

## **Determinação da vulnerabilidade ambiental, através das técnicas de sensoriamento remoto, na Serra Juá-Conceição-Camará, Caucaia/CE**

Tatiany Soares de Araujo <sup>1</sup>  
Lúcia Maria Mendes Silveira <sup>2</sup>  
Maria Lúcia Brito da Cruz <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduanda pela Universidade Estadual do Ceará - UECE  
Av. Paranjana, 1700 – Campos do Itaperi – Fortaleza - CE, Brasil  
tatiany.geo@gmail.com

<sup>2</sup> Prof<sup>a</sup>. Dra. pela Universidade Estadual do Ceará - UECE  
Av. Paranjana, 1700 – Campos do Itaperi – Fortaleza - CE, Brasil  
lucia@uece.br

<sup>3</sup> Prof<sup>a</sup>. Dra. pela Universidade Estadual do Ceará - UECE  
Av. Paranjana, 1700 – Campos do Itaperi – Fortaleza - CE, Brasil  
mlbcruz@gmail.com

**Abstract.** The Juá-Conceição-Camará Mountain is located in the county of Caucaia, Ceará, Brazil, and has an approximate area of 102 square kilometers. It is considered a residual massy area that presents the best climatic conditions in semi-arid context. This work aims to characterize the dynamics of occupation of the mountains and evaluate their environmental degradation, through the use of remote sensing integrated with Georeferenced Information System Processing SPRING. (INPE). Thematic maps were prepared to show slope, land use and occupation and vegetal covering, using the logical structure of language analysis for GIS Algebraic Space LEGAL (INPE, 2007), in order to generate a map of environmental vulnerability, considering ecodynamics landscapes proposed by Tricart (1977). Thus, a brief diagnostic based upon physical and natural environment of the study area, as well as through satellite images, indicated the main impacts of the occupation through the analysis of socio-environmental, relating them with the agents that influenced the process of occupation, in addition to identify conflicts between land use and environmental law. Based on the outcomes of maps interpretation, it was possible to identify land conservation areas that have higher altitudes, while in the lower altitudes sectors there was a more intensive occupation process, being necessary the adoption of an environmental education program to educate the population concerning the consequences of an inappropriate land use. In this context the region has great potential for ecotourism, with the indispensable knowledge that the area needs a future planning based on vulnerability to ensure the sustainability of the region.

**Palavras-chave:** remote sensing, SPRING, use and occupation, environmental degradation, vulnerability, sensoriamento remoto, SPRING, uso e ocupação, degradação ambiental, vulnerabilidade.

## 1. Introdução

Atualmente, as formas de uso e ocupação estão ocorrendo de maneira intensa e desordenada, levando a níveis críticos de degradação ambiental os recursos naturais, então é necessária uma melhor compreensão da dinâmica da natureza para auxiliar na gestão, através de ações que visem o desenvolvimento sustentável.

As geotecnologias tornam-se um importante aliado na identificação de áreas ocupadas pela ação antrópica, em espaços que deveriam ser preservados de acordo com a legislação ambiental brasileira.

O sensoriamento remoto é utilizado como uma ferramenta básica para elaboração de diversos trabalhos de estudos geográfico e de outras ciências especialmente o estudo da paisagem, oferecendo diversas vantagens. Servido como uma base instrumental para combinar diversos elementos da paisagem e facilitar de forma moderna e automática o estudo de grandes áreas.

Nesse contexto, o Estado do Ceará possui cerca de 75% do território sobre rochas pré-cambrianas constituindo conjuntos gnáissico-migmatíticos orto e paraderivados, de complexa evolução geológica de idade proterozóico-arqueana. A monotonia das formas planas e onduladas é interrompida pela forte ruptura de declive das serras e morros residuais, muitos constituídos de rochas cristalinas (FCPC, 2007). O complexo Juá-Conceição-Camará é um maciço residual constituído predominantemente de rochas granítico-migmatíticas e foram formadas a partir da erosão diferencial que rebaixou as áreas circundantes, de constituição litológica gnáissica menos resistente (BRANDÃO, 1995).

A serra em estudo está localizada no município de Caucaia (Figura 1), possui uma área aproximada de 10207 ha, sendo considerada uma paisagem de exceção segundo Souza (2006), por se tratar de uma região úmida e representar verdadeiras “ilhas verdes” no domínio morfoclimático das caatingas que recobrem as depressões interplanálticas e intermontanas semi-áridas. Esses enclaves úmidos apresentam melhores condições de umidade e temperaturas mais amenas, determinadas pela altitude e balanços hídricos superavitários durante a estação chuvosa. E aquelas com menores altimetria possuem condições ambientais que se assemelham com as características das superfícies mais rebaixadas do sertão, sendo denominadas de serras secas.

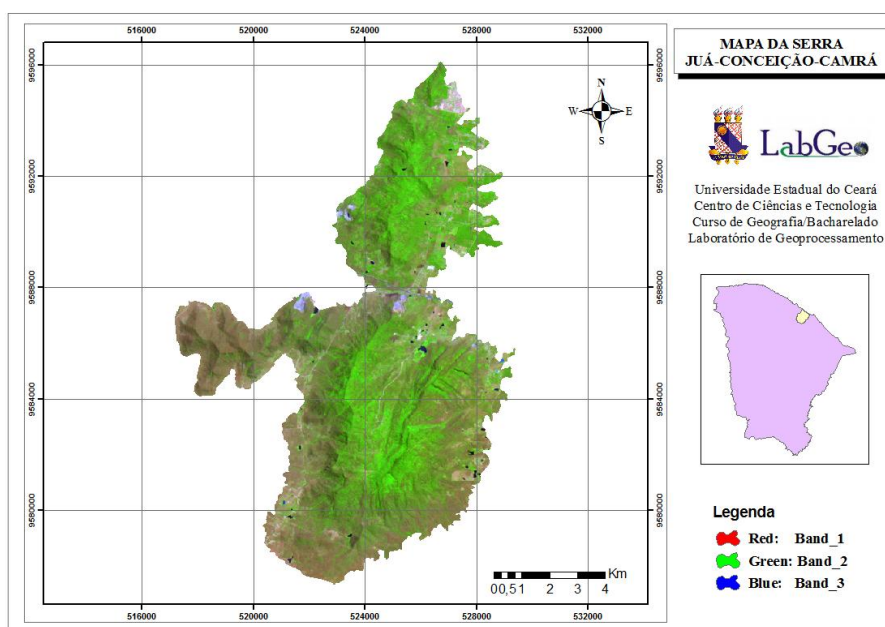


Figura 1. Localização da área de estudo

Segundo Brandão (1995), os setores mais elevados da serra Juá-Conceição-Camará, caracterizam-se por possuírem uma cobertura vegetal de mata plúvio-nebular, decorrente da elevada altitude e a exposição aos ventos úmidos. Enquanto os níveis inferiores e vertentes de sotavento (voltados para oeste) apresentam uma cobertura de mata seca e caatingas, menos favorecida com chuvas. Essas áreas a sotavento possuem relevos dissecados em cristas e lombas alongadas que expõem solos rasos, com frequência de afloramentos rochosos condicionando o desenvolvimento de uma vegetação revestida por mata seca e caatingas.

Na área de estudo encontramos predominantemente a presença da vegetação de caatinga, pelo fato de ser uma formação florestal típica do Nordeste Brasileiro, que segundo FCPC (2007) pode ser definida como: “O conjunto de arbustos e de árvores espontâneos denso, baixo, de aspecto seco, de folhas pequenas, caducas no verão, com raízes penetrantes e desenvolvidas (plantas xerófilas). As características principais são espinhos, galhos retorcidos, as plantas muito adensadas e o solo desprotegido de gramíneas, coberto de macambira e caroá”.

A caatinga é constituída por uma vegetação xerófila que ocorre no domínio do semi-árido, apresenta-se com várias fisionomias, desde a arbórea fechada, que chega a atingir 20 metros, com plantas de caules retilíneos, até um sub-bosque constituído de árvores arbustivas. Existe a caatinga arbórea aberta, com a mesma altura da anterior, mas apenas com plantas herbáceas no sub-bosque (FCPC, 2007).

Nesse contexto o trabalho tem como objetivo caracterizar a dinâmica da ocupação da área da Serra Juá-Conceição-Camará e avaliar sua influência na degradação ambiental, apoiado pelo processamento digital de imagens (mapas uso e ocupação/cobertura vegetal) e do mapeamento numérico (mapa de declividade), representado por ZN/SRTM (TOPODATA), no programa SPRING 4.3.3 para gerar o mapa de vulnerabilidade ambiental, considerando a ecodinâmica das paisagens proposta por Tricart (1977).

Dessa forma, auxiliar em um breve diagnóstico físico-natural da área de estudo, e através de imagens de satélites apontarem os principais impactos da ocupação, através da análise de indicadores sócio-ambientais e relacionar com os agentes que influenciaram o processo de ocupação, a fim de identificar os conflitos entre o uso da terra e a legislação ambiental.

## **2. Metodologia de Trabalho**

### **2.1 Material**

- Adquirido no site INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>> imagens do satélite LANDSAT 5 do sensor TM, que apresenta um pixel de 30 metros nas bandas 3, 4 e 5 que recobrem a área de estudo, situam se na órbita 217/62 e 217/63, data de 2007.
- Adquirido no site da NASA - National Aeronautics and Space Administration (Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica), <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>>, imagem geocover no formato Mrsid, onde serviu como referência para registrar/georeferenciar às imagens orbitais da área em estudo.
- Adquirido no site INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>, cenas SRTM - Shuttle Radar Topography Mission com o objetivo de recolher referências altimétricas da serra Juá-Conceição-Camará em estudo, foi utilizada a carta, 03\_39\_ZN.
- Adquirido no site INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, <<http://www.dgim.inpe.br/CDSR/>> imagens do satélite ResourceSat-1 do sensor LISS-3, que possui uma resolução multi-espectral de 23.5 metros, situam se na órbita 334/078, em agosto de 2010.

Programa utilizado Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas - SPRING 4.3.3 - Desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, software livre, onde pode ser baixado pelo site <www.inpe.br>.

## 2.2 Método

A metodologia foi desenvolvida através do estabelecimento de condições ecodinâmicas seguindo critérios de Tricart (1977), baseado na relação morfogênese/pedogênese para estudos integrados. E da montagem do banco de dados geográfico, em ambiente computacional SPRING 4.3.3.

Com as técnicas de geoprocessamento realizaram-se os procedimentos metodológicos adotados para a compartimentação da Serra Juá. As imagens foram georreferenciadas através da aquisição de pontos de controle identificados na imagem Geocover Landsat (NASA, 2005), utilizando o interpolador *Vizinho + Próximo*, com oito pontos de controle gerando assim um produto cartográfico com o menor erro médio quadrático (RMS) de 0.03 em ambas as direções, contribuindo para um resultado mais exato possível. E após ser feita a segmentação (crescimento de regiões), foi realizado o procedimento de classificação supervisionada, coletando amostras para reconhecer a assinatura espectral das classes. No procedimento denominado de **Treinamento**, foram coletadas amostras para classes: corpo hídrico (CH), zona urbana (ZU), mata seca (MS), mata ciliar (MC), cultura temporária (CT), cultura de várzea (CV), extrativismo mineral (P), caatinga arbórea densa (CARB-D), caatinga arbórea (CARB), caatinga arbustiva (CA) e caatinga arbustiva aberta (CAA).

O mapa temático de declividade foi gerado a partir do MNT de altimetria da variável ZN do TOPODATA (Valeriano, 2008), aplicando os intervalos de declividade em porcentagem de acordo com De Biasi (1970) de 0 a 3, 3 a 8, 8 a 15, 15 a 35, 35 a 45 e >45. A carta 03\_39\_ZN, foi importada para o SPRING 4.3.3, objetivando criar as curvas de nível utilizadas na definição da topologia, com uma variação de equidistância de cota de 10 metros, cota padrão de mapeamento de 1:100.000.

Posteriormente através da linguagem de programação LEGAL (INPE, 2007), sob a forma de expressões “algébricas” do tipo temático com *operações booleanas*, a partir do cruzamento entre os mapas de declividade com o mapa de uso e ocupação do solo e cobertura vegetal, gerou-se o mapeamento de vulnerabilidade ambiental.

Pelos critérios de Tricart (1977) os meios morfodinâmicos são divididos em três estágios em função da intensidade dos processos atuais:

- *Ambientes estáveis*: a pedogênese tem maior expressão em função do reduzido potencial erosivo, pelo fato de possuir uma cobertura vegetal mais conservada que ajuda proteger o solo.
- *Ambientes intergrades*: a dinâmica sofre interferência permanente de processos morfogenéticos e pedogenéticos, exercendo concorrência tanto da pedogênese como da morfogênese.
- *Ambientes fortemente instáveis*: a morfogênese predomina na dinâmica natural, o potencial erosivo pode ser desencadeado por fatores naturais ou pela ação antrópica, principalmente quando a cobertura vegetal é retirada.

Com base no atual potencial dos recursos naturais foram consideradas as seguintes categorias de vulnerabilidade:

- *Vulnerabilidade Baixa*: áreas que apresentam menor declividade (de 0 a 15%), com relevos planos a suavemente ondulados.
- *Vulnerabilidade Moderada*: áreas que apresentam declividade moderada (de 15 a 35%), onde seu relevo apresenta inclinação moderada.

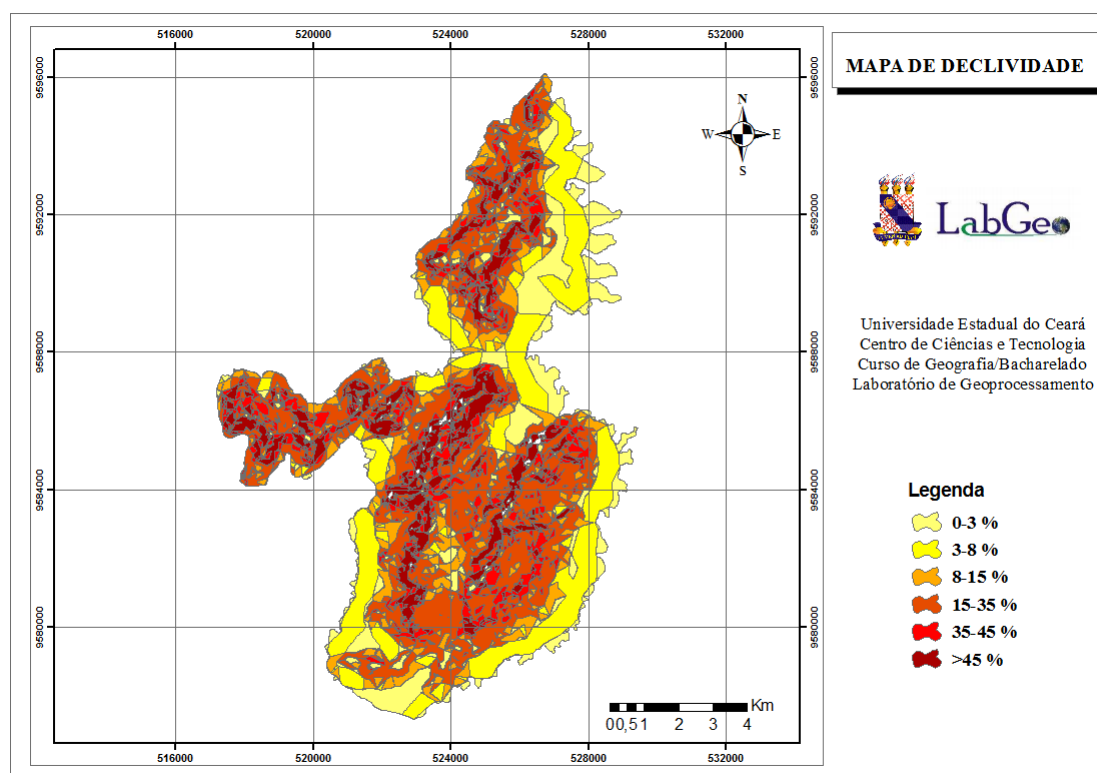
- *Vulnerabilidade Alta*: áreas com declividade mais elevadas (de 35 a >45%), com relevo mais abrupto e susceptível a erosão.

Pressupõe-se que os sistemas ambientais (geossistemas) são integrados por variados elementos que mantêm relações mútuas e são continuamente submetidos aos fluxos de matéria e de energia (BRANDÃO, 1998). Logo, os estudos de Tricart servem como base para melhor avaliação do meio, a fim de subsidiar a vulnerabilidade, que está associada à exposição de riscos e também indica maior ou menor susceptibilidade de pessoas, lugares, infra-estruturas e aos ecossistemas por algum tipo particular de agravo, buscado assim corrigir os erros de ocupações inadequadas, visando uma melhor organização do espaço.

### 3. Resultados e Discussões

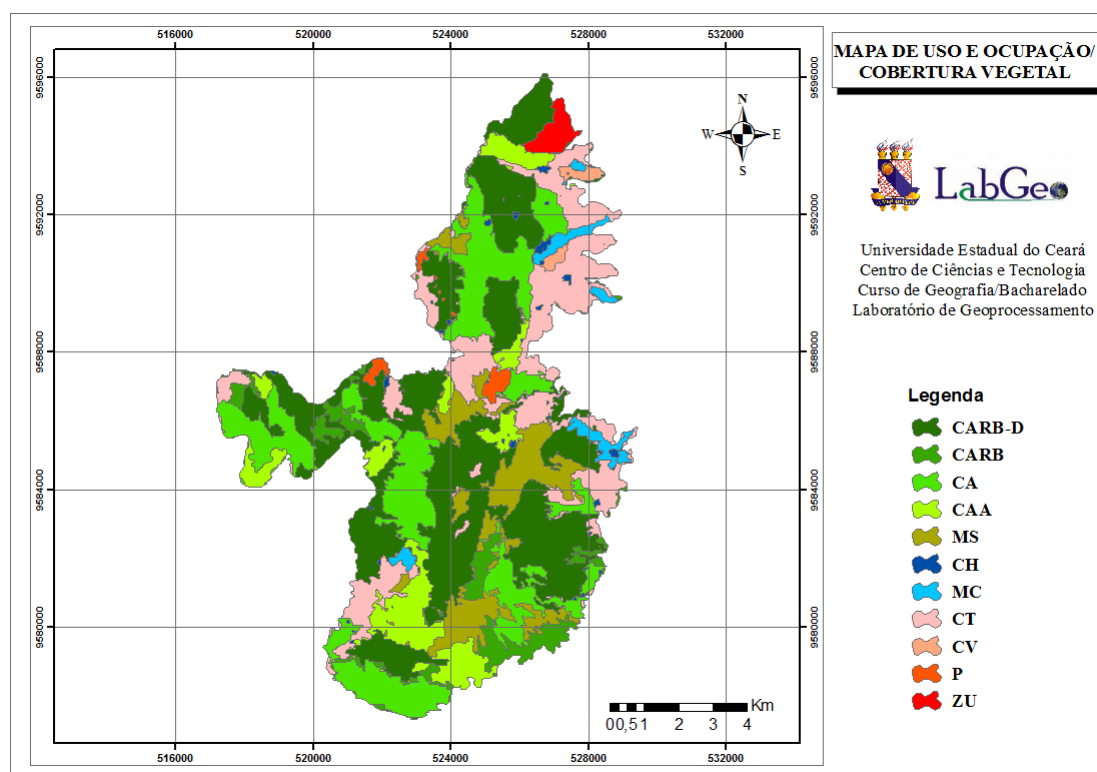
As relações existentes entre os diversos componentes do meio ambiente são de extrema necessidade para permanência de um equilíbrio, a fim de evitar consequências inesperadas. Sobretudo os processos morfogenéticos por produzirem instabilidade da superfície, sendo um fator limitante para a ocupação desordenada. Logo, a organização do território deve ser feita através das características físicas tanto no meio urbano quanto rural, ou seja, uma concepção de paisagem dinâmica e integrada.

Podemos observar que o mapa de declividade (Figura 2) expõe o relevo com inclinação variando, de 0 a >45 %, sendo considerada a classe acima de 45% como a mais vulnerável para o processo de uso e ocupação, pois apresentam vertentes mais íngremes e qualquer alteração na cobertura vegetal pode modificar toda a dinâmica da área, sendo contemplados pelo art. 2º do Código Florestal (BRASIL, 1965), no qual as áreas com inclinação superior a 45°, corpos hídricos e topo de morros como áreas de preservação permanente. Enquanto os setores de topografia mais suave ou plana têm tendência à estabilidade e a legislação impõe poucas restrições ao uso de acordo com a legislação.



**Figura 2.** Mapa de Declividade

O mapa de uso e ocupação do solo e cobertura vegetal (Figura 3) mostra às diversas características da área, desde a variação das caatingas, a zona urbana, as culturas temporárias, as culturas de várzeas, os corpos hídricos e suas matas ciliares. E conforme o art. 1º do mesmo código, afirma que todas as florestas e demais vegetação existentes no território nacional são bens de interesse comum a todos os habitantes do país, tendo seu uso concedido por meio de autorização. Assim podemos analisar as características físico-naturais da área e avaliar se existem áreas com processo de degradação e/ou ocupação inadequada, que possam ocasionar impactos ambientais.



**Figura 3.** Mapa de Uso do solo e Cobertura Vegetal

Utilizando da ferramenta de análise o LEGAL (INPE, 2007), foi feito o cruzamento do Mapa de Declividade com o Mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal, resultando no mapa de vulnerabilidade da área estudada (Figura 4).

No mapa de vulnerabilidade observa-se que aproximadamente 85 % da área de estudo esta caracterizada como um ambiente de vulnerabilidade alta. Na qual os setores mais baixos mesmo com menores declividades são vulnerabilizadas pelo fato de possuírem uma vegetação do tipo arbustiva que trata de ambientes com uma grande área de solos exposto, tornando-se mais susceptíveis a degradação do solo, então qualquer interferência como à implantação de práticas agrícolas podem comprometer o equilíbrio da área. Já as partes mais elevadas são vulnerabilizadas pelos altos níveis de declividade (>45%) e devido à presença de vegetação de porte arbóreo (plúvio-nebular) que estão associadas diretamente ao solo, e quando ocorre à retirada dessa vegetação para viabilizar a agricultura, estará favorecendo a erosão do solo e afetando o uso para outros fins.

As áreas com vulnerabilidade moderada encontram-se conservadas, decorrente da preservação da vegetação arbórea e da pequena ocupação nessa faixa de declividade, somente em alguns trechos é bordado por culturas temporárias.

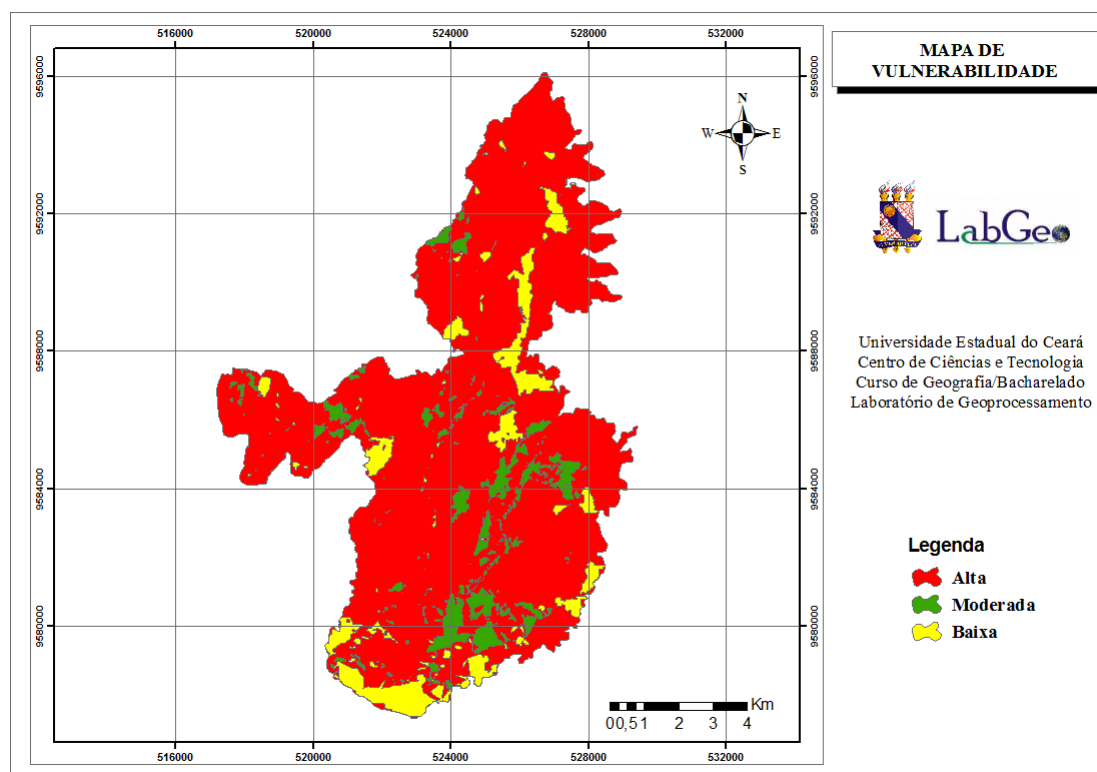


Figura 4. Mapa de Vulnerabilidade

A maioria dos enclaves está fortemente descaracterizada pela atividade antrópica, destacando-se a remoção da cobertura vegetal, a expansão desordenada das áreas urbanas e industriais, do emprego de técnicas agrícolas inadequadas, até mesmo nos espaços que apresentam inclinação superior a 45%. A vegetação de caatinga arbórea densa localizada nas partes mais elevadas, da serra, encontra-se bem conservada, ocorrendo assim um respeito quanto à legislação brasileira.

Em contrapartida nas áreas mais baixa ou (com baixa vulnerabilidade) da serra, a vegetação de caatinga arbustiva foi descaracterizada, com a utilização de práticas agrícolas rudimentares como o desmatamento e queimadas, dando lugar para as culturas temporárias de tubérculos, que ocorrem principalmente no período chuvoso quando ocorre melhor aproveitamento do solo. Essas áreas menos elevadas não encontram entraves para ocupação, mas a ocupação por culturas nas proximidades de corpos hídricos pode estar contribuindo para destruição da mata ciliar causando assoreamento do rio e provocando contaminação das águas através de agrotóxicos, que irão afetar diretamente a população residente nas proximidades. Em alguns casos, a degradação dos solos chega a atingir estágios irreversíveis, comprometendo os recursos hídricos, a biodiversidade e a qualidade de vida da população.

Além disso, nesta região existe uma potencialidade para os recursos minerais não-metálicos, que constituem os materiais de aplicação direta na construção civil, algumas das rochas são lavradas como pedra no Boqueirão de Araras, nas proximidades da BR-222, e também ocorre a retirada de areia para mesma finalidade. Ambas as atividades (Figura 5) trazem vários impactos ambientais como a remoção da cobertura vegetal (alteração de habitats e paisagens), degradação do solo, poluição dos recursos hídricos, emissão de gases e material particulado, mas todos os impactos podem ser minimizados com o uso de equipamentos adequados e fiscalização constante.

#### 4. Conclusão

Como conclusão, percebemos que o processo de uso do solo na área de estudo ainda não ocorre de maneira intensa como em outros maciços pré-litorâneos, respeitando a legislação brasileira. Porém, o fato de está localizado próximo a litoral e da capital Fortaleza, favorece a possibilidade de investimento voltado para o ecoturismo por ser uma área bem preservada e com um clima mais ameno que suas adjacências, principalmente num momento de consciência ecológica e sustentabilidade, associando a implantação de um programa de educação ambiental tanto para os moradores como para visitantes para garantir uma preservação da área em estudo.

Dessa forma, é necessário ter conhecimento da área a fim de um futuro planejamento que garanta a sustentabilidade da região, tendo como base a legislação e o conhecimento ambiental, principalmente das áreas mais vulneráveis para o processo de ocupação.

#### Agradecimentos

Agradeço ao Laboratório de Geoprocessamento (LABGEO), por todo apoio logístico para realização deste trabalho, e as professoras orientadoras que deram total apoio e atenção no sentido da científica pesquisa.

#### Referências Bibliográficas

BRANDÃO. R.L. Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza – Projeto SINFOR: **Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza**: CPRM, 1995.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Institui o novo Código Florestal**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm)>. Acedido em 16 de novembro de 2010.

DE BIASI, M. Cartas de Declividade: Confecção e Utilização. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 21, p. 8-12, 1970.

Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura. **Zoneamento Ecológico-Econômico dos Biomas Caatinga e Serras Úmidas do Estado do Ceará** - zoneamento geoambiental - geologia / Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura - FCPC – Fortaleza: PETROBRAS / FCPC / SEMACE / UFC, 2007. 28p.; il.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. SPRING, versão 4.3.3. Disponível em: <<http://www.inpe.br>> Acesso em: 24 set. 2010.

National Aeronautics and Space Administration (NASA). **GeoCover** [on line]. Disponível em: <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>>. Acesso em 20 de julho de 2010. 2005

SILVA. Cristiano Alves da. **Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE**. In: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 5435-5442.

SOUZA, Marcos José Nogueira de. Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. In. LIMA, L. C.; SOUZA, M. J. N.; MORAES, J.O. **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000, p. 6-104.

SOUZA, M.J.N; OLIVEIRA, V.P.V.. **Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do Nordeste brasileiro**. Revista de Geografia da UFC – Mercator. Ano 5, número 09. 2006

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, SUPREN, 1977.

VALERIANO, M. M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais, 2004. 72p. (INPE-10550-RPQ/756).