REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/09/2025 - **Accepted:** 13/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/vvc7nh34
Pages: 1-18

APTIDÃO AGRÍCOLA E VULNERABILIDADE AMBIENTAL NO BAIXO TOCANTINS (PA): ANÁLISE INTEGRADA ATRAVÉS DE VARIÁVEIS EDAFOCLIMÁTICAS

AGRICULTURAL SUITABILITY AND ENVIRONMENTAL VULNERABILITY IN THE LOWER TOCANTINS (PA): INTEGRATED ANALYSIS THROUGH SOIL AND CLIMATIC VARIABLES

Samilly Lunara Moraes Ferreira
Engenheira Agrônoma, Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: samillylunara@gmail.com

Tatiane Farias de Almeida
Engenheira Agrônoma, Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: tatiane.ufpa23@gmail.com

Márcia de Almeida
Eng. Sanit. e Ambiental, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Brasil
E-mail: marcia.ufpaeng@gmail.com

Vandreia Medeiros Nogueira
Engenheira Agrônoma, Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: vandreiamedeiros@gmail.com

Kayque Cabral dos Santos
Graduando em agronomia, Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: Kayque.cabral08@gmail.com

Jean Victor Soares Duarte
Graduando em agronomia, Universidade Federal do Pará
E-mail: duartevictor028@gmail.com

Leandro de Jesus Baia
Licenciatura em Matemática, Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: leandrobaiasb@gmail.com

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/09/2025 - **Accepted:** 13/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/vvc7nh34
Pages: 1-18

André Alisson Rodrigues da Silva
Dr. Em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
Email: andre.ars@ufopa.edu.br

Valfredo Almeida Chaves
Doutor em Agronomia/Ciência dos Solso, Instituto Federal do Pará, Brasil
E-mail: valfredo.chaves@ifpa.edu.br

Larissa Hanna Oliveira dos Santos
Graduando em agronomia, Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: larissahannaoliveira@gmail.com

Mateus Mendes Teixeira
Engenheiro agrônomo, Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: mendesmateust@gmail.com

Evaldo Morais da Silva
Mestre em Produção Vegetal, Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: evaldomorais@ufpa.br

Resumo

A região do Baixo Tocantins, é umas das regiões que apresenta uma grande diversidade ambiental e socioeconômica, tornando-a objeto de estudos nas diferentes áreas do conhecimento. Esta região tem como base da economia a agricultura e a pecuária, apesar de apresentar um percentual considerável para cultivo de lavouras, boa parte dessa região apresenta restrições para implantação de lavouras, apresentando áreas com média e alta fragilidade ambiental. Nesse sentindo, avaliar a fragilidade ambiental da região, juntamente com as informações do potencial agrícola é de suma importância para mensurar o potencial agrícola da região, buscando, desta forma aliar produtividade e sustentabilidade. Assim, o uso de geotecnologia é uma das alternativas para esse tipo de análise que integra diferentes fatores. O estudo foi realizado na região do Baixo Tocantins, estado do Pará, na Amazônia brasileira, que tem 839.022 habitantes, formado por 11 municípios. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a capacidade agrícola e a suscetibilidade ambiental da microrregião do Baixo Tocantins. Para isso, foi utilizado técnicas de geoprocessamento e a integração dos componentes que são responsáveis para a determinação da fragilidade ambiental de uma determinada região. A análise integrada aponta que a região do Baixo Tocantins está sujeita a um duplo desafio: embora apresente significativo potencial agrícola em determinados municípios, apresenta acentuada vulnerabilidade ambiental devido a fatores edafoclimáticos e de uso do solo.

Palavras chaves: Geoprocessamento; Fragilidade emergente; Sustentabilidade.

Abstract

The Lower Tocantins region is one of the regions with great environmental and socioeconomic diversity, making it a subject of study in various fields. This region's economy is based on agriculture and livestock farming. Despite a considerable percentage of crop cultivation, much of it faces restrictions on crop planting, with areas of medium to high environmental fragility. Therefore,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/09/2025 - **Accepted:** 13/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/vvc7nh34
Pages: 1-18

assessing the region's environmental fragility along with information on agricultural potential is crucial to measuring its agricultural potential, seeking to combine productivity and sustainability. Therefore, the use of geotechnology is one alternative for this type of analysis, which integrates various factors. The study was conducted in the Lower Tocantins region, in the state of Pará, in the Brazilian Amazon, which has 839,022 inhabitants and is made up of 11 municipalities. The objective of this research was to assess the agricultural capacity and environmental susceptibility of the Lower Tocantins microregion. To achieve this, geoprocessing techniques and the integration of components responsible for determining the environmental fragility of a given region were used. The integrated analysis indicates that the Lower Tocantins region faces a dual challenge: although it has significant agricultural potential in certain municipalities, it is also highly vulnerable due to soil, climate, and land use factors.

Keywords: Geoprocessing; Emerging Fragility; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A região do Baixo Tocantins, no estado do Pará, apresenta uma das maiores diversidade tanto ecológica como socioeconômica da Amazônia. Há um histórico de colonização ribeirinha e extrativismo, com alta dominância da agricultura familiar e da atividade agroextrativista, além da expansão de cultivos comerciais e cadeias de pressão industriais, especialmente em locais como Barcarena e Abaetetuba. Estudos como os de Piraux et al. (2017), Almeida e Becker (2015), revelam que a diversidade socioespacial do território gera diferentes padrões de uso e ocupação do solo, incluindo tanto os padrões tradicionais quanto os processos de transformação acelerada, especialmente em várzeas e terra firme.

Nesse sentido, a análise da fragilidade ambiental é uma ferramenta básica para a compreensão do limiar e do potencial de uso dos recursos naturais. Ross (1994) propôs um modelo empírico de classificação da fragilidade do ambiente natural e antrópico, que tem sido amplamente aplicado em diferentes escalas territoriais. Pesquisas atuais, como por exemplo o mapeamento da Bacia Hidrográfica do Rio Aldeia Velha (CARVALHO et al., 2017), têm demonstrado que a superposição de fatores como declividade, solo, cobertura vegetal e precipitação pluvial permite identificar as áreas mais vulneráveis a processos de degradação.

Da mesma forma, a mensuração da aptidão agrícola é uma ferramenta de planejamento para o ordenamento do uso da terra, a fim de viabilizar a compatibilização das condições edafoclimáticas com sistemas de produção sustentáveis. Como pode ser observado em estudos realizados no Vale do

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/09/2025 - **Accepted:** 13/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/vvc7nh34
Pages: 1-18

Araguaia (DO VALE; ABDALA, 2023). Áreas de alta aptidão agrícola coincidem com ambientes frágeis e, portanto, precisam ser preservadas por meio de técnicas de manejo. Em terras amazônicas, o sensoriamento remoto e o geoprocessamento têm se mostrado recursos fundamentais para a análise integral, seja em estudos de zoneamento ecológico-econômico (CREPANI et al., 2001) ou na gestão territorial de municípios como Paragominas, no Pará (CARVALHO et al., 2017).

Outro componente essencial da avaliação da vulnerabilidade ambiental é a referência à intensidade da precipitação pluvial e sua associação com a perda de solo. Conforme descrito por Crepani (2004), extremos de precipitação e sazonalidade são as principais forças nos processos de erosão, especialmente onde os solos estão expostos e a cobertura vegetal é baixa. Portanto, a integração de dados climáticos, de uso da terra e do solo é fundamental para avaliar os riscos associados à atividade agrícola e à proteção ambiental.

Diante do exposto o objetivo desta pesquisa foi avaliar a capacidade agrícola e a suscetibilidade ambiental da microrregião do Baixo Tocantins (Pará) por meio de um processo integrativo para aspectos de solo, clima e uso da terra, relacionando os resultados de aptidão agrícola e os resultados de fragilidade emergente, definindo municípios e áreas prioritárias de acordo com o potencial de produção e risco de degradação ambiental, no âmbito das limitações expressas pelas mudanças climáticas e pelos processos socioeconômicos locais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

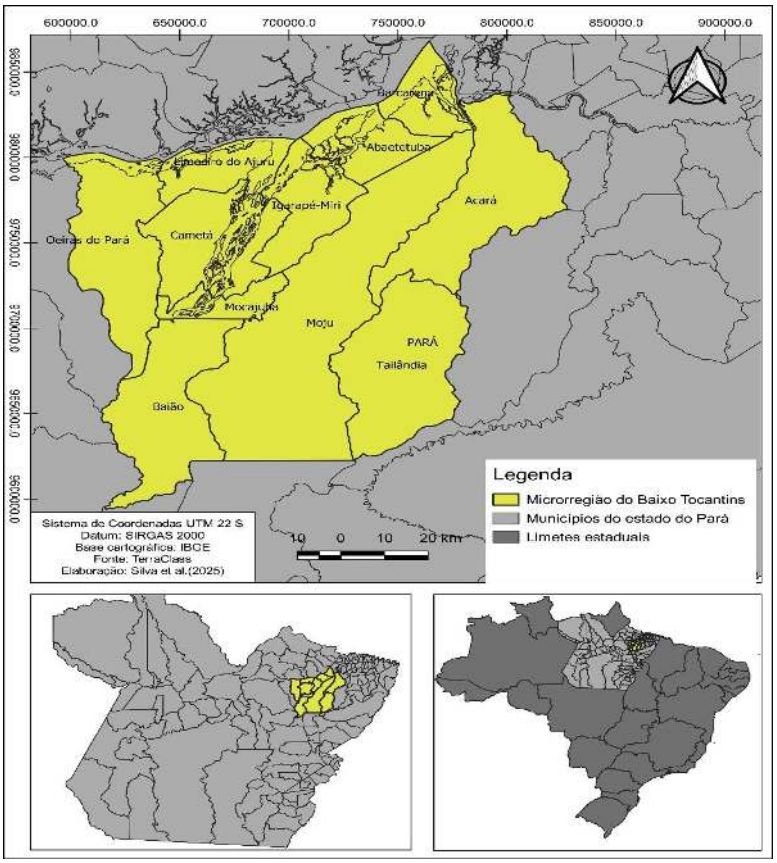
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na região do Baixo Tocantins, estado do Pará, na Amazônia brasileira, que tem 839.022 habitantes, formado por 11 municípios: Abaetetuba, Acará, Baião, Barcarena, Cametá, Igarapé-Miri, Limoeiro do Ajuru, Mocajuba, Moju, Oeiras do Pará e Tailândia (Figura 1). A região do Baixo Tocantins, situada no nordeste do estado do Pará, destaca-se como uma das mais antigas fronteiras de colonização do estado (PIRAUX et al., 2017).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/09/2025 - **Accepted:** 13/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/vvc7nh34
Pages: 1-18

Figura 1. Mapa de localização da área do estudo Microrregião do Baixo Tocantins-PA, 2025.



2.2 OBTENÇÃO DOS DADOS E CONFECÇÃO DOS MAPAS

Para a elaboração dos mapas finais, foram produzidos diversos mapas intermediários. A definição das classes de fragilidade ambiental baseou-se em diferentes atributos, considerados como planos de informação (PI): precipitação média anual (mm/ano), declividade do terreno (%), classes de solo e uso e cobertura da terra obtidos. Os mapas originais passaram por um processo de reclassificação, utilizando limites previamente estabelecidos e organizados de forma hierárquica, possibilitando a sobreposição e a integração dos diferentes PI no diagnóstico da fragilidade ambiental. Todas as análises foram realizadas no software Qgis Desktop v.3.11.16.

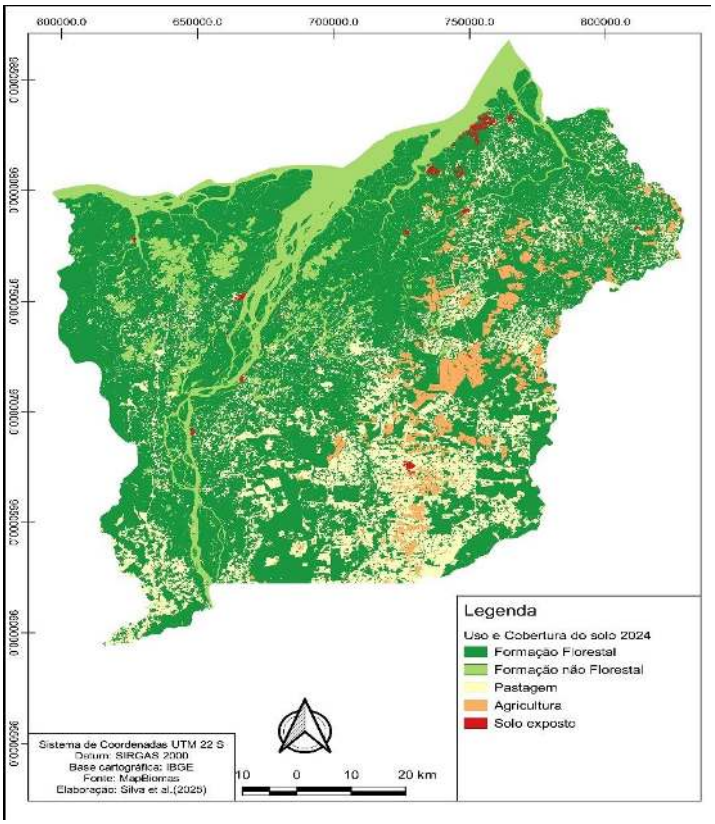
Para a elaboração do mapa de uso e cobertura do solo para a área de estudo foram utilizados os dados do Mapbiomas (coleção 10, do ano de 2024) -

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/09/2025 - **Accepted:** 13/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/vvc7nh34
Pages: 1-18

produto elaborado a partir das imagens do satélite Landsat, sensor OLI, com resolução espacial de 30 metros, em seguida foi feito a reclassificação (Figura 02).

Figura 2. Mapa de uso e cobertura do solo.



Fonte: Mapbiomas (2024)

A partir das reclassificações encontradas, foram atribuídas pontuações às classes Tabela 1, conforme proposta por Ross (1994).

Tabela 1. Grau de proteção ambiental segundo o uso e cobertura do solo na Microrregião do Baixo Tocantins (2024).

Uso e cobertura do solo	Área (km^2)	Pontuação	Grau de proteção
Formação florestal	23.102,993	1	Muito alto
Formação não florestal natural	4.361,745	2	Alto
Pastagem	6.527,567	3	Média
Agricultura	1.677,882	4	Baixa
Solo exposto	179,244	5	Muito Baixa

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/09/2025 - **Accepted:** 13/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/vvc7nh34
Pages: 1-18

Os registros pluviométricos utilizados nesta pesquisa foram obtidos a partir de dados históricos de precipitação média, ou Normais Climatológicas Brasileiras, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022). Para garantir a continuidade e a integralidade dos dados, foram selecionadas as estações meteorológicas do estado do Pará com séries históricas contínuas e completas.

Utilizando esses dados pontuais, foi realizada a interpolação espacial utilizando o método IDW (Inverse Distance Weighting), que permitiu obter uma estimativa da precipitação média na área de estudo com base na proximidade das estações. Isso foi possível para gerar mapas de precipitação anuais e sazonais válidos, que serviram de base para classificar a vulnerabilidade pluviométrica das regiões, utilizando as faixas propostas por Crepani (2004) e calibradas na escala de Ross (1994).

O comportamento da precipitação nos locais de estudo foi comparado tanto com a precipitação média anual quanto com sua sazonalidade. Para fins de padronização, os valores anuais foram convertidos em intensidades médias mensais e classificados de acordo com as faixas de vulnerabilidade indicadas por Crepani (2004).

Para simplificar a interpretação, utilizou-se a classificação de vulnerabilidade de Ross (1994), com cinco classes de muito baixa (1) a muito alta (5). Para tanto, áreas com precipitação anual de 1.000 mm (≈80 mm/mês) e distribuição relativamente uniforme ao longo do ano foram avaliadas como de muito baixa a baixa vulnerabilidade (classes 1 e 2). Regiões com precipitação anual entre 1.501 e 2.500 mm (≈126–208 mm/mês), com variabilidade sazonal e ocorrências mais frequentes de grandes eventos, foram classificadas nas classes 3 e 4, que são intermediárias a altas. Por fim, áreas com volumes médios anuais de precipitação superiores a 2.500 mm (≈208 mm/mês) e chuvas intensas foram consideradas extremamente vulneráveis (classe 5), devido à imprevisibilidade da precipitação e à ocorrência de eventos extremos.

A Tabela 2 consolida essas classes de vulnerabilidade, combinando os valores numéricos de Crepani (2004) e a padronização de Ross (1994), a fim de tornar possível um estudo comparativo direto das diferentes condições de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/09/2025 - **Accepted:** 13/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/vvc7nh34
Pages: 1-18

precipitação da área. Assim para área de estudo que apresentou intensidade pluviométrica de 445-478 mm/mês, está classificada como muito alta.

O mapa de precipitação não foi representado por possuir um valor de superfície contínua para toda a área de estudo, pontuação 5.

Tabela 2. Classes de vulnerabilidade, integrando as faixas numéricas de Crepani e a padronização de Ross, 2025

Níveis hierárquicos	Vulnerabilidade	Precipitação anual (mm/ano)	Intensidade média mensal (mm/mês)	Observações
1	Muito baixa	<=1000	<=80	Distribuição regular ao longo do ano.
2	Baixa	1001 - 1500	81 – 125	Distribuição relativamente uniforme.
3	Moderada	1501 - 2000	126 - 167	Pequenas irregularidades sazonais.
4	Alta	2001 - 2500	168 - 208	Distribuição irregular com picos intensos.
5	Muito Alta	>2500	>200	Distribuição anual desigual, eventos extremos ou semiárido com irregularidade

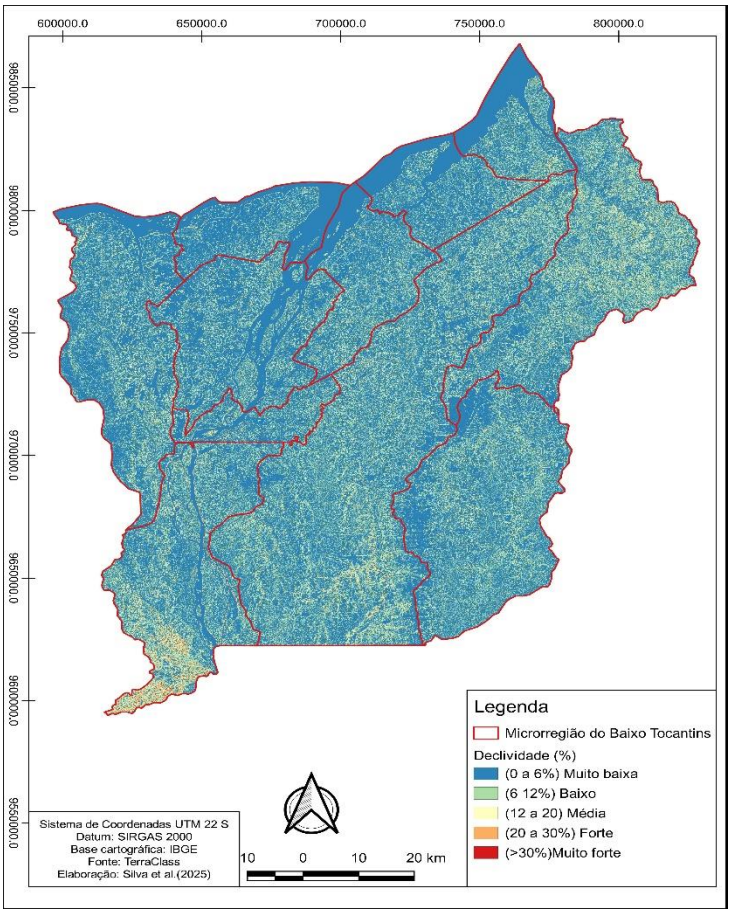
Fonte: Adaptado de Crepani (2004) e Ross (1994).

Os dados de declividade foram derivados a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido por meio do plugin OpenTopography no software QGIS. O MDE, com resolução espacial de 30 metros, foi baixado a partir da base de dados disponibilizada pelo portal OpenTopography. A partir do MDE, foi gerado o mapa de declividade por meio da ferramenta “Slope” (Declividade) do QGIS, que calcula a inclinação do terreno em porcentagem (%) a partir das variações altimétricas entre os pixels vizinhos Figura 3.

Figura 3. Mapa de declividade (%) da microrregião do Baixo Tocantins-PA.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/09/2025 - **Accepted:** 13/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/vvc7nh34
Pages: 1-18



Fonte: elaborado pelos autores (2025)

Em seguida foi feito a classificação da declividade segundo definido pela Embrapa (1979), no qual foi categorizado em 5 classes de relevo (0 a 3% (relevo plano); 3 a 8% (relevo suave ondulado); 8 a 20% (relevo ondulado); 20 a 45% (fortemente ondulado) e > 45% (relevo montanhoso).

Após a classificação foi feita uma reclassificação utilizando a ferramenta r.reclass do Qgis, essa nova classificação foi baseada nas classes definidas por Ross (1994) onde adotou-se classes hierárquica variando de 1 muito baixa a 5 muito forte a fragilidade, conforme observado na Tabela 3. Ross (1994) afirma que áreas com menor declividade são menos suscetíveis à degradação ao contrário áreas com relevo montanhoso apresenta grande fragilidade.

Tabela 3 - Classes de fragilidade de declividade do relevo n Microrregião do Baixo Tocantins.

Declividade (%)	Níveis hierárquicos	Área (km^2)	Classes de fragilidade

REMUNOM
ISSN 2178-6925

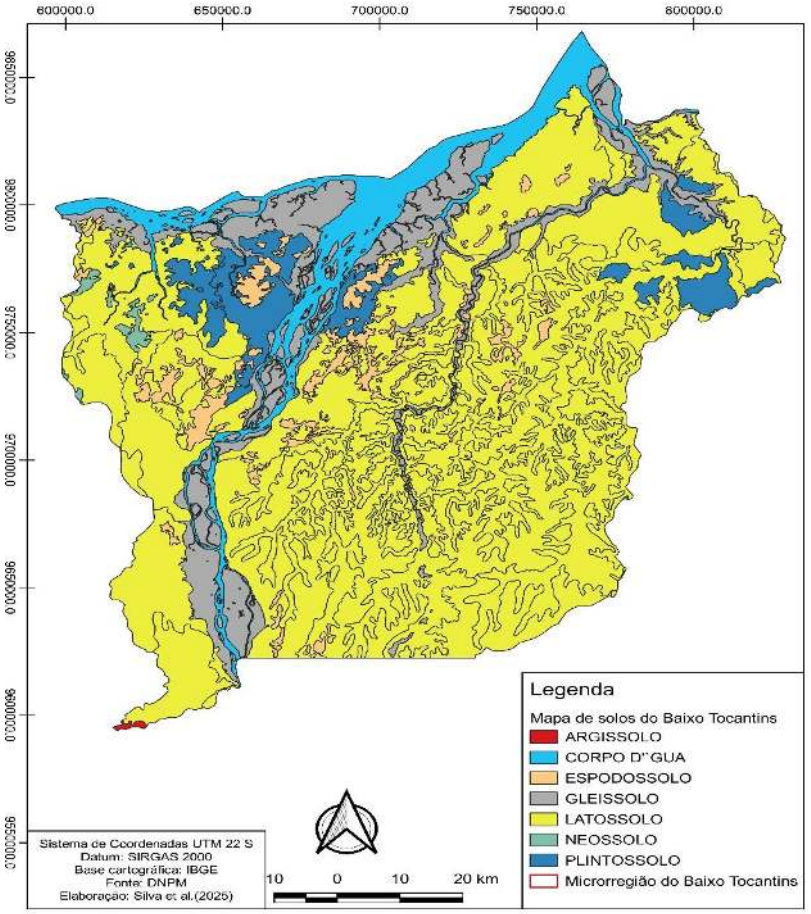
Received: 14/09/2025 - **Accepted:** 13/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/vvc7nh34
Pages: 1-18

0 a 6	1	11.633,143	Muito baixa
6 a 12	2	16.880,948	Baixo
12 a 20	3	6.876,00	Média
20 a 30	4	423,008	Forte
>30	5	2,076	Muito Forte

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Os dados referentes à distribuição dos tipos de solos da área de estudo foram obtidos a partir do acervo cartográfico disponibilizado no Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), originalmente produzido pelo antigo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) Figura 4.

Figura 4. Mapa com os tipos de solos encontrados na microrregião do Baixo Tocantins.



O arquivo vetorial em formato shapefile foi importado e processado no software QGIS. Inicialmente, realizou-se o recorte da camada para os limites da microrregião do Baixo Tocantins. Em seguida, os dados foram reprojetados para o sistema de coordenadas UTM, fuso 22S,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/09/2025 - **Accepted:** 13/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/vvc7nh34
Pages: 1-18

datum SIRGAS 2000, e classificados conforme as unidades pedológicas (Argissolo, Espodossolo, Gleissolo, Latossolo, Neossolo e Plintossolo). Posteriormente, cada unidade foi simbolizada com cores distintas e identificada em legenda própria, gerando o mapa final de solos da área de estudo.

Além disso, cada tipo de solo foi classificado quanto à sua fragilidade, atribuindo-se pesos de 1 a 5 conforme a metodologia de Ross (1994), onde 1 representa solo de baixa fragilidade e 5 solos de alta fragilidade. Esses pesos foram utilizados para ponderar a suscetibilidade à degradação ambiental em cada unidade de solo Tabela 4.

Tabela 4 - Classes de fragilidade e tipos de solo encontrados na microrregião do Baixo Tocantins.

Tipos de solos	**Área km²**	**Pontuação**	**Classes de fragilidade**
Argissolos	20,642	3	Média
Espodossolos	1.426,6	5	Muito Forte
Gleissolos	4.320,4	5	Muito forte
Latossolo	24.961,652	1	Muito baixa
Plintossolos	2.034,27	5	Muito forte
Neossolos	156,903	5	Muito forte
Corpo D'água	2.934,460	2	Baixo

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

A integração dos dados foi realizada por meio da álgebra de mapas, conforme metodologia proposta por Valle, Francelino e Pinheiro (2016), resultando na elaboração do mapa de fragilidade emergente e Potencial. Posteriormente, os valores de fragilidade emergente foram reclassificados de acordo com os intervalos definidos para cada categoria Tabela 5.

Tabela 5. Pontuação dos critérios adotados e definição das classes de Fragilidade Potencial e Emergente.

Pontuações Pe	**P+**	**D+**	**Fragilidade Potencial**	**U**	**Fragilidade Emergente**	**Descrição das classes**
1	1	1	03	1	4	Muito Baixa

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/09/2025 - **Accepted:** 13/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/vvc7nh34
Pages: 1-18

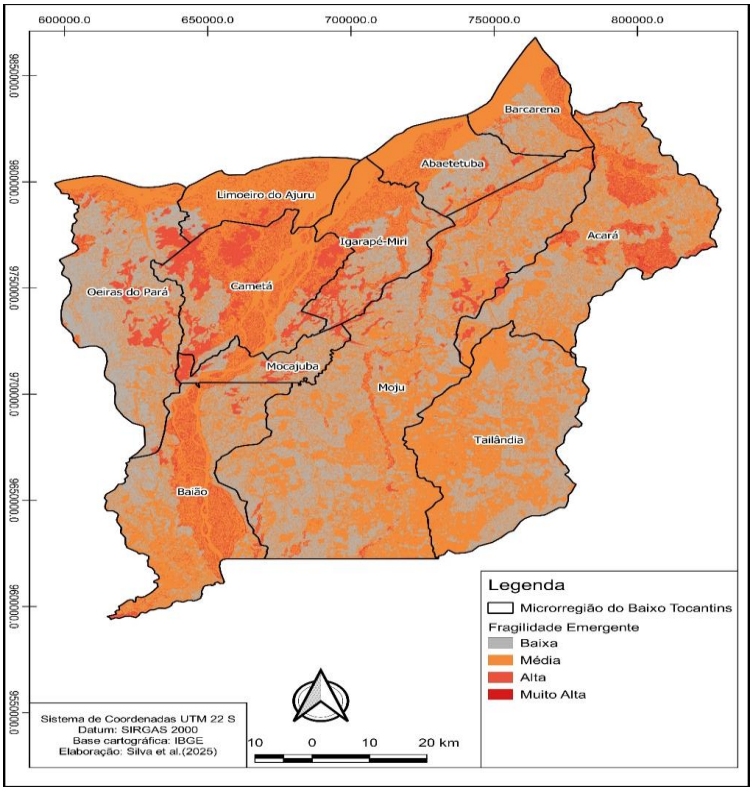
2	2	2	4 a 6	2	4 a 8	Baixa
3 +	3 +	3 =	7 a 9 +	3 =	8 a 12	Média
4	4	4	13 a 16	4	12 a 16	Alta
5	5	5	17 a 20	5	16 a 20	Muito alta

Soma das pontuações: P = Pluviosidade; D= Declividade; Pe= Pedologia; U= uso e Cobertura do solo.

3. Resultados e Discussão

Na (Figura 5 e Tabela 6), são apresentados a distribuição espacial e os percentuais de fragilidade emergente para microrregião do Baixo Tocantins. A análise integrada da aptidão agrícola e da fragilidade emergente evidencia um quadro de elevado potencial produtivo, mas acompanhado de riscos ambientais significativos.

Figura 5. Mapa de Fragilidade Emergente microrregião do Baixo Tocantins-PA.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O mapa de fragilidade emergente (Figura 5) demonstra que a maior parte da região se enquadra na classe média (58,89%), seguida pelas classes baixa (29,12%), alta (11,94%) e uma fração residual de muito alta (0,06%) (Tabela 6). Esse padrão indica que, embora exista relativa resiliência natural, pressões

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/09/2025 - **Accepted:** 13/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/vvc7nh34
Pages: 1-18

decorrentes do uso e ocupação do solo podem agravar a vulnerabilidade ambiental. Resultados semelhantes foram descritos por Crepani et al. (2001), que destacam que áreas de fragilidade média são particularmente sensíveis a transformações antrópicas, podendo rapidamente evoluir para estágios de degradação quando submetidas a usos intensivos.

Tabela 6. Áreas da classe de fragilidade ambiental Emergente (FE).

Classes Fragilidade Emergente	(Área %)
Baixa	29,12
Média	58,89
Alta	11,94
Muito alta	0,06
Total	100,00

Descrição do percentual classe Fragilidade emergente.

No que se refere à aptidão agrícola (Figura 6; Tabela 7), verifica-se que municípios como Tailândia, Moju, Mocajuba, Baião e Abaetetuba apresentam percentuais elevados de áreas classificadas como aptas para lavouras no nível de manejo C (classes 1(ab)C e 1(b)C), indicando bom potencial produtivo. Por outro lado, municípios como Cametá, Igarapé-Miri e Limoeiro do Ajurú possuem maior proporção de áreas restritas ou aptas apenas para pastagens (classes 3 e 4). Esse contraste espacial sugere que, embora a região possua potencial agrícola considerável, a pressão sobre solos frágeis e de baixa aptidão pode intensificar processos de degradação. Segundo a Embrapa (2006), a compatibilização entre aptidão agrícola e capacidade de suporte ambiental é essencial para garantir sustentabilidade no uso do território.

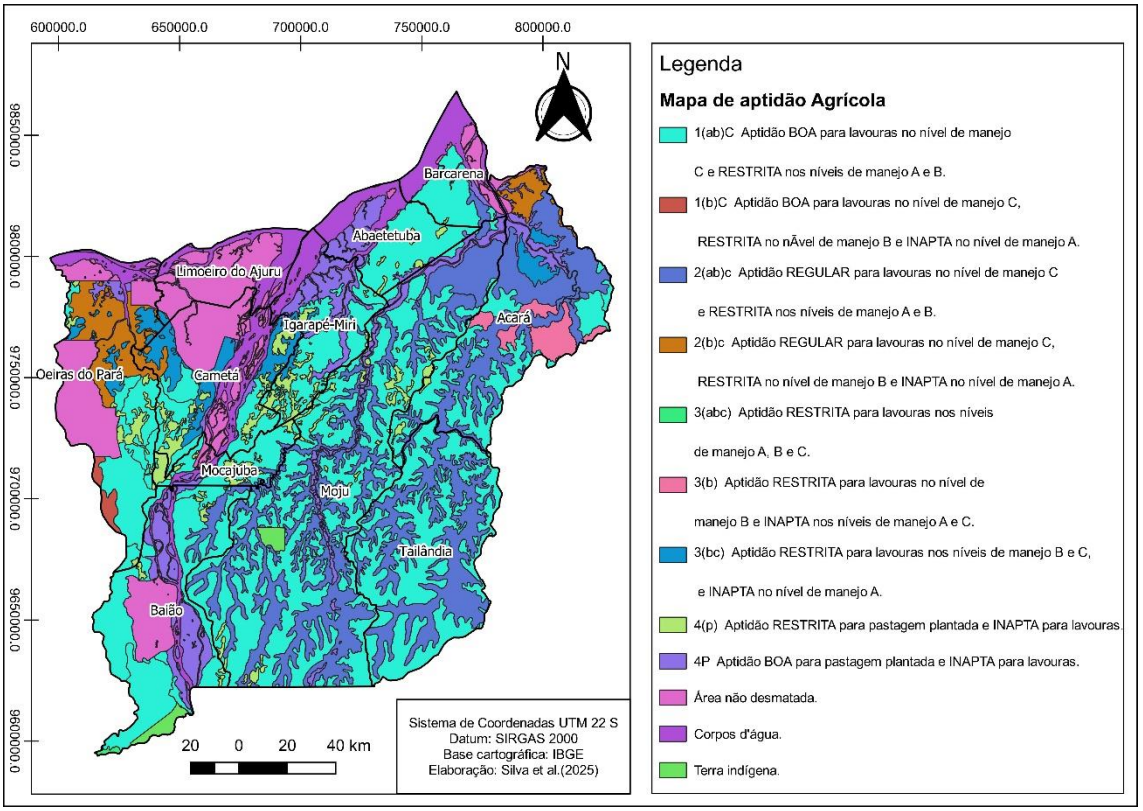
Ao fazer análise integrada da aptidão agrícola e da fragilidade emergente observou-se que existem áreas críticas nos municípios de Moju, Tailândia e Acará, onde há elevada aptidão agrícola, no entanto, essas áreas sobrepõem-se a zonas de fragilidade média-alta, aumentando o risco de degradação ambiental caso

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/09/2025 - **Accepted:** 13/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/vvc7nh34
Pages: 1-18

práticas de conservação não sejam implementadas. Pesquisas sobre o zoneamento da cana-de-açúcar no Brasil como as de Silva; Aassad, (2001) e Silva et al. (2015) indicam que essa simultaneidade entre boa aptidão agrícola e alta vulnerabilidade é frequente em fronteiras de expansão agrícola, exigindo, portanto, maior planejamento em nível territorial. O Baixo Tocantins por apresentar solos com características frágeis como, espodossolos, gleissolos e plintossolos que, como afirma Ross (1994), são altamente suscetíveis à erosão e à perda de fertilidade, potencializam ainda mais essa fragilidade.

Figura 6. Mapa de aptidão agrícola para microrregião do Baixo Tocantins-PA.



Fonte: Embrapa (2006)

Outro aspecto a ser considerado é que áreas com maior proporção de zonas com reduzido potencial agrícola, como Cametá e Limoeiro do Ajuru (Tabela 7), estão inseridas em áreas de média a alta fragilidade, o que dificulta a expansão do crescimento agrícola sem as graves implicações ambientais. Essa situação corrobora a necessidade de direcionar a produção para fins compatíveis, como sistemas agroflorestais, manejo florestal e uso de baixo impacto, conforme defendido por Valle, Francelino e Pinheiro (2016).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/09/2025 - **Accepted:** 13/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/vvc7nh34
Pages: 1-18

Tabela 7. Percentual das classes de aptidão agrícola para os municípios da microrregião do Baixo Tocantins.

Municípios	1(ab)C	1(b)C	2(ab)C	2(b)C	3(b)	3(bc)	3(abc)	4(p)	4P
Abaetetuba	47,71	---	0,02	---	---	---	---	3,37	22,02
Acará	28,60	---	42,28	5,52	10,44	4,60	---	0,76	5,69
Baião	50,53	---	4,51	---	---	---	0,53	1,61	17,94
Barcarena	39,07	---	4,27	---	---	---	---	0,19	3,48
Cametá	20,42	---	---	2,96	---	20,19	---	9,49	2,77
Igarapé Mirí	41,16	---	0,78	---	---	3,59	---	10,66	27,73
Limoeiro do Ajurú	---	---	---	0,30	---	1,06	---	---	---
Mocajuba	54,43	---	7,29	---	---	---	---	18,70	5,56
Moju	52,25	---	38,34	---	0,01	---	---	2,70	5,05
Oeiras do Pará	27,17	3,32	---	20,34	---	5,97	---	3,99	2,01
Tailândia	55,35	---	44,73	0,00	0,03	---	---	---	---

Legenda: 1(ab) C Aptidão BOA para lavouras no nível de manejo C e RESTRITA nos níveis de manejo A e B. 1(b) C Aptidão BOA para lavouras no nível de manejo C, RESTRITA no nível de manejo B e INAPTA no nível de manejo A. 2(ab) c Aptidão REGULAR para lavouras no nível de manejo C e RESTRITA nos níveis de manejo A e B. 2(b) c Aptidão REGULAR para lavouras no nível de manejo C, RESTRITA no nível de manejo B e INAPTA no nível de manejo A. 3(b) Aptidão RESTRITA para lavouras no nível de manejo B e INAPTA nos níveis de manejo A e C. 3(bc) Aptidão RESTRITA para lavouras nos níveis de manejo B e C, e INAPTA no nível de manejo A. 3(abc) Aptidão RESTRITA para lavouras nos níveis de manejo A, B e C. 4(p) Aptidão RESTRITA para pastagem plantada e INAPTA para lavouras. 4P Aptidão BOA para pastagem plantada e INAPTA para lavouras.
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A análise espacial também destaca o conflito de uso da terra. A existência de terras industriais, agrícolas e florestais entram em conflito em Municípios como Barcarena e Abaetetuba, acarretando maior pressão sobre as áreas classificadas como média e alta fragilidade. De acordo com estudos de Silva et al. (2015), áreas de alto valor com densas concentrações de cadeias produtivas industriais e agrícolas são vulneráveis quando o planejamento territorial não consegue acompanhar o desenvolvimento econômico. No Baixo Tocantins, isso é evidente no assentamento de zonas suscetíveis com pastagens e agricultura mecanizada, substituindo a cobertura florestal natural.

As mudanças climáticas, além das restrições de solo e topográficas, é um fator cumulativo de vulnerabilidade. As projeções do IPCC (2021) indicam que a

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/09/2025 - **Accepted:** 13/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/vvc7nh34
Pages: 1-18

Amazônia pode enfrentar uma frequência maior de eventos extremos, como chuvas intensas e períodos de seca. Esses processos são propensos a acelerar os processos de erosão em encostas mais íngremes e reduzir o suprimento de água para a agricultura em solos de baixa retenção, como os Neossolos. Estudos globais Eakin et al. (2014) e Rahman et al. (2019) atestam que os agricultores nos trópicos estão entre os mais expostos às mudanças climáticas e exigem políticas de adaptação focadas.

Outro fator a ser considerado é o socioeconômico. Áreas socioeconômicas como Moju e Tailândia, com forte vocação para agricultura em larga escala, tem que conciliar produção com preservação ambiental. Áreas socioeconômicas como Cametá e Limoeiro do Ajurú, onde a agricultura familiar e o extrativismo são atividades predominantes, apresentam vulnerabilidades relacionadas à fraca capacidade de investimento em tecnologias adaptativas. Piraux et al. (2017) apontam que o Baixo Tocantins é caracterizado por forte heterogeneidade social e produtiva que requer políticas de gestão diferenciadas e políticas públicas ajustadas às condições locais.

Por fim, a coordenação entre planejamento territorial e políticas públicas é aparentemente um fator decisivo contra os riscos mencionados acima. A adequação agrícola e a aplicação de mapas de fragilidade futura podem informar ferramentas como o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) e o Plano ABC+ e apoiar a implementação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 2 (fome zero e agricultura sustentável), o ODS 13 (ação climática) e o ODS 15 (vida terrestre).

Corroborando com essas informações trabalhos realizados por Silva e Assad (2001) para zoneamento da cana-de-açúcar e do café em tempos de aquecimento global comprovam que políticas bem ancoradas em análises territoriais conseguem equilibrar a produção agrícola e a preservação do meio ambiente.

4. CONCLUSÃO

A análise integrada aponta que a região do Baixo Tocantins está sujeita a um duplo desafio: embora apresente significativo potencial agrícola em

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/09/2025 - **Accepted:** 13/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/vvc7nh34
Pages: 1-18

determinados municípios, apresenta acentuada vulnerabilidade ambiental devido a fatores edafoclimáticos e de uso do solo. Neste caso, surge a necessidade de políticas públicas que intervenham no ordenamento territorial, no uso sustentável do solo e na adaptação às mudanças climáticas, que procurem conciliar a conservação ambiental com a agricultura.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, F. S. et al. Dinâmica de uso da terra, no setor agropecuário, em paragominas–pa. *Revista Agroecossistemas*, v. 9, n. 2, p. 148-163, 2017.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: https://www.cprm.gov.br/. Acesso em: 23 set. 2025.

CREPANI, E. et al. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: INPE, 2001.

CREPANI, E.; MEDEIROS, JS de; PALMEIRA, A. F. Intensidade pluviométrica: uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo. **São José dos Campos:** INPE, 2004.

DO VALE, N. K. A.; DE OLIVEIRA ABDALA, K. Aptidão agrícola e fragilidades ambientais evidenciadas no território Vale do Araguaia-GO. *Geosul*, v. 38, n. 88, p. 276-300, 2023.

EAKIN, H. et al. Uma estrutura integrada para avaliar a vulnerabilidade às mudanças climáticas e desenvolver estratégias de adaptação para famílias produtoras de café na Mesoamérica. *Climatic Change*, v. 125, p. 255-270, 2014. DOI: 10.1007/s10584-014-1178-1.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Manual de levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras para uso agrícola*. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS, 1979. 85 p. (Boletim Técnico, 59).
EMBRAPA. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Normais climatológicas 1991–2020. Brasília INMET, 2022. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/NORMAISCLIMATOLOGICAS.pdf. Acesso em: 23 set. 2025.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 14/09/2025 - **Accepted:** 13/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/vvc7nh34
Pages: 1-18

IPCC. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

PIRAUX, Marc; SOARES, Daniel Sombra; SIMÕES, Aquiles. A diversidade socioespacial do Território Baixo Tocantins e impactos na agricultura familiar. In: SIMÕES, Aquiles; BENASSULY, Matheus (org.). *Na várzea e na terra firme: transformações socioambientais e reinvenções camponesas*. Belém: Universidade Federal do Pará, 2017. p. 77-114. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/326288288_A_diversidade_socioespacial_do_Territorio_Baixo_Tocantins_e_impactos_na_agricultura_familiar. Acesso em: 22 set.

RAHMAN, M. M. et al. Avaliação da vulnerabilidade dos meios de subsistência agrícolas às mudanças climáticas na costa de Bangladesh. *Sustainability*, v. 11, p. 615, 2019.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 8, p. 63-74, 1994.

SILVA, F. A. M.; ASSAD, E. D. Zoneamento agroclimático da cana-de-açúcar para o Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 9, n. 1, p. 17-25, 2001.

SILVA, V. P. R. et al. A vulnerabilidade ambiental e o planejamento territorial da cultura da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 6, p. 573-580, 2015.

VALLE, R. R.; FRANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. Metodologia para integração de dados ambientais em análises de fragilidade. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 39, n. 1, p. 45-58, 2016.