

MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE ITATIRA-CE ATRAVÉS DO USO DE GEOTECNOLOGIAS

Mariana de Oliveira Araújo ¹
Frederico de Holanda Bastos ²

INTRODUÇÃO

A vulnerabilidade ambiental pode ser interpretada como à fragilidade na qual um sistema ambiental ou ecossistema pode estar inserido devido aos danos causados por impactos ambientais adversos, podendo ser naturais ou derivados das atividades antrópicas, ou ainda podendo ser definida como o grau em que um sistema natural é suscetível aos efeitos das interações externas (AQUINO *et al.* 2017).

A estimativa da vulnerabilidade da paisagem é necessária para se prevenir o comprometimento dos recursos naturais e a potencialização de processos morfogenéticos desfavoráveis (ALMEIDA; SILVA; NEVES, 2020). Para Bertrand (1972), a paisagem pode ser interpretada como o resultado de uma combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo em conjunto, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em constante evolução.

Para compreender quão vulnerável o sistema encontra-se, é importante analisar as interações entre os fatores físicos, biológicos e/ou socioeconômicos. Esses fatores são essenciais para determinar a capacidade de um sistema ambiental a resistir, adaptar-se ou recuperar-se de eventos extremos, tais como desastres naturais, poluição e mudanças climáticas.

Nesse contexto, o mapeamento da vulnerabilidade ambiental através do uso das ferramentas de geoprocessamento e da análise de multicritério poderá auxiliar na determinação do nível de vulnerabilidade ambiental de uma determinada região. Crepani (1996; 2001) propõe uma metodologia, aplicando a análise multicritério, para analisar a vulnerabilidade a partir da criação de mapas utilizando o conceito de Ecodinâmica de Tricart (1977), baseado na relação entre a morfogênese e a pedogênese.

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará (PropGeo - UECE) - CE, oliveira.araujo@aluno.uece.br;

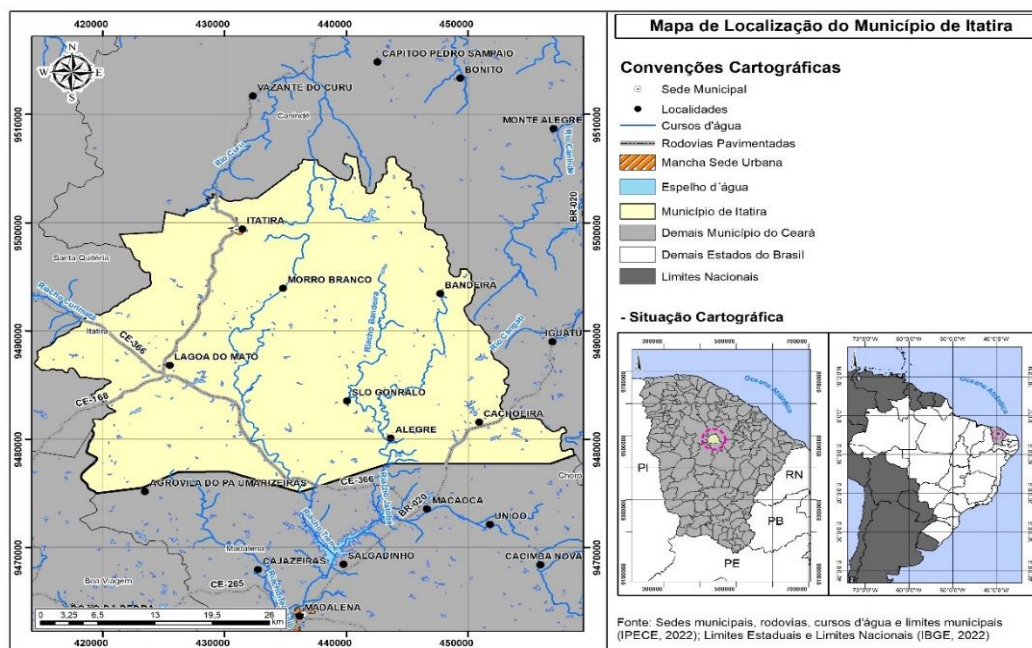
² Profº Drº Adjunto do Curso de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará (PropGeo – UECE), fred.holanda@uece.br;

Para Weiss e Pippi (2019), a análise de decisão multicritério é um processo de combinações de dados geográficos, estabelecidos mediante algoritmos de concepção que condicionam o provimento de referências indispensáveis na definição e priorização de detecção de áreas ambientalmente vulneráveis.

Nesse sentido, a partir do exposto, o presente trabalho visa avaliar a vulnerabilidade ambiental do município de Itatira, localizado no estado do Ceará (Figura 1), utilizando técnicas de geoprocessamento. O referido município está inserido na categoria de “alta vulnerabilidade” a partir de uma análise feita através dos aspectos climatológicos, hídricos e produtividade agrícola, publicado no Índice Municipal de Alerta (IMA) de 2023, realizado pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE).

É importante destacar que o IMA é um instrumento que visa identificar os municípios do Ceará mais vulneráveis decorrentes dos problemas advindos das irregularidades climáticas, além de disponibilizar informações sobre produção agrícola e assistência social.

Figura 1 – Mapa de Localização do município de Itatira -CE



Fonte: elaborado pela autora (2024).

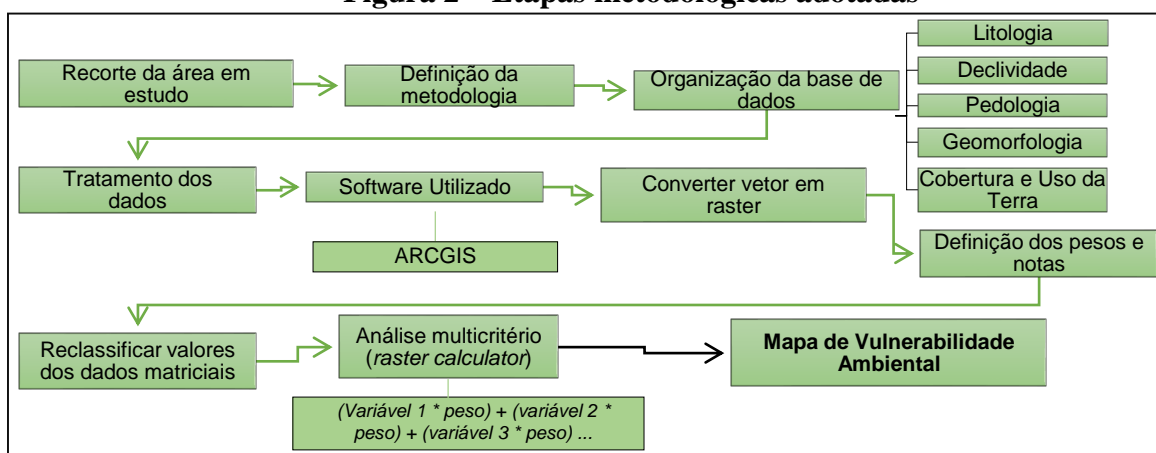
Desse modo, além de considerar o fator da alta vulnerabilidade apontado pelo IMA/2023, faz-se necessário analisar a vulnerabilidade ambiental do município a partir dos aspectos naturais da região, com o intuito de averiguar a sua influência na determinação da vulnerabilidade para posteriormente poder contribuir com o

planejamento ambiental do município. Para isso, o uso das geotecnologias torna-se uma ferramenta útil e eficaz para estimar ou analisar a vulnerabilidade ambiental de um determinado recorte espacial.

MATERIAIS E MÉTODOS

A estruturação da pesquisa foi adaptada utilizando a análise de multicritério proposta por Crepani (1996; 2001), no qual o autor estabeleceu uma metodologia para elaborar mapas de vulnerabilidade ambiental a erosão com o intuito de subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia. Contudo, para estabelecer uma sequência lógica, elaborou-se um fluxograma metodológico, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Etapas metodológicas adotadas

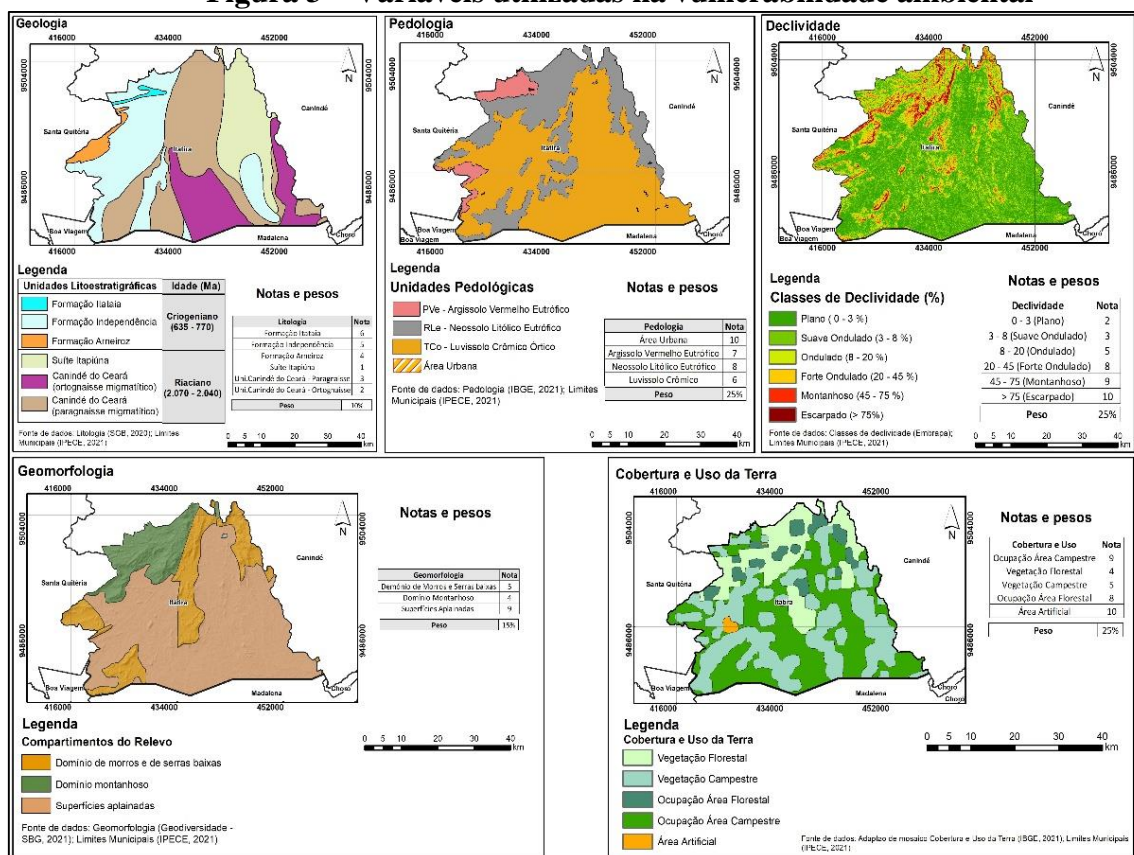


Com relação aos materiais utilizados, foram selecionados os dados vetoriais referentes à litologia, pedologia, geomorfologia e cobertura e uso da terra. As informações que concernem à litologia foram obtidas através do mapeamento realizado pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM (2020), na escala de 1:500.000. No que se refere às informações referente ao solo e geomorfologia, publicados em 2023 (na escala de 1:250.000), e cobertura e uso da terra (na escala de 1:250.000 referente ao ano de 2023), as variáveis utilizadas foram tomadas do banco de dados de geociências do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Aliado a estes fatores, também utilizou-se um modelo digital de elevação através das imagens do satélite ALOS PALSAR, com resolução de 12,5 metros, para gerar o mapa de declividade do município em estudo. A Figura 3 demonstra as variáveis que foram utilizadas para gerar o produto final deste estudo através da análise multicritério utilizando a ferramenta raster calculator no *software* ARCGIS.

Nesse sentido, conforme demonstrado nas etapas metodológicas na Figura 2, após o tratamento dos dados vetoriais e matriciais, foram definidas as notas e os pesos para cada variável. Utilizando a metodologia de Crepani (1996), os critérios para definir a nota e consequentemente o peso de cada variável selecionada dependem das características de cada tema. Para o tema litologia, o critério adotado refere-se às unidades litológicas principais. Com relação ao tema pedologia, o critério baseia-se na fragilidade do solo. Já para o tema declividade, a variação da declividade conceitua-se como o critério utilizado. Para o tema referente à geomorfologia, as variações das formas de relevo foram os critérios adotados. E finalmente, o tema uso e cobertura da terra foi baseado a partir das alterações antrópicas existentes

Figura 3 – Variáveis utilizadas na vulnerabilidade ambiental



Fonte: elaborado pela autora (2024)

Definido os critérios, para cada temática definida existem mais de uma variável, e para cada variável foram definidos notas, que variam de 1 a 10, sendo que quanto mais próximo de 1, menos vulnerável a variável se conceitua, enquanto quanto mais próximo de 10, mais vulnerável a variável se encontra. Desse modo, a nota 1 refere-se ao grau de vulnerabilidade muito baixo, de 2 a 3 baixo, de 4 a 5 varia de baixa a média, 6, 7 e 8 média a alta, 9 é considerada alta e 10 é atribuído o grau de vulnerabilidade muito alto.

Para uma melhor contextualização das notas atribuídas, o Quadro 1 apresenta de forma simplificada as notas e o peso das variáveis utilizadas para gerar o mapa de vulnerabilidade ambiental. Ressalta-se que as notas e seus respectivos pesos também estão ilustradas na Figura 3.

Quadro 1 – Notas atribuídas às variáveis de cada temática definida

TEMÁTICA	VARIÁVEL	NOTA
Litologia	Formação Itataia (Quartzito)	6
	Formação Independência (Gnaise, Paragnaisse)	5
	Formação Aneiroz (Quartzito)	4
	Suíte Itapiúna (Leucogranito)	1
	Canindé do Ceará (Ortognaisse Migmatítico)	3
	Canindé do Ceará (Paragnaisse Migmatítico)	2
Pedologia	Argissolo Vermelho Eutrófico	7
	Neossolo Lilótico Eutrófico	8
	Luvissoilo Crômico Órtico	6
	Área Urbana	10
Declividade	Plano (0 – 3 %)	2
	Suave Ondulado (3 – 8 %)	3
	Ondulado (8 – 20 %)	5
	Forte Ondulado (20 – 45 %)	8
	Montanhoso (45 – 75 %)	9
	Escarpado (> 75%)	10
Geomorfologia	Morros e Serras Baixas	5
	Montanhoso	4
	Superfícies Aplainadas	9
Cobertura e Uso da Terra	Vegetação Florestal	4
	Vegetação Campestre	5
	Ocupação Área Florestal	8
	Ocupação Área Campestre	9
	Área Artificial	10

Fonte: elaborado pela autora (2024).

O peso (porcentagem de cada temática para um total de 100%) para cada temática definida foi influenciado conforme as notas dadas a cada variável. Desse modo, após o procedimento de definição das notas e pesos, foi realizado o processo de calcular cada variável ($\text{litologia} \times 0.10 + \text{pedologia} \times 0.25 + \text{declividade} \times 0.25 + \text{geomorfologia} \times 0.15 + \text{cobertura e uso da terra} \times 0.25$) na ferramenta *raster calculator* disponibilizada no software de geoprocessamento ArcGIS 10.5.

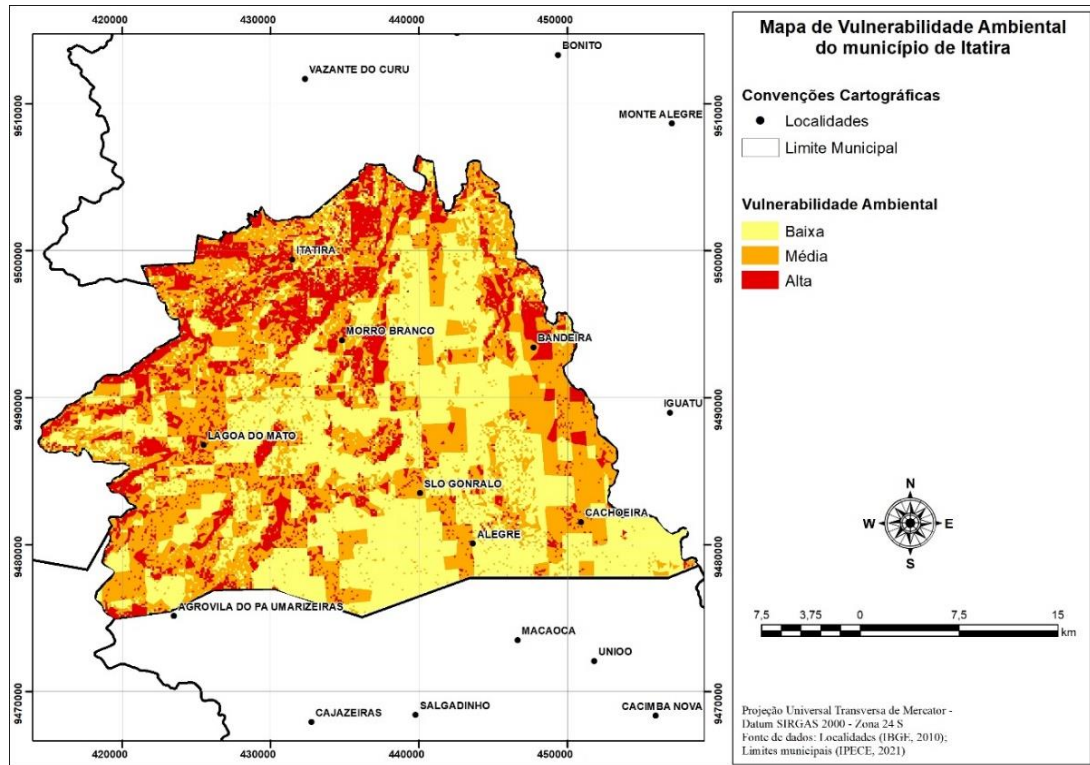
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando as características ambientais do município em estudo, a partir da análise realizada para determinar a vulnerabilidade ambiental de Itatira através do cruzamento dos dados expostos anteriormente, observou-se que existe uma predominância de vulnerabilidade baixa a média, conforme é demonstrado na Figura 4.

O mapeamento da vulnerabilidade ambiental demonstra uma concentração das áreas mais vulneráveis, em vermelho, no norte da área em estudo. Este fator está relacionado principalmente à declividade da porção em questão, onde concentram as

áreas mais declivosas, existindo uma variação de declividade do relevo forte ondulado a escarpado.

Figura 4 – Mapa de Vulnerabilidade Ambiental do município de Itaitira



Fonte: elaborado pela autora (2024).

Ressalta-se a influência dos solos nessas áreas mapeadas com alta vulnerabilidade. Os neossolos litólicos eutróficos, apesar de serem férteis, são considerados rasos, conforme a classificação da EMBRAPA (2018). Por serem solos rasos, apresentam elevada vulnerabilidade erosiva, prejudicando a sua condição de estabilidade.

Já com relação à geomorfologia, as áreas de maior vulnerabilidade estão relacionadas aos compartimentos do relevo definido como montanhoso, onde possuem fortes irregularidades em sua morfologia, como vertentes bastante íngremes. Desse modo, as áreas com alta vulnerabilidade estão relacionadas aos sistemas ambientais onde a ecodinâmica pode ser considerada instável. Além disso, os processos inadequados de uso e ocupação da terra influenciam a capacidade de suporte dos sistemas ambientais.

Nesse contexto, o mapeamento do uso e cobertura da terra através dos dados de monitoramento do IBGE, de 2020, indicam que nessas áreas com alta vulnerabilidade predominam ocupações em área florestal e campestre.

Com relação à litologia, segundo o mapeamento do Serviço Geológico do Brasil, há uma predominância das rochas da Unidade Independência, constituída por

paragnaisses, biotita, micaxistos aluminosos e quartzitos. Desse modo, o relevo recebe influência direta da litologia, apresentando feições montanhosas, dissecadas, com vales profundos e alta declividade, sendo que nessas áreas justifica-se a alta vulnerabilidade. Com relação às litologias em menores proporções, como a Formação Arneiroz onde afloram paragnaisses, migmatíticos e rochas calcissilicáticas e na Unidade Canindé, onde afloram gnaisses migmatitos e calcários cristalinos, os reflexos geomorfológicos serão atribuídos as feições menos dissecadas e mais planas.

Observou-se também que as áreas em tons alaranjados referem-se às porções com a vulnerabilidade mapeada como média. Nessas áreas, os sistemas ambientais apresentam ambientes de transição, onde predomina um frágil equilíbrio entre as condições de morfogênese e pedogênese. Contudo, é importante destacar que essas áreas recebem influência relativa ao uso e cobertura do solo, principalmente onde se concentram os aglomerados urbanos, como nas localidades de Lagoa do Mato e Itatira, podendo observar também a passagem da vulnerabilidade média para alta.

Com relação às áreas de vulnerabilidade baixa em amarelo-claro, as mesmas são representadas pelos ambientes que apresentam estabilidade ambiental. Desse modo, considera-se o potencial erosivo fraco em decorrência da estabilidade morfogenética existente nessas áreas relacionada aos declives mais suaves. Pode-se inferir que nessas áreas, a vegetação sofreu poucas ações antrópicas, o que condiciona a proteção dos solos contra os efeitos erosivos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de considerar a enquadrção de alta vulnerabilidade do IMA/2023 para o município de Itatira em função do fator climático, é importante considerar também os resultados da análise multicritério considerando as variáveis ambientais escolhidas.

Observou-se que os resultados da análise multicritério permitiram averiguar que as áreas com maior vulnerabilidade ambiental no município estão relacionadas principalmente às regiões com alta declividade, solos rasos e forte descaracterização do quadro natural. Os reflexos geomorfológicos decorrentes da litologia demonstram que as áreas que apresentam rochas mais resistentes constituem relevos dissecados e com as maiores declividades.

Contudo, é importante ressaltar que os resultados obtidos são passíveis de contestações, necessitando assim de trabalhos de campo e análises mais detalhados para apresentar resultados mais acurados. Ademais, considera-se que os dados do IMA

incentivaram a análise da vulnerabilidade ambiental no município a partir de outros fatores, considerando que o sistema ambiental é altamente dinâmico e possui influência de diferentes formas, sejam elas físicas, biológicas ou antrópicas.

Palavras-chave: Vulnerabilidade Ambiental; Geoprocessamento; Geotecnologias; Análise Multicritério;

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Priscila Félix; SILVA, João Batista Lopes da; NEVES, Frederico Monteiro. Vulnerabilidade Ambiental do Município de Teixeira de Freitas-BA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 1587–1609, 2020. DOI: 10.26848/rbgf.v13.4.p1587-1609. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/243912>. Acesso em: 2 jul. 2024.

AQUINO, Afonso Rodrigues de; LANGE, Camila Neves; LIMA, Clarice Maria de; AMORIM, Eduardo Paulo de; PALETTA, Francisco Carlos; FERREIRA, Henrique Pérez; BORDON, Isabella Cristina Antunes; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de; GOMES, Marco Aurélio Ubirajara Garcia; ZAMPIERI, Maria Cristina Tessari; OLIVEIRA, Maria José Alves de; CORREIA JUNIOR, Paulo de Almeida; SOUZA, Renata Rodrigues de; MATTIOLO, Sandra Regina; RODRIGUES, Silvia Guerreiro; "Vulnerabilidade ambiental", p. 15 -28. In: **Vulnerabilidade ambiental**. São Paulo: Blucher, 2017. ISBN: 9788580392425, DOI 10.5151/9788580392425-02.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. Cruz, Olga (trad.). **Cadernos de Ciências da Terra**. São Paulo, USP-IGEOG, n. ° 43, 1972.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de.; AZEVEDO, L. G. de.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos: INPE, 1996. 25p.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de.; HERNANDEZ FILHO, P.; P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F.B.; **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. 103p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Índice Municipal de Alerta 2023**. Fortaleza: IPECE, 2023. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2023/12/IMA_2023.pdf. Acesso em: 2 jun. 2024.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE-SUPREN, 1977, 91 p. (Recursos Naturais e Meio Ambiente).

WEISS, R.; PIPPI, L. G. A. Análise multicritério na definição de vulnerabilidade ambiental. **Terr@ Plural**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 272–295, 2019. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/tp/article/view/13438>. Acesso em: 20 jul. 2024.