

Mapeamento dos limites de tolerância dos sistemas ambientais: Sub-bacia do rio Castro, CE

Lizabeth Silva Oliveira¹
Eveline Andrade Mesquita¹
Maria Lúcia Brito da Cruz¹

¹ Universidade Estadual do Ceará - UECE/PROPGEIO
Caixa Postal 60 - 714-903 - Fortaleza - CE, Brasil
lizabethso@hotmail.com; evelinemesquita21@gmail.com; mlbcruz@gmail.com

Abstract. Given the particularities of the environmental system of the regions verified in the Brazilian semi-arid context, we started with an empirical analysis of the Castro River sub-basin, Ceará. This is considered a unit of study and planning of the territory. It is inserted in part of the municipalities of Itapiúna, Canindé and Aratuba. In order to do so, the objective was to map the environmental limits of tolerance to the use and occupation. Thus, the relevant bibliographic materials, the techniques of remote sensing and geoprocessing and the results obtained in the field work were used. In this way, the study is based on the concepts of geographic science, based on the concept of limits of tolerance to use and occupation. For the mapping, a supervised classification of the satellite image in the SPRING 5.3 program was used, comprising the types of soil cover. Subsequently, the generated base (shapefile) was adapted to the mapping of the delimitation of tolerance limits. However, it was observed the definition of four levels of tolerance limits, highlighting the greater occurrence of low tolerance in which portions of the use and occupation are conserved or considered fragile and / or with a lower degree of intervention. This research aims to contribute to the expansion of knowledge in the Castro River sub-basin, as it can be applied to similar regions.

Palavras-chave: remote sensing, semi-arid region and Limit of tolerance

1. Introdução

A região semiárida apresenta características geoambientais vulneráveis em relação ao aproveitamento dos recursos naturais. Tal fator implica na necessidade de aprofundamento das questões ambientais que demanda movimentos de ingerências para o planejamento do uso e ocupação de forma adequada.

Assim, inserida no quadro natural tipicamente semiárido, tem-se a sub-bacia do rio Castro no Estado do Ceará. Esta é considerada uma unidade de estudo e planejamento do território demandando a necessidade de estudos mais aprofundados e visando, muitas vezes, subsidiar a tomada de decisões. A área do estudo abrange parte dos municípios de Itapiúna, Canindé e uma pequena parte do município de Aratuba, todos no estado do Ceará. Pertence à região hidrográfica da bacia metropolitana e está inclusa como sub-bacia hidrográfica do rio Choró. Possui uma área de 425 km² e está distante 104 km da capital do Estado (Fortaleza).

Nesse sentido, a fim de desenvolver um estudo das áreas vulneráveis em relação ao uso e ocupação, optou-se pelo mapeamento dos limites ambientais de tolerância dos sistemas ambientais, podendo a pesquisa ser aplicada a outras áreas do estado do Ceará.

O desenvolvimento desta pesquisa contou com aquisição de material bibliográfico pertinente e com coleta de dados relevantes, além da aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e do geoprocessamento e desenvolvimento de trabalho de campo. Especificamente, as técnicas do geoprocessamento e do sensoriamento remoto foram usadas na tentativa de integração de dados espaciais e não espaciais.

Contudo, foi utilizada uma imagem adquirida ao nível orbital através do satélite SPOT-5, datada de 2013, que possui resolução espacial de 2,5 metros e foi disponibilizada pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, IPECE. Através dessa imagem foi possível realizar no software SPRING 5.3 uma classificação supervisionada por região através do método Bhattacharya. Dessa forma, foi possível desenvolver uma análise com bastante

detalhe dos elementos naturais e antrópico, permitindo a definição do uso e ocupação dos sistemas ambientais e posteriormente a delimitação dos limites de tolerância.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Referencial Teórico-Metodológico

O estudo dos Limites de tolerância tem por base a compreensão do uso e ocupação dos sistemas ambientais. Dessa forma, optou-se pela base teórica-metodológica da ciência geográfica, a partir da análise integrada do ambiente, haja vista, a compreensão desta sobre a relação da sociedade-natureza, principalmente, acerca da delimitação dos sistemas ambientais.

Em contrapartida a essa percepção setorializada surgem os estudos integrados, buscando responder aos novos paradigmas advindos da problemática da própria organização do território. Por sua vez, a formulação da Teoria Geral dos Sistemas, TGS de Bertalanffy trouxe grandes contribuições para o pensamento integrado e sistêmico. Cabendo ressaltar que essa teoria perpassa por todos os campos científicos, não sendo formulada apenas para ciência geográfica. Dessa forma, Marques Neto (2008) afirma que a partir das concepções de Bertalanffy, vários avanços acompanhados de críticas foram realizados no estudo dos sistemas.

A partir das novas concepções para estudos integrados, a Geografia física sofre grande influência das escolas russas (soviéticas) e francesas. Nesse contexto, surgem as contribuições da Análise Geossitêmica a partir de Bertrand (1968) e da Teoria Ecodinâmica de Tricart (1977). Posteriormente Souza (2000) realiza adaptações necessárias para regiões naturais do Estado do Ceará definindo por sua vez, as vulnerabilidades ambientais das unidades.

No avançar das questões ambientais, ainda dentro das perspectivas abordadas pela Geografia verifica-se uma análise do meio ambiente, voltada à importância dos recursos naturais, aonde Souza (2000, p. 70) afirma que “as mudanças ambientais exibem características alarmantes com sérios prejuízos para os recursos naturais renováveis”. Dessa forma, evidencia-se a necessidade de recuperar e manejar o ambiente natural para que não haja a extinção dos recursos naturais.

Nesta expectativa, Souza (2011) traz o contexto de avaliação dos limites de tolerâncias dos sistemas ambientais, onde estabelecem que se devam considerar os indicadores inferidos a partir dos processos morfogenéticos e pedogenéticos, “além de informações sobre o estado atual dos componentes geocológicos” (SOUZA, op. cit. p. 26). Este autor atribui à análise do contexto ambiental no estudo do enclave úmido da Serra de Baturité. Para tanto, no desenvolvimento desta pesquisa, optou-se por adaptações para região semiárida que compõem a sub-bacia do rio Castro.

Assim, o limite de tolerância estabelecido para o uso e ocupação considera os aspectos ambientais dos componentes naturais. Souza, 2011 diz que: “A análise estrutural dos sistemas tem o propósito de identificar os limites de tolerâncias, fundamentados na capacidade de desempenho das suas funções produtivas de recuperação e/ou restauração, enfim de manter as condições de suas estabilidades” (SOUZA, op. cit, p.28).

Por sua vez, os limites de tolerâncias possuem indicadores que expressam a capacidade de suporte dos sistemas ambientais e dos processos que nela operam, assim, o conhecimento dos níveis de tolerância implica na gestão e no gerenciamento dos recursos naturais (SOUZA, op. cit.). Principalmente, dentro dos limites do semiárido que apresenta insuficiência e irregularidades pluviométricas, além da hidrologia dependente do ritmo climático e uma vegetação de caatingas (Com grande diversidade), mas desenvolvida, muitas vezes, em solos rasos e pedregosos.

Destaca-se que para o desenvolvimento desta pesquisa, utilizou-se de uma imagem adquirida ao nível orbital através do satélite SPOT-5, este corresponde a um programa

espacial francês. De acordo com Novo (1992, p. 167 -168, grifo do autor), o sistema SPOT, “compreende basicamente um satélite, que pode ser modificado para acomodar diferentes cargas úteis; sistemas sensores, concebidos para certos objetivos e sistemas terrestres de aquisição, processamento e disseminação de dados”.

A imagem SPOT-5 adquirida é datada de 2013, possui resolução espacial de 2,5 metros, disponibilizada pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, IPECE. Esta imagem permitiu analisar com bastante detalhe os elementos naturais e antrópicos na área de estudo, ou seja, delimitar o uso e ocupação dos sistemas ambientais. Através desta, foi realizada uma classificação supervisionada que se refere ao método baseada na compreensão do técnico.

Para a classificação supervisionada por região através do método Bhattacharya, este mede as distâncias médias entre as distribuições das probabilidades das classes espectrais. Contudo, pode-se dizer que o geoprocessamento e o sensoriamento remoto podem ser empregados na tentativa de integração de dados espaciais e não espaciais, em estudos relacionados ao meio ambiente. Podendo, dada a disponibilidade de SIG livres, ser usados por diversas entidades (órgãos governamentais, privados e não-governamentais) subsidiando a tomada de decisões e o conhecimento dos territórios.

2.2 Procedimentos Operacionais

Os procedimentos operacionais metodológicos foram definidos a partir do recorte espacial da sub-bacia do rio Castro e a delimitação do objetivo da pesquisa. Foi realizado um levantamento bibliográfico que buscou a definição do embasamento teórico com a reunião da literatura existente para a temática da pesquisa. Houve a concentração na área da Geografia física e base teórica para os limites de tolerâncias e as técnicas relacionadas ao geoprocessamento e ao sensoriamento remoto. A consulta concentrou-se em livros, artigos, anais de eventos e demais trabalhos acadêmicos e técnicos. Foram visitadas as bibliotecas públicas da Universidade Estadual do Ceará, UECE e do Laboratório de Geoprocessamento e estudos aplicados, LABGEO/UECE.

Por sua vez, a coleta de material concentrou na aquisição de dados e materiais secundários (de caráter qualitativo e quantitativo). Além disso, houve a elaboração dos mapas prévios para embasar o trabalho de campo.

O trabalho de campo está pautado na necessidade de reconhecimento e confirmação de feições naturais ou antrópicas percebidas no próprio trabalho de “pré-campo”. Foi utilizadas técnicas de sensoriamento remoto, com registro fotográfico (câmera fotográfica digital) e análise de imagens de satélites, auxiliadas a partir da aquisição de pontos através do uso de receptor Global Positioning System, GPS.

Por sua vez, a produção cartográfica concentrou na aquisição de bases adquiridas juntos aos órgãos públicos, dentre os quais: IPECE, Superintendência Estadual do Meio Ambiente, SEMACE, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, FUNCEME e dados elaborados no LABGEO. A espacialização dos dados coletados se deu em ambiente de SIG, vale salientar a escolha do software SPRING, versão 5.3 – Português - 64 bits do Windows, adquirido de forma gratuita.

Adotou-se o sistema de projeção cartográfica correspondente ao Universal Transversa de Mercator, UTM e como referencial geodésico optou-se pelo Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, SIRGAS 2000, zona 24 sul. Esse padrão foi adotado na confecção de todos os mapas da pesquisa.

Para confecção do mapa de uso e ocupação dos sistemas ambientais e, conseqüentemente, dos limites de tolerância dos sistemas ambientais, foi usada Ortoimagem - SPOT 5, com resolução espacial de 2,5 metros datada do ano de 2013. Também, foram usados arquivos digitais, formato shapefile, com informações: Limites municipais do Ceará – escala 1:

100.000 – disponibilizada por IPECE, 2014; Rodovias pavimentadas e não pavimentadas – escala 1: 100.000 – disponibilizada por DER, Para o geoprocessamento, utilizou-se do pacote Microsoft office 2010 (Excel e Word) e de SIGs, tais como: ArcGIS 10.1 versão free trial disponibilizado pela Environmental Systems Research Institute, ESRI adquirida pelo site www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop/free-trial. Esta foi utilizada para a edição vetorial e elaboração do layout dos mapas; SPRING, versão 5.3 – Português - 64 bits do Windows, adquirido de forma gratuita no website: <http://www.dpi.inpe.br/spring>. Este foi utilizada elaboração da classificação supervisionada da imagem de satélite.

A confecção do mapa de uso e ocupação dos sistemas ambientais foi realizada a partir de uma classificação supervisionada através da técnica multiespectral “por região” que corresponde ao algoritmo de Battacharya, esta tem por base a escolha de feições conhecidas (requer treinamento). A classificação foi realizada no programa SPRING que considera três módulos, são eles: Imprima (converte imagens), Spring (Manipulação dos dados) e Scarta (confecção do layout dos mapas e cartas). Dessa forma, a primeira etapa para classificação corresponde à transformação do formato da imagem SPOT 5 em GeoTiff, para o formato Gridded binary, GRIB realizada no modulo Imprima.

Não foi necessário realizar o georreferenciamento da imagem, haja vista, que a mesma já se encontra ortoretificada. Foi necessário definir um banco de dados georreferenciados (diretório de armazenamento das características), projetos (subdiretório onde serão armazenados os dados) e modelo de dados. Para cada dado tratado no Spring foi atribuído uma categoria, pertencente a um modelo de dados (Temático, Cadastral, Imagem, Objetos, Redes e Numéricos). Por sua vez, a imagem de satélite utilizada foi atribuída à categoria de Imagem na forma de matriz.

Após a criação do banco de dados e projeto, a imagem foi importada para o módulo Spring. A intenção foi executar uma classificação supervisionada da imagem de satélite, compreendendo os tipos de cobertura do solo. Dessa forma, os tipos de cobertura foram determinados através da definição de amostras dos pixels existentes na imagem. Isto é, cada elemento possui uma tipologia de pixel, por exemplo: água, vegetação e solo exposto.

Inicialmente, foi necessário realizar o processo de segmentação que se refere à divisão da imagem em regiões (conjunto de pixels) para definição de áreas semelhantes. Foi escolhida a similaridade e a área 30 por 30. Após a segmentação procedeu-se com a criação de um arquivo de contexto que é necessário para a classificação supervisionada Battacharya. Seguindo foi necessário realizar o procedimento chamado de Treinamento, este se apresenta de duas formas: supervisionado e não supervisionado.

Para o presente trabalho, considerou-se o Treinamento na forma supervisionada, haja vista, que foram definidas áreas representantes de cada classe de interesse. Através do classificador Battacharya é possível utilizar as regiões separadas durante o processo de segmentação ou podem-se utilizar polígonos das regiões a serem classificadas. Ressalta-se que o método de classificação escolhido depende das amostras obtidas através do treinamento.

Assim, utilizou-se do método de Battacharya, definindo um limiar de aceitação de 99%. Posteriormente, foi necessário a análise das amostras, visando compreender o desempenho médio destas. Com a posse das amostras a imagem é classificada. E por fim, foi necessário transformar a imagem classificada em um mapa temático raster. E posteriormente, o produto da classificação foi transformado em shapefile.

Após a confecção do mapa de uso e ocupação dos sistemas ambientais, adequou-se a base gerada (shapefile) para o mapeamento da delimitação dos limites de tolerância, conforme os preceitos de Souza, 2011. Por fim, com o processo de classificação de mapa, partiu-se para o layout dos mapas de localização, do uso e ocupação dos sistemas ambientais e da delimitação dos limites de tolerâncias. Ressalta que todo o mapeamento foi associado ao trabalho de campo.

Após o trabalho de campo tem-se a análise laboratorial, onde ocorreu a sistematização das informações recolhidas em campo. Nesse momento as ações concentraram na seleção e análise dos dados e em alguns momentos edições de dados cartográficos; concentrando-se nas atividades de tabulação, tratamentos e elaboração do mapa temático do uso e ocupação dos sistemas ambientais e dos limites de tolerâncias, além da organização dos registros fotográficos.

3. Resultados e Discussão

Para desenvolvimento do uso e ocupação de forma a garantir a saúde ambiental da sub-bacia do rio Castro, faz-se necessário à compreensão das condições de potencialidades e limitações que representam a capacidade de suporte dos sistemas ambientais. Efetivamente, o que se verifica são alterações históricas desencadeando problemas ambientais em todo o contexto da sub-bacia.

Por tudo isso, cabe destacar a importância da definição dos sistemas ambientais para delimitação dos limites de tolerância que de acordo com Souza et al. (2009, p. 29) “servem de base para indicar condições potenciais ou limitativas, quanto às possibilidades de uso dos recursos naturais e das reservas ambientais”. O Quadro 1 demonstra os principais aspectos dos sistemas ambientais na sub-bacia do rio Castro, que correspondem a planície fluvial, cristas residuais e depressão sertaneja.

Definidos os sistemas ambientais e os modos de uso e ocupação na sub-bacia do rio Castro, foi possível estabelecer através do geoprocessamento e do sensoriamento remoto as áreas de cada classe determinada que anteceda a delimitação dos limites de tolerâncias.

Assim, após o conhecimento das potencialidades e limitações dos sistemas ambientais da sub-bacia do rio Castro, partiu-se para a definição clara do uso e ocupação destes, através de uma classificação supervisionada que revelou as principais características ambientais da área estudo, onde o mapeamento foi corrido através do trabalho de campo. Para tanto, foram definidas 07 (sete) classes ligadas ao uso e ocupação tendo como base as características socioambientais dominantes, são elas: Superfície com água (1,36%); Zonas urbanizadas (0,5%); Áreas ocupadas por agricultura, pastagens, ambientes em pousio ou em estado de abandono (7,24%); Exposição de solos e práticas de silvicultura (10,77%); Ambientes protegidos por lei com ocupações de risco e ocorrência de mata ciliar (0,94%); Usos não urbanos, ambientes em pousio com processo primário e secundário de sucessão ecológica (60,82%); e Usos não urbanos, ambientes conservados ou em processo de recuperação (18,37%).

A classificação supervisionada por região demonstrou destaque para classe referente aos usos não urbanos, ambientes em pousio com processo primário e secundário de sucessão ecológica (60,82% de área na sub-bacia do rio Castro). Esta classe se caracteriza por apresentar áreas com vegetação natural com espécies de caatinga arbustiva aberta e espécies herbáceas (Ver Mapa 2).

Cabe destacar que a sucessão de espécies primárias e secundárias favorece a formação e evolução dos solos, diminuindo a atuação dos processos erosivos. Este fator, contribui para a recarga dos recursos hídricos e contribuindo para o equilíbrio ambiental.

A segunda classe de maior representação corresponde aos usos não urbanos, ambientes conservados ou em processo de recuperação. Está representada por áreas de vegetação natural com remanescentes de caatinga arbustiva densa conservada e/ou em processo de recuperação. O mapeamento demonstrou maior ocorrência dessas áreas nos sistemas ambientais das cristas residuais que na sub-bacia do rio Castro verifica-se maior ocorrência na porção correspondente ao município de Aratuba.

A classe de menor representatividade na sub-bacia do rio Castro, corresponde a zonas urbanizadas (0,5%), apesar de existir uma tendência de aumento dessas áreas, existe uma

preponderância de áreas rurais, uma vez que engloba duas regiões urbanizadas que compreende a sede do município de Itapiúna e a sede do distrito de Palmatória, podendo ser considerada de baixa ocupação urbana tendo em vista o tamanho da sub-bacia (425 km²). Nesse sentido, predominam o uso residencial.

A classe referente aos ambientes protegidos por lei, com ocupações de risco e ocorrência de mata ciliar (0,94%) correspondem às áreas de preservação permanente, representadas pelas margens de rios e de corpos d'água de acordo com legislação ambiental vigente. A classificação da imagem de satélite revelou baixa ocorrência e em alguns pontos degradadas, sendo confirmado este mapeamento através do trabalho de campo.

As classes definidas por áreas ocupadas por agricultura, pastagens, ambientes em pouso ou em estado de abandono (7,24%) e por exposição de solos e práticas de silvicultura foram percebidas em todo o contexto da sub-bacia do rio Castro (10,77%).

Quadro 1. Principais aspectos dos sistemas ambientais na sub-bacia do rio Castro.

DOMÍNIO NATURAL	SISTEMAS AMBIENTAIS	PROBLEMAS AMBIENTAIS	CAPACIDADE DE SUPORTE	
			POTENCIALIDADES	LIMITAÇÕES
Planície de acumulação	Planície fluvial	Mata ciliares degradadas; empobrecimento da biodiversidade; poluição; desencadeamento de processos erosivos, assoreamento e inundações; ocupações urbanas.	Solos com boas condições de fertilidade natural; ambientes de exceções; disponibilidade hídrica; agroextrativismo e agropecuária.	Áreas sujeitas à erosão que pode causar assoreamento do rio. Proibida a ocupação. Risco a erosão.
Relevos residuais	Cristas residuais úmidas e/ou sub-úmidas	Degradação ambiental; extração mineral desordenada.	Atividades de recuperação ambiental com espécies nativas; proteção das nascentes.	Declividade acentuada; susceptibilidade a erosão; limitação à ocupação.
Depressão sertaneja	Sertão Central (Sertão de Canindé)	Superfície degradada; pressão sobre os remanescentes de vegetação nativa; uso de técnicas rudimentares; queimadas;	Solo com fertilidade alta; extrativismo vegetal controlado; Expansão urbana e instalação viária.	Deficiência hídrica; solos rasos e pedregosos;

Fonte: Autora 2016.

Definidas as classes, a partir do processo de sensoriamento remoto e de geoprocessamento, elaborou-se um Mapa que traz o uso e ocupação dos sistemas ambientais na sub-bacia do rio Castro. Tal mapeamento foi essencial para a delimitação dos limites de tolerância. Assim, com base em Souza (2011), os limites de tolerância para o uso e ocupação dos sistemas ambientais podem ser definidos em quatro níveis, são eles: muito baixa tolerância, baixa tolerância, tolerância mediana e alta tolerância.

Quadro 2 – Classificação dos limites de tolerâncias dos sistemas ambientais.

Níveis	Características
 Muito baixa tolerância	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas protegidas conforme os preceitos da legislação; • Áreas fitoestabilizadas.

 Baixa tolerância	<ul style="list-style-type: none">• Áreas conservadas ou consideradas frágeis;• Áreas com menor grau de intervenção humana.
 Tolerância mediana	<ul style="list-style-type: none">• Áreas com características parcialmente mantidas e/ou quadro natural alterado;• Área com risco médio a baixa quanto atividades antrópicas ou incidência de processos naturais
 Alta Tolerância	<ul style="list-style-type: none">• Áreas com sistemas ambientais apresentando estabilidade Ecodinâmica ou de transição;• Áreas sujeitas a ocupação humana.

Fonte: Adaptado de Souza (2000). Organização: Autora 2016.

Por sua vez, através do mapeamento da delimitação dos limites de tolerância (verificou-se a pequena ocorrência (0,5%) do limite referente à classe da Alta tolerância, caracterizada por área sujeitas à ocupação humana que de acordo com o uso e ocupação dos sistemas, correspondem às zonas urbanizadas com o predomínio de residências. Destaca-se que neste ponto esse sistema ambiental encontra-se degradado com fortes alterações do componente natural, tal fator, caracteriza menor vulnerabilidade ambiental ao uso e ocupação, embora não sejam desconsideradas as práticas de recuperação de áreas degradadas.

Em relação à Tolerância mediana, tem-se 19,37% de área compondo essa classe, representando o uso e ocupação referentes a superfície com água, áreas ocupadas por agricultura, pastagens, ambientes em pousio ou em estado de abandono, pontos de exposição de solos e práticas de silvicultura. Nessa áreas foram verificados alteração nas características naturais, mas que ainda apresentam razoável capacidade produtiva dos recursos naturais.

Constatou-se o predomínio da classe referente à baixa tolerância com 60,82% de área. Nesse ponto, verificou-se áreas com vegetação natural, com espécies de caatinga arbustiva densa e espécies herbáceas, podendo a qualidade do sistema ambiental ser considerada derivada com dinâmica progressiva, haja vista, o papel da sucessão ecológica e consequentemente atuação da pedogênese.

Por fim, tem-se a classe de limites referente à Muito baixa tolerância, uma vez que, caracteriza um ambiente fitoestabilizado com a preservação de remanescentes de vegetação, representado por espécies de caatinga arbustiva densa, com tendência a conservação ou recuperação.

Contudo, observa-se que através do mapeamento advindo de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto foi possível a delimitação dos limites de tolerância dos sistemas ambientais definindo as escalas atuais (ano de 2016) do modo desenvolvimento do uso e ocupação e subsidiando as tendência aos usos e ocupações futuras. Cabe salientar que o sucesso do mapeamento, seu deu principalmente, pela aquisição de imagens de alta resolução espacial, pelo árduo trabalho de campo na área de interesse, além do levantamento bibliográfico pertinente.

4. Conclusões

O estudo dos limites de tolerâncias tem por base a ciência geográfica, entretanto, dentro dos estudos desta ciência (desenvolvida pela comunidade acadêmica) ainda é pouco trabalhada essa temática dos limites de tolerância dos sistemas ambientais.

O papel do geoprocessamento em associação ao sensoriamento remoto, além da importância do trabalho de campo, obtendo-se contribuições acerca do conhecimento sobre a sub-bacia do rio Castro. Destaca-se que o estudo dos aspectos ligados à compreensão das áreas vulneráveis sócioambiental, isto é, dos limites de tolerância dos sistemas através da definição do uso e ocupação podem ser aplicados em outras áreas do Estado do Ceará, visando à qualidade ambiental da região semiárida.

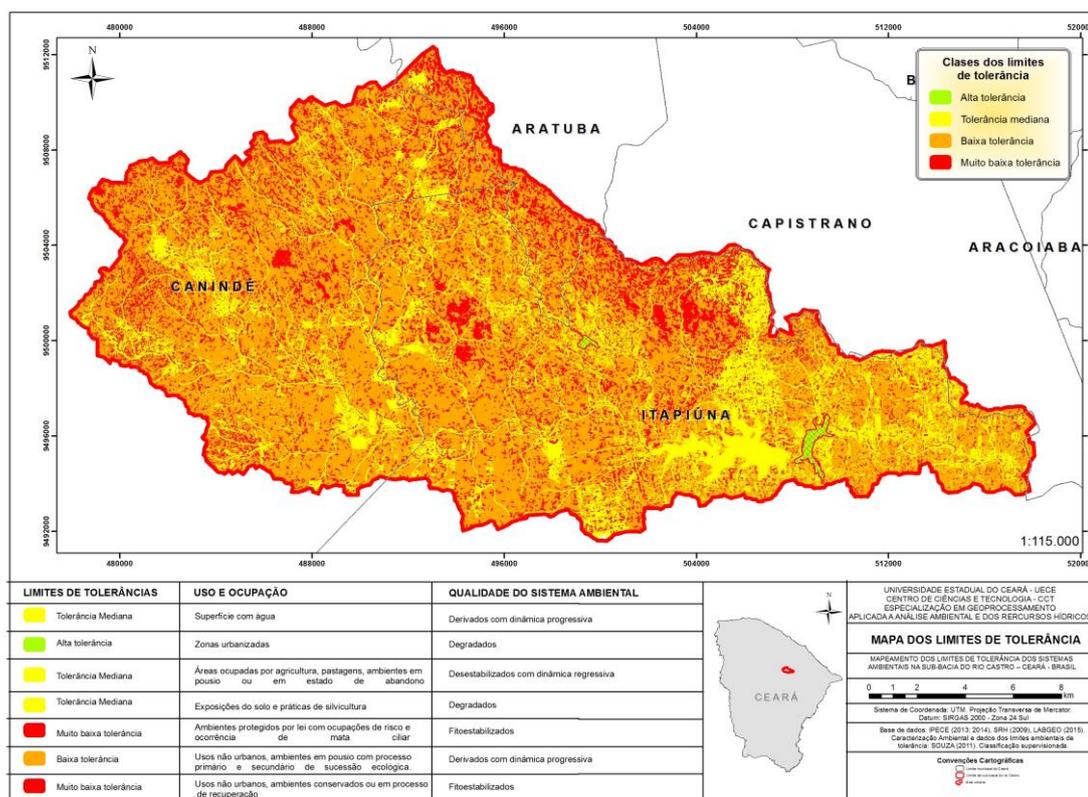


Figura 1. Mapa dos Limites Ambientais de tolerâncias.

Agradecimentos

Agradeço a FUNCAP FIT pelo apoio financeiro e ao Labgeo, pela construção das bases cartográficas.

Referências Bibliográficas

- Bertrand, G. – 1968. Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico. In **Caderno de Ciências da Terra**, N. 8, p. 141-152. R. RA'E GA. Curitiba: Editora da UFPR, 2004.
- Novo, e. M.L. De. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2ª ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1992.
- Souza, M. J. N. de. **Diagnóstico Geoambiental do Município de Fortaleza: Subsídios ao Macrozoneamento Ambiental e à Revisão do Plano Diretor Participativo-PDPF/** Marcos José Nogueira de Souza [et al.]. – Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2009. 172 p.
- _____. Contexto Ambiental do Enclave Úmido da Serra de Baturité – Ceará. In **Serra de Baturité: uma visão integrada das questões ambientais**. Org. Frederico de Holanda Bastos – Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011. P. 19-33.
- _____. Bases naturais e esboços do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In: SOUZA, M.J.N. MORAES, J.O. de e LIMA, L.C. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**, Parte I. Fortaleza: Editora FUNECE, 2000.
- SOTCHAVA, V. B. **O Estudo de Geossistemas**. Métodos em Questão. São Paulo: ed. IG – USP. p. 1-52, 1977.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, FIBGE-SOPREN. 1977.