



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE/PRODEMA



**DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE CERRO
CORÁ – RN POR TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO**

HENRIQUE ROQUE DANTAS

2013
Natal – RN
Brasil

Henrique Roque Dantas

**DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE CERRO
CORÁ – RN POR TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Orientador: **Prof. Dr. Fernando Moreira da Silva**

2013

Natal – RN

Brasil

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Setorial do Centro de
Biociências

Dantas, Henrique Roque.

Degradação ambiental no Município de Cerro Corá-RN por técnicas de geoprocessamento / Henrique Roque Dantas. – Natal, RN, 2013.

53 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Moreira da Silva

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Biociências. Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente/PRODEMA.

1. Degradação ambiental – Dissertação 2. Uso do solo – Dissertação 3. Análise temporal – Dissertação. I. Silva, Fernando Moreira. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/UF/BSE-CB

CDU 502/504

HENRIQUE ROQUE DANTAS

Dissertação submetida ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN), como requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA:

Prof(a). Dr(a). **FERNANDO MOREIRA DA SILVA**
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN)

Prof. Dr. **RAQUEL FRANCO DE QUEIROZ**
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Prof. Dr. **ARNÓBIO DE MENDONÇA BARRETO CAVALCANTE**
Instituto Nacional do Semiárido - INSA

AGRADECIMENTOS

A construção dessa dissertação e obtenção deste título nada se transmite em palavras além da gratidão do somatório de apoios, palavras de força e carinho e companheirismo dos familiares e amigos que comigo contribuíram para que pudesse seguir sempre em frente e não desistir nos percalços não só da minha vida acadêmica, mas também da minha vida pessoal.

Queria acima de tudo agradecer a Deus pelas graças alcançadas e por me dar coragem e força de vontade em correr atrás das coisas que me realizam. Sem ele nada disso haveria de acontecer.

A meus pais, bases da minha existência e pilares que moldam meu crescimento pessoal e profissional, nada sei lhe dizer além de “obrigado” por me apoiar em todos os momentos e decisões que tomei até chegar onde estou. Se posso dedicar tudo que tenho e o que sou, dedico a vocês.

A Narjara, amor incondicional, que tanto me apoiou nos momentos que mais precisei, tanto nos carinho, palavras de apoio, e até nos cuidados e preocupações que comigo teve enquanto permaneci em Caicó, estudando pra chegar onde estou. Sempre lhe serei grato por todo amor e carinho que me proporcionas.

A todos os meus familiares que me apoiaram e me ajudaram com palavras de força e carinho, e acima de todos, meu Tio Nego (*in memorian*) e Tia Apresentação, os quais puder conviver, sofrer junto e aprender com suas palavras, sobre os planos de Deus e que nada somos sem ele.

A todos os meus amigos, em especial Cirício, Bruninho e Rogério, dos quais pude conviver grande parte deste percurso, e usufruir e compartilhar da amizade e inimizades temporárias de quase irmãos.

A Professor Fernando “Cabavéi”, orientador, conselheiro, e acima de tudo amigo. Principal peça para completar esse quebra-cabeça, que sempre com bom-humor me guiou nos passos para concluir esse mestrado.

Ao Professor Renato Rocha, coordenador do Laboratório de Ecologia do Semi-árido, por inserir na minha cabeça à busca vãos mais altos, pelas orientações, palavras de apoio e pelo espaço cedido no LABESA.

Aos amigos do LABESA, em especial Professor Diógenes pelas orientações, palavras de apoio e amizade. E todos os demais labesianos que mesmo sem perceber ajudaram na minha caminhada.

A professora Zulmara, qual admiro muito pela docente profissional que é, e que se mostrou uma grande amiga, me proporcionando junto aos monitores que tão bem me acolheram no C&T, o aprendizado e a convivência do trabalho em equipe.

Aos meus colegas de curso Francker, Max, Solange, Ana Paula, Priscila, Emerson, Juliana, em especial, Gabrielle, Gabriella, João Paulo, Wellington, Rafaela, Neusiene, Mycarla, Anna Jéssica, Bruno, Wanessa, Mykaelle, dos quais se mostraram grandes amigos tanto nas horas que precisávamos, quanto nas farras e confraternizações de turma.

E a CAPES/REUNI que me propiciou a conclusão desse mestrado, e as práticas docentes advindas do programa.

A todos, meus mais sinceros agradecimentos.

“TENHO EM MIM TODOS OS SONHOS DO MUNDO”
Fernando Pessoa

RESUMO

DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE CERRO CORÁ – RN POR TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

RESUMO - Os processos de ocupação e evolução dos ambientes naturais em decorrência de um processo desordenado de implementação de práticas econômicas agrosilvopastoris, desempenham até hoje um papel determinante de degradação no processo de mudança da paisagem e dos recursos naturais do Semiárido Brasileiro. A Serra de Santana apresenta elementos naturais importantes para o estado do Rio Grande do Norte como a nascente do rio Potengi. Para tanto, o presente trabalho teve como objetivo analisar o grau de degradação no município de Cerro Corá - RN. Foram utilizadas imagens de satélite Landsat-5 e dados censitários referentes ao ano de 2008. Como método fez-se uso de geotecnologias que contemplam uso do solo, NDVI, precipitação, pecuária e erodibilidade na avaliação da degradação ambiental, bem como imagens do satélite Landsat TM-5, nos anos de 1984, 1995 e 2008, cartas de NDVI, dados censitário referentes à dados socioeconômicos obtidos no IBGE. Os resultados mostraram que em sua maioria absoluta o município de Cerro Corá apresenta uma susceptibilidade de baixa à média, que juntos representam 63,92% do município, havendo uma regressão das áreas antropizadas e das áreas de agricultura, e uma recuperação das áreas de Caatinga, chegando esta a ocupar atualmente 92% do território municipal. Um sistema de informação Geográfica torna-se indispensável no monitoramento ambiental de Cerro Corá/RN.

PALAVRAS-CHAVE: Degradação ambiental, Landsat 5, Uso do Solo, NDVI, Análise temporal, Economia.

ABSTRACT

ENVIRONMENTAL DEGRADATION IN THE CITY OF CERRO CORA - RN IN TECHNICAL GEOPROCESSING

ABSTRACT - The processes of occupation and evolution of natural environments as a result of a disorderly process of implementing economic practices agrosilvopastoris play today an important role in the degradation process of changing the landscape and natural resources of the semiarid Northeast. The Serra de Santana has natural elements important to the state of Rio Grande do Norte as the source of the Potengi. Therefore, this study aimed to analyze the degree of degradation in the municipality of Cerro Cora - RN. We used satellite images Landsat-5 and census data for the year 2008. The method made use of geotechnology which includes land use, NDVI, rainfall, livestock and erodibility in the evaluation of environmental degradation, as well as satellite images of Landsat TM-5, in the years 1984, 1995 and 2008, letters of NDVI, census data regarding the socioeconomic obtained from IBGE. The results showed that the absolute majority in the municipality of Cerro Cora has a low to medium susceptibility, which together represent 63.92% of the municipality, with a regression of disturbed areas and the areas of agriculture, and a recovery of the areas of Caatinga , coming to occupy currently 92% of the municipal territory. A Geographic Information System is indispensable to environmental monitoring of Cerro Cora / RN.

KEYWORDS: Environmental Degradation, Landsat 5, Land Use, NDVI, Temporal Analysis, Economy.

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DA LITERATURA/FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Figura 1: Localização de Cerro Corá-RN.....	07
Figura 2: Mapa Climático do RN.....	07
Figura 3: Padrão das classes: Vegetação de Caatinga (A), Culturas (B) e Áreas Antropizadas (C).....	11

CAPÍTULO 1 - SUSCEPTIBILIDADE À DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM REGIÃO DE CAATINGA, MUNICÍPIO DE CERRO CORÁ/RN, POR SENSORIAMENTO REMOTO.

Figura 1: Localização de Cerro Corá-RN.....	19
Figura 2: Mapa Climático do RN.....	20
Figura 3: Mapa de uso do solo de Cerro Corá – RN.....	42
Figura 4: Mapa de NDVI de Cerro Corá RN.....	28
Figura 5: Mapa de precipitação no município de Cerro Corá – RN.....	29
Figura 6: Mapa da Pressão Exercida pela Pecuária (PEP).....	30
Figura 7: Mapa de Erodibilidade do solo.....	31
Figura 8: Mapa do Índice de Susceptibilidade à Degradação Ambiental.....	38

CAPÍTULO 2 – DINÂMICA TEMPORAL DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO ATRAVÉS DE DADOS ESPECTRAIS-LANDSAT 5 NO MUNICÍPIO DE CERRO CORÁ SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE

Figura 1: Localização de Cerro Corá-RN.....	40
Figura 2: Mapa Climático do RN.....	40
Figura 3: Padrão das classes: Vegetação de Caatinga (A), Culturas (B) e Áreas Antropizadas (c).....	42
Figura 4: Classificação de cobertura do solo para o ano de 1984.....	44
Figura 5: Classificação de cobertura do solo para o ano de 1995.....	45
Figura 6: Classificação de cobertura do solo para o ano de 2008.....	46
Figura 7: Detalhe das mudanças da cobertura da paisagem dos anos de 1984 e 2008.....	47
Figura 8: Histograma das frequências de classe dos tipos de cobertura da terra.....	48
Figura 9: Histograma dos dados socioeconômicos de Cerro Corá, entre 1984 e 2008.....	49

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 - SUSCEPTIBILIDADE À DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM REGIÃO DE CAATINGA, MUNICÍPIO DE CERRO CORÁ/RN, POR SENSORIAMENTO REMOTO.

Tabela 1: Quantificação das classes do ISDA.....	22-23
Tabela 2: Classes de uso do solo.....	25
Tabela 3: Indicador – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada-NDVI.....	27
Tabela 4: Índice de Precipitação (mm).....	28
Tabela 5: Média da Pressão Exercida pela Pecuária.....	29
Tabela 6: Erodibilidade do Neossolo Litólico Eutrófico.....	30
Tabela 7: Porcentagem por classe do ISDA.....	33

CAPÍTULO 2 – DINÂMICA TEMPORAL DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO ATRAVÉS DE DADOS ESPECTRAIS-LANDSAT 5 NO MUNICÍPIO DE CERRO CORÁ SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE.

Tabela 1: Satélite, sensor, data de aquisição e órbita/ponto das imagens utilizadas.....	41
Tabela 2: Dados socioeconômicos referentes à Cerro Corá/RN.....	48

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DA LITERATURA/FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	01
CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	06
METODOLOGIA GERAL	08
REFERÊNCIAS.....	12
CAPÍTULO 1 - SUSCEPTIBILIDADE À DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM REGIÃO DE CAATINGA, MUNICÍPIO DE CERRO CORÁ/RN, POR SENSORIAMENTO REMOTO...16	
CAPÍTULO 2 – DINÂMICA TEMPORAL DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO ATRAVÉS DE DADOS ESPECTRAIS-LANDSAT 5 NO MUNICÍPIO DE CERRO CORÁ SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE.....	37
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52

INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DA LITERATURA / FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A História de mais de 4,5 bilhões de anos do planeta Terra é longa e complexa, repleta de constantes transformações capazes de evidenciar uma sucessão de estados que se alternam entre situações de não-equilíbrio e equilíbrio (SANTOS, 2004). A utilização da terra para o sustento humano advém desde os princípios da humanidade para utilização de meios agrosilvopastoris. Contudo, os processos de territorialização e interiorização incentivaram uma ocupação com um uso inadequado de apropriação do espaço e conseqüentemente uma utilização insustentável dos recursos naturais do Semiárido Brasileiro. Essa mudança na paisagem decorrente de ações antropogênicas que tem inferido diretamente no equilíbrio natural de ecossistemas.

O estudo do meio ambiente como um todo apresenta uma alta complexidade no que se refere aos diversos aspectos envolventes nos contextos dos elementos naturais. Para se fazer uma análise lógica e completa do meio natural, precisa-se considerar as respostas interativas entre clima, vegetação, solo e formas de uso e ocupação que precisam ser adequadamente quantificadas e monitoradas (SANTANA *et al.*, 2007).

O uso e apropriação do espaço inferem em diversos fatores que causam degradação. A interferência de um fator, por exemplo a retirada da vegetação, pode acarretar problemas no solo, recurso natural formado há milhares de anos, podendo degradar-se até de forma irreversível, em algumas poucas décadas, por sua má utilização pelo homem (...). Contudo, é necessário evitar que esses processos de degradação ambiental ocorram e, se eles já estiverem instalados, deverão ser interrompidos ou controlados (GIBOSHI *et al.*, 2006).

Para Castanheira (2010), as mudanças de uso da terra estão ligadas de forma complexa com o desenvolvimento econômico, crescimento da população, tecnologia e problemas ambientais, podendo ser mudanças de área ou de intensidade de uso, refletindo a história e talvez o futuro da humanidade.

Considerando o contexto social e natural de cada perfil heterogêneo de solo, afirmam Boin (2000) e Fiorio *et al* (2000), que parte dos estudos sobre erosão privilegia enfoques sobre a erodibilidade dos solos – susceptibilidade que os solos têm em ser erodidos que é influenciada pelas suas características físicas, principalmente aquelas que afetam sua capacidade de infiltração e permeabilidade, e sua capacidade de resistir ao desprendimento e transporte pela chuva e enxurrada. Dessa forma, o uso e ocupação do solo nem sempre levam em consideração o manejo mais adequado desses recursos, o que vem a promover maior desgaste e empobrecimento do meio físico.

Os efeitos antrópicos em decorrência de ocupação desordenada dos solos, sejam para agricultura de subsistência ou produção em larga escala, afetam diretamente ou indiretamente, seja a longo ou curto prazo, até outros fatores ambientais de interesse como lençóis freáticos, a biota aquática de rios e lagos, e as propriedades químicas do solo. “O conhecimento acerca da geologia local e do uso e ocupação do solo na bacia são informações determinantes na busca das fontes causadoras de impactos no solo e na qualidade de água” (MOURA; BOAVENURA; PINELLI, 2010).

As pessoas têm uma atitude de pouca consciência e sensibilidade em relação ao solo, o que contribui para a sua degradação, seja pelo seu mau uso, seja pela sua ocupação desordenada. (...) A consequência dessa negligência é o crescimento contínuo dos problemas ambientais ligados à degradação do solo, tais como: erosão, poluição, deslizamentos, assoreamento de cursos de água, etc, (MUGGLER; SOBRINHO; MACHADO, 2006).

O processo de fragmentação da paisagem tem sérias implicações para a sobrevivência das espécies presentes nos fragmentos, representando uma das principais preocupações atuais no planejamento paisagístico. Os fragmentos remanescentes representam locais de grande importância para a conservação da biodiversidade e, ao mesmo tempo, encontram-se bastante ameaçados, seja pelos impactos provenientes do entorno, seja por sua vulnerabilidade ecológica decorrente de seu tamanho reduzido (SILVA, ALTIMARE e LIMA, 2006).

Levando em consideração os fatores bióticos que atuam e dependem diretamente da composição química do solo é a vegetação de Caatinga, sendo este um componente natural que é afetado diretamente sob a óptica da ocupação inadequada do solo. A vegetação de Caatinga é um dos componentes vegetacionais brasileiros que são frágeis devido a baixa disponibilidade hídrica que deve ser uma das causas da baixa pobreza do solo, essa disponibilidade também é afetada pela distribuição das chuvas ao longo do ano e pela capacidade de retenção de umidade dos solos (Sampaio, 2003).

Segundo Leal *et al.* (2005) o bioma Caatinga, com seus 735.000 km², é habitado por mais de 25 milhões de pessoas, já se encontra com mais de 50% de sua área alterada pela ação humana e sofre ameaças advindas de atividades como a agricultura baseada no corte da vegetação nativa e queima, convertendo as áreas para culturas de ciclo curto, extração de lenha, caça, abertura de áreas de pastagens e projetos de irrigação para fruticultura e plantação de soja que agravam o processo de desertificação dos solos.

Já Aguiar (2003) e Peixoto, Silva e Moura (1997), destacam que o interesse por assuntos ligados a mudança de uso e cobertura da terra, tanto dentro como fora dos meios científicos, se deve à aceleração do processo nas últimas décadas e a preocupação com os impactos que tais processos podem causar nos sistemas ambientais e socioeconômicos no

nível global, regional ou local. Esse aumento no grau de degradação dos recursos naturais tem demandado da ciência e da sociedade providências urgentes visando sua recuperação, manejo e conservação.

Para mensurar, quantificar e realizar a modelagem dos parâmetros de sustentabilidade, impactos ambientais, biodiversidade, degradação e recursos naturais, faz-se necessário a utilização de métodos e/ou indicadores que propiciem uma visão sinóptica da realidade estudada.

A ideia de desenvolver indicadores para avaliar a sustentabilidade surgiu na Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente – Rio 92, conforme registrado no capítulo 40 da Agenda 21:

“Os indicadores comumente utilizados, como o produto nacional bruto (PNB) ou as medições das correntes individuais de contaminação ou de recursos, não dão indicações precisas de sustentabilidade. Os métodos de avaliação da interação entre diversos parâmetros setoriais do meio ambiente e o desenvolvimento são imperfeitos ou se aplicam deficientemente.” (SICHE, *et al*, 2009)

A partir dos preceitos firmados pelo relatório Brundtland, da Agenda 21 e das Nações Unidas, surgiram diversos pesquisadores que formaram alguns parâmetros para quantificar os índices de Sustentabilidade de cada localidade, região ou nação.

Para Menezes de Andrade (2007) os indicadores são informações qualitativas e quantitativas, usadas nos processos decisórios em todos os níveis da sociedade.

No entanto, o desenvolvimento de indicadores tem sido amplamente abordado por pesquisadores e grupos de pesquisa, como IChemE (2001), Fdz-Polanco *et al* (2005) e Fu-Liu Xu *et al* (2006), *apud* (Kellner, *et al* 2009). “Para os quais, um indicador é uma tradução não-quantitativa do princípio da sustentabilidade, cujo objetivo principal é avaliar qualquer condição social, institucional ou ambiental.”

Marzall e Almeida (2000) afirmam que muitos aspectos (matéria orgânica, qualidade da água, qualidade do solo, etc.) podem ser medidos de diferentes formas. Consideram que um indicador em si é apenas uma medida, não um instrumento de previsão, ou uma medida estatística definitiva, tampouco uma evidência de causalidade; eles apenas constataam uma dada situação.

Conforme Mueller *et al*. (1997) *apud* Siche *et al*. (2009) , um indicador pode ser um dado individual ou um agregado de informações, sendo que um bom indicador deve conter os seguintes atributos: simples de entender; quantificação estatística e lógica coerente; e comunicar eficientemente o estado do fenômeno observado.

Segundo Siche *et al.* (2009), índices ou indicadores constituem alternativas válidas e importantes para descrever a sustentabilidade de sistemas, mas que precisam considerar seu verdadeiro significado e alcance.

Os indicadores diferenciam-se dos demais por exigirem uma visão de mundo integrada, necessitando relacionar para tanto, a economia, o meio ambiente e a sociedade de uma dada comunidade (SILVA, et al., 2009).

Neste contexto, um conjunto de indicadores de sustentabilidade exerce a função de advertir à comunidade sobre riscos e tendências do desenvolvimento, se constituindo como uma carta de navegação sobre o futuro, onde se vislumbra um destino, se acompanha o trajeto e se corrigem os rumos (GUIMARÃES E FEICHAS, 2009).

Quase todos os autores buscam meios de criar parâmetros, no quais são medidos o contexto em seus diversos aspectos, principalmente o meio ambiente, a sociedade e a economia. É notável e de grande dificuldade mensurar padrões em grandes áreas. Como afirma (GUIMARÃES E FEICHAS, 2009) os indicadores são um conjunto de sinais que facilitam a avaliação do progresso de uma determinada região na busca pelo desenvolvimento sustentável, sendo ferramentas cruciais no processo de identificação de problemas, reconhecimento dos mesmos, formulação de políticas, sua implementação e avaliação.

A utilização de indicadores e apropriando-se de novas técnicas, da ciência e da Tecnologia fazem com que se consiga obter resultados ainda mais satisfatórios na busca por índices que quantifiquem a realidade de formas cada vez mais exatas. Dessa forma, o grande avanço e o desenvolvimento da ciência e da tecnologia nas últimas décadas aplicados na obtenção de imagens da superfície terrestre por meio dos sensores remotos instalados em plataformas tripuladas e orbitais são de fundamental importância nas pesquisas e representações cartográficas de tudo o que envolve o nosso Planeta, desde a superfície até as camadas superiores da atmosfera (CAMPBELL, 1996).

O Sensoriamento remoto apresenta-se como uma ferramenta com cada vez mais funcionalidades e utilidades a custos cada vez mais baratos para estudos, aplicabilidade e monitoramento, e não só de uso da terra, mas também para análise de recursos hídricos, vegetacionais, territoriais e diversos outros aspectos.

Se fazem necessários métodos e revisões para o planejamento ambiental que,

“é um processo contínuo que envolve coleta, organização e análise sistematizada das informações, por meio de procedimentos e métodos, para se chegar a decisões ou escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis em função de suas potencialidades, e com a finalidade de atingir metas específicas no futuro, tanto em relação a recursos naturais quanto à sociedade (Santos e Silva, 2004. p. 223)”

Assim, o uso do geoprocessamento juntamente com o processamento de imagens e Sistemas de Informação Geográfica como ferramenta nas ações para a preservação ambiental tem aumentado cada vez mais, pois ele permite a atualização a respeito de mudanças ocorridas no meio, sejam de caráter natural ou antrópicos (ALVES e VIEIRA, 2007) e (FUJACO, LEITE e MESSIAS, 2010)

Esse banco de dados (SIG) é um conjunto de arquivos estruturados que facilita o acesso a conjuntos de informações que descrevem determinadas entidades do mundo. Torna-se possível sistematizar tais informações por meio da utilização do sensoriamento remoto e de técnicas de geoprocessamento. (BOLFE et al., 2009).

Novo (1992) compreende o sensoriamento remoto como sendo a utilização conjunta de sensores e o processamento dos dados orbitais, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre por meio do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações.

Entretanto, no caso de estudos das transformações do uso da terra, a utilização dessas técnicas é particularmente apropriada, principalmente por permitir a elaboração de uma base georreferenciada, que facilita a representação e a análise do espaço de forma dinâmica. (FUJACO, LEITE e MESSIAS, 2010)

As análises de solo juntamente ao geoprocessamento contribuem ao aperfeiçoamento da abordagem interdisciplinar para o estudo de mudanças no uso e na cobertura da terra buscando integrar o conhecimento local sobre o ambiente às ferramentas convencionais do sensoriamento remoto, de modo a permitir que diferentes percepções sejam incluídas em um único sistema analítico georreferenciado. (D'ANTONA, et al., 2008)

Dessa forma, vários estudos demonstraram que informações da paisagem obtidas a partir de imagens aéreas são indispensáveis para o diagnóstico do processo erosivo do solo, aspecto este indispensável no planejamento conservacionistas. (ENDRES et al., 2006)

A maior limitação ao uso de modelos de dados é a dificuldade em trabalhar grande quantidade de dados que escrevem a heterogeneidade dos sistemas naturais. Por essas razões, Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) são empregados na criação do banco de dados desses modelos (MACHADO, VETORAZZI e XAVIER, 2003).

Ao realizar o mapeamento e o monitoramento das áreas agropecuárias, objetivando gerar dados para fins de planejamento territorial rural e controle ambiental, torna-se imprescindível obter avaliações qualitativas e quantitativas em escalas municipais e regionais, especialmente quando se almeja analisar a distribuição espacial de componentes de uso e ocupação das terras (BOLFE et al, 2009). Segundo o mesmo autor, as informações

decorrentes oferecem suporte ao planejamento e à execução de ações técnicas, na medida em que incorporam dados históricos do uso da terra.

Assim a necessidade de se apresentar um modelo relativamente simples de se descrever de forma rápida e objetiva os processos de degradação ambiental, que envolvem vários parâmetros como índices e indicadores, estudo da espacialização do solo e geoprocessamento e sensoriamento remoto, Kazmierczac e Seabra (2007) propuseram o Índice de Susceptibilidade de Degradação Ambiental como forma de avaliar o grau (ou estado) de propensão à degradação ambiental sendo necessário para: (a) estabelecer a magnitude e a extensão do problema, no sentido de despertar a atenção dos órgãos governamentais e a comunidade local; (b) para identificar os impactos da degradação ambiental e compreender a sua natureza e as suas causas; e (c) para definir uma resposta apropriada no planejamento e na seleção de projetos e no estabelecimento de tecnologias para atenuar/suprimir as causas do processo de degradação.

Nesse sentido, inserem-se os SIG e os bancos de dados geográficos como eficientes ferramentas para a análise interdisciplinar dos recursos naturais e sociais, diagnosticando o uso do solo nos diversos aspectos ambientais, de um ambiente já susceptível a desertificação que é o bioma Caatinga.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o grau de degradação do município de Cerro Corá –RN, fazendo-se uso de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto . As análises das imagens servirão principalmente para a compreensão do uso da terra e das agressões ocorridas na paisagem e na vegetação serrana, onde serão analisados os principais impactos causados pela agropecuária.

Pretende-se ainda, buscar formas e estratégias de entendimento e planejamentos para gestão territorial em meio à dinâmica ambiental que se insere neste contexto de mudanças ambientais globais.

CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Cerro Corá localiza-se na Serra de Santana na Microrregião de mesmo nome (Figura 1), cujas nas Coordenadas Geográficas são 6° 02' 44" Sul e longitude 36° 20' 45" Oeste, numa altitude de 575m, possui uma área de área Total de 393,57 km², equivalente a 0,76% da superfície estadual. Possui uma população total de 10.916 habitantes, sendo 4.742 em área urbana e 6,174 rural e qualificado com um IDH médio de 0,592 ocupando a 147^a posição no RN (IDEMA, 2008).

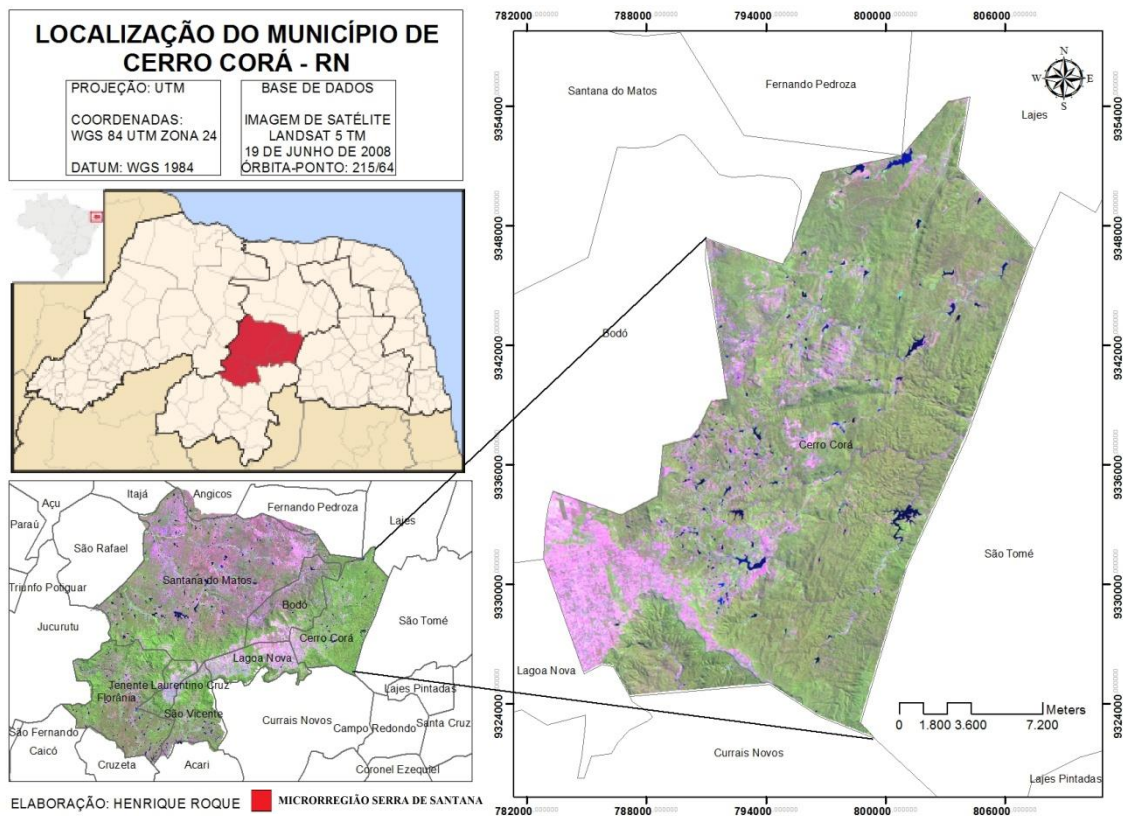


Figura 1: Localização de Cerro Corá-RN

Situada na porção centro ocidental do Estado, de acordo com a classificação de Köppen, apresenta um clima quente, semiárido, seco de estepe com inverno seco (BSw'h) (Figura 2), com estação chuvosa atrasando-se para o outono. Apresenta uma pluviosidade média de 600 mm anuais e temperaturas médias de 27° C (IDEMA, 2008).

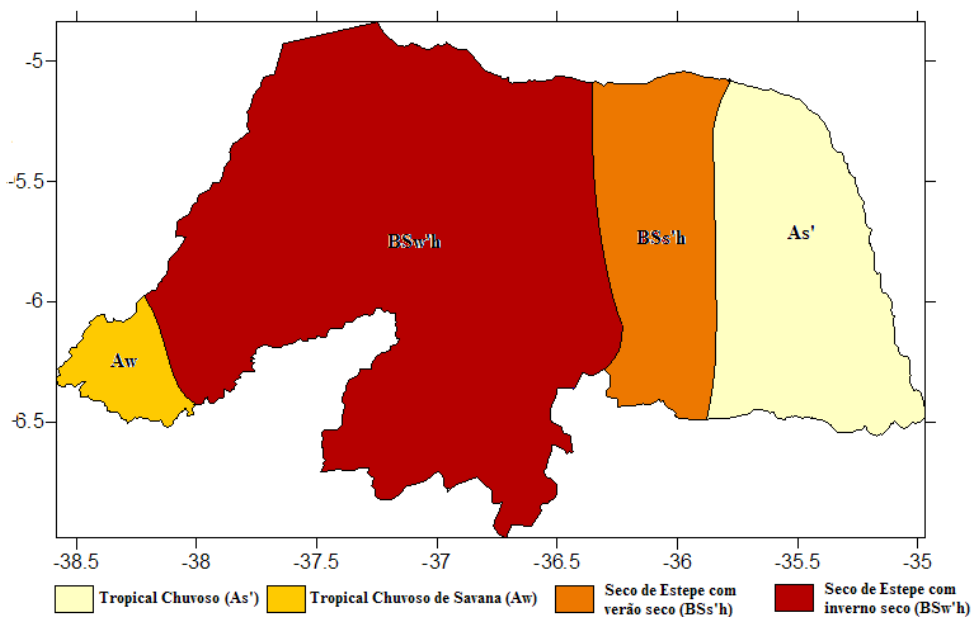


Figura 2: Mapa Climático do RN (CHAVES; LIMA; SILVA, 2011).

Geomorfologicamente predominam relevos de topo convexos com diferentes ordens de aprofundamento de drenagem separados por vales em “V” e eventualmente por vales de fundo plano. A oeste encontra-se rochas sedimentares da Formação Serra dos Martins (base do Grupo Barreiras), de Idade Terciária Inferior, 60 milhões de anos, com arenitos, arenitos caulínicos, conglomerados e siltitos, que apresentam espessura em torno de 30 metros. Estes sedimentos geomorfologicamente constituem uma superfície tabular erosiva que é caracterizada por relevo residual de topo plano testemunho de superfície de erosão, geralmente limitada por escarpas erosivas, com diferentes níveis altimétricos, na realidade, restos de uma cobertura sedimentar outrora muito mais extensa que foi quase completamente erodida.

METODOLOGIA GERAL

1º CAPÍTULO - SUSCEPTIBILIDADE À DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM REGIÃO DE CAATINGA, MUNICÍPIO DE CERRO CORÁ/RN, POR SENSORIAMENTO REMOTO.

Tendo em vista a grande extensão geográfica desta unidade geoambiental, faz-se necessário a utilização de geotecnologias apropriadas para se visualizar e pesquisar a área estudada. Foram utilizadas imagens dos sensores Landsat Thematic Mapper (TM) referentes às seis bandas da faixa do visível e infravermelho com resolução de 30 metros datada de 1995 a 2008 para remontar a série temporal de uso e ocupação do solo. Nas imagens foram realizadas a composição colorida e submetidas à calibração radiométrica e geométrica, com os pixels alinhados com a grade da projeção UTM. Todas as imagens foram obtidas sem custos e baixadas do banco de dados de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais –INPE.

As etapas metodológicas para a vetorização das classes dos indicadores foram divididas em: 1) levantamento bibliográfico e cartográfico da área estudada; 2) processamento digital das imagens; 3) classificação e quantificação de área das diferentes classes utilizadas; e 4) realização de campanhas de campo para comparação das classes previamente identificadas nas imagens. Para tanto, foram utilizadas GPS Garmin e pranchetas de campo para coleta dos dados em foco. Os Procedimentos de Edição de dados vetoriais e matriciais foram realizados utilizando-se do software Arcgis e ENVI, bem como para o processamento digital de imagens e mapas.

Ao final foi feito um cruzamento de mapas temáticos obtidos no processo, com informações cartográficas e dados auxiliares obtidos de diversas fontes, reunidos num banco de dados georreferenciados e num cadastro técnico multifinalitário, para investigar quais os fatores determinantes do processo de mudança de cobertura da terra.

A escolha dos indicadores como forma de mensurar e qualificar a degradação devem ser voltadas essencialmente à realidade da região em pesquisa e que forneçam de maneira rápida e eficiente informações necessárias a geração do Índice de Susceptibilidade de Degradação Ambiental – ISDA, no município de Cerro Corá/RN. Nesse âmbito, os indicadores foram baseados em Kazmierczak e Seabra (2007), de onde foram selecionados em Kazmierczak (1996) entre 93 indicadores, apenas 21, e após uma segunda triagem escolhidos 5 indicadores. Os indicadores selecionados pelo autor foram escolhidos e voltados principalmente para áreas do cerrado paulista, no entanto, alguns indicadores foram adaptados essencialmente para a realidade da região semiárida e da caatinga do município de Cerro Corá. Os indicadores selecionados segundo Kazmierczak e Seabra (2007) foram:

- **Uso do Solo;** o uso atual do solo é um fator relevante no controle da erosão do solo.
- **Índice de Vegetação por Diferença no Normalizada (NDVI);** áreas com maior concentração de biomassa tendem a oferecer maior proteção ao solo, atenuando o impacto da chuva e do vento.
- **Precipitação;** um dos elementos-chave na distribuição da vegetação, a precipitação pode apresentar uma alta variabilidade tanto espacial quanto temporal.
- **Pressão exercida pela pecuária;** a compactação dos solos resultante da pecuária é refletida na menor disponibilidade de água, que por sua vez influencia a atividade da biota do solo, a dinâmica do ciclo de nitrogênio, o vigor vascular da planta, a sua reprodução e a taxa de decomposição da matéria orgânica do solo.
- **Erodibilidade:** analisando-se o tipo de solo e a declividade pode-se ter uma noção da fragilidade do ambiente em relação ao seu potencial de erosão.

Após a seleção dos indicadores foram realizados toda a estatística descritiva de cada indicador (média, variância, moda...), obtendo os valores necessários à quantificação das variáveis proposta pelo ISDA. A amplitude de cada indicador foi dividida em 5 valores, à qual foram atribuídas e correspondidas classes e posteriormente a uma cores (tabela 1):

Tabela 1: Quantificação das classes do ISDA

VALOR	CLASSE	COR
1	Muito Baixo	Azul escuro
2	Baixo	Azul Claro
3	Médio	Verde Claro
4	Alto	Laranja
5	Muito Alto	Vermelho

Ao final foi criado um mapa identificando as principais zonas susceptíveis à degradação ambiental do Município de Cerro Corá-RN, servindo de base para futuros planejamentos territoriais e ambientais.

CAPÍTULO 2 – DINÂMICA TEMPORAL DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO ATRAVÉS DE DADOS ESPECTRAIS, UTILIZANDO LANDSAT 5, EM UM MUNICÍPIO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.

Foram realizados o mapeamento temporal e as análises espectrais da área de estudo utilizando imagens provenientes do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 5, obtidas gratuitamente do banco de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A escolha do período temporal de cada imagem foi realizado mediante análise estatística das médias pluviométricas e período chuvoso de cada mês e ano. Esse método foi utilizado para que, durante as análises, a resposta espectral da vegetação se mantivesse semelhante para cada ano, evitando assim, erros provenientes da reflectância da vegetação de Caatinga durante os períodos chuvosos e os de seca.

Ao analisar o período chuvoso e a análise pluviométrica foram selecionadas, numa primeira triagem as imagens com apresentassem tal semelhança dos referidos fatores. Em seguida foram selecionadas as imagens que apresentassem menor contingente de nuvem na área de pesquisa. Dessa forma, foram selecionadas as imagens dos anos de 1984, 1995 e 2008 (tabela1).

Tabela 1 – Satélite, sensor, data de aquisição e órbita/ponto das imagens utilizadas.

SATÉLITE	SENSOR	DATA	ÓRBITA/PONTO
Landsat 5	TM	19-06-2008	215/64
Landsat 5	TM	19-08-1995	215/64
Landsat 5	TM	17-06-1984	215/64

Todas as imagens passaram por correção atmosférica e geométrica no software ENVI 4.7, e realizados todo o processamento digital de imagens, estatística descritiva, quantificação de áreas e confecção dos mapas temáticos utilizando o software ARCGIS 10. Ao final todos os dados foram integrados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), afim de melhor proporcionar uma análise geossistêmica dos resultados.

Para melhor entender e averiguar os dados obtidos nas imagens de satélite foi realizado um estudo de campo datado em 17 de novembro de 2012. Esta visita serviu para definir as classes de

vegetação utilizadas como parâmetros para sistematização dos mapas. Dessa forma, mediante a observação do relevo e vegetação, as classes definidas foram denominadas como Vegetação de Caatinga, Culturas e Áreas Antropizadas que são áreas de solo exposto, estradas, áreas urbanas e corpos d'água. Na figura 2 pode-se melhor observar a diferença entre as classes da quantificadas nos mapas.



FIGURA 3: Padrão das classes: Vegetação de Caatinga (A), Culturas (B) e Áreas Antropizadas (c) Fonte:do autor

O processamento digital das imagens para classificação dos tipos vegetacionais foi realizado fazendo-se uso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) onde é muito usado para construir perfis sazonais e temporais de atividades da vegetação, que admite comparações interanuais entre eles, e também permite detectar atividades fenológicas, comprimento da estação de crescimento, pico vegetativo e alterações fisiológicas da folha. Sua formulação consiste de um balanço de energia nos espectros do infravermelho próximo ($0,76\mu$ a $0,90\mu$) e do vermelho ($0,76\mu$ a $0,90\mu$) (PONZONI e SHIMABUKURO, 2009). O NDVI serviu para se classificar as diferenças de cada classe, de acordo com o índice de biomassa da cobertura do solo do município de Cerro Corá. Após a averiguação dos dados, cada imagem foi montada numa composição de falsa-cor RGB 741, para que fossem delimitadas as respectivas classes; para isso, foi utilizado o método de Classificação Supervisionada, dando uma tonalidade diferente para

cada classe, e posteriormente vetorizadas. Esse procedimento é necessário para se calcular a área de cada classe e de cada ano, podendo assim ser percebido o avanço ou recuo de determinada classe.

O presente estudo baseou-se no modelo realizado por Evangelista, Tebaldi e Fonseca (2009), e adaptado para uma região de clima semiárido, fazendo-se algumas modificações pertinentes para a realidade da região.

Para melhor analisar os dados obtidos referentes às mudanças do uso e ocupação do solo, também foram analisados os dados censitários referentes ao Produto Interno Bruto (PIB) municipal (Reais); áreas de colheita das lavouras permanentes e temporárias (Hectares); e os efetivos de caprinos e bovinos (Cabeça), dados obtidos do banco de dados agregados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Para tanto foram consultados os Censos Agropecuários dos anos de 1985, 1995-1996 e 2006.

Dessa forma, os dados obtidos pela análise das imagens de satélite, NDVI e cartas de uso do solo, foram analisados em conjunto com os dados censitários e do PIB, para melhor se entender a dinâmica dos processos socioeconômicos que levaram às mudanças na paisagem do município de Cerro Corá-RN.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. P. D. *Modelagem de mudanças de uso e cobertura do solo na Amazônia: Questões Gerais*. in Introdução à Modelagem Dinâmica Espacial. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem>>. Acesso em 06 de junho de 2012.

ALVES, C. M. D; VIEIRA, V. C. B. *Processamento digital de imagens de satélite aplicado à identificação de focos de degradação na lagoa do Mocambinho em Teresina-PI*. In II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação. Tecnológica João Pessoa - PB – 2007.

BOIN, M.N. **Chuvvas e erosões no oeste paulista**: uma análise climatológica aplicada. 2000. 264f.Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto Geográfico de Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, 2000.

BOLFE, Édson Luis et al. *Uso, ocupação das terras e banco de dados geográficos da metade sul do Rio Grande do Sul*. Cienc. Rural [online]. 2009, vol.39, n.6, pp. 1729-1737.

CAMPBELL, J. B. *Introduction to Remote Sensing*. New York: Guilford Publications, 1996. 622 p.

CASTANHEIRA, L. A. *Estudo das mudanças de uso e ocupação no Parque Nacional da Serra do Cipó e entorno*. Dissertação obtida no mestrado em Análise e modelagem de Sistemas Ambientais. UFMG – Instituto de geociências. Ano de Obtenção 2010.

D'ANTONA, A. O; CAK, A. D., NASCIMENTO T. do. *Integrando desenhos e imagens de satélite no estudo de mudanças no uso e cobertura da terra. Ambient. soc.* [online]. 2008, vol.11, n.1, pp. 99-116.)

ENDRES, Paula F.; PISSARRA, Teresa C. T.; BORGES, Maurício J. and POLITANO, Walter. *Quantificação das classes de erosão por tipo de uso do solo no município de Franca - SP*. Eng. Agríc. [online]. 2006, vol.26, n.1, pp. 200-207.

FIORIO, P.R; DEMATTE, J. A. M; SPAROVEK, GERD. **Cronologia e impacto ambiental do uso da terra na Microbacia Hidrográfica do Ceveiro, em Piracicaba, SP**. *Pesq. agropec. bras.* [online]. 2000, vol.35, n.4, pp. 671-679)

FUJACO, Maria Augusta Gonçalves; LEITE, Mariangela Garcia Praça; MESSIAS, Maria Cristina Teixeira Braga. *Análise multitemporal das mudanças no uso e ocupação do Parque Estadual do Itacolomi (MG) através de técnicas de geoprocessamento*. Esc. Minas[online]. 2010, vol.63, n.4, pp. 695-701)

GIBOSHI, Monica L.; RODRIGUES, Luiz H. A. and LOMBARDI NETO, Francisco. *Sistema de suporte à decisão para recomendação de uso e manejo da terra*. Rev. bras. eng. agríc. ambient. [online]. 2006, vol.10, n.4, pp.

GUIMARÃES, Roberto Pereira; FEICHAS, Susana Arcangela *Quacchia Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade*. *Ambient. soc.*, Dez 2009, vol.12, no.2, p.307-323.

IDEMA. *Perfil do seu município – Cerro Corá, 2008*. <disponível em: Idema.rn.gov.br>. Acesso em 30 mai. 2011

Kazmierczak, M.L. *Indicadores de degradação ambiental*. Funceme, Fortaleza, 1996A. Série Técnica #4.

KAZMIERCZAK, M. L.; SEABRA, F. B. *Índice de susceptibilidade de degradação ambiental [ISDA] em áreas do cerrado paulista*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO

REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 2745-2752. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/10.31.19.48>>. Acesso em: 20 março de 2012.

KELLNER, Erich; CALIJURI, Maria do Carmo; PIRES, Eduardo Cleto. Aplicação de indicadores de sustentabilidade para lagoas de estabilização. Eng. Sanit. Ambient., Dez 2009, vol.14, no.4, p.455-464.

LEAL, I R, Silva, J. M.C, TABARELLI, M., LACHER Jr, T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. Megadiversidade.v.1, nº 1, p.139 - 146. 2005

MACHADO, R. E.; VETORAZZI, C. A. and XAVIER, A. C.. *Simulação de cenários alternativos de uso da terra em uma microbacia utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento. Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online]. 2003, vol.27, n.4, pp. 727-733.

MENEZES DE ANDRADE, L., 2007. *Indicadores de sustentabilidade na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Piranha, Manacapuru, Amazonas, Brasil. Acta Amazônica, vol. 37 (3), PP. 401-412*

MARZALL, Kátia; ALMEIDA, Jalcione. *Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas: Estado da arte, limites e potencialidades de uma nova ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável. Cadernos de Ciência e Tecnologia, Brasília, v.17. n, 1, p. 41-59, Janeiro/Abril 2000.*

MOURA, Luiz Henrique Amorim; BOAVENTURA, Geraldo Resende e PINELLI, Marcelo Pedrosa. *A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do Gama - Distrito Federal. Quím. Nova* [online]. 2010, vol.33, n.1, pp. 97-103.

MUGGLER, Cristine Carole; SOBRINHO, Fábio de Araújo Pinto; e MACHADO, Vinícius Azevedo. *Educação em solos: princípios, teoria e métodos. Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online]. 2006, vol.30, n.4, pp. 733-740).

NOVO, E.M.L.M. *Sensoriamento remoto*. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1992. 308p.

PEIXOTO, M. N. de O.; SILVA, T. M. de.; MOURA, J. R. da S. de. *Reflexões sobre as perspectivas metodológicas em Geografia Física. Revista de Pós-Graduação em Geografia Física, Rio de Janeiro, v. 1, p. 35-48, 1997.*

SAMPAIO, E.V.S.B. 2003. *Caracterização da caatinga e fatores ambientais que afetam a ecologia das plantas lenhosas. Pp. 129-142. In: V.C. Sales (ed.). Ecossistemas brasileiros: manejo*

e conservação. Fortaleza, Expressão Gráfica e Editora.

SANTANA, Neiva Maria Pio de; CASTRO, Selma Simões de; STONE, Luis Fernando and SILVA, Silvando Carlos da. *Chuvas, erosividade, erodibilidade, uso do solo e suas relações com focos erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia. Soc. nat. (Online)* [online]. 2007, vol.19, n.2, pp. 103-121. ISSN 1982-4513.)

SANTOS, Rozely Ferreira dos. SILVA, João dos Santos Vila da. *Zoneamento para Planejamento Ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnica. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 21, n. 2, p.221-263, maio/ago. 2004.*

SANTOS, R. F. dos. *Planejamento Ambiental - teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.*

SICHE, R. et al. *Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. Ambiente & Sociedade, Campinas v. 10, n. 2. jul./dez., 2007.*

SILVA, M. G. ; CÂNDIDO, G. A. ; MARTINS, M. F. . *Método de Construção do Índice de Desenvolvimento Local Sustentável: uma proposta metodológica e aplicada. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v. 11, p. 11-28, 2009.*

SILVA, Hélio R.; ALTIMARE, André L.; LIMA, Elizete A. C. de Freitas. *Sensoriamento remoto na identificação do uso e ocupação da terra na área do projeto "Conquista da Água", Ilha Solteira - SP, Brasil. Eng. Agríc. [online]. 2006, vol.26, n.1, pp. 328-334*

CAPÍTULO 1 – SUSCEPTIBILIDADE À DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM REGIÃO DE CAATINGA, MUNICÍPIO DE CERRO CORÁ/RN, POR SENSORIAMENTO REMOTO.

ESTE ARTIGO FOI SUBMETIDO AO PERIÓDICO BOLETIM GOIANO DE GEOGRAFIA E, PORTANTO, ESTÁ FORMATADO DE ACORDO COM AS RECOMENDAÇÕES DESTA REVISTA (www.revistas.ufg.br)

**SUSCEPTIBILIDADE À DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM REGIÃO DE CAATINGA,
MUNICÍPIO DE CERRO CORÁ/RN, POR SENSORIAMENTO REMOTO**

SUSCEPTIBILITY TO ENVIRONMENTAL DEGRADATION IN REGION CAATINGA,
MUNICIPALITY OF CERRO CORA / RN BY REMOTE SENSING

SUSCEPTIBILIDAD A LA DEGRADACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE EN LA REGIÓN
CAATINGA, MUNICIPIO DE CERRO CORA / RN POR TELEDETECCIÓN

Henrique Roque Dantas -Geógrafo– Universidade Federal do Rio Grande do Norte –
Rio Grande do Norte – Natal – Brasil –hrdantas@yahoo.com.br,

DR. Fernando Moreira da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte –Rio
Grande do Norte – Natal – Brasil – fmoreyra@ufrnet.br

RESUMO – Os processos de ocupação e evolução dos ambientes naturais em decorrência de um processo desordenado de implementação de práticas econômicas agrosilvopastoris, desempenham até hoje um papel determinante de degradação no processo de mudança da paisagem e dos recursos naturais do Semiárido Brasileiro. A Serra de Santana apresenta elementos naturais importantes para o estado do Rio Grande do Norte como a nascente do rio Potengi. Para tanto, o presente trabalho teve como objetivo analisar o grau de susceptibilidade de degradação no município de Cerro Corá - RN. Foram utilizadas imagens de satélite Landsat-5 e dados censitários referente ao ano de 2008. Como método fez-se uso da proposta de Kazmierczak e Seabra (2007) que contempla uso do solo, NDVI, precipitação, pecuária e erodibilidade na avaliação da degradação ambiental. Os resultados mostraram que em sua maioria absoluta o município de Cerro Corá apresenta uma susceptibilidade de baixa à média, que juntos representam 63,92% do município em epígrafe. Um sistema de informação Geográfica torna-se indispensável no monitoramento ambiental de Cerro Corá/RN.

Palavras-chave: LANDSAT, Indicador, Geoprocessamento, uso do solo.

ABSTRACT - The processes of occupation and evolution of natural environments as result of a haphazard process of implementing economic practices agrosilvopastoris, are today a

key role in the degradation process of changing the landscape and natural resources of semi-arid Northeast. The Serra de Santana has natural elements important for the state of Rio Grande do Norte as the source of the Potengi. Thus, the present study objective to analyze the degree of susceptibility of degradation in the municipality of Cerro Cora - RN. To measure such proposals were required to use images from Landsat-5 satellite and census data for the year 2008. The method was made use of the proposed Kazmierczak and Seabra (2007) which includes land use, NDVI, precipitation, livestock and erodibility in the evaluation of environmental degradation. The results showed that in their majority the municipality of Cerro Cora features a low to medium susceptibility, which together represent 63.92% of the city title. A Geographic Information System it is essential to environmental monitoring of Cerro Cora / RN.

Keywords: LANDSAT, Indicator, Geoprocessing, Use of Soil.

RESUMEN - Los procesos de ocupación y la evolución del medio natural como consecuencia de un desordenado proceso de implementación de las prácticas de juego económico agrosilvopastoris hoy un papel importante en el proceso de degradación de cambiar el paisaje y los recursos naturales del nordeste semiárido. La Serra de Santana tiene elementos naturales importantes para el estado de Rio Grande do Norte, como la fuente de la Potengi. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo analizar el grado de susceptibilidad a la degradación en el municipio de Cerro Cora - RN. Se utilizó imágenes de satélite Landsat-5 y los datos del censo para el año 2008. El método utilizado la propuesta Kazmierczak y Seabra (2007), que incluye el uso del suelo, NDVI, la lluvia, la ganadería y la erosionabilidad en la evaluación de la degradación del medio ambiente. Los resultados mostraron que la mayoría absoluta en el municipio de Cerro Cora tiene una baja susceptibilidad a medio plazo, que en conjunto representan 63,92% del municipio en cuestión. Un Sistema de Información Geográfica es indispensable para el monitoreo ambiental de Cerro Cora / RN.

Palabras clave: LANDSAT, Indicador, GIS, uso de la tierra.

INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro ocupa quase todo o Nordeste apresentando severas condições edafoclimáticas, onde predomina o clima semiárido, com pluviosidade baixa e irregular, solos rasos e pedregosos, situação na qual a escassez de chuvas regulares implica ainda mais nos processos erosivos da região.

A vegetação de Caatinga é um dos componentes vegetacionais brasileiros mais frágeis devido à baixa disponibilidade hídrica, que é uma das causas da baixa fertilidade do solo. Essa disponibilidade também é afetada pela distribuição das chuvas ao longo do ano e pela capacidade de retenção de umidade dos solos (SAMPAIO, 2003).

Dentro dessa composição de vegetação de Caatinga, destaca-se a Serra de Santana, localizada na região Seridó do Rio Grande do Norte, apresentando-se como uma unidade geomorfológica de caráter peculiar e bastante importante para todo Estado, cujos elementos geoambientais “apresentam homogeneidade com relação a determinados fatores ambientais de interesse e que caracterizam-se geomorfológicamente por sua formação planáltica e cume achatado.” (MAFRA, 2005; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE - IDEMA, 2002).

A composição florística da Serra de Santana varia de acordo com a região onde está localizada, podendo ser típica de Caatinga, no Sertão ou ainda caracterizada por formações associadas à Mata Atlântica, como os brejos de altitude nas serras úmidas do Estado, onde se verifica a existência de uma floresta subperenifólia. (IDEMA, 2002)

A Serra de Santana, em certas localidades, apresenta-se em Biostasia, que são aqueles ambientes que apresentam uma vasta cobertura vegetal, predominância do componente perpendicular, escoamento superficial das águas debilitado, pedogênese e acumulação de nutrientes essenciais no solo. Essa fase representa a fase de maior equilíbrio climático dentre todos os elementos geocológicos existentes (GUERRA, 2010). Mesmo encontrando corredores em Biostasia, este ecossistema está inserido na região Seridó, à qual é considerada como um dos quatro núcleos do país onde apresenta maior avanço da desertificação no semi-árido brasileiro (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005).

Apesar dos problemas ambientais ocasionados pelo uso indevido dos seus recursos naturais, a Serra de Santana apresenta vários fatores e elementos que merecem ser conservados, tendo em vista o inúmero valor ecológico que essa região possui. Estes elementos vão desde uma biodiversidade faunística e florística peculiar, à nascentes de rios

importantes para o estado, como é o caso do rio Potengi, o principal rio do Estado, que nasce no município de Cerro Corá. (IDEMA, 2002).

O processo de fragmentação da paisagem tem sérias implicações para a sobrevivência das espécies presentes nos fragmentos, representando uma das principais preocupações atuais no planejamento paisagístico. Os fragmentos remanescentes representam locais de grande importância para a conservação da biodiversidade e, ao mesmo tempo, encontram-se bastante ameaçados, seja pelos impactos provenientes do entorno, seja por sua vulnerabilidade ecológica decorrente de seu tamanho reduzido. (SILVA, ALTIMARE e LIMA, 2006).

Do ponto de vista técnico científico, imagens de sensoriamento remoto vêm servindo de fontes de dados para estudos e levantamentos geológicos, ambientais, agrícolas, cartográficos, florestais e urbanos. Acima de tudo, as imagens de sensoriamento remoto passaram a representar uma das únicas formas viáveis de monitoramento ambiental em escalas locais e globais, devido à rapidez, periodicidade e visão sinóptica que as caracterizam (CRÓSTA, 1993).

O objetivo desta pesquisa foi determinar o grau de susceptibilidade à degradação do município de Cerro Corá/RN, fazendo uso de técnicas do geoprocessamento e sensoriamento remoto. As análises das imagens serviram principalmente para a compreensão do uso da terra e das agressões ocorridas na paisagem e na vegetação serrana, onde foram analisados seus principais impactos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O município de Cerro Corá localiza-se na Serra de Santana, Seridó Potiguar (Figura 1), cujas nas Coordenadas Geográficas são 6° 02' 44" Sul e de longitude 36° 20' 45" Oeste, numa altitude de 575, possui uma área de área Total de 393,57 km², equivalente a 0,76% da superfície estadual. Possui uma população total de 10.916 habitantes e qualificado com um IDH médio de 0,592 ocupando a 147ª posição no RN (IDEMA, 2008).

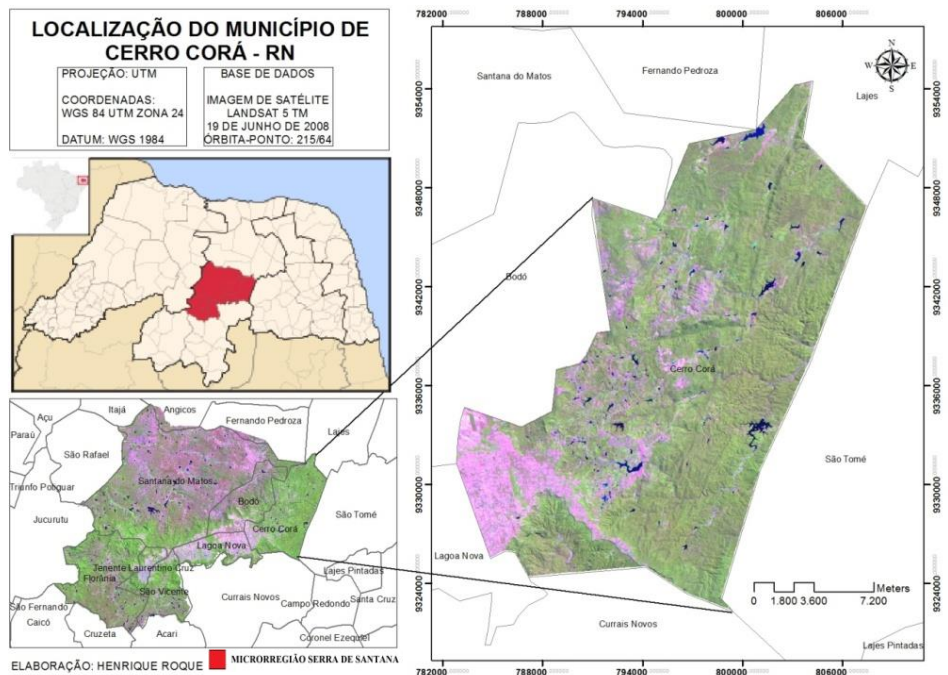


Figura 1: Localização de Cerro Corá-RN; Fonte: do autor.

Situada na porção centro ocidental do estado, de acordo com a classificação de Köppen, apresenta um clima muito quente, semi-árido, seco de estepe com inverno seco (BSw'h) (Figura 2), com estação chuvosa atrasando-se para o outono. Apresentando uma pluviosidade média de 500 a 600 mm anuais e temperaturas médias de 27° C (IDEMA, 2008).

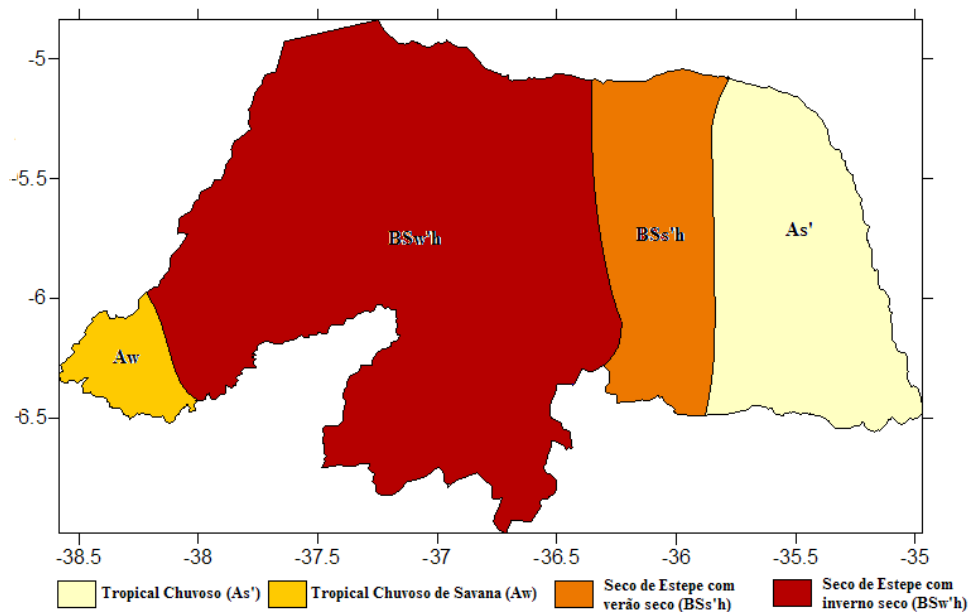


Figura 2: Mapa Climático do RN. Fonte: (CHAVES; LIMA; SILVA, 2011)

Em sua geomorfologia predominam relevos de topo convexos com diferentes ordens de aprofundamento de drenagem separados por vales em “V” e eventualmente por vales de fundo plano. À oeste encontra-se rochas sedimentares da Formação Serra dos Martins (base do Grupo Barreiras), de Idade Terciária Inferior, 60 milhões de anos, com arenitos, arenitos caulínicos, conglomerados e siltitos, que apresentam espessura em torno de 30 metros. Estes sedimentos geomorfologicamente constituem uma superfície tabular erosiva que é caracterizada por relevo residual de topo plano testemunho de superfície de erosão, geralmente limitada por escarpas erosivas, com diferentes níveis altimétricos, na realidade, restos de uma cobertura sedimentar outrora muito mais extensa que foi quase completamente erodida.

Tendo em vista a grande extensão geográfica desta unidade geoambiental, faz-se necessário a utilização de geotecnologias apropriadas para se visualizar e pesquisar a área estudada.

Foram utilizadas imagens dos sensores Landsat Thematic Mapper (TM) referentes às seis bandas da faixa do visível e infravermelho com resolução de 30 metros datada de 16 de junho de 2008 para remontar a composição colorida; estas imagens foram submetidas à calibração radiométrica e geométrica, com os pixels alinhados com a grade da projeção UTM. Todas as imagens foram obtidas gratuitamente e baixadas do banco de dados de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais –INPE.

As etapas metodológicas para a vetorização das classes dos indicadores foram divididas em: 1) levantamento bibliográfico e cartográfico da área estudada; 2) processamento digital das imagens; 3) classificação e quantificação de área das diferentes classes utilizadas; e 4) realização de campanhas de campo para comparação das classes previamente identificadas nas imagens. Para tanto, foram utilizadas GPS Garmin e pranchetas de campo para coleta de dados em foco. Os Procedimentos de Edição de dados vetoriais e matriciais foram realizados utilizando-se do software Arcgis e ENVI, bem como para o processamento digital de imagens e elaboração dos mapas temáticos.

A escolha dos indicadores, como forma de mensurar e qualificar a degradação, deve ser voltada essencialmente à realidade da região em pesquisa, e fornecer de maneira rápida

e eficiente informações necessárias a geração do Índice de Susceptibilidade de Degradação Ambiental – **ISDA** no município de Cerro Corá/RN. Nesse âmbito, os indicadores foram baseados em Kazmierczak e Seabra (2007), que foram selecionados em KAZMIERCZAK (1996), dentre 93 indicadores, apenas 21; após uma segunda triagem foram escolhidos 5 indicadores. Os indicadores selecionados pelo autor foram escolhidos e voltados principalmente para áreas do cerrado paulista, no entanto, alguns indicadores foram adaptados essencialmente para a realidade da região semiárida e da caatinga do município de Cerro Corá. Os indicadores requeridos no método utilizado foram:

- **Uso do Solo**; o uso atual do solo é um fator relevante no controle da erosão do solo.

- **Índice de Vegetação por Diferença no Normalizada (NDVI)**; áreas com maior concentração de biomassa tendem a oferecer maior proteção ao solo, atenuando o impacto da chuva e do vento.

- **Precipitação**; um dos elementos-chave na distribuição da vegetação, a precipitação pode apresentar uma alta variabilidade tanto espacial quanto temporal.

- **Pressão exercida pela pecuária**; a compactação dos solos resultante da pecuária é refletida na menor disponibilidade de água, que por sua vez influencia a atividade da biota do solo, a dinâmica do ciclo de nitrogênio, o vigor vascular da planta, a sua reprodução e a taxa de decomposição da matéria orgânica do solo.

- **Erodibilidade**: analisando-se o tipo de solo e a declividade pode-se ter uma noção da fragilidade do ambiente em relação ao seu potencial de erosão.

Após a seleção dos indicadores foram realizadas a estatística descritiva para cada indicador (média, variância, moda...), obtendo os valores necessários à quantificação das variáveis proposta pelo ISDA. A amplitude de cada indicador foi divididas em 5 valores, relacionados a classes do ISDA e cores, conforme mostra a tabela 1:

Tabela 1: Quantificação das classes do ISDA

VALOR	CLASSE	COR
1	Muito Baixo	Azul escuro
2	Baixo	Azul Claro

3	Médio	Verde Claro
4	Alto	Laranja
5	Muito Alto	Vermelho

Geração do Indicador de uso do solo.

Para a geração da carta de uso do solo foi obtidas através do banco de dados do INPE uma imagem LANDSAT 6 datada de 19 de junho de 2008. A imagem foi tratada para correção atmosférica, reflectância e radiância para o processamento utilizando o ARCGIS 10, sendo posteriormente processada utilizando o método de Classificação Supervisionada, que define as classes de solo de acordo com a reflectância da superfície terrestre, correlacionando os pixels de determinada classe. Neste método as imagens são classificadas individualmente por métodos computacionais e depois são comparadas extraíndo e quantificando as áreas de mudança. Esta técnica de classificação de mudanças na paisagem apresenta as seguintes vantagens: (a) fácil atualização ao longo do tempo favorecendo o monitoramento; (b) permite compensar as variações provenientes das condições atmosféricas, mudanças fenológicas e umidade de solo, devido à independência na confecção do mapa temático; e (c) permite integrar e comparar imagens de sensores com diferentes resoluções espaciais, espectrais, temporais e radiométricas (MENKE et al, 2009).

Geração do indicador de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

Diversos índices de vegetação têm sido propostos na literatura com o objetivo de explorar as propriedades espectrais da vegetação; esses índices são relacionados a parâmetros biofísicos da cobertura vegetal, como biomassa e índice de área foliar, além de minimizarem os efeitos de iluminação da cena, declividade da superfície e geometria de aquisição que influenciam os valores de Reflectância da Vegetação. Dentre estes o NDVI é um índice amplamente utilizado até os dias atuais, tendo sido explorado em estudos de culturas agrícolas, florestais e climáticos, cuja formulação consiste de um balanço de

energia nos espectros do infravermelho próximo (0,76 μ a 0,90 μ) e do vermelho (0,76 μ a 0,90 μ) (PONZONI e SHIMABUKURO, 2010).

Geração do Indicador de precipitação

Os dados de precipitação foram obtidos juntos à Empresa de Pesquisa Agropecuária do RN - EMPARN (2011), utilizando dados pluviométricos da microrregião do Sertidó Potiguar, cujas médias anuais foram analisadas pelo método de interpolação *Spline*, suavizando a curvatura da superfície isoiética, posteriormente recortado aos limites do município de Cerro Corá-RN. O método Spline melhora a incorporação do terreno ao campo de precipitação (HOFIERKA, 2002; MARKUZZO, 2010).

Geração do indicador de Pressão Exercida pela Pecuária

Foram obtidos dados referentes aos rebanhos junto ao IDEMA (2006), com o intuito de quantificar os rebanhos que utilizariam a área total do município como pastagem, no caso os rebanhos de bovinos, equinos, asininos, muares, ovinos e caprinos. Na área total do município foram subtraídas apenas as áreas que não seriam propícias à pastagem, no caso os corpos d'água e a zona urbana.

Geração do Indicador de Erodibilidade

A geração do mapa de erodibilidade envolve a vetorização de duas vertentes, o mapa de solos obtidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Solos (2006), e um mapa de declividade criado através de imagens SRTM obtidas por EMBRAPA Monitoramento por Satélites (MIRANDA, 2005).

O mapa de solos foi recortado aos limites do município de Cerro Corá-RN, e vetorizado identificando o solo referente a área do município como Neossolo Litólicos Eutróficos. A imagem SRTM foi processada gerando um modelo de elevação de terreno, a qual foi fatiada seguindo os seguintes valores: 0 a 6%, 6 a 12%, 12 a 20%, 20 a 45% e maior que 45%. A erodibilidade foi calculada fazendo a junção da declividade com o potencial à erosão do tipo de solo.

Geração do ISDA

Para gerar o mapa de susceptibilidade à degradação ambiental do município de Cerro Corá, todos os indicadores foram divididos em 5 índices, de acordo com cada classe

estabelecida para cada índice. O ISDA pode variar de 5 a 25, sendo dado pela equação algébrica seguir:

$$\text{ISDA} = \text{USO} + \text{NDVI} + \text{PPT} + \text{PEP} + \text{ERRO}$$

Onde USO é Uso do Solo, NDVI é Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, PPT é a Precipitação, PEP é a Pressão Exercida pela Pecuária e ERRO é o Potencial de Erodibilidade.

Cada classe de cada indicador possui pesos e valores iguais, isso é feito para que sejam computadas e se possa espacializar o ISDA, com as quantificações e proporções das áreas mais susceptíveis e frágeis às atividades degradantes.

Após a elaboração do mapa geral do Índice de Susceptibilidade à Degradação Ambiental, fez-se necessário a aplicação de um método para suavização das bordas, “Filtro Majoritário” que torna o mapa esteticamente mais agradável, especialmente quando se reduz a escala (SPÍNOLA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise dos Indicadores

O indicador de Uso do Solo foi readaptado para sua utilização em um ambiente semiárido, derivando seus índices de acordo com as culturas da produção agrícola e seus usos (Tabela 2). Os indicadores utilizados, após vetorização de cada peso dado, gerou o mapa com as respectivas classes de solo (Figura 3):

Tabela 2: Classes de uso do solo

Classe	Peso
Caatinga Densa	1
Área Urbana	4
Agricultura Permanente	2
Agricultura Temporária	3
Corpos D'água	1
Solo Exposto	5

As imagens supervisionadamente classificadas para uso do solo (Figura 3) revelam que um total de 39,66% do município apresenta áreas antropizadas. As áreas de maior ocupação do espaço do município ainda são áreas de caatinga densa com 57,37% da área total, seguidas de agricultura temporária (23,21%), agricultura permanente (11,02%) e solo exposto.

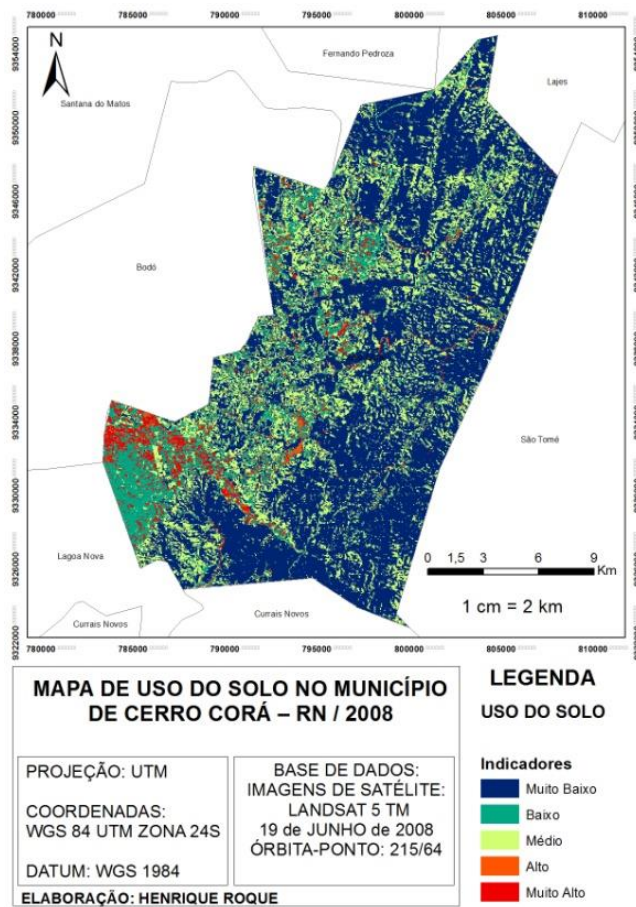


Figura 3: Mapa de uso do solo de Cerro Corá – RN.

Os valores de reflectância do NDVI variam entre -1 e 1, no qual o menor valor apresenta menor biomassa vegetal e o maior valor uma área com maior cobertura vegetal. No entanto a variância do NDVI para o município de Cerro Corá apresentou apenas os valores mínimo e máximo entre -1 e 0,82. Desses, foram calculados a média e dividida em 5 valores propostos pelo ISDA, o que gerou um percentil de 0,36 entre cada indicador (Tabela 3):

Tabela 3: Indicador – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada-NDVI

NDVI	Peso	CLASSIFICAÇÃO
-1 > -0,63	5	Muito Alto
-0,63 > -0,27	4	Alto
-0,27 > 0,09	3	Médio
0,09 > 0,45	2	Baixo
0,45 > 0,82	1	Muito Baixo

No NDVI a classificação dos indicadores foi invertida, pois os valores negativos apresentam menor biomassa, em decorrência maior prospecção a degradação, e consequentemente os maiores valores maior biomassa, gerando o segundo indicador (NDVI).

Na análise do mapa de NDVI (figura 4), percebe-se que as áreas que apresentam uma biomassa alta e muito alta cobre maior parte da área de Cerro Corá, possuindo um total de 84,93%. Os motivos pelos quais estas zonas apresentam estar mais bem conservadas, deve-se à localização geográfica em áreas de maior declive, como pode ser visto na figura 7, não estando aptas à implementação de práticas agropastoris. Em sentido contrário, as áreas mais planas, localizadas a Sudoeste do município, apresentam pouquíssimas ou nenhuma cobertura vegetal ou biomassa, em decorrência de estarem mais propensas à agricultura permanente ou temporária.

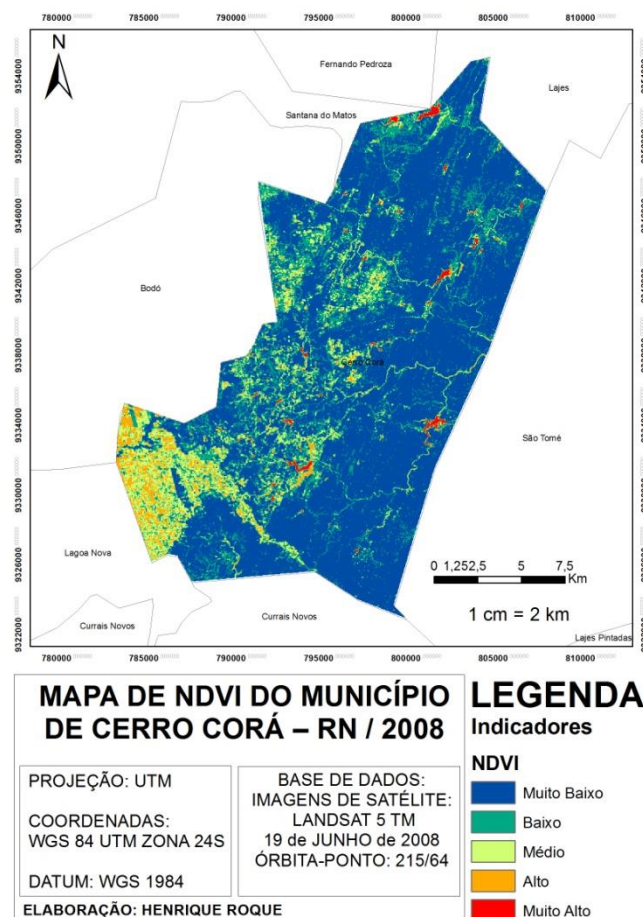


Figura 4: Mapa de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada de Cerro Corá RN.

As médias de precipitação apresentaram no município de Cerro Corá uma variação de 500 a 675 mm, respectivamente (Tabela 4), gerando o mapa do terceiro indicador (precipitação).

Tabela 4 – Índice de Precipitação(mm)

Precipitação (mm)	Peso	CLASSIFICAÇÃO
501 - 536	1	Muito Baixo
537 - 571	2	Baixo
572 - 605	3	Médio
606 - 640	4	Alto
641 - 675	5	Muito Alto

Observando a espacialização da precipitação no município (figura 5), pode-se perceber que à barlavento a incidência de chuvas é maior e vem diminuindo gradativamente no sentido no Leste-Oeste. A incidência de maiores volumes de chuvas contribui para uma

maior erodibilidade de solo, embora as áreas de maior precipitação sejam as mesmas áreas que apresentam uma boa cobertura vegetal, não representando um valor alto no ISDA.

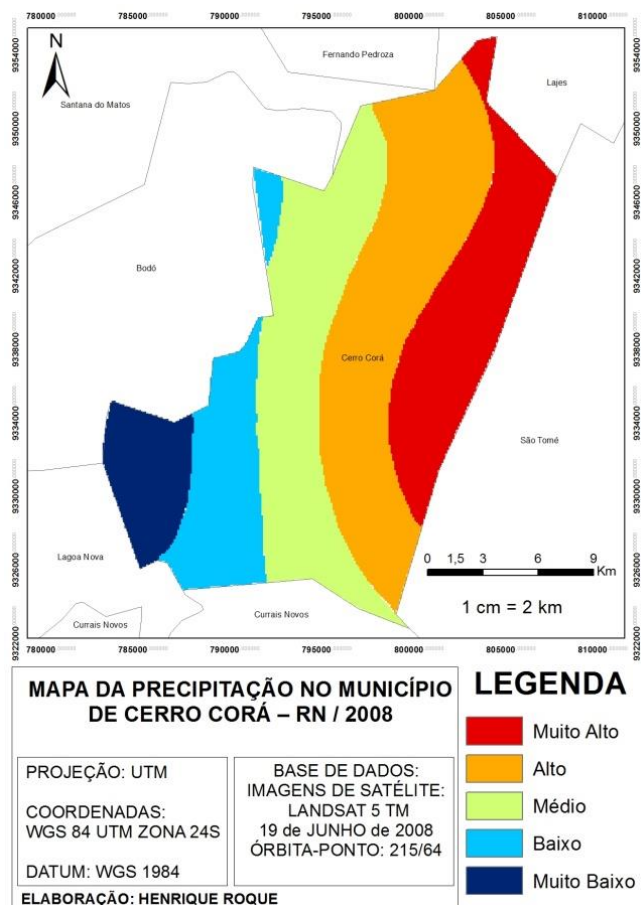


Figura 5: Mapa de precipitação no município de Cerro Corá - RN

Para a vetorização do mapa da Pressão Exercida pela Pecuária o valor total dos rebanhos foi dividido pela área total ocupada pelas pastagens (Tabela 5), dessa forma gerando o quarto indicador (Pressão exercida pela pecuária).

Tabela 5: Média da Pressão Exercida pela Pecuária

PRESSÃO EXERCIDA PELA PECUÁRIA	
REBANHO	10.809
TOTAL DE ÁREA DE PASTO	372.373.773 m ²
TOTAL	0,29 animais por hectare ²

A Pressão Exercida pela Pecuária (figura 6) está voltada ao efetivo de rebanhos e a capacidade de suporte do município de Cerro Corá – RN. De acordo com Santos et al (2003) a média de capacidade suporte da pecuária varia de 0,29 a 0,45 animais por

Hectare. Dessa forma, o município de Cerro Corá apresenta uma unidade média de 0,29 animais por Hectare, representando assim uma baixa degradação por parte da pecuária do município.

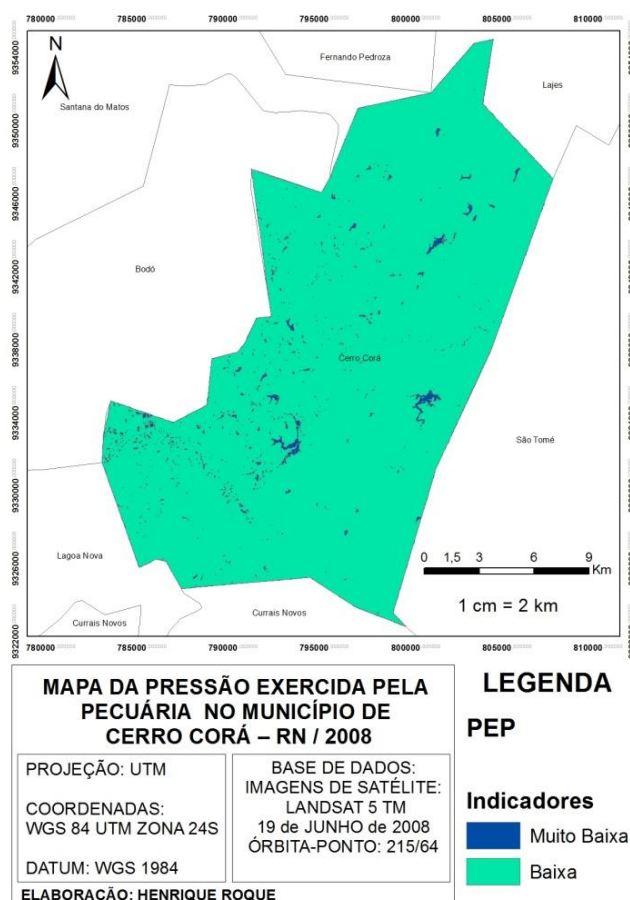


Figura 6: Mapa da Pressão Exercida pela Pecuária (PEP)

De acordo com Kazmierczak e Seabra (2007) o Neossolo Litólico Eutrófico segue o seguinte grau de erosão do solo mostrado na Tabela 6 que contribuiu para a geração do quinto indicador (Erodibilidade).

Tabela 6: Erodibilidade do Neossolo Litólico Eutrófico

ERODIBILIDADE	Peso	CLASSIFICAÇÃO
0 a 6%	1	Muito Baixo
6 a 12%	2	Baixo
12 a 20%	3	Médio
20 a 45%	4	Alto
> 45%	5	Muito Alto

No mapa de Erodibilidade da figura 7, percebe-se que 73,97% do município encontra-se em áreas com declive entre 6 e 45%. Relacionando esse mapa com o de uso do solo (Figura 3) pode-se notar que as áreas com maior declive são as menos afetadas antropicamente, sendo estas menos propícias à prática de atividades econômicas como a agricultura permanente. Dessa forma a declividade se torna fator importante para proteção do solo, pois sem a ocupação inadequada e a retirada da cobertura vegetal para fins diversos, o solo fica protegido às dinâmicas de erosão laminar causadas pelas chuvas, e conseqüentemente ao deslocamento gravitacional de massa. As áreas com declive menor que 6% ocupam uma área total de 26,03% e é praticamente toda aproveitada para agricultura e zonas criação extensiva.

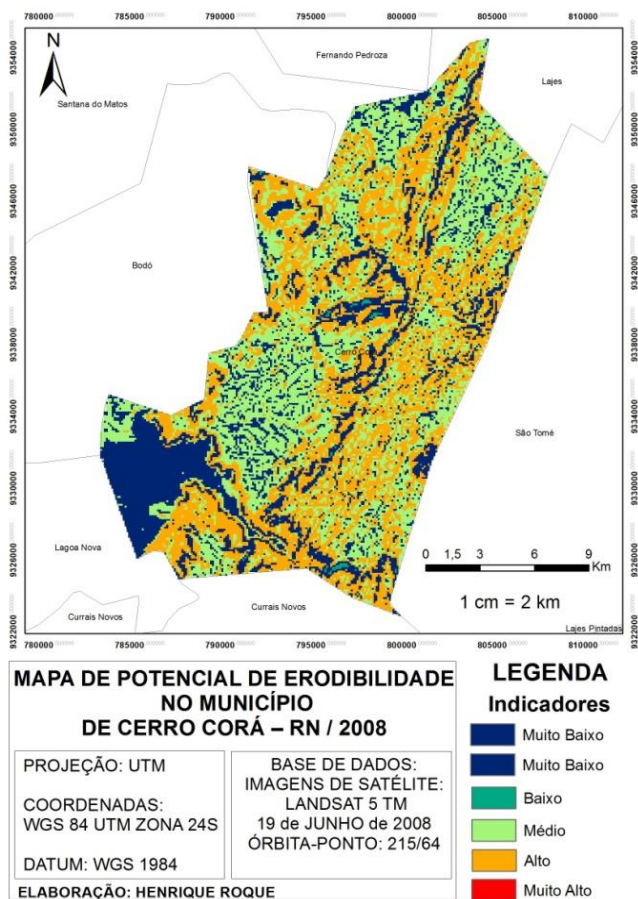


Figura 7: Mapa de Erodibilidade do solo.

Índice de Susceptibilidade de Degradação Ambiental – ISDA

A integração dos indicadores gerou um mapa qualitativo do grau de susceptibilidade a degradação no município de Cerro Corá/RN (Figura 8). Como se pode verificar na Tabela 7, existe a favorabilidade à degradação em todos os níveis do método (muito baixo, baixo,

médio, alto e muito alto). Os níveis mais elevados estão alocados a sudoeste do município, região que concentra as áreas mais favoráveis à práticas agrosilvopastoris por encontrar-se em um relevo plano e pouco acidentado.

Os níveis moderados de “Médio” (24,60%) e “Baixa” (39,32%) susceptibilidade à degradação, alocados desde o Nordeste a faixa sul do município, são áreas que apresentam um grau de declividade um pouco acentuado de 6 a 20%, zonas estas ocupadas pela zona urbana da cidade, assentamentos rurais, bem como de represamentos de açudes utilizados para abastecimento público e de pequenas propriedades rurais.

A área de “Muito Baixa” susceptibilidade ocupa 22,76% do território municipal, que vai da faixa Nordeste a Sudeste do município apresenta-se com um declive bastante acentuado desfavorecendo sua utilização para atividades econômicas, o que contribui naturalmente para manter o estado natural da vegetação da área.

Contudo, o município, em sua maioria absoluta, apresenta-se como uma pequena parcela de susceptibilidade à degradação ambiental, entre as classes “Alto” e “Muito Alto” representam apenas 13,32%, enquanto as áreas definidas como “Médio” apresentam 24,50% de degradação.

Os mapas mostram que o método ISDA, mesmo linear, apresenta uma forma de monitorar a favorabilidade à degradação ambiental no semiárido do Nordeste Brasileiro, constituindo uma ferramenta eficaz no processo de modelagem ambiental.

A retirada desses recursos é feita sem maiores cuidados de manejo ou conservação dos ecossistemas de cada localidade. Tais práticas como agricultura e pecuária, se feito de forma desordenada acabam quebrando os ciclos de um ecossistema e sobrecarregando sua capacidade de suporte e resiliência.

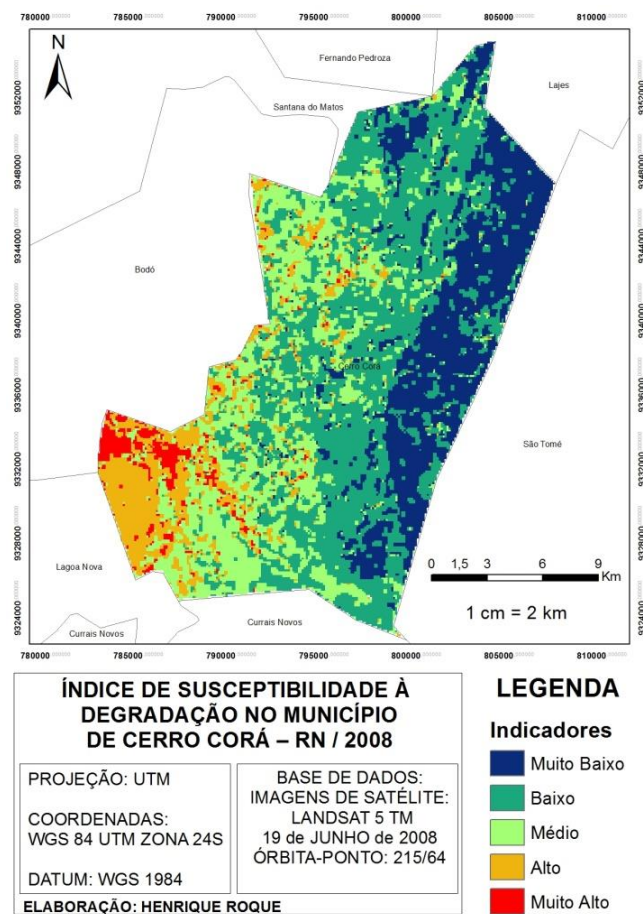


Figura 8: Mapa do Índice de Susceptibilidade à Degradação Ambiental.

Tabela 7 – Porcentagem por classe do ISDA.

ISDA		
CLASSE	ÁREA (ha)	%
Muito Baixa	8.965	22,76%
Baixa	15.480	39,32%
Médio	9.684	24,60%
Alta	4.055	10,30%
Muito Alta	1.189	3,02%
Total	39.373	100,00%

CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

O modelo proposto aplicado no semiárido Nordestino, Índice de Susceptibilidade de Degradação Ambiental – ISDA, mostrou-se uma ferramenta eficaz, visto que utiliza o geoprocessamento como técnica de quantificação e qualificação de dados ambientais, que podem e devem ser espacializados sob forma de um mapa.

Pôde-se perceber que o município de Cerro Corá-RN, mesmo possuindo áreas com alto nível de degradação ambiental, estas apenas somam uma pequena parcela da área total do município. Em sua maioria apresenta muito pouca ou quase nenhuma alteração na paisagem.

No entanto, embora o município de Cerro Corá apresente-se com níveis baixos de degradação a nascente do Rio Potengi encontra-se em uma área de Alta a Muito alta degradação, podendo esta sofrer alteração no seu ciclo e demanda de água. Além disso, inúmeros outros elementos importantes como sítios arqueológicos e vales vulcânicos correm o risco de se deteriorar em função dessa degradação iminente.

O atual modelo de vida e o consumismo exagerado da população de Cerro Corá/RN atenuam a perda do equilíbrio da natureza, degradando seus recursos naturais mais rapidamente do que possam se renovar.

Um Sistema de Informação Geográfica torna-se indispensável para modelagem e monitoramento espaço-temporal no semiárido do Nordeste Brasileiro, notadamente o município de Cerro Corá-RN, a fim de que possam ser aproveitados ao manejo e gestão correta dos recursos naturais ali encontrados, por órgãos públicos e municipais, assim como para futuros estudos de cunho científico.

REFERÊNCIAS

CHAVES, Marcelo dos Santos; LIMA, Zuleide Maria da; SILVA, Fernando Moreira da. *Sistemas sinóticos e classificação climática*. Geografia física II. Natal – RN, 2011.

CRÓSTA, Alvaro Penteado. *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. Ed. Rev. IG/UNICAMP, Campinas, SP, 1993. 170 p.

EMBRAPA SOLOS. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RN (EMPARN). Meteorologia: dados das chuvas; monitoramento mensal das chuvas. 2011. Disponível em: <www.emparn.rn.gov.br>. Acesso em: 30 mai. 2011.

GUERRA, A. J. T. Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico. 8ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

HOFIERKA, J.; PARAJKA, J.; MITASOVA, H.; MITAS, L. (20). *Multivariate Interpolation of Precipitation Using Regularized Spline with Tension*. Transactions in GIS. p. 135-150. 2002.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE – IDEMA, *Anuário Estatístico do Rio Grande do Norte*. 2002. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br>. Acessado em 25/08/2011.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE – IDEMA. *Perfil do Estado do Rio Grande do Norte*. 2002. Disponível em www.idema.rn.gov.br. Acessado em 30 mai. 2011.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE – IDEMA. *Perfil do seu município – Cerro Corá, 2008*.<disponível em: [Idema.rn.gov.br](http://www.idema.rn.gov.br)>. Acesso em 30 mai. 2011

KAZMIERCZAK, M. L.; SEABRA, F. B. *Índice de susceptibilidade de degradação ambiental [ISDA] em áreas do cerrado paulista*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 2745-2752. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/10.31.19.48>>. Acesso em: 20 março de 2012.

KAZMIERCZAK, M.L. *Indicadores de degradação ambiental*. Funceme, Fortaleza, 1996A. Série Técnica #4.

MAFRA, Liliâne Cristina de Albuquerque. *Estudo da Dinâmica costeira da região da foz do rio Piranhas-Açu para geração de mapas de sensibilidade do litoral ao derramamento de óleo*. Natal, 2005. 69 p. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica). Centro de Ciências Exatas e da Terra, UFRN.

MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha; CARDOSO, Murilo Raphael Dias; MELLO, Luis Tomás Azevedo. *Uso dos Métodos de Krigagem e Spline de Tensão no Mapeamento de*

Chuvas na Região Metropolitana de Goiânia e Seu Entorno. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL CAMINHOS ATUAIS DA CARTOGRAFIA NA GEOGRAFIA, 2., 1-4 dez. 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EDUSP, dez. 2010. p. 1-15.

MENKE, A. B.; JUNIOR, O. A. de C.; GOMES, R. Rogan, J.; FRANKLIN, J; Roberts, D. A. (2002). *A Comparison of method for monitoring multitemporal vegetation change using Thematic Mapper Imagery.* Remote Sensing of Environment. New York, NY, n.80, 202, p.143-156.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). *Brasil em Relevo.* Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE -MMA. *Panorama da Desertificação no Estado do Rio Grande do Norte.* 2005. Natal/RN. 78 p.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Yosio Edemir. *Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação.* São José dos Campos: Parêntese, 2010.

SAMPAIO, E.V.S.B. 2003. *Caracterização da caatinga e fatores ambientais que afetam a ecologia das plantas lenhosas.* Pp. 129-142. In: V.C. Sales (ed.). *Ecosistemas brasileiros: manejo e conservação.* Fortaleza, Expressão Gráfica e Editora.

SANTOS, S.A. et al. *Simulações de estimativa de capacidade de suporte das áreas de campo limpo da sub-região da Nhecolândia, Pantanal.* Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 22p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 52).

SILVA, Hélio R.; ALTIMARE, André L.; LIMA, Elizete A. C. de Freitas. *Sensoriamento remoto na identificação do uso e ocupação da terra na área do projeto "Conquista da Água", Ilha Solteira - SP, Brasil.* *Eng. Agríc.* [online]. 2006, vol.26, n.1, pp. 328-334

SPINOLA, D. N. ; FILHO, E. I. F. ; PORTES, R. C. ; RESCK, B. C. . *Comparação entre dois métodos de generalização cartográfica semiautomática em ambiente matricial.* In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba.* Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011.

CAPÍTULO 2 – DINÂMICA TEMPORAL DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO ATRAVÉS DE DADOS ESPECTRAIS-LANDSAT 5 NO MUNICÍPIO DE CERRO CORÁ SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE

ESTE ARTIGO FOI SUBMETIDO À REVISTA CAATINGA E, PORTANTO, ESTÁ FORMATADO DE ACORDO COM AS RECOMENDAÇÕES DESTA REVISTA (<http://periodicos.ufersa.edu.br>)

DINÂMICA TEMPORAL DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO ATRAVÉS DE DADOS ESPECTRAIS-LANDSAT 5 NO MUNICÍPIO DE CERRO CORÁ SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE

HENRIQUE ROQUE DANTAS¹, DR. FERNANDO MOREIRA DA SILVA²

RESUMO – Os processos de desenvolvimento econômico em maioria dos casos são desprovidos de planejamento ambiental sustentável, o que acarreta uma quebra nos processos de ecológicos, onde a retirada dos recursos naturais é mais intensa do que o processo de reposição da área natural. No semiárido brasileiro, além das intempéries climáticas ainda há o agravante dos efeitos antrópicos. A região da Serra de Santana apresenta áreas bastante importantes para o Rio Grande do Norte, como é o caso da nascente do rio Potengi. Para tanto, o presente estudo pretende cartografar e analisar a dimensão espaço-temporal da ação antrópica na cobertura vegetal do município de Cerro Corá, semiárido norterio-grandense, utilizando dados obtidos das imagens de satélite, associados à dado socioeconômicos censitários, para avaliar a hipótese de evolução dos efeitos antrópicos na área estudada. Como metodologia, utilizou-se imagens do satélite Landsat TM-5, nos anos de 1984, 1995 e 2008, cartas de NDVI, dados censitário referentes a dos socioeconômicos obtidos no IBGE. Constatou-se que houve uma regressão das áreas antropizadas e das áreas de agricultura, e uma recuperação das áreas de Caatinga, chegando a ocupar 92% do território municipal.

PALAVRAS-CHAVE: Análise temporal, uso do solo, landsat 5, degradação ambiental.

TEMPORAL DYNAMICS OF USE AND OCCUPANCY OF SOLO-SPECTRAL DATA THROUGH THE MUNICIPALITY OF LANDSAT 5 CERRO CORÁ SEMIARID RIO GRANDE DO NORTE

¹ Aluno do mestrado do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFRN)–
hrdantas@yahoo.com.br.

² Professor orientador do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFRN) -
fmoreyra@ufrnet.br.

ABSTRACT - The processes of economic development in most cases are devoid of sustainable environmental planning, which leads to a decrease in ecological processes, where the removal of natural resources is more intense than the replenishment process of the natural area. In the Brazilian semiarid region, besides the bad weather there is the further problem of anthropogenic effects. The region of the Serra de Santana presents quite important areas for the Rio Grande do Norte, as is the case of the river Potengi. Therefore, this study aims to map and analyze the spatial-temporal dimension of human action in vegetation cover in the municipality of Cerro Cora, semiárido norterio-grandense, using data obtained from satellite imagery, associated with socioeconomic census data, to evaluate the hypothesis of evolution of anthropogenic effects in the study area. The methodology we used Landsat TM images-5, in 1984, 1995 and 2008 NDVI letters, census data regarding the socioeconomic obtained from the IBGE. It was found that there was a regression of disturbed areas and the areas of agriculture, and a recovery of the areas of Caatinga, coming to occupy 92% of the municipal territory.

KEYWORDS: Temporal analysis, land use, landsat 5, environmental degradation.

INTRODUÇÃO

A vegetação de Caatinga é o único bioma totalmente brasileiro. Ocupa quase toda a região Nordeste do país onde apresenta um clima semiárido e com baixos índices pluviométricos, e embora apresente-se com uma fauna e flora muito ricas e diversificadas. A vegetação de Caatinga é caracterizada como floresta arbórea ou arbustiva, e composta de árvores e arbustos baixos com algumas características xerofíticas (PRADO, 2003).

Contudo, o processo de ocupação do semiárido brasileiro ocorre quase sempre de forma desordenada e sem planejamento. A microrregião do Seridó Norterio-grandense é considerada como um dos quatro núcleos do país onde apresenta maior avanço da desertificação no semiárido brasileiro (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005). Os fatores que desencadeiam esse processo são o efeito da junção das condições climáticas desfavoráveis e a má utilização dos recursos naturais pra uso econômico.

Segundo Costa *et al.*, (2002) na região do Seridó detecta-se uma grande variação da biomassa arbórea-arbustiva, relacionada às condições de uso da terra. Sucessivos cortes para uso de lenha, ou supressão para uso agrícola, ou pastoreiro, e posteriormente a regeneração após abandono, resultaram na quebra do equilíbrio entre espécies tardias, intermediárias e pioneiras, na exposição do solo e perda do banco de sementes. Apesar dos fatores de intensificação dos processos e erosivos, nem sempre a degradação é regida pelo antropismo,

pois devem ser considerados, também, fatores abióticos como o clima, que tem grande influência sobre a vegetação (ALBUQUERQUE, 1999).

Apesar das intempéries climáticas e o avanço dos efeitos degradantes causados pelo homem, a Caatinga apresenta unidades geoambientais que apresentam um grande valor ecológico, como no caso da região serrana do interior do Estado do Rio Grande do Norte denominada de Serra de Santana.

Essa unidade geomorfológica peculiar concentra ainda uma boa cobertura vegetal com características de Brejo de Altitude com algumas espécies de Mata Atlântica e uma vegetação de Caatinga arbórea e arbustiva, e apresenta elementos importantes como a nascente do Rio Potengi, que nasce no município de Cerro Corá e deságua no oceano atlântico.

Contudo, a ocupação e uso inadequado do solo vêm contribuindo para a degradação do meio ambiente e conseqüentemente para o avanço do processo de desertificação, onde esta é alvo de grande exploração humana, pela atividade agrícola desenvolvida, pelo extrativismo na extração de madeira e lenha, principalmente para uso próprio e para venda à cerâmicas, e pelo uso da pecuária extensiva (MOREIRA, 2006). Dessa forma, os fatores culturais, sociais e econômicos devem ser observados e analisados, tendo como indicadores a base dos recursos naturais que os sustentam. Para isso, a tipificação dos ambientes ocupados pelos sistemas dos agricultores impõe um conhecimento do ecossistema e um zoneamento baseado em critérios de produtividade e sustentabilidade, em face dos usos atuais, que se agreguem ao histórico da ocupação humana (SANTOS, et al., 2007).

Dessa forma, o presente estudo visou cartografar e analisar a dimensão espaço-temporal da ação antrópica na cobertura vegetal do município de Cerro Corá, semiárido norterriograndense, utilizando dados obtidos das imagens do satélite Landsat TM-5, nos anos de 1984, 1995 e 2008, associados a dados socioeconômicos é censitários, para avaliar a hipótese de evolução dos efeitos antrópicos na área estudada.

Caracterização da área de estudo

O município de Cerro Corá localiza-se na Serra de Santana, Seridó Potiguar (Figura 1), cujas Coordenadas Geográficas são 6° 02' 44" Sul e longitude 36° 20' 45" Oeste, numa altitude de 575, possui uma área de área Total de 393,57 km², equivalente a 0,76% da superfície estadual. Possui uma população total de 10.916 habitantes e qualificado com um IDH médio de 0,592 ocupando a 147^a posição no RN (IDEMA, 2008).

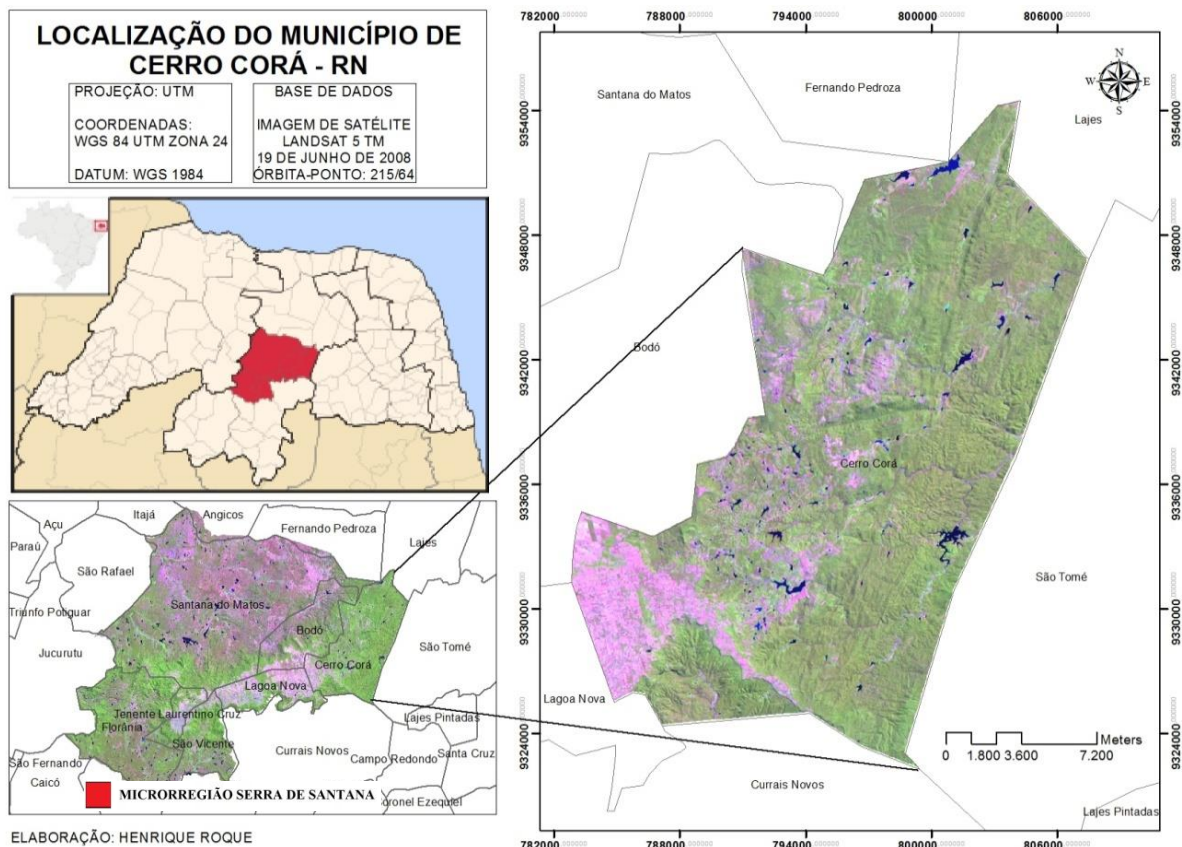


Figura 1: Localização de Cerro Corá-RN; Fonte: do autor

Situada na porção centro ocidental do estado, de acordo com a classificação de Köppen, apresenta um clima muito quente, semi-árido, seco de estepe com inverno seco (BSw'h) (Figura 2), com estação chuvosa atrasando-se para o outono. Apresenta uma pluviosidade média de 500 a 600 mm anuais e temperaturas médias de 27° C (IDEMA, 2008).

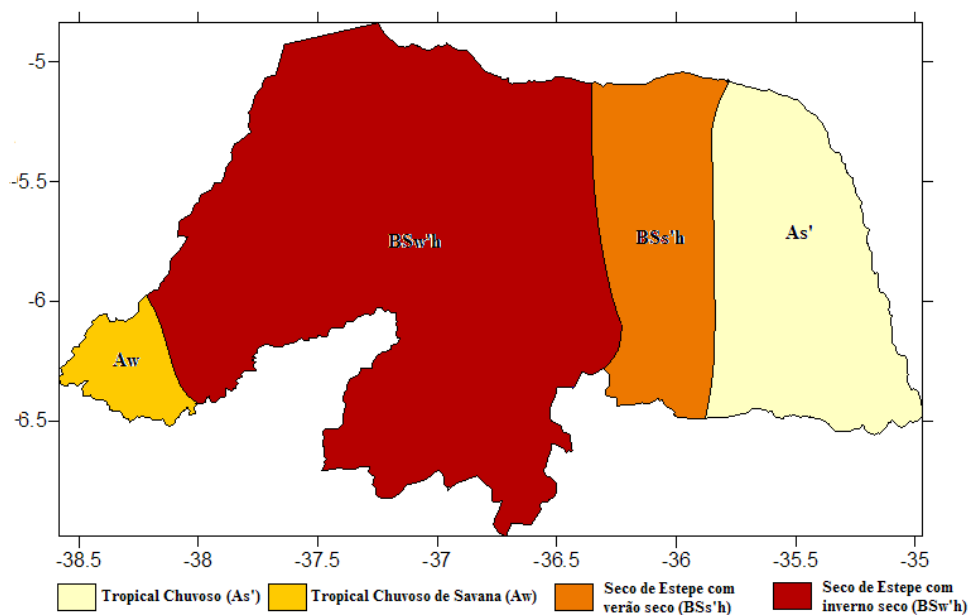


Figura 2: Mapa Climático do RN. Fonte: (CHAVES; LIMA; SILVA, 2011)

Geomorfologicamente predominam os relevos de topo convexos com diferentes ordens de aprofundamento de drenagem separados por vales em “V” e eventualmente por vales de

fundo plano. À oeste encontram-se rochas sedimentares da Formação Serra dos Martins (base do Grupo Barreiras), de Idade Terciária Inferior, 60 milhões de anos, com arenitos, arenitos caulínicos, conglomerados e siltitos, que apresentam espessura em torno de 30 metros. Estes sedimentos geomorfologicamente constituem uma superfície tabular erosiva que é caracterizada por relevo residual de topo plano testemunho de superfície de erosão, geralmente limitada por escarpas erosivas, com diferentes níveis altimétricos, na realidade, restos de uma cobertura sedimentar outrora muito mais extensa que foi quase completamente erodida.

Tendo em vista a grande extensão geográfica desta unidade geoambiental, faz-se necessário a utilização de geotecnologias apropriadas para se visualizar e pesquisar a área estudada.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados o mapeamento temporal e as análises espectrais da área de estudo utilizando imagens provenientes do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 5, obtidas gratuitamente do banco de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A escolha do período temporal de cada imagem foi realizado mediante análise estatística das médias pluviométricas e período chuvoso de cada mês e ano. Esse método foi utilizado para que, durante as análises, a resposta espectral da vegetação se mantivesse semelhante para cada ano, evitando assim, erros provenientes da reflectância da vegetação de Caatinga durante os períodos chuvosos e os de seca.

Ao analisar o período chuvoso e a análise pluviométrica foram selecionadas, numa primeira triagem as imagens que apresentassem tal semelhança dos referidos fatores. Em seguida foram selecionadas as imagens que apresentassem menor contingente de nuvem na área de pesquisa. Dessa forma, foram selecionadas as imagens dos anos de 1984, 1995 e 2008 (tabela1).

Tabela 1 – Satélite, sensor, data de aquisição e órbita/ponto das imagens utilizadas.

SATÉLITE	SENSOR	DATA	ÓRBITA/PONTO
Landsat 5	TM	19-06-2008	215/64
Landsat 5	TM	19-08-1995	215/64
Landsat 5	TM	17-06-1984	215/64

Todas as imagens passaram por correção atmosférica e geométrica no software ENVI 4.7, sendo realizados todo o processamento digital de imagens, estatística descritiva,

quantificação de áreas e confecção dos mapas temáticos utilizando o software ARCGIS 10. Ao final todos os dados foram integrados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), afim de melhor proporcionar uma análise geossistêmica dos resultados.

Para melhor entender e averiguar os dados obtidos nas imagens de satélite foi realizado um estudo de campo datado em 17 de novembro de 2012. Esta visita serviu para definir as classes de vegetação utilizadas como parâmetros para sistematização dos mapas. Dessa forma, mediante a observação do relevo e vegetação, as classes definidas foram denominadas como Vegetação de Caatinga, Culturas, e Áreas Antropizadas que são áreas de solo exposto, estradas, áreas urbanas e corpos d'água. Na figura 3 pode-se melhor observar a diferença entre as classes da quantificadas nos mapas.

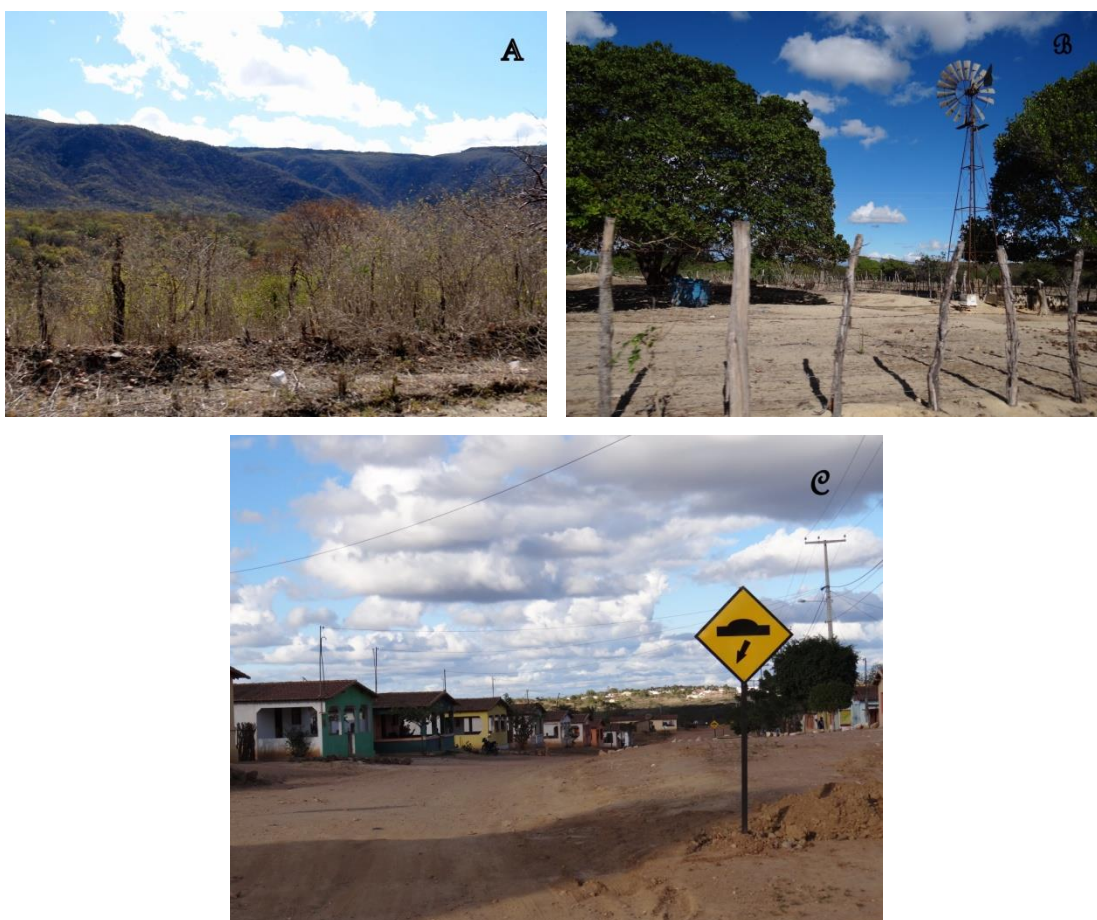


FIGURA 3: Padrão das classes: Vegetação de Caatinga (A), Culturas (B) e Áreas Antropizadas (c) Fonte:do autor

O processamento digital das imagens para classificação dos tipos vegetacionais foram realizados fazendo-se uso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), onde é muito usado para construir perfis sazonais e temporais de atividades da vegetação, que admite comparações interanuais entre eles, e também permite detectar atividades fenológicas, comprimento da estação de crescimento, pico vegetativo e alterações fisiológicas da folha. Sua formulação consiste de um balanço de energia nos espectros do infravermelho próximo

(0,76 μ a 0,90 μ) e do vermelho (0,76 μ a 0,90 μ) (PONZONI e SHIMABUKURO, 2009). O NDVI serviu para se classificar as diferenças de cada classe, de acordo com o índice de biomassa da cobertura do solo do município de Cerro Corá. Após a averiguação dos dados, cada imagem foi montada numa composição de falsa-cor RGB 741, para que fossem delimitadas as respectivas classes, para isso, foi utilizado o método de Classificação Supervisionada dando uma tonalidade diferente para cada classe, com posterior vetorização. Esse procedimento é necessário para se calcular a área de cada classe e de cada ano, podendo assim ser percebido o avanço ou recuo de determinada classe.

O presente estudo baseou-se no modelo realizado por Evangelista, Tebaldi e Fonseca (2009), e adaptado para uma região de clima semiárido, fazendo-se algumas modificações pertinentes para a realidade da região.

Para melhor analisar os dados obtidos referentes das mudanças do uso e ocupação do solo, também foram analisados os dados censitários referentes ao Produto Interno Bruto (PIB) municipal (Reais); áreas de colheita das lavouras permanentes e temporárias (Hectares); e os efetivos de caprinos e bovinos (Cabeça), dados obtidos do banco de dados agregados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Para tanto foram consultados os Censos Agropecuários dos anos de 1985, 1995-1996 e 2006.

Dessa forma, os dados obtidos pela análise das imagens de satélite, NDVI e cartas de uso do solo, foram analisados em conjunto com os dados censitários e do PIB, para melhor se entender a dinâmica dos processos socioeconômicos que levaram às mudanças na paisagem do município de Cerro Corá-RN.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se perceber notoriamente as diferenças entre as classes após o tratamento digital das imagens e classificação dos temas propostos. Para o ano de 1984 (figura 4) percebe-se que apesar do município possuir grande parte de sua área total coberta por vegetação nativa correspondendo a quase 65%, em toda zona oeste e sudoeste apresenta sua área ocupada com áreas antropizadas e culturas permanentes e temporárias, como também áreas de pastio. Vale salientar que as áreas mais utilizadas estão localizadas nos perfis topográficos que apresentam baixo ou nenhum declive, sendo estas áreas mais favoráveis a práticas agrosilvopastoris. E conseqüentemente as áreas com declive mais acentuado não apresentam uma maior propensão à atividades econômicas.

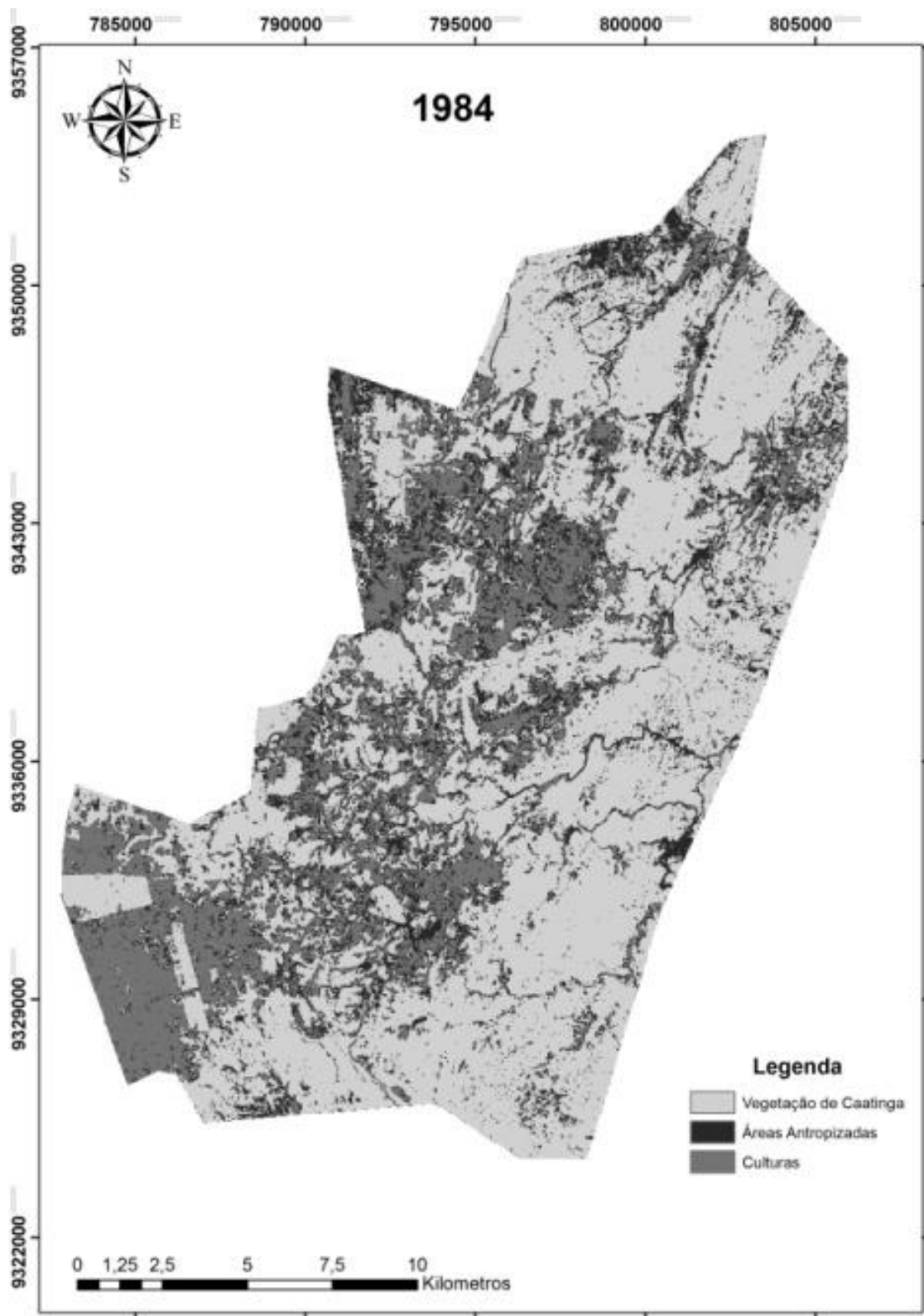


Figura 4: Classificação de cobertura do solo para o ano de 1984.

Para o ano de 1995 (figura 5), são perceptíveis as mudanças ocorridas na paisagem e a regressão das classes perceptíveis no ano de 1984 (figura 4). No ano de 1995 há redução significativa nas zonas denominadas Áreas Antropizadas que reduz de 7% da área ocupada na carta de 1984 para menos de 2% da área total. Conseqüentemente há um relativo aumento nas

áreas de Culturas que passou de 17% da área total em 1984, para 23% no ano de 1995. Portanto, houve uma regeneração da vegetação de Caatinga em áreas antropizadas que provavelmente foram abandonadas ou reaproveitadas para plantação forrageira e zonas de pastio.

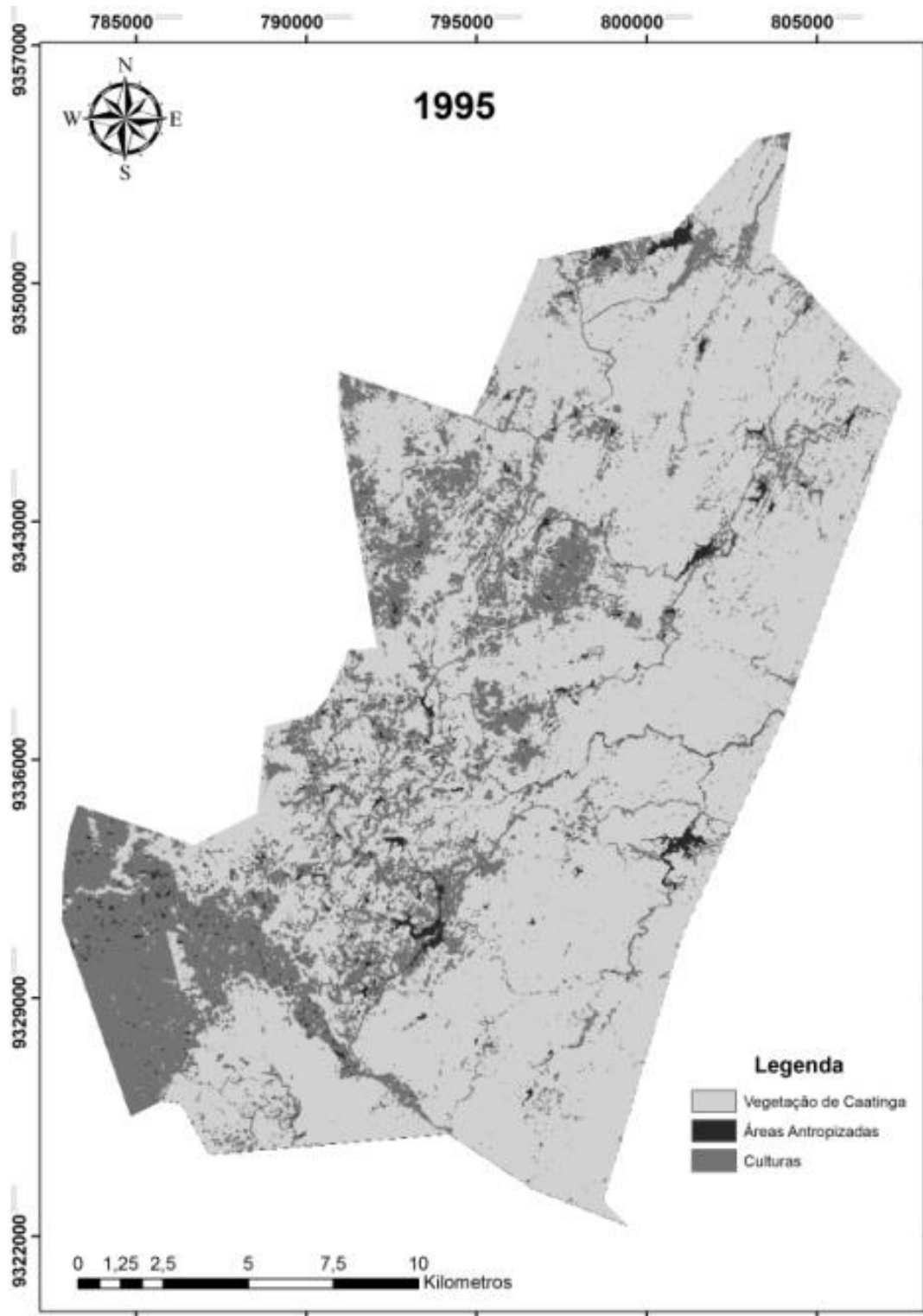


Figura 5: Classificação de cobertura do solo para o ano de 1995.

Já para a carta do ano de 2008 (figura 6), as mudanças da paisagem na Classe “Áreas Antropizadas” permanece praticamente a mesma, apresentando apenas uma pequena redução.

Para a classe das “Culturas” percebe-se o maior declínio comparando com os anos de 1984 e 1995 (figuras 4 e 5 respectivamente) caindo sua concentração para menos de 6% da área total do município concentrando-se praticamente na parte Sudoeste do município, onde este apresenta uma topografia menos acentuada e mais favorável práticas agrícolas . Para as outras áreas do município percebe-se uma regeneração da classe “Vegetação de Caatinga” que ao ano de 2008 apresenta-se cobrindo quase 93% da área total do município.

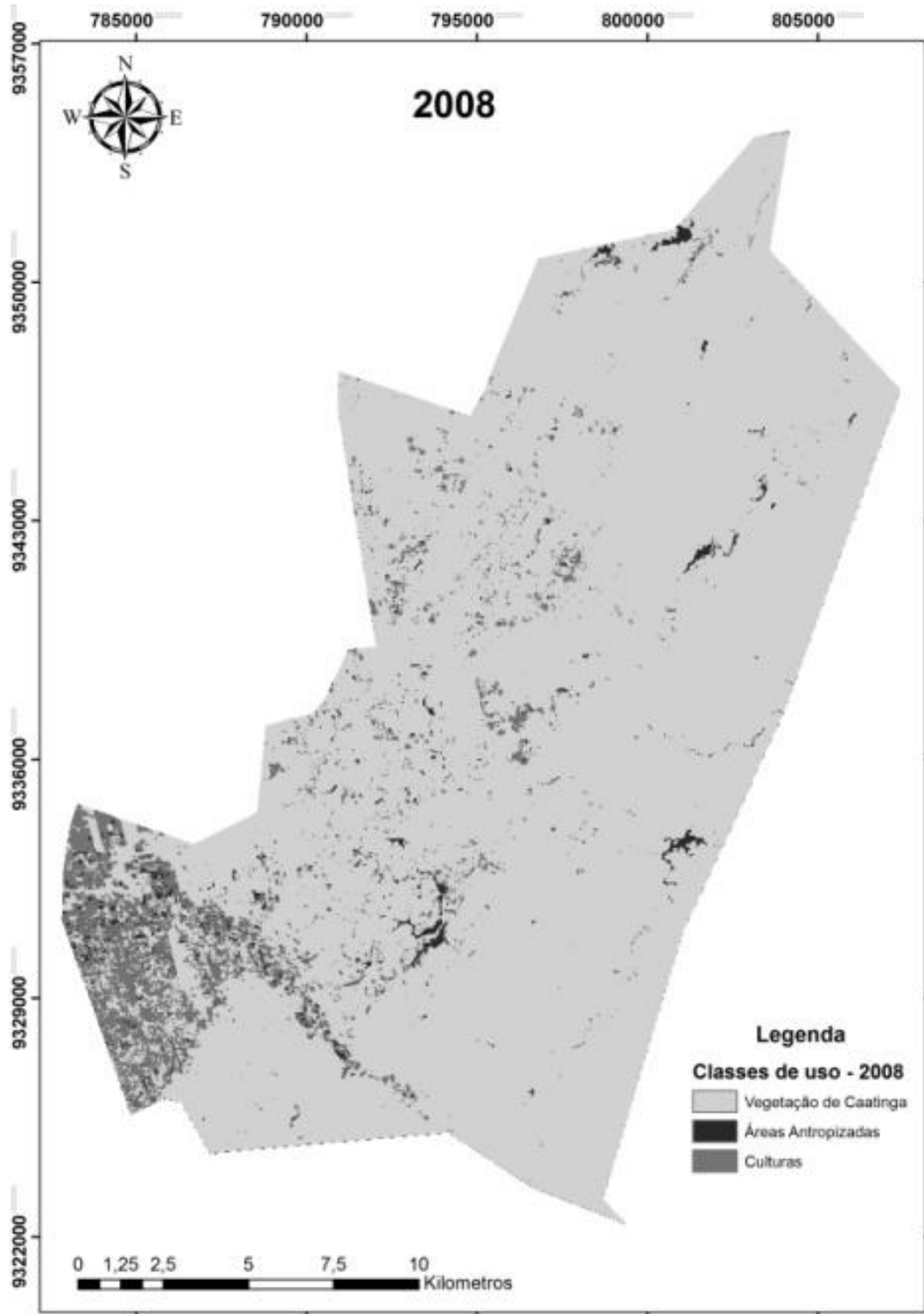


Figura 6: Classificação de cobertura do solo para o ano de 2008.

Para uma melhor verificação das mudanças na cobertura da terra, foram ampliadas duas áreas localizadas na parte mais Sudoeste do município utilizando carta de imagem mais antiga (1984) e a carta de imagem mais recente (2008). Nas cartas de cobertura de solo dos respectivos anos, pode-se averiguar as grandes mudanças ocorridas no período estudado. Como pode-se averiguar, houve um recuo das áreas de “Culturas” como de “Áreas Antropizadas” no sentido Nordeste-Sudoeste. Nos estudos de campo, averiguou-se que as áreas antes de Culturas, deram origem em sua maior parte a áreas de vegetação de Caatinga que se restituiu, ou em minoria a áreas de pastio para a Pecuária. Também foi perceptível alguma ocupações de áreas antes bem conservadas e que foram desmatadas para plantação de agriculturas permanentes, principalmente a cultura da Castanha de Caju e da Fruta do conde.

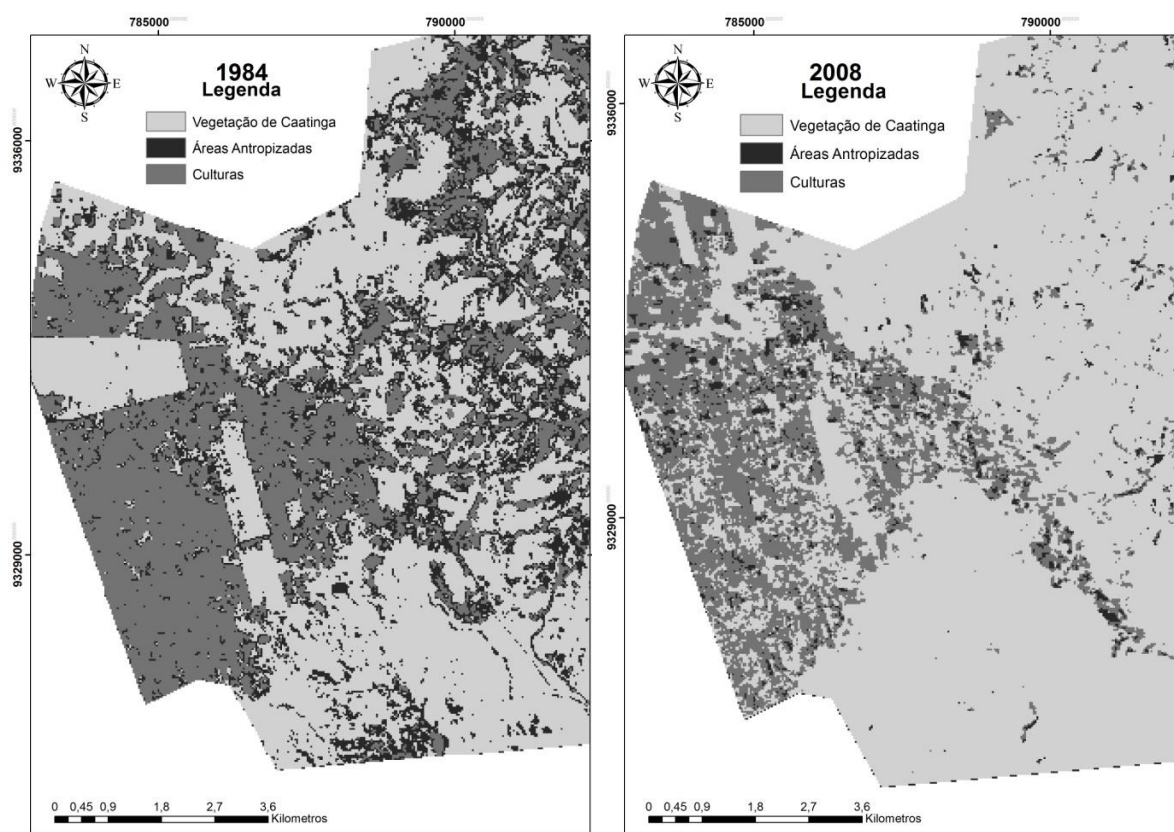


Figura 7: Detalhe das mudanças da cobertura da paisagem dos anos de 1984 e 2008.

Análise da evolução das áreas mapeadas da análise temporal

A quantificação das áreas de cada classe se torna imprescindível para o estudo do aumento e diminuição das classes de cobertura do solo do município em epígrafe. Podemos perceber através do histograma (figura 8) a frequência das classes para o período estudado,

percebendo assim tendências de aumento de vegetação de Caatinga, recuo das áreas antropizadas, e aumento e recuo das culturas..

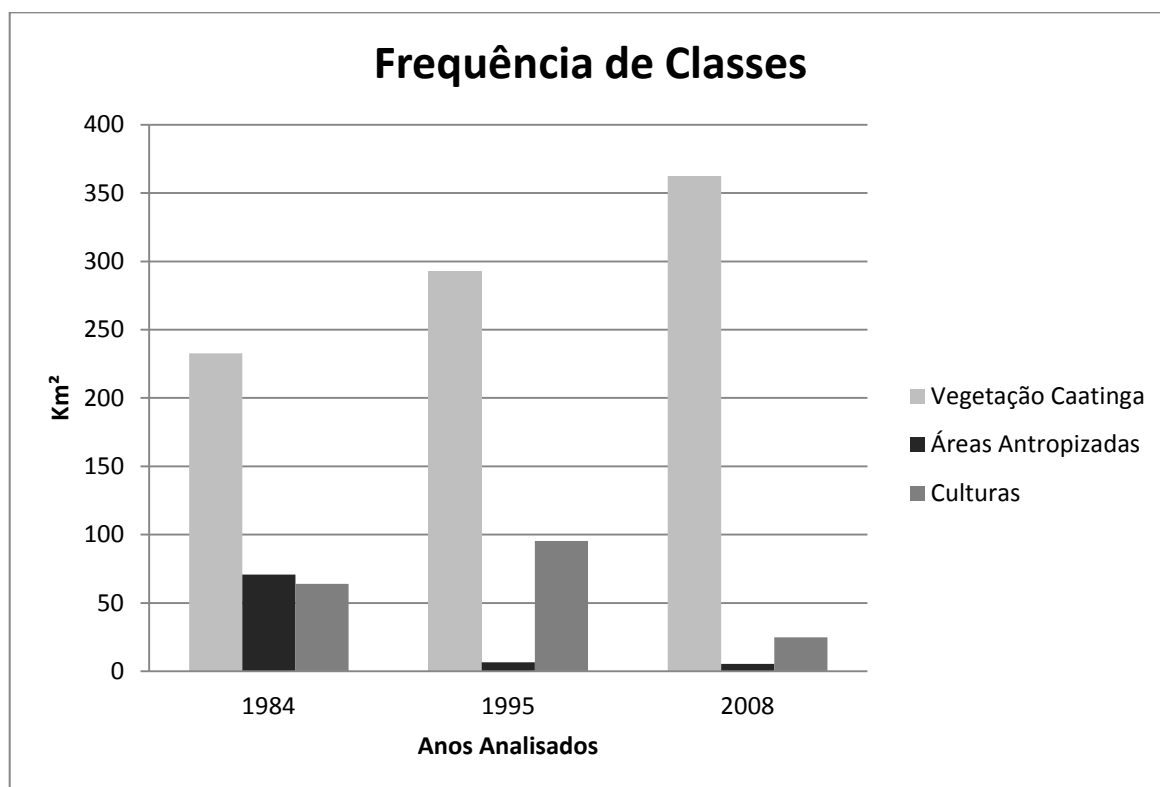


Figura 8: Histograma das frequências de classe dos tipos de cobertura da terra.

Com todas as análises das imagens e dos modelos algébricos de quantificação, faz necessário averiguar os dados socioeconômicos do município (Tabela 2) para se entender o processo de ocupação e conseqüentemente do avanço ou diminuição de cada classe. Seria interessante haver uma adequação de todos os dados para cada ano utilizado, porém caracterizou-se com uma dificuldade encontrada a não obtenção de dados referentes ao PIB, já que este dado só passou a se contabilizado a partir do ano de 2002 até o atual ano, não estando à disposição os dados referentes ao ano de 1984 e 1995.

Tabela 2: Dados socioeconômicos referentes a Cerro Corá –RN.

	1984	1995-1996	2008
Lavoura Temporária - Milho, Feijão, Mandioca (ha)	3.065	4.070	1.363
Lavoura Permanente - Castanha-de-caju, caju (fruto), fruta-do-conde – (ha)	4.500	1.412	1.666
Bovinos – cabeças	4.683	5.950	5.882

Caprinos – cabeças	586	690	1.674
PIB (R\$ x 1.000)	-	-	42.079
População total	8.808	10.312	10.890

As análises dos dados das frequências de classe (figura 8) com os dados socioeconômicos do município de Cerro Corá (figura 9), permite comparar os resultados obtidos através das imagens de satélite, podendo-se perceber que há duas tendências: a diminuição gradativa das áreas de lavouras temporárias e permanentes; e aumento residual da pecuária.

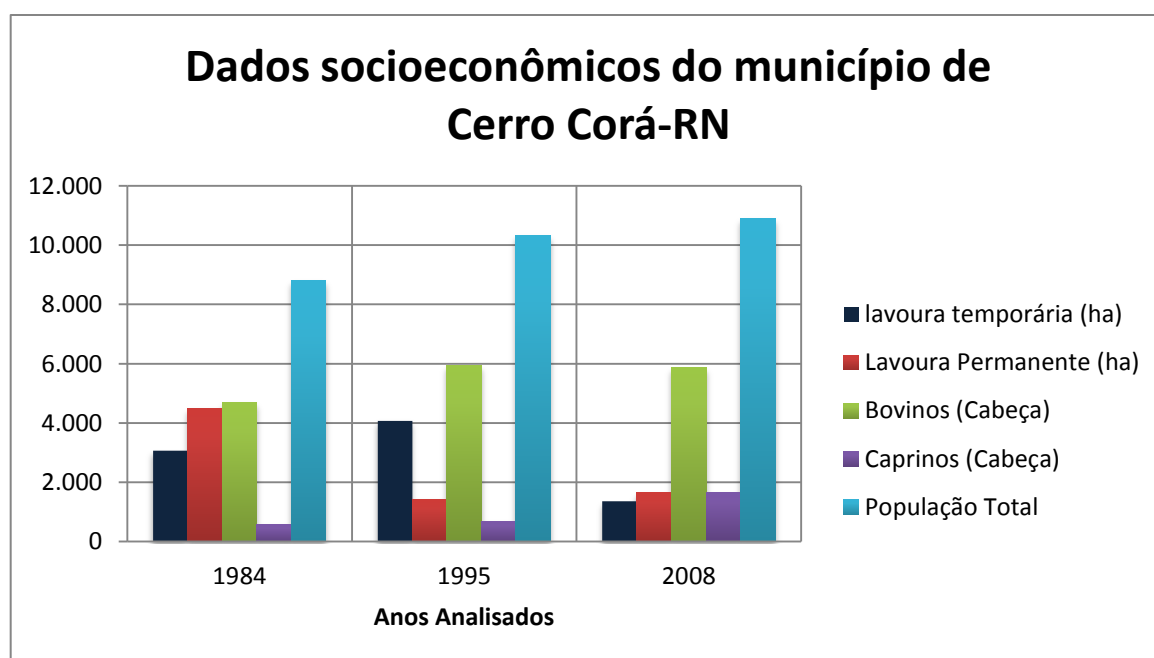


Figura 9: Histograma dos dados socioeconômicos de Cerro Corá, entre 1984 e 2008.

As tendências observadas tem relação entre si, pois como foi comprovado em campo, diversas áreas antes utilizadas para culturas, lavouras temporárias e permanentes, que ocupavam 17% do território municipal declinando para menos de 6%, foram apropriadas para dar lugar a plantação de ração forrageira e zonas para currais e pastos.

A tendência para pecuária teve um breve aumento do ano de 1984 para 2008, atenuando para o aumento da criação de caprinos, visto a uma melhor adaptação desse tipo de rebanho e uma menor manutenção, já que os animais também ocupam áreas de vegetação como áreas de pastagem.

CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

A utilização de dados obtidos por geotecnologias atrelado a dados censitários e análises de campo, propiciam a obtenção de dados científicos condizentes com à realidade estudada. A utilização do modelo proposto por Evangelista, Tebaldi e Fonseca (2009) apresentou-se como uma ferramenta útil na análise de perfis temporais, comparando-os com dados estatísticos e visitas de campo.

O cruzamento do mapa temático e dados socioeconômicos e censitários permitiu observar as mudanças ocorridas no município de Cerro Corá-RN no período entre 1984 e 2008. Houve mudanças significativas em sua paisagem e no desenvolvimento econômico. Em seu total, ocorreu um declínio das atividades ligadas à agricultura, sendo estas substituídas em sua grande parte pela pecuária. Isso acarretou mudanças da fisionomia da paisagem onde áreas antes ocupadas pela agricultura, foram substituídas por pastos, e também áreas que a vegetação de Caatinga se recuperou gradativamente.

O município atualmente tem em torno de 92% de sua área total coberta por vegetação de Caatinga, principalmente nas áreas com declive mais acentuado localizado na porção Leste e Nordeste, enquanto na porção Sudoeste o município ainda tem sua área restante ocupada por agricultura e zonas destinadas a criação bovina e caprina.

Dessa forma, um Sistema de Informação Geográfica apresentou-se como uma ferramenta bastante eficiente na análise de sistemas ambientais sinóticos, no município de Cerro Corá-RN. Entretanto há necessidade de maiores investigações científicas que visem a inserção de gestão e manejo integrado dos recursos naturais, bem como para planejamento rural sustentável das entidades públicas do município.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, S.G. de. *Caatinga vegetation dynamics under various grazing intensities by steers in the Semi-Arid Northeast, Brazil. Journal of Range Management*, v.52, p.241-248, 1999.

CHAVES, Marcelo dos Santos; LIMA, Zuleide Maria da; SILVA, Fernando Moreira da. *Sistemas sinóticos e classificação climática*. Geografia física II. Natal – RN, 2011.

COSTA, T. C. C.; ACCIOLY, L. J. O.; OLIVEIRA, M. A. J.; BURGOS, N.; SILVA, F. H. B. *B. Phytomass mapping of the “Seridó caatinga” vegetation by the plant area and the normalized difference vegetation indexes*. *Scientia Agrícola*, v.59, p.707-715, 2002.

EVANGELISTA, F. M.; TEBALDI, C.; FONSECA, E. L. *Cenários de estimativa dos impactos das atividades socioeconômicas sobre a vegetação remanescente do bioma Pampa*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. p. 2745-2752. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/10.31.19.48>>. Acesso em: 17 setembro de 2012.

IBGE, Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em Novembro de 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. *Panorama da Desertificação no Estado do Rio Grande do Norte*. 2005. Natal/RN. 78 p.

MOREIRA, José Nilton et al. *Caracterização da vegetação de Caatinga e da dieta de novilhos no Sertão de Pernambuco*. *Pesq. agropec. bras.* [online]. 2006, vol.41, n.11, pp. 1643-1651. ISSN 0100-204X.

SANTOS, Genice Vieira; DIAS, Herly Carlos Teixeira; SILVA, Ana Paula de Souza e MACEDO, Maria de Nazaré Costa de. *Análise hidrológica e socioambiental da bacia hidrográfica do córrego Romão dos Reis, Viçosa-MG*. *Rev. Árvore* [online]. 2007, vol.31, n.5, pp. 931-940. ISSN 0100-6762.

PRADO, D.E. *As Caatingas da América do Sul*. In: LEAL, R.I.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. da. *Ecologia e conservação da Caatinga*. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 823p.

PONZONI F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. *Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação*. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 136 p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo empenhou-se em pesquisar e analisar o grau de degradação ambiental do município de Cerro Corá, semiárido do Rio Grande do Norte. Os métodos utilizados foram bastante pertinentes na análise dos parâmetros, bem com, as geotecnologias que apresentaram-se como ferramentas indispensáveis para obtenção dos resultados. A utilização dos dados obtidos pelo tratamento das imagens de satélite atrelado a dados censitários e análises de campo, propiciaram a obtenção de dados científicos condizentes com a realidade estudada.

Concluiu-se que o município de Cerro Corá-RN mesmo possuindo áreas com alto nível de degradação ambiental, estas apenas somam uma pequena parcela da área total do município. No entanto, embora o município de Cerro Corá se apresente com níveis baixos de degradação ambiental, a nascente do Rio Potengi encontra-se em uma área de Alta a Muito Alta degradação, podendo esta sofrer alteração no seu ciclo e demanda de água.

Pode-se perceber na análise temporal, que o cruzamento do mapa temático e dados socioeconômicos censitários tornaram possível detectar as mudanças ocorridas no município de Cerro Corá-RN no período entre 1984 e 2008. Houveram mudanças significativas em sua paisagem e no desenvolvimento econômico. Em seu total, ocorreu um declínio das atividades ligadas à agricultura sendo esta substituída em sua grande parte pela pecuária. Isso acarretou mudanças da fisionomia da paisagem pois áreas antes ocupadas pela agricultura, foram substituídas por pastos, e também áreas que a vegetação de Caatinga se recuperou gradativamente.

O município atualmente tem em torno 92% de sua área total coberta por vegetação de Caatinga, principalmente nas áreas com declive mais acentuado localizado na porção Leste e Nordeste. Enquanto na porção Sudoeste o município ainda tem sua área restante ocupada por agricultura e zonas destinadas a criação bovina e caprina.

Ao final foi possível perceber que o município em epígrafe, apesar de possuir áreas com um alto nível de susceptibilidade a degradação, no decorrer do período estudado apresentou uma tendência de regressão das principais atividades econômicas degradantes, tendo a possibilidade da regeneração da vegetação nas áreas abandonadas, antigamente ocupadas por sistemas agropastoris.

Dessa forma, um Sistema de Informação Geográfica apresentou-se como uma ferramenta bastante eficiente na análise de sistemas ambientais sinóticos, como pode ser comparado no município de Cerro Corá-RN.