exploração intensiva dos recursos naturais sem adoção de práticas conservacionistas, sujeitando à ocorrência de processos de degradação ambiental, até valores mínimos (01), nos quais as condições ambientais estão inalteradas ou não são notadas grandes pressões ambientais exercidas sobre os ecossistemas, possibilitando a manutenção dos serviços ecossistêmicos e a evolução das características ambientais a um ponto ótimo.

A definição de vulnerabilidade ambiental, é dada pela fórmula:  $V = Us + Rs$ .

Onde, V, corresponde ao grau de Vulnerabilidade ambiental; Us, corresponde ao valor de vulnerabilidade do fator padrão de uso dos solos e Rs, indica as restrições ao uso definidas por legislação específica.

O produto resultante indica as áreas mais suscetíveis à degradação ambiental, com escala variando de 1 a 10, que refletem as condições de pressão ambiental existentes e a sua compatibilidade com as questões de ordem legal e de uso e ocupação. As áreas com valores mais próximos de 01, indicam regiões nas quais há pouca ou nenhuma pressão ambiental significativa. Por outro lado, as áreas com valores mais próximos a 10, indicam as regiões nas quais a pressão ambiental é vivida ou há incompatibilidade de ocupação.

## 8 ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA MICRORREGIÃO SERGIPANA DO SERTÃO SÃO FRANCISCO

A divisão das unidades de planejamento leva em consideração, em primeiro momento, as limitações legais nas quais a ocupação do território é vedada ou fortemente limitada – com o estabelecimento de áreas protegidas ou restritas, sendo classificadas em:

a. **Áreas insuscetíveis à ocupação:** esta macrounidade engloba as áreas legalmente protegidas ou nas quais a ocupação é vedada, citando-se como exemplos: as Áreas de Preservação Permanentes (Lei nº 12.651/2012), as Unidades de Proteção Integral (Lei nº 9.985/2000), áreas de risco ou nas quais as condições do terreno são impeditivas ao uso e ocupação e áreas não edificantes (faixa de segurança, margem de rios, áreas de risco, faixas de praia, dentre outras). Nestas áreas, a utilização é vedada, por força de normas legais, sendo permitidas, apenas, para fins de realização de obras de interesse público, mediante realização de estudos locais e de impacto ambiental.

b. **Áreas de ocupação limitada:** esta macrounidade engloba as áreas não recomendáveis para uso e ocupação, tais quais: áreas de relevo muito movimentado (declividades entre 25 e 45°), áreas de apicuns e salgados, áreas ocupadas por mata atlântica nos diferentes estágios sucessionais, áreas de risco geológico, restritas por ato do Poder Executivo, em qualquer das esferas.

Estas áreas, apresentam-se menos limitadas, no quesito ocupação, que a anterior. Cada unidade desta categoria, apresenta limitação para determinados tipos de ocupação, fundamentados em estudos de viabilidade técnica, realizados por órgãos públicos competentes, os quais estabelecem regras distintas para cada categoria de terreno, o que fomenta a necessidade de elaboração de estudos e planos de ordenamento, a ser realizados e implementados pelo Poder Público, nas esferas Municipal e Estadual. Citam-se como exemplos: ocupação residencial em áreas de risco geológico, áreas de mata atlântica, apicuns.

c. **Áreas de ocupação moderada:** compreende as áreas que apresentam limitação à ocupação, regidas por normativos infralegais, normas administrativas ou outros instrumentos destinados ao ordenamento territorial das áreas, tais quais Unidades de Uso sustentável (Lei nº 9.985/2000), Reservas legais (Lei nº 12.651/2012).

Estas áreas são menos restritivas que as anteriores, ao permitirem a ocupação (de caráter residencial, comercial, de lazer ou outras), exploração econômica dos recursos naturais, existência de propriedades rurais. Contudo, esta unidade

d. **Áreas especiais:** Compreende espaços territoriais, com destinação específica e regidas por normativos específicos, podendo ser áreas com ocupação restrita (ou mesmo proibidas), ou condicionadas ao atendimento a certos requisitos à ocupação. Citam-se como exemplos, as áreas quilombolas, áreas indígenas, áreas de propriedade do Poder Público.

As áreas abrangidas nesta categoria, tem finalidade específica estabelecidas pelo Poder Público, podendo vir a representar limitações a efetivação do direito à propriedade, por terceiros – afetados direta ou indiretamente. Quando sobrepostas a propriedades privadas ocorre a desapropriação das terras.

e. **Áreas sem restrições legais:** Engloba as demais áreas que não apresentam limitações legais.

O **Mapa 14**, apresenta a compartimentação da área, conforme as macrounidades apresentadas na **Tabela 48**. O produto apresentado, indica as diretrizes legais que regulam as formas de uso e ocupação em cada recorte espacial apresentado, devendo ser levadas em consideração no processo de planejamento territorial.

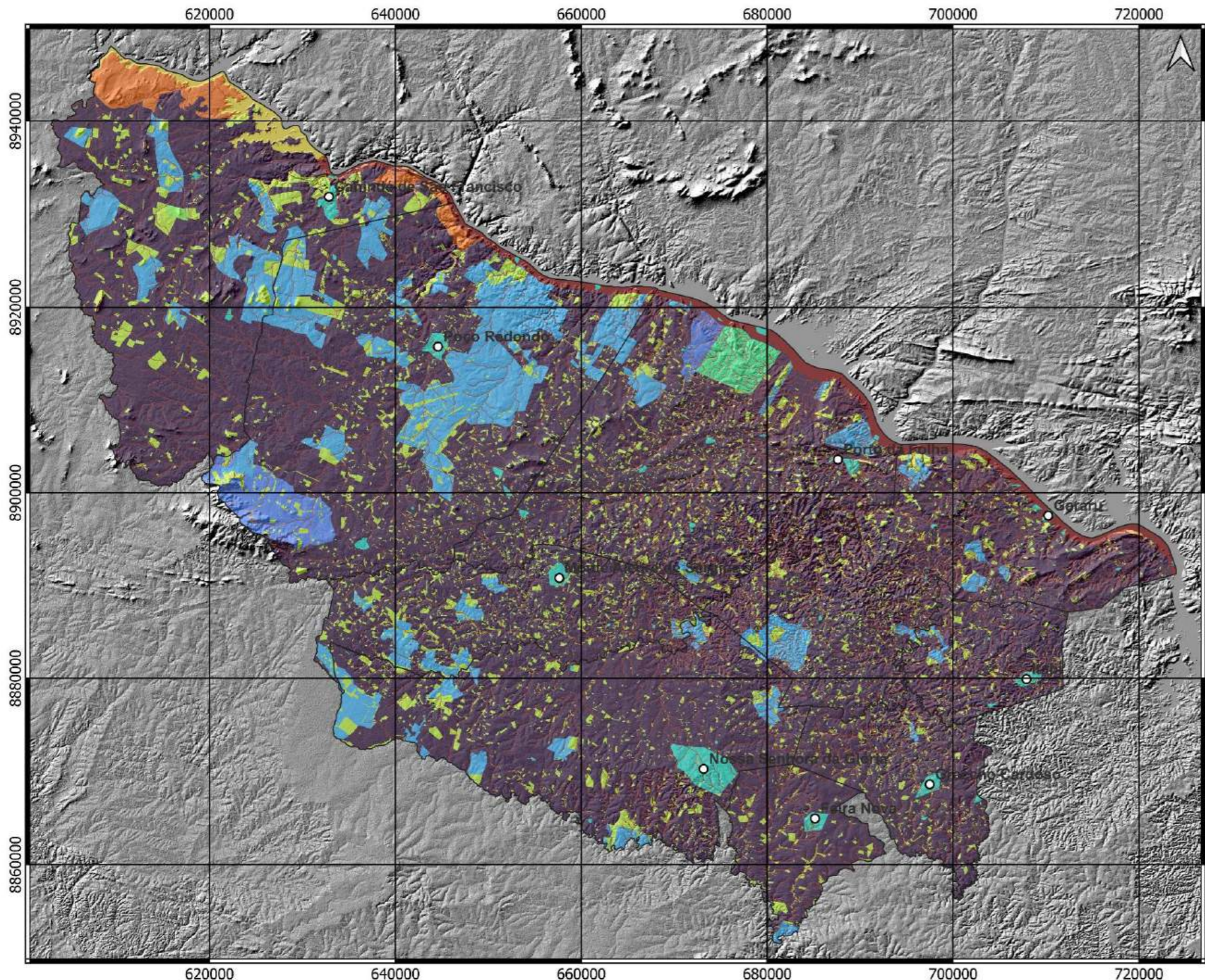
**Tabela 48** - Macrozoneamento territorial da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco

CATEGORIA	CLASSE	ÁREA (km <sup>2</sup> )	%	
APP	Nascente	20,89	0,38	
	Rios	396,51	7,28	
SNUC	Monumento Natural Grota do Angico	Áreas insuscetíveis à ocupação	14,75	0,27
	Monumento Natural do Rio São Francisco		50,72	0,93
	Parque Natural Municipal Lagoa do Frio		2,7	0,05
		<b>TOTAL</b>	<b>485,57</b>	<b>8,92</b>
Barragem	Áreas de ocupação limitada	33,72	0,62	
Declives de 25 a 45°		8,49	0,16	
		<b>TOTAL</b>	<b>42,21</b>	<b>0,78</b>
Reservas Legais	Áreas de ocupação moderada	550,92	10,12	
		<b>TOTAL</b>	<b>550,92</b>	<b>10,12</b>
Áreas urbanas	Áreas Especiais	61,88	1,14	
Assentamentos de reforma agrária		484,38	8,9	
Territórios indígenas		33,14	0,61	
Territórios quilombolas		75,65	1,39	
		<b>TOTAL</b>	<b>655,05</b>	<b>12,03</b>
Áreas sem restrições	Áreas sem restrições	3710,56	68,15	
		<b>TOTAL</b>	<b>5.444,31</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).<sup>11</sup>

<sup>11</sup> As áreas computadas das poligonais do SNUC, das áreas quilombolas, áreas indígenas, assentamentos de reforma agrária, apresentadas diferem ligeiramente das áreas informadas daquelas definidas nos levantamentos oficiais. Isso decorreu da necessidade de exclusão das áreas de preservação permanentes ou outras tipologias de áreas, cujas utilizações, são mais restritivas que as unidades respectivas.

Mapa 14 - Mapa do macrozoneamento territorial



**LEGENDA**

Classe	Categoria	Unidade	Area	%	
Áreas insuscetíveis à ocupação	Áreas de Preservação Permanentes	Rio São Francisco	88.785	1,631	
		Rios	314,209	5,771	
		Nascentes	20.887	0,384	
<b>TOTAL</b>			<b>423,881</b>	<b>7,786</b>	
Áreas de ocupação limitada	Monumentos Naturais	--	65,47	1,203	
		<b>TOTAL</b>			<b>489,351</b>
Áreas de ocupação moderadas	Declividade restrita	--	8,489	0,156	
		Barragem	Hidrelétrica Xingó	33,717	0,619
<b>TOTAL</b>			<b>42,206</b>	<b>0,775</b>	
Áreas de ocupação moderadas	Reserva Legal	--	550,917	10,119	
		Parque Natural	Municipal Lagoa do Frio	2,701	0,05
<b>TOTAL</b>			<b>553,618</b>	<b>10,169</b>	
Áreas Especiais	Terras indígenas	--	33,141	0,609	
		Áreas urbanas	--	61,878	1,137
		Assentamentos	--	484,376	8,897
<b>TOTAL</b>			<b>579,395</b>	<b>10,643</b>	
<b>TOTAL</b>			<b>655,044</b>	<b>12,033</b>	
Sem restrição	Sem restrição	--	3703,82	68,031	

MUNICÍPIO	km²												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Caninde de São Francisco	9,7	37,22	0,92	58,25	2,77	33,73	89,06	2,71	0	6,12	77,17	0,05	616,36
Feira Nova	0	11,24	0,84	0	0	0	16,15	0	0	3,78	2,82	0	148,37
Gararu	29,34	60,17	6,13	0	2,54	0	66,45	0	0	2,34	32,93	0	457,03
Gracho Cardoso	0	17,86	1,17	0	0	0	21,91	0	0	4,13	1	0	196,52
Itabi	0	15,29	0,91	0	0	0	14,78	0	0	3,06	3,42	0	145,94
Monte Alegre de Sergipe	0	17,42	0,79	0	0	0	57,09	0	0	4,13	30,91	0	276,55
Nossa Senhora da Glória	0	35,09	1,96	0	0	0	72,42	0	0	21,7	51,11	0	576,04
Poco Redondo	18,96	45,9	1,11	7,27	2,06	0	119,36	0	0	8,13	256,15	61,72	699,59
Porto da Folha	31,05	73,75	6,78	0	1,13	0	94,52	0	33,12	5,86	29,46	14	588,26

MUNICÍPIO	%												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Caninde de São Francisco	1,04%	3,98%	0,10%	6,24%	0,30%	3,61%	9,53%	0,29%	0,00%	0,66%	8,26%	0,01%	65,99%
Feira Nova	0,00%	6,14%	0,46%	0,00%	0,00%	0,00%	8,82%	0,00%	0,00%	2,06%	1,54%	0,00%	80,99%
Gararu	4,47%	9,16%	0,93%	0,00%	0,39%	0,00%	10,12%	0,00%	0,00%	0,36%	5,01%	0,00%	69,57%
Gracho Cardoso	0,00%	7,36%	0,48%	0,00%	0,00%	0,00%	9,03%	0,00%	0,00%	1,70%	0,41%	0,00%	81,01%
Itabi	0,00%	8,34%	0,50%	0,00%	0,00%	0,00%	8,06%	0,00%	0,00%	1,67%	1,86%	0,00%	79,57%
Monte Alegre de Sergipe	0,00%	4,50%	0,20%	0,00%	0,00%	0,00%	14,76%	0,00%	0,00%	1,07%	7,90%	0,00%	71,48%
Nossa Senhora da Glória	0,00%	4,63%	0,26%	0,00%	0,00%	0,00%	9,55%	0,00%	0,00%	2,86%	6,74%	0,00%	75,96%
Poco Redondo	1,55%	3,76%	0,09%	0,60%	0,17%	0,00%	9,78%	0,00%	0,00%	0,67%	20,99%	5,06%	57,33%
Porto da Folha	3,54%	8,40%	0,77%	0,00%	0,13%	0,00%	10,77%	0,00%	3,77%	0,67%	3,36%	1,59%	67,01%

(a) **ÁREAS INSUSCETÍVEIS À OCUPAÇÃO** - Engloba as áreas legalmente protegidas ou com uso restrito devido à sua natureza, possuindo regime especial de uso e ocupação do solo.

(b) **ÁREAS DE OCUPAÇÃO LIMITADAS** - engloba áreas não recomendáveis para o uso e ocupação direta.

(c) **ÁREAS DE OCUPAÇÃO MODERADAS** - compreende áreas que apresentam limitação à ocupação, regidas por normativos infralegais, normas administrativas ou outros instrumentos destinados ao ordenamento territorial.

(d) **ÁREAS ESPECIAIS** - compreende espaços territoriais, com destinação específica e regidas por normativos próprios, podendo serem áreas com ocupação restritas (ou proibidas), ou condicionadas ao atendimento de certos requisitos à ocupação.

(e) **ÁREAS SEM RESTRIÇÕES LEGAIS** - englobam as demais áreas que não apresentam restrições diretas à exploração econômica.

**MAPA DO MACROZONEAMENTO**

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS, UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM)  
DATUM: SIRGAS 2008, ZONA 24 S, MERIDIANO CENTRAL -35°

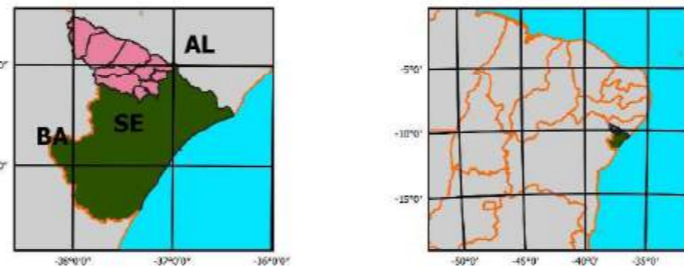
ESCALA: 1:460.000    DATA: 07/10/2024    ELABORAÇÃO: ÉDER GUEDES FREITAS

BASE DE DADOS:  
FUNAI - Terras Indígenas, 2023.  
IBGE - Malha Municipal da Divisão Político-administrativa brasileira, Rio de Janeiro IBGE, 2020.  
INCRA - Sistema de Gestão Fundiária, Áreas Quilombolas, 2023.  
MMA, SICAR - Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural, Cadastro Ambiental Rural, 2023.

**Convenções**

- Sedes Municipais
- Limites Municipais
- Sergipano do Sertão do São Francisco
- Sergipe

5 0 5 10 15 20 25 30 km





## 8.1 Mapa de riscos ambientais

Contudo, cada macrounidade engloba sistemas ambientais com características ambientais diferenciadas, que as conferem uma dinâmica ambiental própria e um limiar de resistência aos processos erosivos, bem como sofrem diferentes formas e intensidades de ocupação. Assim, é necessário que, além da definição das restrições legais, sejam analisados também os graus de fragilidade e vulnerabilidade aos quais estão suscetíveis, resultando assim, no mapa de riscos ambientais.

A mapa de riscos ambientais, foi obtida através do cruzamento dos mapas de fragilidade e vulnerabilidade do território e reclassificadas conforme intervalos de valores indicados no **Quadro 13**.

**Quadro 13** - Intervalos da classificação do risco ambiental

ESCALA			MORFODINÂMICA
1	Risco nulo	3,0	Estável
2	Baixo risco	3,0 – 4,0	Tende à estabilidade
3	Risco presente	4,0 – 5,0	Tendência à estabilidade
4	Risco moderado	5,0 – 6,0	Em transição/intergrade
5	Risco considerável	6,0 – 7,0	Tendência à instabilidade
6	Estado de Atenção	7,0 – 8,0	Tende à instabilidade
7	Estado Crítico	8,0	Instável

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

Analisando os resultados obtidos (**Mapa 15**), observa-se que grande parte do território, foi caracterizado como ambientes de risco ambiental moderado (22,5%) à considerável (22,96%), representando, respectivamente a 1.224,86 e 1.250,2 km<sup>2</sup> da área total do território analisado. As áreas de Risco presente, correspondem a uma parcela de 16,3% (ou cerca de 887,19 km<sup>2</sup>), correspondendo à terceira maior categoria na área de pesquisa. Por fim, as áreas de risco nulo (15,31%), baixo risco (11,16%), estado de atenção (7,85%) e estado crítico (2,67%).

Ao se analisar a distribuição dos riscos por município, observamos que a classe de **risco nulo** apresentou a maior variação percentual entre as categorias de risco (46,35%), com o menor valor observado em Porto da Folha (10,97%) e o maior, sendo observado no município de Feira Nova (53,7%).

Na classe de **baixo risco**, a variação percentual observada foi de 21,88%, sendo o município de Itabi aquele que apresentou o maior percentual na categoria (27,03%), enquanto o município de Porto da Folha, figurou com o menor percentual observado (5,15%).

A classe de **risco presente**, apresentou a segunda menor variação entre os municípios (cerca de 6,46%), com o maior valor encontrado em Itabi (com 19,07%) e o menor observado em Feira Nova (12,61%).

Já para a classe de **risco moderado**, foi constatada uma variação da ordem de 26,46%, com Gracho Cardoso, sendo aquele no qual foi observado o menor percentual nesta categoria (7,35%), ao passo que Poço Redondo, apresentou o maior percentual (33,8%).

Para a classe de **risco considerável**, foi observada a segunda maior variação percentual (cerca de 28,83%), com os municípios de Feira Nova e Monte Alegre de Sergipe representando, respectivamente, o menor e o maior percentual nesta categoria (5,55 e 34,39%).

As áreas caracterizadas como **estado de atenção**, representaram a terceira menor variação (12,58%), com os municípios de Feira Nova e Monte Alegre de Sergipe, figurando, novamente, como o menor e o maior percentuais (1,15 e 13,72%).

Por fim, as áreas **críticas**, apresentaram variação de apenas 4,03%, sendo a menor variação entre as categorias. Nesta categoria os municípios de Feira Nova e Porto da Folha, representaram os menores e os maiores percentuais, com 0,23 e 4,23%, respectivamente.

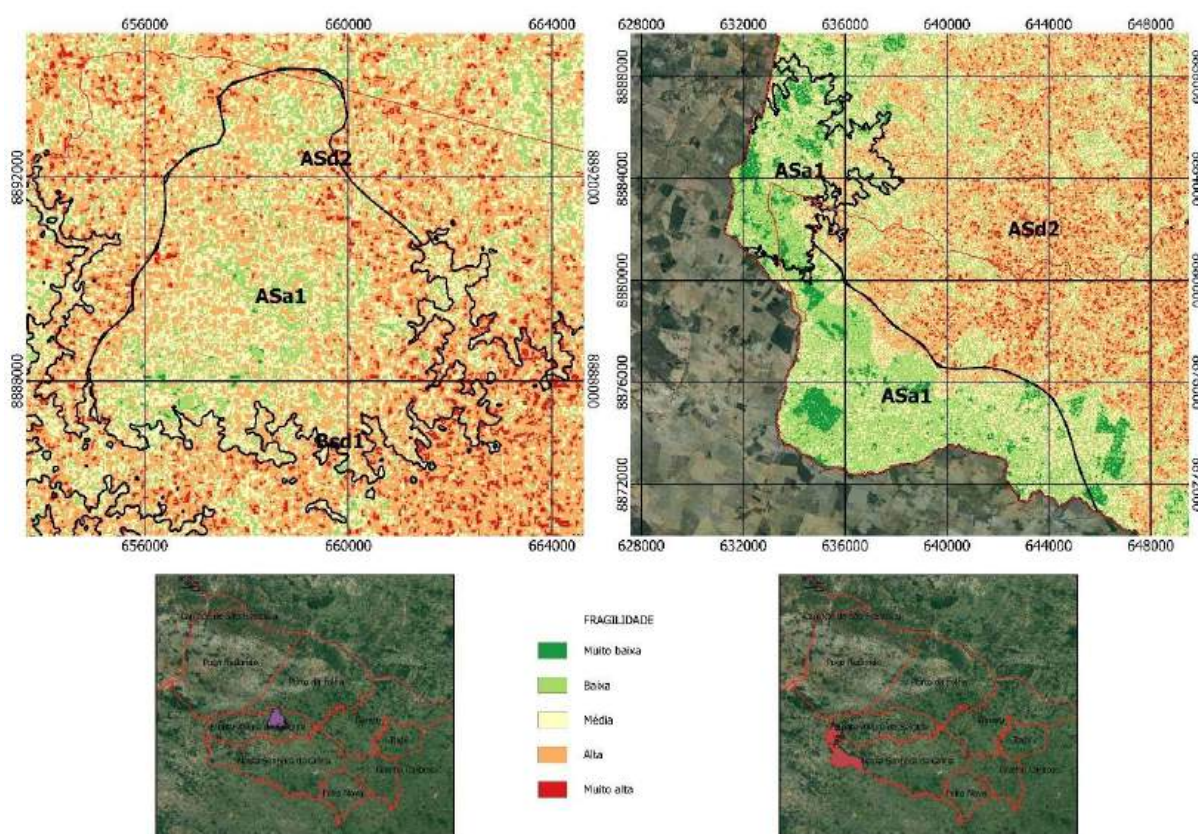
Os valores de classificação de riscos ambientais para cada unidade ambiental, podem ser verificados no **Mapa 15**. Para a fragilidade, o **Mapa 12**, presente no capítulo 7, apresenta os totais para cada unidade. E, por fim, para a vulnerabilidade, o **Mapa 13**, presente no capítulo 9, apresenta a distribuição de cada categoria.

Analisando os graus de risco, para cada unidade ambiental, foram observados que em termos de distribuição, as áreas dos altos sertões aplainados com dissecação moderada (ASa1), foram classificadas como de risco presente e considerável, com totais de 9,91, 22,88 e 13,47 km<sup>2</sup>, representando cerca de 34,17%, 38,53% e 37,07% da área total, respectivamente, seguidas pelas áreas de risco moderado.

Nestas unidades, foram observadas variações na ordem de 9,86, 22,72 e 12,91 km<sup>2</sup>, entre as classes de risco de maiores e menores predominâncias, com desvios-padrão na ordem

de 3,59, 8,82 e 4,32. A unidade que apresentou classificação de risco mais elevada se localiza no entorno da sede municipal de Monte Alegre de Sergipe (**Figura 33**). Em ambas as unidades, foi observado o predomínio das classes de vulnerabilidade média e alta, que denota existência de vetores de grande pressão ambiental, influenciadas, sobretudo, pela remoção da cobertura vegetal, para a prática de atividades agropecuárias.

**Figura 33** - Fragilidade para o sistema alto sertão aplainado com dissecação moderada (ASa1)

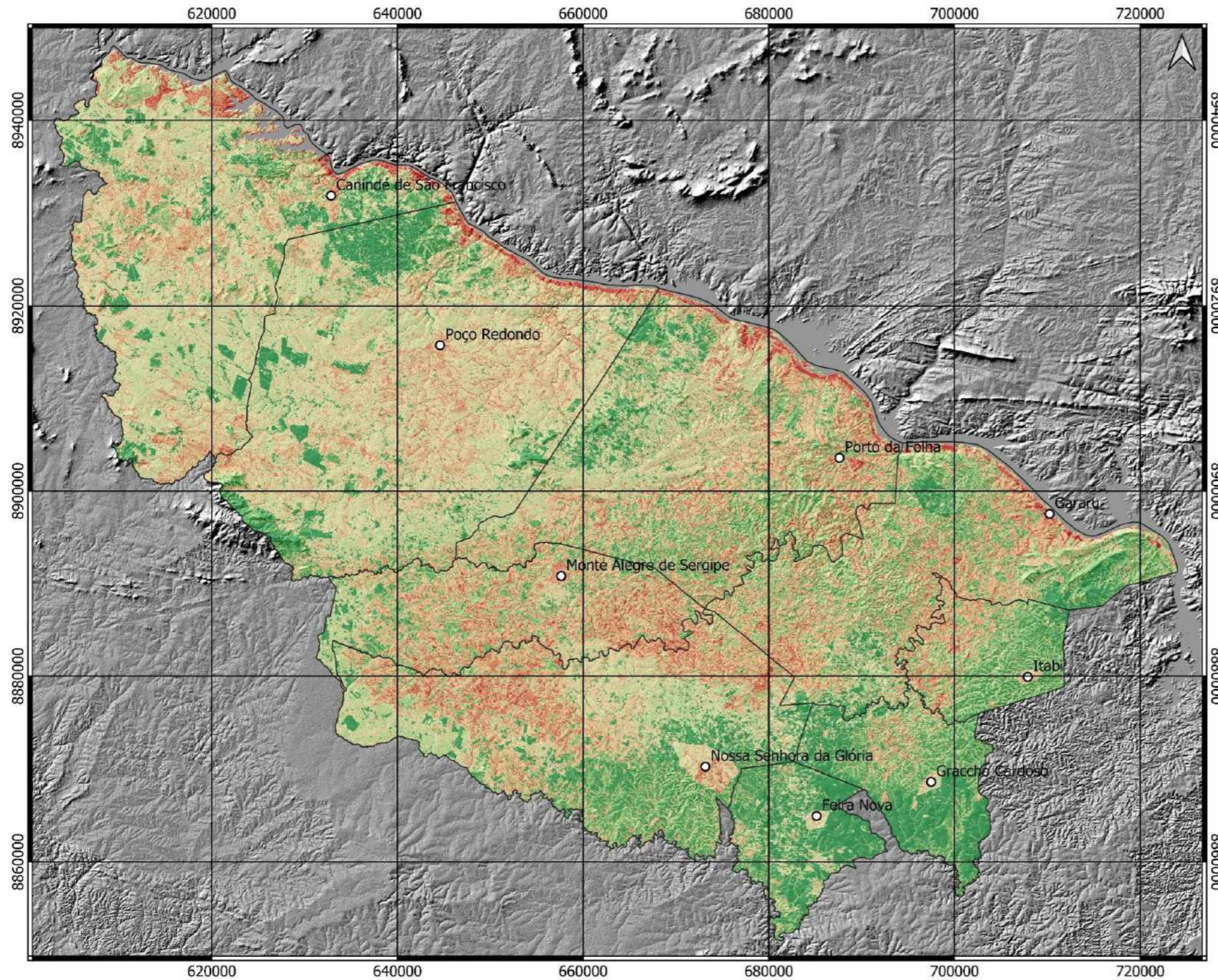


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A diferença observada entre ambas as unidades mapeadas, deve-se, sobretudo, às diferenças nos valores de fragilidade, os quais são maiores no entorno da sede municipal, devido à conjunção das características ambientais, sobretudo, para a distribuição das classes de solo e das características morfológicas as quais se mostraram mais significativas na classificação.

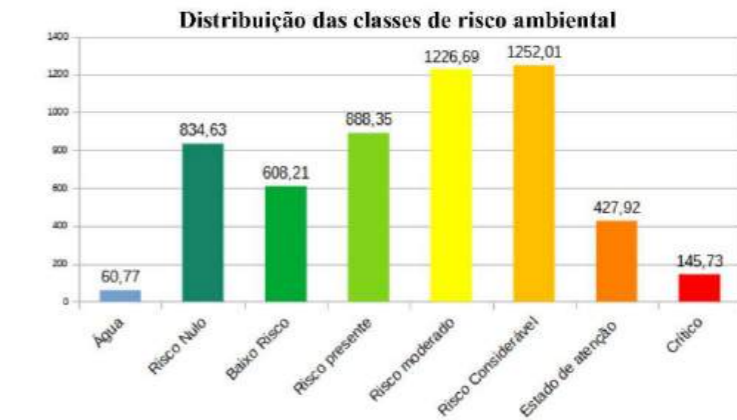
A unidade dos sertões aplainados com maciços e inselbergs (ASa2), foi classificada como de risco moderado, com totais de 42,41 e 440,23 km<sup>2</sup>, que corresponderam a cerca de 36,08 e 37,54% da área, e variações na ordem de 40,95 e 433,12 km<sup>2</sup>, ocorrendo parcelas significativas de áreas classificadas como Risco presente (20,75 e 18,82%) e Risco considerável (17,17 e 22,09%).

Mapa 4 - Mapa de riscos ambientais da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco



**LEGENDA**

ESCALA		MORFODINÂMICA
1	Risco nulo	< 3,0 Estável
2	Baixo risco	3,0 – 4,0 Tende à estabilidade
3	Risco presente	4,0 – 5,0 Tendência à estabilidade
4	Risco moderado	5,0 – 6,0 Em transição/intergrade
5	Risco considerável	6,0 – 7,0 Tendência à instabilidade
6	Estado de Atenção	7,0 – 8,0 Tende à instabilidade
7	Estado Crítico	8,0 – 10,0 Instável



Classes de Risco Ambiental por município (valores expressos em km² e %)

Município	Água	Risco Nulo	Baixo Risco	Risco presente	Risco moderado	Risco Considerável	Estado de atenção	Crítico
Canindé de São Francisco	27,42	109,4	54,57	161,8	294,9	195,43	67,25	23,39
Feira Nova	0,77	98,42	26,09	23,11	22,17	10,18	2,1	0,43
Gararu	10,79	90,46	116,78	122,19	76,04	154,71	61,13	24,85
Graccho Cardoso	0,71	111,08	54,44	34,22	17,83	17,35	5,09	1,35
Itabi	0,13	34,84	49,57	34,98	14,49	31,63	13,28	4,51
Monte Alegre de Sergipe	0,29	28,44	45,26	49,49	62,56	133,04	53,1	14,74
Nossa Senhora da Glória	1,25	113,31	92,14	122,38	148,52	184,51	76,68	19,65
Poço Redondo	6,86	152,35	62,84	195,2	412,57	296,34	74,86	19,4
Porto da Folha	12,55	96,33	106,53	144,98	177,61	228,81	73,82	37,41
<b>Total</b>	<b>60,77</b>	<b>834,63</b>	<b>608,21</b>	<b>888,35</b>	<b>1226,69</b>	<b>1252,01</b>	<b>427,92</b>	<b>145,73</b>

Município	%							
Canindé de São Francisco	2,94%	11,71%	5,84%	17,32%	31,57%	20,92%	7,20%	2,50%
Feira Nova	0,42%	53,70%	14,24%	12,61%	12,10%	5,55%	1,15%	0,23%
Gararu	1,64%	13,77%	17,78%	18,60%	11,57%	23,55%	9,31%	3,78%
Graccho Cardoso	0,29%	45,77%	22,43%	14,10%	7,35%	7,15%	2,34%	0,56%
Itabi	0,07%	18,99%	27,03%	19,07%	7,90%	17,24%	7,24%	2,46%
Monte Alegre de Sergipe	0,07%	7,35%	11,70%	12,79%	16,17%	34,39%	13,72%	3,81%
Nossa Senhora da Glória	0,16%	14,94%	12,15%	16,14%	19,58%	24,33%	10,11%	2,59%
Poço Redondo	0,56%	12,48%	5,15%	15,99%	33,81%	24,28%	6,13%	1,59%
Porto da Folha	1,43%	10,97%	12,13%	16,51%	20,23%	26,06%	8,41%	4,26%

**MAPA DE RISCO AMBIENTAL**

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS, UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM)  
DATUM: SIRGAS 2000, ZONA 24 S, MERIDIANO CENTRAL -39°

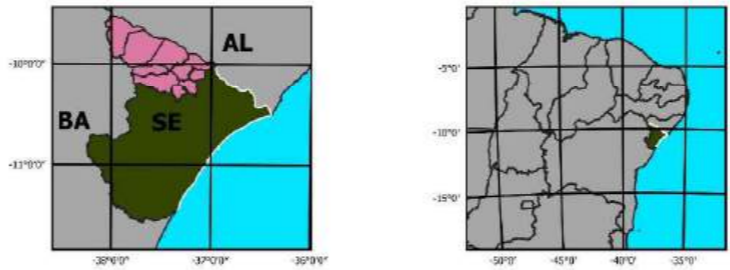
ESCALA: 1:460.000    DATA: 31/08/2024    ELABORAÇÃO: ÉDER GUEDES FREITAS

BASE DE DADOS:  
IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Malha Municipal da Divisão Político-administrativa brasileira, Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

**Convenções**

- Sedes municipais
- Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco
- Sergipe

5 0 5 10 15 20 25 30 km



Mapa elaborado através de álgebra de mapas, em ambiente SIG, com a utilização do software QGIS 3.36.3.

Para a identificação dos graus de risco ambiental, foi realizado o cruzamento dos mapas de fragilidade e vulnerabilidade ambiental.

De posse do arquivo raster, foi realizada a reclassificação dos valores, conforme estabelecido no tópico 8.1, no qual quanto menor o valor obtido, menor a suscetibilidade local à degradação, conferindo maior estabilidade ambiental e conservação das funções ecossistêmicas locais. No extremo oposto, apresentam-se as áreas com maior risco, ou em vias, de degradação ambiental, nas quais as condições ambientais encontram-se prejudicadas.

Em termos de fragilidade, a distribuição das classes apresentou-se quase uniforme entre os dois recortes analisados, com predomínio das áreas de média fragilidade (45,15 e 43,75%), baixa (32,36 e 37,77%), alta (18,91 e 14,25%), muito baixa (3,49 e 3,95%) e muito alta (0,04 e 0,011%).

O fator vulnerabilidade, contudo, apresentou pequena variação nos resultados, o que pode explicar a diferença observada entre as duas áreas. Em ambos os casos, houve predomínio da classe de média vulnerabilidade, diferindo em relação à distribuição entre as demais classes observadas, sendo mais homogêneas na unidade de menor extensão territorial (apresentando desvio-padrão de 14,1491), e mais heterogêneas, na área de maior extensão territorial (com desvio-padrão de 151,5157).

A área dos altos sertões aplainados com pedimentos (ASa3), pode ser classificada como área de risco moderado, prevalecendo em mais de 27% da área total de cada unidade (com totais de 27,6, 37,12 e 36,97%). Esta unidade apresentou distribuição mais variável entre as categorias de risco.

A menor unidade, situada entre os municípios de Poço Redondo e Porto da Folha, apresentou o menor desvio-padrão observado (0,8328), denotando uma distribuição mais homogênea entre as categorias identificadas. A distribuição das classes de risco, nesta unidade, foi distribuída da seguinte forma: moderado (36,97%), presente (20,9%), considerável (18,88%), nulo (15,6%), baixo (5,46%), atenção (1,87%) e crítico (0,16%).

A segunda menor unidade, localizada ao sul do município de Poço Redondo, apresentou, de igual modo, pequena variação entre os resultados obtidos (11,64 km<sup>2</sup>) e desvio-padrão de 4,1323, estando distribuídas da seguinte forma: moderado (27,6%), considerável (21,85%), nulo (18,15%), presente (15,8%), baixo (12,5%), atenção (3,66%) e crítico (0,3%).

Por fim, a maior entre as três unidades, situada ao sul do município de Canindé de São Francisco, apresentou variação mais considerável, da ordem de 33,06 km<sup>2</sup>, com desvio-padrão de 12,2378. Nesta unidade, predominaram as áreas de risco moderado (37,12%), presente (23%), considerável (22,47%), nulo (7,7%), atenção (6,07%), baixo (2,76%) e crítico (0,64%).

A variação nos resultados, deve-se, sobretudo, à variação na classificação dos graus de vulnerabilidade ambientais das unidades, as quais apresentaram-se variáveis em cada recorte identificado, tanto em termos de distribuição, quanto da representatividade.

As áreas classificadas como altos sertões dissecados com colinas rasas e amplas (Asd1), apresentaram, no geral, uma distribuição uniforme das classes de risco, sendo

classificadas como áreas de risco nulo. Em três das feições, situadas respectivamente, a leste do município de Feira Nova, em Gracho Cardoso e entre os municípios de Itabi e Gararu, os valores obtidos nesta categoria superaram os 50%, com o maior percentual observado em Feira Nova (com 68%, nesta categoria). Nas unidades situadas nos municípios de Itabi e Gararu, houve pequena diferença na categorização desta unidade, sendo que as áreas de risco considerável, superaram as áreas de risco moderado.

Isto se deve a variações em ambos os indicadores. Para a fragilidade, variações nas áreas de muito baixa e alta fragilidade atuaram para esta diferença. Enquanto, em termo de vulnerabilidade a variação de valores, entre a segunda e terceira classes mais representativas, foram responsáveis pela variação.

Os altos sertões dissecados com morros e morrotes (ASd2), foi classificado como área de risco considerável (24,18%), seguido das áreas de risco nulo (20,75%), moderado (15,15%), baixo (15,14%), presente (13,43), atenção (9,12%) e crítico (2,12%).

Nos setores sul e leste da unidade, prevaleceram valores de risco mais brandos, com prevalência para as áreas de risco nulo e baixo. Já no setor central, no município de Nossa Senhora da Glória, houve prevalência das áreas de risco considerável e de atenção com maior percentual relativo das áreas críticas da unidade localizada neste município. Por fim, para o setor norte, sendo observada a seguinte distribuição, no município de Monte Alegre de Sergipe, houve predominância das classes de risco mais elevadas, sobretudo da classe considerável, já para o município de Porto da Folha, apresentou distribuição mais homogênea entre as classes observadas, sendo as áreas de risco baixo e considerável as mais frequentes.

Tanto a fragilidade, quanto a vulnerabilidade, tiveram influência considerável na distribuição e categoria das unidades mapeadas. A vulnerabilidade teve mais forte influência na localização, enquanto a fragilidade, teve relativa influência nos valores observados.

Para os altos sertões dissecados (ASd3), foram observadas situações distintas. Para a unidade, localizada no município de Gararu, prevaleceram as categorias de risco presente (25,32%) e risco considerável (23,43%), com distribuição, praticamente, homogênea entre as demais (desvio-padrão de 1,5421), ao passo que para a unidade, localizada entre Gracho Cardoso e Itabi, prevaleceram as áreas de risco baixo (36,73%) e risco nulo (34,49%), sendo estas duas responsáveis por mais de 60% do total.

A diferença entre os valores, deve-se, sobretudo, à distribuição dos valores de fragilidade. Para a primeira unidade, foi observada maior representatividade das áreas de alta fragilidade (48,76%) e média fragilidade (31,22%), ao passo que para a segunda, além de

menores diferenças entre as classes predominantes, foi observado maior ocorrência das áreas de média (40,66%) e baixa fragilidade (36,64%).

Em termos de vulnerabilidade, para a primeira unidade, foram notados dois picos de valores situados nas classes de muito baixa e alta vulnerabilidade, respectivamente, com 53,37 e 36,03%, ao passo que para a segunda, prevaleceram as áreas de muito baixa vulnerabilidade, que responderam por mais de 80% da classificação.

Os baixos sertões (Bsd1, Bsd2 e Bsf), foram classificados como áreas de risco considerável, com percentuais de 25,1, 29,34 e 38,7% classificados nesta categoria, respectivamente. Nos baixos sertões dissecados em colinas e morrotes (Bsd1), a distribuição se deu da seguinte forma: risco considerável (25,17%), moderado (21,07%), presente (15,54%), nulo (13,54%), baixo (11,24%), atenção (8,94%) e crítico (2,96%). Nos baixos sertões dissecados em vales profundos (Bsd2), foi observada a seguinte distribuição: considerável (29,34%), presente (17,11%), moderado (15,5%), baixo (14,83%), atenção (10,96%), nulo (7,07%) e crítico (5,14%). Por fim, nos baixos sertões do São Francisco (Bsf), foram observados: considerável (28,7%), atenção (15,52%), presente (13,82%), crítico (13,17%), moderado (12,81%), baixo (11,67%) e nulo (4,19%).

Analisando a influência da fragilidade, foi possível notar que apenas no Bsf, as áreas de muito alta fragilidade foram maiores que as de baixa. Além disso, esta unidade apresentou a maior diferença entre as categorias de média e alta fragilidade (com variação de, aproximadamente, 22,34%), em relação às demais unidades, as variações nos valores de fragilidade não foram consideráveis para explicar a ocorrência dos riscos.

Em termos de vulnerabilidade, para a primeira e segunda unidades as diferenças percentuais entre as categorias de alta e muito baixa vulnerabilidade, atuaram para amenizar os graus de risco obtidos, situação distinta observada para a última unidade, onde a soma das categorias de alta e muito alta vulnerabilidade, superam as categorias de menor vulnerabilidade, o que influenciou nos resultados observados.

A unidade dos maciços residuais, representadas pelos Inselbergs e serras secas (Msi) e pelas Serras úmidas (Msu), foram ambas classificadas, predominantemente, como áreas de risco nulo a baixo, com ocorrências de parcelas caracterizadas com riscos variando de presente a crítico (na unidade das serras secas) e presente a moderado (na unidade das serras úmidas).

A predominância das áreas de risco baixo a nulo, deveu-se, sobretudo, à presença de cobertura vegetal, que influenciou nos valores de vulnerabilidade, bem como às

características ambientais destas unidades, as quais tiveram maior significância nas variações dos valores de risco localmente observadas em cada feição que compõe estas unidades.

Na unidade dos Tabuleiros Pré-litorâneos (Platô de Feira Nova), o risco foi caracterizado como nulo. Ainda que compreenda uma unidade intensamente modificada pelas atividades produtivas (com sua utilização para pastagem), devido ao conjunto de suas características ambientais (com solos, em geral, profundos e relevo plano) faz com que esta unidade apresente baixos valores de fragilidade ambiental, bem como baixos valores de vulnerabilidade, devido à inexistência de restrições ambientais à exploração econômica.

Os terraços fluviais e a planície fluvial do São Francisco, por sua vez, consistem em áreas caracterizadas como de risco variando de considerável a crítico. Devido às suas condições de relevo favoráveis (em geral com declive suave em direção ao rio São Francisco) e sua proximidade dessa, importante, reserva hídrica, tem sido intensamente utilizada para atividades de agricultura e pecuária, representando grande pressão antrópica sobre essas áreas.

Soma-se a isso, suas características ambientais, com solos pouco profundos e desenvolvidos, litologia inconsolidada e presença de setores mais declivosos, que fazem dessas áreas mais frágeis, do ponto de vista ambiental. Além disto, devido ao fato de localizarem-se em áreas classificadas como áreas de preservação permanentes (nos termos da alínea e, do inciso I, art. 4º da Lei nº 12.651/2012), apresentam grandes restrições à sua utilização, devendo ser destinadas à preservação permanente da vegetação.

Contudo, essas unidades assumem grande importância para a economia local, devido se tratar de áreas utilizadas pelas comunidades locais como fonte de subsistência para a prática de agricultura de sequeiro e pecuária de pequeno porte, devendo ser levado em consideração no processo de planejamento territorial, sob pena de criar (ou ampliar) conflitos ambientais pela utilização dos recursos naturais.

## **8.2 Mapa do zoneamento geoambiental**

Reconhecidas as características ambientais da área sob análise, suas fragilidades e vulnerabilidades, e reconhecidos os riscos ambientais existentes, pode-se elaborar a mapa do zoneamento ambiental.



Para a elaboração do referido mapa, faz-se necessária (1) a identificação das unidades ambientais da área de pesquisa e a (2) na delimitação das unidades de planejamento – esta última sendo definida através do cruzamento do mapa de riscos ambientais com os mapas de fragilidade e vulnerabilidade, resultando em uma escala de risco à ocorrência, ou o agravamento, de processos de degradação ambiental.

Cada unidade de planejamento é construída de forma a descrever os processos dinâmicos que atuam na evolução do recorte espacial e sua sensibilidade à alteração natural, bem como os graus de pressão exercidos sobre a paisagem, sendo descritas da seguinte forma: o campo com algarismos arábicos, indica o estado geral do recorte espacial, conforme apresentado no , os números romanos, indicam a susceptibilidade da ocorrência de processos naturais de degradação e as letras minúsculas a ocorrência/intensidade dos vetores de pressão atuantes no recorte espacial (**Quadro 14**).

**Quadro 14** - Descrição dos indicadores de fragilidade e vulnerabilidade das unidades de planejamento

Fragilidade		Definição	Vulnerabilidade		Definição
<b>I</b>	Muito Baixa	Com susceptibilidade nula/muito baixa à degradação	<b>a</b>	Muito Baixa	Pressão ambiental nula ou virtualmente ausente
<b>II</b>	Baixa	Com baixa susceptibilidade à degradação	<b>b</b>	Baixa	Com presença esporádica de fatores de pressão ambiental
<b>III</b>	Média	Com tendência à degradação	<b>c</b>	Média	Com presença de fatores ambiental, de intensidade e frequências moderadas
<b>IV</b>	Alta	Com alta susceptibilidade à degradação	<b>d</b>	Alta	Com presença de fatores pressão ambiental de alta intensidade ou sob constante uso
<b>V</b>	Muito Alta	Sujeita à degradação ou degradada	<b>e</b>	Muito Alta	Sob intensa pressão ambiental

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024).

Como resultado do cruzamento, foram delimitadas 25 (vinte e cinco) zonas distintas (apresentada no **Mapa 16**), que apresentam diferentes categorias de risco ambiental, com graus de fragilidade e vulnerabilidade distintos. A **Tabela 49**, apresenta a distribuição das categorias nos municípios analisados.

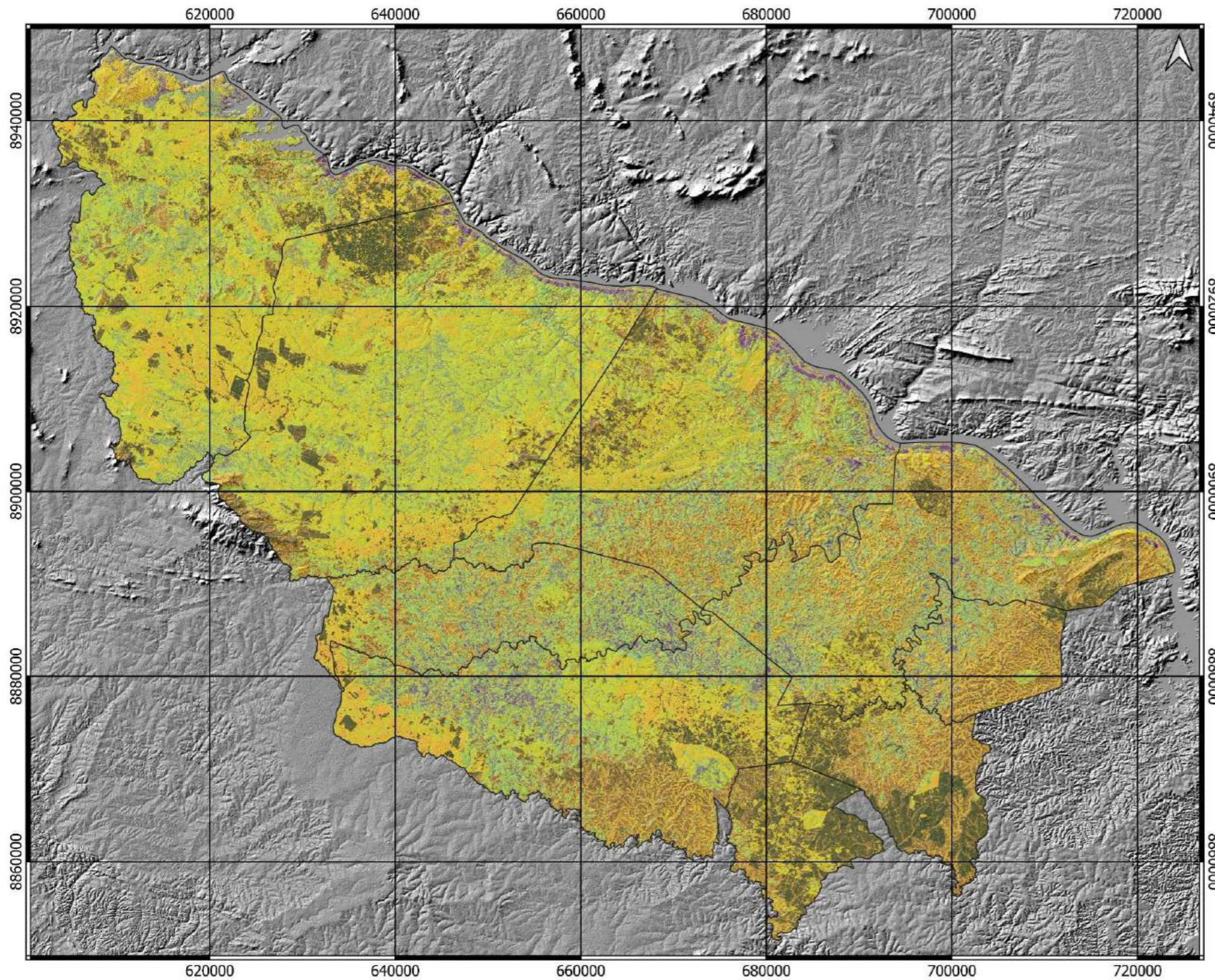
Nos apêndices XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV, XXV, XXVI, XXVII, XXVIII, são apresentados os mapas do zoneamento geoambiental para cada município que compõe a região em análise.

**Tabela 49** - Compartimentação geoambiental dos municípios da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco

ZONA	Canindé de São Francisco	Feira Nova	Gararu	Gracho Cardoso	Itabi	Monte Alegre de Sergipe	Nossa Senhora da Glória	Poço Redondo	Porto da Folha	TOTAL
1	21,14	21,40	9,79	25,24	1,10	2,50	14,93	33,83	8,52	138,45
2	5,98	2,09	0,96	2,43	0,02	1,43	5,43	3,32	2,16	23,82
3	81,40	74,58	78,88	83,17	33,64	24,41	92,71	114,36	85,18	668,33
4	3,58	1,24	1,51	1,28	0,03	0,53	2,81	3,42	1,49	15,89
5	25,06	7,10	10,24	7,30	2,40	8,45	15,85	19,18	19,13	114,71
6	26,12	17,96	104,30	45,86	46,85	36,33	73,67	40,74	85,36	477,20
7	1,43	0,79	0,29	1,22	0,05	0,11	2,92	1,13	0,72	8,66
8	144,08	15,44	21,87	9,46	2,17	16,11	72,95	174,81	67,92	524,80
9	10,28	2,10	16,92	4,21	4,35	11,92	12,28	9,59	16,24	87,89
10	7,02	5,15	84,61	19,64	28,71	21,46	34,44	10,59	61,14	272,77
11	0,57	0,03	0,33	0,10	0,01	0,00	0,14	0,13	0,15	1,45
12	34,76	5,34	5,27	3,57	1,79	3,81	23,35	32,91	22,44	133,23
13	256,46	15,68	52,98	11,71	9,48	51,56	118,32	376,29	142,99	1.035,48
14	2,84	0,94	15,10	2,07	2,82	6,11	5,51	2,75	10,22	48,37
15	0,14	0,06	3,92	0,45	0,78	1,13	1,22	0,22	2,72	10,63
16	11,30	0,45	1,84	0,39	0,14	0,28	1,78	4,96	3,71	24,85
17	69,56	2,87	14,16	3,07	3,42	12,29	29,76	78,50	35,21	248,84
18	114,52	6,75	137,51	13,75	27,78	120,07	152,45	212,80	189,01	974,65
19	0,04	0,01	0,50	0,05	0,06	0,23	0,17	0,05	0,31	1,41
20	27,91	0,60	4,02	0,52	0,50	1,24	3,36	17,23	12,14	67,52
21	37,66	1,07	27,17	2,64	5,94	35,56	57,06	54,04	37,16	258,30
22	1,44	0,40	29,42	2,46	6,73	16,32	16,40	3,37	24,34	100,88
23	21,56	0,35	14,52	0,76	2,31	5,94	7,86	17,21	26,82	97,33
24	0,48	0,06	5,54	0,37	1,45	6,87	9,75	0,86	5,08	30,46
25	1,14	0,01	4,53	0,19	0,72	1,94	2,02	1,31	5,34	17,21
Água	27,72	0,80	10,79	0,76	0,15	0,29	1,28	6,86	12,55	61,19

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Mapa 5 - Mapa do Zoneamento Geoambiental da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco



**LEGENDA**

ZONA	Rs	Fg	Vn	RISCO	FRAGILIDADE	VULNERABILIDADE
1	I	I	a	Com susceptibilidade nula/ muito baixa à degradação	Com susceptibilidade nula/ muito baixa à degradação	Pressão ambiental nula ou virtualmente ausente
2	I	I	b	Estável	Com susceptibilidade nula/ muito baixa à degradação	Com presença esporádica de fatores de pressão ambiental
3	I	II	a	Com baixa susceptibilidade à degradação	Com susceptibilidade nula/ muito baixa à degradação	Pressão ambiental nula ou virtualmente ausente
4	2	I	c	Com susceptibilidade nula/ muito baixa à degradação	Tende à estabilidade	Com presença de fatores ambiental, de intensidade e frequências moderadas
5	2	II	b	Com baixa susceptibilidade à degradação	Com tendência à degradação	Com presença esporádica de fatores de pressão ambiental
6	2	III	a	Com tendência à degradação	Com tendência à degradação	Pressão ambiental nula ou virtualmente ausente
7	3	I	d	Com susceptibilidade nula/ muito baixa à degradação	Com susceptibilidade nula/ muito baixa à degradação	Com presença de fatores pressão ambiental de alta intensidade ou sob constante uso
8	3	II	c	Tendência à estabilidade	Com baixa susceptibilidade à degradação	Com presença de fatores ambiental, de intensidade e frequências moderadas
9	3	III	b	Com tendência à degradação	Com tendência à degradação	Com presença esporádica de fatores de pressão ambiental
10	3	IV	a	Com alta susceptibilidade à degradação	Com alta susceptibilidade à degradação	Pressão ambiental nula ou virtualmente ausente
11	4	I	e	Com susceptibilidade nula/ muito baixa à degradação	Com susceptibilidade nula/ muito baixa à degradação	Sob intensa pressão ambiental
12	4	II	d	Com baixa susceptibilidade à degradação	Em transição/ intergrade	Com presença de fatores pressão ambiental de alta intensidade ou sob constante uso
13	4	III	e	Com tendência à degradação	Com tendência à degradação	Com presença de fatores ambiental, de intensidade e frequências moderadas
14	4	IV	b	Com alta susceptibilidade à degradação	Com alta susceptibilidade à degradação	Com presença esporádica de fatores de pressão ambiental
15	4	V	a	Sujeita à degradação ou degradada	Sujeita à degradação ou degradada	Pressão ambiental nula ou virtualmente ausente
16	5	II	e	Com baixa susceptibilidade à degradação	Com baixa susceptibilidade à degradação	Sob intensa pressão ambiental
17	5	III	d	Com tendência à degradação	Tendência à instabilidade	Com presença de fatores pressão ambiental de alta intensidade ou sob constante uso
18	5	IV	e	Com alta susceptibilidade à degradação	Com alta susceptibilidade à degradação	Com presença de fatores ambiental, de intensidade e frequências moderadas
19	5	V	b	Sujeita à degradação ou degradada	Sujeita à degradação ou degradada	Com presença esporádica de fatores de pressão ambiental
20	6	III	e	Com tendência à degradação	Com tendência à degradação	Sob intensa pressão ambiental
21	6	IV	d	Com alta susceptibilidade à degradação	Tende à instabilidade	Com presença de fatores pressão ambiental de alta intensidade ou sob constante uso
22	6	V	e	Sujeita à degradação ou degradada	Sujeita à degradação ou degradada	Com presença de fatores ambiental, de intensidade e frequências moderadas
23	7	IV	e	Com alta susceptibilidade à degradação	Com alta susceptibilidade à degradação	Sob intensa pressão ambiental
24	7	V	d	Instável	Sujeita à degradação ou degradada	Com presença de fatores pressão ambiental de alta intensidade ou sob constante uso
25	7	V	e	Sujeita à degradação ou degradada	Sujeita à degradação ou degradada	Sob intensa pressão ambiental

**Quadro de áreas**

Zona	Rs	Fg	Vn	Área	%	Zona	Rs	Fg	Vn	Área	%	Zona	Rs	Fg	Vn	Área	%
1	I	I	a	138,45	2,54%	10	3	IV	a	272,77	5,01%	19	5	V	b	1,41	0,03%
2	I	I	b	23,82	0,44%	11	4	I	e	1,45	0,03%	20	6	III	e	67,52	1,24%
3	I	II	a	668,33	12,28%	12	4	II	d	133,23	2,45%	21	6	IV	d	258,30	4,74%
4	2	I	c	15,89	0,29%	13	4	III	e	1.035,48	19,02%	22	6	V	e	100,88	1,85%
5	2	II	b	114,71	2,11%	14	4	IV	b	48,37	0,89%	23	7	IV	e	97,33	1,79%
6	2	III	a	477,20	8,77%	15	4	V	a	10,63	0,20%	24	7	V	d	30,46	0,56%
7	3	I	d	8,66	0,16%	16	5	II	e	24,85	0,46%	25	7	V	e	17,21	0,32%
8	3	II	c	524,80	9,64%	17	5	III	d	248,84	4,57%						
9	3	III	b	87,89	1,61%	18	5	IV	e	974,65	17,90%						

## MAPA ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL

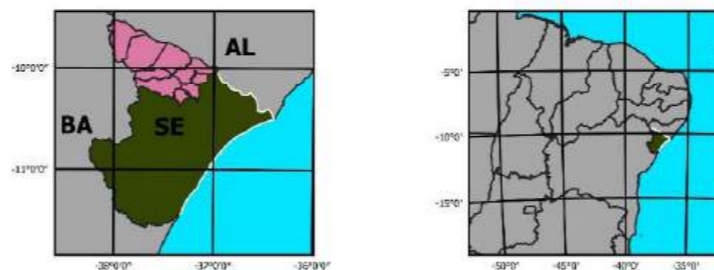
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS, UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM)  
DATUM: SIRGAS 2006, ZONA 24S, MERIDIANO CENTRAL -39°

ESCALA: 1:460.000    DATA: 01/09/2024    ELABORAÇÃO: ÉDIER GUEDES FREITAS

**BASE DE DADOS:**  
IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Malha Municipal da Divisão Político-administrativa brasileira, Rio de Janeiro; IBGE, 2026.

**Convenções**

- Sedes municipais
- Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco
- Sergipe



Mapa do Zoneamento geoambiental da Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco, elaborado em ambiente SIG, através do software Qgis 3.36.3.

Cada unidade de planejamento é construída de forma a descrever os processos dinâmicos que atuam na evolução do recorte espacial e sua sensibilidade à alteração natural, bem como os graus de pressão exercidos sobre a paisagem, sendo descritas da seguinte forma:

11c

\*O campo com algarismos arábicos, indica o estado geral do recorte espacial, variando de 1 a 7, no qual os maiores valores indicam as áreas mais suscetíveis à degradação ambiental;

\*Os números romanos, indicam a susceptibilidade da ocorrência de processos naturais de degradação; e

\*As letras minúsculas a ocorrência/intensidade dos vetores de pressão atuantes no recorte espacial.

**1. Zona 1Ia** – Áreas com ecodinâmica estável. Apresentam valores de fragilidade nulos ou muito baixos, que a confere menor suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos. Constituem-se de áreas pouco sujeitas à atividade antrópica, não sendo identificados vetores de pressão significativos, tornando-as menos vulneráveis - **Figura 34**.

**Figura 34** - Vista aérea de área classificada como de ecodinâmica estável. Notar as características de relevo sem desníveis notáveis e presença de cobertura vegetal nativa, o que garante a estabilidade relativa dessas áreas



**Fonte:** Trabalho de campo realizado em 21/04/2023.

Esta zona ocupa uma área de 135,45 km<sup>2</sup> (cerca de 2,54% do território) e ocorre dispersa em toda a área analisada, com maior ocorrência nos municípios de Poço Redondo, Gracho Cardoso, Canindé de São Francisco e Feira Nova, respectivamente com 33,83, 25,24, 21,14 e 21,4 km<sup>2</sup>.

Apesar da baixa suscetibilidade aos processos erosivos o que as torna mais favoráveis às atividades antrópicas, apresenta limitações aos usos, quando sobrepostas às áreas de preservação permanentes e de reservas legais, fazendo com que seu uso seja restrito e reservado à conservação ambiental. Nas demais áreas, é possível sua utilização sem restrições.

**2. Zona 1Ib** – Áreas com ecodinâmica estável. Apresenta valores de fragilidade nulos ou muito baixos, que a confere menor suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos.

Nesta zona é possível notar a presença de vetores de pressão, de forma esporádica e/ou pontual, fazendo com que possua valores de vulnerabilidade igualmente baixos - **Figura 35**.

**Figura 35** - Região com ecodinâmica estável. As condições de relevo e a presença de vegetação, ainda que de médio porte, garante relativa estabilidade à unidade



Fonte: Trabalho de campo realizado em 21/04/2023.

Ocupa uma parcela de 23,82 km<sup>2</sup> (0,44%), ocorre dispersa em toda a área analisada, ocorrendo com maior frequência nos municípios de Canindé de São Francisco e Nossa Senhora da Glória, respectivamente, com 5,98 e 5,43 km<sup>2</sup>.

Assim como na zona anterior, apesar da baixa susceptibilidade aos processos erosivos, apresenta limitações aos usos, quando sobrepostas às áreas de preservação permanentes e de reservas legais, fazendo com que seu uso seja restrito e reservado à conservação ambiental. Nas demais áreas, é possível sua utilização sem restrições.

**3. Zona IIIa** – Áreas com ecodinâmica estável. Apresenta valores de fragilidade baixos, conferindo-as boa estabilidade face aos processos erosivos. Constituem-se de áreas pouco sujeitas à atividade antrópica, não sendo identificados vetores de pressão significativos, tornando-as menos vulneráveis. Destacamos, porém que, apesar das características pouco favoráveis a ocorrência de processos erosivos, a utilização muito intensiva dessas áreas, sem adoção de conservacionistas pode levar à compactação dos solos, no caso de áreas com pecuária intensiva, ou à remoção das camadas superficiais do solo por ação dos fatores climáticos, quando deixadas sem cobertura vegetal - **Figura 36**.

É a terceira zona de maior ocorrência na região, totalizando um total de 668,33 km<sup>2</sup> (12,26%) da área de pesquisa, sendo possível identificar a ocorrência desta categoria em todos os municípios, sendo que 7 (sete) possuem mais de 74 km<sup>2</sup> enquadrados nesta unidade, à

exceção de Itabi e Monte Alegre de Sergipe, os quais apresentaram os menores valores (33,64 e 24,41 km<sup>2</sup>, respectivamente).

**Figura 36** - Características de uso e ocupação da área, onde é possível notar a existência de atividade antrópica imprimindo alterações na paisagem



**Fonte:** Trabalho de campo realizado em 21/04/2023.

Quando sobrepostas às áreas de preservação permanentes e de reservas legais, seu uso apresenta restrição, sendo reservadas à conservação ambiental. Em áreas de relevo mais movimentado, devem ser destinadas à formas de uso menos intensivas e sua utilização deverá adotar técnicas de manejo e conservação dos solos. Nas demais áreas, é possível sua utilização sem restrições.

**4. Zona 2Ic** – Áreas ecodinâmica tendendo à estabilidade. Apresenta valores de fragilidade nulos ou muito baixos, que a confere menor suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos. Nestas áreas já se podem fazer notar os efeitos das atividades antrópicas, com frequências e intensidades moderadas.

Corresponde à quinta menor zona, com área total de 15,89 km<sup>2</sup>, que representa cerca de 0,29% do território analisado. Ocorre em todos os municípios analisados, com maior frequência em Canindé de São Francisco (3,58 km<sup>2</sup>), Poço Redondo (3,42 km<sup>2</sup>) e Nossa Senhora da Glória (com 2,81 km<sup>2</sup>).

Apesar dos baixos valores de fragilidade, que conferem maior estabilidade, estas áreas ocorrem, majoritariamente, associadas às margens de rios e canais que ocorrem na região, estando inseridas em áreas de preservação permanentes que, por lei, constituem-se de áreas protegidas, sendo sua utilização direta, vedada. Como medida de mitigação, deve-se adotar estratégias de recuperação da cobertura vegetal, para garantia da estabilidade ambiental e

redução da intensidade da exploração direta, o que possibilitará a recuperação da cobertura vegetal no local.

Dessa forma, estas áreas devem ser destinadas à conservação ambiental e utilização indireta dos recursos naturais – contemplação, turismo ecológico e outras atividades pouco impactantes. Nas demais áreas, é possível sua utilização sem restrições.

**5. Zona 2IIb** – Áreas ecodinâmica tendendo à estabilidade. Apresenta valores de fragilidade baixos, conferindo-as boa estabilidade, face aos processos erosivos, e presença esporádica de vetores de pressão ambiental.

Abrange uma área de 114,71 km<sup>2</sup> (correspondendo a cerca de 2,11% do território analisado), ocorrendo em todos os municípios, com destaque para os municípios de Canindé de São Francisco, Nossa Senhora da Glória, Poço Redondo e Porto da Folha, respectivamente com 25,06, 15,85, 19,1 e 19,13 km<sup>2</sup> de área.

Apesar dos baixos valores de fragilidade e vulnerabilidade, estas unidades ocorrem associadas às áreas de Reserva Legais e áreas de Unidades de Conservação de Proteção Integral. Nas áreas de Reserva Legais, seu uso e ocupação é regulamentado por lei, constituindo, desse modo, em restrição à ocupação intensiva. Sua utilização far-se-á mediante manejo florestal, conforme definido no plano de manejo, e sua supressão deve ser autorizada pelo órgão ambiental competente.

Nas áreas de Unidades de Conservação, devido à restrições legais impostas, por meio da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 (SNUC), não é permitida a exploração direta dos recursos naturais, devendo ser destinada à preservação.

**6. Zona 2IIIa** – Áreas ecodinâmica tendendo à estabilidade. Apresenta valores médios de fragilidade, o que faz com que estas áreas apresentem pequena tendência à instabilidade. Quanto à vulnerabilidade, nessa unidade não são observados vetores de pressão, ou, quando ocorrem, se dão de forma pouco expressiva ou pouco intensa. Devido aos menores valores de vulnerabilidade, impulsionados pelas taxas de cobertura vegetal, há tendência de minimização dos efeitos das intempéries climáticas - **Figura 37**.

Compreende uma área de 477,20 km<sup>2</sup> (representando uma parcela de 8,77% do território analisado), ocorrendo em todos os municípios, com destaque para os municípios de Gararu, Nossa Senhora da Glória e Porto da Folha, que juntos perfazem, aproximadamente 55,2% do total nesta categoria, com 104,3, 73,67 e 85,36 km<sup>2</sup>, respectivamente.

A principal restrição à utilização dessas áreas, diz respeito aos valores medianos de fragilidade, o que faz com que estas áreas apresentem potencial, ainda que pequeno, à

degradação ambiental. Deste modo, o uso e exploração, nestas áreas, deve ser realizado mediante adoção de métodos de manejo dos solos, para minimização dos impactos decorrentes da exploração direta dos recursos naturais.

**Figura 37** - Vista aérea da zona 6 (região central da imagem). Observa-se, apesar das condições de relevo desfavorável a presença de vegetação que age como atenuadora dos efeitos erosivos garantindo relativa estabilidade à unidade



**Fonte:** SPU/SE (2023).

**7. Zona 3Id** – Áreas de ecodinâmica com tendência à estabilidade. As condições ambientais presentes nestas unidades, faz delas bastante estáveis aos processos erosivos. Contudo, devido às condições ambientais favoráveis, que as tornam mais suscetíveis à exploração dos recursos naturais, faz com que sofram grandes pressões ambientais, com expansão da malha urbana, utilização intensiva para atividades agropecuárias, tornando-as mais vulneráveis.

Corresponde à terceira menor unidade em área, com 8,66 km<sup>2</sup> (ou cerca de 0,16% do território). Três municípios juntos perfazem, aproximadamente, 63,31% do total desta unidade, sendo: Canindé de São Francisco (com 1,43 km<sup>2</sup>), Nossa Senhora da Glória (com 2,92 km<sup>2</sup>) e Poço Redondo, com 1,13 km<sup>2</sup>.

A utilização intensiva destas áreas, pode favorecer a ocorrência de processos de degradação ambiental, em especial, a compactação dos solos – devido à remoção da cobertura vegetal e pisoteio animal, a salinização – devido às condições de relevo mais plano, e a remoção



das camadas superficiais dos solos – devido à exposição dos solos desnudos à ação das intempéries climáticas (precipitação e regimes de ventos), que pode culminar na redução da capacidade produtiva e de suporte dos solos, podendo levar à ocorrência/intensificação dos processos de desertificação.

Apesar da baixa susceptibilidade aos processos erosivos o que as torna mais favoráveis às atividades antrópicas, apresenta limitações aos usos, quando sobrepostas às áreas de preservação permanentes e de reservas legais, fazendo com que seu uso seja restrito e reservado à conservação ambiental. Como medida de mitigação, deve-se adotar estratégias de recuperação da cobertura vegetal, para garantia da estabilidade ambiental e redução da intensidade da exploração direta, o que possibilitará a recuperação da cobertura vegetal no local.

**8. Zona 3IIc – Áreas de ecodinâmica com tendência à estabilidade.** Compreendem áreas com valores de fragilidade baixos, condicionadas pelas características ambientais favoráveis, possibilitando sua exploração econômica. Devido a isto, nesta unidade são identificadas presença de vetores de pressão ambiental, em frequência e intensidade, moderadas - **Figura 38.**

Corresponde a uma parcela de 524,80 km<sup>2</sup>, sendo a quarta maior unidade ambiental da área de pesquisa, correspondendo a 9,64% do território. Ocorre em todos os municípios da microrregião, em especial, em Canindé de São Francisco, Nossa Senhora da Glória, Poço Redondo e Porto da Folha, representando cerca de 87,61%, com áreas de 144,08, 72,95, 174,81 e 67,92 km<sup>2</sup>.

Apesar da baixa susceptibilidade aos processos erosivos o que as torna mais favoráveis às atividades antrópicas, a utilização intensiva destas áreas, pode favorecer a ocorrência de processos de degradação ambiental, em especial, a compactação dos solos – devido à remoção da cobertura vegetal e pisoteio animal, a salinização – devido às condições de relevo mais plano, e a remoção das camadas superficiais dos solos – devido à exposição dos solos desnudos à ação das intempéries climáticas (precipitação e regimes de ventos), que pode culminar na redução da capacidade produtiva e de suporte dos solos, podendo levar à ocorrência/intensificação dos processos de desertificação.

Para essas áreas, sugere-se, como medida de mitigação, a adoção de estratégias de recuperação da cobertura vegetal, para garantia da estabilidade ambiental e redução da intensidade da exploração direta, o que possibilitará a recuperação da cobertura vegetal no local.

**Figura 38** - Vista aérea da unidade 8. Devido às características de relevo favoráveis à atividade agropecuárias, tornam-se áreas intensamente utilizadas pelas atividades econômicas, imprimindo alterações significativas na paisagem



Fonte: SPU/SE (2023).

**9. Zona 3IIIb** – Áreas de ecodinâmica com tendência à estabilidade. Compreendem áreas com valores de fragilidade moderados, o que faz com que estas áreas apresentem pequena tendência à instabilidade. Quanto à vulnerabilidade, nessa unidade são observados vetores de pressão, com intensidade e frequências moderadas. Devido aos menores valores de vulnerabilidade, impulsionados pelas taxas de cobertura vegetal, há tendência de minimização dos efeitos das intempéries climáticas.

Em termos de representatividade, esta unidade representa cerca de 1,61% do território (ou 87,89 km<sup>2</sup>), ocorrendo em toda a região, sobretudo nos municípios de Canindé de São Francisco, Gararu, Monte Alegre de Sergipe, Nossa Senhora da Glória e Porto da Folha, representando 76,96% do total, com áreas de 10,28, 16,92, 11,92, 12,28 e 16,24 km<sup>2</sup>.

Devido aos valores medianos de fragilidade, estas áreas apresentam potencial, ainda que pequeno, à degradação ambiental. Além disto, estas unidades ocorrem associadas às áreas de Reserva Legais, constituindo, desse modo, em restrição à ocupação intensiva. Sua utilização far-se-á mediante manejo florestal, conforme definido no plano de manejo, e sua supressão deve ser autorizada pelo órgão ambiental competente.

**10. Zona 3IVa** – Áreas de ecodinâmica com tendência à estabilidade, em transição. Áreas com valores altos de fragilidade ambiental, fazendo delas bastante suscetíveis aos processos erosivos. Nestas unidades não foram identificados vetores de pressão ambiental, ou quando presentes, se dão de forma pouco expressiva ou pouco intensa. Devido aos menores valores de vulnerabilidade, impulsionados pelas taxas de cobertura vegetal, há tendência de minimização dos efeitos das intempéries climáticas - **Figura 39**.

Representa a sexta área, em extensão territorial, com 272,77 km<sup>2</sup> (correspondendo a 5,01% da região). Ocorre em todos os municípios analisados, contudo, com maior ocorrência nos municípios de Gararu (84,61 km<sup>2</sup>) e Porto da Folha (61,14 km<sup>2</sup>), que juntos perfazem cerca de 53,43% da categoria.

Devidos aos altos valores de fragilidade, impulsionados pelas características morfológicas (declividade, orientação e curvatura das vertentes), faz com que o uso e ocupação destas áreas seja desaconselhável, devido à alta instabilidade, tornando-as mais suscetíveis aos processos de degradação ambiental.

Quando sobrepostas às áreas de preservação permanentes e de reservas legais, seu uso apresenta restrição, sendo reservadas à conservação ambiental.

**Figura 39** - Vista aérea da paisagem da Zona 3IVa, com alta fragilidade natural, conferida pelo relevo movimentado e vertentes dissecadas



Fonte: SPU/SE (2023).

Devido a isto, estas áreas devem ser destinadas à formas de uso indiretas, como para turismo, contemplação e atividades educativas, sendo necessário, ocasionalmente, adoção de medidas de recuperação ambiental.

**11. Zona 4Ie** – Áreas com ecodinâmica transicional. Apresenta valores de fragilidade nulos ou muito baixos, que a confere menor suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos. Constituem-se de áreas pouco sujeitas à atividade antrópica, não sendo identificados vetores de pressão significativos, tornando-as menos vulneráveis.

Representa a segunda menor zona, em extensão territorial, com área de 1,45 km<sup>2</sup> (cerca de 0,03%), ocorre em quase todos os municípios, com exceção de Monte Alegre de Sergipe e tem a maior ocorrência no município de Canindé de São Francisco, com área de 0,57 km<sup>2</sup>.

Apesar dos baixos valores de fragilidade, estas unidades ocorrem associadas às áreas de Unidades de Conservação de Proteção Integral e Áreas de Preservação Permanentes, tendo seu uso restringido por efeito de lei, não sendo permitida a exploração direta dos recursos naturais, devendo ser destinada à preservação.

**12. Zona 4IIId** – Áreas com ecodinâmica transicional. Compreendem áreas com valores de fragilidade baixos, condicionadas pelas características ambientais favoráveis, possibilitando sua exploração econômica. Devido às condições ambientais favoráveis, que as tornam mais suscetíveis à exploração dos recursos naturais, faz com que sofram grandes pressões ambientais, com expansão da malha urbana, utilização intensiva para atividades agropecuárias, tornando-as mais vulneráveis - **Figura 40**.

Em termos de extensão territorial, essa unidade ocupa a 10<sup>a</sup> posição, com 133,23 km<sup>2</sup> (2,45%). Ocorre em todos os municípios, contudo, tem maior ocorrência nos municípios de Canindé de São Francisco (34,76 km<sup>2</sup>), Nossa Senhora da Glória (23,35 km<sup>2</sup>), Poço Redondo (32,91 km<sup>2</sup>) e Porto da Folha (22,44 km<sup>2</sup>).

A utilização intensiva destas áreas, pode favorecer a ocorrência de processos de degradação ambiental, em especial, a compactação dos solos – devido à remoção da cobertura vegetal e pisoteio animal, a salinização – devido às condições de relevo mais plano, e a remoção das camadas superficiais dos solos – devido à exposição dos solos desnudos à ação das intempéries climáticas (precipitação e regimes de ventos), que pode culminar na redução da capacidade produtiva e de suporte dos solos, podendo levar à ocorrência/intensificação dos processos de desertificação.

Apesar da baixa susceptibilidade aos processos erosivos o que as torna mais favoráveis às atividades antrópicas, apresenta limitações aos usos, quando sobrepostas às áreas legalmente protegidas (APPs, Unidades de Conservação) e de reservas legais, fazendo com que seu uso seja restrito e reservado à conservação ambiental. Para as demais áreas, como medida de mitigação, sugere-se adotar estratégias de recuperação da cobertura vegetal, para garantia da estabilidade ambiental e redução da intensidade da exploração direta, o que possibilitará a recuperação da cobertura vegetal no local.

**Figura 40** - Vista aérea da Zona 4IId. Região apresenta relevo pouco movimentado, que confere baixa fragilidade, contudo, apresenta-se bastante alterada por intervenções antrópicas fazendo com que apresente alta vulnerabilidade à degradação



Fonte: SPU/SE (2023).

**13. Zona 4IIIc** – Áreas com ecodinâmica transicional. Apresenta valores médios de fragilidade, o que faz com que estas áreas apresentem pequena tendência à instabilidade. Apresentam vetores de pressão, com frequências e intensidades moderadas - **Figura 41**.

Corresponde a unidade de maior espacial na área analisada, com 1.035,48 km<sup>2</sup> (representando cerca de 19,02% da região). Ocorre em todos os municípios, apresentando a maior variação de extensão entre todas as zonas (366,81 km<sup>2</sup>, sendo a maior encontrada em Poço Redondo, e a menor em Itabi – 9,48 km<sup>2</sup>). Tem maior ocorrência nos municípios de

Canindé de São Francisco (256,46 km<sup>2</sup>), Nossa Senhora da Glória (118,32 km<sup>2</sup>), Poço Redondo (376,29 km<sup>2</sup>) e Porto da Folha (142,99 km<sup>2</sup>), que juntos representam 86,34% desta categoria.

A principal restrição à utilização dessas áreas, diz respeito aos valores medianos de fragilidade, o que faz com que estas áreas apresentem potencial, ainda que pequeno, à degradação ambiental. Deste modo, o uso e exploração, nestas áreas, deve ser realizado mediante adoção de métodos de manejo dos solos, para minimização dos impactos decorrentes da exploração direta dos recursos naturais.

**Figura 41** - Vista da Zona 4IIIc. Região de relevo suave ondulado, com alta pressão antrópica, conferindo altos valores de vulnerabilidade



**Fonte:** Trabalho de campo realizado em 21/04/2023.

A combinação entre os valores de fragilidade, com valores moderados de vulnerabilidade ambiental, faz com que estas áreas tendam, mais fortemente, à instabilização. Quando sobrepostas às áreas legalmente protegidas, tem seu uso seja restringido, sendo reservadas à conservação ambiental. Nas demais áreas, sua utilização far-se-á mediante adoção de técnicas de manejo e conservação dos solos, além de estratégias de recuperação da cobertura vegetal, para garantia da estabilidade ambiental.

**14. Zona 4IVb** – Áreas com ecodinâmica transicional. Áreas com valores altos de fragilidade ambiental, fazendo delas bastante suscetíveis aos processos erosivos. Quanto à vulnerabilidade, nessa unidade são observados vetores de pressão, com intensidade e frequências moderadas. Devido os menores valores de vulnerabilidade, impulsionados pelas taxas de cobertura vegetal, tendem a minimizar os efeitos das intempéries climáticas - **Figura 42.**

**Figura 42** - Vista aérea da Zona 4IVb (em segundo plano), compostas por áreas dissecadas, recobertas com vegetação nativa, sendo identificados vetores pontuais de pressão



**Fonte:** Trabalho de campo realizado em 23/04/2023.

Corresponde a uma área de 48,37 km<sup>2</sup> (representando cerca de 0,89% da região). Ocorre em todos os municípios, com maior ocorrência nos municípios de Gararu (15,10 km<sup>2</sup>) e Porto da Folha (10,22 km<sup>2</sup>), que juntos representam 52,34% desta categoria.

Devidos aos altos valores de fragilidade, impulsionados pelas características morfológicas (declividade, orientação e curvatura das vertentes), faz com que o uso e ocupação destas áreas seja desaconselhável, devido à alta instabilidade, tornando-as mais suscetíveis aos processos de degradação ambiental.

Quando sobrepostas às áreas legalmente protegidas e de reservas legais, seu uso apresenta restrição, devendo ser reservadas à conservação ambiental.

Devido a isto, estas áreas devem ser destinadas à formas de uso indiretas, como para turismo, contemplação e atividades educativas, sendo necessário, ocasionalmente, adoção de medidas de recuperação ambiental.

**15. Zona 4Va** – Áreas com ecodinâmica transicional. Áreas com valores muito altos de fragilidade ambiental, fazendo delas muito suscetíveis aos processos erosivos. Nestas unidades não foram identificados vetores de pressão ambiental, ou quando presentes, se dão de forma pouco expressiva ou pouco intensa. Devido os menores valores de vulnerabilidade,

impulsionados pelas taxas de cobertura vegetal, tendem a minimizar os efeitos das intempéries climáticas.

Esta unidade representa uma parcela de 10,63 km<sup>2</sup> (correspondendo à 0,2% do território), ocorrendo em todos os municípios estudados. As maiores parcelas foram encontradas nos municípios de Monte Alegre de Sergipe (com 1,13 km<sup>2</sup>), Nossa Senhora da Glória (com 1,22 km<sup>2</sup>) e Porto da Folha, com 2,72 km<sup>2</sup>.

Devidos aos altos valores de fragilidade, impulsionados pelas características morfológicas (declividade, orientação e curvatura das vertentes), faz com que o uso e ocupação destas áreas seja desaconselhável, devido à alta instabilidade, tornando-as mais suscetíveis aos processos de degradação ambiental. O aumento na pressão ambiental nestas áreas pode, facilmente, aumentar a instabilidade dessas áreas, fazendo-as tornarem-se ambientes de instabilidade crescente.

Dessa forma, estas áreas devem ser destinadas à conservação ambiental e utilização indireta dos recursos naturais – contemplação, turismo ecológico e outras atividades pouco impactantes. Nas demais áreas, é possível sua utilização sem restrições.

**16. Zona 5Ile** – Áreas com ecodinâmica com tendência à instabilidade. Apresenta valores de fragilidade baixos, conferindo-as boa estabilidade, face aos processos erosivos. Devido às condições ambientais favoráveis, que as tornam mais suscetíveis à exploração dos recursos naturais, faz com que sofram intensas pressões ambientais, com expansão da malha urbana, utilização intensiva para atividades agropecuárias, tornando-as bastante vulneráveis.

Esta unidade representa uma parcela de 24,85 km<sup>2</sup> (correspondendo à 0,46% do território), ocorrendo em todos os municípios estudados. As maiores parcelas foram encontradas nos municípios de Canindé de São Francisco (com 11,3 km<sup>2</sup>), Poço Redondo (com 4,96 km<sup>2</sup>) e Porto da Folha, com 3,71 km<sup>2</sup>.

A utilização intensiva destas áreas, pode, facilmente, aumentar a instabilidade dessas áreas, fazendo-as tornarem-se ambientes de instabilidade crescente, aumentando sua suscetibilidade a processos de degradação ambiental, em especial – devido à remoção da cobertura vegetal, o que pode culminar na redução da capacidade produtiva e de suporte dos solos, culminando na ocorrência/intensificação dos processos de desertificação.

Apesar da baixa susceptibilidade aos processos erosivos o que as torna mais favoráveis às atividades antrópicas, apresenta limitações aos usos, quando sobrepostas às áreas de preservação permanentes e de reservas legais, fazendo com que seu uso seja restrito e reservado à conservação ambiental.



Para as demais áreas, como medida de mitigação, sugere-se adotar estratégias de recuperação da cobertura vegetal, para garantia da estabilidade ambiental e redução da intensidade da exploração direta, o que possibilitará a recuperação da cobertura vegetal no local.

**17. Zona 5IIIId** – Áreas com ecodinâmica com tendência à instabilidade. Apesar de apresentar valores médios de fragilidade – o que faz com que estas áreas apresentem tendência moderada à instabilidade, são áreas nas quais são identificadas pressões ambientais fortes, o que aumenta a vulnerabilidade destas unidades à degradação ambiental - **Figura 43**.

**Figura 43** - Vista da Zona 5IIIId. Apresenta relevo plano, com solos rasos, e ocorrência pontual de afloramentos rochosos, fortemente alterados pela pecuária e pastos, conferindo alta vulnerabilidade



Fonte: Trabalho de campo realizado em 12/06/2024.

Corresponde a uma parcela de 248,84 km<sup>2</sup> (correspondendo à 4,57% do território), ocorrendo em todos os municípios estudados. As maiores parcelas foram encontradas nos municípios de Poço Redondo (com 78,5 km<sup>2</sup>), Canindé de São Francisco (com 69,56 km<sup>2</sup>) e Porto da Folha, com 35,31 km<sup>2</sup>.

A utilização intensiva destas áreas, pode favorecer a ocorrência de processos de degradação ambiental, em especial, a compactação dos solos – devido à remoção da cobertura vegetal e pisoteio animal, a salinização – devido às condições de relevo mais plano, e a remoção das camadas superficiais dos solos – devido à exposição dos solos desnudos à ação das intempéries climáticas (precipitação e regimes de ventos), que pode culminar na redução da capacidade produtiva e de suporte dos solos, podendo levar à ocorrência/intensificação dos processos de desertificação.

Quando ocorrem associadas às áreas de preservação permanentes e de reservas legais, devem ter seu uso restrito e reservado à conservação ambiental. Para as demais áreas, como medida de mitigação, sugere-se adotar estratégias de recuperação da cobertura vegetal, para garantia da estabilidade ambiental e redução da intensidade da exploração direta, o que possibilitará a recuperação da cobertura vegetal no local.

**18. Zona 5IVc** – Áreas com ecodinâmica com tendência à instabilidade. Apresentam altos valores de fragilidade ambiental, influenciados pelas características ambientais – relevo, solos e geologia. Do ponto de vista da vulnerabilidade, apresentam-se como áreas com presença de vetores de pressão ambiental com frequência e intensidades moderadas - **Figura 44**.

**Figura 44** - Vista da Zona 5IVc. Compreendem áreas com vertentes retilíneas e inclinadas, sem presença ou com cobertura vegetal bastante alterada



Fonte: Trabalho de campo realizado em 12/06/2024.

Corresponde à segunda maior unidade, com área de 974,65 km<sup>2</sup>, o que representa, aproximadamente, 17,9% do território. Apesar de ocorrer em todos os municípios, há uma maior concentração nos municípios de Poço Redondo, Porto da Folha e Nossa Senhora da Glória, respectivamente, com 212,8 km<sup>2</sup>, 189,01 km<sup>2</sup> e 152,45 km<sup>2</sup>, correspondendo à 56,87% desta unidade.

Estas unidades se caracterizam pelos valores elevados de fragilidade ambiental, que as tornam bastante sensíveis aos processos erosivos, fazendo delas áreas com maior potencial

à degradação. A presença de vetores de pressão ambiental, ainda que em intensidades moderadas, podem potencializar os efeitos das características ambientais, fazendo com que estas áreas se tornem mais sensíveis à degradação ambiental generalizada.

Quando ocorrem associadas às áreas de preservação permanentes e de reservas legais, devem ter seu uso restrito e reservado à conservação ambiental. Para as demais áreas, como medida de mitigação, sugere-se adotar ações de estabilização dos solos, com adoção de técnicas de manejo que possibilitem a redução/diminuição do potencial erosivo associado às características ambientais locais, utilização dos solos de acordo com as capacidades produtivas e de suporte, e a preservação das áreas cujas características de relevo tornem-se fatores desfavoráveis à exploração econômica.

Também, como medida de mitigação, sugere-se adotar estratégias de recuperação da cobertura vegetal, para garantia da estabilidade ambiental e redução da intensidade da exploração direta, o que possibilitará a recuperação da cobertura vegetal no local.

**19. Zona 5Vb** – Áreas com ecodinâmica com tendência à instabilidade. Apresentam altos valores de fragilidade ambiental, influenciados pelas características ambientais – relevo, solos e geologia. Do ponto de vista da vulnerabilidade, apresentam-se como áreas de baixa vulnerabilidade, com presença de vetores de pressão ambiental com frequência e intensidades esporádicas.

Correspondem à menor unidade delimitada, ocupando área de 1,41 km<sup>2</sup> e ocorrendo, de forma significativa, apenas nos municípios de Gararu (0,5 km<sup>2</sup>), Monte Alegre de Sergipe (0,23 km<sup>2</sup>), Nossa Senhora da Glória (0,17 km<sup>2</sup>) e Porto da Folha (0,31 km<sup>2</sup>), que juntos representam cerca de 85,87% desta zona.

Estas unidades se caracterizam pelos valores elevados de fragilidade ambiental, que as tornam bastante sensíveis aos processos erosivos, fazendo delas áreas com maior potencial à degradação. A presença de vetores de pressão ambiental, ainda que em intensidades baixas, podem potencializar os efeitos das características ambientais, fazendo com que estas áreas se tornem mais sensíveis à degradação ambiental.

Devido aos altos valores de fragilidade, estas áreas devem ser destinadas à formas de uso indiretas, como para turismo, contemplação e atividades educativas, sendo necessário, ocasionalmente, adoção de medidas de recuperação ambiental.

**20. Zona 6IIIe** – Áreas com ecodinâmica tendendo à instabilidade. Do ponto de vista das características ambientais, apresentam-se como áreas de fragilidade moderada, influenciadas, sobretudo, pelas características do relevo local. Devido ao fato de estas unidades

estarem associadas às áreas marginais de corpos hídricos, acabam por sofrer com formas de uso e ocupação mais intensas conferindo grande pressão ambiental, tornando-as extremamente suscetíveis à degradação ambiental - **Figura 45**.

**Figura 45** - Vista aérea da Zona 6IIIe. Feições, normalmente, associadas às margens de rios, compostas por sedimentos inconsolidados, ou localizadas em regiões de relevo muito movimentado, associadas a vertentes



Fonte: SPU/SE (2023).

Esta zona, corresponde a uma área de 67,52 km<sup>2</sup>(1,24% do território), ocorrendo em todos os municípios analisados. Sua maior ocorrência, contudo, se dá nos municípios de Canindé de São Francisco (27,91 km<sup>2</sup>), Poço Redondo (17,23 km<sup>2</sup>) e Porto da Folha (com 12,14 km<sup>2</sup>).

Apesar da moderada susceptibilidade aos processos erosivos, apresentam limitações aos usos, devido estarem associadas, em sua grande maioria, às áreas de preservação permanentes e unidades de conservação, fazendo com que seu uso seja restrito e reservado à conservação ambiental.

Além disso, devido à grande pressão ambiental, identificada nesta unidade, sugere-se adotar estratégias de recuperação da cobertura vegetal, para garantia da estabilidade ambiental e redução da intensidade da exploração direta, o que possibilitará a recuperação da cobertura vegetal no local.

**21. Zona 6IVd** – Áreas com ecodinâmica tendendo à instabilidade. Áreas com valores altos de fragilidade ambiental, fazendo delas bastante suscetíveis aos processos

erosivos. Do ponto de vista da vulnerabilidade, apresentam-se como áreas com presença de vetores de pressão ambiental com frequência e intensidades altas - **Figura 46**.

**Figura 46** - Vista da Zona 6IVd. Compreendem áreas de alta fragilidade, submetidas a altos vetores de pressão antrópica, com remoção da vegetação nativa, revolvimento do solo



**Fonte:** Trabalho de campo realizado em 12/06/2024.

Esta zona recobre uma área de 258,30 km<sup>2</sup> (4,74%), ocorrendo em todo o território analisado. Contudo, nos municípios de Feira Nova, Gracho Cardoso e Itabi, são encontrados os menores totais desta unidade, respectivamente, com 1,07 km<sup>2</sup>, 2,64 km<sup>2</sup> e 5,94 km<sup>2</sup>. Para os demais municípios, os totais foram superiores a 27 km<sup>2</sup>.

Estas unidades se caracterizam pelos valores elevados de fragilidade ambiental, que as tornam bastante sensíveis aos processos erosivos, fazendo delas áreas com maior potencial à degradação. A presença de vetores de pressão ambiental, potencializam os efeitos das características ambientais, fazendo com que estas áreas se tornem bastante sensíveis à degradação ambiental.

A utilização intensiva destas áreas, pode favorecer a ocorrência de processos de degradação ambiental, em especial, a compactação dos solos – devido à remoção da cobertura vegetal e pisoteio animal, a salinização – devido às condições de relevo mais plano, e a remoção das camadas superficiais dos solos – devido à exposição dos solos desnudos à ação das intempéries climáticas (precipitação e regimes de ventos), que pode culminar na redução da

capacidade produtiva e de suporte dos solos, podendo levar à ocorrência/intensificação dos processos de desertificação.

Quando ocorrem associadas às áreas de preservação permanentes e de reservas legais, devem ter seu uso restrito e reservado à conservação ambiental. Para as demais áreas, como medida de mitigação, sugere-se adotar ações de estabilização dos solos, com adoção de técnicas de manejo que possibilitem a redução/diminuição do potencial erosivo associado às características ambientais locais, utilização dos solos de acordo com as capacidades produtivas e de suporte, e a preservação das áreas cujas características de relevo tornem-se fatores desfavoráveis à exploração econômica.

Também, como medida de mitigação, sugere-se adotar estratégias de recuperação da cobertura vegetal, para garantia da estabilidade ambiental e redução da intensidade da exploração direta, o que possibilitará a recuperação da cobertura vegetal no local.

**22. Zona 6Vc** – Áreas com ecodinâmica tendendo à instabilidade. Apresentam altos valores de fragilidade ambiental, influenciados pelas características ambientais – relevo, solos e geologia. Do ponto de vista da vulnerabilidade, apresentam-se como áreas com presença de vetores de pressão ambiental com frequência e intensidades moderadas.

Representa a 12ª unidade em extensão territorial, abrangendo uma área de 100,88 km<sup>2</sup>, representando cerca de 1,85% do território. Ocorre em todos os municípios analisados, contudo, se faz mais presente em Porto da Folha (24,34 km<sup>2</sup>), Gararu (29,42 km<sup>2</sup>), Nossa Senhora da Glória e Monte Alegre de Sergipe, respectivamente, com 16,4 e 16,32 km<sup>2</sup>.

Estas unidades se caracterizam pelos valores elevados de fragilidade ambiental, que as tornam bastante sensíveis aos processos erosivos, fazendo delas áreas com maior potencial à degradação. A presença de vetores de pressão ambiental, ainda que em intensidades moderadas, podem potencializar os efeitos das características ambientais, fazendo com que estas áreas se tornem mais sensíveis à degradação ambiental generalizada.

A utilização intensiva destas áreas, pode favorecer a ocorrência de processos de degradação ambiental, em especial, a compactação dos solos – devido à remoção da cobertura vegetal e pisoteio animal, a salinização, e a remoção das camadas superficiais dos solos – devido à exposição dos solos desnudos à ação das intempéries climáticas (precipitação e regimes de ventos), o que pode culminar na redução da capacidade produtiva e de suporte dos solos, podendo levar à ocorrência/intensificação dos processos de desertificação.

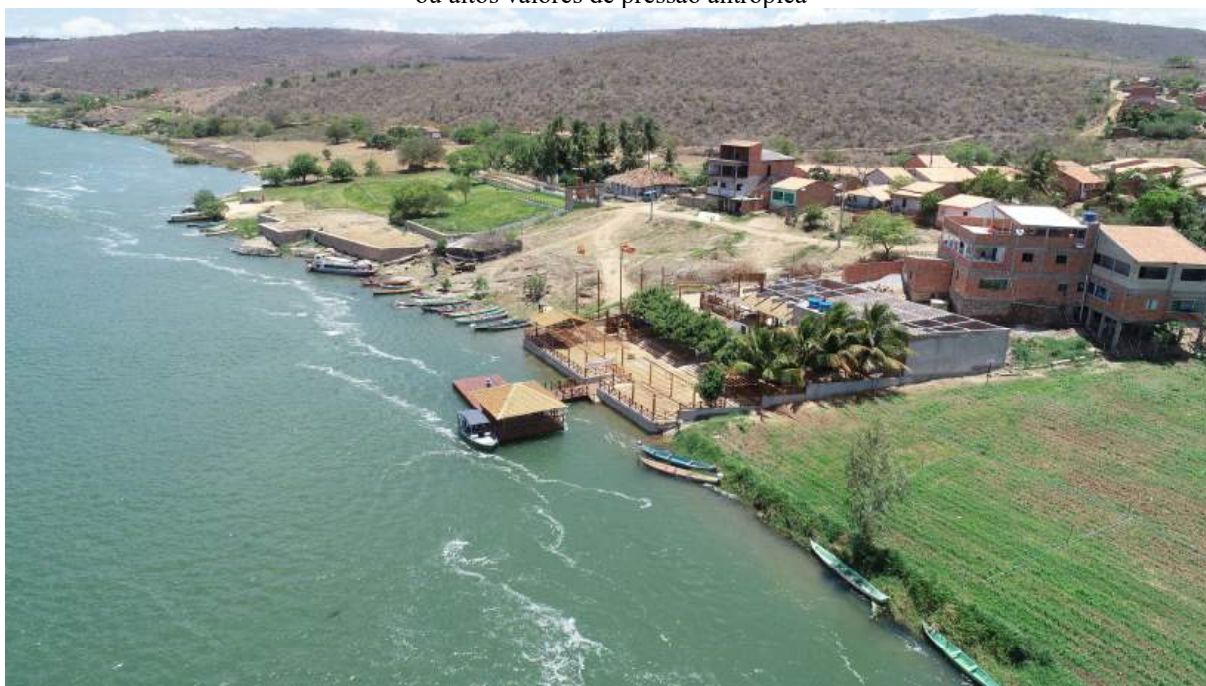
Como medida de mitigação, sugere-se adotar ações de estabilização dos solos, com adoção de técnicas de manejo que possibilitem a redução/diminuição do potencial erosivo

associado às características ambientais locais, utilização dos solos de acordo com as capacidades produtivas e de suporte, e a preservação das áreas cujas características de relevo tornem-se fatores desfavoráveis à exploração econômica.

Sugere-se ainda a adoção de estratégias de recuperação da cobertura vegetal, para garantia da estabilidade ambiental e redução da intensidade da exploração direta, o que possibilitará a recuperação da cobertura vegetal no local.

**23. Zona 7IVe – Áreas com ecodinâmica instável.** Apresentam valores altos de fragilidade ambiental, fazendo delas bastante suscetíveis aos processos erosivos. Do ponto de vista da vulnerabilidade, evidencia-se a presença de vetores de pressão ambiental com frequência e intensidades muito altas, fazendo com que sejam áreas de extrema vulnerabilidade - **Figura 47.**

**Figura 47** - Zona 7IVe (ao fundo). Compreende áreas de relevo movimentado, com cobertura vegetal deficitária ou altos valores de pressão antrópica



**Fonte:** SPU/SE (2023).

Esta unidade abrange uma área de 97,33 km<sup>2</sup>, representando cerca de 1,79% do território. Ocorre de forma mais significativa nos municípios de Canindé de São Francisco, com 21,56 km<sup>2</sup>, Gararu, com 14,52 km<sup>2</sup>, Poço Redondo, com 17,21 km<sup>2</sup>, e Porto da Folha, que apresentou o maior percentual desta unidade, com 26,82 km<sup>2</sup>. Nos demais municípios os valores foram inferiores a 8 km<sup>2</sup>, sendo os municípios de Feira Nova e Gracho Cardoso, quem apresentou os menores valores, 0,35 e 0,76 km<sup>2</sup>, respectivamente.

Esta unidade está, mais comumente, associada às áreas de preservação permanentes, devendo ter seu uso restringido e reservado à conservação ambiental e recuperação ambiental das áreas já afetadas pelas atividades antrópicas.

A utilização intensiva destas áreas, pode favorecer a ocorrência de processos de degradação ambiental, em especial, a remoção das camadas superficiais dos solos – devido à exposição dos solos desnudos à ação das intempéries climáticas (precipitação e regimes de ventos), que pode culminar na redução da capacidade produtiva e de suporte dos solos, assoreamento de canais, podendo levar à ocorrência/intensificação dos processos de desertificação.

Como medida de mitigação, sugere-se adotar estratégias de recuperação da cobertura vegetal, para garantia da estabilidade ambiental e redução da intensidade da exploração direta, o que possibilitará a recuperação da cobertura vegetal no local.

**24. Zona 7Vd – Áreas com ecodinâmica instável.** Apresentam altos valores de fragilidade ambiental, influenciados pelas características ambientais – relevo, solos e geologia. Já os valores de vulnerabilidade, apresentam-se altos, correspondendo a áreas com presença de vetores de pressão ambiental com frequência e intensidades altas.

Esta unidade abrange uma área de 30,46 km<sup>2</sup>, representando cerca de 0,56% do território. Ocorre de forma mais significativa nos municípios de Nossa Senhora da Glória, com 9,75 km<sup>2</sup>, Monte Alegre de Sergipe, com 6,87 km<sup>2</sup>, Gararu, com 5,54 km<sup>2</sup>, e Porto da Folha, com 5,08 km<sup>2</sup>.

Estas unidades se caracterizam pelos valores elevados de fragilidade ambiental, que as tornam bastante sensíveis aos processos erosivos, fazendo delas áreas com maior potencial à degradação. A presença de vetores de pressão ambiental, ainda que em intensidades moderadas, podem potencializar os efeitos das características ambientais, fazendo com que estas áreas se tornem mais sensíveis à degradação ambiental generalizada.

A utilização intensiva destas áreas, pode favorecer a ocorrência de processos de degradação ambiental, a remoção das camadas superficiais dos solos – devido à exposição dos solos desnudos à ação das intempéries climáticas (precipitação e regimes de ventos), que pode culminar na redução da capacidade produtiva e de suporte dos solos, podendo levar à ocorrência/intensificação dos processos de desertificação.

Quando ocorrem associadas às áreas de preservação permanentes e de reservas legais, devem ter seu uso restrito e reservado à conservação ambiental. Para as demais áreas, como medida de mitigação, sugere-se adotar ações de estabilização dos solos, com adoção de



técnicas de manejo que possibilitem a redução/diminuição do potencial erosivo associado às características ambientais locais, utilização dos solos de acordo com as capacidades produtivas e de suporte, e a preservação das áreas cujas características de relevo tornem-se fatores desfavoráveis à exploração econômica.

Também, como medida de mitigação, sugere-se adotar estratégias de recuperação da cobertura vegetal, para garantia da estabilidade ambiental e redução da intensidade da exploração direta, o que possibilitará a recuperação da cobertura vegetal no local.

**25. Zona 7Ve – Áreas com ecodinâmica instável.** Apresentam altos valores de fragilidade ambiental, influenciados pelas características ambientais – relevo, solos e geologia. Do ponto de vista da vulnerabilidade, evidencia-se a presença de vetores de pressão ambiental com frequência e intensidades muito altas, fazendo com que sejam áreas de extrema vulnerabilidade - **Figura 48**.

Em termos de extensão territorial, corresponde à 21ª unidade, com 17,21 km<sup>2</sup>, representando cerca de 0,32% do território analisado. Sua maior ocorrência foi observada nos municípios de Porto da Folha, com 5,34 km<sup>2</sup> e Gararu, com 4,53 km<sup>2</sup>. Nos demais municípios os valores encontrados nesta categoria foram inferiores a 2,1 km<sup>2</sup>, com destaque para Feira Nova que apresentou apenas 0,01 km<sup>2</sup> nesta categoria.

Esta unidade está, mais comumente, associada às áreas de preservação permanentes, devendo ter seu uso restringido e reservado à conservação ambiental e recuperação ambiental das áreas já afetadas pelas atividades antrópicas.

A utilização intensiva destas áreas, pode favorecer a ocorrência de processos de degradação ambiental, em especial, a remoção das camadas superficiais dos solos – devido à exposição dos solos desnudos à ação das intempéries climáticas (precipitação e regimes de ventos), que pode culminar na redução da capacidade produtiva e de suporte dos solos, assoreamento de canais, podendo levar à ocorrência/intensificação dos processos de desertificação.

Como medida de mitigação, sugere-se adotar estratégias de recuperação da cobertura vegetal, para garantia da estabilidade ambiental e redução da intensidade da exploração direta, o que possibilitará a recuperação da cobertura vegetal no local.

**Figura 48** - Vista aérea da Zona 7Ve. Área de relevo montanhoso a escarpado, com vertentes que propiciam acúmulo do fluxo superficial, sem ocupação antrópica



**Fonte:** SPU/SE (2023).

Conforme é possível observar na e no , maior parte do território (1.249,75 km<sup>2</sup>, cerca de 22,96%) é caracterizada como áreas com ecodinâmica com tendência moderada à instabilidade, com a 18 – Zona 5IVc (Risco Considerável, com alta suscetibilidade à degradação e presença de fatores de pressão ambiental moderadas) representando 77,99% do total da unidade, sendo mais significativa nos municípios de Poço Redondo (212,80 km<sup>2</sup>) e Nossa Senhora da Glória (152,45 km<sup>2</sup>).

As áreas em transição, correspondem à segunda unidade de maior presença no território, com 1.229,16 km<sup>2</sup>, correspondendo a cerca de 22,58% da região. A zona mais representativa desta unidade, responde por cerca de 84,24% do total dessa área, correspondendo a 13 – Zona 4IIIc, de Risco Moderado, com tendência à degradação e presença de fatores de pressão ambiental moderadas), ocorrendo com maior intensidade nos municípios de Poço Redondo (376,29 km<sup>2</sup>) e Canindé de São Francisco (256,46 km<sup>2</sup>).

As áreas com tendência a estabilidade, ocorrem em 894,12 km<sup>2</sup>, representando cerca de 16,42% do território analisado, sendo a 8 – Zona 3IIc (Risco Presente, com baixa suscetibilidade a degradação e presença de fatores de pressão ambiental moderadas) a que ocorre com maior frequência, 58,69% do total, com maior destaque para os municípios de Poço Redondo (174,81 km<sup>2</sup>) e Canindé de São Francisco (144,08 km<sup>2</sup>).

As áreas estáveis correspondem a quarta maior em extensão territorial, correspondendo a um total de 830,60 km<sup>2</sup> (representando cerca de 15,26%), sendo a 3 – Zona

1IIa (Risco Nulo, com baixa suscetibilidade à degradação e pressão ambiental nula ou virtualmente ausente) a mais representativa (80,46% do total), com destaque para os municípios de Poço Redondo (114,36 km<sup>2</sup>) e Nossa Senhora da Glória (92,71 km<sup>2</sup>).

As áreas com ecodinâmica que tende a estabilidade, correspondem a quinta maior com 607,79 km<sup>2</sup> (11,16%), merecendo destaque a 6 – Zona 2IIIc (Risco Baixo, com tendência a degradação e pressão ambiental nula ou virtualmente ausente), responsável por 78,51% da unidade. Nesta unidade merecem destaque os municípios de Gararu (104,30 km<sup>2</sup>) e Porto da Folha (85,36 km<sup>2</sup>).

A sexta unidade, corresponde as áreas com ecodinâmica que tende à instabilidade, representando uma área de 426,70 km<sup>2</sup> (cerca de 7,84% do território). Nesta unidade a 21 – Zona 6IVd (Estado de Atenção, com alta suscetibilidade à degradação e presença de fatores de alta pressão ambiental) representa a maior parcela, com 60,53% do total, tendo os municípios de Nossa Senhora da Glória e Poço Redondo, os maiores totais nesta categoria, respectivamente com, 57,06 e 54,04 km<sup>2</sup>.

Por fim, as unidades instáveis correspondem a uma parcela de 145,00 km<sup>2</sup>, tendo como zona mais representativa a 23 – Zona 7IVe (Estado Crítico, com alta suscetibilidade à degradação e sob forte pressão ambiental), representando 67,12% do total. Nesta categoria, merece destaque os municípios de Porto da Folha e Canindé de São Francisco, com totais de 26,82 e 21,56 km<sup>2</sup> classificados nessa categoria, respectivamente.

Os dados apresentados na e no , evidenciam o alto grau de suscetibilidade à degradação ambiental ao qual estão submetidos a Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco, a qual apresenta 33,46% do território, cerca de 1.821,45 km<sup>2</sup>, classificados como áreas que apresentam tendência à instabilidade ou são instáveis, apresentando maior suscetibilidade à degradação e, conseqüentemente, à desertificação, necessitando maior atenção e adoção de estratégias de conservação e recuperação da cobertura vegetal, para garantir a funcionalidade e a estabilidade dos sistemas e reduzir as conseqüências dos processos de degradação em curso.

## 9 CONCLUSÕES

Como resultado da aplicação da metodologia desenvolvida nesta pesquisa, foi observado predomínio das áreas classificadas como de alta e média fragilidade, as quais representam 30,33 e 35,21%, respectivamente, da área total, com menor participação das classes de muito baixa (3,46%), baixa (26,93%) e muito alta fragilidade (2,95%).

O indicador pedologia teve maior influência no cálculo das fragilidades (com coeficiente de correlação de 0.488231), seguidos pelos indicadores comprimento de vertentes, vegetação e declividade, os quais apresentaram correlação de 0.433148, 0.395910 e 0.322357, respectivamente, não sendo observada correlação forte entre os indicadores ambientais e os valores de fragilidade, situação distinta se comparada as metodologias de Crepani *et al.* (2001), Carmo *et al.* (2015; 2016), a Equação Universal de Perda de Solos – EUPS (Bertoni; Lombardi Neto, 2010) e do Potencial Natural à Erosão (PNE).

As diferentes metodologias, apresentaram considerável variação nos valores de fragilidade, o que pode ser explicado, dentre outros fatores, à seleção dos indicadores utilizados, bem como ao método de cálculo utilizado, nos casos em que é adotada ponderação de valores, o grau de importância relativo e a influência dos indicadores nos cálculos.

Entre as áreas de muito baixa fragilidade ambiental, a EUPS, apresentou, de longe, os maiores valores de área classificados nesta categoria com 3.138,80 km<sup>2</sup>, enquanto a metodologia de Crepani *et al.* (2001) apresentou os menores valores com 0,02 km<sup>2</sup>.

Para as áreas de baixa fragilidade ambiental, a Ponderação dos indicadores ambientais e a EUPS, apresentaram os maiores valores de área com esta classificação, com 1.464,24 e 1.158,81 km<sup>2</sup>, respectivamente. No outro extremo, a metodologia de Crepani (2001) apresentou os menores valores, com 2,47.

Nas áreas classificadas como de média fragilidade ambiental, a metodologia de Crepani (2001) e a Ponderação dos indicadores ambientais, corresponderam, respectivamente, a 3.297,87 e 1.914,36 km<sup>2</sup>. Já em relação aos menores percentuais, encontram-se a EUPS, com 839,55 km<sup>2</sup> e a de Carmo *et al.* (2015), representando 1.138,96 km<sup>2</sup>.

Na classe de alta fragilidade, 2 metodologias apresentaram áreas maiores que 1.900 km<sup>2</sup>, sendo elas a de Crepani *et al.* (com 1.959,61 km<sup>2</sup>), e a de Carmo *et al.* (2015), com 2.088,31 km<sup>2</sup>. No outro extremo, a EUPS apresentou uma área de 202,79 km<sup>2</sup> enquadrada nesta categoria.

Por fim, as áreas de muito alta fragilidade, apresentaram as menores variações entre as metodologias, sendo classificada uma área de 1.448,51 km<sup>2</sup>, com a utilização do PNE, e 787,81 com a metodologia de Carmo *et al.* (2015), e 160,33, 65,92 e 46,56 km<sup>2</sup>, respectivamente, com o uso das metodologias da ponderação dos indicadores, Crepani *et al.* (2001) e EUPS.

Em termos de correspondência de valores entre as diferentes metodologias aplicadas, ficou evidente, não só a diferença na distribuição entre as classes, mas também a diferença na sua localização espacial e valores de correspondência inferiores a 42,82%, observada entre as metodologias de Crepani *et al.* (2001) e a desenvolvida neste trabalho, podendo ser explicada pela presença de muitos indicadores em comum e com intervalos aproximados, pode ter sido fator crucial para explicar tais resultados.

Dentre os fatores que explicam a variabilidade dos valores apresentados, pudemos destacar: o quantitativo de indicadores utilizados em cada uma das metodologias; os indicadores considerados em cada método; bem como a forma de utilização dos indicadores (o aspecto considerado) e de modelagem foi significativo para a diferenciação e distribuição das classes de fragilidade.

Outro fator, não diretamente relacionado às metodologias, em si, diz respeito a origem e a escala de detalhamento dos próprios indicadores utilizados, na qual a adoção de bases pouco detalhadas e, portanto, mais homogêneas, refletem na própria distribuição das categorias de fragilidade, fazendo com que o tema, em questão, apresente maior influência na localização das classes.

Por fim, destacamos que, a metodologia desenvolvida nesta pesquisa, por considerar características específicas do modelado (tipo de vertente, combinada com declividade e comprimento da vertente) apresentou maior detalhamento nos valores e na localização dos valores de fragilidade ambiental observados, apresentando menor homogeneidade distributiva, se comparadas às demais metodologias, podendo ser explicadas pelos pontos destacados acima.

Analisando os valores fragilidade ambiental, calculada conforme metodologia desenvolvida, para cada sistema ambiental observado, observamos que os resultados obtidos foram condizentes com as características ambientais de cada unidade, refletindo os processos e a dinâmica ambiental que atuam na evolução dos sistemas ambientais, conferindo características próprias e capacidade de suporte distinto para cada recorte espacial identificado.

O cálculo dos valores de vulnerabilidade, levou em consideração dos usos potenciais indicados para os recortes espaciais, previstos em legislação específica, bem como a existência (e intensidade) dos vetores de pressão ambiental. Como resultado dos processos de ocupação e intensa transformação do território, foram observados graus de vulnerabilidade elevados em toda a região, sobretudo nas áreas marginais de rios, nascentes e em áreas urbanas, que apresentaram, no geral, condições de vulnerabilidade que variam de alta a muito alta.

No contexto geral, a microrregião apresentou valores de vulnerabilidade medianos, seguidos pelas de muito baixa, alta, baixa e muito alta vulnerabilidades, respectivamente com 2.696,96 km<sup>2</sup> (49,54%), 1.570,18 km<sup>2</sup> (28,84%), 681,71 km<sup>2</sup> (12,52%), 276,39 km<sup>2</sup> (5,08%) e 218,11 km<sup>2</sup> (4,01%) as quais ocorreram em todos os municípios que compõem a região.

Para a classe de média vulnerabilidade, os destaques ficam para os municípios de Canindé de São Francisco, Monte Alegre de Sergipe e Poço Redondo que tem mais de 50% dos seus respectivos territórios englobados nesta categoria. Isto decorre, sobretudo, da substituição da cobertura natural por pastagem e da não utilização de técnicas de manejo para controle e pelas intensas modificações impressas nas áreas legalmente protegidas existentes no território.

Para a classe de muito baixa fragilidade, Feira Nova, Itabi e Gracho Cardoso, apresentaram valores superiores a 50% nesta categoria, influenciados, sobretudo, pela maior taxa de cobertura vegetal existente, sobretudo nas áreas legalmente protegidas.

Por fim, as áreas de alta vulnerabilidade, tiveram como destaques os municípios de Canindé de São Francisco, Monte Alegre de Sergipe e Nossa Senhora da Glória, apresentando percentuais superiores a 15% do território municipal nessa categoria, influenciadas pelas baixas taxas de cobertura vegetal, intensa exploração dos solos e avanço sobre as áreas destinadas a proteção ambiental, tornando-as bastante suscetíveis a degradação dos solos.

De posse dos dados de fragilidade e vulnerabilidade, foi obtida a mapa de riscos ambientais, sendo observado que grande parte do território, foi caracterizado como ambientes de risco ambiental moderado (22,5%) à considerável (22,96%), representando, respectivamente a 1.224,86 e 1.250,2 km<sup>2</sup> da área total do território analisado. As áreas de Risco presente, correspondem a uma parcela de 16,3% (ou cerca de 887,19 km<sup>2</sup>), correspondendo à terceira maior categoria na área de pesquisa. Por fim, as áreas de risco nulo (15,31%), baixo risco (11,16%), estado de atenção (7,85%) e estado crítico (2,67%).

Por fim, a elaboração do mapa do zoneamento geoambiental, tomou como base os graus de risco ambiental a qual estão submetidas as paisagens, combinadas com os valores de fragilidades e vulnerabilidades do território, que serviram como elemento para individualização

das zonas ecodinâmicas de planejamento territorial, descrevendo os processos dinâmicos que atuam na evolução do recorte espacial e sua sensibilidade à alteração natural, bem como os graus de pressão exercidos sobre a paisagem.

A combinação das condições de risco, fragilidade e vulnerabilidade a qual estão submetidas as paisagens da área analisada, evidenciam o alto grau de suscetibilidade à degradação ambiental ao qual presentes na Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco, a qual apresenta 33,46% do território, cerca de 1.821,45 km<sup>2</sup>, classificados como áreas que apresentam tendência à instabilidade ou são instáveis, apresentando maior suscetibilidade à degradação e, conseqüentemente, à desertificação, necessitando maior atenção e adoção de estratégias de conservação e recuperação da cobertura vegetal, para garantir a funcionalidade e a estabilidade dos sistemas e reduzir as conseqüências dos processos de degradação em curso.

Destacamos que, a metodologia desenvolvida, se demonstrou um ótimo instrumento para a análise da degradação ambiental, apresentando resultados mais detalhados, acerca da intensidade, localização e distribuição espacial dos valores de fragilidade, possibilitando compreender a influência dos fatores ambientais na dinâmica da paisagem, apresentando-se menos homogêneo, em termos da distribuição e localização das categorias, se comparado às demais metodologias comparadas.

Por último, destaca-se que a utilização de métodos de modelagem em ambiente SIG, possibilitam uma análise mais rápida, com maior nível de detalhamento e a possibilidade de uma análise temporal de forma menos custosa, sendo um importante instrumento a ser utilizado no processo de planejamento e ordenamento territorial.

## REFERÊNCIAS

- ACSELRAD, Henry. Vulnerabilidade ambiental, processos e relações. Comunicação ao **II Encontro Nacional de Produtores e Usuários de Informações Sociais, Econômicas e Territoriais**, FIBGE, Rio de Janeiro, 24/8/2006. 5p.
- AGUIAR, Ponciana Freire de; FREIRE, George Satander Sá; GOMES, Diolande Ferreira; SILVA, Edson Vicente; CARVALHO, Rodrigo Guimarães. Proposta de Zoneamento Geoambiental na análise da paisagem em torno das lagoas costeiras de Dentro, do Sal e de Paripueira, Beberibe, Ceará. **Revista de Geologia**, v. 26, n. 1, p. 73-88, 2013. Disponível em: <http://www.periodicos.ufc.br/geologia/article/view/1333>. Acesso em: 17 dez. 2021.
- ALVES, Jose Jakson Amancio; ARAÚJO, Maria Aparecida de; NASCIMENTO, Sebastiana Santos do. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.
- AMARAL, Ana Maria Carrascosa do. **Zoneamento geoambiental do município de Casa Branca (SP)**. 2014. 140 f. Dissertação - (mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/110568>.
- ANA – Agência Nacional das Águas. **Bacias hidrográficas ottocodificadas**. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/search?keyword=Ottobacia>. Acesso em: 27 nov. 2021.
- ANJOS, Daniela Souza dos; MENEGUETTE JÚNIOR, Manoel; NUNES, João Osvaldo Rodrigues. Classificação da curvatura de vertentes em perfil via Modelo Numérico de Terreno. *In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR*, 2011, Curitiba – PR. **Anais [...]**. INPE, 2011. p. 2286-2293.
- ANTUNES, Paulo de Bessa. Código Florestal e Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação: normatividades autônomas. **RDA – Revista de Direito Administrativo**, Rio de Janeiro, v. 265, p. 87-109, 2014. DOI: <https://doi.org/10.12660/rda.v265.2014.18913>.
- AMORIM, Raul Reis. Um novo olhar na geografia para os conceitos e aplicações de geossistemas, sistemas antrópicos e sistemas ambientais. **Caminhos de Geografia**, v. 13, n. 41, p. 80 – 101, 2012. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG134116613>.
- AMORIM, Laerte Bezerra de; SALCEDO, Ignacio Hernán; ANTONINO, Antonio Celso Dantas; MARTINS, Emanuel Lima; MELO, Stefeson Bezerra de. Interceptação pluvial em áreas de pasto com *Cenchrus ciliaries L.* e de floresta caatinga. *In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO – O Solo e suas múltiplas escolhas*, 2015, Natal-RN. **Anais [...]**. Natal-RN, 2015.
- AQUINO, Afonso Rodrigues de; PALETTA, Carlos Paletta; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de. **Vulnerabilidade ambiental**. São Paulo: Blucher, 2017.



ARANHA, Luciana Serelli Macedo; SOUZA, Carla Juscélia de Oliveira. A Água nos processos modeladores do relevo no domínio tropical. **Terra Didática**, v. 9, n. 2, p. 94-104, 2013. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v9i2.8637397>.

ARAÚJO; Andréa Cristina Marques de; GOUVEIA, Luís Borges. Uma revisão sobre os princípios da Teoria Geral dos Sistemas. **Estação Científica**, nº 16, jul/dez. 2016. Disponível em: <https://estacio.periodicoscientificos.com.br/index.php/estacaocientifica/article/view/2273>. Acesso em: 14 out. 2022.

ARAÚJO, Y. R.; SOUZA, C. A.; ARAÚJO NETO, J. R.; RIBEIRO FILHO, J. C.; LIMA, J. W. C. Perda de nutriente e custo da erosão em microbacias no semiárido brasileiro. **Revista Geonorte**, v. 7, p. 206-219, 2016.

ÁVILA, Léo Fernandes; MELLO, C. R. de; PINTO, L. C.; SILVA, A. M. da. Partição da precipitação pluvial em uma microbacia hidrográfica ocupada por mata atlântica na Serra da Mantiqueira – MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 583-595, 2014.

BALBINOT, R.; OLIVEIRA, N. K. de; VANZETTO, S. C.; PEDROSO, K.; VALÉRIO, Á. F. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 4. n. 1, p.131-149, Jan./Abr. 2008.

BATISTA, D. F.; ALBUQUERQUE, T. M. A. Impacto da Seca na Agricultura dos Territórios Agreste Central, Alto Sertão e Centro-Sul de Sergipe. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, n. 1, 81 88, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863710001>.

BARTO, G. **A obrigatoriedade e responsabilidade do Estudo do Impacto Ambiental – EIA**. Disponível em: <https://gabrielbarto.jusbrasil.com.br/artigos/551472154/a-obrigatoriedade-e-responsabilidade-do-estudo-do-impacto-ambiental-eia>. Acesso em: 18 dez. 2020.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Editora: Ícone Editora. 2017.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. Esboço Metodológico. R. **RA'E GA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.

BEZERRA, U. A.; OLIVEIRA, L. M. M. de; CANDEIAS, B. B. Da S.; LEITE, A. C. De S.; SILVA, L. T. M. de S. Comparativo do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) entre os Sensores OLI – Satélite Landsat-8 e MSI – Satélite Sentinel-2 em Região Semiárida. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 41, n. 3, p. 167-177, 2018.

BITENCURTI, D. P.; MELO, F. P. de; GÓIS, D. V.; RUIZ-ESPARZA, J.; RIBEIRO, A. de S.; FERRARI, S. F.; MELO E SOUZA; R. Análise multitemporal do desmatamento nos municípios de Canindé de São Francisco e Poço Redondo, SE. **Geosul**, v. 32, n. 63, p. 117-137, jan./abr. 2017.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.

BRASIL. **Lei nº 4.132, de 10 de setembro de 1962.** Define os casos de desapropriação por interesse social e dispõe sobre sua aplicação. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l4132.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4132.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.

BRASIL. **Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964.** Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l4504.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4504.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.

BRASIL. **Lei nº 6.001, de 19 de dezembro de 1973.** Dispõe sobre o Estatuto do Índio. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6001.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6001.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.

BRASIL. **Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985.** Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l7347orig.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7347orig.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.

BRASIL. **Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991.** Dispõe sobre a Política Agrícola. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8171.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8171.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.

BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002.** Institui o Código Civil. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/L10406compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406compilada.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.

BRASIL. **Lei Complementar 140, de 8 de dezembro de 2011.** Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios [...]. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp140.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Institui o novo código florestal brasileiro. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.

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. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4297.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4297.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 5.975, de 30 de novembro de 2006.** Regulamenta os arts. 12, parte final, 15, 16, 19, 20 e 21 da Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965, o art. 4º, inciso III, da

Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981 [...]. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/decreto/d5975.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5975.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008**. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Brasília, DF. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm). Acesso em: 09 dez. 2020.

BRASIL, J. B.; PALÁCIO, H. A. de Q.; ARAÚJO NETO, J. R. de; RIBEIRO FILHO, J. C.; ANDRADE, E. M. de. Características das chuvas e interceptação vegetal no bioma caatinga. **Irriga**, Botucatu, v. 22, n. 3, p. 560-574, 2017.

CARDOSO, E. H. G.; GOUVEIA, I. C. M. Fragilidade ambiental aos processos erosivos em bacias hidrográficas: o caso do Ribeirão Negrinha – Osvaldo Cruz/SP. **Formação (Online)**, v. 26, n. 49, p. 163-193, 2019.

CARMO, M. do C.; SOUTO, V. S. S.; DUARTE, R. D.; MESQUITA, F. M.. Análise de Risco Ambiental à Erosão Gerada a partir de produtos de sensores remotos: MDE Topodata e Landsat 8. *In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR. Anais [...]*. João Pessoa – PB, Brasil, 2015. p. 5927-5934.

CARMO, A. M. do; SOUTO, M. V. S.; DUARTE, C. R.; LOPES, P. S.; SABADIA, J. A. B. Avaliação de susceptibilidade de risco à erosão, utilizando as variáveis morfométricas, para as serras da porção sul do maciço central do Ceará. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 9, p. 1787-1804, 2016.

CARVALHO, L. M. de; MARTINS, V. de S (Orgs). **Geodiversidade do estado de Sergipe**. Salvador: CPRM, 2017. 153 p.

CASTELHANO, F. J.; SIQUEIRA PINTO, J. E. S. de. Tendências e alterações climáticas no Estado de Sergipe, nordeste do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 42, p. 1-15, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2022.185565>.

CASTELLETTI, C. H. M.; SANTOS, A. M. M.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. *In: SILVA, J. M. C. da; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T. da; LINS, L. V. (Org.). Biodiversidade da Caatinga: Áreas e ações prioritárias para a conservação*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2004. pp. 91– 100.

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. 2016. Disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/11009696/DesertificacaoWeb.pdf/7dadb223-9c25-4ccf-b788-d5c720c33630?version=1.9>. Acesso em: mar. 2022.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Blucher, 1999.

CICCO, V. de; GALVANI, E.; FORTI, M. C.; ARCOVA, F. C. S.; RANZINI, M.; CIELO FILHO, R.; MARUYAMA, L. S. de C. Interceptação da chuva em ambiente de mata atlântica

em clima tropical de altitude. **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 15, v. 24, p. 89-107, 2019.

COLOSSI, N.; BAADE, J. H.. Interdisciplinaridade e a Teoria Geral dos Sistemas. **Visão**, v. 4, n. 1, p. 07-21. jan./jun. 2015.

COSTA, F. H. dos S.; PETTA, R. A.; LIMA, R. F. de S.; MEDEIROS, C. N. de. Determinação da vulnerabilidade ambiental na bacia potiguar, região de Macau (RN), utilizando sistemas de informações geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 58, n. 2, 2006.

COSTA, S. S. de L; MORAES, M. V. A. R.; PORTELA, J. P. Compartimentação geoambiental do município de Demerval Lobão, Piauí. **REGNE**, v. 1, n. 2, p. 21-37, 2015.

COSTA, L. R. F. da; SANTOS, J. de O.; OLIVEIRA, V. P. V. de. Abordagem geoambiental na análise da degradação ambiental na bacia hidrográfica do Rio Banabuiú-CE. **Revista GeoAmazônia**, v. 04, n. 08, p. 27 – 45, jul./dez. 2016.

COSTA, L. R. F.; OLIVEIRA, V. P. V. de. Sistemas ambientais, vulnerabilidade ambiental e uso e ocupação na sub-bacia hidrográfica do riacho Santa Rosa – Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n.04, 2019, p. 1525-1537.

COSTA, A. G.; SOUSA, I. F. De; SANTOS, L. M. V.; COSTA, O. A. Sistemas Atmosféricos atuantes no Nordeste do Brasil durante a estação de Verão. *In*: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 13, 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: 2004. 1 CD-ROM.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Mapa geológico do Brasil ao milionésimo, folha SC.24 – Aracaju**. Disponível em: <https://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html>. Acesso em: 27 nov. 2021.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CUNHA, T. J. F.; PETRERE, V. G.; SILVA, D. J.; MENDES, A. M. S.; MELO, R. F. de; OLIVEIRA NETO, M. B. de; SILVA, M. S. L. da; ALVAREZ, I. A. Principais solos do semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. *In*: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. cap. 2, p. 50-87.

DICIO – Dicionário online de Português. Disponível em:<https://www.dicio.com.br/>. Acesso em: 20 jun. 2021.

ESTEVEES, C. J. de O. Risco e Vulnerabilidade Socioambiental: aspectos conceituais. **Caderno IPARDES – Estudos e Pesquisas**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 62–79, 2011. Disponível em: <https://ipardes.emnuvens.com.br/cadernoipardes/article/view/421> . Acesso em: 13 maio. 2024.

ESTEVEES, P. M. da S. V.; CRUZ, F. S. Avaliação dos impactos do processo de desertificação no Seridó Ocidental a partir de indicadores biofísicos e sociais. **Research, Society and**

*Development*, v. 11, n. 3, 2022. ISSN 2525-3409. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26082>.

FALCÃO, C. L. C.; SOBRINHO, J. F. Precipitação e carreamento do solo em microbacias do valo do Acaraú no Estado do Ceará. *Acta Geográfica*, v. 13, n. 32, 2019. p. 1-27.

FERRAZ, F. B.; FELIPE, T. J. S. Análise comparativa entre avaliação e estudo de impacto ambiental. *Nomos: Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito da UFC*, v. 32.2, p. 139-156, 2012.

FERNANDES, M. R. de M. **Dinâmica do uso e cobertura da terra e aptidão para o manejo florestal na região semiárida do estado de Sergipe – SE**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília – UnB, Brasília/DF. 2015. 113p.

FERNANDES, M. R. de M.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q. de; FERNANDES, M. M. Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe. *Floresta e Ambiente*, V. 22, n. 4, p. 472-482, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/loram/a/cHP7srFFcKSbVSVCwRwqV8c/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 17 set 2023.

FERNANDES, M. R. de M.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q. de; FERNANDES, M. M. Análise temporal da fragmentação florestal na região semiárida de Sergipe. *Nativa*, v. 5, n. 6, p. 421-427, 2017. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/4665/pdf>. Acesso em: 17 set 2023.

FERNANDES, V.; SAMPAIO, C. A. C. Problemática ambiental ou problemática socioambiental? A natureza da relação sociedade/meio ambiente. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 18, p. 87-94, jul./dez. 2008.

FRANCA-ROCHA, W. J. S.; SILVA, A. B.; NOLASCO, M. C.; LOBÃO, J. S. B.; CERQUEIRA, D. B.; CHAVES, J. M.; ROCHA, C. C. Levantamento da cobertura vegetal e do uso do solo do Bioma Caatinga. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. *Anais [...]*. São José dos Campos: INPE, 2007. v. 1. p. 2629-2636.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B.; MORAES NETO, J. M. de; BARRETO, H. T. S. Erodibilidade dos solos da bacia hidrográfica do Alto Rio Paraíba. *Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação*, São Luís, v. 2, n. 1, p. 153-159, 2019.

FRANCISCO, P. R. M.; PEREIRA, F. C.; SILVEIRA, T. de A.; SILVA, A. L. da; AZEVEDO, E. T. de. Estimativa da degradação do município de Picuí utilizando índice de deterioração das terras semiáridas. In: II Workshop Internacional sobre Mudanças Climáticas e Biodiversidade, 2013, Recife. *Anais [...]*; Recife, 2013. p. 434-451. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/arquivos\\_publicacoes/ESTIMATIVA%20DA%20DEGRADACAO%20DO%20MUNICIPIO%20DE%20PICUI%20UTILIZANDO%20INDICE%20DE%20DETERIORACAO%20DAS%20TERRAS%20SEMIARIDAS%20anais.pdf](http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/arquivos_publicacoes/ESTIMATIVA%20DA%20DEGRADACAO%20DO%20MUNICIPIO%20DE%20PICUI%20UTILIZANDO%20INDICE%20DE%20DETERIORACAO%20DAS%20TERRAS%20SEMIARIDAS%20anais.pdf). Acesso em: 07 nov. 2021.

FREITAS, Éder Guedes. **Zoneamento geoambiental aplicado ao ordenamento territorial do município de Maranguape – CE**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA-UFC). Fortaleza, 2016. 127f.

FREITAS, Éder Guedes; OLIVEIRA, V. P. V. de. Contribuição do planejamento ambiental para a conservação dos ambientes semiáridos. **Anais [...]**. II Workshop Internacional sobre Água no Semiárido: Águas das chuvas: captação, armazenamento e distribuição, 2016, Campina Grande – PB. Águas das chuvas: captação, armazenamento e distribuição. Campina Grande – PB: Editora Realize, 2016. v. 1.

FREITAS, Éder Guedes. Para além do Código Florestal e das Unidades de Conservação: Mecanismos de proteção ambiental aplicáveis na caatinga. *In*: BRITO, Y. M. A. de; BRITO, H. C. de; FONTGALLAND, I. L. (Orgs). **Meio ambiente e sustentabilidade: pesquisas, reflexões e diálogos emergentes**. V. III, p. 10-30, 2022.

GALINA, A. B.; ILHA, D. B.; PAGOTTO, M. A. Dinâmica multitemporal da cobertura e uso do solo do estado de Sergipe. **Scientia Plena**, v. 18, n. 6, 2022.  
<http://dx.doi.org/10.14808/sci.plena.2022.065301>.

GÓIS, D. V. **Cenários de risco à desertificação no semiárido sergipano**. 2020. 183 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2020.

GOMES, R. D.; VITTE, A. C. Geossistema e complexidade: sobre hierarquias e diálogo entre os conhecimentos. **Revista Ra'e Ga**, v.42, p. 149-164, Dez./2017.

GUEDES, J. C. F.; SILVA, S. C. da. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: princípios físicos, sensores e métodos. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.12, n.29, p. 127- 144, mai./ago. 2018.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. *In*: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos**. 10 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. p. 17-55.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.

HAUFF, S. F. **Representatividade dos ecossistemas da Caatinga nas Áreas Prioritárias e Unidades de Conservação**. Brasília: MMA, 2010.

HUGGETT, R. J. **Physical geography: the key concepts**. 1 ed. London and New York: Routledge, 2010.

IBAMA. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite: Monitoramento do bioma Caatinga – 2002 a 2008**. Brasília: MMA. 2010, 58f.

IBAMA. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite: Monitoramento do bioma Caatinga – 2008 a 2009**. Brasília: MMA. 2010b, 46f.

IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.

IBGE. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE. **Censo Agropecuário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IBGE. **Mapeamento de recursos naturais do Brasil, escala 1:250.000**: Geomorfologia, folha SC-24. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geomorfologia/10870-geomorfologia.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 27 nov. 2021.

IBGE. **Mapeamento de recursos naturais do Brasil, escala 1:250.000**: Pedologia, folha SC-24. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/pedologia/10871-pedologia.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 27 nov. 2021.

IBGE. **Mapeamento de recursos naturais do Brasil, escala 1:5.000.000**: Vegetação, folha SC-24. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/22453-mapas-1-250-000.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 27 nov. 2021.

IBGE. **Províncias estruturais, compartimentos de relevo, tipos de solos e regiões fitoecológicas**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 179p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101648.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2022.

IZIDIO, N. S. de C.; PALÁCIO, H. A. de Q.; ANDRADE, E. M. de; ARAÚJO NETO, J. R. de; BATISTA, A. A. Interceptação da chuva pela vegetação da caatinga em microbacia no semiárido cearense. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 1, p.44-52, janeiro-abril, 2013.

JORDÃO, C. de O.; MORETTO, E. M. A vulnerabilidade ambiental e o planejamento territorial do cultivo de cana-de-açúcar. **Ambiente & Sociedade**, V. XVIII, n. 1, p. 81-98, 2015.

KNIERIN, I. da S.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. de S. Relação dos processos erosivos lineares com os atributos do relevo no município de Unistalda – RS. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 32, 2018.

LACERDA., H., C., FARIA., A., L., L., FONSECA., H., P., MARCO SILVA., M., A., S., SOARES., W., O., TORRES., F., T., P; COSTA., L., M. Estudo da Susceptibilidade à Erosão Laminar em Bacia Hidrográfica da Zona da Mata, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.03, p. 1707-1723, 2021.

LIMA, D. R. M. de. **Análise dos sistemas geoambientais do Município de Icapuí – Ce com o auxílio de geotecnologias**. 2017. 78 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2017.

LIMA, E. R. V. de. Erosão do solo: fatores condicionantes e modelagem matemática. **Revista Cadernos do Logepa – Série Pesquisa**, ano 1, n. 1. Jan/Jun de 2003.

LIMA, E. dos S. PINTO, J. E. S. de S. Contribuições teóricas sobre os principais sistemas meteorológicos em Sergipe. **Revista GEONORTE**, Edição Especial 2, v. 1, n. 5, p. 502 – 514, 2012.

LIMA, G. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. C.; UMMUS, M. E. Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN). **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 204-214, 2013.

LIMBERGER, L. Abordagem sistêmica e complexidade na geografia. **Geografia**. v. 15, n. 2, p. 95-109. jul./dez. 2006. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/6590/5978>. Acesso em: 28 mar. 2021.

LIRA, M. V. **Caracterização da dinâmica ambiental dos municípios de Barroquinha e Chaval, Estado do Ceará, por meio do uso de geotecnologias**. 138 fl. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza/CE, 2016.

LOMBARDI NETO, F. PESTANA, F. I. Relação chuva-perdas por erosão. **Bragantia**: Boletim Científico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, v. 31, n. 19, p. 227-234, 1972.

LOPES, L. G. N.; SILVA, A. G.; GOULART, A. C. O. A Teoria Geral do Sistema e suas aplicações nas ciências naturais. **Natureza on line**, v. 13, n. 1, p. 1-5, 2015. Disponível em: [http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/01\\_LopesLGNetal\\_1-5.pdf](http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/01_LopesLGNetal_1-5.pdf). Acesso em: 11 dez. 2021.

LOSSARDO, L. F. **Proposta de Zoneamento Geoambiental da Bacia hidrográfica do Ribeirão do Ouro no município de Pirassununga (SP)**. 2014. 159 f. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

MACAMBIRA, D. M.; GOMES, J. M. A. Desertificação em Gilbués – Piauí sob a ótica da história ambiental. **História: Questões & Debates**. Curitiba, v. 69, n. 2, p. 155-187, jul./dez. 2021. ISSN: 0100-6932. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/his.v00i0.000000>.

MANOSSO, F. C. Estudo integrado da paisagem nas regiões norte, oeste e centro-sul do estado do Paraná: Relações entre a estrutura geocológica e a organização do espaço. **Boletim de Geografia**, v.26/27, p.81-94, 2009.

MARANDOLA JÚNIOR, E.; HOGAN, D. J. Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**, v. 22, n. 1, p. 29-53, 2005.

MARQUES NETO, R. A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação. **Geografia**, Londrina, PR, v. 17, n. 2, p. 67-87. jul./dez. 2008.

MARTINS, C. R. **Análise e proposta de zoneamento ambiental na sub-bacia hidrográfica do Riacho Contendas Massapê/Meruoca-CE**. 2017. 122 fl. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Vale do Acaraú, 2017.

MARTINS, E. S. P. R.; DE OLIVEIRA, S. B. P.; CARVALHO, M. S. B. D. S.; SIFEDINE, A.; FERRAZ, B. Uso de sensoriamento remoto para mapeamento de áreas susceptíveis à



desertificação na região semiárida do Brasil. **Ciência & Trópico**, v. 41, n. 2, 2017. Disponível em: <https://periodicos.fundaj.gov.br/CIC/article/view/1663>. Acesso em: 8 mar. 2022.

MARQUES NETO, R. A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação. **Geografia**, v. 17, n. 2, jul./dez. 2008. p. 67-87.

MATTOS, S. H. V. L. de; PEREZ FILHO, A. Complexidade e Estabilidade em Sistemas Geomorfológicos: uma introdução ao tema. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 5, Nº 1, 2004, p.11-18.

MAZZUCO, G. G. **Zoneamento geoambiental do município de Santa Bárbara D'oeste – SP em escala 1:50.000. 2019.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019.

MEDEIROS, R. M.; COSTA, O. V. Estimativa da evapotranspiração de referência mensal para o Estado de Sergipe. *In*: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 13, 2004, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: 2004. 1 CD-ROM.

MENEZES, D. J.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. de S.; SCCOTI, A. A. V. Zoneamento geoambiental do município de São Pedro do Sul – RS. **Geografias**, vol. 7, n. 2, p. 66-80, 2011.

MILEN, A. F.; CARACRISTI, I.; MONTELES, W. S. Caracterização geoambiental da Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre Pedra da Andorinha. **REGNE**, v. 2, n. Especial. p. 1190-1200, 2016.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação – PAE-Sergipe.** Aracaju: MMA, 2011.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil.** Brasília: MMA, 2007.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização – Portaria MMA nº 9, de 23 de janeiro de 2007.** Brasília: MMA, 2007.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Subsídios para a Elaboração do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Caatinga.** Brasília: MMA, 2011. 128p.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Subsídios para a Elaboração do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Caatinga.** Brasília: MMA, 2011. 128p.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **MMA apresenta ações contra a desertificação.** Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/15111-mma-apresenta-a%C3%A7%C3%B5es-contra-a-desertifica%C3%A7%C3%A3o.html>. Acesso em: 28 set 2020.

MONTAÑO, M.; OLIVEIRA, I. S. D. de; RANIERI, V. E. D.; FONTES, A. T. O zoneamento ambiental e a sua importância para a localização de atividades. **Revista pesquisa e desenvolvimento Engenharia de Produção**, n. 6, p.49-64, 2007.

MIYAZAKI, L. C. P. **Dinâmicas de apropriação e ocupação em diferentes formas de relevo: impactos e vulnerabilidades em ambientes urbanos.** 2014. 265 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2014.

MONTEIRO, R. M. L. Semiárido, uso e ocupação e degradação ambiental: o caso da Serra do Estévão em Quixadá – CE. 2015. **Revista GeoUECE**, v. 4, n. 7, p. 222–222, 2021. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/article/view/6946>. Acesso em: 19 dez. 2021.

MORAGAS, W. M. **Análise dos sistemas ambientais do Alto Rio Claro – Sudoeste de Goiás: contribuição ao planejamento e gestão.** 2005. 214 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2005.

MORENO, J. C. *Tres teorías que dieron origen al pensamiento complejo: Sistémica, cibernética e información.* In: VELILLA, M. A. **Manual de iniciación pedagógica al pensamiento complejo.** Capítulo II, 2002. p. 25-37.

MORESCO, M. D.; CUNHA, J. E. da. Setorização morfo-pedológica e indicadores de riscos à erosão. **Geografia**, Londrina/PR, V. 12, n. 2, 2003.

MOURA, A. E. S. S. de; CORREA, M. M.; SILVA, E. R. da; FERREIRA, R. L. C.; FIGUEIREDO, A. de C.; POSSAS, J. M. C. Interceptação das chuvas em um fragmento de floresta da Mata Atlântica na Bacia do Prata, Recife, PE. **Revista Árvore**, v.33, n.3, p.461-469, 2009.

OLIVEIRA, A. R. de. **A desertificação do alto sertão de Sergipe no contexto geográfico.** 2017. 232 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2017.

OLIVEIRA, F. F. G. de. **Aplicação das técnicas de geoprocessamento na análise dos impactos ambientais e na determinação da vulnerabilidade ambiental no litoral sul do Rio Grande do Norte.** 2011. 250 f. Tese (doutorado). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/102932>.

OLIVEIRA, J. L. S.; ZANELLA, M. E. Riscos naturais: conceitos, componentes e relações entre natureza e sociedade. **Raega: O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 40, p. 94-109, 2017. DOI: <https://10.5380/raega.v40i0.45870>.

OLIVEIRA, L. L. de; CUNHA, A. C. da; COSTA, A. C. L. da; COSTA, R. F. da; Sazonalidade e interceptação da chuva na Floresta Nacional em Caxiuanã – Amazônia Oriental. **Scientia Plena**, v.7, n.10, p.1-14, 2011.

OLIVEIRA, M. X. de. **Análise geoambiental: discussão sobre o conceito e metodologias aplicadas.** 2018. 208fl. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2018.

OLIVEIRA, V. P. V. A Problemática da Degradação dos Recursos Naturais no Domínio dos Sertões Secos do Estado do Ceará – Brasil. In: SILVA, J. B; DANTAS, E. W. C.; MEIRELES, A. J. A. (Org.). **Litoral e Sertão: Natureza e Sociedade no Nordeste Brasileiro.** Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

OLIVEIRA, V. P. V. de; SOUZA, M. J. N. de. Estudos Integrados na Estruturação de Sistemas Ambientais e no Ordenamento Territorial. *In*: DENARDIN, V. F.; ALVES, A. R. (Editores). **Desenvolvimento Territorial: Olhar Contemporâneo**. Londrina: Editora Mecnas, 2019.

PEREIRA, E. R. R.; FREITAS, J. C. De; ANDRADE, A. R. S. de; SOUSA, V. G. de. Variabilidade do número de dias chuvosos no estado de Sergipe – SE. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v. 4, n. 1, p. 45–65, 2011.

PEREIRA, J. A. dos S.; DIAS, C. C. F.; FRANÇA, L. M. de A.; LINS, T. M. P.; SANTOS, M. S. dos; GALVÍNCIO, J. D. Estudo da alteração da vegetação a partir do NDVI e do Albedo de Superfície na Bacia do Rio Garça-PE. *In*: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, João Pessoa-PB, 2015. **Anais...** INPE, 2015.

PINTON, L. de G.; CUNHA, C. M. L. da. Diagnóstico do estado geoambiental da área urbana do município de Cubatão (SP). **Sociedade & Natureza**, vol. 26, n. 2, p. 353-367. 2014.

PIRES, C. A. da F.; DAL’ASTA, A. P. Zoneamento geoambiental do perímetro urbano de Santa Maria – RS, Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 12, n. 40, p. 278 – 290, dez/2011.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **O desafio ambiental**. 6 ed. Rio de Janeiro: Record, 2016. 179p.

QUARESMA, C. C.; PEREZ FILHO, A. Erosões lineares e declividade: contribuições ao entendimento da degradação dos solos no baixo curso do Rio Santo Anastácio – SP/BRASIL. *In*: IV Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade, 2015, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo, 2015.

RADEMANN, L. K.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Zoneamento geoambiental do município de Cacequi, Rio Grande do Sul. **Geosul**, v. 33, n. 66, p. 85-104, jan./abr. 2018.

RIBEIRO FILHO, J. C.; LEMOS FILHO, L. C. de A.; SANTOS, J. C. N. dos; BRASIL, J. B.; PALÁCIO, H. A. de. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow, and interception loss in the Brazilian Northeastern Atlantic Forest. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 21-26, 2019.

ROCHA, H. S.; FREITAS, É. G.; OLIVEIRA, V. P. V. de. Geomorfologia e planejamento ambiental de áreas urbanas. **Revista Geonorte**, v. 10, p. 433-437, 2014.

RODRIGUES, F. H. **Estudo da geodiversidade da região norte da Ilha de São Sebastião (SP): uma proposta de mapeamento geoambiental aplicado à estratégia de geoconservação**. 2018. 273 fl. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro, Rio Claro, 2018.

RODRIGUES, J. M. D.; LIMA, E. C. Análise dos sistemas ambientais da sub-bacia hidrográfica do Rio Bom Jesus – Taperauba – CE. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral/CE, v. 17, n. 1, p. 60-79, Mar. 2015, Edição Especial.

RODRIGUES, J. O.; ANDRADE, E. M. de; MENDONÇA, L. A. R.; ARAÚJO, J. C. de; PALÁCIO, H. A. de Q.; ARAÚJO, E. M. Respostas hidrológicas em pequenas bacias na

região semiárida em função do uso do solo. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.17, n.3, p.312–318, 2013.

RODRIGUEZ, J. M. M. La cuestión ambiental desde una visión sistémica. 2004. Disponível em:  
[https://www.academia.edu/15784581/LA\\_CUESTI%C3%93N\\_AMBIENTAL\\_DESDE\\_UNA\\_VISI%C3%93N\\_SIST%C3%89MICA](https://www.academia.edu/15784581/LA_CUESTI%C3%93N_AMBIENTAL_DESDE_UNA_VISI%C3%93N_SIST%C3%89MICA). Acesso em: 17 dez. 2021.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. **Planejamento e Gestão ambiental**: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria sistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2013, 370p.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do departamento de Geografia**, v. 8, p. 63-74, 1994.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 208 p.

SÁ, I. B.; CUNHA, T. J. F.; TEIXEIRA, A. H. de C.; ANGELOTTI, F.; DRUMOND, M. A. Processos de desertificação no Semiárido brasileiro. *In*: SA, Iêdo Bezerra; SILVA, Pedro Carlos Gama da. (Ed.). **Semiárido brasileiro**: pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. pp. 127-158.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. do S. B.; SAMPAIO, Y. S. B. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista Geografia**, V. 22. p.90-112. Disponível em:  
<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228637/23060>. Acesso em: 11, set 2020.

SANTORO, J. Erosão Continental. *In*: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do. (Org.). **Desastres Naturais**: Conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p. 53-70.

SANTOS, F. de A.; AQUINO, C. M. S. de. Estimativa da erodibilidade dos solos em área suscetível à desertificação, no Estado do Piauí: O caso dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí. **Revista GeoPantanal**, Corumbá/MS, N. 19, p. 101-111. jul./dez. 2015.

SANTOS, F. de A. dos; AQUINO, C. M. S. de. Diagnóstico físico conservacionista aplicado ao estudo da desertificação nos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí, nordeste, Brasil. **Revista de Geografia**, Recife, v. 34, no. 2, 2017.

SANTOS, J. C. N. dos; PALÁCIO, H. A. de Q.; ANDRADE, E. M. de; MEIRELES, A. C. M.; ARAÚJO NETO, J. R. Runoff and soil and nutrient losses in semiarid uncultivated fields. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 813-820, 2011.

SANTOS, J. C. N. dos; ANDRADE, E. M. de; ARAÚJO NETO, J. R. de; RIBEIRO FILHO, J. C.; BRASIL, J. B. Comportamento hidrológico em microbacias sob diferentes manejos do solo no semiárido brasileiro. *In*: I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro – WISAB, 2013, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande-PB, 2013. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/4989>. Acesso em: 02/11/2021.

SANTOS, J. de O. **Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza – CE**: contribuições ao ordenamento territorial. 2011. 331f. Tese (doutorado) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas (FFLCH), Programa de Pós-Graduação em Geografia Física. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

SANTOS, J. Y. G. dos; SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M. da. Perdas de Água e Solo Utilizando Chuva Simulada em Diferentes Coberturas Superficiais e Condições de Umidade no Semiárido Paraibano. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, volume 17, n.4, Out/Dez 2012, p. 217-228.

SANTOS, M. A. dos. **Análise geoambiental do município costeiro de Estância – Sergipe**. 2011. 145f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2011.

SANTOS, M. R. R. dos; RANIERI, V. E. L. Critérios para a análise do zoneamento ambiental como instrumento de planejamento e ordenamento territorial. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, V. XVI, n. 4, p. 43-62, 2013.

SANTOS, P. H. N.; COSTA J. E. da. Retrato preliminar do território do Alto Sertão Sergipano pelos dados do censo agropecuário 2017. **Geopauta**, ISSN: 2594-5033, V. 4, n. 3, 2020, p. 153-179. DOI: <https://doi.org/10.22481/rg.v4i3.6748>.

SANTOS, R. A. dos; MARTINS, A. A. M.; NEVES, J. P. das; LEAL, R. A. (Orgs). **Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe**. Texto explicativo do mapa geológico do Estado de Sergipe. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT; CODISE, 2001.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SANTOS, R. S. **Análise integrada da paisagem do geocomplexo Alto Sertão Sergipano**. 2018. 127f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Sergipe, 2018.

SANTOS, V. S. dos. **Zoneamento geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Jaguari – oeste do RS**. 2018. 176fl. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, RS, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, 2017.

SANTOS, W. A. **Mapeamento e diagnóstico dos remanescentes florestais de caatinga do estado de Sergipe através de imagens Rapideye**. Monografia – Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Agrícolas Aplicadas, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/9165>. Acesso em: 20 jul. 2021.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Programa de Ação Estadual de Sergipe para o Combate à Desertificação e Mitigação aos Efeitos da Seca – PAE –SE**. SEMARH: Aracaju, 2011.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Inventário florestal nacional**: Sergipe: Principais resultados. Brasília, DF: MMA, 2017.

SEYFFARTH, J. A. S.; RODRIGUES, V. Impactos da seca sobre a biodiversidade da Caatinga. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44, p. 41-62, 2017.

SICAR. Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural. **Imóveis**. Disponível em: <https://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>. Acesso em: 19 dez. 2021.

SILVA, É. G. B. da; OLIVEIRA, V. P. V. de. Identificação das áreas susceptíveis à desertificação no estado do Ceará: antecedentes cartográficos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.04, p. 1269-1280, 2017.

SILVA, J. dos S. V. da; SANTOS, R. F. Dos. Zoneamento para planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 21, n. 2, p.221-263, 2004.

SILVA, J. R. I.; SOUZA, E. S. de; SANTOS, E. S. dos; ANTONINO, A. C. D. Efeito de diferentes usos do solo na erosão hídrica em região semiárida. **Revista Engenharia na Agricultura**, v .27, n.3, p.272-283, 2019.

SILVA, M. C. **Degradação ambiental e áreas suscetíveis à desertificação antrópica no município sergipano de Nossa Senhora da Glória**. 2016. 132 f. Dissertação (Pós-Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2016.

SILVA NETO, J. C. A. da. Avaliação da vulnerabilidade à perda de solos na bacia do rio Salobra, MS, com base nas formas do terreno. **Geografia**, Londrina, v. 22, n. 1, p. 05-25, 2013.

SILVA NETO, J. O.; VIEIRA, L. F.; SIQUEIRA, L. E. L.; OLIVEIRA, V. P. V. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental nos municípios de Fortim, Aracati E Icapuí – Ceará, Brasil. **Revista GeoUECE (Online)**, v. 08, n. 14, p. 273-283, jan./jun. 2019.

SILVEIRA, A.; CUNHA, C. M. L. A mensuração da capacidade de infiltração em sistemas vertentes e sua relação na dinâmica erosiva.. *In*: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia e II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte. Dinâmica e Diversidade de Paisagens. **Anais [...]**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. v. 1. p. 1-11.

SOUSA, M. L. M. de; NASCIMENTO, F. R. do. Estudos geoambientais de bacias hidrográficas em áreas suscetíveis à desertificação no Nordeste do Brasil. **Cuadernos de geografia**, v. 24, n.º 1, p. 13-27, 2015.

SOUSA, M. M. M.; PALÁCIO, H. A. Q.. Influência da umidade antecedente nos valores de volume escoado e perda de solo. *In*: V Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica, 2017. **V Anais [...]**. 2017.

SOUSA, M. M. M. de; PALÁCIO, H. A. de Q.; MOURA, M. M. S.; SANTOS, D. L. dos; COSTA, G. B. R. Processos hidrossedimentológicos em diferentes regimes de precipitação anual em uma microbacia semiárida. *In*: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 2017, João Pessoa – PB. **Anais [...]**. 2017.

SOUSA, R. de C.; RIZZI, N. E.; RANZINI, M.; ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. de; SILVA, L. R. da S. Interceptação pluviométrica pelo dossel de floresta ombrófila mista alto-montana no Parque Estadual de Campos do Jordão, SP, Brasil. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 46, n. 2, p. 243 – 250, abr./jun. 2016.

SOUZA, B. I. de; MARTINS, V. L. Infiltração da água em solos de zona semiárida e sua relação com os processos de desertificação. **Boletim Gaúcho de Geografia**, v. 39. p. 25-40, 2012.

SOUZA, H. T. R. de; GÓIS, D. V.; ARAÚJO, W. S.; MELO E SOUZA, R. Análise Geoambiental do Parque Natural Municipal Lagoa do Frio – Canindé de São Francisco. **Espaço Aberto**, v. 6, n. 2, p. 29-49, 2016.

SOUZA, L. B. ZANELLA, M. E. **Percepção de Riscos Ambientais**. Fortaleza: Edições UFC, 2009. 237 p. ISBN: 978-85-7282-372-2 (Coleção Estudos Geográficos, 6).

SOUZA, M. J. N. de; OLIVEIRA, V. P. V. de. Análise ambiental – uma prática da interdisciplinaridade no ensino e na pesquisa. **REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, CE, v. 7, n.2, p. 42-59, nov. 2011.

SOUZA, M. J. N.; SANTOS, J. O.; OLIVEIRA, V. P. V. de. Sistemas Ambientais e Capacidade de Suporte na Bacia Hidrográfica do Rio Curu-Ceará. **Revista Continentes** (UFRRJ), ano 1, n. 1, p. 119-143, 2012.

SOUZA, V.; GALVANI, E. Determinação do potencial natural à erosão laminar na bacia do rio Jacaré Guaçú (SP). **RAEGA – O Espaço Geográfico em Análise**, v. 39, p. 08 – 23, abr. 2017. ISSN 2177-2738. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/40661>. Acesso em: 25 mar. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v39i0.40661>.

STABILE, R. A.; VIEIRA, B. C. Análise do papel exercido pela topografia na distribuição das feições erosivas da bacia hidrográfica Água da Faca, Piratininga (SP), a partir de um modelo digital de elevação. In: 12º Congresso de Geógrafos da América Latina – EGAL. Montevideo, 2009. **Anais [...]**. Montevideo, 2009.

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Delimitação do Semiárido – Relatório Final**. Recife: SUDENE, 2021.

TAVARES, V. C.; ARRUDA, I. R. P. da; SILVA D. G. da. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, Florianópolis. v. 34, n. 70, p. 385-405, jan./abr. 2019. <http://dx.doi.org/10.5007/2177-5230.2019v34n70p385>.

TEIXEIRA, G. C. **Zoneamento geoambiental da Sub-bacia hidrográfica do Rio Mundu, sul de Minas Gerais**. 2016. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2016.

THOMAZ, E. L.; ANTONELI, V. Rain interception in a secondary fragment of araucaria forest with faxinal, Guarapuava-PR. **CERNE**, v. 21, n. 3, p. 363-369, 2015.

TOGASHI, H. F.; MONTEZUMA, R. de C. M.; LEITE, A. F. Precipitação incidente e fluxo de atravessamento das chuvas em três estágios sucessionais de floresta atlântica no maciço da Pedra Branca, Rio de Janeiro. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.36, n.5, p.907-917, 2012.

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977. 91 p.

TRINDADE, A. L. F.; OLIVEIRA, P. T. S. de; ANACHE, J. A. A.; WENDLAND, E. Variabilidade espacial da erodibilidade das chuvas no Brasil. **Pesq. agropec. bras.**, v.51, n.12, p.1918-1928, dez. 2016.

VALE, C. C. do. Teoria Geral do Sistema: Histórico e correlações com a geografia e com o estudo da paisagem. **Entre-Lugar**, Dourados, MS, ano 3, n.6, p 85-108, 2012.

VÁSQUEZ-MÉNDEZ, R.; VENTURA-RAMOS, E.; OLESCHKO, K.; HERNÁNDEZ-SANDOVAL, L.; PARROT, J.; NEARING, M. A. Soil erosion and runoff in different vegetation patches from semiarid Central Mexico. **CATENA**, v. 80, n. 3, 2010, p. 162-169. ISSN 0341-8162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2009.11.003>.

VELOSO, A. Importância do Estudo das Vertentes. **GEOgraphia**, v. 4, n. 8, p. 79-83, 21 set 2009.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem sistêmica e geografia. **Geografia**, Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 323-344. set/dez. 2003.

WEILL; M. de A. M.; PIRES NETO, A. G. Erosão e Assoreamento. *In*: SANTOS, R. F. Dos. (Org). **Vulnerabilidade ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: MMA, 2007. p. 39-60.

ZANELLA, M. E.; OLÍMPIO, J. L.; COSTA, M. C. L.; DANTAS, E., W. C. Vulnerabilidade Socioambiental do Baixo Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza-CE. **Soc. & Nat., Uberlândia**, V. 25, n. 2. p. 317-332, mai/ago/2013.

ZALOTI, F. A. **Unidades geoambientais e transformações na cobertura e uso da terra – 1976, 1994 e 2016 – no município de Lauro de Freitas, Bahia**. 192 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.



## APÊNDICE A – PUBLICAÇÕES

### ARTIGOS

1. Avaliação da Estimativa de perda de solo no semiárido sergipano ([Link](#));

### CAPÍTULOS DE LIVRO

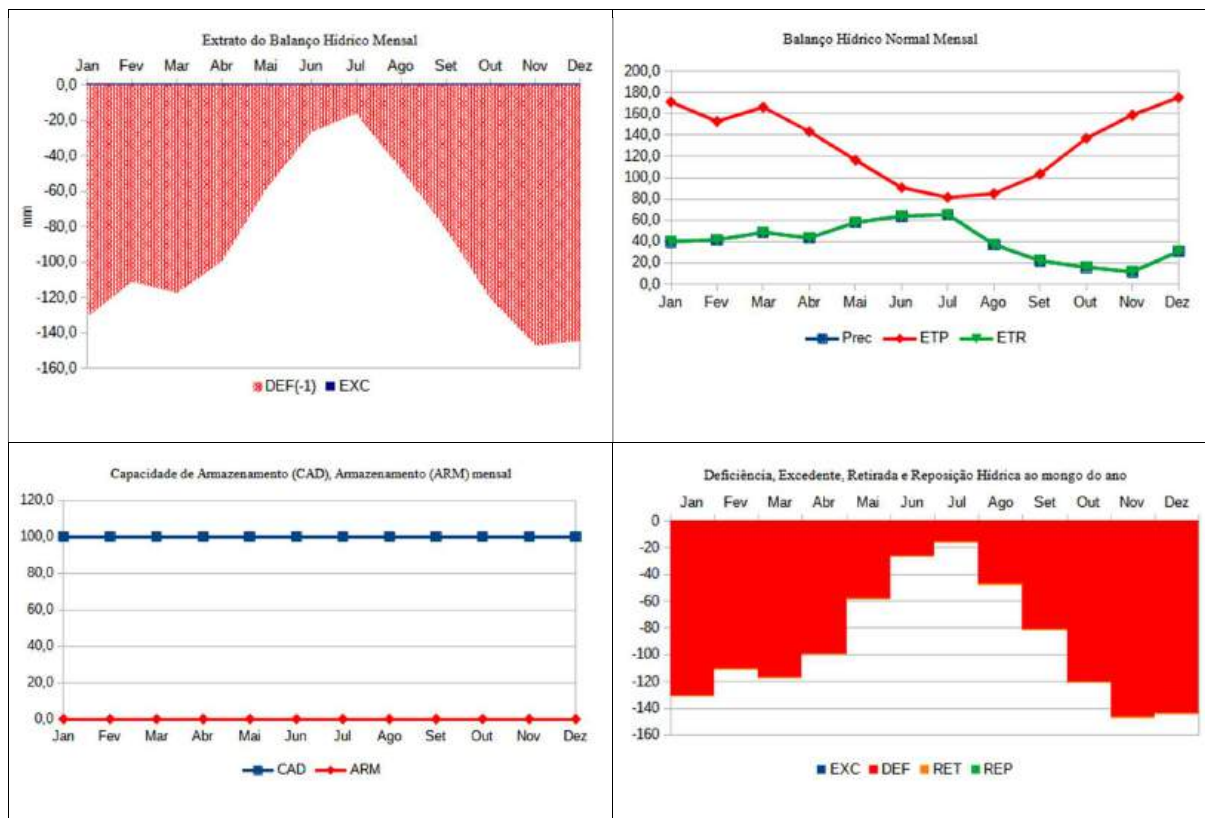
1. Análise da vulnerabilidade ambiental do município de Feira Nova/SE através da utilização de produtos de sensoriamento remoto ([Link](#));
2. Análise da vulnerabilidade aos processos erosivos do semiárido sergipano ([Link](#));
3. Para além do Código Florestal e Unidades de Conservação: mecanismos de proteção aplicáveis na caatinga ([Link](#));
4. Vulnerabilidade ambiental no semiárido: estudo de caso do município de Gracho Cardoso/SE ([Link](#));

### ANAIS DE EVENTOS

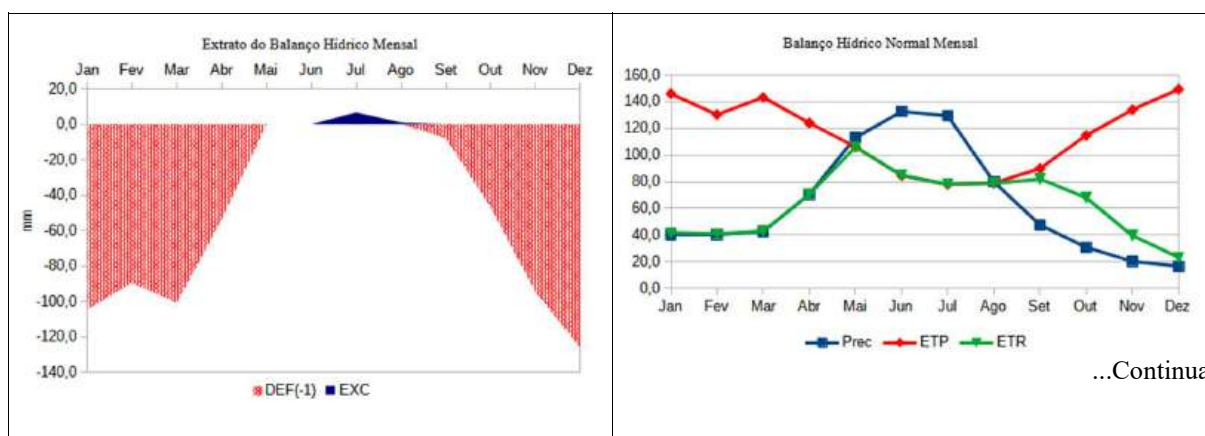
1. Análise da vulnerabilidade ambiental do município de Feira Nova/SE através da utilização de produtos de sensoriamento remoto ([Link](#)).

## APÊNDICE B – BALANÇO HÍDRICO MUNICIPAL

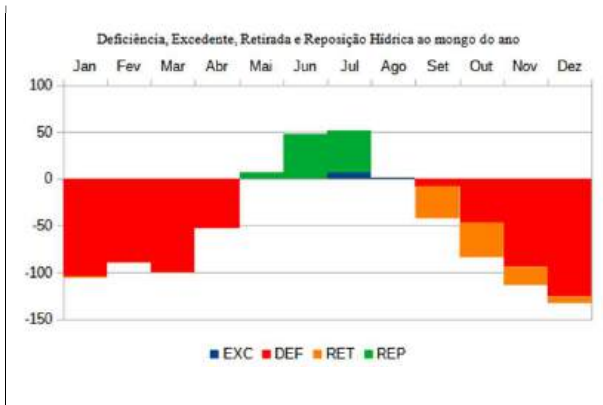
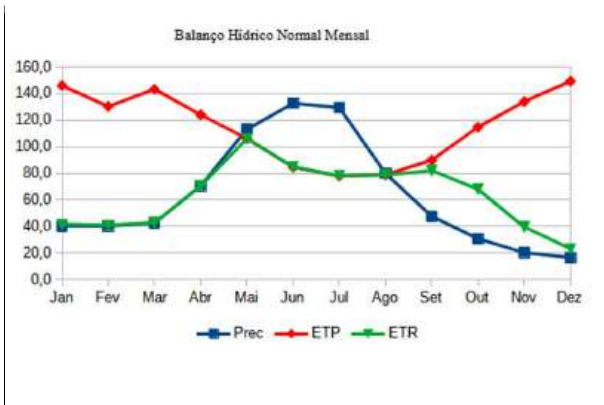
### a) Canindé de São Francisco



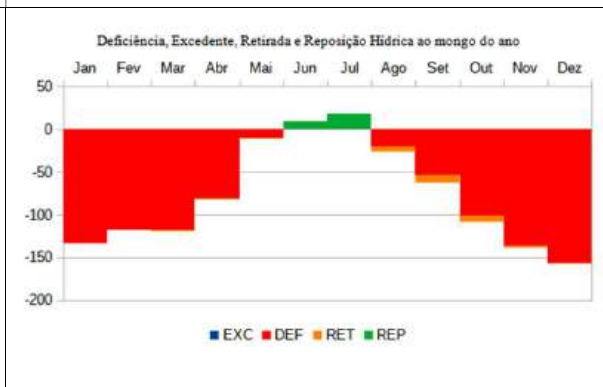
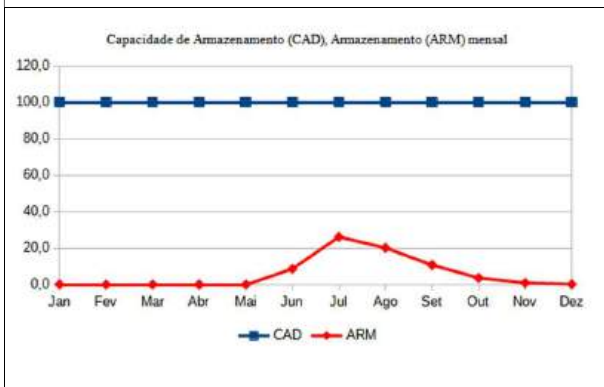
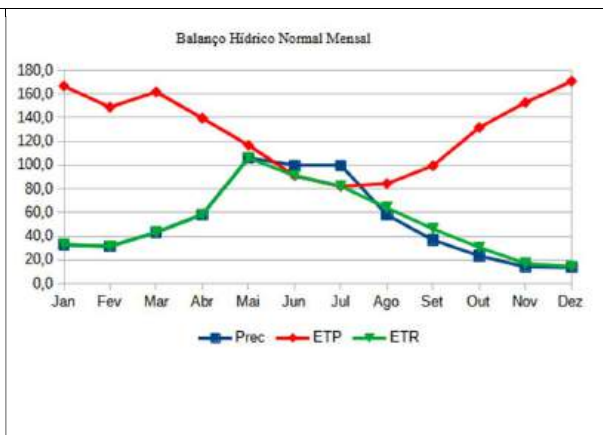
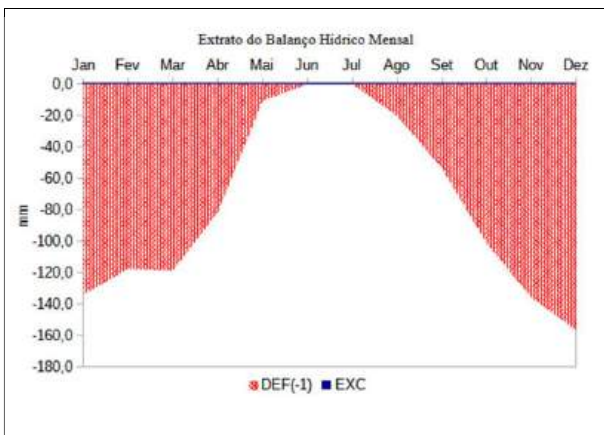
### b) Feira Nova



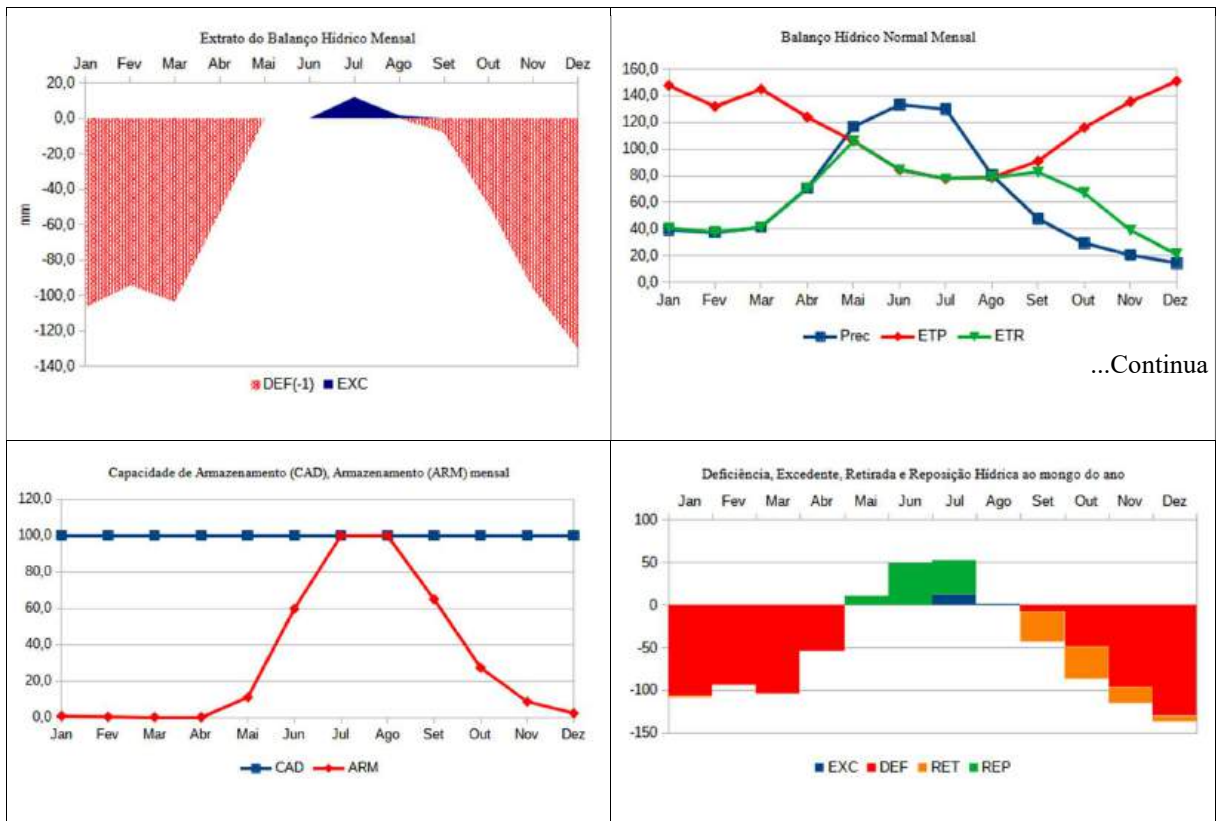
...Continua



c) Gararu

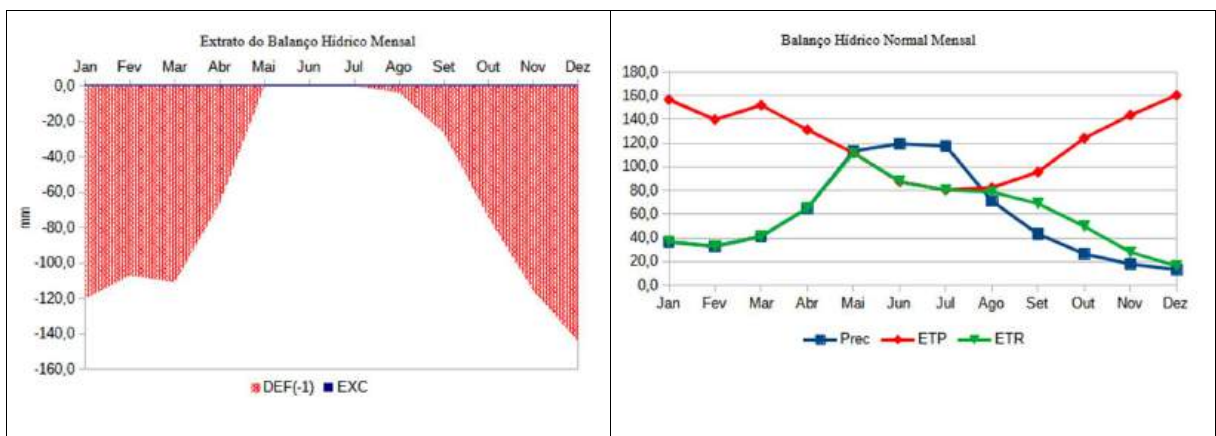


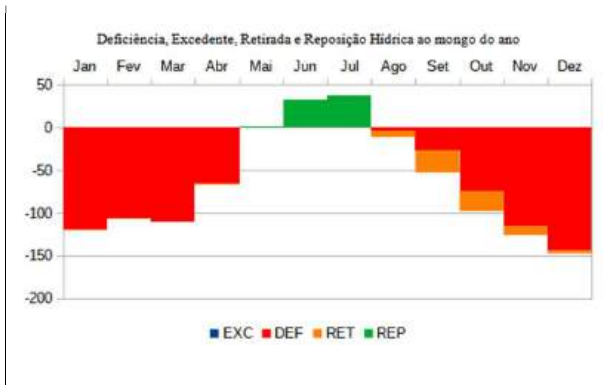
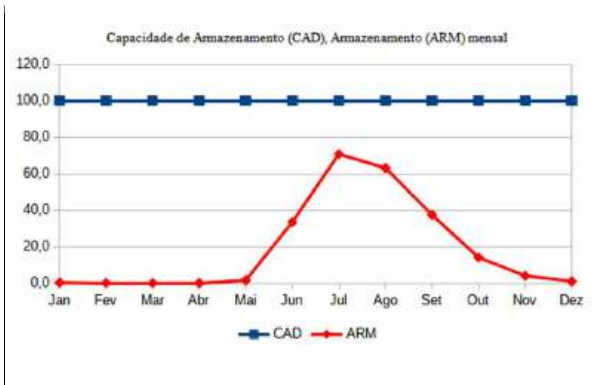
d) Gracho Cardoso



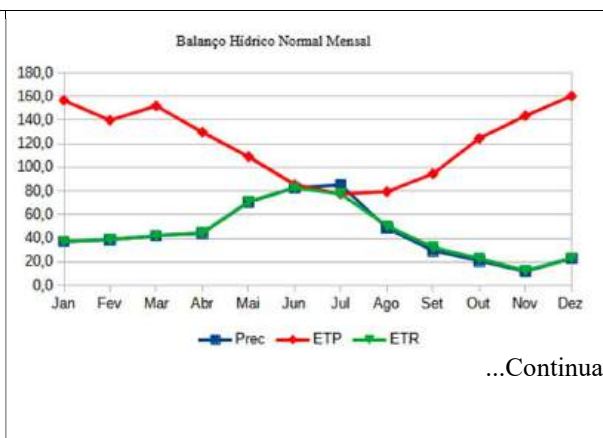
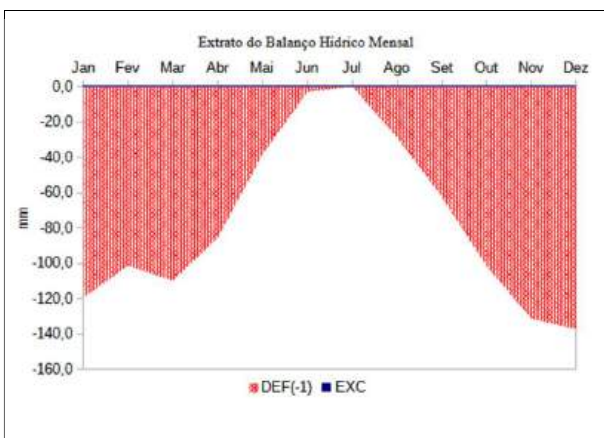
...Continua

e) Itabi

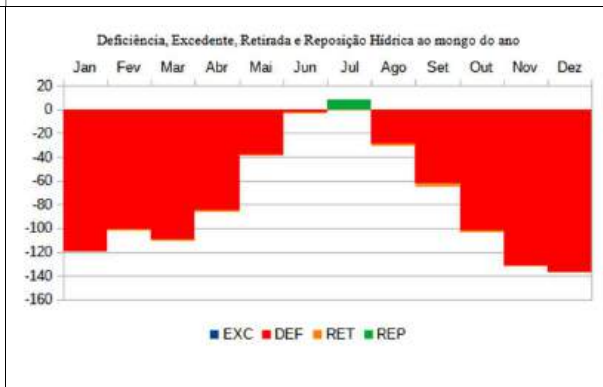
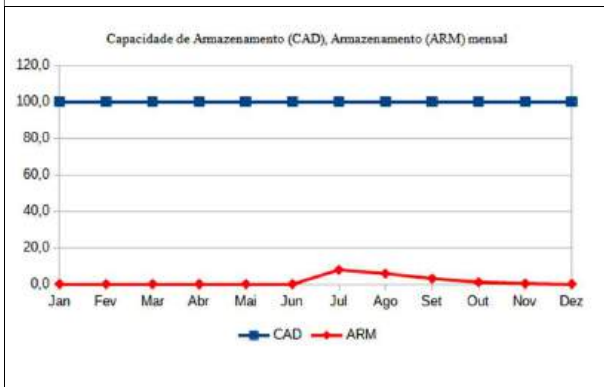




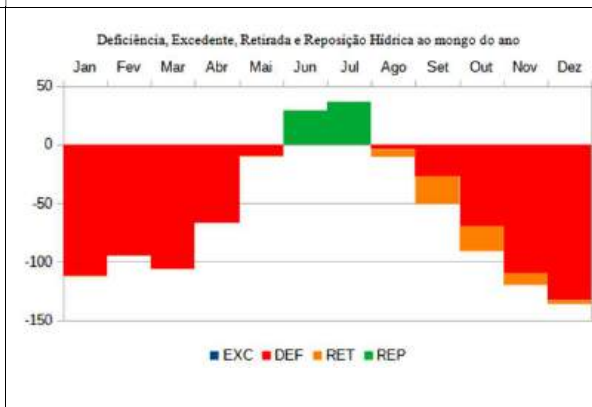
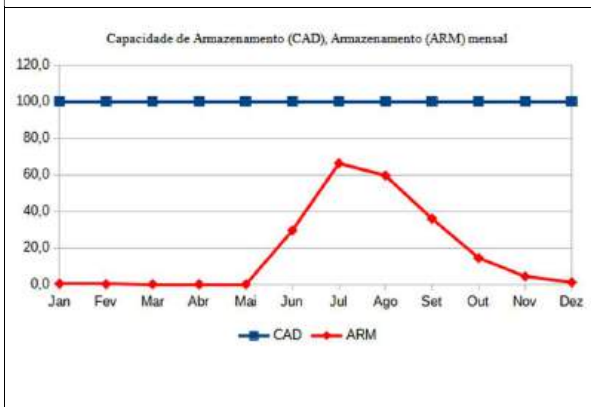
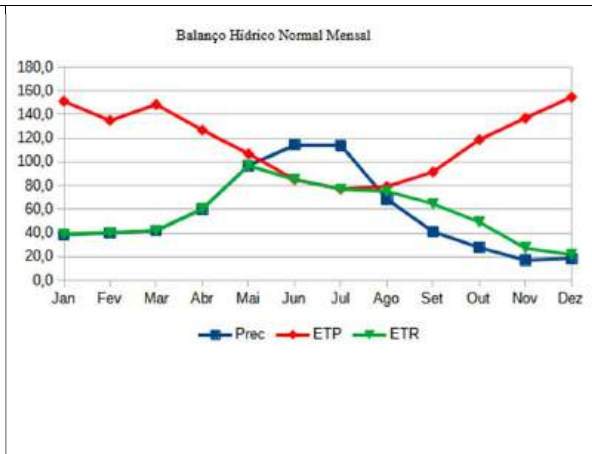
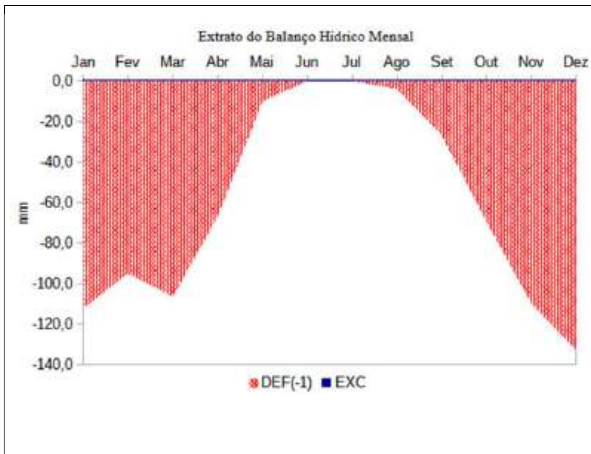
f) Monte Alegre de Sergipe



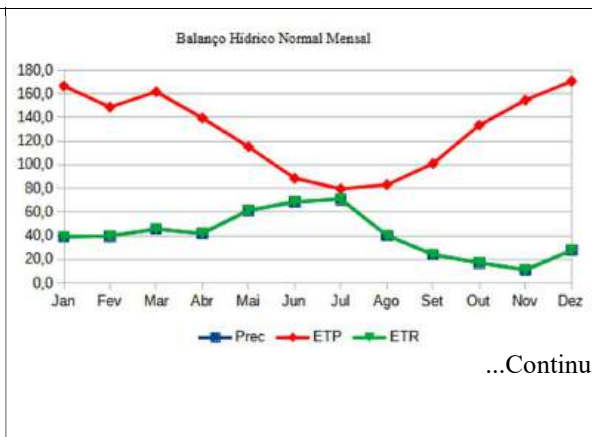
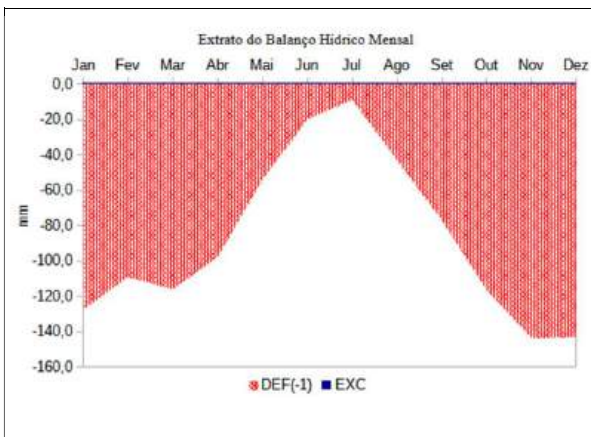
...Continua



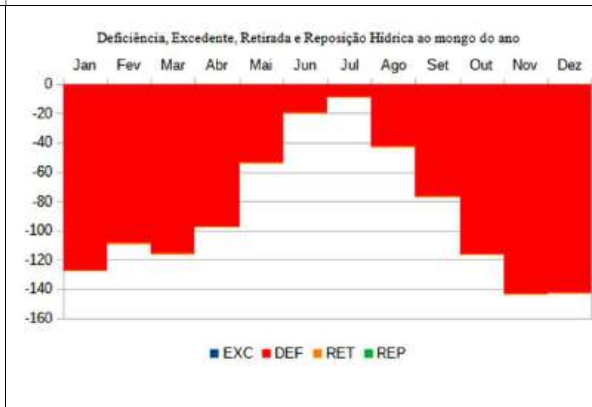
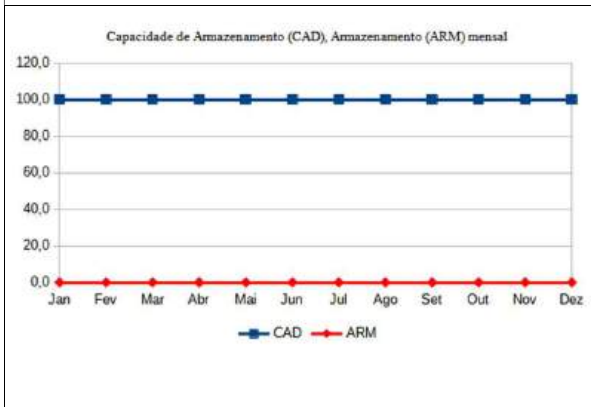
g) Nossa Senhora da Glória



**h) Poço Redondo**



...Continua





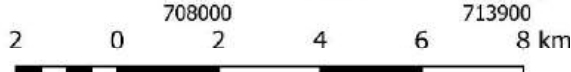
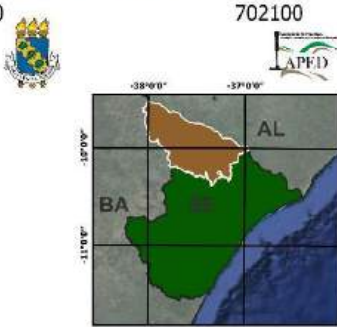
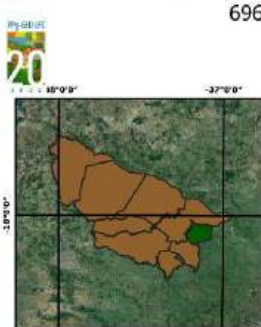
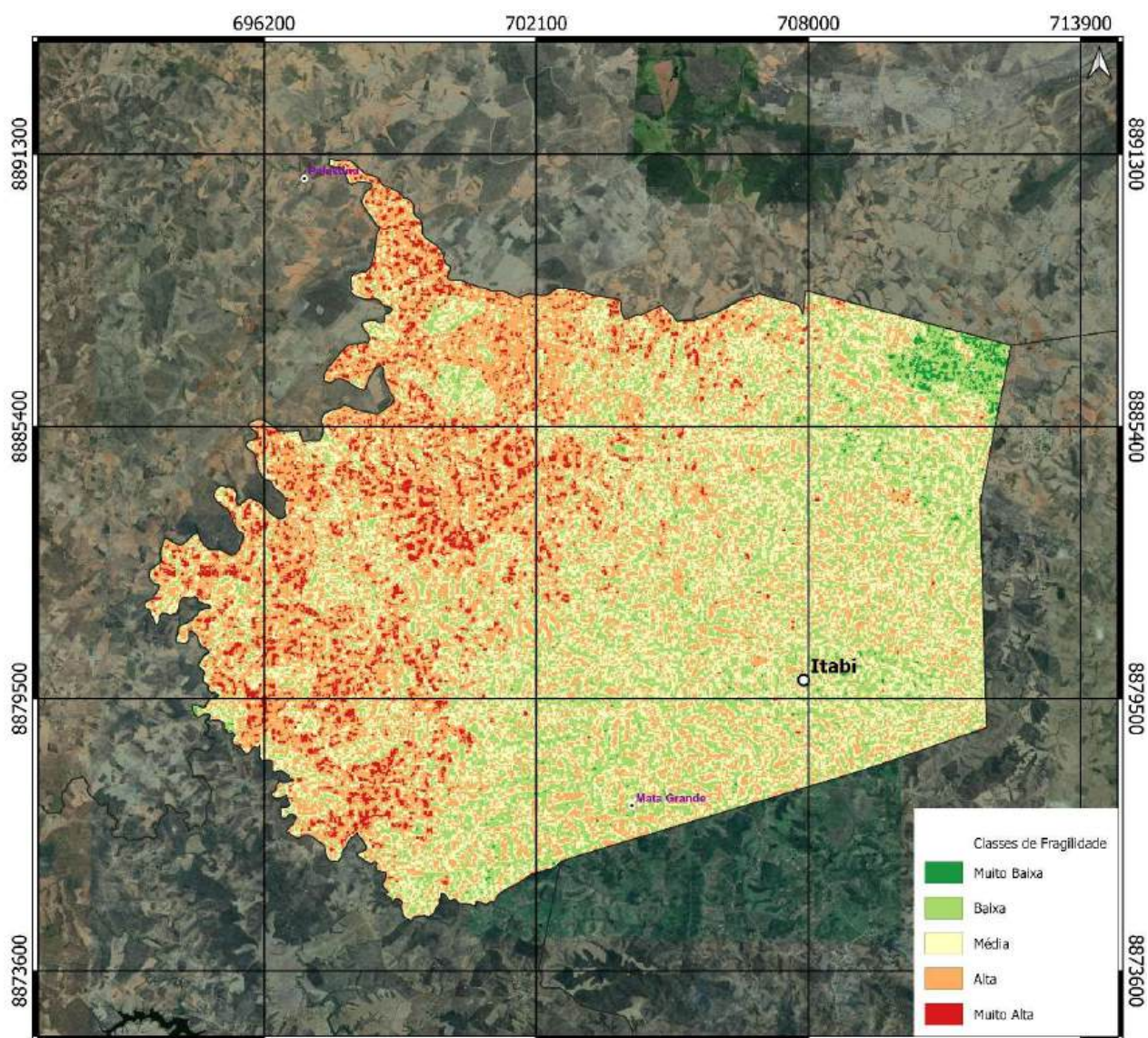








## APÊNDICE G – MAPA DE FRAGILIDADE DO MUNICÍPIO DE ITABI



**MAPA DE FRAGILIDADE DO MUNICÍPIO DE ITABI**

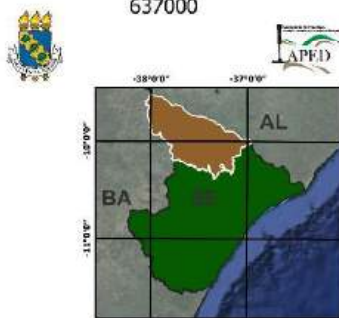
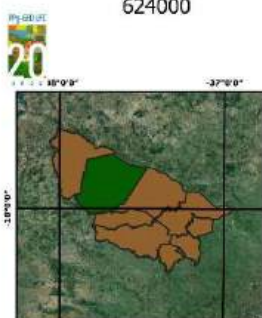
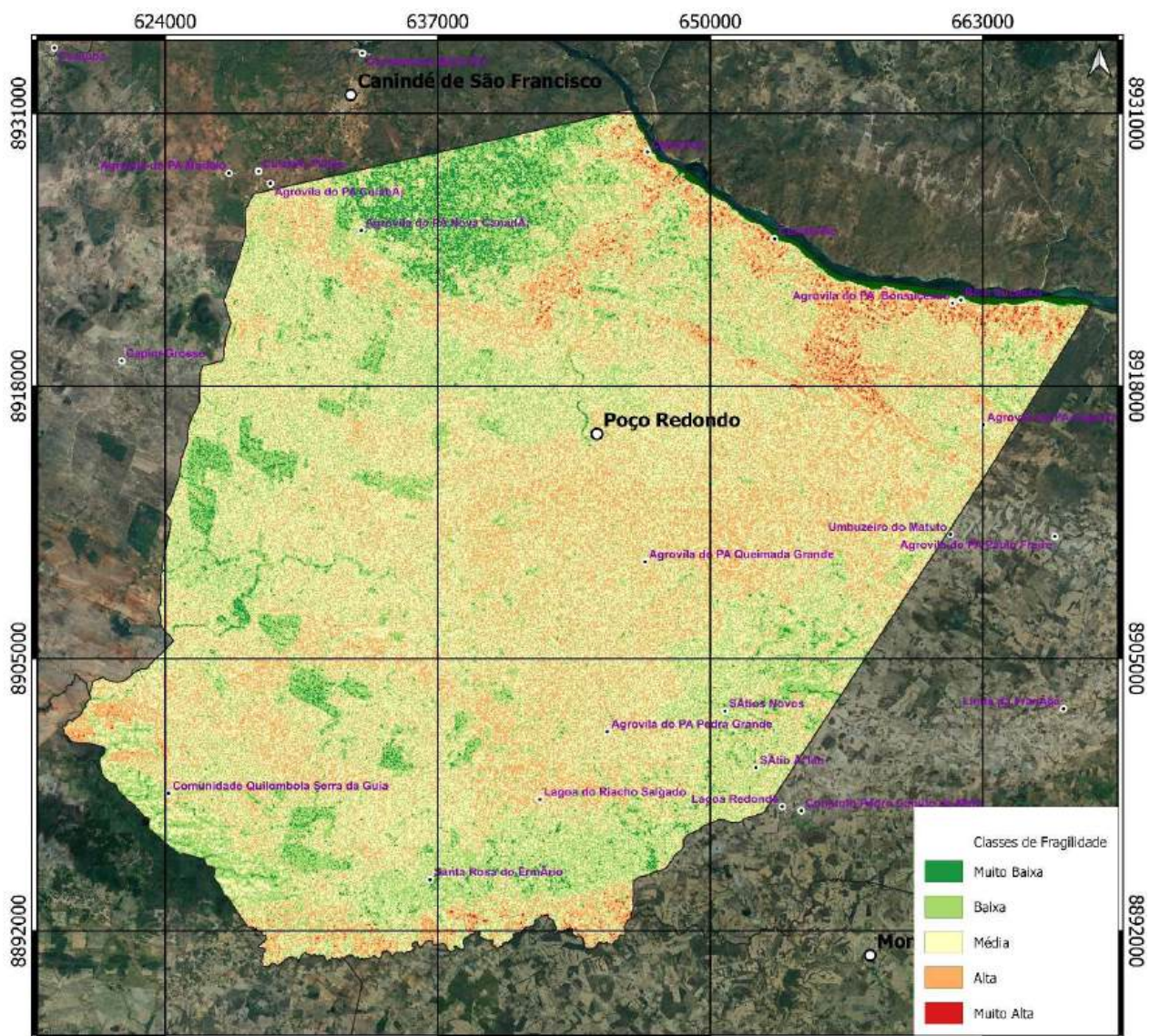
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS, UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM) DATUM: SIRGAS 2011, ZONA 24 S, MERIDIANO CENTRAL -38°		<b>Convenções</b> ○ Sedes • Localidades □ Limites municipais ■ Microrregião
ESCALA: 1:118.800	DATA: 07/10/2024	
BASE DE DADOS: IDGE, Mapa Municipal da Divisão Político-administrativa brasileira, Rio de Janeiro: IDGE, 2020.		
METODOLOGIA: (A - 2)S(LA) - (B - 0,8)S + (C - 0,6)S + (D - 0,4)S + (E - 0,2)S + (F - 0,1)S + (G - 0,05)S + (H - 0,02)S		
Fonte: Elaboração própria; S2 - Coeficiente de Variação; IC - Índice de Curvatura; P - Índice de Curvatura Plana; GE - Geologia; Pr - Precipitação; CV - Coeficiente de Variação; D - Índice de Vegetação.		

FRAGILIDADE						
	Água	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
<b>Total</b>	0,15	1,21	40,92	64,27	67,21	9,67
<b>%</b>	0,08%	0,66%	22,31%	35,04%	36,64%	5,27%
INDICADORES						
	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	
<b>Geologia</b>	*	18,32	3,62	<b>161,48</b>	*	
<b>Coefficiente de Variação</b>	*	*	*	<b>183,42</b>	*	
<b>Precipitação</b>	*	<b>183,42</b>	*	*	*	
<b>Declividade</b>	11,24	25,04	<b>118,85</b>	28,26	0,02	
<b>Curvatura em Perfil</b>	61,06	*	<b>61,42</b>	*	60,94	
<b>Curvatura Plana</b>	<b>84,08</b>	*	28,91	*	70,44	
<b>Comprimento de Veriente</b>	23,23	<b>55,32</b>	45,04	42,87	16,96	
<b>Pedologia</b>	*	3,59	0,08	0,08	<b>179,67</b>	
<b>Vegetação</b>	0,03	<b>92,03</b>	42,14	31,65	17,55	





### APÊNDICE J – MAPA DE FRAGILIDADE DE POÇO REDONDO



#### MAPA DE FRAGILIDADE DO MUNICÍPIO DE POÇO REDONDO

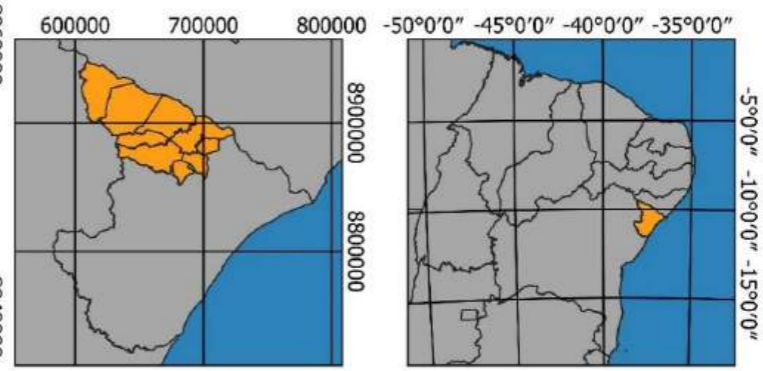
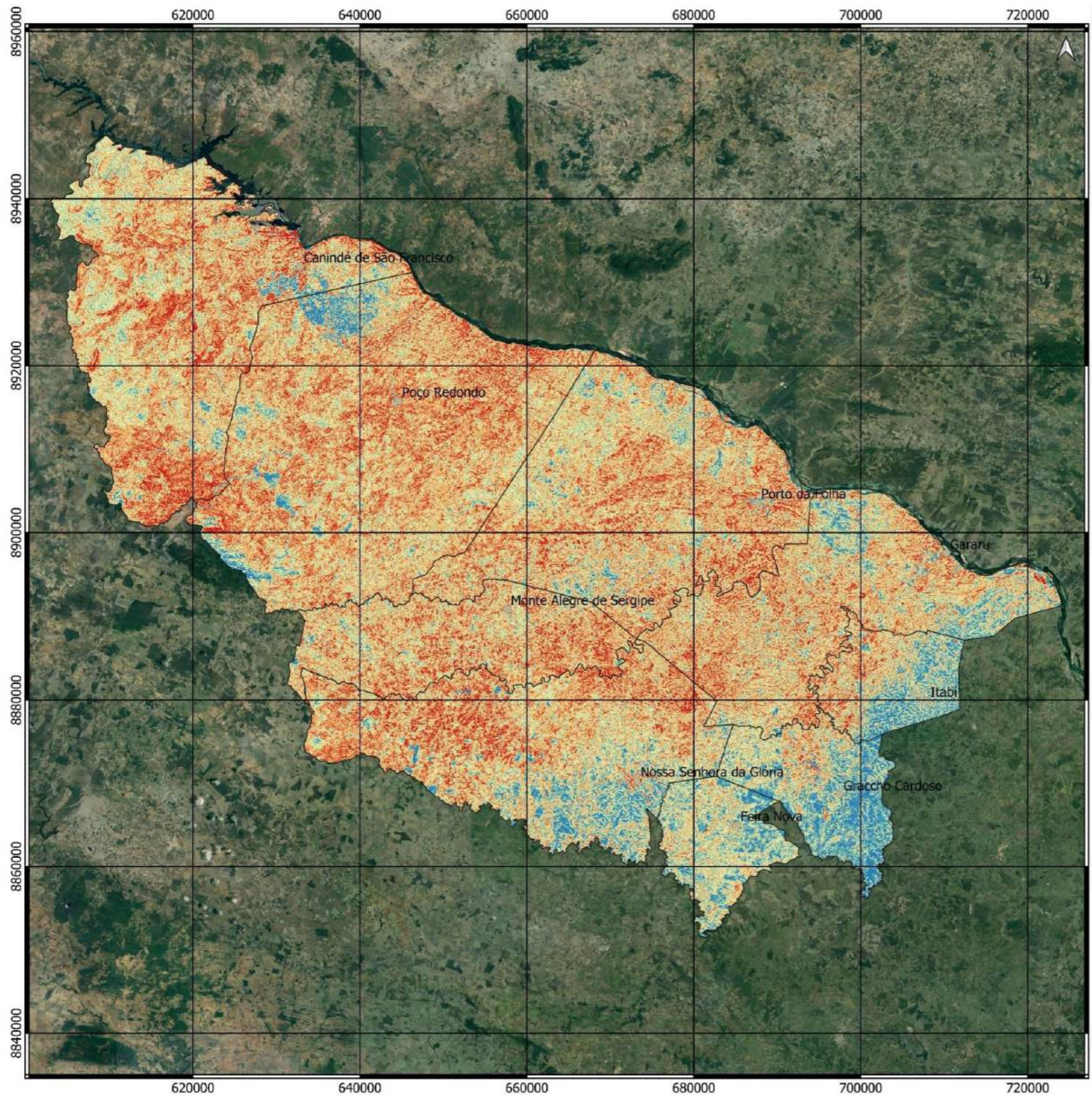
SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS, UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM)  
 DATUM: SIRGAS 2011, ZONA 24 S, MERIDIANO CENTRAL: -39°  
 ESCALA: 1:250.000 DATA: 07/10/2024 ELABORADO: EMERIGEDES FREITAS  
 BASE DE DADOS:  
 IBGE, Malha Municipal da Divisão Político-administrativa brasileira, Rio de Janeiro: IBGE, 2020.  
 METODOLOGIA:  
 FA = 2,85(LA1) + 0,28(LA2) + 0,06(CO) + 0,05(CMU) + 0,24(PI) + 0,17(CV) + 0,08(BS) + 0,14(VE)  
 Onde: FA = Fragilidade ambiental; LA = Coeficiente do vertente; PI = Coeficiente de permeabilidade; CO = Coeficiente de ocupação; CMU = Coeficiente de uso do solo; CV = Coeficiente de vegetação; BS = Coeficiente de solo; VE = Coeficiente de vulnerabilidade.

- Convenções
- Sedes
  - Localidades
  - Limites municipais
  - Microrregião

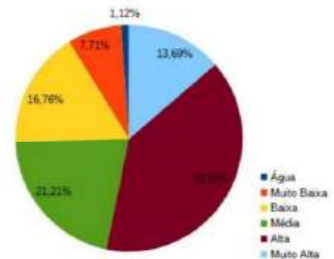
FRAGILIDADE						
	Água	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
<b>Total</b>	6,71	41,86	346,23	522,34	297,42	5,86
<b>%</b>	0,55%	3,43%	28,37%	42,80%	24,37%	0,48%
INDICADORES						
	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	
<b>Geologia</b>	8,26	239,83	760,3	168,47	8,38	
<b>Coefficiente de Variação</b>	*	1139,28	81,15	*	*	
<b>Precipitação</b>	1220,25	*	*	*	*	
<b>Declividade</b>	144,52	419,12	586,87	66,28	3,63	
<b>Curvatura em Perfil</b>	222,75	*	734,16	*	263,51	
<b>Curvatura Plana</b>	538,67	*	192,74	*	489,02	
<b>Comprimento de Vertente</b>	203,51	395,73	294,59	238,64	87,95	
<b>Pedologia</b>	0,03	180,7	314,74	600,77	124,18	
<b>Vegetação</b>	4,35	91	157,13	502,42	465,38	



APÊNDICE L – MAPA DE SUSCETIBILIDADE AMBIENTAL – CASAM



Legenda



MUNICÍPIO	ÁREA	ÁGUA	VALORES DE FRAGILIDADE (EM KM²)				
			Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Canindé de São Francisco	933,467	27,09	31,39	134,96	206,52	383,73	149,77
Feira Nova	183,273	0,87	39,16	56,98	43,8	39,01	3,47
Gararu	654,129	10,84	50,75	124,62	134,57	255,3	78,06
Graccho Cardoso	242,679	0,95	83	69,57	40,82	41,64	6,7
Itabi	183,422	0,39	40,09	47,09	33,51	48,49	13,86
Monte Alegre de Sergipe	386,906	0,18	12,34	54,7	83,53	170,69	65,48
Nossa Senhora da Glória	758,435	1,3	70,21	130,88	157,3	290,76	108,08
Poço Redondo	1218,582	6,64	53,6	154,59	263,57	545,65	194,52
Porto da Folha	876,674	12,44	38,6	137,79	189,79	373,51	124,54
<b>TOTAL</b>	<b>5437,567</b>	<b>60,7</b>	<b>419,15</b>	<b>911,17</b>	<b>1153,32</b>	<b>2148,77</b>	<b>744,46</b>

**CARTA DE FRAGILIDADE PELO MÉTODO DE CARMO ET AL. 2016**

Sistema de Coordenadas Planas	Organização: ME Éder Guedes Freitas	DATA: 07/08/2023
Universal Transversa de Mercator	<b>Legenda</b> ● Sedes municipais      □ Limites municipais	
DATUM: SIRGAS 2000		
Zona 24 S; Meridiano Central -39°	BASE DE DADOS:	
Escala: 1:500.000	IBGE, Malha digital do limites municipais, 2010.	

Carta elaborada por meio de álgebra de mapas em ambiente SIG. Para fim de elaboração da carta, foi utilizada a metodologia apresentada por Carmo et al. (2016), mediante utilização de indicadores morfológicos e de uso e cobertura vegetal.

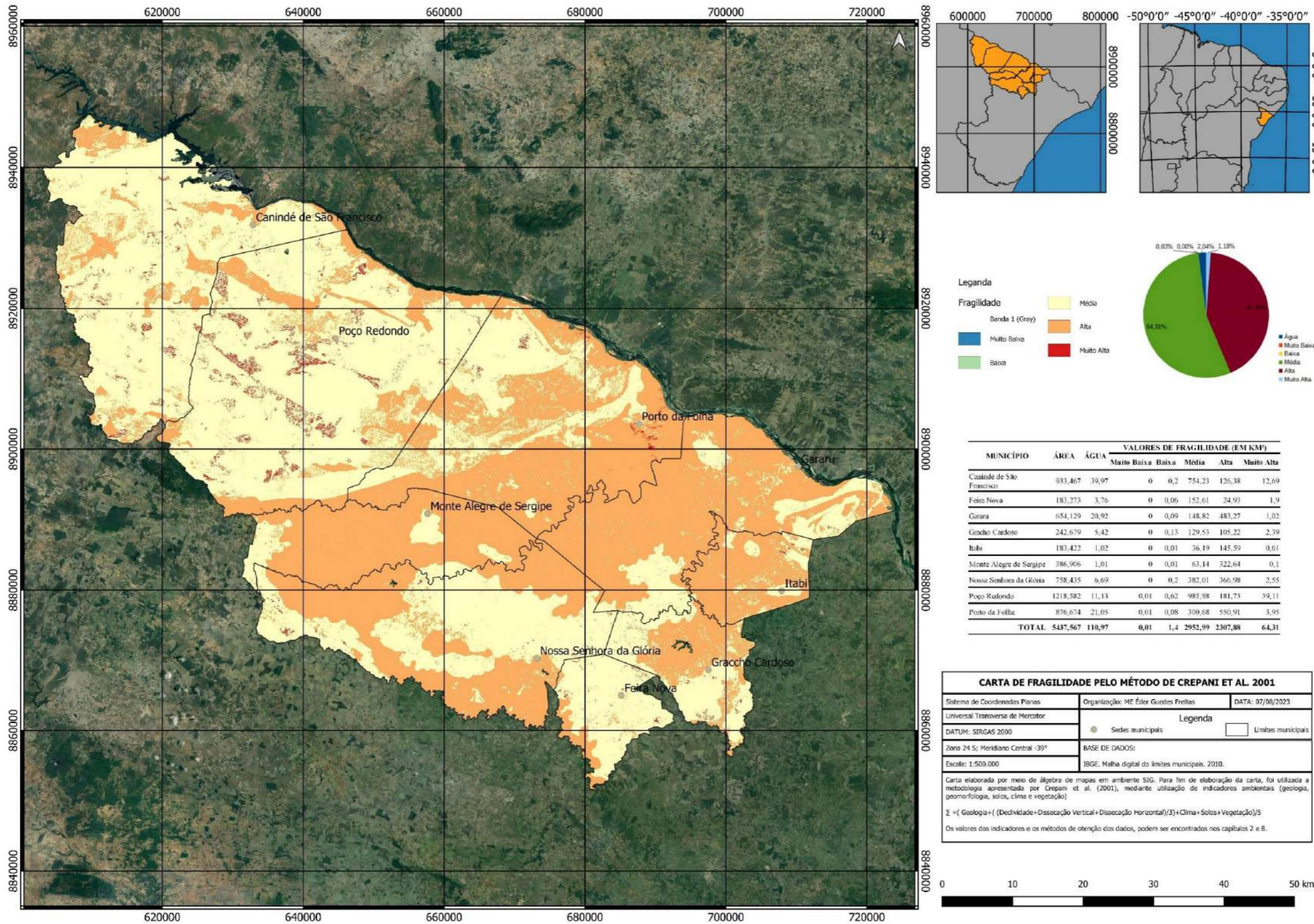
$$F = (Orientação\ dos\ Vertentes * 0.1) + (Declividade * 0.25) + (Curvatura\ de\ vortical/perfil * 0.2) + (Curvatura\ horizontal/plana * 0.1) + (Cobertura\ Vegetal * 0.35)$$

Os valores dos indicadores e os métodos de obtenção dos dados, podem ser encontrados nos capítulos 2 e 8.

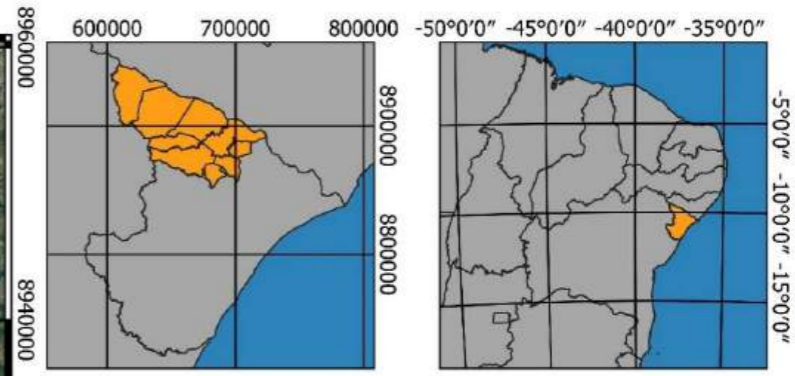
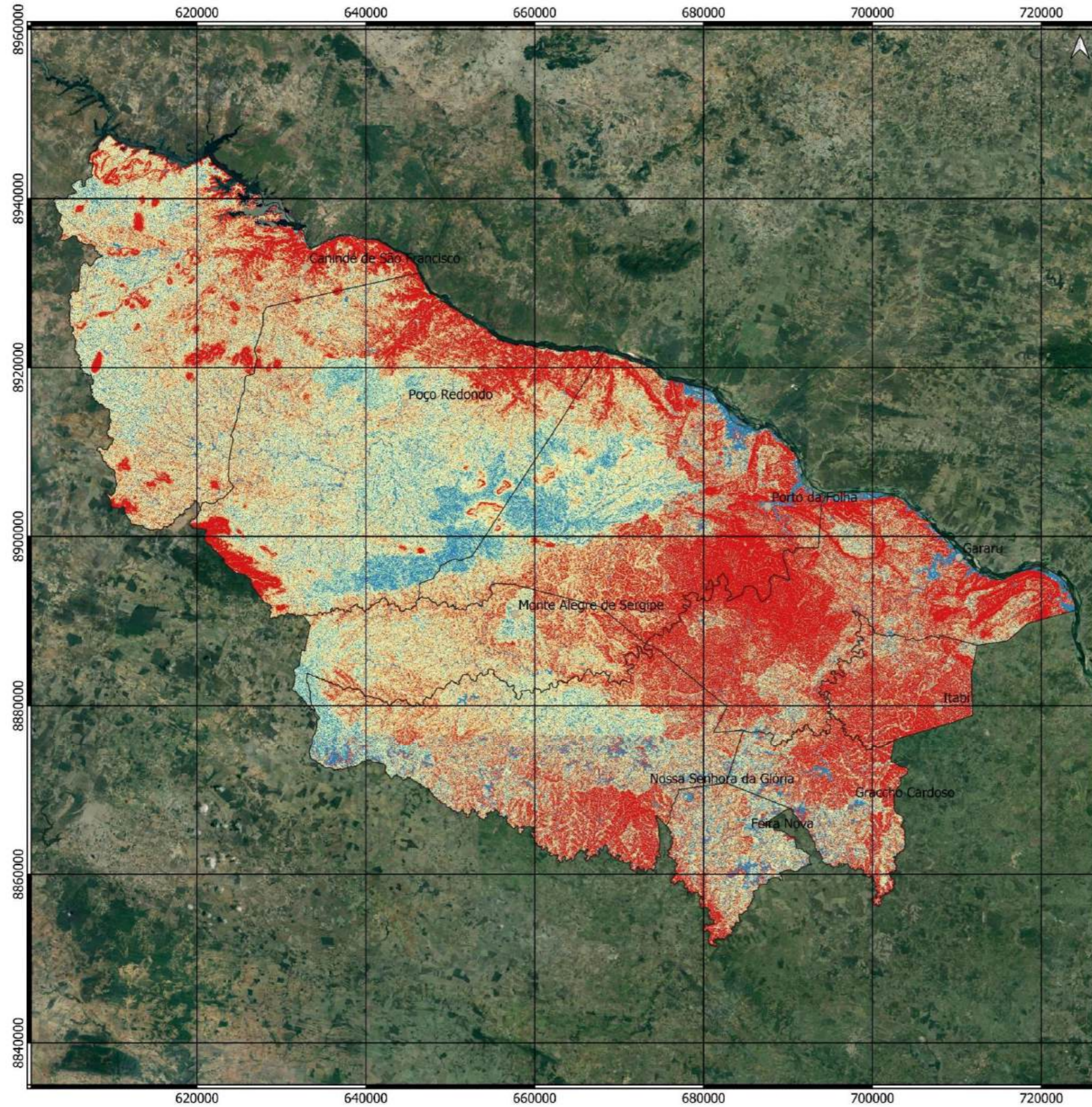




APÊNDICE M – MAPA DE VULNERABILIDADE NATURAL/FRAGILIDADE

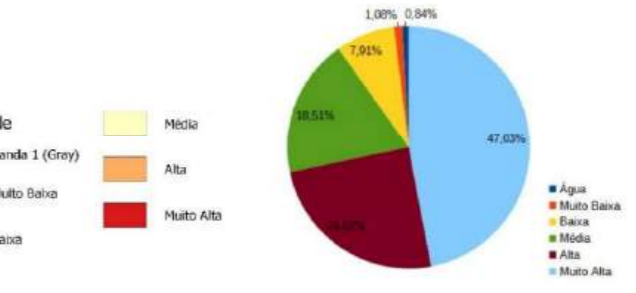


APÊNDICE N – MAPA DO POTENCIAL NATURAL A EROSÃO



Legenda

- Fragilidade**
- Muito Baixa
  - Baixa
  - Média
  - Alta
  - Muito Alta



MUNICÍPIO	ÁREA	ÁGUA	VALORES DE FRAGILIDADE (EM KM²)				
			Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Canindé de São Francisco	933,467	28,3	112,61	65,78	299,25	255,38	172,15
Feira Nova	183,273	0,18	41,38	16,10	45,48	42,71	37,42
Gararu	654,129	12,52	62,58	26,49	82,73	131,71	338,10
Graccho Cardoso	242,679	1,25	38,76	15,96	45,72	51,71	89,28
Itabi	183,422	0	14,10	6,99	21,96	36,56	103,81
Monte Alegre de Sergipe	386,906	0,18	39,58	44,00	126,84	118,91	57,40
Nossa Senhora da Glória	758,435	0,87	124,99	76,86	195,17	181,34	179,21
Poço Redondo	1218,582	7,07	194,52	165,22	410,23	256,60	184,94
Porto da Folha	876,674	15,02	118,27	91,02	193,52	178,38	282,46
<b>TOTAL</b>	<b>5437,567</b>	<b>63,39</b>	<b>746,79</b>	<b>508,42</b>	<b>1420,9</b>	<b>1253,3</b>	<b>1444,77</b>

**CARTA DE FRAGILIDADE PELO MÉTODO DO POTENCIAL NATURAL DE EROSÃO**

Sistema de Coordenadas Planas	Organização: ME Éder Guedes Freitas	DATA: 07/08/2023
Universal Transversa de Mercator	<b>Legenda</b> ● Sedes municipais      □ Limites municipais	
DATUM: SIRGAS 2000		
Zona 24 S; Meridiano Central -39°	BASE DE DADOS:	
Escala: 1:500.000	IBGE. Malha digital do limites municipais. 2010.	

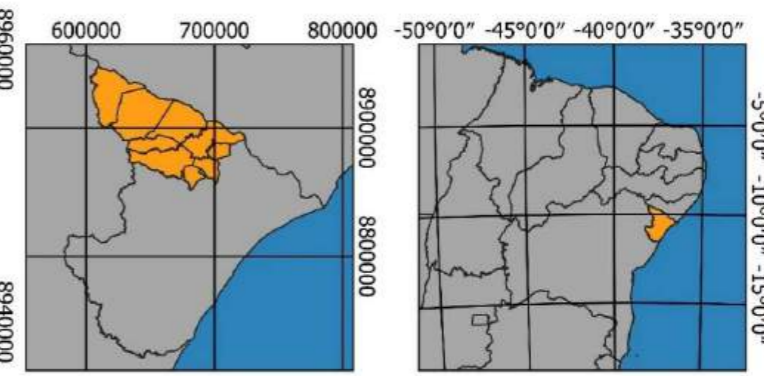
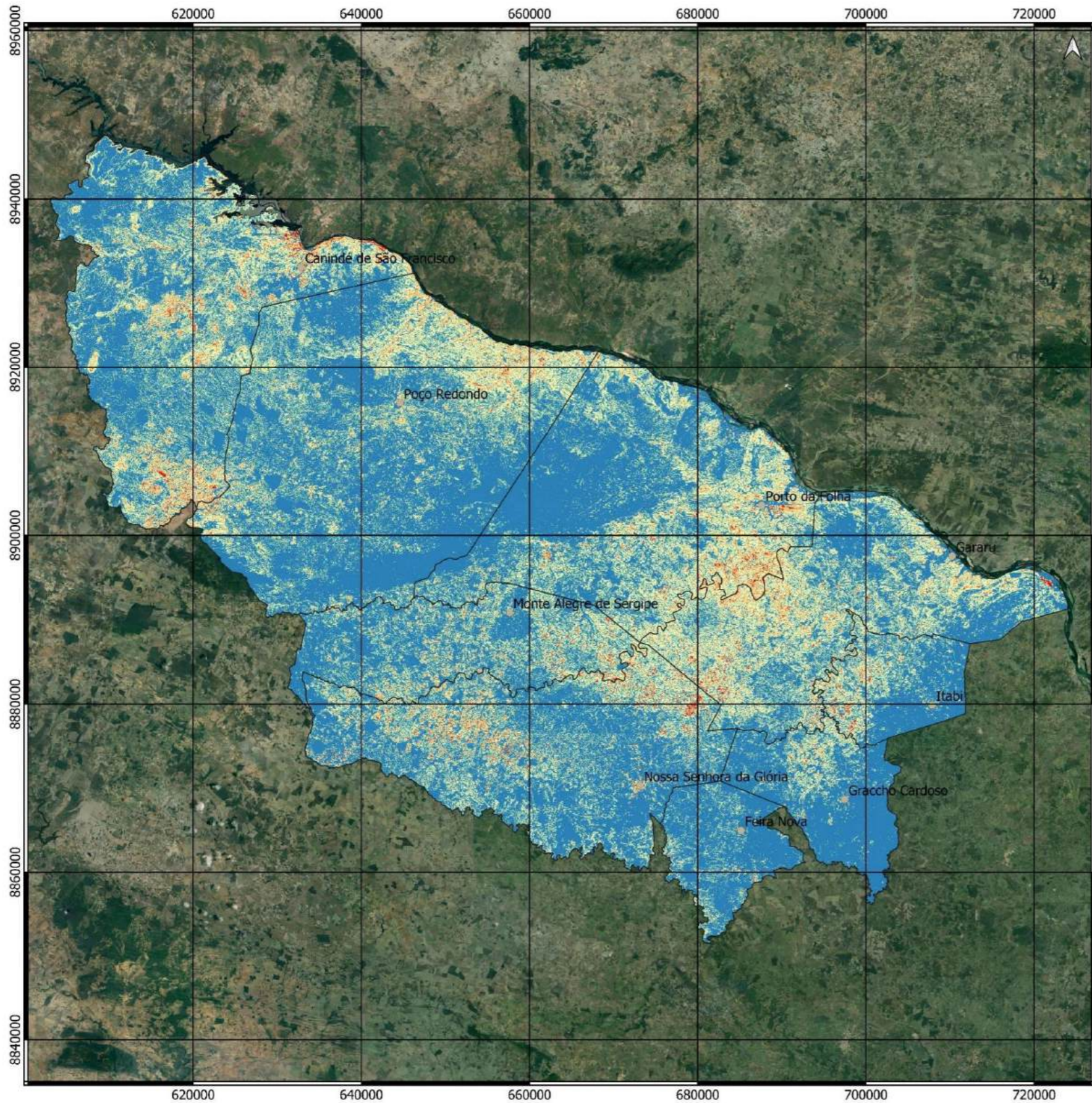
Carta elaborada por meio de álgebra de mapas em ambiente SIG. Para fim de elaboração da carta, foi utilizada a metodologia DO Potencial Natural de Erosão, mediante utilização de indicadores ambientais (Geomorfologia - comprimento de vertente e declividade, LS), erosividade da chuva e erodibilidade dos solos).

$\Sigma = LS * R * K$

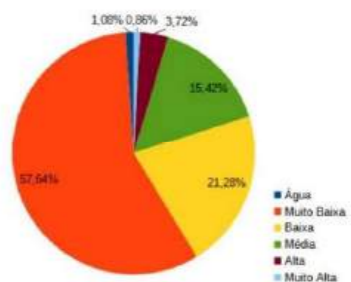
Os valores dos indicadores e os métodos de obtenção dos dados, podem ser encontrados nos capítulos 2 e 8.



APÊNDICE O – MAPA DA POTENCIAL DE EROSIÃO – EUPS



Legenda  
Fragilidade



MUNICÍPIO	ÁREA	ÁGUA	VALORES DE FRAGILIDADE (EM KM²)				
			Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Canindé de São Francisco	933,467	26,65	475,15	225,89	147,21	47,25	11,32
Feira Nova	183,273	0,38	148,94	23,94	8,83	1,04	0,15
Gararu	654,129	10,63	280,53	155,31	166,86	33,42	7,38
Graccho Cardoso	242,679	0,4	194,19	27,39	17,71	2,43	0,56
Itabi	183,422	0,11	114,21	34,26	27,68	4,79	2,36
Monte Alegre de Sergipe	386,906	0,11	224,53	94,71	51,71	12,46	3,39
Nossa Senhora da Glória	758,435	0,55	454,63	157,24	107,09	28,44	10,49
Poço Redondo	1218,582	6,49	761,40	257,19	153,16	36,76	3,59
Porto da Folha	876,674	12,43	481,30	181,48	158,25	35,95	7,27
<b>TOTAL</b>	<b>5437,567</b>	<b>57,74</b>	<b>3134,91</b>	<b>1157,37</b>	<b>838,51</b>	<b>202,54</b>	<b>46,5</b>

**CARTA DE FRAGILIDADE PELO MÉTODO DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DOS SOLOS**

Sistema de Coordenadas Planas: Universal Transversa de Mercator  
 Organização: ME Éder Guedes Freitas  
 DATA: 07/06/2023

DATUM: SIRGAS 2000  
 Zona 24 S; Meridiano Central -39°  
 Escala: 1:500.000  
 BASE DE DADOS: IBGE. Malha digital do limites municipais, 2010.

Legenda: ● Sedes municipais □ Limites municipais

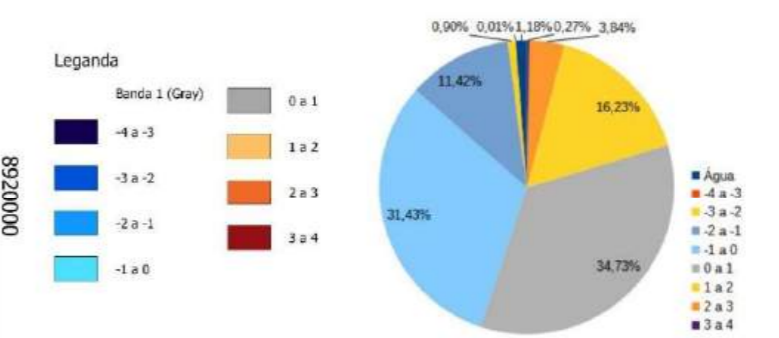
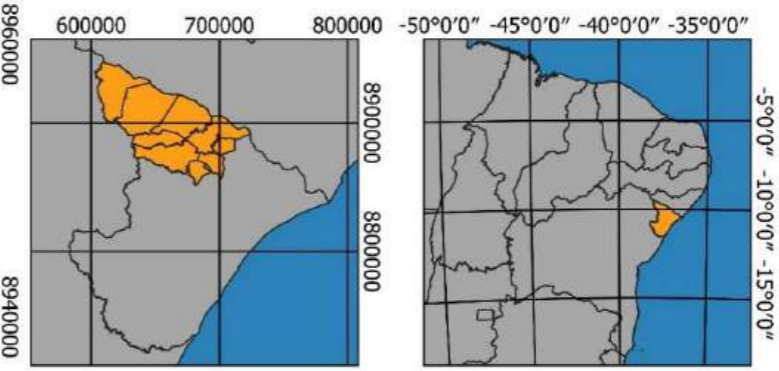
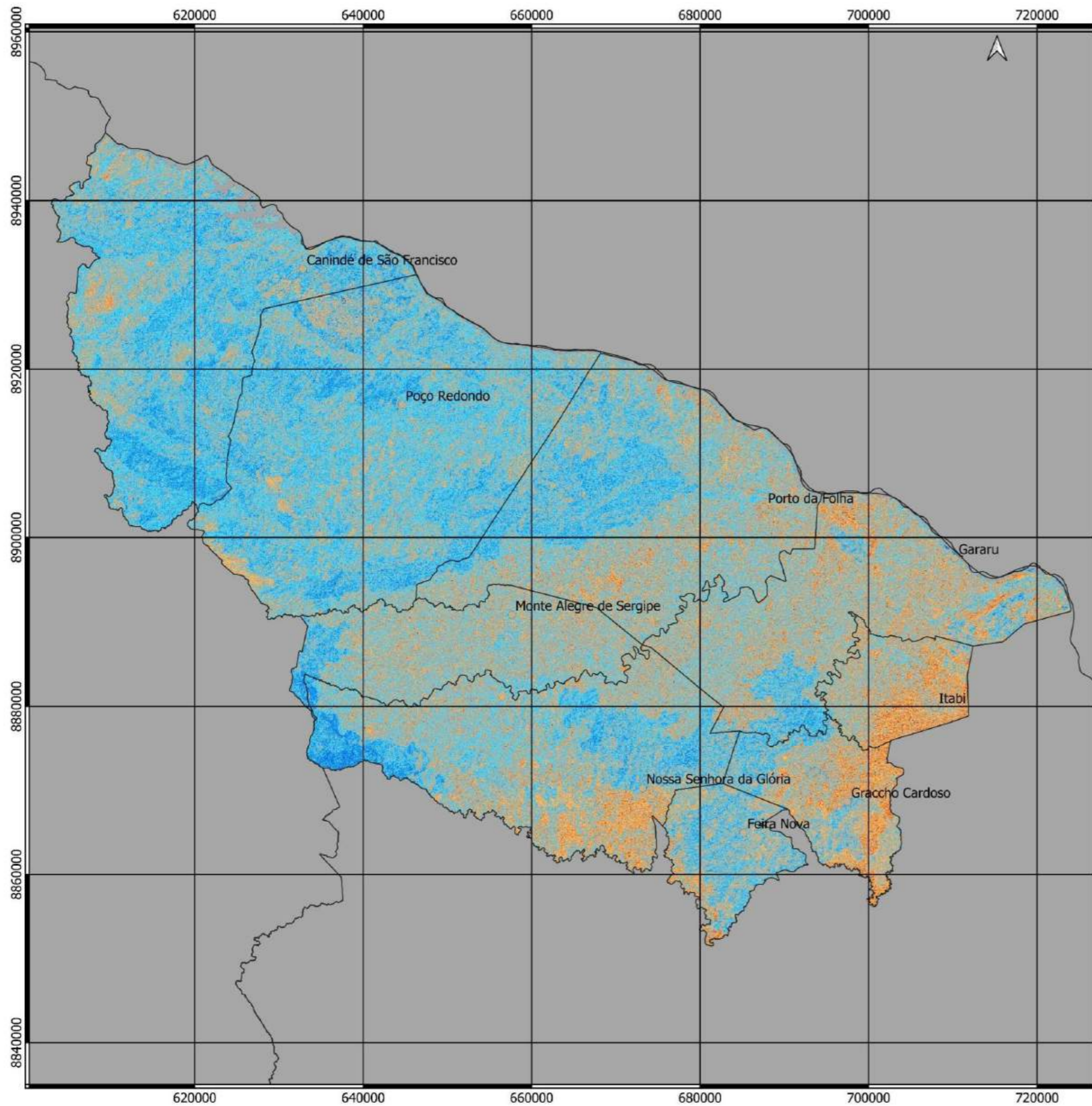
Carta elaborada por meio de álgebra de mapas em ambiente SIG. Para fim de elaboração da carta, foi utilizada a Equação Universal de Perda dos Solos (EUPS/USLE), mediante utilização de indicadores de Erodibilidade, comprimento e declividade de vertentes, erosividade, cobertura vegetal, manejo dos solos e práticas conservacionistas.

$E = R * K * L * S * C * P$

Os valores dos indicadores e os métodos de obtenção dos dados, podem ser encontrados nos capítulos 2 e 8.



APÊNDICE P – MAPA DE VARIAÇÃO DOS VALORES DE FRAGILIDADE (PONDERAÇÃO DE INDICADORES – CASAM)



MUNICÍPIO	ÁREA	ÁGUA	VARIAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO (EM KM²)							
			-4 a -3	-3 a -2	-2 a -1	-1 a 0	0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4
Canindé de São Francisco	933,467	28,39	0,17	13,64	172,22	367,48	263,17	79,71	8,43	0,25
Feira Nova	183,273	1,24	0,01	1,24	21,51	49,61	68,51	35,46	5,3	0,4
Gararu	654,129	11,14	0,03	2,2	31,86	145,95	262,54	150,92	45,96	3,52
Graccho Cardoso	242,679	1,3	0,02	1,04	14,2	40,12	82,16	76,23	25,37	2,23
Itabi	183,422	0,42	0	0,08	2,81	24,91	60,71	64,88	27,14	2,47
Monte Alegre de Sergipe	386,906	0,34	0,01	1,55	19,5	106,63	169,28	72,26	16,4	0,92
Nossa Senhora da Glória	758,435	1,91	0,07	9,75	78,9	214,31	270,8	144,23	36,99	2,37
Poço Redondo	1218,582	6,97	0,07	14,67	198,11	492,79	378,27	115,83	11,56	0,31
Porto da Folha	876,674	12,63	0,01	4,9	81,86	267,28	332,78	142,73	52,42	2,05
<b>TOTAL</b>	<b>5437,567</b>	<b>64,34</b>	<b>0,41</b>	<b>49,07</b>	<b>620,9</b>	<b>1708,95</b>	<b>1888,28</b>	<b>882,36</b>	<b>208,71</b>	<b>14,53</b>

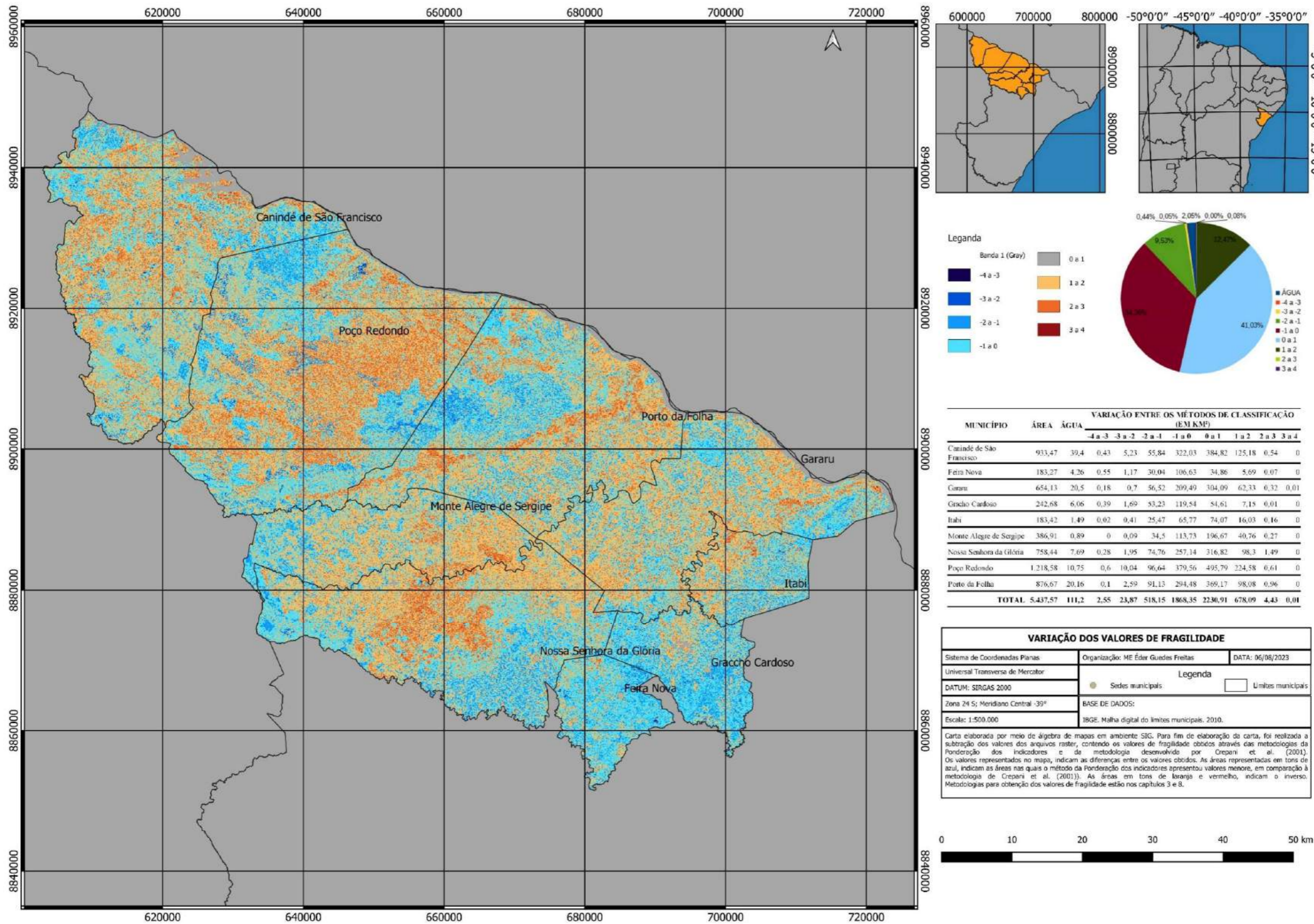
**VARIAÇÃO DOS VALORES DE FRAGILIDADE**

Sistema de Coordenadas Planas	Organização: ME Éder Guedes Freitas	DATA: 06/08/2023
Universal Transversa de Mercator	Legenda	
DATUM: SIRGAS 2000	● Sedes municipais	□ Limites municipais
Zona 24 S; Meridiano Central -39°	BASE DE DADOS:	
Escala: 1:500.000	IBGE. Malha digital do limites municipais, 2010.	

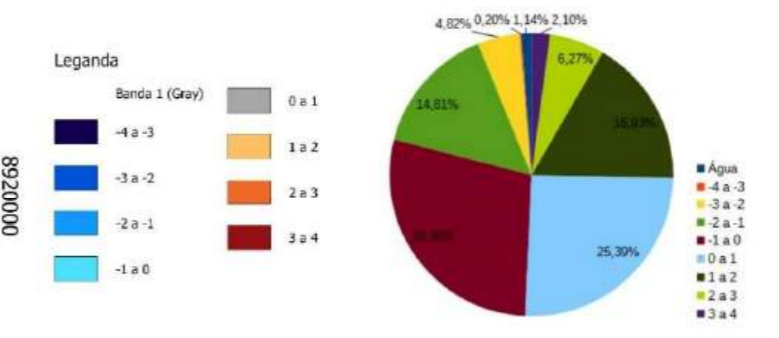
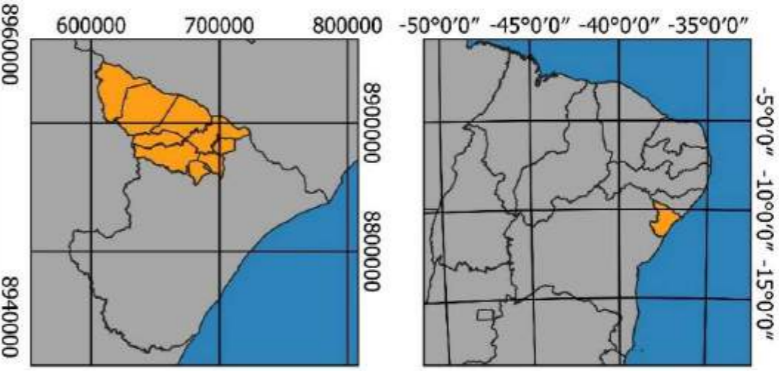
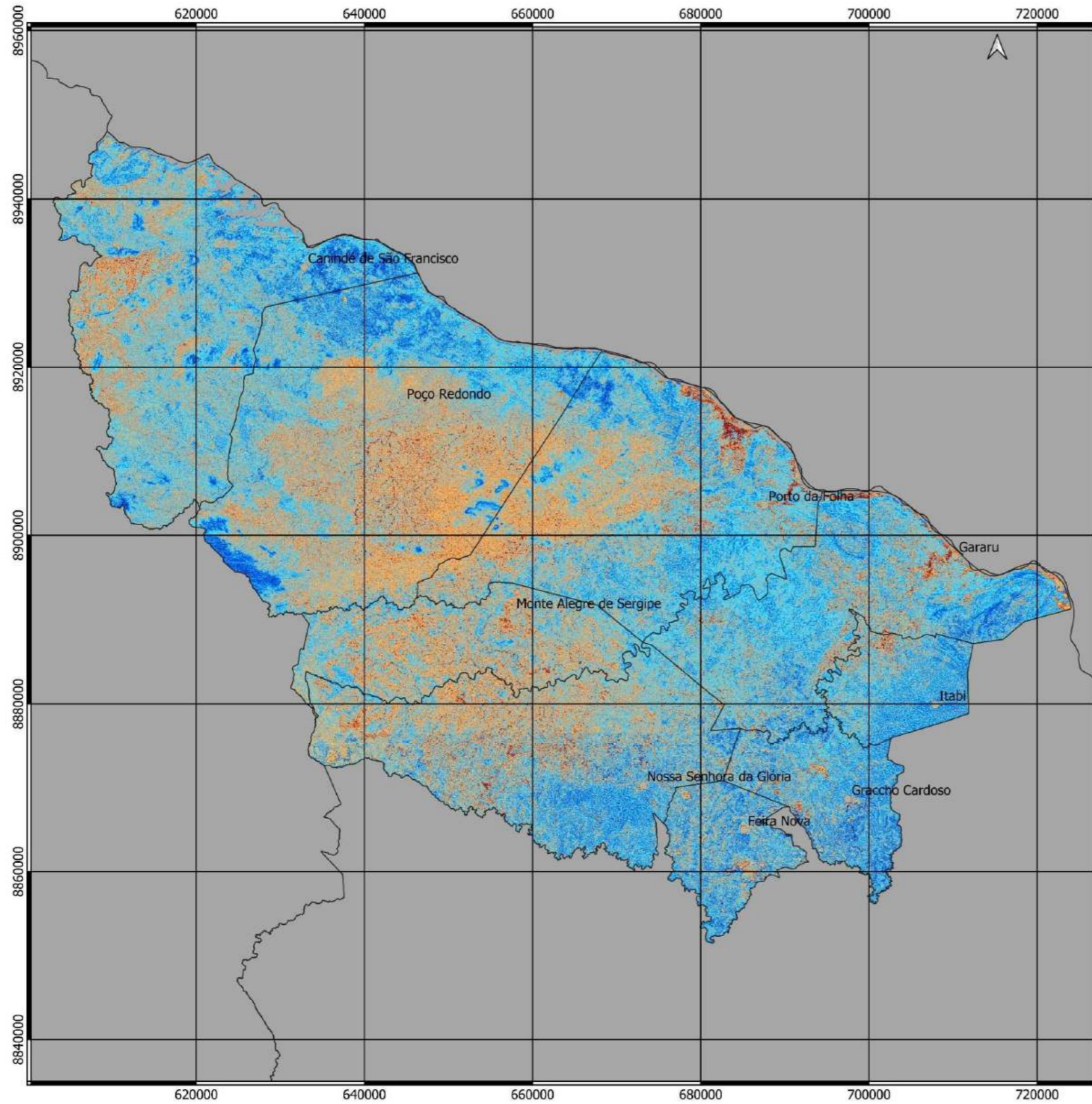
Carta elaborada por meio de álgebra de mapas em ambiente SIG. Para fim de elaboração da carta, foi realizada a subtração dos valores dos arquivos raster, contendo os valores de fragilidade obtidos através das metodologias da Ponderação dos indicadores e da metodologia desenvolvida por CARMO et al. (2016). Os valores representados no mapa, indicam as diferenças entre os valores obtidos. As áreas representadas em tons de azul, indicam as áreas nas quais o método da Ponderação dos indicadores apresentou valores menores, em comparação à metodologia de Carmo et al. (2016). As áreas em tons de laranja e vermelho, indicam o inverso. Metodologias para obtenção dos valores de fragilidade estão nos capítulos 3 e 8.



APÊNDICE Q – MAPA DE VARIAÇÃO DOS VALORES DE FRAGILIDADE (PONDERAÇÃO DE INDICADORES – CREPANI ET AL., 2001)



APÊNDICE R – MAPA DE VARIAÇÃO DOS VALORES DE FRAGILIDADE (PONDERAÇÃO DE INDICADORES – PNE)



MUNICÍPIO	ÁREA	ÁGUA	VARIAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO (EM KMP)							
			-4 a -3	-3 a -2	-2 a -1	-1 a 0	0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4
Carindé de São Francisco	933,467	28,13	2,11	42,96	141,54	299,1	240,81	122,74	49,79	6,29
Feira Nova	183,273	0,82	1,56	20,59	44,41	47,8	30,81	28,73	7,11	1,43
Gararu	654,129	10,93	0,96	36,99	128,58	242,33	122,1	61,88	33,06	17,3
Graccho Cardoso	242,679	0,76	2,31	30,47	66,93	68,54	36,16	26,54	8,71	2,24
Itabi	183,422	0,14	0,06	16,07	48,35	62,61	29,22	15,32	7,85	3,79
Monte Alegre de Sergipe	386,906	0,3	0,01	2,58	22	87,03	133,82	97,32	30,44	13,4
Nossa Senhora da Glória	758,435	1,3	1,4	35,97	101,65	189,12	197,02	149,77	56,72	25,47
Poço Redondo	1218,582	6,85	1,89	47,94	135,96	281	366,44	264,83	93,47	20,2
Porto da Folha	876,674	12,62	0,3	28,51	115,6	263,8	224,32	153,75	53,96	23,81
<b>TOTAL</b>	<b>5437,567</b>	<b>61,87</b>	<b>10,61</b>	<b>262,11</b>	<b>805,07</b>	<b>1541,36</b>	<b>1380,64</b>	<b>920,85</b>	<b>341,11</b>	<b>113,94</b>

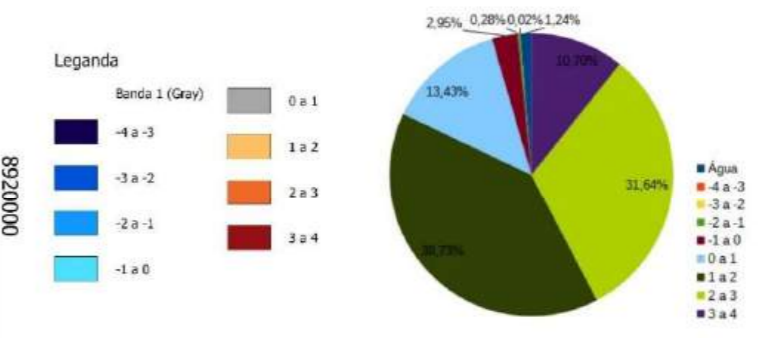
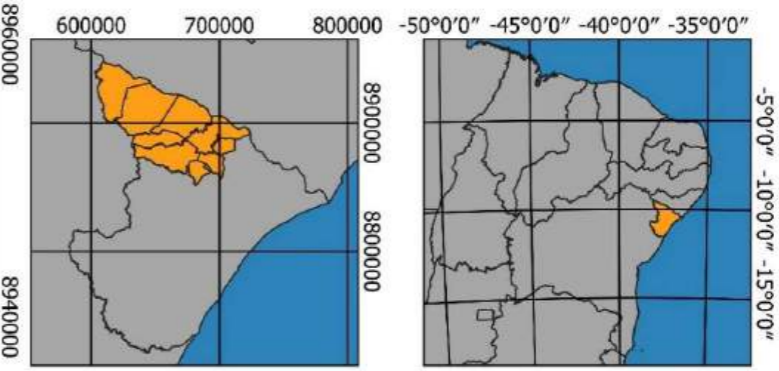
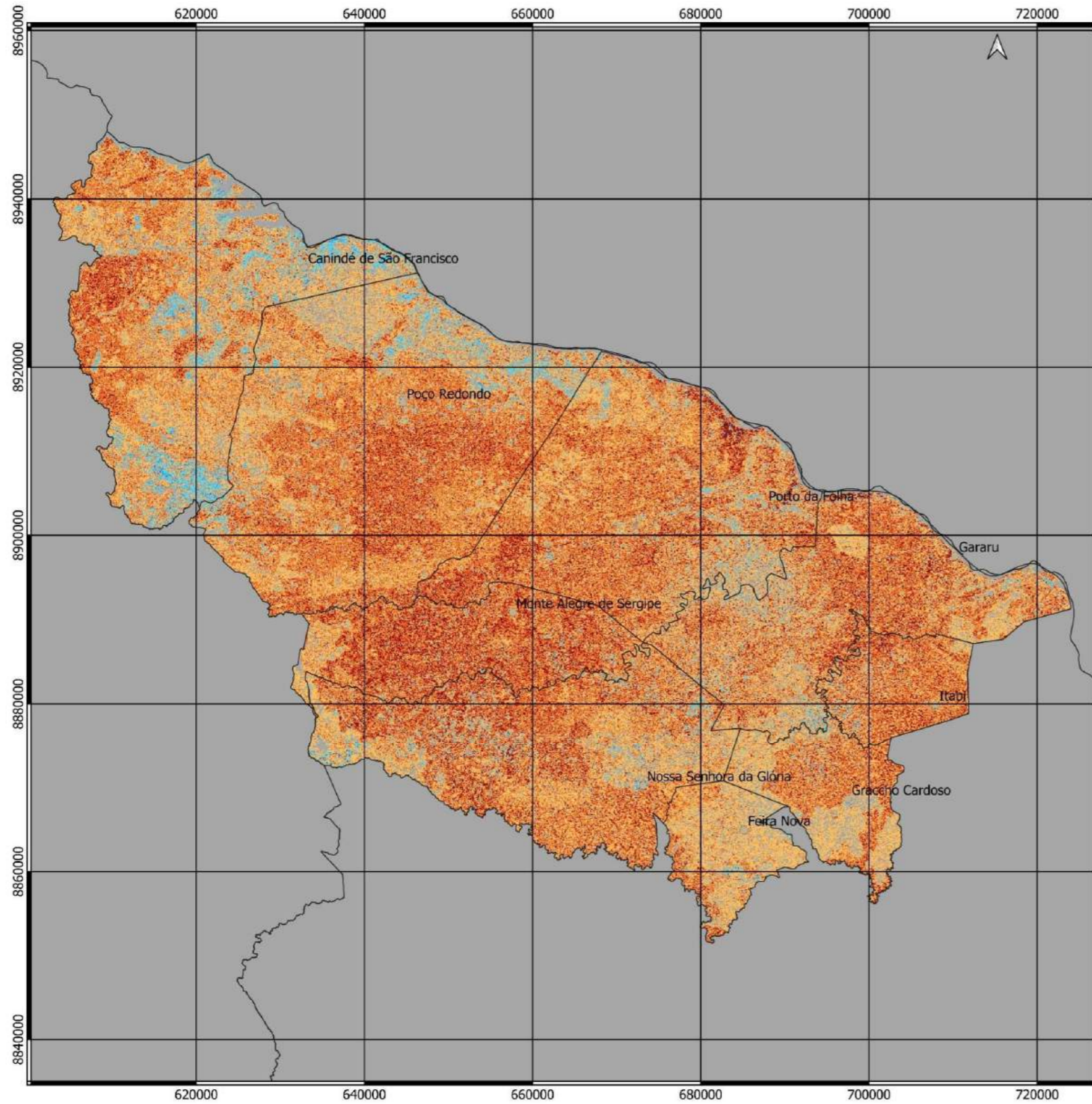
**VARIAÇÃO DOS VALORES DE FRAGILIDADE**

Sistema de Coordenadas Planas	Organização: ME Éder Guedes Freitas	DATA: 06/08/2023
Universal Transversa de Mercator	Legenda	
DATUM: SIRGAS 2000	● Sedes municipais	□ Limites municipais
Zona 24 S; Meridiano Central -39°	BASE DE DADOS:	
Escala: 1:500.000	IBGE. Malha digital do limites municipais. 2010.	

Carta elaborada por meio de álgebra de mapas em ambiente SIG. Para fim de elaboração da carta, foi realizada a subtração dos valores dos arquivos raster, contendo os valores de fragilidade obtidos através das metodologias da Ponderação dos indicadores e do Potencial Natural de Erosão (PNE). Os valores representados no mapa, indicam as diferenças entre os valores obtidos. As áreas representadas em tons de azul, indicam as áreas nas quais o método da Ponderação dos indicadores apresentou valores menor, em comparação ao PNE. As áreas em tons de laranja e vermelho, indicam o inverso. Metodologias para obtenção dos valores de fragilidade estão nos capítulos 3 e 8.



APÊNDICE S – MAPA DE VARIAÇÃO DOS VALORES DE FRAGILIDADE (PONDERAÇÃO DE INDICADORES – EUPS)



MUNICÍPIO	ÁREA	ÁGUA	VARIAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO (EM KMP)							
			-4 a -3	-3 a -2	-2 a -1	-1 a 0	0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4
Canindé de São Francisco	933,467	28,51	0,0	0,46	8,2	52,92	172,06	383,59	242,26	45,46
Feira Nova	183,273	1,59	0,0	0,06	0,56	3,28	38,06	103,11	30,66	5,95
Gararu	654,129	11,8	0,0	0,03	0,65	18,07	90,62	257,99	196,11	78,85
Graciano Cardoso	242,679	1,91	0,0	0,01	0,19	3,24	42,03	115,44	60,25	19,61
Itabi	183,422	0,98	0,0	0,04	3,28	12,94	66,87	69,94	29,38	
Monte Alegre de Sergipe	386,906	0,23	0,0	0,09	7,41	23,23	107,79	160,3	87,86	
Nossa Senhora da Glória	758,435	2,2	0,0	0,34	2,28	23,53	91,98	297,85	242,76	97,48
Poço Redondo	1218,582	7,25	0,0	0,12	2,67	31,11	165,21	482,42	420,68	109,13
Porto da Folha	876,674	13,17	0,0	0,49	17,8	94,07	345,38	297,43	108,32	
<b>TOTAL</b>	<b>5437,567</b>	<b>67,64</b>	<b>0,0</b>	<b>1,02</b>	<b>15,17</b>	<b>160,63</b>	<b>730,18</b>	<b>2160,42</b>	<b>1720,41</b>	<b>582,09</b>

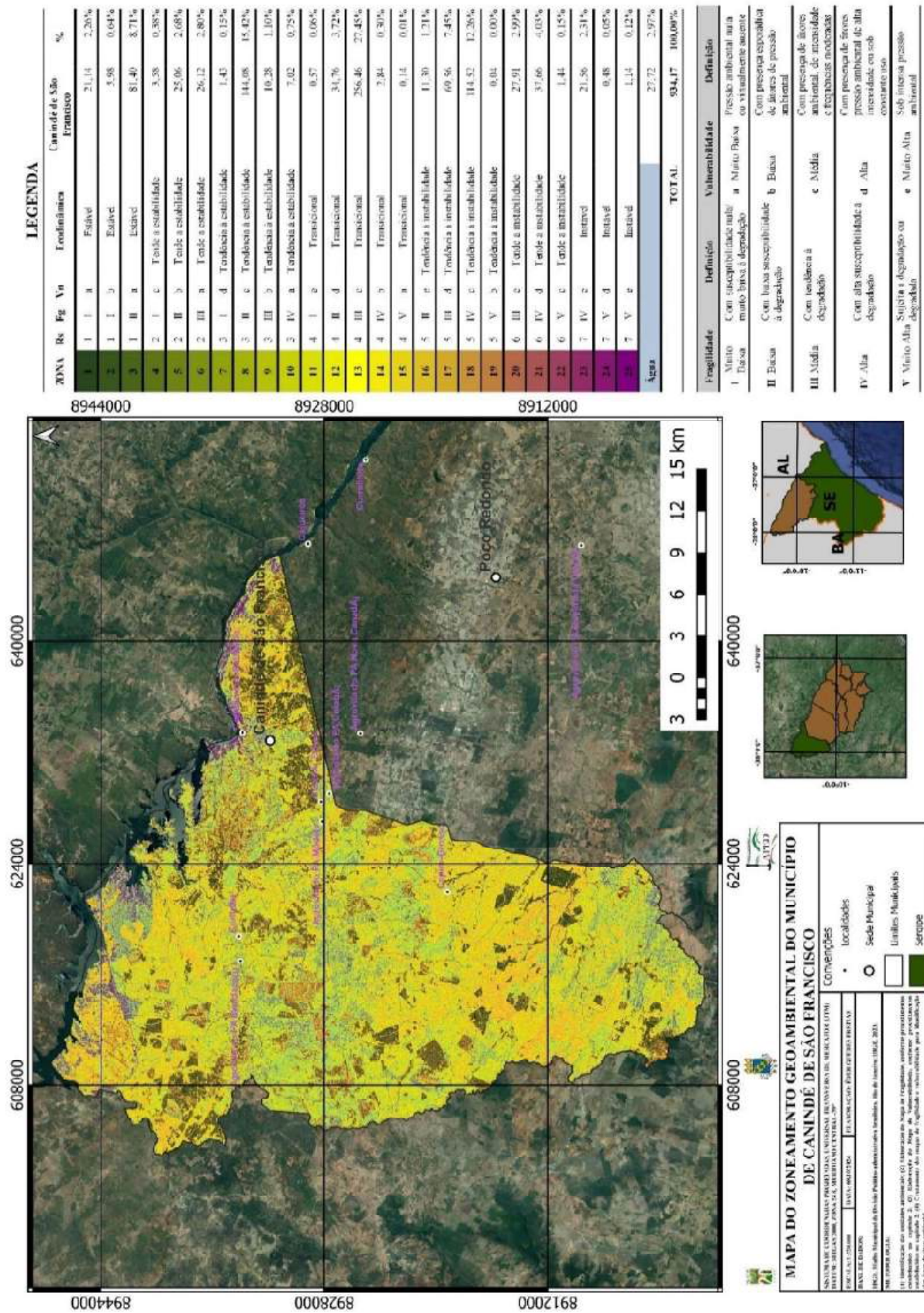
**VARIAÇÃO DOS VALORES DE FRAGILIDADE**

Sistema de Coordenadas Planas	Organização: ME Éder Guedes Freitas	DATA: 06/08/2023
Universal Transversa de Mercator	Legenda	
DATUM: SIRGAS 2000	● Sedes municipais	□ Limites municipais
Zona 24 S; Meridiano Central -39°	BASE DE DADOS:	
Escala: 1:500.000	IBGE. Malha digital do limites municipais. 2010.	

Carta elaborada por meio de álgebra de mapas em ambiente SIG. Para fim de elaboração da carta, foi realizada a subtração dos valores dos arquivos raster, contendo os valores de fragilidade obtidos através das metodologias da Ponderação dos indicadores e da Equação Universal de Perda de Solos (USLE). Os valores representados no mapa, indicam as diferenças entre os valores obtidos. As áreas representadas em tons de azul, indicam as áreas nas quais o método da Ponderação dos indicadores apresentou valores menores, em comparação à USLE. As áreas em tons de laranja e vermelho, indicam o inverso. Metodologias para obtenção dos valores de fragilidade estão nos capítulos 3 e 8.



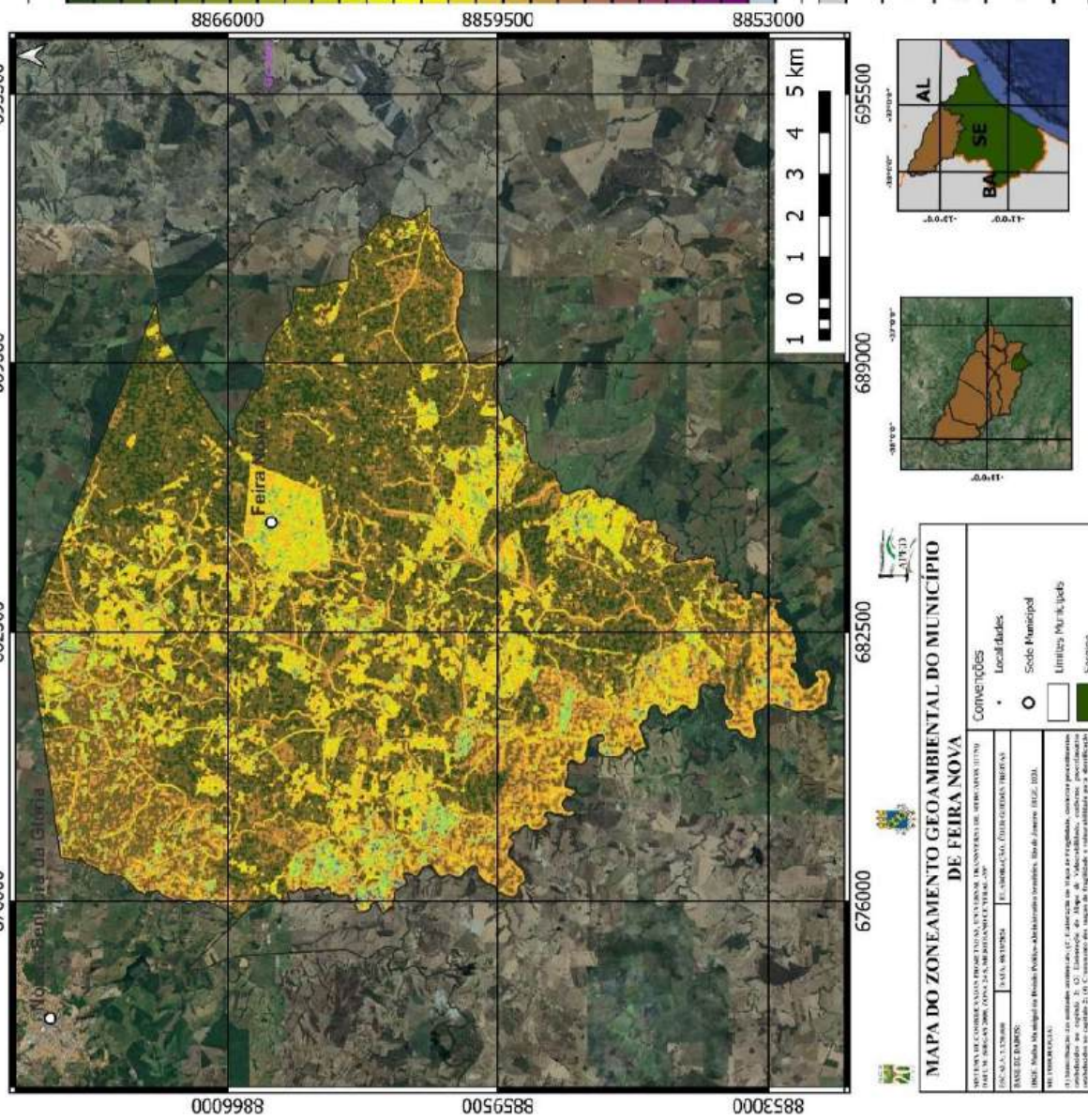
## APÊNDICE T- ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DE CANINDÉ DE SÃO FRANCISCO





APÊNDICE U – MAPA DO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DE FEIRA NOVA

ZONA	R\$	Pg	Vn	Endinâmica	Feira Nova	%
1	I	e	e	Estável	24,40	11,68%
2	I	b	b	Estável	2,09	1,14%
3	I	e	e	Estável	74,38	40,69%
4	2	I	c	Tende a estabilidade	1,24	0,67%
5	2	II	b	Tende a estabilidade	7,10	3,88%
6	2	III	c	Tende a estabilidade	17,96	9,80%
7	3	I	d	Tendência a estabilidade	0,79	0,42%
8	3	II	c	Tendência a estabilidade	15,44	8,41%
9	3	III	b	Tendência a estabilidade	2,10	1,15%
10	3	IV	a	Tendência a estabilidade	5,15	2,81%
11	4	I	e	Transicional	0,03	0,01%
12	4	II	d	Transicional	5,34	2,91%
13	4	III	c	Transicional	15,68	8,50%
14	4	IV	b	Transicional	0,94	0,51%
15	4	V	a	Transicional	0,06	0,03%
16	5	II	e	Tendência a instabilidade	0,45	0,24%
17	5	III	c	Tendência a instabilidade	2,87	1,57%
18	5	IV	c	Tendência a instabilidade	0,75	0,40%
19	5	V	b	Tendência a instabilidade	0,01	0,01%
20	6	III	e	Tende a instabilidade	0,60	0,33%
21	6	IV	d	Tende a instabilidade	1,07	0,58%
22	6	V	c	Tende a instabilidade	0,40	0,22%
23	7	IV	c	Instável	0,35	0,19%
24	7	V	d	Instável	0,06	0,03%
25	7	V	e	Instável	0,01	0,01%
<b>Água</b>					<b>0,80</b>	<b>0,44%</b>
<b>TOTAL</b>					<b>183,27</b>	<b>100,00%</b>



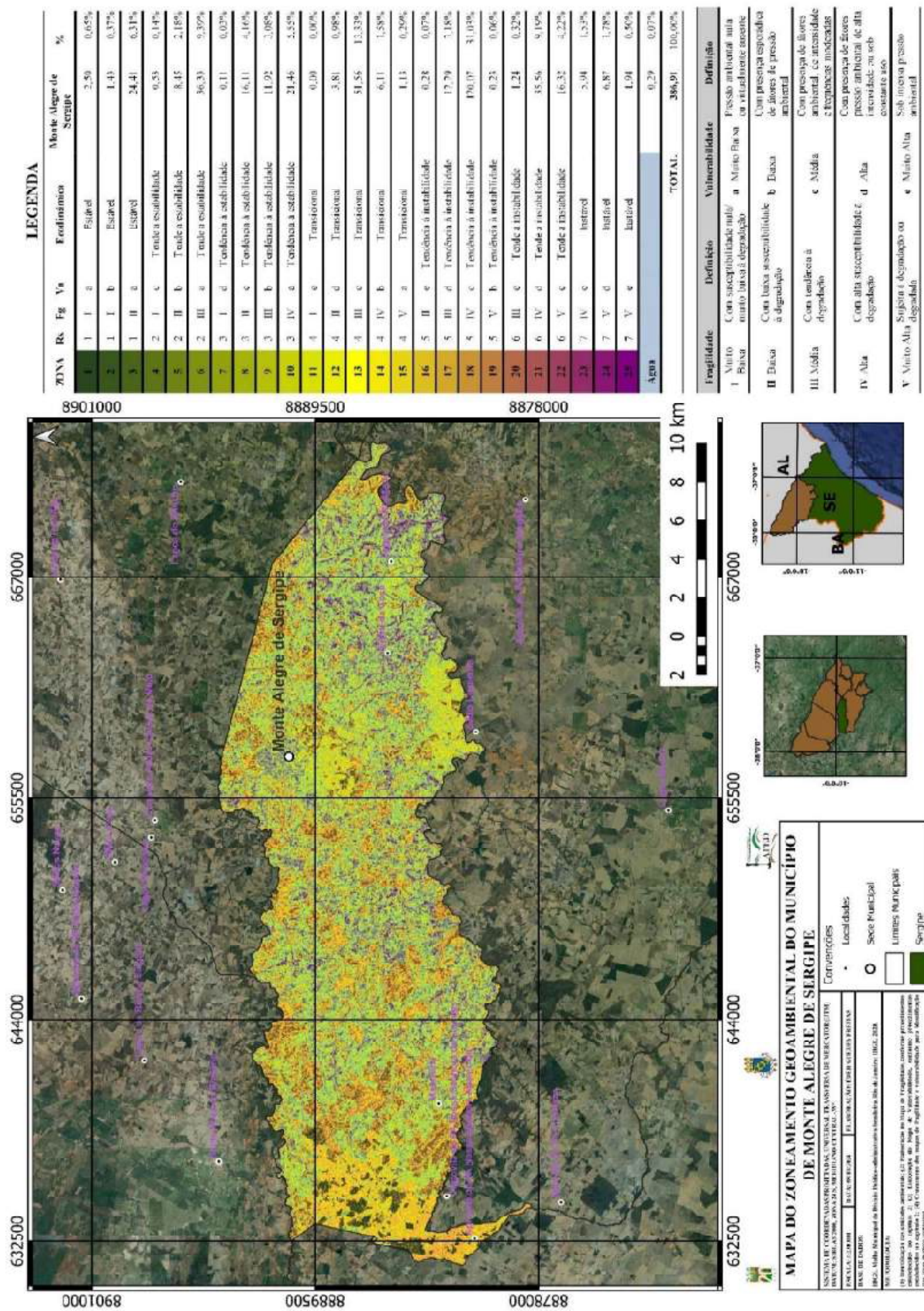
Fragmentação	Definição	Vulnerabilidade	Definição
I Muito Baixa	Com susceptibilidade nula para erosão e deslizamento	a Muito Baixa	Pressão ambiental nula ou virtualmente ausente
II Baixa	Com baixa susceptibilidade a deslizamento	b Baixa	Com pressão esporádica de fatores de pressão ambiental
III Médio	Com tendência a deslizamento	c Médio	Com pressão de fatores ambientais de intensidade e frequência moderadas
IV Alta	Com alta susceptibilidade a deslizamento	d Alta	Com pressão de fortes pressões ambientais de alta intensidade em sob constante uso
V Muito Alta	Sujeita a deslizamento ou Espalhado	e Muito Alta	Sob intensa pressão ambiental



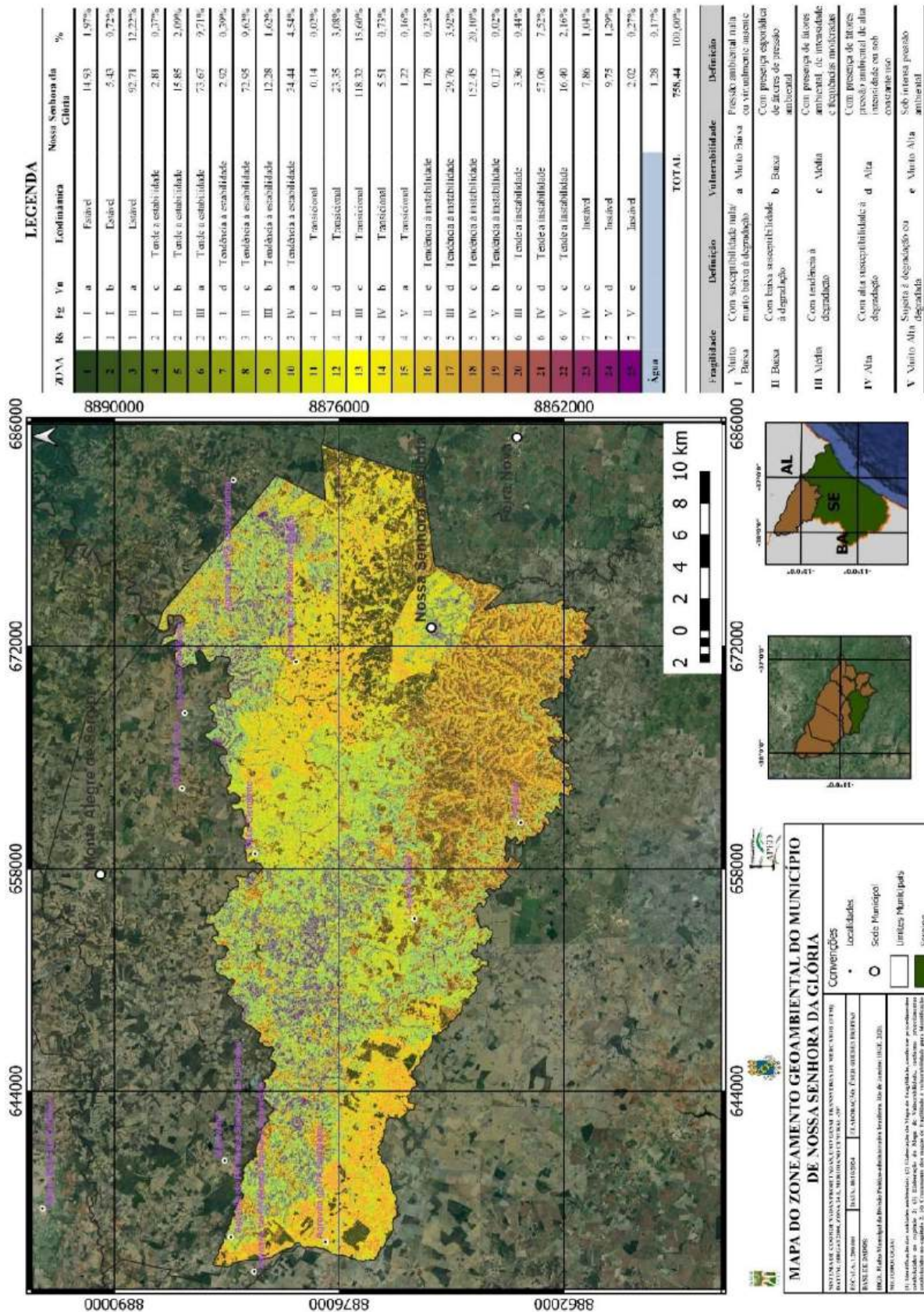




## APÊNDICE Z – MAPA DO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DE MONTE ALEGRE DE SERGIPE



## APÊNDICE AA – MAPA DO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DE NOSSA SENHORA DA GLÓRIA



**MAPA DO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DA GLÓRIA**

INSTITUIÇÃO: SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO, ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS - SEMPLAFIN  
 PROJETO: ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DA GLÓRIA  
 DATA: 2010  
 ELABORAÇÃO: FÉLIX ALEXANDRE DE SOUZA  
 ESCALA: 1:20000  
 RUA: Rua Municipal de Nossa Senhora da Glória - Avenida Brasil, 1200

**Convenções**

- Localidades
- Sede Municipal
- Limites Municipais
- Serpike

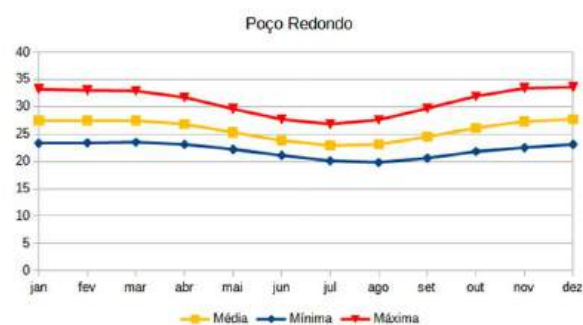
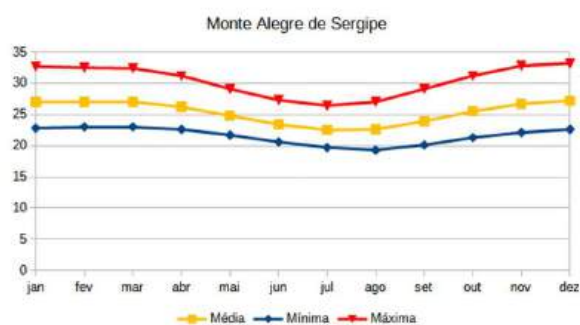
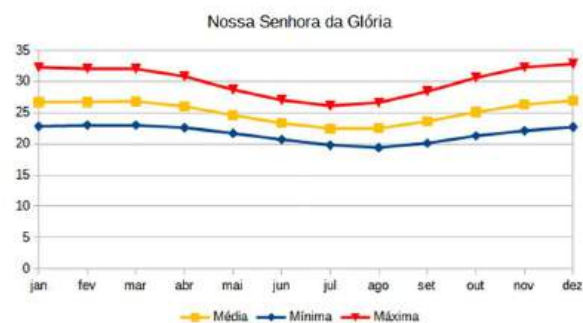
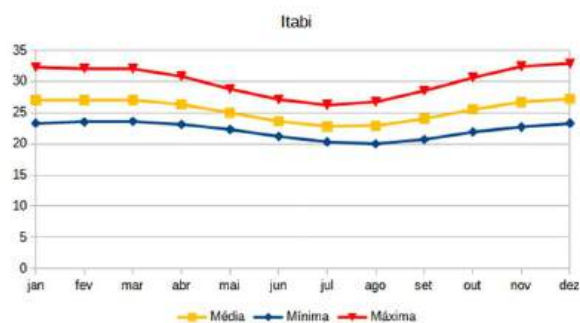
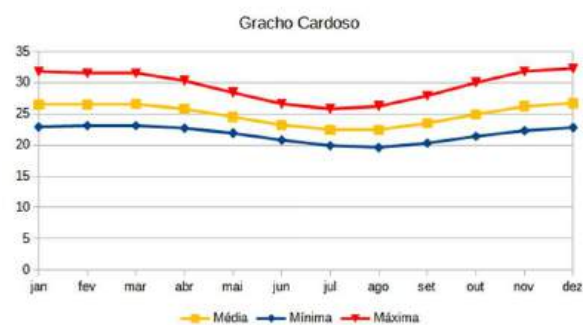
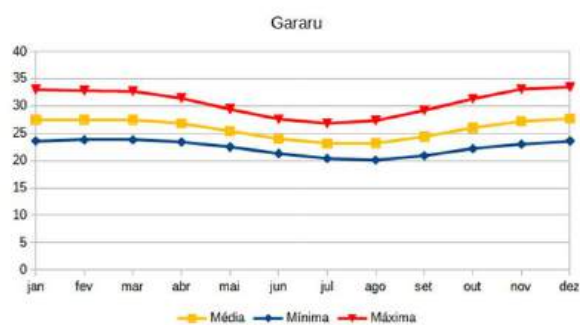
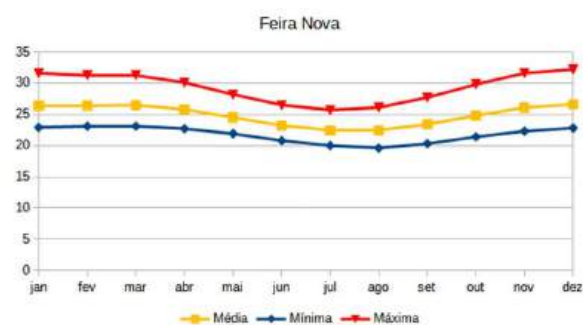
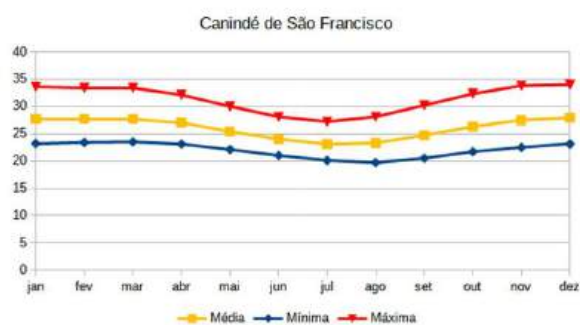
1) Este mapa foi elaborado sob o patrocínio do Conselho Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Município de Nossa Senhora da Glória, sob a coordenação do Conselho Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Município de Nossa Senhora da Glória. 2) O Conselho Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Município de Nossa Senhora da Glória.



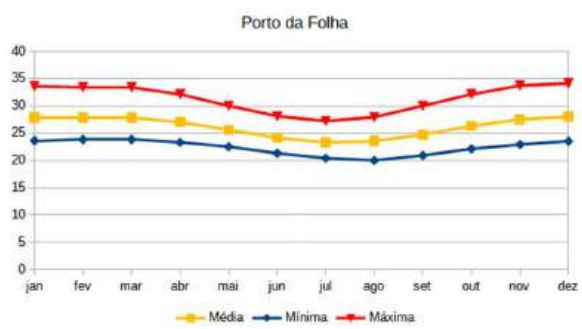




## APÊNDICE AD - TEMPERATURAS MÉDIAS DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO



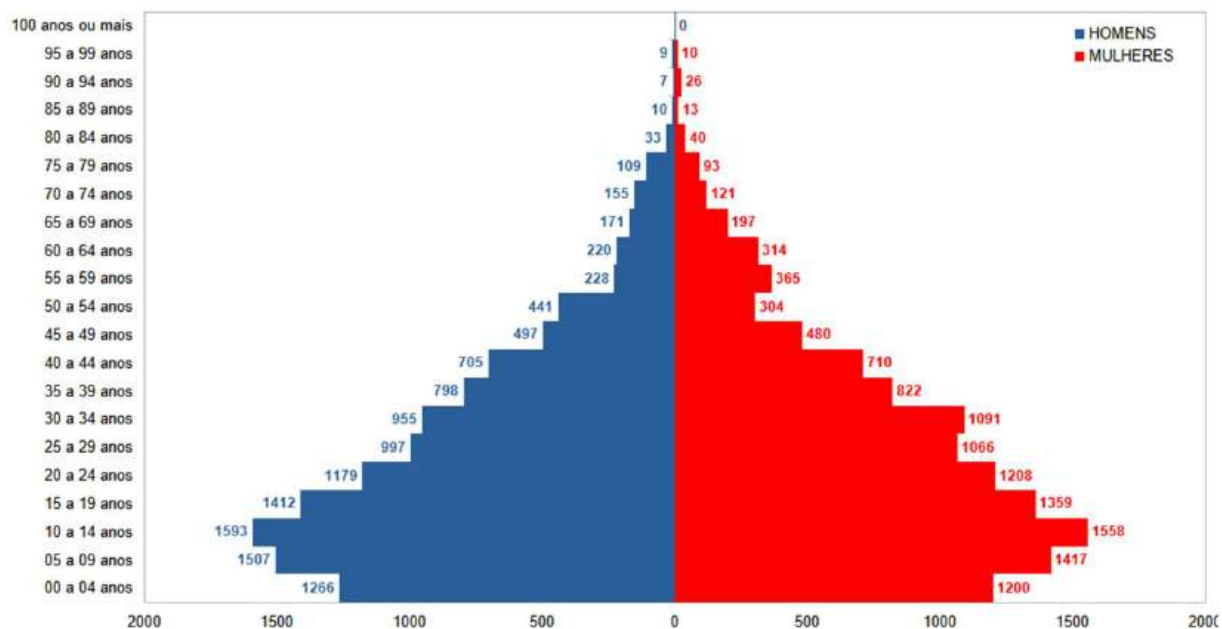
...Continua



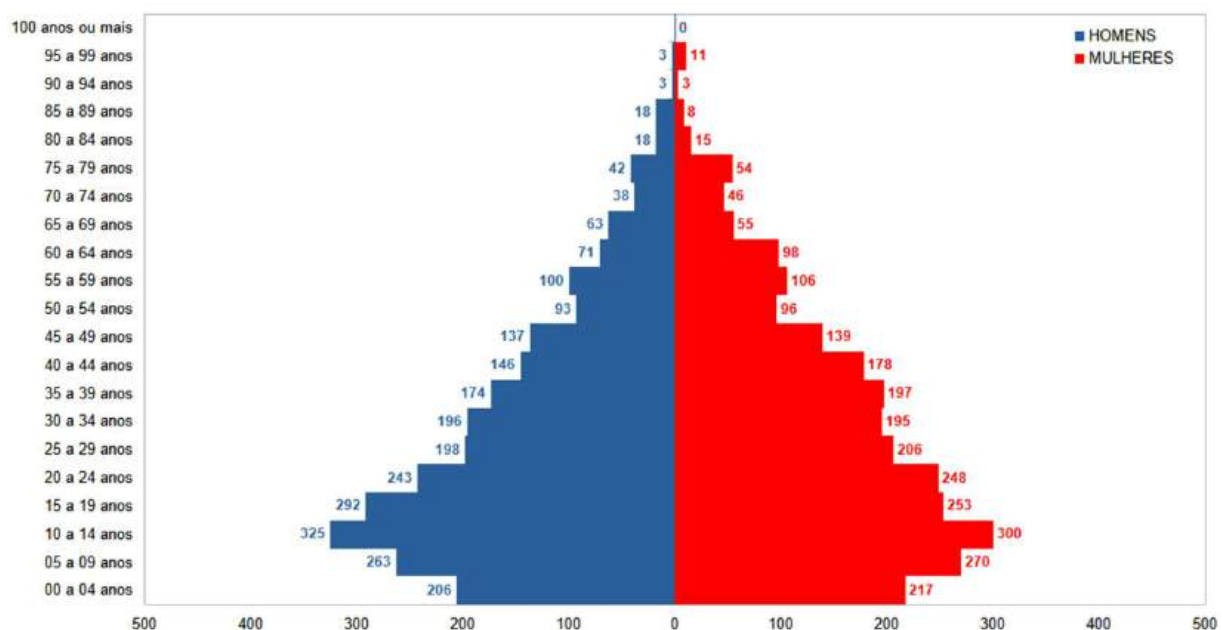
Fonte: Climate data.

## APÊNDICE AE – PIRÂMIDES ETÁRIAS MUNICIPAIS

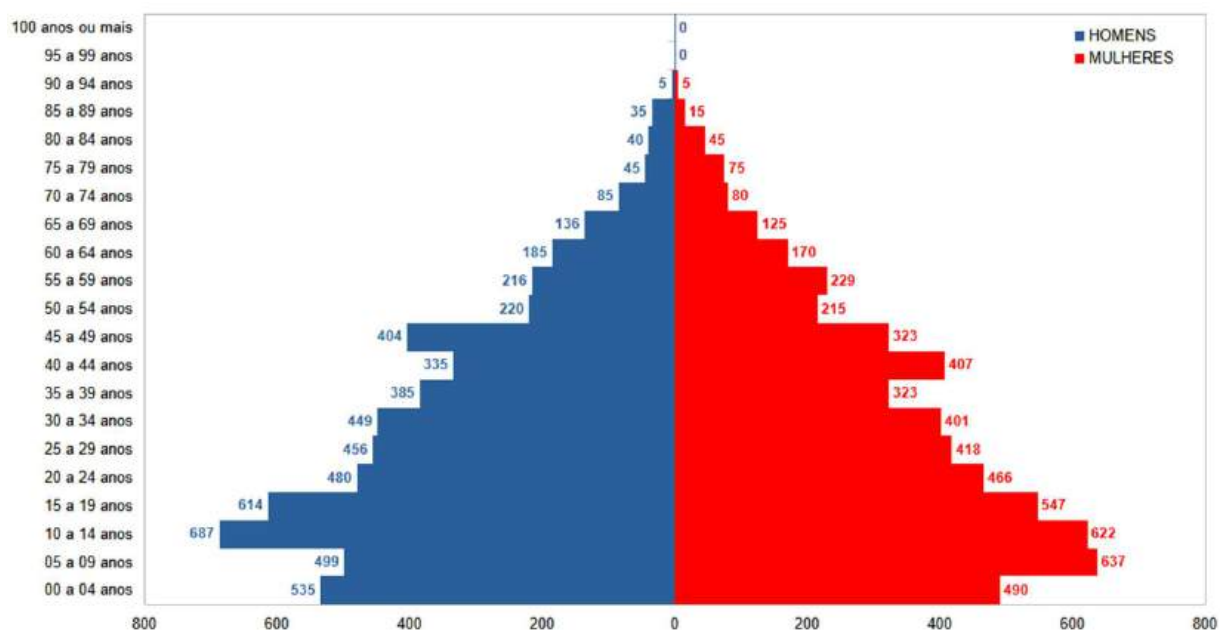
### a) Canindé de São Francisco



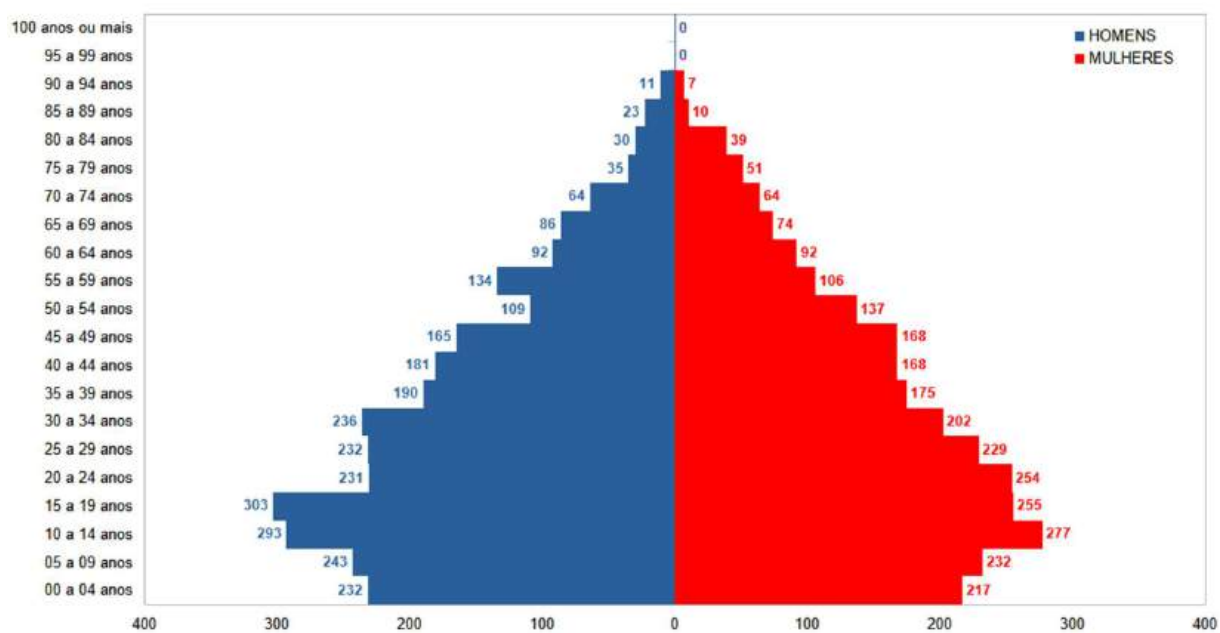
### b) Feira Nova



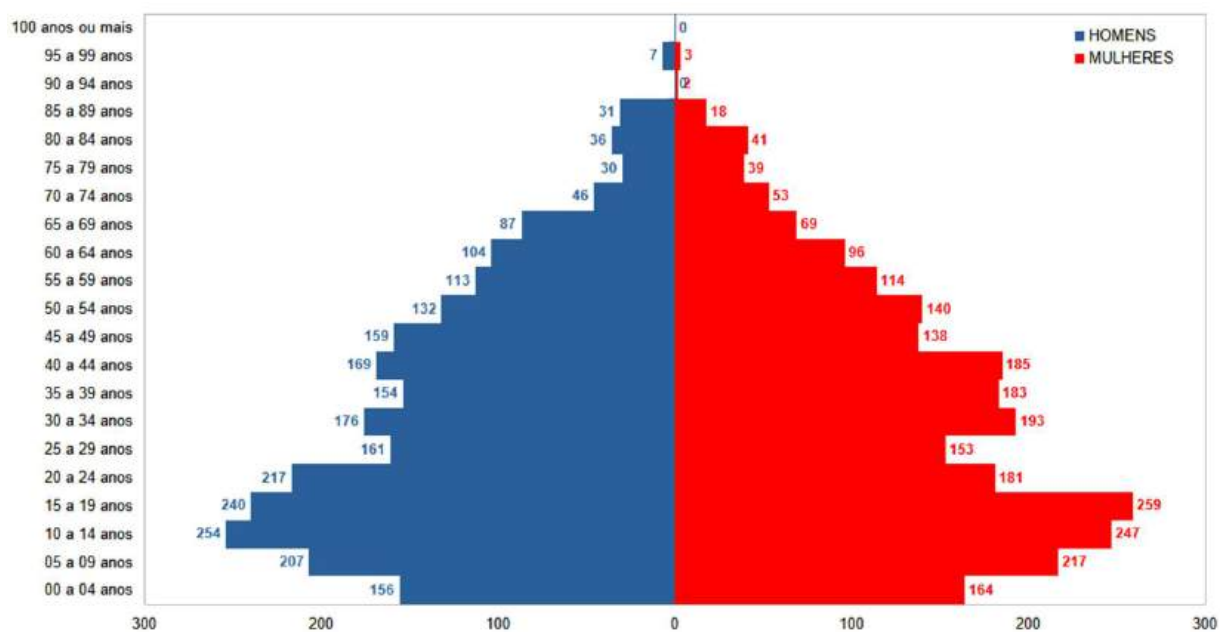
## c) Gararu



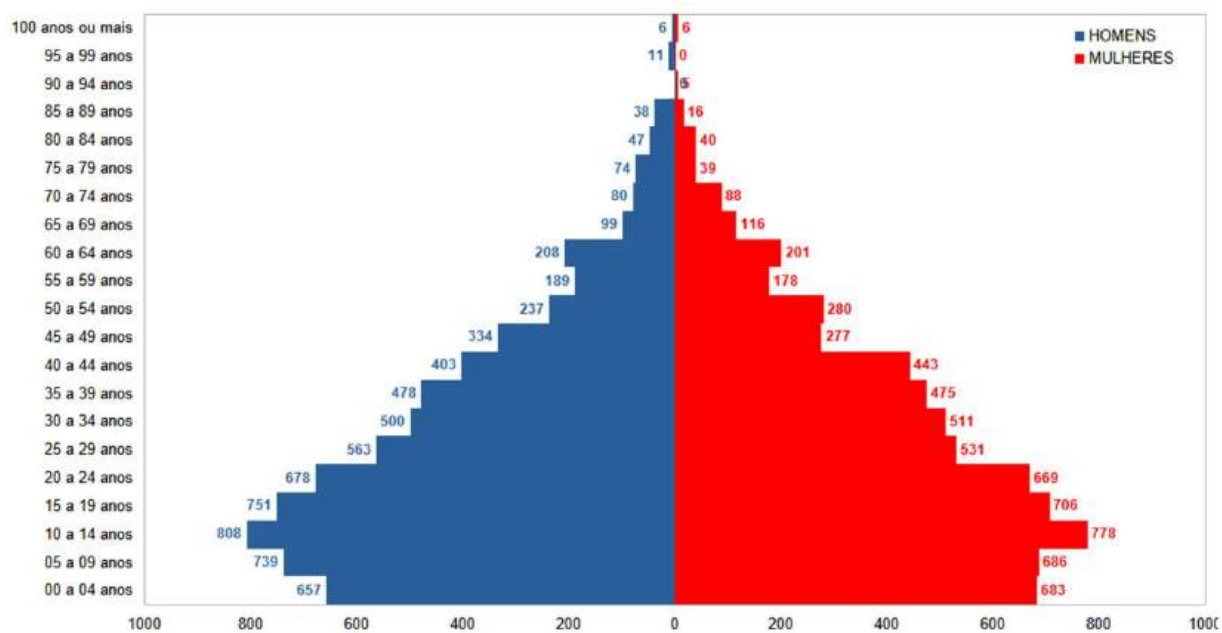
## d) Gracho Cardoso



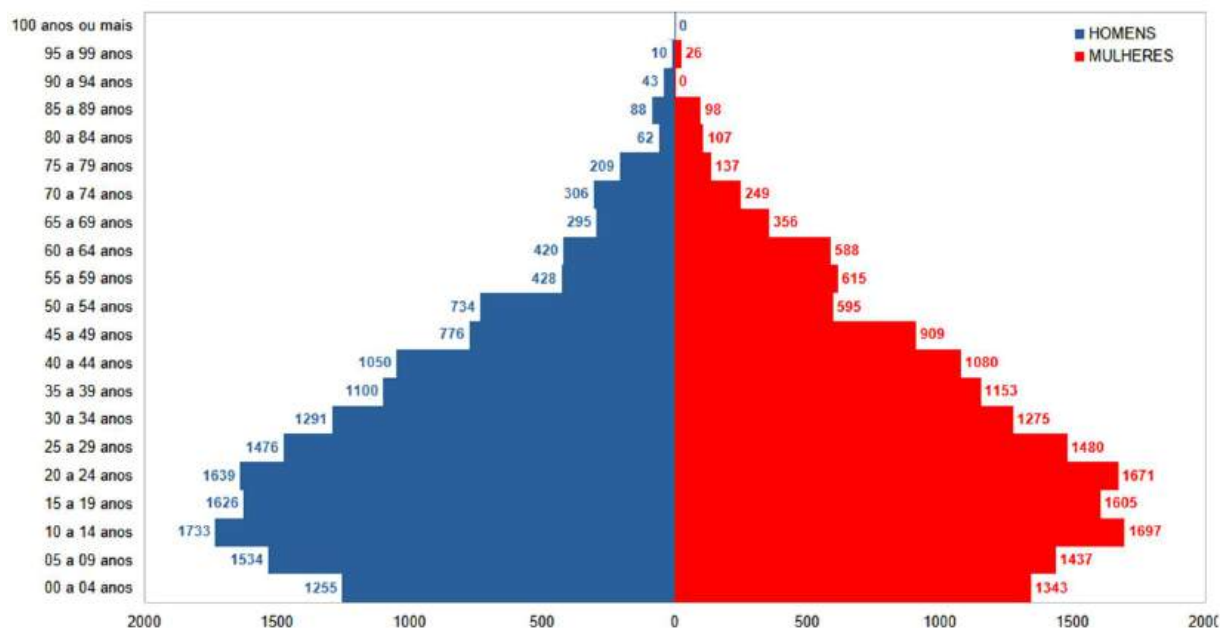
## e) Itabi



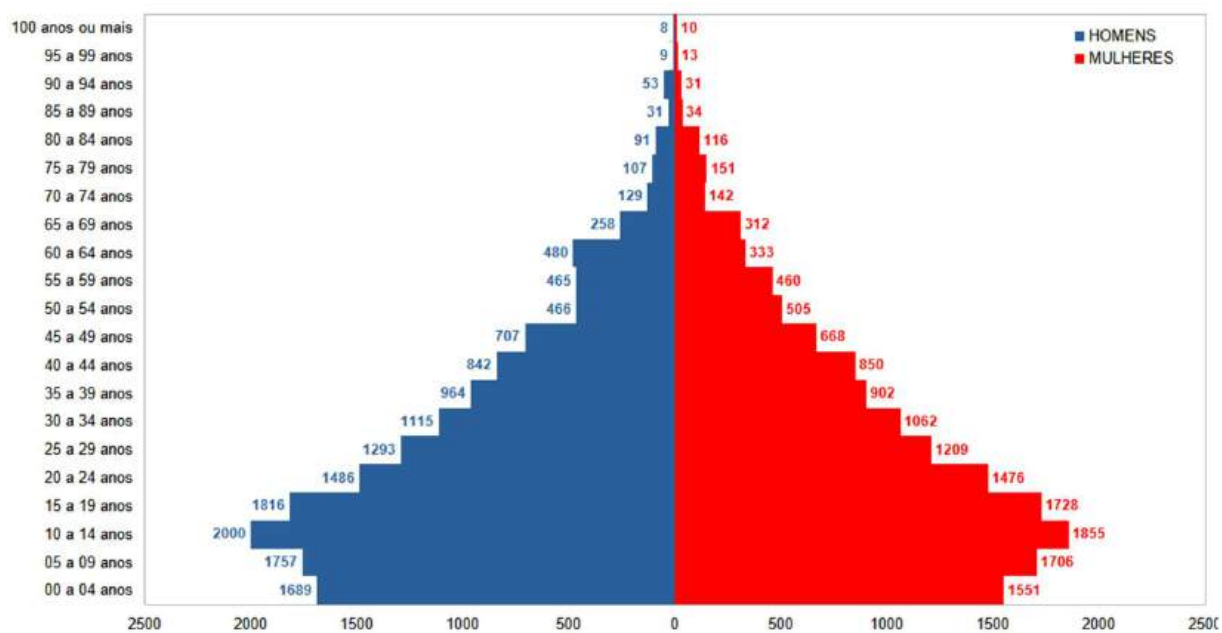
## f) Monte Alegre de Sergipe



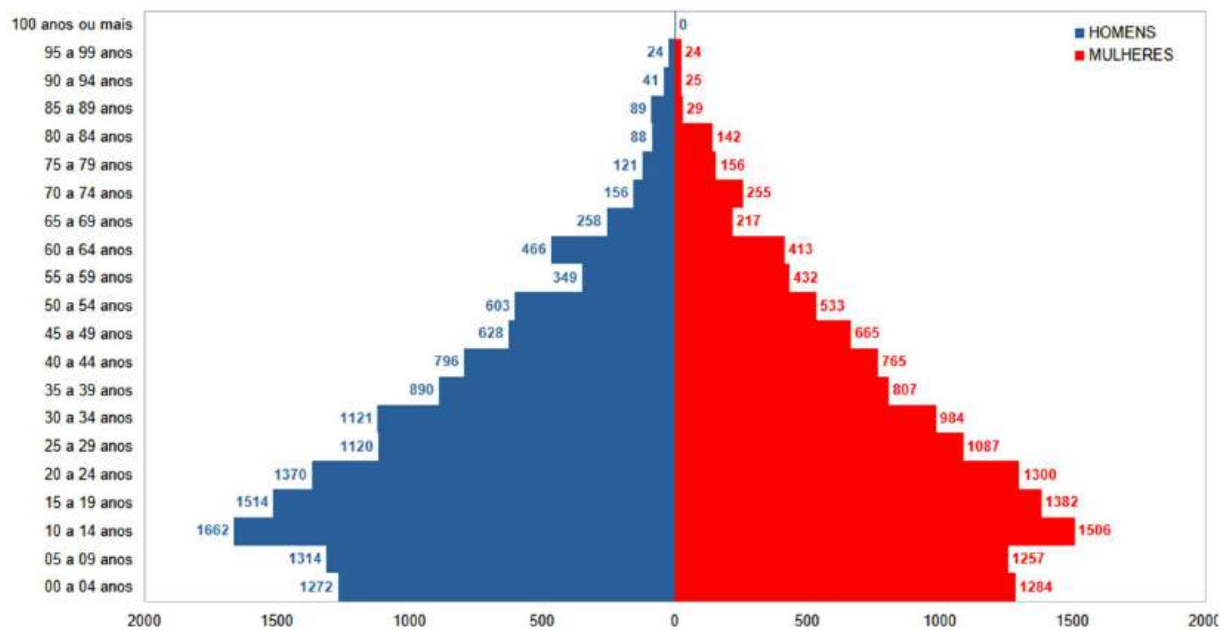
## g) Nossa Senhora da Glória



## h) Poço Redondo



## i) Porto da Folha



## APÊNDICE AF – DESTINAÇÃO DOS IMÓVEIS RURAIS

### a) Área total destinada às atividades agropecuárias (valores expressos em hectares - ha)

	Total	Produção de lavouras temporárias	Horticultura e floricultura	Produção de lavouras permanentes	Pecuária criação outros animais	eProdução de florestal florestas plantadas	Produção florestal florestas nativas	Pesca	Aquicultura
Canindé de São Francisco	49.965	6.317	693	200	42.524	0	0	0	0
Feira Nova	19.886	8.748	0	44	11.094	0	0	0	0
Gararu	46.153	8.014	0	0	38.075	0	0	0	15
Gracho Cardoso	21.759	3.438	0	0	18.081	0	0	0	13
Itabi	12.025	824	0	0	8.516	0	0	0	0
Monte Alegre de Sergipe	15.215	1.626	0	0	13.574	0	0	0	0
Nossa Senhora Glória	da60.419	14.065	0	0	46.223	0	0	0	0
Poço Redondo	88.008	13.175	801	449	72.376	0	0	0	0
Porto Folha	da56.698	5.709	35	58	50.841	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>370.128</b>	<b>61.916</b>	<b>1.529</b>	<b>751</b>	<b>301.304</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>28</b>

Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor (2024).

### b) Número de estabelecimentos por atividade

	Total	Produção de lavouras temporárias	Horticultura e floricultura	Produção de lavouras permanentes	Pecuária criação outros animais	eProdução de florestal florestas plantadas	Produção florestal florestas nativas	Pesca	Aquicultura
Canindé de São Francisco	1.229	248	95	34	844	6	1	0	1
Feira Nova	562	98	0	3	461	0	0	0	0
Gararu	2.253	414	6	3	1.815	0	0	0	15
Gracho Cardoso	942	150	1	11	769	4	0	0	7
Itabi	727	123	0	2	601	1	0	0	0
Monte Alegre de Sergipe	1.162	100	0	0	1.055	6	0	0	1
Nossa Senhora Glória	da2.992	638	0	2	2.347	5	0	0	0
Poço Redondo	4.077	937	212	105	2.787	30	0	6	0
Porto Folha	da2.647	353	9	10	2.268	5	0	0	2
<b>TOTAL</b>	<b>16.591</b>	<b>3.061</b>	<b>323</b>	<b>170</b>	<b>12.947</b>	<b>57</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>26</b>

Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor (2024).



## c) Área média destinada a atividade, por município

Total	Produção de lavouras temporárias	Horticultura e floricultura	Produção de lavouras permanentes	Pecuária criação outros animais	eProdução deflorestal florestas plantadas	Produção florestal florestas nativas	Pesca	Aquicultura
Canindé de São Francisco 40,66	25,47	7,29	5,88	50,38	0	0	0	0
Feira Nova 35,38	89,27	0	14,67	24,07	0	0	0	0
Gararu 20,49	19,36	0	0	20,98	0	0	0	1
Gracho Cardoso 23,1	22,92	0	0	23,51	0	0	0	1,86
Itabi 16,54	6,7	0	0	14,17	0	0	0	0
Monte Alegre de Sergipe 13,09	16,26	0	0	12,87	0	0	0	0
Nossa Senhora da Glória 20,19	22,05	0	0	19,69	0	0	0	0
Poço Redondo 21,59	14,06	3,78	4,28	25,97	0	0	0	0
Porto da Folha 21,42	16,17	3,89	5,8	22,42	0	0	0	0

Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor (2024).