



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

**ANÁLISE MULTITEMPORAL E ESPACIAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
NO MUNICÍPIO DE ITAPORANGA-PB**

SHYRLEY ELIZABETH LUTHYNEA MENDONÇA GOMES TORRES

JOÃO PESSOA/PB
2013

SHYRLEY ELIZABETH LUTHYNEA MENDONÇA GOMES TORRES

**ANÁLISE MULTITEMPORAL E ESPACIAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
NO MUNICÍPIO DE ITAPORANGA-PB**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Geografia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Richarde Marques da Silva

JOÃO PESSOA/PB
2013

Catálogo na publicação
Universidade Federal da Paraíba
Biblioteca Setorial do CCEN

T693a Torres, Shyrley Elizabeth Luthynea Gomes.
Análise multitemporal e espacial do uso e ocupação do solo no
Município de Itaporanga-PB / Shyrley Elizabeth Luthynea Gomes Torres.
– João Pessoa, 2013.
70p. : il. Color.

Monografia (Bacharelado em Geografia) Universidade Federal da
Paraíba.
Orientador: Prof. Dr. Richarde Marques da Silva.

1. Geografia dos vegetais. 2. Distribuição geográfica dos vegetais.
3. Vegetação arbóreo-arbustiva a arbustiva. 4. Itaporanga-PB - Uso e
ocupação do solo. I. Título.

CDU 581.9(043.2)

UFPB/BS-CCEN

Monografia intitulada **ANÁLISE MULTITEMPORAL E ESPACIAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE ITAPORANGA-PB**, elaborada por **Shyrley Elizabeth Luthynea Mendonça Gomes Torres** e apresentada publicamente perante a Banca Avaliadora, como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Bacharelado em Geografia da Universidade Federal da Paraíba.

Data: ____/____/____

Nota: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Richarde Marques da Silva
Orientador - Universidade Federal da Paraíba

Prof. M.Sc. Leonardo Pereira e Silva
Examinador

Prof. M.Sc. José Yure Gomes dos Santos
Examinador

João Pessoa - PB
2013

Agradecimentos

A Deus, pois sem Ele nada faria sentido. Dele e por Ele são feitas todas as coisas.

Ao meu esposo, Romoaldo da Silva Gomes, pelo carinho, amor, companheirismo, incentivos que são fundamentais à minha desenvoltura.

Aos meus pais, Berto Luiz Gomes Filho e Iranize Alves Torres, pelo amor e carinho permanentes durante toda vida, contribuindo e investindo na minha formação profissional e pessoal.

Aos meus irmãos, Emília Mendonça Gomes Neta e Berto Luiz Gomes Netto, pelas alegrias que proporcionam aos meus dias.

Aos colegas do curso de Geografia, em especial a colega Eliana Oliveira pela cumplicidade, ajuda e estímulos durante o curso.

Ao professor Richarde Marques pelos conhecimentos ministrados e pela orientação deste trabalho.

RESUMO

O município de Itaporanga localiza-se no sertão do Estado da Paraíba e está inserido no semiárido nordestino, o município em estudo possui uma extensão de aproximadamente 467,73 km². O bioma predominante nesse município é a caatinga hiperxerófila. Diante da problemática em torno da perda da vegetação nativa, este trabalho utiliza imagens orbitais CCD/CBERS 2 e CBERS 2B (do período de 2005 e 2008), dados SRTM, associadas a dados coletados em campo para analisar a dinâmica da cobertura vegetal e do uso e ocupação do solo sobre o relevo disposto no município de Itaporanga. A pesquisa teve como base a utilização de técnicas de processamento digital de imagens e geração do MNT do município de Itaporanga, a fim de gerar os mapas temáticos das classes de cobertura vegetal e de declividade. O uso indiscriminado do solo revela mudanças no uso e ocupação do solo. Através de informações obtidas das imagens de satélite, nos mapas temáticos de cobertura vegetal e trabalhos de campo, pode-se observar a dinâmica presente na área em estudo, considerando efeitos nocivos das atividades agrícolas e pecuárias desenvolvidas na região. Os resultados obtidos revelaram uma dinamicidade na cobertura vegetal, tendo em vista, no período em análise, impactos que incidiram sobre a área em estudo. As imagens resultantes revelam um cenário diversificado, em que a cobertura vegetal varia de uma vegetação arbórea-arbustiva à arbustiva. Por meio da análise dos dados obtidos mediante as classes de vegetação e de declividade, observa-se um crescimento no período em estudo da classe arbustiva, uma vegetação do tipo aberta. Vale salientar que a vegetação é um fator de grande importância para a conservação do solo. Tais resultados, corroboram com a necessidade de manejo adequado e monitoramento dos recursos naturais.

Palavras-chave: Cobertura vegetal, declividade, planejamento, sensoriamento remoto.

ABSTRACT

The municipality of Itaporanga located in the interior of Paraíba and is inserted into the semi-arid northeast, the municipality has a study area of approximately 467,73 km². Biome predominant in this county is the caatinga hiperxerófila. The archaic techniques of soil preparation, such as deforestation and burning, are part of the history of colonization, since the region is under the influence of dry climate, with rainfall in short periods. Regarding the problem around the loss of native vegetation, this work uses satellite images CCD / CBERS 2 and CBERS 2B (the period of 2005 and 2008), SRTM data associated with data collected in the field to analyze the dynamics of vegetation and use and occupation of the relief provided in the municipality of Itaporanga. The research was based on the use of techniques of digital image processing and generation DTM of Itaporanga municipality, in order to generate thematic maps of vegetation cover classes and slope. The indiscriminate use of soil reveals changes in the use and occupation of land. Through information obtained from satellite images, thematic maps of vegetation and field work, one can observe the dynamics present in the study area, considering damaging effects of agricultural and livestock activities developed in the region. The results revealed a dynamics in vegetation cover, in order, in the period in question, which concentrated upon the impact study area. The resulting images reveal a diverse landscape, where the vegetation varies from arboreal-shrubby to shrubby vegetation. By means of analysis of data obtained through the vegetation classes and slope, there is growth in the study period class shrubby vegetation of type open. It is worth mentioning that the vegetation is a major factor for soil conservation. These results corroborate the need for proper management and monitoring of natural resources.

Keywords: Cover, slope, planning, remote sensing.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Principais características da Câmera Imageadora CCD/CBERS...	25
Quadro 2	Características das imagens utilizadas de satélite.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores das classes de vegetação correspondentes aos anos 2005 e 2008.....	56
Tabela 2	Valores das classes de declividade do município de Itaporanga	61
Tabela 3	Cruzamento das classes de vegetação com o relevo para o ano de 2005.....	62
Tabela 4	Cruzamento das classes de vegetação com o relevo para o ano de 2008.....	63

LISTA DE SIGLAS

CBERS	China Brazil Earth Resources Satellite
CCD	Câmera Imageadora de Alta Resolução
CERES	Sensor de energia radiante das nuvens e da superfície terrestre
DGPS	Differential Global Positioning System
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ERTS	Earth Resources Technology Satelites
GEOTIFF	Tagged Image Format File
GPS	Sistema de Posicionamento Global
HRC	Câmera Pancromática de Alta Resolução
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMPIMA	Software de Produção Cartográfica (módulo do SPRING)
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency
LIS	Imageamento de relâmpagos
IRMSS	Imageador por Varredura de Média Resolução
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite
MAXVER-ICM	Máxima Verossimilhança-Interated Conditional Modes
MDE	Modelo Digital de Elevação
MNT	Modelo Numérico do Terreno
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NDVI	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
NGA	Geospatial-Intelligence Agency
PB	Paraíba
PI	Plano de Informação
PR	Precipitation Radar
REM	Radiação Eletromagnética
RGB	Red Green Blue
SCARTA	Software de Produção Cartográfica (módulo do SPRING)
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

TIN	Triangular Irregular Network
TM	Thematic Mapper
TMI	Microwave Imager
TRMM	Tropical Rainfall Measuring Mission
USGS	United States Geological Survey
VIRS	Visible and Infrared Radiometer System
WFI	Câmera de Amplo Campo de Visada
WGS-84	World Geodetic System 1984

SUMÁRIO

<i>AGRADECIMENTOS</i>	4
<i>RESUMO</i>	5
<i>ABSTRACT</i>	6
<i>LISTA DE QUADROS</i>	7
<i>LISTA DE TABELAS</i>	7
<i>LISTA DE SIGLAS</i>	8
1 INTRODUÇÃO	12
<i>1.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</i>	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
<i>2.1 SEMIÁRIDO × RECURSOS NATURAIS</i>	17
<i>2.2 GEOPROCESSAMENTO COMO SUPORTE AO PLANEJAMENTO</i>	18
<i>2.3 SENSORIAMENTO REMOTO: FERRAMENTA PARA ANÁLISE AMBIENTAL</i>	20
<i>2.3.1 SISTEMA SENSOR</i>	22
<i>2.3.2 SISTEMA CBERS</i>	23
<i>2.3.3 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À ANÁLISE DA VEGETAÇÃO</i>	25
<i>2.3.4 DADOS TOPOGRÁFICOS DO SRTM</i>	29
<i>2.3.5 DECLIVIDADE DO TERRENO</i>	30
3 MATERIAIS E MÉTODOS	32
<i>3.1 TRATAMENTO DIGITAL DE IMAGENS</i>	32
<i>3.2 REGISTRO DE IMAGENS</i>	34
<i>3.4 TÉCNICAS DE TRATAMENTO DIGITAL DE IMAGENS</i>	35
<i>3.5 TRABALHOS DE CAMPO</i>	36
<i>3.6 CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS</i>	36
<i>3.7 PRODUÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS DA COBERTURA VEGETAL</i>	37
<i>3.7.1 MAPAS DE VEGETAÇÃO</i>	37
<i>3.7.2 MAPA DE DECLIVIDADE DO MUNICÍPIO DE ITAPORANGA</i>	38
<i>3.7.3 ANÁLISE ESPACIAL</i>	38
<i>3.8 CARACTERIZAÇÃO DO SATÉLITE TRMM</i>	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	41

<i>4.1 ANÁLISE DA PLUVIOSIDADE NO PERÍODO ESTUDADO</i>	41
<i>4.2 MAPEAMENTO DA EVOLUÇÃO DA COBERTURA VEGETAL</i>	44
<i>4.3 ANÁLISE DOS DIFERENTES USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO</i>	50
<i>4.4 MAPEAMENTO DAS ALTERAÇÕES NA PAISAGEM</i>	54
<i>4.5 CRUZAMENTO DOS MAPAS TEMÁTICOS</i>	62
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
6 REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

As ocupações antrópicas desenvolveram-se sempre em detrimento dos recursos oferecidos pela natureza, de tal forma que a localização das cidades está intrinsecamente ligada a cursos de água (indispensável para sobrevivência das populações). A maneira como são usados tais recursos tem sido alvo de estudos científicos, pois, o uso inadequado gera impactos ambientais e sociais que comprometem a qualidade de vida das populações.

A Constituição da República Federativa do Brasil (BRASIL, 2005), de 1988, apresenta no seu Artigo 225: "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações". Ainda prevê em seu artigo 187 "A política agrícola será planejada e executada na forma da lei, com a participação efetiva do setor de produção, envolvendo produtores e trabalhadores rurais, bem como dos setores de comercialização, de armazenamento e de transportes".

O processo de retirada da vegetação nativa tem se intensificado mediante a prática de atividades agrícolas e pastoreio de animais, os quais ocasionam problemas ambientais que interferem no equilíbrio ecológico de uma determinada região.

A cobertura vegetal como parte integrante do meio ambiente, a qual com o crescimento das cidades, produção de alimentos, extração de minérios, entre outros, sofre fortes influências (diminuição de áreas nativas e impactos ambientais). Tal extinção tem acarretado o acúmulo de sedimentos nos corpos d'água, resultando no assoreamento e extermínio de biomas que se desenvolvem no decorrer dos mesmos (SOUSA, 2007).

Para monitoramento das áreas de cobertura vegetal, tidas como áreas a serem preservadas, o uso de técnicas de Geoprocessamento surge como uma alternativa eficaz para acompanhar e avaliar sua evolução. Ferramentas como sensoriamento remoto, sobretudo, o de nível orbital, possuem uma aplicabilidade consagrada nesse âmbito, uma vez que permitem a análise e dimensionamento das áreas de vegetação, registrando mudanças sazonais e alterações provocadas pelo homem.

O sensoriamento remoto gera dados contínuos sobre diversos alvos da superfície terrestre com alta capacidade de diferenciação e custos relativamente baixos se comparado a métodos antepostos. No manejo dos dados obtidos pelas plataformas orbitais, faz-se

necessário o uso de técnicas de processamento digital de imagens, cuja principal função é fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração das informações contidas nas imagens para posterior interpretação, uma vez que o olho humano não é capaz de identificar de maneira precisa (CÂMARA e MEDEIROS, 1998).

A distribuição da vegetação não parece possuir um comportamento aleatório na paisagem, diante disso critérios sobre como se comporta o relevo supõe certa dependência na conservação da cobertura vegetal.

Diante do exposto, a pesquisa visa produzir, mediante a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e tratamento digital de imagens, mapas temáticos que retratem a evolução temporal da cobertura vegetal do município de Itaporanga (período 2005 e 2008). Como também a confecção do mapa de classes de declividade, possibilitando uma análise espacial (tabulação cruzada) da cobertura vegetal em função do relevo.

Dessa forma, a pesquisa se propõe produzir informações concernentes ao contorno em estudo, visando uma análise do uso e ocupação do solo mediante análise da paisagem e índices de vegetação, para dar suporte à tomada de decisões no planejamento de ações.

1.1 Descrição da Área de Estudo

O estado da Paraíba tem cerca de 70% de seu território na zona semiárida do Nordeste brasileiro e está dividido em três sub-regiões climáticas: Sertão, Cariri/Curimataú e Agreste/Litoral (BARBOSA et al., 1998). A região semiárida do Nordeste enfrenta diversos impactos ambientais, os naturais e os causados por atividades antrópicas, tais como a poluição das águas, a degradação dos solos, desertificação, entre outros.

Fundada em 1938, a cidade de Itaporanga, está a 291m de altitude, 420 km distante de João Pessoa (Figura 1). Em 2010, o IBGE estimou sua população em 23.192 habitantes, sua vegetação é composta por caatinga hiperxerófila predominantemente.

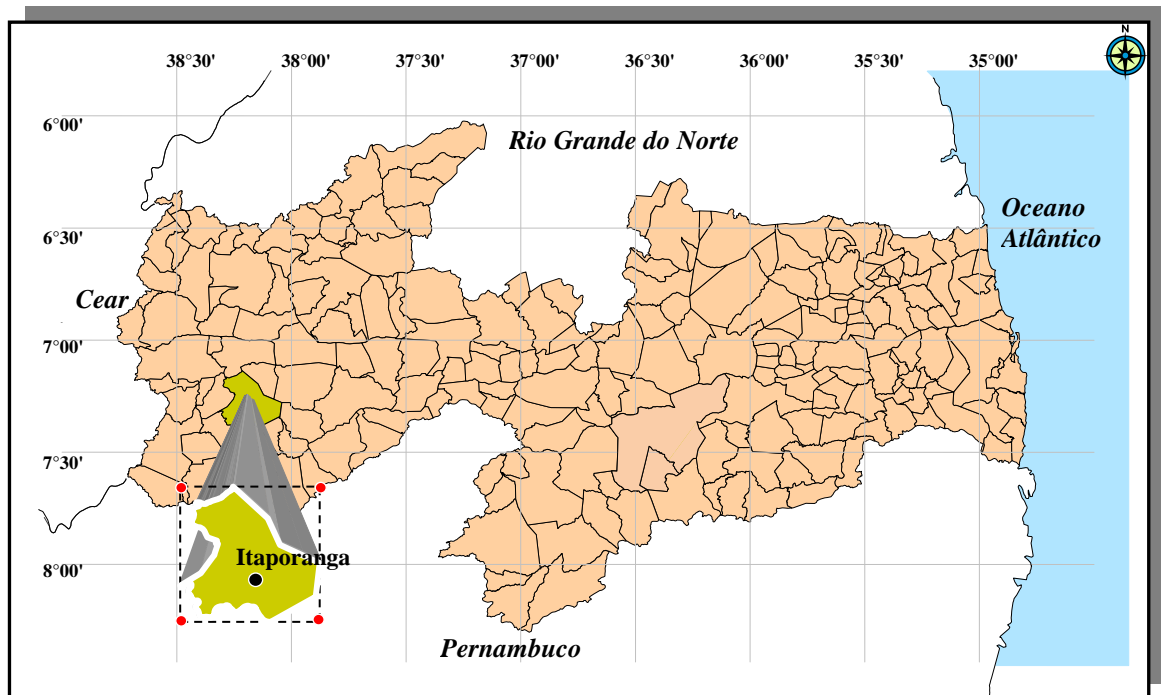


Figura 1: Localização do município de Itaporanga no estado da Paraíba.
 Fonte: Sousa (2007).

Segundo Sousa (2007), a cobertura vegetal da região semiárida é composta por diversos padrões morfológicos que dependem principalmente das condições climáticas. O município de Itaporanga está inserido no sertão da Paraíba e se encontra entre as coordenadas geográficas $7^{\circ}09'21,13''$ e $7^{\circ}23'52,81''$ de latitude Sul e $38^{\circ}03'09,87''$ e $38^{\circ}19'24,52''$ de longitude Oeste.

Na serra do Cantinho (Figura 2A), há um Cristo Redentor (Figura 2B) com 30m de altura, o qual é um atrativo da cidade.

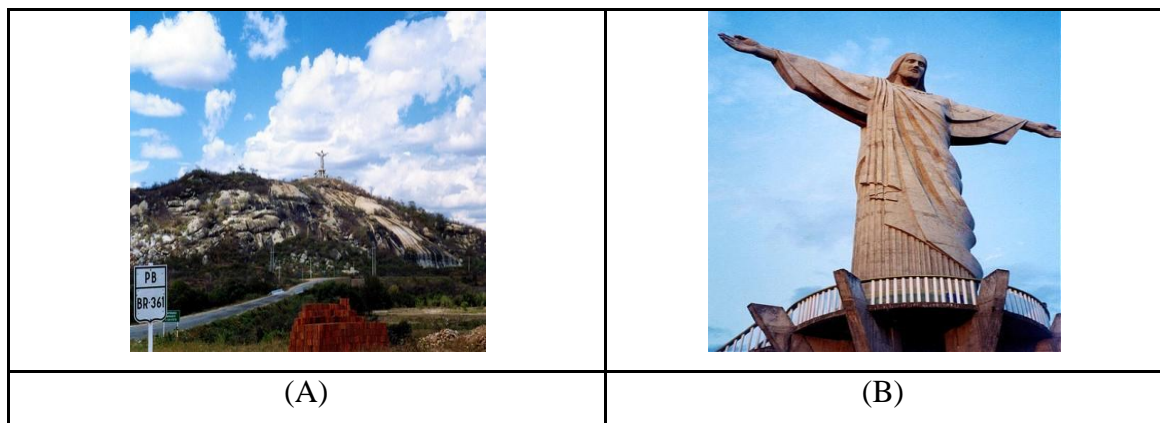


Figura 2: (A) Localização do Cristo na serra que possui mesmo nome na entrada da cidade; e (B) Detalhe da estátua do Cristo na cidade.

Nesta região, embora as precipitações não sejam de pequena intensidade (em torno de 800 mm), suas irregularidades, no entanto, dão lugar a características de aridez, havendo anos de período chuvoso quase ausente.

Condições de infraestrutura de serviços básicos como escolas, hospitais são encontradas na região, mas concentrados na zona urbana apresentando dificuldades da comunidade rural ter acesso a esses serviços. Dispõe-se de escolas municipais e estaduais que atendem à população em um total de 53 unidades, de acordo IBGE (2012). São encontrados hospitais e postos de saúde que exercem suas atividades sob recursos advindos do governo federal (SUS) e da prefeitura.

A região urbana possui rede de instalação elétrica em sua extensão, sendo nos últimos anos intensificada a cobertura de eletrificação da zona rural.

Atividade de agricultura é desenvolvida, mas voltada para o autoconsumo devido à instabilidade climática que por vezes apresenta baixos índices de chuvas. Apresenta na pecuária seu maior destaque econômico fazendo uso da sua vegetação nativa como forragem para o gado.

A grande taxa de evaporação da água faz com que esse recurso se esgote com maior rapidez nessa região. Acompanhado desse agravante existe o desenvolvimento de atividades de desmatamento e degradação das margens dos rios, comprometendo assim a quantidade e a qualidade das águas dos rios através do assoreamento. Esse processo faz com que os rios ou reservatórios se tornem mais rasos, diminuindo sua capacidade de comportar água, aumentando também o risco de enchentes.

De acordo com Sousa (2007), a rede hidrográfica do município de Itaporanga também é composta por rios intermitentes, sendo o principal o rio Piancó, que recebe as águas de vários afluentes, inclusive do rio do Cantinho, tributário principal da bacia hidrográfica com mesmo nome. A vegetação nativa acompanha as mudanças climáticas se mantendo resistente durante longos períodos de estiagem e se mostrando exuberante logo após as primeiras chuvas. Características de vegetação arbustiva aberta apresentada na Figura 3A e na Figura 3B uma mata mais conservada em torno da serra.

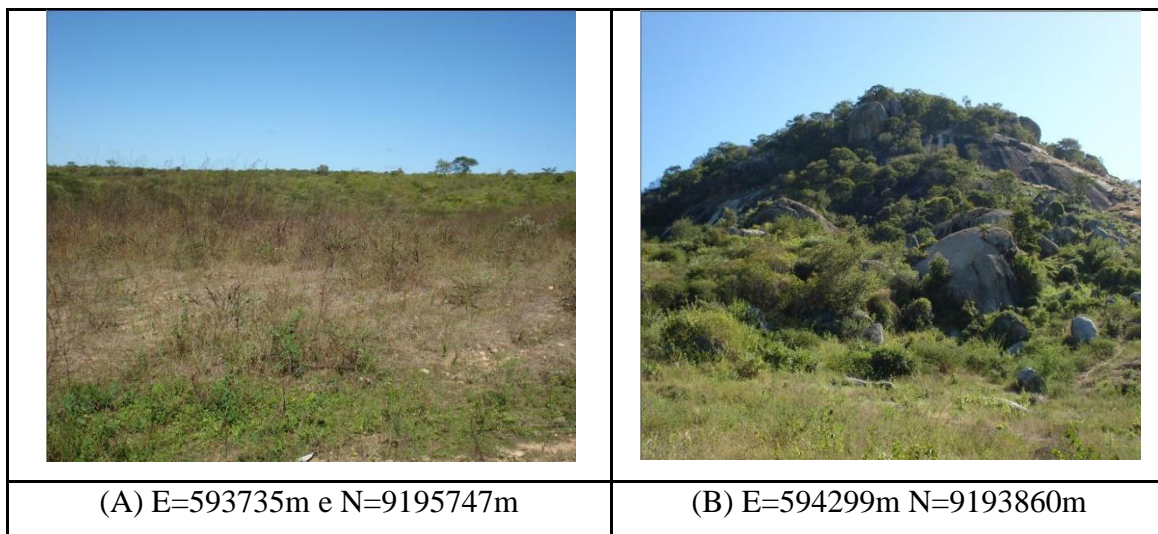


Figura 3: Vegetação aberta em relevo plano (A), e vegetação densa na serra com alguns afloramentos rochosos (B).

A vegetação de caatinga apresenta alta resistência à seca devido a diferentes mecanismos de sua anatomia e fisiologia. Dentre os quais pode se destacar os xilopódios (tubérculos), raízes pivotantes ou superficiais; caules suculentos clorofilados, folhas modificadas (feito espinho), folhas pequenas e caducas, mecanismos especiais de abertura e fechamento de estômatos, dentre outros. De maneira a se adequar a estação seca, a grande maioria das espécies perde as folhas, paralisa o crescimento apresentando aparente fisionomia de “morta” (MENDES, 1997 *apud* PEREIRA, 2005).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Semiárido × Recursos Naturais

O semiárido nordestino possui uma rede de drenagem ampla e distribuída, mas a maioria dos rios que compõe esse sistema é intermitente, comportando água apenas no período de chuvas.

Os rios da Paraíba estão inseridos na Bacia do Atlântico Nordeste Oriental, um dos rios mais importantes do sertão é o rio Piranhas que irriga grandes extensões de terra e tem como um dos afluentes o rio Piancó. O clima típico do oeste paraibano caracteriza-se por apresentar concentração de chuvas num curto período, com temperaturas médias elevadas sob forte insolação.

Nessa região, o problema encontrado nas matas ciliares decorre do mau uso das terras que é observado pela utilização de técnicas precárias de manejo como as queimadas, o desmatamento, uso abusivo de agrotóxicos, os quais culminam no empobrecimento do solo, assoreamento dos rios e até no desaparecimento do recurso hídrico.

A mata ciliar tem importância essencial na preservação dos recursos hídricos, pois sua permanência além de fazer com que a água seja infiltrada através do solo faz com que os sedimentos não sejam transportados e depositados no reservatório, o que diminui sua capacidade de armazenamento.

A degradação da vegetação no semi-árido tem contribuído de maneira intensa para processos de erosão do solo ao passo que sua recuperação torna-se pouco provável nesse ambiente.

Na maior parte do semi-árido brasileiro, os solos estão submetidos a intensas e concentradas precipitações de verão-outono, que se deparam com a vegetação arbustivo-arbórea da caatinga desprovida de sua folhagem, apresentando pouca resistência à erosividade das chuvas. Além disso, a região apresenta, em sua maior parte, solos pouco profundos e baixos teores de matéria orgânica. (ALBUQUERQUE, 2007)

A erosão dos solos tem causas relacionadas à própria natureza, como a quantidade e distribuição das chuvas, a declividade, o comprimento, a forma das encostas, o tipo de cobertura vegetal e também a ação do homem, como o uso e o manejo da terra que na

maioria das vezes, tende a acelerar os processos erosivos (GUERRA e MENDONÇA, 2004).

Processos erosivos ocorrem mediante ações que independem, muitas vezes, das atividades humanas como clima e gravidade, mas a retirada da cobertura vegetal provocada pela ação antrópica implica diretamente no empobrecimento do solo, uma vez que este se encontra protegido na presença da vegetação.

A cobertura vegetal protege os solos do impacto direto das gotas de chuva, além do que a presença do húmus, produzido pelas plantas e animais, proporciona maior estabilidade dos agregados, sob essas condições, evitando os efeitos da erosão acelerada. Dessa forma, à medida que grandes extensões de terra são desmatadas para a agricultura, ou pecuária, as taxas de erosão começam a aumentar quase que imediatamente (GUERRA, 1999).

Portanto, se faz necessário trazer destaque para as relações existentes entre os recursos naturais, como a vegetação, e o homem que faz uso dessa matéria-prima, revelando que sua permanência na natureza traz grandes benefícios ao meio ambiente.

2.2 Geoprocessamento como Suporte ao Planejamento

O Geoprocessamento desenvolveu-se ante a necessidade da automatização das informações referentes ao espaço, pois despendia altos custos a produção e manutenção de mapas. O surgimento de tal conhecimento caracterizou-se basicamente no desenvolvimento de tecnologias computacionais e o tratamento a dadas informações.

Advindo de áreas distintas do conhecimento, o Geoprocessamento se mostra com várias faces de aplicabilidade, sendo considerado como um estudo entre várias disciplinas e por alguns autores, como transdisciplinar.

O termo Geoprocessamento denota a área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas da Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicação, Energia, Planejamento Urbano e Regional (CÂMARA,2000).

O Geoprocessamento, entendido como um conjunto de tecnologias utilizadas na coleta e tratamento, manipulação e produção de informações, têm permitido um melhor

gerenciamento de grandes áreas com rapidez, precisão e a custos bem mais baixos quando comparados a levantamento feitos *in locu* (MACEDO, 2000).

Num país de dimensão continental como o Brasil, com uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais, o Geoprocessamento apresenta um enorme potencial, principalmente se baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento seja adquirido localmente (CÂMARA et al., 2004).

Com o avanço das tecnologias no ramo da geomática obtém-se um índice confiável dos resultados, buscando traçar com fidelidade ao mundo real as feições que se desejam representar. Dessa forma, pela precisão, acurácia e técnicas de aprimoramento dessa tecnologia, pode-se dizer que tem se tornado indispensável o seu uso na tomada de decisão em qualquer segmento de gestão.

Ao permitir a análise proveniente da localização dos dados distribuídos espacialmente promove-se assim uma visão global da ocorrência de um evento. A ênfase à análise espacial é mensurar propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita. Ou seja, a ideia central é incorporar ao espaço à análise que se deseja fazer (CÂMARA et al., 2004).

O meio ambiente possui uma dinâmica natural que provoca mudanças na paisagem, mas o mesmo utiliza seus artifícios para equilibrá-lo. A atuação do homem na natureza interfere nesse ciclo desestabilizando-o, problemas como desmatamento da mata ciliar e assoreamento dos rios, estão ligados em sua evolução, de maneira que ocorrendo o primeiro conseqüentemente haverá o segundo.

Nas ferramentas do Geoprocessamento encontramos suporte para a observação da ocorrência de eventos como o desmatamento da cobertura vegetal. Podemos citar o SIG (Sistema de Informações Geográficas), como meio de interação dos dados espacialmente localizados e sua representação gráfica, o posicionamento por satélite fornecendo as coordenadas do objeto de estudo e por último e não menos importante, o sensoriamento remoto como um instrumento que permite obter imagens de satélite correspondentes as feições existentes na superfície.

De posse de dadas ferramentas, pode-se elaborar através das técnicas citadas uma seqüência metodológica na qual se aplique alternativas em que se proponham uma análise adequada à realidade de uma determinada área.

2.3 Sensoriamento Remoto: Ferramenta para Análise Ambiental

Segundo Novo (1999), sensoriamento remoto pode ser definido como aquisição de informação sobre um objeto a partir de medidas feitas por um sensor que não se encontra em contato direto com ele. As informações sobre o objeto, nesse caso, são derivadas da detecção e mensuração das modificações que ele impõe sobre os campos de força que o cercam. Estes campos de força podem ser eletromagnéticos, acústicos ou potenciais.

Essa área trata das transferências da energia eletromagnética emitida pelo sol que refletem nos objetos ou meio ambiente terrestre propiciando as imagens de satélites. Tais imagens permitem enxergar e observar o planeta de uma posição privilegiada possibilitando a visão de áreas muitas vezes inacessíveis.

O avanço das tecnologias, em especial as de sistemas e sensores de satélite faz com que aspectos como resolução espacial e espectral estejam cada vez mais refinadas podendo ser associadas a técnicas de tratamento digital para extrair informações peculiares de diferentes alvos.

Sensoriamento Remoto é a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, entre outros, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações (NOVO, 1995).

Para Moreira (2001), sensoriamento remoto pode ser definido como um conjunto de atividades utilizadas para obter informações dos objetos através da utilização de dispositivos sensores colocados em aviões, satélites ou, até na superfície.

As aplicações dessa tecnologia vêm sendo amplamente estimuladas pelos aperfeiçoamentos desenvolvidos nas técnicas, elaboradas para melhor corresponder às necessidades no monitoramento do meio ambiente e levantamento dos recursos naturais. Algumas vantagens podem ser apresentadas no uso dessa tecnologia, tais como rapidez e operacionalidade, sendo indicada para análise geoambiental e monitoramento sistemático.

A utilização desse recurso possibilita uma visão mais abrangente de uma área geográfica, de modo que revela através das imagens o modelado existente na superfície da terra, inserido em um contexto regional de maneira a inferir na observação direta do objeto a ser estudado. Nesse contexto, proporciona-se a ampliação do horizonte de observação do ambiente terrestre nos âmbitos espacial espectral e temporal.

As informações proporcionadas pelo sensoriamento remoto podem ser processadas em equipamentos modernos resultando em dados precisos. Geralmente são tratadas e processadas digitalmente sendo a boa interpretação um utensílio para um melhor aproveitamento e garantir uma maior precisão das informações fornecidas pela imagem.

A radiação emitida pelo sol incide na superfície terrestre interagindo com o meio, produzindo assim uma informação que será registrada pelos satélites remotos através da captura indireta da informação espacial. Pela maneira em que são adquiridas tais informações é necessário recorrer a técnicas de fotointerpretação para identificar os objetos geográficos de maneira individualizada.

Cada objeto na superfície tem uma distribuição de radiação refletida, emitida e absorvida que se diferencia entre os outros objetos. Para analisar qualquer imagem orbital se faz necessário a observação de alguns parâmetros preliminares.

A resolução espectral reporta-se à faixa (banda) imageada no espectro eletromagnético, em comprimento e número. A resolução espacial é definida pela menor área imageada da superfície terrestre em uma imagem, ou seja, o equivalente a um pixel, o nível quantificado de tonalidades de cinza é expresso pela resolução radiométrica e a resolução temporal é o intervalo de duas passagens do satélite por um mesmo ponto.

A energia eletromagnética pode ser ordenada de maneira contínua em função do seu comprimento de onda ou de sua frequência, sendo esta disposição denominada de espectro eletromagnético.

Para efeito de estudo foi elaborada uma sequência ordenada, de maneira contínua, em função de comprimento de onda ou da frequência que se denominou espectro eletromagnético. Esse instrumento é utilizado no sensoriamento remoto de maneira ampla no estudo do comportamento dos alvos, visto que a assinatura espectral se dá de maneira excepcional. A Figura 4 representa o ordenamento dos comprimentos de onda.

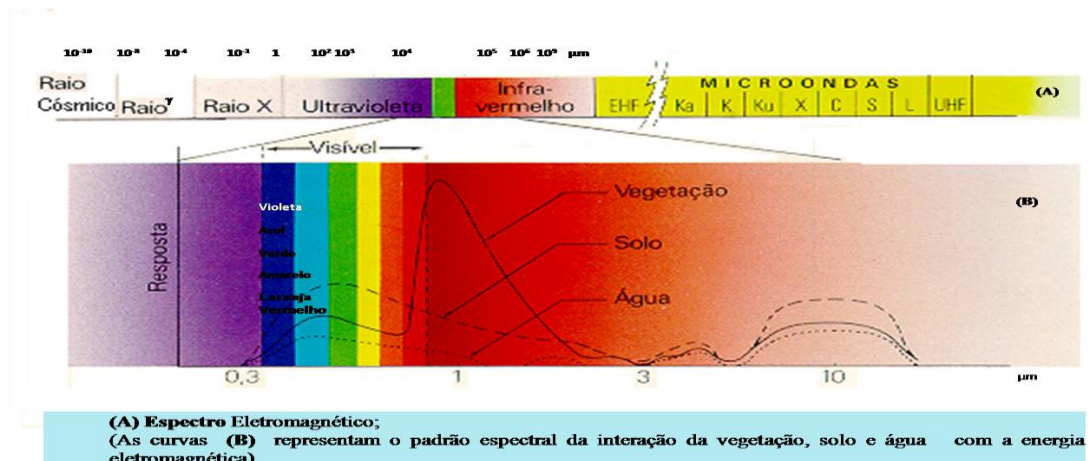


Figura 4: Faixas do espectro eletromagnético.

Fonte: Moreira (2001).

2.3.1 Sistema Sensor

Os sistemas sensores são a parte fundamental de um satélite, pois são seus “olhos”, cuja função principal é captar e registrar as informações obtidas através da energia eletromagnética refletida pelos objetos na superfície da terra.

Para Rosa (2005), sensor é um dispositivo capaz de responder à radiação eletromagnética em determinada faixa do espectro eletromagnético, registrá-la e gerar um produto na forma adequada para ser interpretada pelo usuário.

Ainda para o mesmo autor, os sistemas sensores utilizados na aquisição e registro de informações de alvos podem ser classificados segundo a resolução espacial (imageadores e não-imageadores), segundo a fonte de radiação (ativos e passivos) e segundo o sistema de registro (fotográficos e não fotográficos).

Os sensores ativos e passivos recebem tal denominação pela capacidade ou não, do sistema sensor emitir energia própria de radiação para interagir com os alvos sendo ativo se emitir e passivo caso não emita energia. Os sensores ativos podem operar durante o dia ou à noite, nessa categoria o sistema sensor atua na faixa de radar. Já os sensores passivos dependem da radiação proveniente do Sol, fonte externa, como exemplo tem-se o Mapeador Temático (TM) do Landsat, o CCD do CBERS 2B, entre outros.

Os sensores ativos e passivos podem ser classificados quanto a seu funcionamento: de não varredura e de varredura. Os sensores de não-varredura registram as informações da

superfície da Terra em sua totalidade de maneira instantânea sendo expressos de forma gráfica ou numérica.

Para Novo (1992) os sistemas sensores de varredura a imagem da cena é formada pela aquisição sequencial da energia refletida de áreas adjacentes correspondente ao elemento de resolução, também chamado de pixel.

2.3.2 Sistema CBERS

O programa Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Naturais (CBERS - *China Brazil Earth Resources Satellite*) é resultado da cooperação técnica entre Brasil e a China, para construção de satélites de sensoriamento remoto de recursos terrestres. O satélite CBERS tem características semelhantes aos satélites Spot e Landsat, e leva a bordo um conjunto de sensores ou instrumentos – WFI (Câmera de Amplo Campo de Visada), CCD (Câmera Imageadora de Alta Resolução), IRMSS (Imageador por Varredura de Média Resolução), e HRC (Câmera Pancromática de Alta Resolução) com alto potencial de atender a múltiplos requisitos de aplicações.

Os satélites do programa CBERS servem para o Brasil principalmente para monitorar desmatamentos, expansão urbana, meio ambiente, recursos hidrológicos e oceânicos, atividades de agropecuária, entre outros. Devido às características específicas de cada sensor do satélite, o uso dessa tecnologia torna-se mais adequada para determinados tipos de aplicações.

Para o usufruto em potencial do dado orbital faz-se necessário a observação das características de resolução espacial, espectral, temporal e radiométrica. Sendo assim, examinar a relação custo/benefício em função das propriedades específicas de cada sensor do satélite produzirá um melhor aproveitamento dos dados.

Com o objetivo de dar continuidade à série de lançamentos espaciais do programa brasileiro e chinês de imageamento do país, foi lançado o CBERS 2B, muito parecido com o CBERS 1 e 2, mas com algumas melhorias incorporadas, uma das principais delas foi a substituição do imageador IRMSS por uma Câmera Pancromática de Alta Resolução (HRC).

O satélite CBERS 2 , ilustrado na Figura 5 pela câmera CCD, está em uma órbita circular, síncrona com o sol a uma altitude de 778 km, levando a bordo também um

sistema de coleta de dados que retransmite os dados ambientais para a terra através de estações autônomas, essa ferramenta proporciona uma visão completa do território brasileiro mantendo-o sob contínua análise.



Figura 5: Câmera CCD/CBERS 2.
Fonte: INPE, 2009.

A resolução da câmera CCD é ideal para observação de fenômenos ou objetos nos quais o detalhamento seja importante. As bandas da câmera CCD estão situadas na faixa espectral do visível e do infravermelho próximo, o que permite bons contrastes entre vegetação e outros tipos de objetos, possuindo faixa de imageamento de 113 km de largura, com tempo de revisita de 26 dias; mas pode imagear a área em menos de 5 dias, caso utilize visada lateral.

A câmera CCD é um mecanismo com cinco bandas espectrais, que opera no azul, verde, vermelho, infravermelho próximo, e pancromático, conforme Quadro 1. A câmera CCD tem sido utilizada para produzir mapas temáticos, em projetos de pesquisa no Brasil e na China, inclusive em alguns países vizinhos para fins de pesquisa.

Quadro 1: Principais características da Câmera CCD/CBERS

Características da Câmera Imageadora de Alta Resolução CCD	
Bandas espectrais	0,51 - 0,73 μm (pan) 0,45 - 0,52 μm (azul) 0,52 - 0,59 μm (verde) 0,63 - 0,69 μm (vermelho) 0,77 - 0,89 μm (infravermelho próximo)
Campo de Visada	8,3°
Resolução espacial	20 \times 20 m
Largura da faixa imageada	113 km
Capacidade de apontamento do espelho	$\pm 32^\circ$
Resolução temporal	26 dias com visada vertical (3 dias com visada lateral)

Fonte: INPE, 2009.

2.3.3 Sensoriamento Remoto aplicado à análise da Vegetação

As imagens obtidas pelos satélites em órbita da terra são adquiridas de modo repetitivo, trazendo uma grande vantagem no que tange a interpretação da superfície, sobretudo a cobertura vegetal, segmento no qual ocorrem frequentes mudanças pela dinâmica de seu uso.

A vegetação é um alvo bastante complexo de ser estudado pelas distinções com que se apresenta na natureza. Em qualquer estudo em que a envolva se faz necessário entender em qual estágio de crescimento se encontra, assim como as propriedades físicas e químicas nas quais está inserida.

A cobertura vegetal possui uma assinatura espectral que se apresenta nas imagens orbitais de maneira repetida formando um padrão de resposta espectral, graças à singularidade em que desenvolvem os seres vivos na natureza. A Figura 6 representa o padrão de como a vegetação se comporta.

Nesse sentido, de acordo com Rosa (2003), os sistemas de sensoriamento remoto, hoje disponíveis, permitem a aquisição de dados de forma global, confiável, rápida e

repetitiva, sendo estes dados de grande importância para o levantamento, mapeamento e utilização das informações de uso e ocupação do solo de uma dada região.

Na explanação a seguir, o autor elucida alguns aspectos de fundamental importância na obtenção das feições da cobertura vegetal através de imagens de satélite, nesse contexto:

A vegetação *per se* é um alvo complexo do sensoriamento remoto. Apresenta propriedades de reflexão foliar variadas de numa mesma planta, múltiplos componentes refletoras, não-uniformidade de estrutura inter e intraplantas. Assenta-se sobre um substrato constituído de solo e restos de vegetais que, por sua vez, apresentam propriedades de reflexão próprias. Além disso, no processo de medição da energia proveniente desse sistema, as configurações angulares do iluminante e dos instrumentos de medição contribuem para a modulação das propriedades de reflexão da vegetação (EPHIFANIO et al.,1996 p.446).

A manipulação de valores de respostas espectral permite a obtenção de índices de vegetação que podem ser comparados a outros dados e proporcionar um estudo da paisagem seja qual for à escala de grandeza.

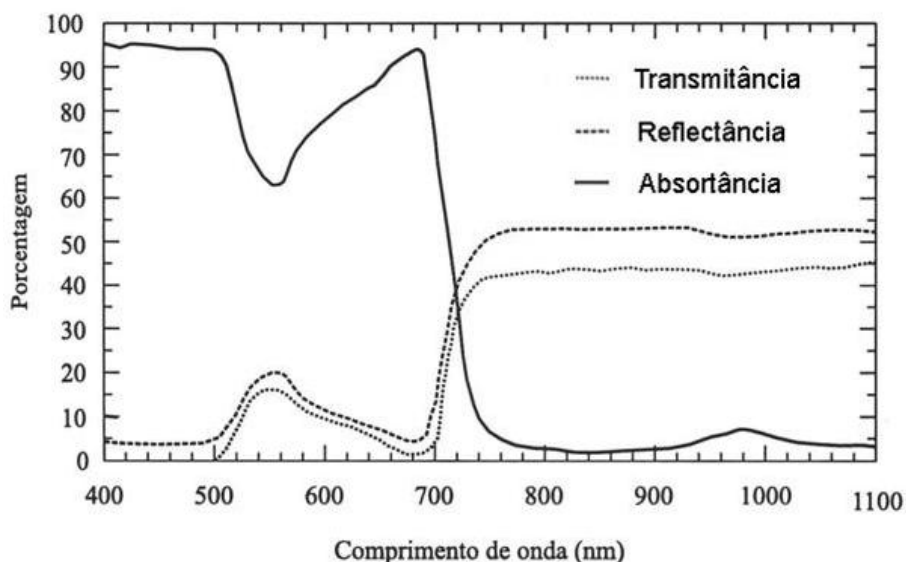


Figura 6: Valores médios das frações refletida (reflectância), transmitida (transmitância) e absorvida (absortância) da radiação incidente após interação com uma folha individual em função do comprimento de onda (μm) nos comprimentos de onda do visível e infravermelho próximo.

Fonte: Adaptado de Ponzoni (2001).

O intervalo de 0,4 a 07 μ m do espectro eletromagnético devido, o processo de fotossíntese que ocorre nas plantas, apresenta um percentual de absorvância elevado com baixa reflectância e transmitância. O pico de reflectância encontrado na região de 0,55 μ m se dá devido à presença das clorofilas, substâncias fotossintetizantes que refletem a Radiação Eletromagnética - REM durante o processo de fotossíntese. Nas regiões de 0,7 a 1,3 μ m as plantas já se encontram estabilizadas em seu processo de crescimento, portanto não vão utilizar a radiação solar no seu crescimento, refletindo e transmitindo de maneira predominante.

Através do estudo dos dados correspondentes a cobertura vegetal obtém-se um perfil da modelagem climática e hidrológica de uma área, podendo inferir caso haja mudança climática através dos parâmetros da vegetação (índice de massa foliar), práticas de atividades agrícolas, assim como o monitoramento das culturas, crescimento da produtividade das plantações, seca, desmatamentos e queimadas.

Da maneira em que são estudados os recursos naturais, a aplicação do sensoriamento remoto para estudo de cobertura vegetal pode ocorrer em possíveis planos de execução: laboratório, em campo, a nível sub-orbital e orbital. Em laboratório é utilizado o radiômetro para a coleta e registro do fluxo de radiação refletida pelas folhas. Nesse âmbito são realizadas experiências para a identificação de alterações, nas quais as plantas interagem com a radiação eletromagnética. Em campo, os radiômetros também são utilizados de maneira a serem sobrepostos sobre um dossel para os mesmos objetivos citados anteriormente na fase de laboratório. A nível sub-orbital vários sensores podem ser utilizados ao mesmo tempo, gerando curvas espectrais ou imagens, pelos levantamentos feitos em aeronaves. Sendo os levantamentos orbitais os que concentram as maiores aplicações e mais observadas na comunidade em geral, nas quais são incluídos mapeamentos elaborados na classificação da vegetação de grandes dimensões da superfície.

O objetivo principal das aplicações do sensoriamento remoto no estudo da cobertura vegetal revela-se na extração de informações e descrição das mesmas. A imagem de satélite corresponde ao objeto de estudo resultante dessa aplicação que deverá ser analisada. Nos resultados obtidos observa-se o que corresponde a vegetação mediante a ferramenta empregada.

Ao examinar um dossel são considerados vários elementos que o compõe, tais como folhas, frutos, flores, galhos, entre outros. Sendo assim, na incidência da radiação

com a vegetação poderá ocorrer o espalhamento ou a absorção da mesma, ao se deparar com algum dos elementos citados anteriormente.

Dentro do espalhamento os alvos poderão refletir ou transmitir pelo elemento a radiação eletromagnética, sendo a ocorrência de tais estágios submetidos a características do fluxo e às características físicas químicas biológicas dos elementos. A Figura 7 ilustra a curva de refletância da folha verde (a) que possui um pico de refletância na região do verde do espectro visível comparada e a folha seca (b) e ao solo (c).

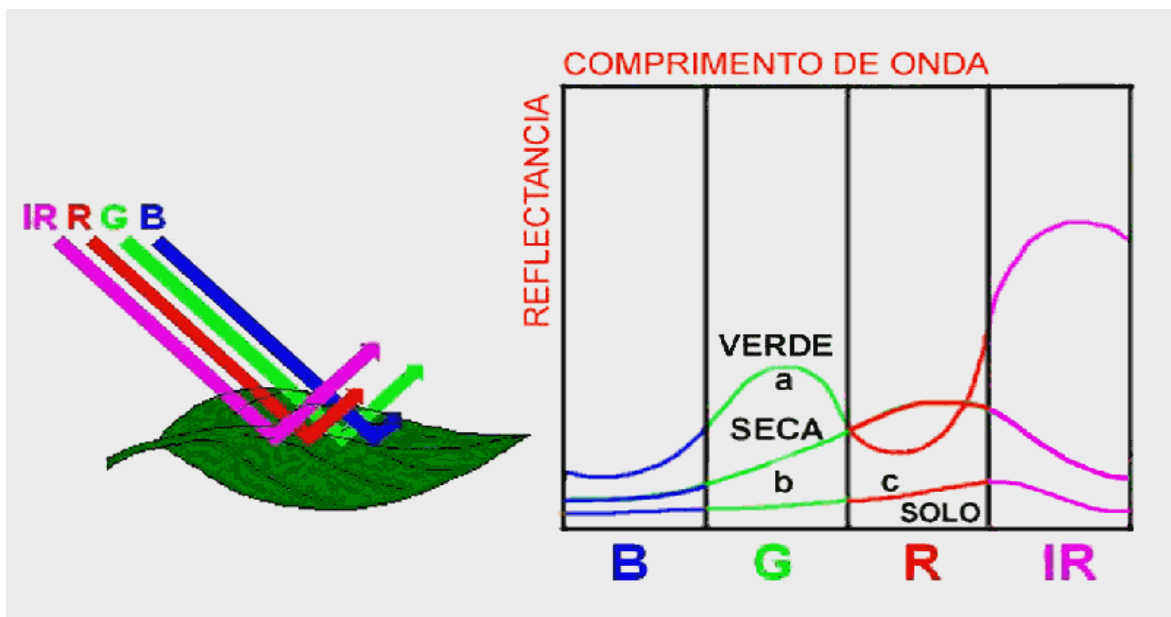


Figura 7: Ilustração da reflexão da folha, mostrando a curvas de padrão espectral em comprimento de onda.

Fonte: Steffen (2009).

No estudo da cobertura vegetal o elemento de fundamental importância no processo de interação alvo/radiação é a folha, tendo em vista essa abordagem se faz necessária a compreensão das características de composição química, tipo e quantidade de pigmentos fotossintetizantes, e a sua morfologia interna. Tomando uma folha padrão temos a composição de três tecidos básicos: a epiderme, mesófilo fotossintético e o tecido vascular.

O comportamento espectral de uma folha depende da sua composição, morfologia e estrutura interna, sendo assim haverá diferenças entre grupos geneticamente distintos, portanto os dados obtidos de uma folha não podem ser atribuídos diretamente sem modificações.

Devido às paredes celulares encontradas dentro da folha, ao se deparar com esse obstáculo, os raios são refletidos de volta, ao passo que outros são transmitidos pela folha. Tendo por determinação a variação de espessura da folha obtém assim, uma maior transmissão nas folhas finas ocorrendo o inverso nas folhas grossas com maior reflexão.

A fotossíntese realizada pelas plantas faz uso da REM no seu processo, assim, a radiação é absorvida através dos pigmentos fotossintetizantes obtendo valores de reflectância relativamente baixos na região do visível. A comprovação dessa afirmativa se dá através das tonalidades escuras apresentadas nas imagens nessa região.

As imagens na faixa do infravermelho próximo são caracterizadas pelos grandes valores de reflectância que ocorre devido o espalhamento da radiação na estrutura interna das folhas, além do espalhamento múltiplo entre as diferentes camadas de folhas.

As faixas do vermelho e do infravermelho próximo são mais utilizadas, por conter mais de 90% da variação da resposta espectral da vegetação; portanto, estes índices realçam o comportamento espectral da vegetação, correlacionando-os com os parâmetros biofísicos da mesma (ROSA, 2007).

A vegetação em processo de estresse hídrico tende a absorver menos radiação solar, aumentando sua reflectância na faixa do visível e a absorver mais radiação na faixa do infravermelho próximo (INPE, 2006).

Na região do infravermelho médio acontece uma queda na taxa de reflectância novamente pela presença de água no interior das folhas. Fatores externos correlacionados ocorrem concomitantemente nas distintas regiões espectrais, a exemplo a sombra exercida pelas próprias folhas e a rugosidade presente no dossel em sua porção superior.

As imagens resultantes do processamento digital que levam em conta índices de vegetação, facilitam a identificação das diferentes comunidades vegetais.

2.3.4 Dados topográficos do SRTM

O programa *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) é uma missão que teve por objetivo fornecer dados topográficos de alta resolução. Esse é um projeto internacional liderado pela NGA (*Geospatial-Intelligence Agency*) e pela NASA. Trata-se de um sistema de imageamento por radar que sofreu alterações quando voou a bordo do ônibus espacial *Endeavour*, em 11 de fevereiro de 2000.

As informações de topografia disponíveis promovem uma maior disseminação dos dados utilizados já que os métodos de levantamento tradicionais são mais onerosos, de modo a gerar uma viabilidade de análise da superfície terrestre de modo confiável

No estudo realizado por Pinheiro (2006), as análises realizadas demonstraram que as altitudes medidas pelo MDE obtido por imagens do SRTM, após as devidas correções, apresentaram resultados melhores quando comparados com os MDE das cartas topográficas. Vale salientar que os dados extraídos de cartas topográficas na escala 1/50.000 foram gerados a partir de levantamentos fotogramétricos de 1975, quando técnicas mais antigas que as atuais eram empregadas na confecção de mapas. As técnicas de radar interferométrico, apoiadas em levantamentos com uso de DGPS, utilizadas na missão SRTM, representam uma das mais avançadas tecnologias para geração de bases topográficas digitais.

Assim, Pinheiro (2006) frisa que o conhecimento do grau de precisão dos MDE gerados é extremamente importante, pois auxilia na tomada de decisão sobre qual o melhor dado a ser utilizado conforme a escala de trabalho definida.

Utilizando dados SRTM, Simões (1993) relata que algumas formas de análise, que simplesmente não poderiam ser realizadas eficientemente pelo processo manual, podem ser efetuadas com baixo custo como é o caso da realização de análises de terrenos na forma digital, tais como: cálculo da declividade, aspecto, intensidade do sol ao longo de uma área, delimitação automática de bacias hidrográficas, etc.

O processamento dos dados foi projetado para interpolar a partir da resolução original de 90 m, o qual se encontra disponível através da rede mundial de computadores da USGS (*United States Geological Survey*).

2.3.5 Declividade do Terreno

A declividade do terreno é o que no geral, define a velocidade com que as águas escoam, sendo assim, quanto maior a declividade maior será a velocidade com que as águas “correrão” nos canais fluviais. Podem ser observados através da declividade os locais que apresentam maior suscetibilidade à erosão, já que o transporte de sedimentos está ligado à rapidez com que as águas percorrem a mesma bacia.

Para Câmara (1995), a declividade é definida pela a inclinação da superfície do terreno em relação ao plano horizontal. Considerando um modelo numérico de terreno

(MNT) de dados altimétricos extraídos de uma carta topográfica e traçando um plano tangente a esta superfície num determinado ponto P, a declividade neste ponto corresponde à inclinação deste plano em relação ao plano horizontal.

Na elaboração de mapas de declividade do terreno são adotadas classes de declividade a fim de visualizar os aspectos físicos de orientação do terreno. As classes de declividade podem ser apresentadas através de cores, sendo assim possível a visualização da disposição das áreas mais planas e de maior cota altimétrica.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização desse trabalho foram utilizados materiais bibliográficos, dados cartográficos com suporte computacional de software e hardware, material fotográfico e produtos orbitais.

Os materiais bibliográficos foram consultados na internet, em livros, publicações e artigos referentes à área. Cartas planialtimétricas da SUDENE (1972), na escala 1:100.000 da cidade de Itaporanga (SB.24-Z-C-II). O software utilizado foi o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) versão 4.3.3 (módulos IMPIMA, SPRING e SCARTA).

Foram utilizadas imagens orbitais do satélite CBERS 2 e 2B, em seu sensor CCD. Para isso, utilizou-se todas as bandas da imagem datada de 15 de julho de 2005 (CCD/CBERS 2) e da imagem registrada em 25 de Julho de 2008 (CCD/CBERS 2B).

Também utilizou-se receptor GPS de navegação (marca Garmin - modelo Etrex) para georreferenciar pontos em campo, os quais foram descritos quanto a classe de vegetação e ocupação das terras da bacia, sendo registrados fotograficamente.

Foram utilizados dados provenientes do SRTM, disponibilizados na rede mundial de computadores pela EMBRAPA, que oferece esses dados com resolução de 90 metros, originalmente.

3.1 Tratamento digital de imagens

Consistiu desde a coleta dos dados, o registro, a aplicação de técnicas de tratamento digital de imagem, a produção dos mapas temáticos até a etapa de análise espacial (tabulação cruzada). Sendo as duas últimas desenvolvidas após o tratamento de imagens de satélite.

As imagens foram obtidas através da *internet* onde são disponibilizadas gratuitamente no site do INPE, fornecidas pelo catálogo de imagens. Foram utilizadas imagens orbitais dos satélites, CBERS 2 e CBERS 2B, em seus sensores, CCD. Tais imagens foram obtidas em período chuvoso, que se inicia com maiores precipitações no mês de janeiro findando no mês de julho. As características das imagens utilizadas estão dispostas no Quadro 2.

Quadro 2: Características das imagens utilizadas de satélite

Satélite	Sensor	Órbita/Ponto	Data de Passagem	Período
CBERS 2	CCD	149/108	15 de Julho de 2005	Chuvoso
CBERS 2B	CCD	149/108	25 de Julho de 2008	Chuvoso

Os dados SRTM de topografia foram obtidos diretamente na página da EMBRAPA, onde estão disponíveis os arquivos de todos os estados do país, contendo os mesmos parâmetros para regiões diversas. A cena de nomenclatura SB-24-Z-C (Figura 8) correspondente ao estado da Paraíba. Para a elaboração do projeto sua base cartográfica realizou a transformação entre os sistemas de referência. As características do arquivo obtido com o download do SRTM são apresentadas a seguir:

- Formato: GEOTIFF;
- Resolução espacial: 90 metros, resolução oferecida pelo site no período de aquisição;
- Unidade de altitude: metros;
- Sistema de Coordenadas Geográficas;
- Datum: WGS-84;

Disponível no site da EMBRAPA na URL:
<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/pb/pb.htm>.

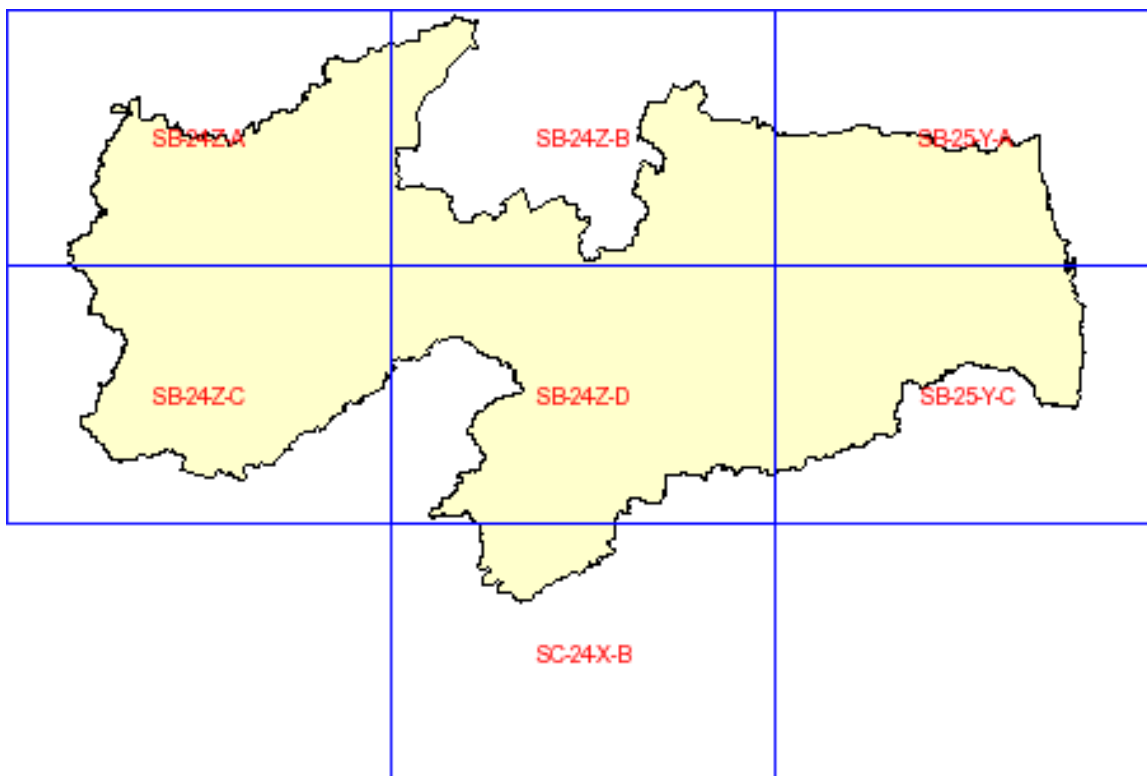


Figura 8: Articulação dos dados SRTM da Paraíba.

Fonte: EMBRAPA (2007).

Utilizando-se o módulo IMPIMA, todas as imagens (CCD) foram transformadas para o formato GRIB (.grb), o que possibilitou o georreferenciamento ou registro utilizando o módulo SPRING.

3.2 Registro de Imagens

Para Câmara (1995), registro é uma transformação geométrica que relaciona coordenadas da imagem (linha e coluna) com coordenadas geográficas (latitude e longitude) e UTM de um mapa. Essa transformação elimina distorções existentes na imagem, causadas no processo de sua formação pelo sistema sensor e por imprecisão dos dados de posicionamento da plataforma (aeronave ou satélite).

Para o registro das imagens, foram utilizados pontos de controle, os quais foram localizados nas estradas municipais e estaduais da carta da SUDENE (já georreferenciada). Na aquisição dos pontos de controle foram escolhidas bifurcações e cruzamentos de estradas, de maneira que a acurácia dos pontos fosse mantida.

3.4 Técnicas de Tratamento Digital de Imagens

- Contraste

A manipulação de contraste consiste na redistribuição dos valores de cinza na imagem, ou seja, de maneira a deixar com mais evidência o contraste entre os pixels. O contraste de máximos e mínimos foi utilizado nas composições RGB, nas bandas 3, 4 e 2 nos canais vermelho, verde e azul, respectivamente. A operação de contraste de fatiamento tipo arco-íris na banda 4, na imagem CCD foi aplicado para melhor visualizar a vegetação, dessa forma apresentou-se uma pré-classificação dos alvos.

- Leitura de Pixel

A leitura de pixel permite saber qual o valor do nível de cinza de um determinado pixel. Esta análise é útil para trabalhos que envolvam estudos do comportamento espectral dos alvos, nas várias bandas de imagens multi-espectrais. Tal recurso foi utilizado na pesquisa no estudo dos alvos, pois seu uso certifica maior precisão quanto à resposta espectral, o que assessorou na interpretação dos alvos e sua posterior classificação.

- Operações Aritméticas

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é obtido através de operações matemáticas que têm por objetivo apresentar uma maior discriminação entre solo e vegetação.

No processo, foi utilizada a banda 4 (infravermelho próximo) do sistema sensor, para descrever o índice de vegetação através das imagens de satélite, constituindo uma imagem com o índice de vegetação NDVI.

O cálculo do NDVI foi realizado pela programação em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico - LEGAL previamente criada, cujos valores numéricos que se apresentam em uma escala de medida linear entre -1 e 1. O NDVI se encontra relacionado à densidade de vegetação e é adquirido pela equação (FREIRE e PACHECO, 2005).

A seguinte fórmula define o índice de vegetação mais utilizado, NDVI:

$$NDVI = (NIR-R)/(NIR+R)$$

Sendo: NIR os valores de reflectância na banda do infravermelho próximo, e R os valores de reflectância na banda do vermelho.

Todas as técnicas utilizadas possibilitaram a geração de informações para a preparação de cartas-imagens que foram levadas para o campo, objetivando apoiar os trabalhos durante este levantamento.

3.5 Trabalhos de Campo

Em campo, foram visitados pontos do município para descrever características como vegetação, topografia, recursos hídricos e uso das terras.

A visita ocorreu nos meses de julho e de novembro do ano de 2008. Em campo, foram apontados os aspectos citados anteriormente de maneira a caracterizar com maior propriedade os dados resultantes das análises em escritório.

Nesta etapa, foi utilizado o receptor GPS de navegação para levantar os pontos de apoio, a fim de obter uma fotointerpretação condizente com a realidade encontrada. Essa fase auxiliou na classificação posterior da cobertura vegetal e para a análise dos dados de uma possível degradação.

A etapa de campo consistiu na verificação e coleta das informações referentes à região em estudo em que consistiu na obtenção de dados (pontos demarcados pelo receptor de GPS), sendo estes registrados fotograficamente e descritos quanto às seguintes características: vegetação, relevo, solo, erosão e o uso ao qual estavam sendo destinadas as terras.

3.6 Classificação de imagens digitais

A Classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. Os Classificadores "pixel a pixel" utilizam apenas a informação espectral isoladamente de cada pixel para achar regiões homogêneas. A classificação do tipo supervisionada foi utilizada nas imagens CCD referentes a padrões similares de presença de cobertura vegetal. Para isso, os alvos foram identificados utilizando diferentes bandas das imagens orbitais, onde foram obtidas amostras condizentes com as classes estabelecidas.

A classificação, cujo propósito é mapear os diversos tipos de alvos inseridos na área do município, em especial a vegetação, levou em consideração os tons de cinza encontrados nas composições RGB-243, assim como a aplicação de todas as técnicas de processamento digital de imagens citadas anteriormente.

Sendo assim, associaram-se grupos de níveis de cinza, que possuam tonalidades homólogas, a uma mesma classe, obtendo através de várias classes a distribuição dos alvos classificados na imagem. Na classificação das imagens foi utilizado o classificador Maxver-Icm (Máxima Verossimilhança-*Iterated Conditional Modes*).

3.7 Produção dos mapas temáticos da cobertura vegetal

3.7.1 Mapas de vegetação

Os mapas temáticos de cobertura vegetal, referentes aos anos 2005 e 2008, foram confeccionados no módulo SCARTA do SPRING. Esses mapas foram construídos a partir da elaboração de informações, observando as classes de vegetação em que são encontradas nas imagens brutas e processadas (sensores CCD).

Propõe assim, através dos mapas (vegetação e declividade), uma análise da cobertura vegetal, observando uma possível supressão ou recuperação das áreas vegetadas em função da classe de declividade (relevo).

Foram associadas às classes grupos de tons de cinza homólogos registrados nas bandas 2, 3, 4 e 5. As classes de vegetação estabelecidas pela metodologia foram: **vegetação arbórea-arbustiva** (correspondente à vegetação arbórea-arbustiva fechada com uso agropecuário muito baixo), **vegetação arbustiva-arbórea** (predominância de vegetação arbórea-arbustiva aberta com uso agropecuário baixo a médio), **vegetação arbustiva** (ocorrência de vegetação arbustiva aberta em processo de regeneração com presença de solo exposto proveniente de atividades agropecuárias, com uso agropecuário alto), **solo exposto** (áreas com solos expostos, onde predomina as atividades agrícolas, pecuárias e de mineração), **corpos d'água** (áreas ocupadas com as águas superficiais dos reservatórios) e **urbano** (parte das edificações urbanas que estão inseridos no município).

Foi realizada durante a classificação das imagens a edição matricial para melhorar e classificar os pixels que não foram classificados.

3.7.2 Mapa de declividade do município de Itaporanga

Os dados SRTM foram utilizados na elaboração do mapa de declividade, sendo confeccionados os mapas de declividade com e sem isolinhas do município.

Os dados utilizados a partir da SRTM foram reamostrados de 90m para 20 m (CCD/CBERS), para que fossem compatíveis com a resolução espacial das imagens orbitais trabalhadas. A declividade foi originada a partir de grades retangulares. O fatiamento consistiu na sequência: gerar uma imagem temática a partir de uma grade retangular, sendo em seguida fatiada para a elaboração do mapa temático de classes de declividade.

As classes atribuídas, segundo modelo estabelecido pela EMBRAPA, foram: **relevo plano** (porcentagem de declive de 0 a 3), **relevo suave ondulado** (porcentagem de declive de 3 a 8), **relevo ondulado** (porcentagem de declive de 8 a 20), **relevo forte ondulado** (porcentagem de declive de 20 a 45), **relevo montanhoso** (porcentagem de declive de 45 a 75), **relevo escarpado** (porcentagem de declive acima de 75).

3.7.3 Análise Espacial

A técnica de análise utilizada foi a operação de tabulação cruzada, que permitiu calcular a área das interseções entre as classes de dois PI's (planos de informações) temáticos no formato varredura, com mesma resolução horizontal e vertical, o mesmo número de linhas e colunas ("pixels"). A tabulação cruzada compara as classes de dois planos de informações, determinando a distribuição de suas interseções. Os resultados se apresentam em forma tabular, de duas dimensões.

Através da tabulação cruzada obteve-se uma tabela com o cruzamento das informações de classes de vegetação e declividade do terreno, resultando na quantificação das áreas de intersecção dos dois temas em estudo.

O cruzamento das informações de declividade com os valores obtidos pela quantificação de cada classe, através da ferramenta de medida de classe, fornece uma análise da área que demonstra como se distribui no terreno as classes de vegetação.

3.8 Caracterização do satélite TRMM

As imagens geradas pelo satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) é resultado de uma parceria entre a *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) e a agência norte-americana de exploração espacial *National Aeronautics and Space Administration* (NASA).

O satélite TRMM foi lançado no dia 27 de novembro de 1997 com o objetivo de monitorar a precipitação nos trópicos, para isso utilizou-se a órbita oblíqua não-heliossíncrona de baixa altitude, que no ano de lançamento era de 350 km passando aproximadamente para 400 km a partir de 2001, que confere às imagens alta resolução espacial e temporal devido ao período curto de translação, certa de 91 minutos.

Os sensores acoplados ao TRMM responsáveis pela captação de dados para gerar a estimativa da precipitação são: *Microwave Imager* (TMI), *Precipitation Radar* (PR), *Visible and Infrared Radiometer System* (VIRS), imageamento de relâmpagos (LIS) e o sensor de energia radiante das nuvens e da superfície terrestre (CERES).

No satélite TRMM, o radar de precipitação (PR) é capaz de detectar taxas de precipitações muito baixas, e produz mapas tridimensionais das estruturas precipitantes. O TRMM *Microwave Imager* (TMI) por sua vez, pode fornecer informações relacionadas com o gelo verticalmente integrada e caminho de água. O Scanner Visível e Infravermelho (VIRS) podem fornecer informações sobre a temperatura da nuvem superior e refletância. Ao mesmo tempo, o sensor de imagem de Raios (LIS) estima as taxas de relâmpago. A Figura 9 mostra um esquema com as unidades principais do satélite.

Através deste conjunto de sensores o projeto TRMM pode gerar diversas estimativas com a combinação deles. Uma destas combinações é denominada de 3B42 que será utilizada neste trabalho, para caracterização pluviométrica dos dois anos utilizados no mapeamento.

A vantagem do produto 3B42 esta na alta resolução espacial, que é de 0.25° e temporal, de 3 horas. Sua desvantagem é o tempo para a estimativa ficar pronta, em média 15 dias depois de coletados os dados do mês anterior, esta demora esta associada à complexidade do algoritmo e a grande quantidade de dados para gerar estimativa.

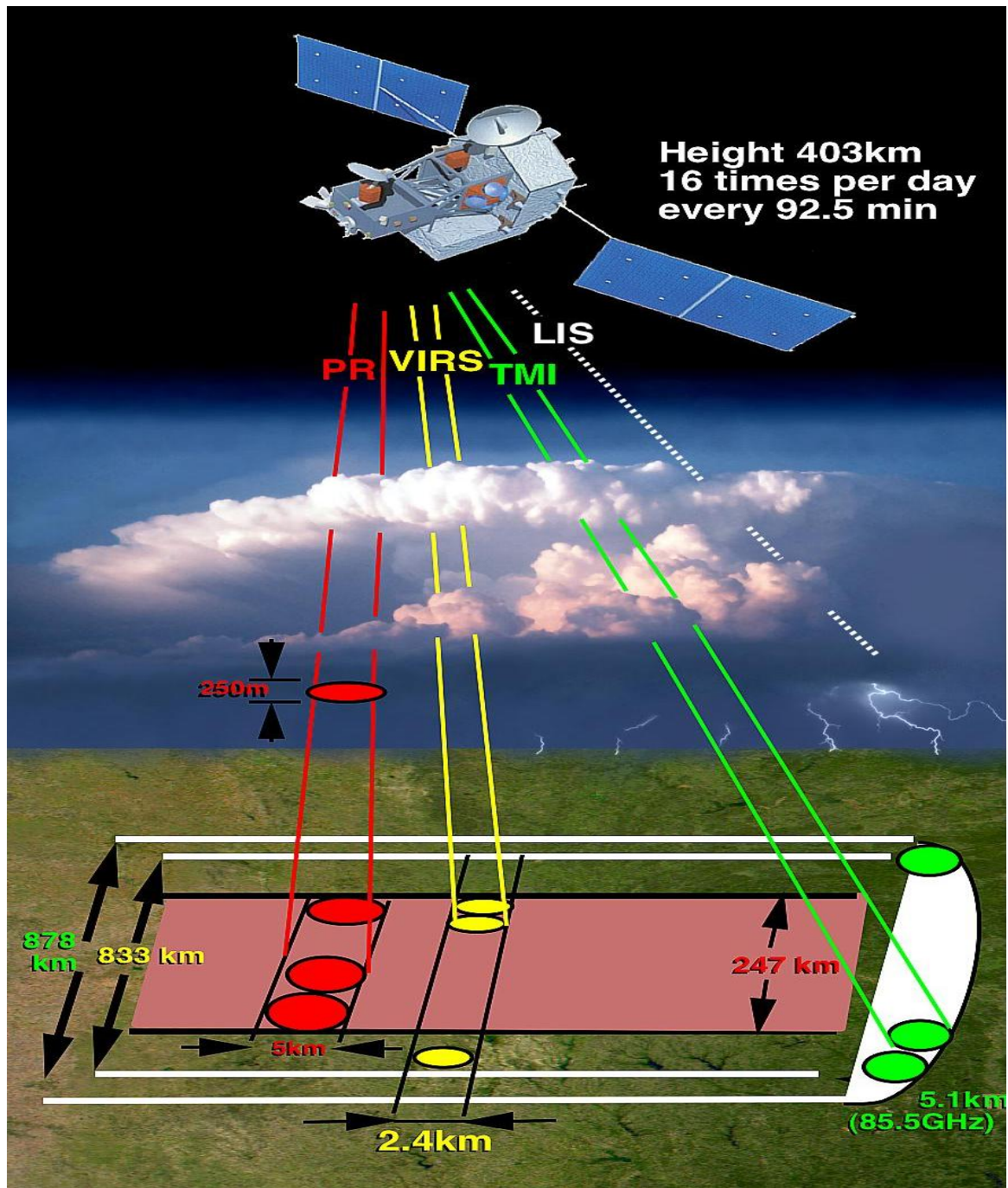


Figura 9 - Representação esquemática do satélite TRMM.

Fonte: NASA (2013)¹.

¹ Disponível em: http://pmm.nasa.gov/sites/default/files/imageGallery/trmm_instrument_large.jpg

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise da Pluviosidade no Período Estudado

Para a análise pluviométrica foram utilizados dados diários de precipitação do satélite TRMM. As Figuras 10 e 11 apresentam os totais mensais de precipitação para os anos de 2005(Figura 10) e 2008 (Figura 11). A precipitação total para o ano de 2008 foi de 1.234mm e em 2005 foi de 918mm. Os dados selecionados nos gráficos apresentam uma curva representando o intervalo de 12 meses, revelando as precipitações mensais. Os valores mostram que o ano de 2008 foi mais chuvoso do que em 2005, entretanto, deve-se destacar que em ambos os anos a chuva no município se concentrou nos meses de março a abril.

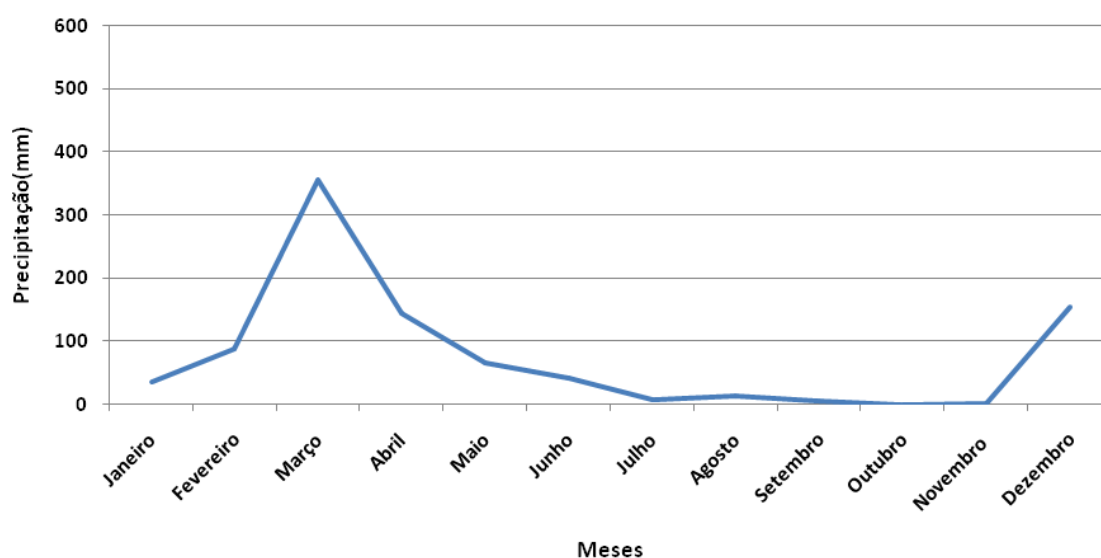


Figura 10. Precipitação pluviométrica(mm) sazonal para o ano de 2005 no município de Itaporanga.

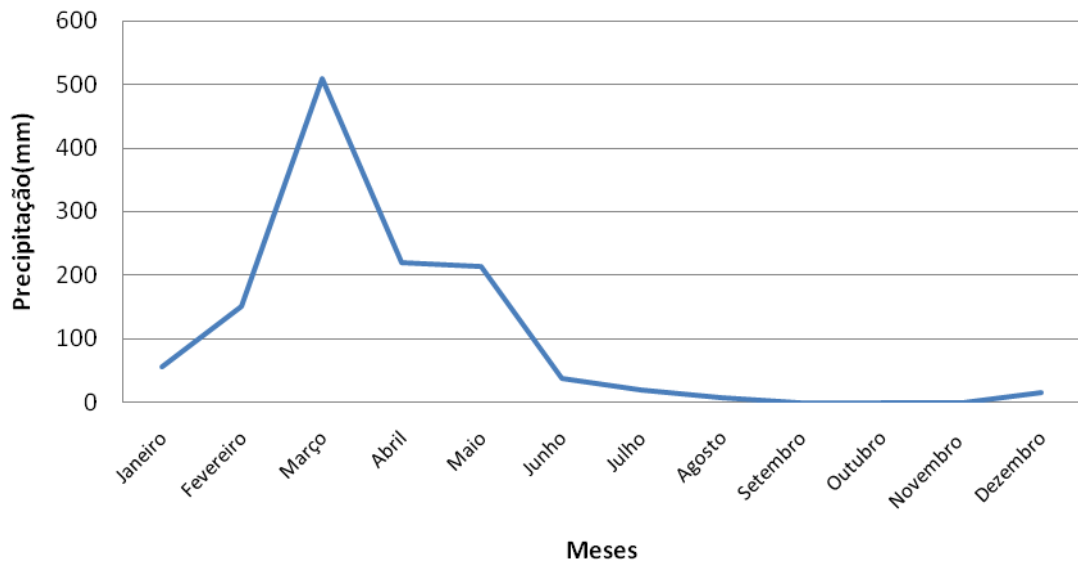


Figura 11. Precipitação pluviométrica (mm) sazonal para o ano de 2008 no município de Itaporanga.

A relevância desta pesquisa incorre em oferecer uma análise espacial, viabilizando um planejamento de ações mediante o uso de técnicas de tratamento de imagens que resultem em um melhor gerenciamento por parte dos órgãos gestores.

A Figura 12 representa o município de Itaporanga, com disposição de estradas, drenagem sobre a composição RGB-342, com aplicação de contraste de máximos e mínimos para cada canal (azul, vermelho e verde), CBERS do ano de 2008.

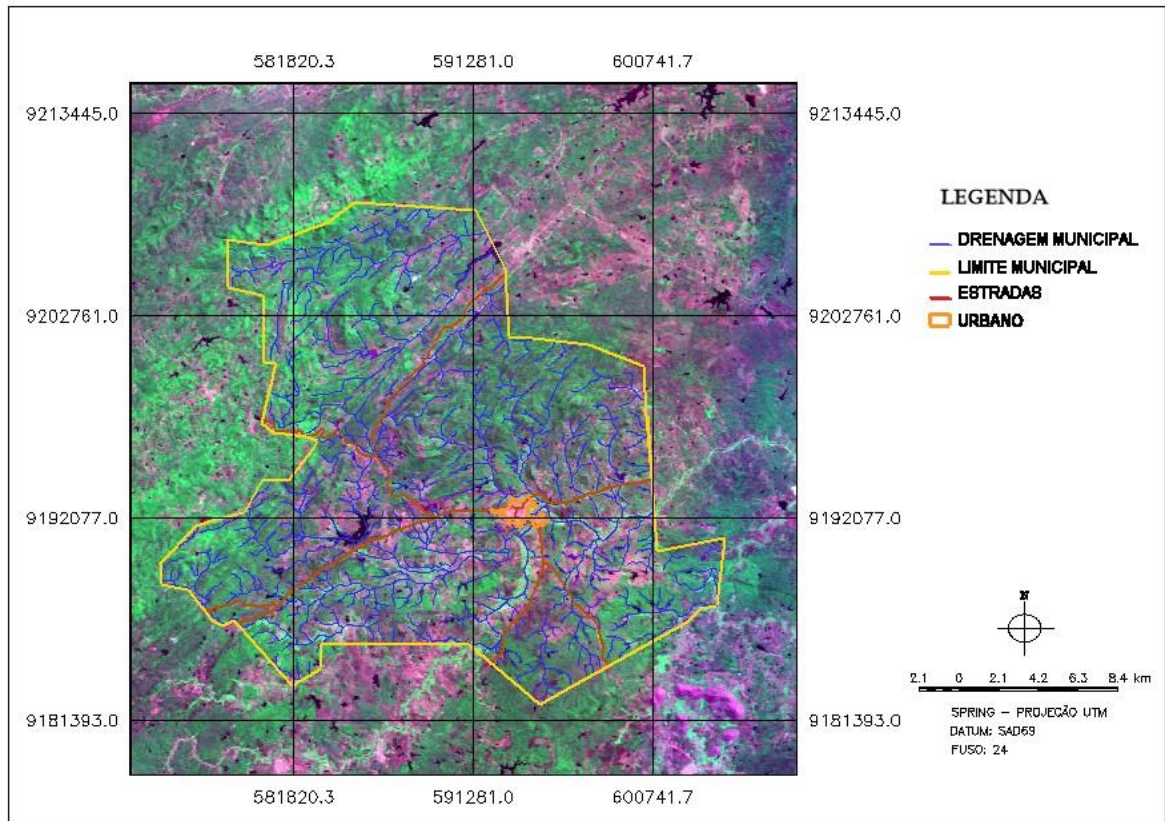


Figura 12: Carta-imagem do município de Itaporanga com limite definido para o ano de 2008.

No município é encontrado alta densidade de elementos arbóreos arbustivos, com vegetação representada por marmeleiros, juremas, malvas (parte baixa), angicos e mororós (parte montanhosa). Com presença de solos expostos e “erodidos” e ainda, afloramentos rochosos, sobretudo, onde o terreno apresenta áreas com vegetação mais densa.

O município de Itaporanga por estar inserido numa região semi-árida devem ser considerados aspectos específicos da vegetação, a qual apresenta resposta espectral diferente quando obtida em período de chuvas ou em período de estiagem (Figuras 13A e 13B).

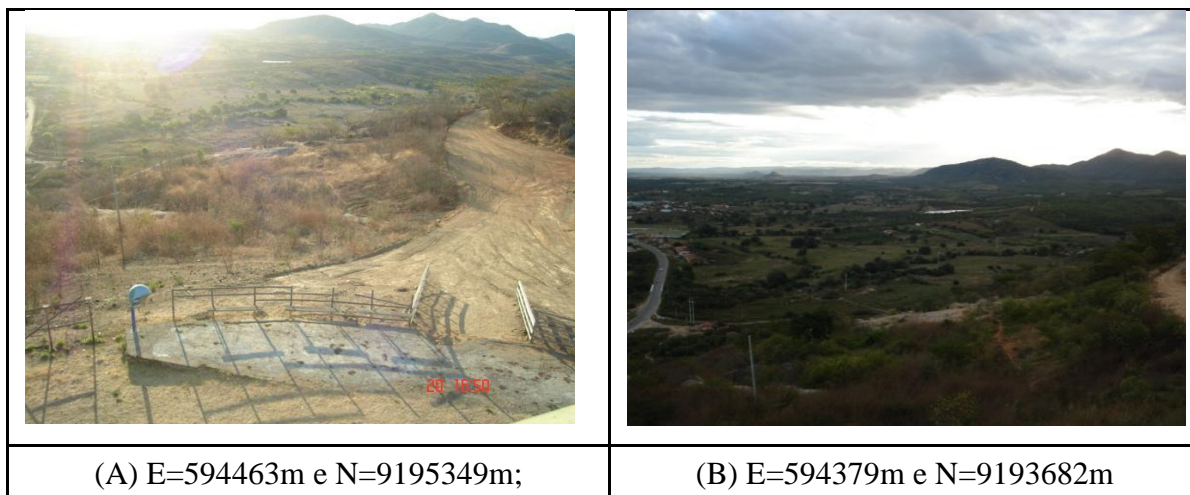


Figura 13: Aspecto no período seco (A) e no período chuvoso (B).

Desta forma, as características de vegetação encontradas nas imagens utilizadas pertencem a épocas chuvosas. No entanto, possuem folhagens possibilitando uma elevada reflectância nas bandas do infravermelho-próximo e absorção (baixa reflectância) no vermelho. Todas as informações produzidas por meio do tratamento digital estão apresentadas em composições coloridas na forma de cartas-imagens, que serviram de base para a classificação e posterior mapeamento das classes de vegetação.

4.2 Mapeamento da Evolução da Cobertura Vegetal

Os mapeamentos da vegetação estão apresentados através de figuras. Estes produtos retratam a dinâmica da área do município no lapso temporal de 2005 a 2008, o que proporciona uma análise da evolução da vegetação em distintas épocas.

As composições RGB bandas 243 coloridas foram escolhidas pela maior capacidade na diferenciação de cor em relação aos tons de cinza.

Foram aplicadas as composições coloridas RGB-243 (Figuras 14 e 15), a manipulação de histogramas, por meio de contrastes de máximos e mínimos nos canais vermelho, verde e azul, para uma maior discriminação das cores. Isto possibilitou uma análise prévia das classes de vegetação presentes na área de trabalho. As transformações observadas para o período chuvoso dos anos de 2005 e 2008 representam características de vegetação arbustiva densa à arbustiva aberta e áreas de solo exposto. Tais alvos podem ser observados na figura 14, em que há um maior destaque para as áreas de solo exposto sendo

suas áreas visualizadas em tons de branco. Devem-se levar em consideração os padrões de morfologia que são intrinsecamente ligados as condições climáticas do sertão paraibano.

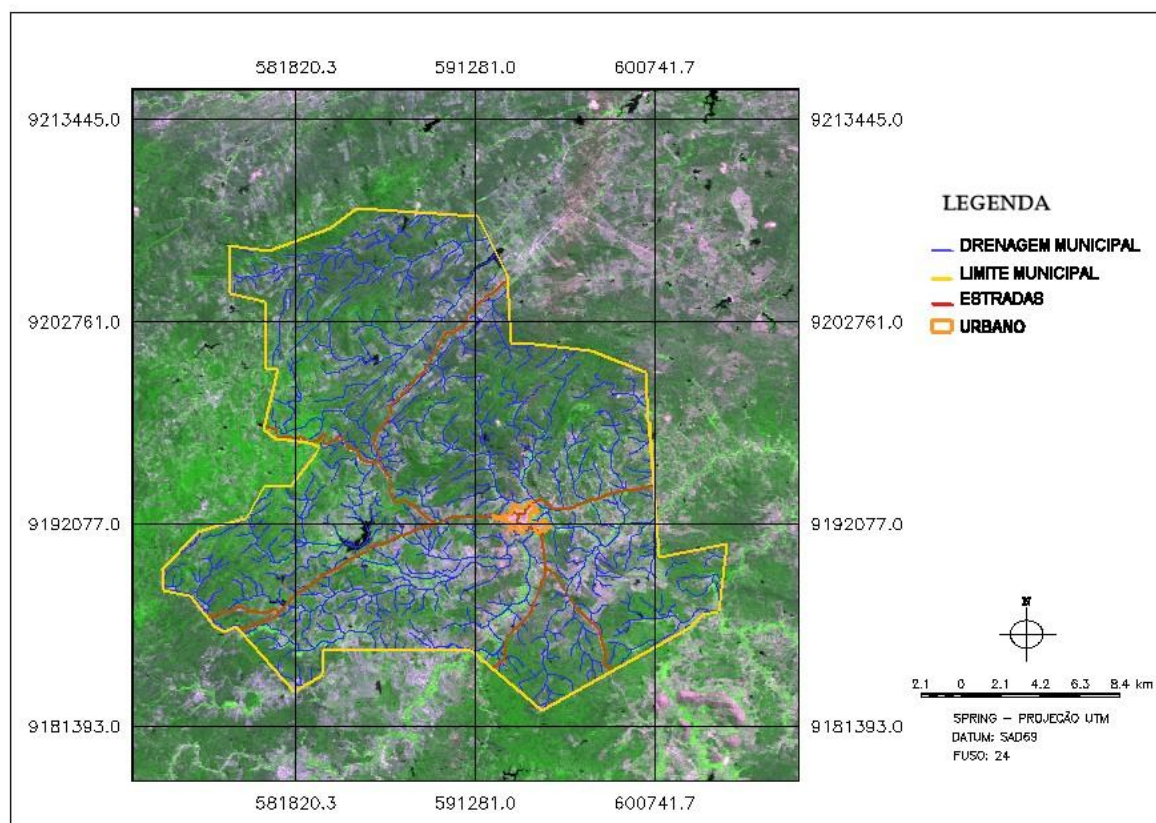


Figura 14: Carta-imagem (Composição RGB – 243) do ano de 2005 CCD/CBERS 2 com aplicação de contraste.

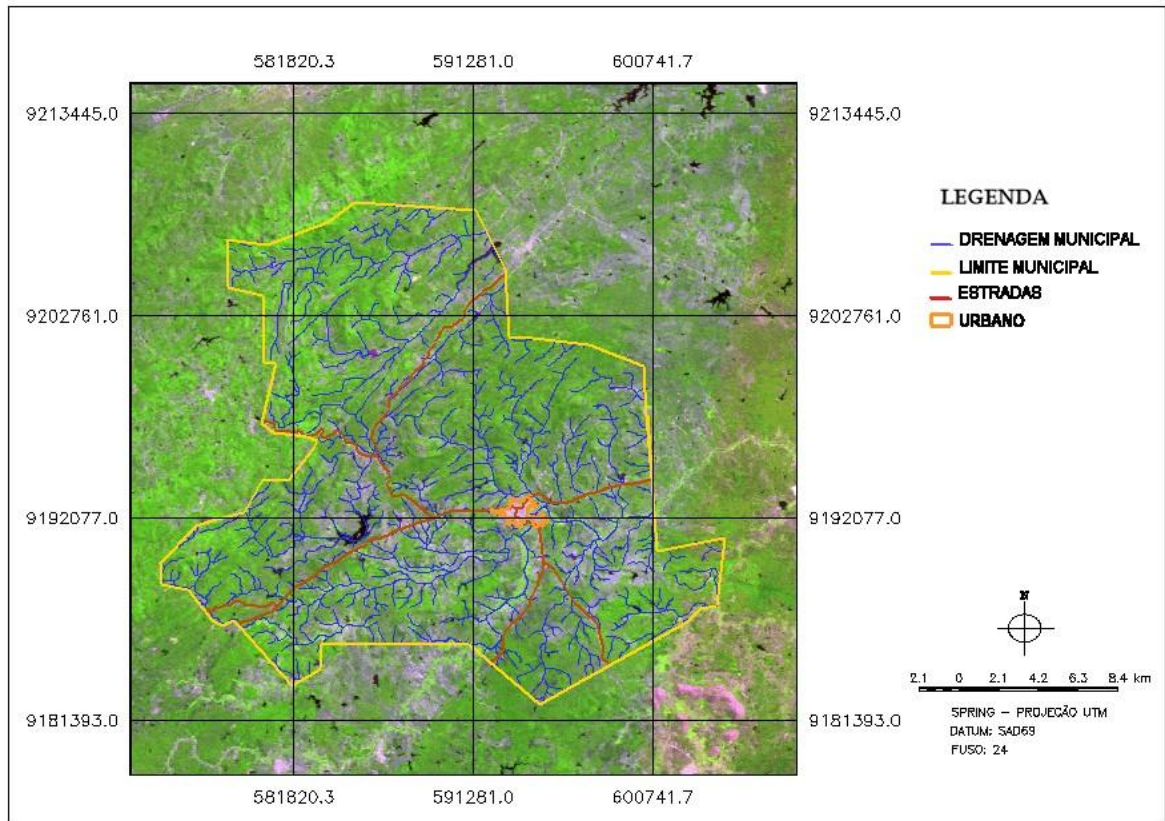


Figura 15: Carta-imagem para o ano de 2008, com composição RGB-243 e aplicação de contraste.

Na Figura 15 a imagem representa uma área de cobertura vegetal de verde resultante de uma época chuvosa com maiores índices pluviométricos, uma vez que a vegetação de caatinga torna a recuperar a sua folhagem em período chuvoso, perdendo sua cor acinzentada do período de seca. Sabe-se que devido às condições de secas prolongadas a população se utiliza dos recursos naturais tendo seu início de maneira irracional, principalmente da vegetação, que é utilizada para diversas atividades.

Anterior a elaboração dos mapas de vegetação fez-se o uso da técnica de contraste fatiamento do tipo arco-íris que foi aplicada à banda 4 (Infravermelho próximo – banda de alta reflectância da vegetação) das imagens CCD que teve como objetivo pré-visualizar a disposição da vegetação na área. Na Figura 16 imagem referente ao ano de 2005, os tons mais escuros (azul escuro) representam os corpos d'água; os esverdeados, as regiões mais conservadas com vegetação; os azulados, áreas com um nível de retirada da vegetação médio; já os tons na cor laranja são considerados áreas de solo exposto ou de vegetação arbustiva com solo exposto.

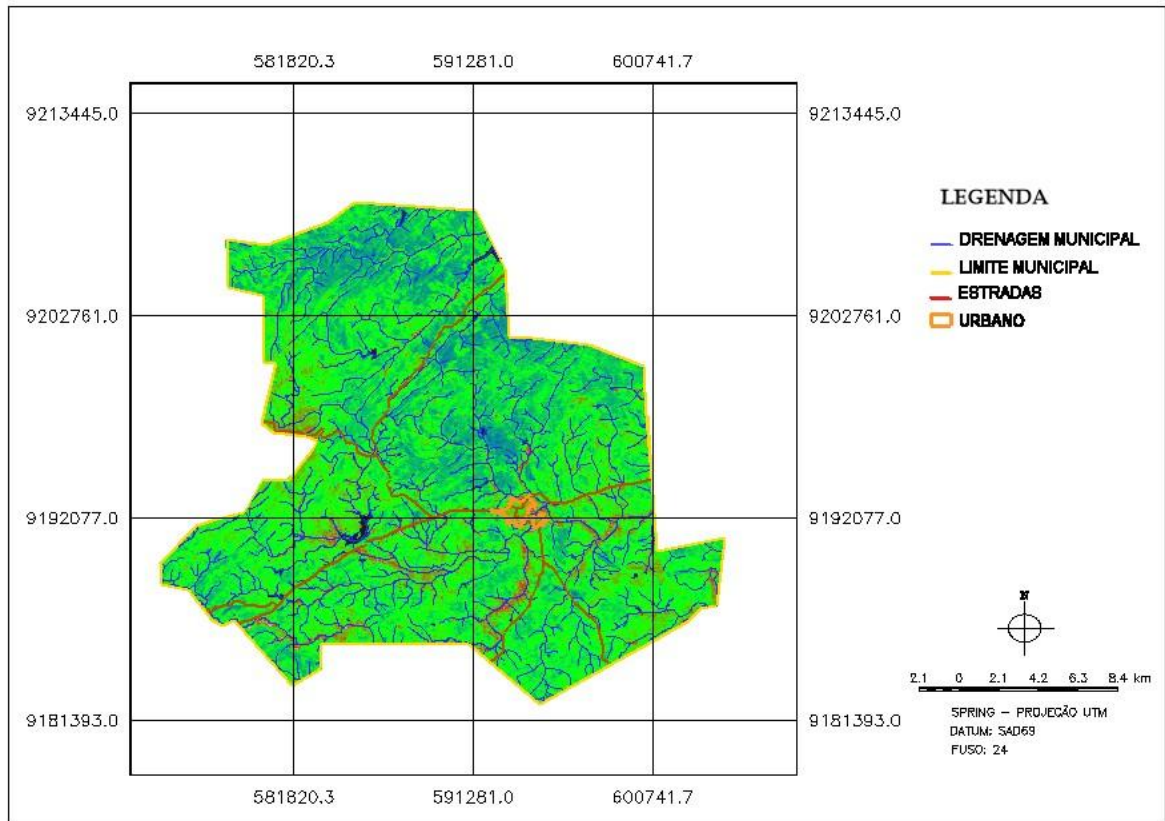


Figura 16: Carta-imagem com aplicação de contraste do tipo arco-íris a banda 4, satélite CBERS/CCD 2005.

Na Figura 17, para o ano de 2008, o contraste do tipo arco-íris expõe um aparente aumento das áreas em tons azuis da cobertura vegetal. A cor verde se apresenta em menor quantidade quando comparada a figura anterior do município. Ocorre o aparecimento de tonalidades em azul, distribuídas ao longo da drenagem, caracterizando uma vegetação semi-densa ou aberta, e os tons alaranjados representam áreas com baixos índices de vegetação também ligados a rede hídrica o que apresenta uma evolução no processo de supressão da vegetação. Vale salientar que os índices pluviométricos para o ano de 2008 foram superiores aos do ano de 2005.

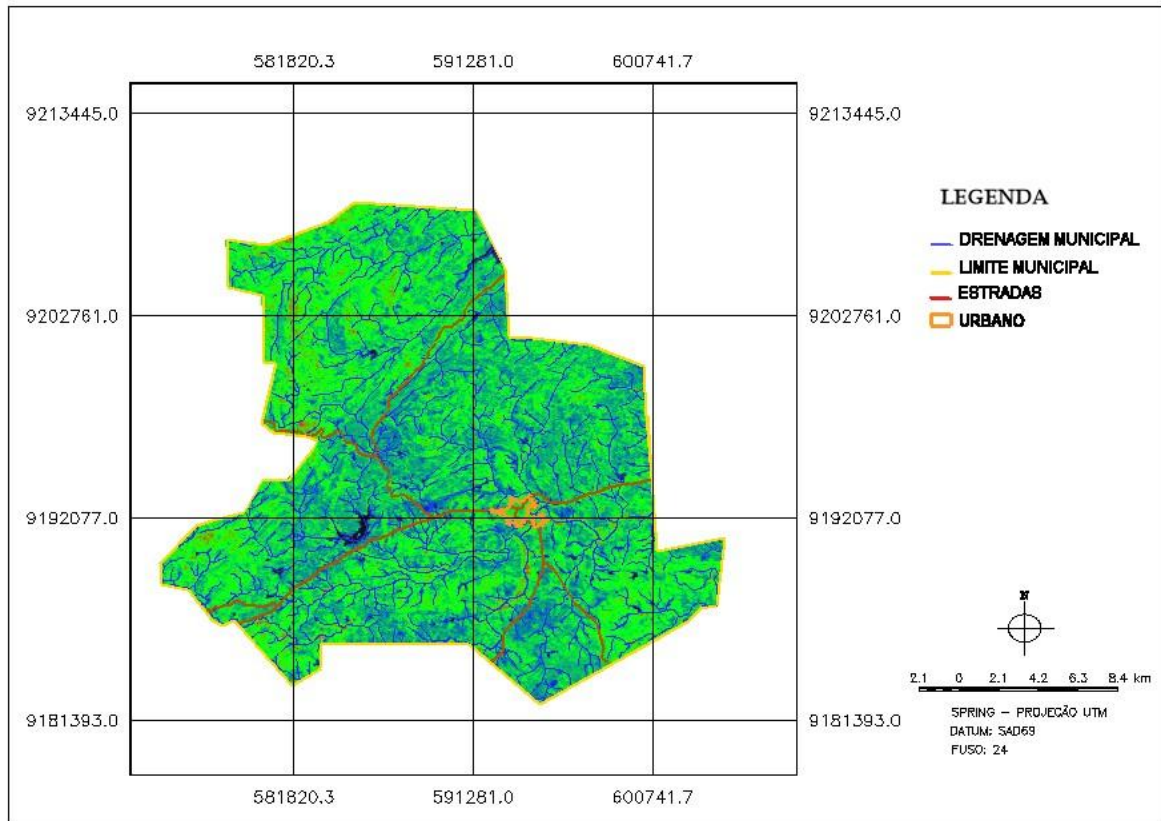


Figura 17. Carta-imagem com aplicação de contraste do tipo arco íris banda 4 satélite, CBERS 2/CCD - 2008.

Foram realizados os cálculos NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) objetivando uma visualização da vegetação e sua disposição sobre a área. O NDVI é um índice vegetativo, calculado como uma razão entre a refletividade medida nas regiões do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético, sendo essa duas bandas espectrais selecionadas em razão de serem mais afetadas pela absorção da clorofila pela folhagem da vegetação verde e consequentemente pela densidade dessa vegetação na superfície.

A faixa de valores obtida pelo NDVI está entre -1 e $+1$. Uma vegetação sadia, em pleno crescimento ativo, isto é, com elevado vigor, tem baixa refletância na faixa do vermelho, e alta refletância no infravermelho próximo, e deste modo alto valor de NDVI.

Nas Figuras 18 e 19, as áreas em tons mais claros correspondem a áreas mais exuberantes; já as áreas em tons mais escuros correspondem àquela cobertura não sadia ou sobre algum déficit hídrico. Os tons de verde mais claro representam a vegetação considerada sadia pela presença de água, o que se contrapõe aos tons de verde mais escuro caracterizado por estresse hídrico.

Por meio de comparações entre as composições, é possível diferenciar o comportamento da vegetação. Percebe-se que, de modo mais genérico, a composição referente ao ano de 2005 (Figura 18), apresenta uma vegetação em tons mais escuros de verde, mas em contrapartida mostra uma vegetação mais homogênea. Caracteriza-se por apresentar uma vegetação com aspectos menos exuberantes, tendo em vista o manejo do solo e os índices pluviométricos para a área no período chuvoso. A imagem para o ano de 2008 apresenta uma vegetação mais sadia em seu aspecto mais exuberante, mas observa-se que apresenta características de degradação, apresentando em seus tons escuros áreas de solo exposto (Figura 19).

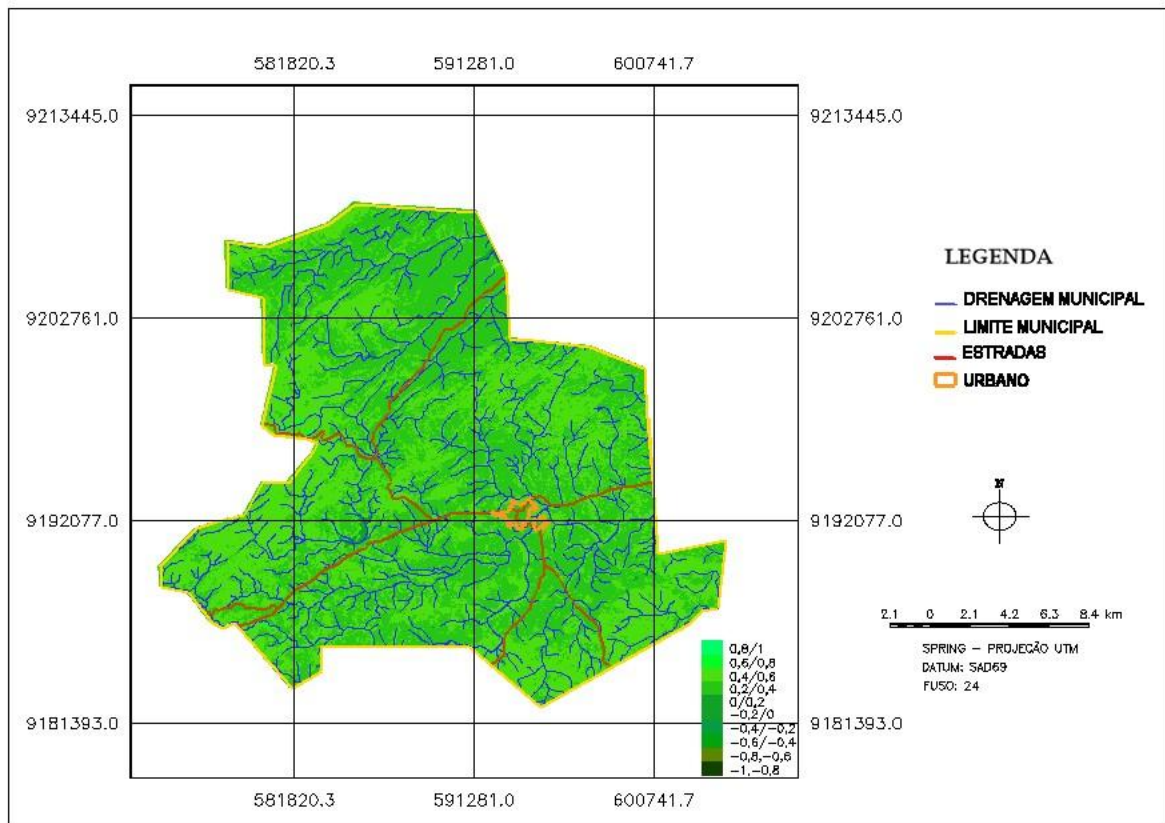


Figura 18: Aplicação do NDVI para o ano de 2005 no município de Itaporanga.

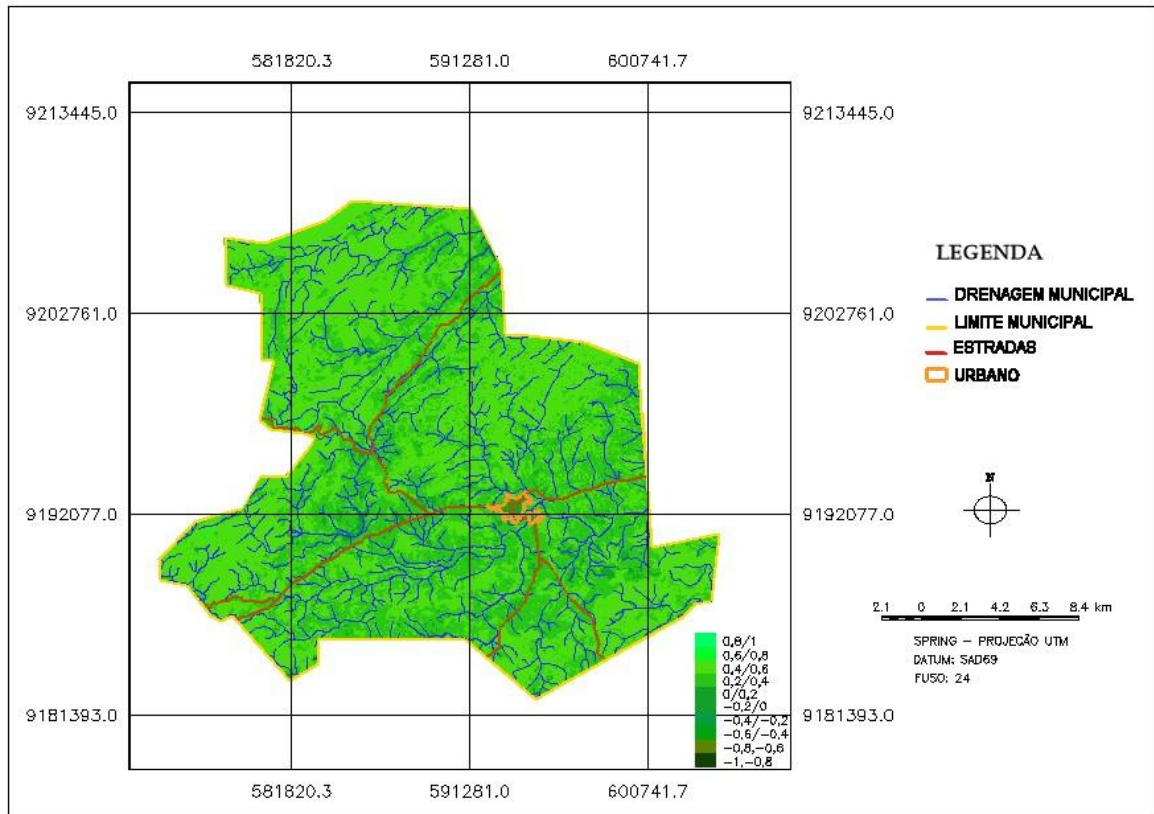


Figura 19: Aplicação do NDVI para o ano de 2008 no município de Itaporanga.

Analisando todas as cartas-imagens produzidas, é possível identificar que, no município as áreas de solo exposto se concentram próximas à malha urbana e aos rios, principalmente devido às práticas não conservacionistas de utilização das terras.

4.3 Análise dos Diferentes Usos e Ocupação do Solo

De acordo com o trabalho de campo, a área em estudo é caracterizada por baixa densidade populacional (Figura 20A), adensando-se as proximidades do centro urbano, apresentando algumas pequenas áreas de hortaliças irrigadas (Figura 20 B) em uma área próxima a sede do município.

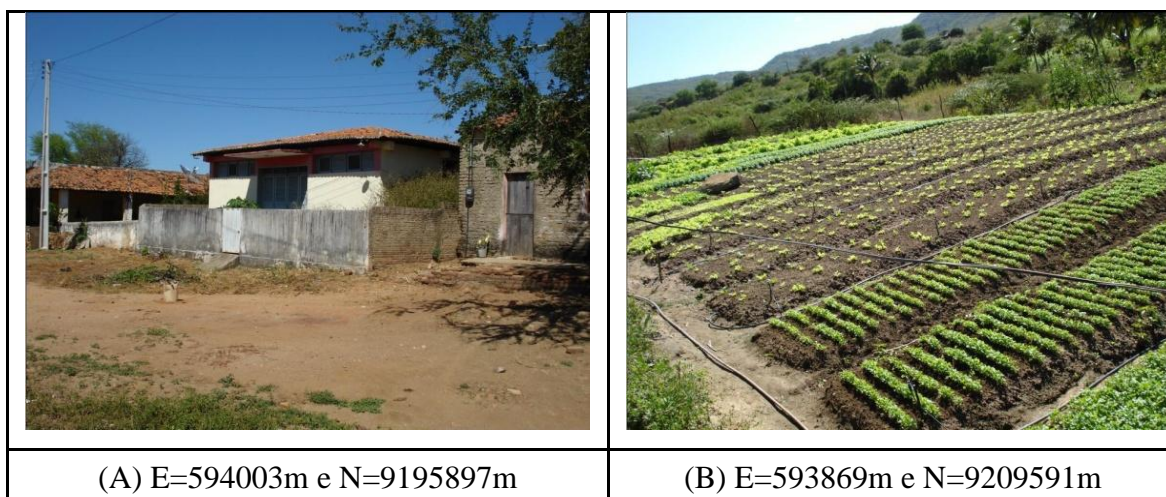


Figura 20: Aspecto da ocupação (A) e de áreas de hortaliças (B) na bacia Cantinho.

Também é evidente notar que na área existe uma vegetação aberta com alguns exemplares arbóreos, apresentando erosão laminar e por sulcos (Figura 21A), sobretudo, próximo ao açude do Cantinho, onde se observam solos em níveis de degradações preocupantes (Figura 21B).

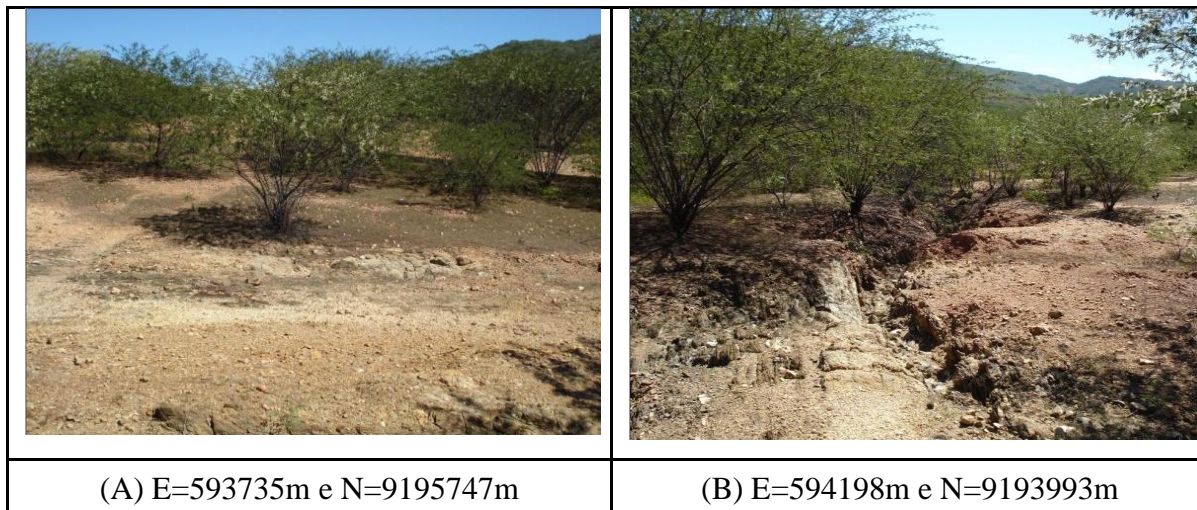


Figura 21: Vegetação aberta (A) e presença de solo exposto com erosões (B).

O aspecto geral das características da vegetação na serra do Cristo, divisor de águas, mostra uma vegetação considerada densa por se localizar em um relevo de declividade forte ondulado à montanhoso (Figuras 22A e 22B).

Outras áreas são utilizadas para atividades agropecuárias, inclusive aquelas próximas aos rios e localizadas em relevo mais plano (Figuras 23A e 23B). O uso das terras com pecuária ocorre de forma extensiva, o que compromete a regeneração da cobertura vegetal.

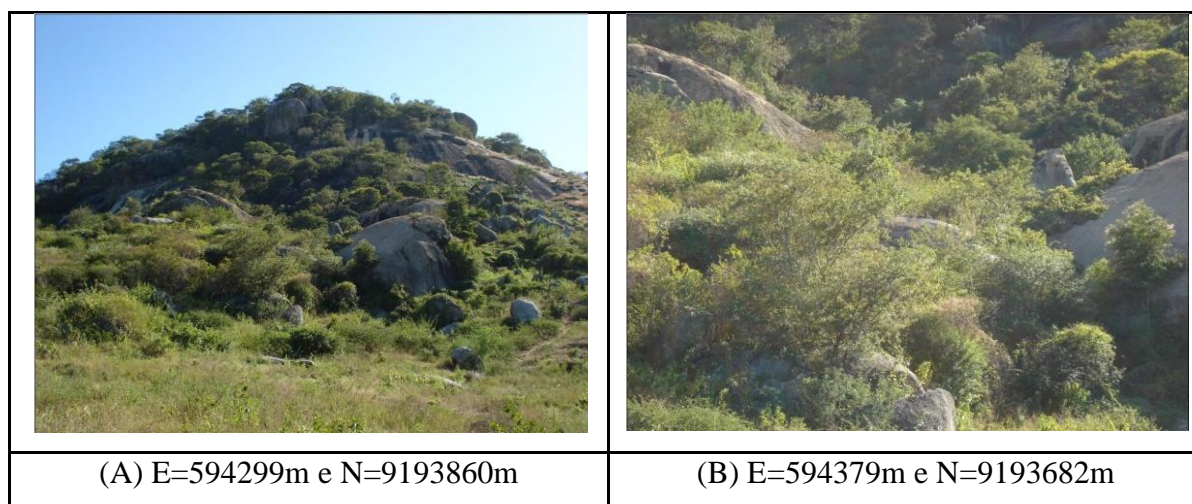


Figura 22: Afloramentos rochosos (A) mata densa em relevo mais acidentado(B).

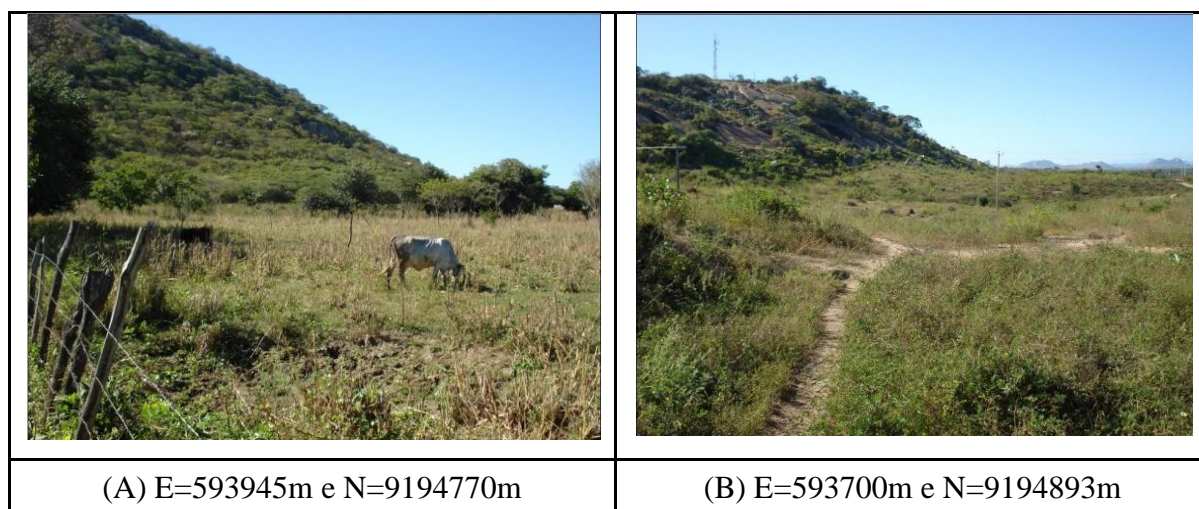


Figura 23: Atividade pecuária (A) em relevo plano (B) .

O levantamento identificou que ao longo das estradas vicinais existem poucos exemplares arbóreos de mata nativa, demonstrando o potencial nocivo das atividades antrópicas, que faz com que a sua paisagem natural seja modificada (Figura 24A). Outras áreas estão sendo decompostas por meio de queimadas, para uso agrícola, sendo possível

observar o contraste de uma área que fora utilizada para fins agrícolas com outra de alta densidade de vegetação das áreas vizinhas (Figura 24B), possuindo uma variação de vegetação semi-densa a densa.

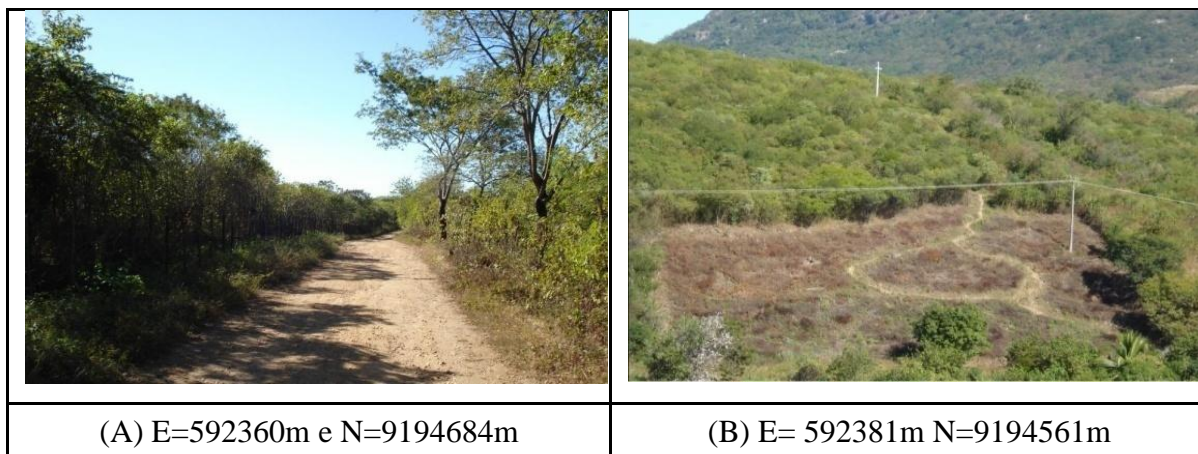


Figura 24: Estrada interna com presença de exemplares arbóreos (A) e área decomposta por queimada (B).

Pode-se observar ainda, Figura 25A, uma área decomposta por queimada em processo de recuperação, que mesmo estando localizada em uma superfície de alto declive teve sua cobertura retirada, demonstrando um manejo indiscriminado das terras. Percebe-se que em regiões de relevo ondulado (Figura 25B) há presença de solo exposto com erosão laminar e por sulcos em área de pastagem abandonada.

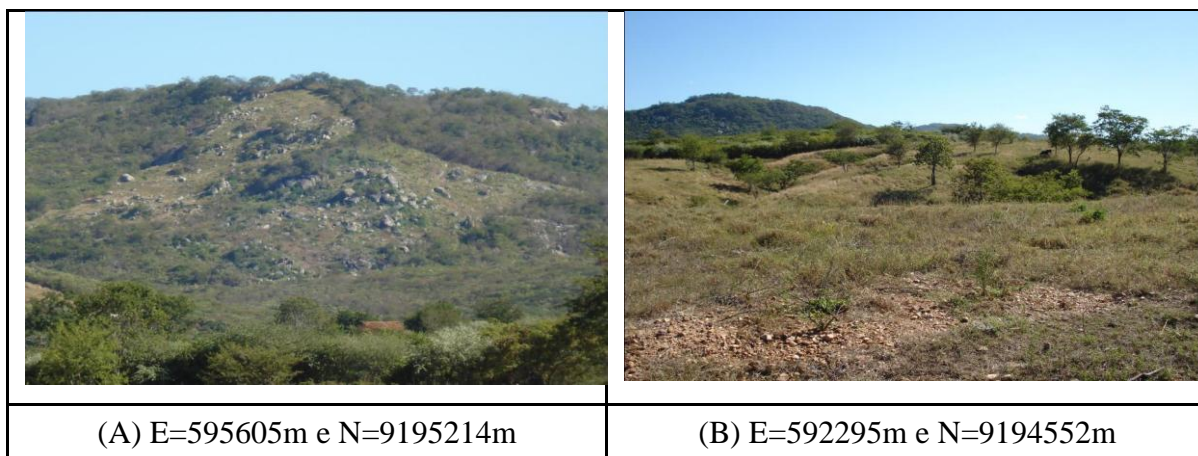


Figura 25: Área em processo de recuperação (A) relevo ondulado com provável pisoteio de animais (B).

4.4 Mapeamento das Alterações na Paisagem

A partir das informações produzidas (cartas-imagens), dos dados georreferenciadas e descritos do trabalho de campo e do algoritmo de classificação supervisionada Maxver-Icm (Máxima Verossimilhança-*Iterated Conditional Modes*) foram produzidos os mapas temáticos de classes de cobertura vegetal para os anos de 2005 e 2008 (Figuras 26 e 27).

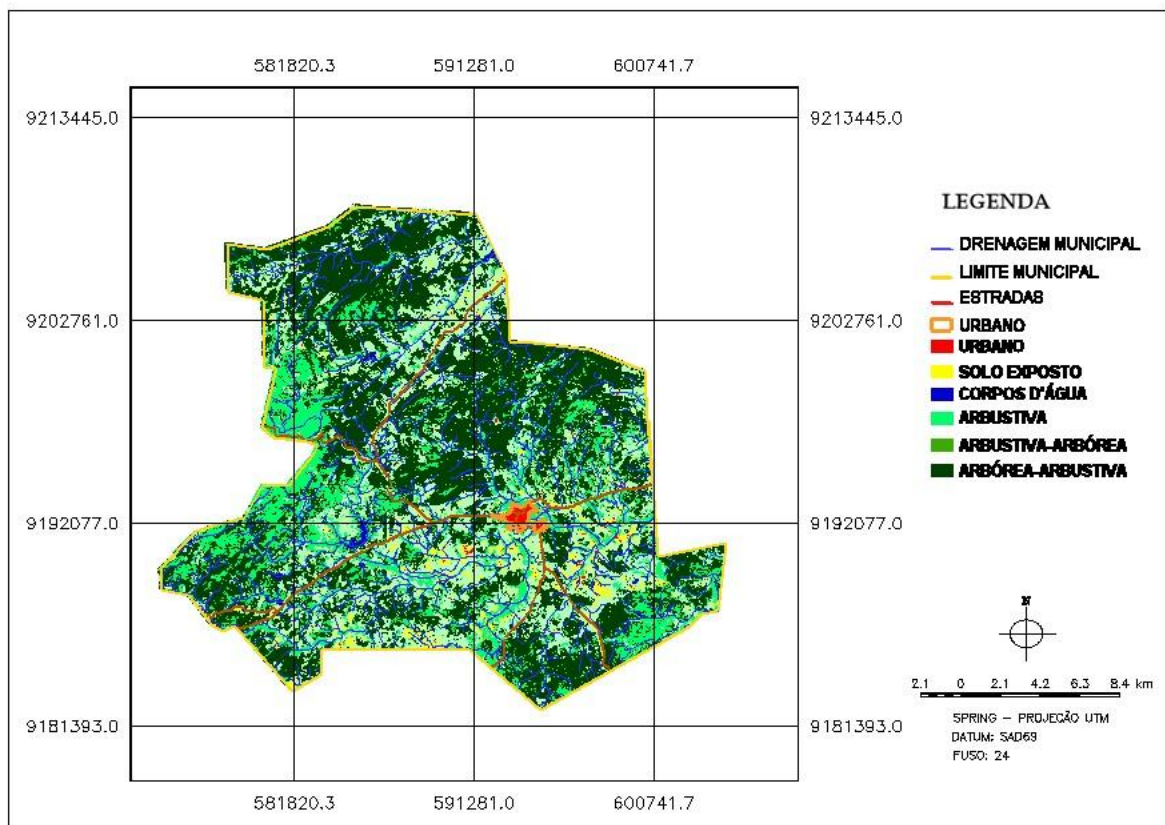


Figura 26: Mapeamento do uso e ocupação do solo para o ano de 2005.

O mapa para o ano de 2005 como mostra na Figura 26 apresenta uma vegetação arbórea-arbustiva em áreas de relevo de maior declive, ou seja, mais conservada com uma densidade maior de seus elementos arbóreos. Na Figura 27 observa-se a presença de aspectos de vegetação arbustiva-arbórea, em regiões que na Figura 26 eram consideradas arbórea-arbustiva, apresentando dessa forma uma possível degradação. Nota-se em áreas das duas figuras ocorre a variação de uma vegetação arbórea-arbustiva para uma vegetação arbustiva-arbórea. Na dinâmica temporal retratada pelos mapas dos anos de 2005 e 2008

mostram-se áreas de recuperação, assim como áreas de notável desmatamento da vegetação.

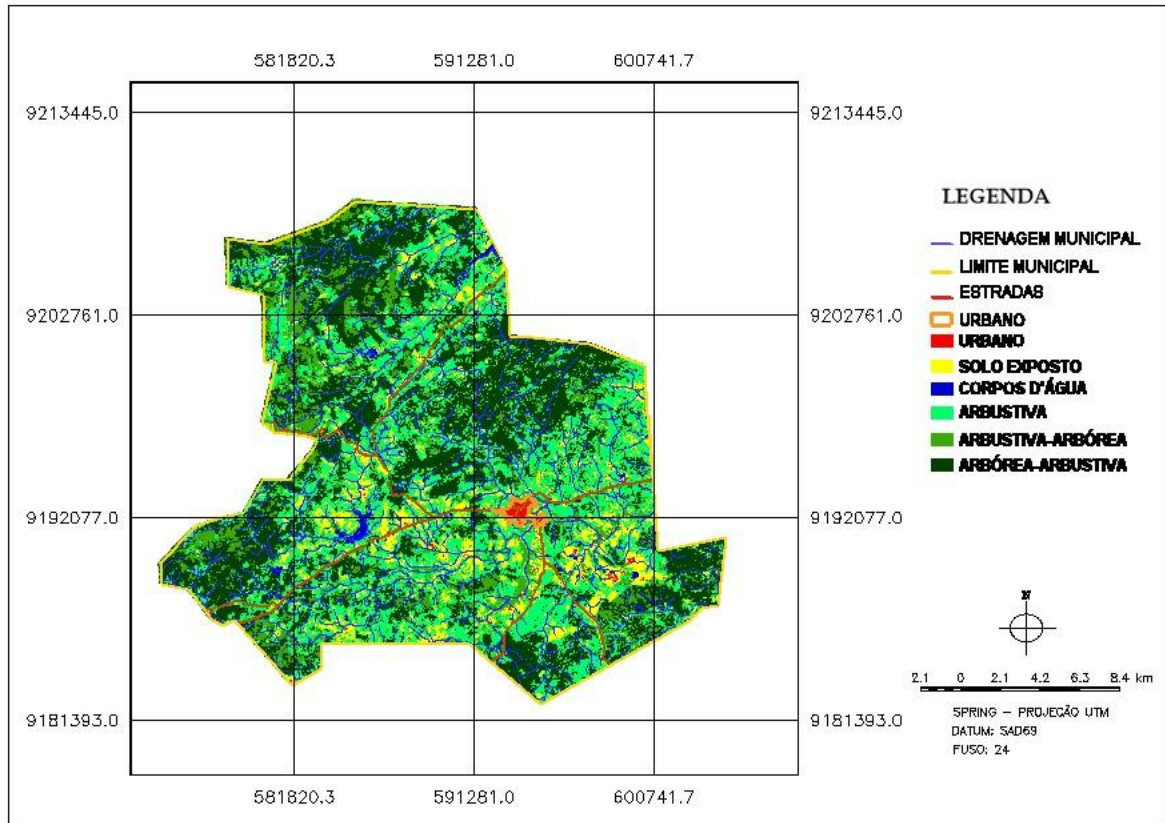


Figura 27: Mapeamento do uso e ocupação do solo para o ano de 2008.

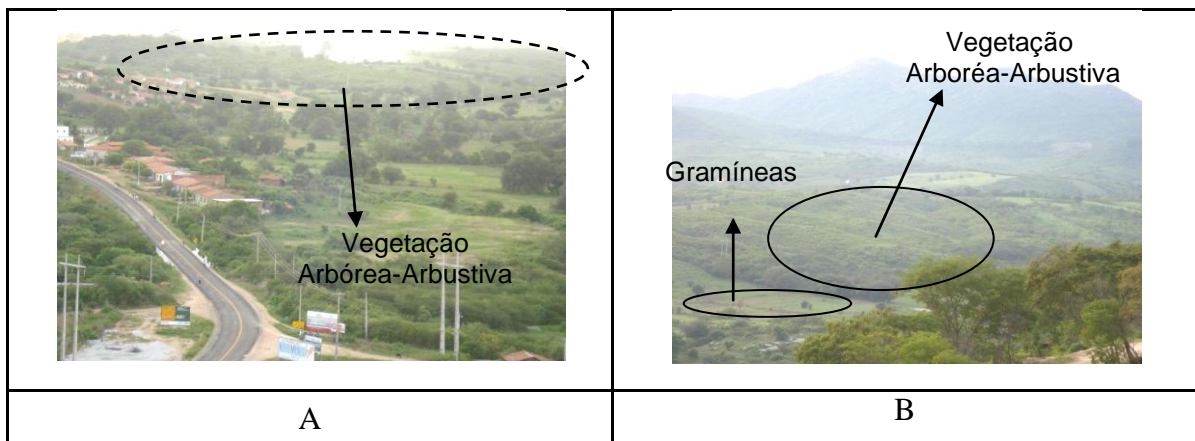


Figura 28: Área de vegetação arbórea-arbustiva próxima a malha urbana (A) classes antagônicas de vegetação (B).

Na Figura 28A a vegetação arbórea-arbustiva encontra-se em uma área de maior declive. Para avaliar as discrepâncias na vegetação, a Figura 28B retrata um contraste com uma região vizinha de vegetação do tipo densa (registro no ano de 2010).

As características da vegetação para os mapas do ano de 2008 (Figura 27) representam o resultado de um período de exploração agrícola de maneira não sustentada, onde a vegetação nativa foi suprimida para implantação de pecuária extensiva através de grandes queimadas. Haja em vista que se trata de uma área semi-árida e os recursos hídricos são escassos na maior parte do ano e a população depende da agricultura e/ou pecuária.

Analisando os mapas de vegetação dos anos de 2005 e 2008, nota-se na distribuição das feições registradas pelas classes de vegetação para o ano de 2008 composta de áreas e de degradação e sua maior parte, pode-se notar um aumento da classe arbustiva em detrimento das classes arbórea-arbustiva e arbustiva-arbórea.

Para a recuperação de algumas áreas pode-se associar as atividades no campo de algumas famílias que migraram do meio rural para o urbano, deixando as áreas em repouso, outro fator de recuperação pode ser atribuído à prática da agricultura de autoconsumo. Uma das principais razões para a degradação se deve aos cultivos de algodão que perduraram por muitos anos nessa região, sendo esses fatores que contribuíram para o empobrecimento de algumas áreas.

Foram mensurados, através da ferramenta medidas de classe, os totais (ha) e os percentuais das classes de cobertura vegetal para o município de Itaporanga, conforme se observa na Tabela 1.

Tabela 1: Valores das classes de vegetação correspondentes aos anos 2005 e 2008

CLASSES DE VEGETAÇÃO	2005		2008		Variação (%)
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
Urbano	285,28	0,61	283,00	0,61	-0,80
Água	361,36	0,77	461,72	0,99	27,77
Arbórea -Arbustiva	23.290,52	49,79	18.019,24	38,52	-22,63
Arbustiva-Arbórea	9.697,08	20,73	5.893,88	12,60	-39,22
Arbustiva	11.731,52	25,08	17.156,36	36,68	46,24
Solo Exposto	1.407,56	3,01	4.960,60	10,61	252,41
Área Total	46.773,32	100,00	46.774,80	100,00	

Analisando a Tabela 1, verifica-se que a vegetação arbórea-arbustiva em 2005 era de 49,79%, diminuindo para 38,52%, em 2008. Já na classe de vegetação arbustiva-arbórea houve uma diminuição, no período em estudo, de 20,73% para 12,60%. A classe de vegetação arbustiva aumentou em 2008, pois de 25,08% do total da área em 2005 passou a 36,68%. Para a classe solo exposto houve um expressivo aumento (3,01% para 10,61%). Corpos D'água passaram a representar 0,99% e a malha urbana manteve 0,61% da área para o ano de 2008.

Para a variação apresentada na Tabela 1, obtida pela diferença de valores entre os anos de 2008 e 2005 em razão do ano de 2005, observa-se que a classe solo exposto com 252,41% lidera o em crescimento seguida pela classe arbustiva que cresceu positivamente com 46,24%, já as classes arbórea-arbustiva e arbustiva-arbórea seus crescimentos foram negativos apontando assim uma supressão das classes citadas por ultimo.

As classes arbórea-arbustiva e arbustiva-arbórea sofreram redução contrapondo-se ao aumento das classes arbustiva e solo exposto, mostrando assim que as classes de maior densidade diminuiram em virtude das classes mais abertas ou expostas. Para o aumento da classe de corpos d'água vale salientar que o volume pluviométrico para o período de 2008 foi superior ao volume apresentado em 2005.

As Figuras 29 e 30 referem-se a gráficos que apresentam a distribuição das classes de vegetação em hectares para o ano de 2005 e 2008, respectivamente. Na primeira (Figura 29), observa-se a predominância das classes arbórea-arbustiva e arbustiva; e na segunda (Figura 30), observa-se a considerável redução da classe arbórea-arbustiva, e o aumento da classe arbustiva e o crescimento da classe solo exposto.

Na disposição dos dados através de gráficos observa-se que a dinâmica mais relevante refere-se às classes arbórea-arbustiva, arbustiva-arbórea, arbustiva e solo exposto. Tais dados demonstram constatar uma retração das classes de cobertura mais densa e aumento daquelas que se encontravam em situação mais crítica.

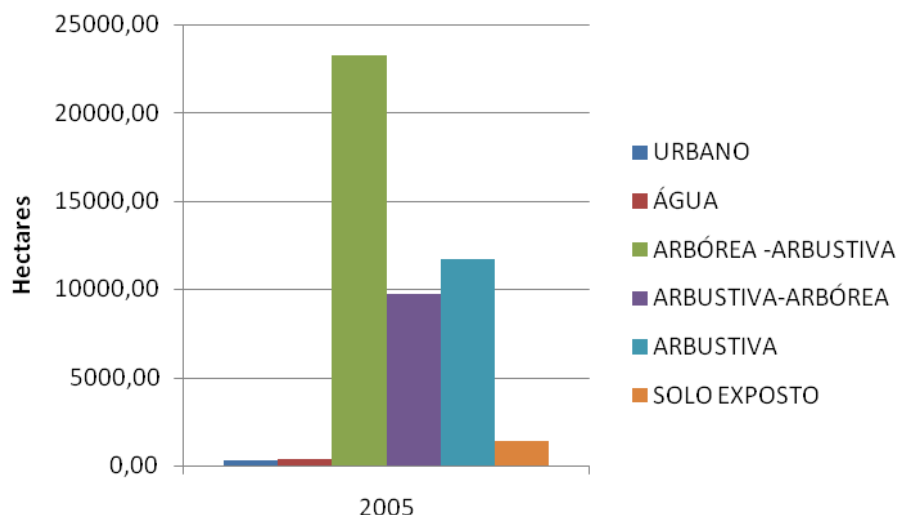


Figura 29: Classes de vegetação para o ano de 2005 em hectares.

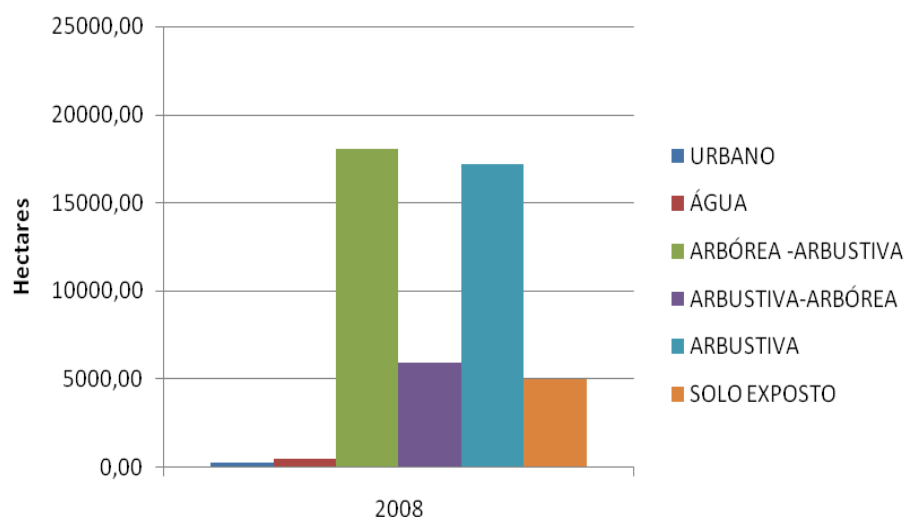


Figura 30: Classes de vegetação para o ano de 2008 em hectares.

Utilizado os dados da SRTM e o software SPRING, confeccionaram-se os mapas de isolinhas e de declividade (Figuras 31 e 32). O mapa de declividade elaborado com os dados citados anteriormente é indispensável no processo de tomada de decisões por parte dos gestores, uma vez que com a disposição altimétrica do terreno pode-se subsidiar o planejamento ambiental de prefeituras, escolas, ONGs e os diversos setores.

Na Figura 31 observa-se a proximidade das curvas de nível representando que quando estão mais próximas encontra-se uma declividade maior, já quando menos adensamento houver menor declividade apresenta. Nos relevos de vertente maior ocorrem com maior possibilidade movimentos de massa e podem ser observados processos erosivos que comprometem a cobertura vegetal.

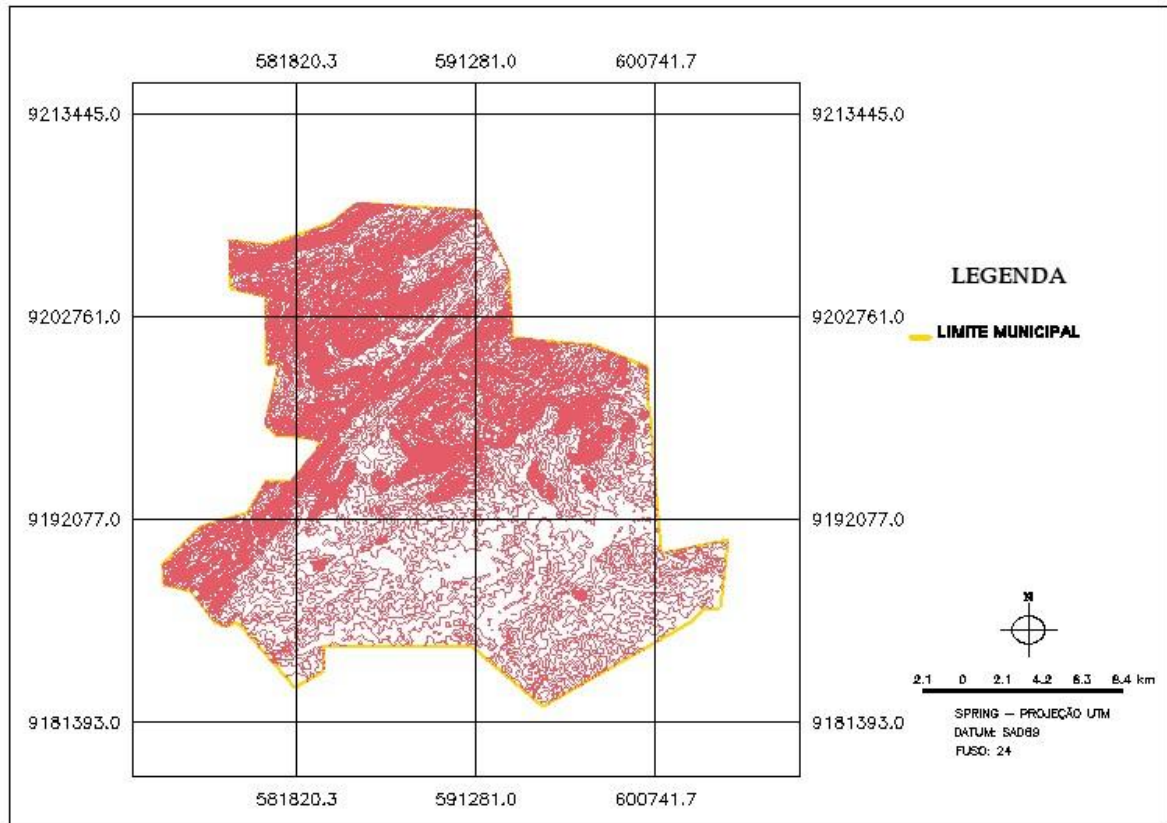


Figura 31: Mapa de isolinhas altimétricas geradas para o município de Itaporanga com equidistância de 10 m.

Na Figura 32 fica evidente a presença de tons de verde-claro cuja classe é relevo suave ondulado e predomina em maior parte em sua porção ao sul do município, já ao norte ocorre que predomina nessas regiões tons de amarelo e laranja configurando assim um relevo mais acidentado.

O mapa de declividades apresentado na Figura 32 mostra poucas áreas de relevo montanhoso e não demonstra relevo escarpado. A disposição das classes de declividade sobre o perímetro do município possibilita a escolha de um local mais acertado para a localização de determinado equipamento ou construção, além de auxiliar nos impactos ocasionados aos sistemas de drenagem visualizando juntamente com a declividade.

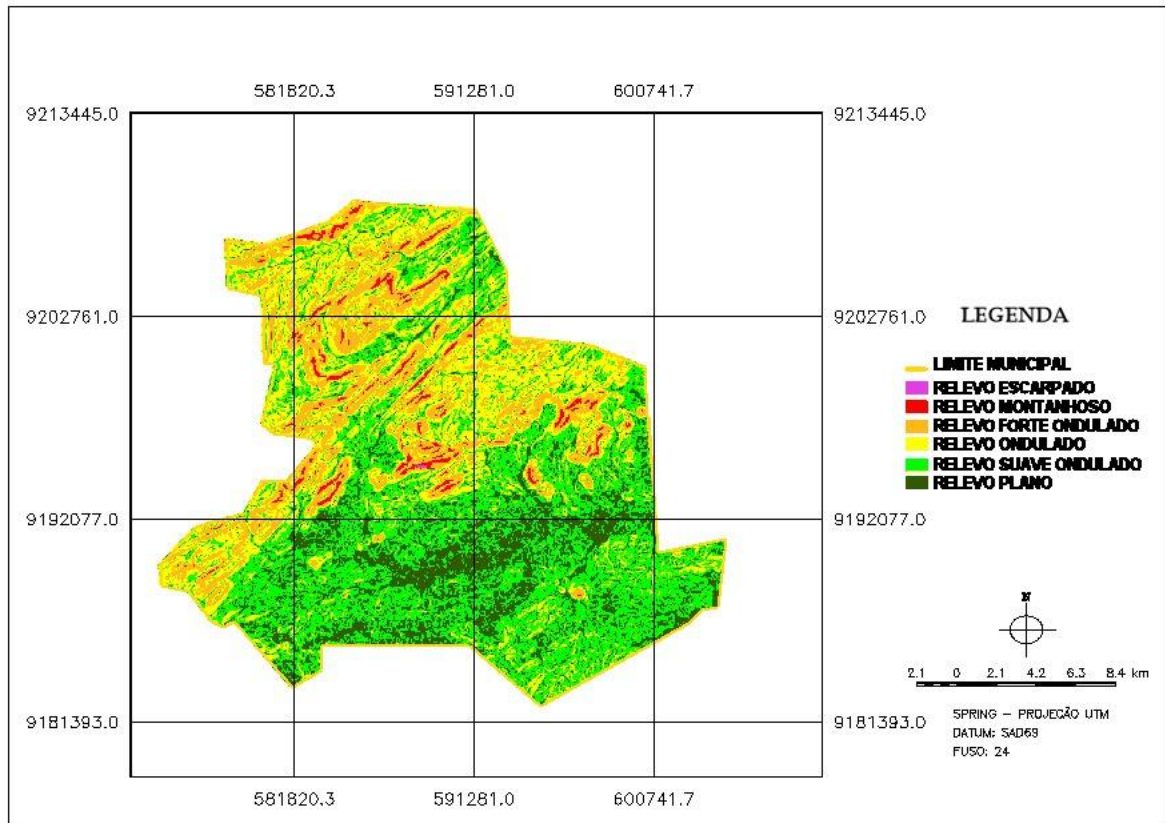


Figura 32: Mapa de declividade do município de Itaporanga.

As classes de declividades encontradas foram quantificadas por meio da ferramenta do SPRING medidas de classe. Sendo encontrados os quantitativos em hectares e percentuais, conforme Tabela 2.

De acordo com a Tabela 2, o município possui um relevo diversificado variando basicamente entre três tipos: o relevo do tipo ondulado, representado por 26,21% da área total do município; seguido do relevo suave ondulado, com 37,98%; e as áreas de relevo forte ondulado, que correspondem a 15,51%. As classes de relevos plano, montanhoso e escarpado, respectivamente, com 18,38% ;1,89% e 0,03% representam uma área menor do terreno comparada às demais declividades.

Tabela 2: Valores das classes de declividade no município de Itaporanga

CLASSES DE DECLIVIDADE	ÁREA (ha)	%
Relevo Plano	8.595,40	18,38
Relevo Suave Ondulado	17.764,76	37,98
Relevo Ondulado	12.259,08	26,21
Relevo Forte Ondulado	7.255,16	15,51
Relevo Montanhoso	886,12	1,89
Relevo Escarpado	13,12	0,03
Área total das classes	46.773,64	100,00

A Figura 33 ilustra a distribuição das classes de declividade em função da área (ha), demonstra através do gráfico a predominância de área de relevo suave ondulado que trata de um relevo com uma maior capacidade de manejo e uso da terra, uma vez que há facilidade da utilização de terras nesse tipo de relevo, diferente de relevos mais acidentados. Sabe-se que tais relevos apresentam de ligeiro a moderado risco a erosão, dependendo de como se encontra a situação da vegetação.

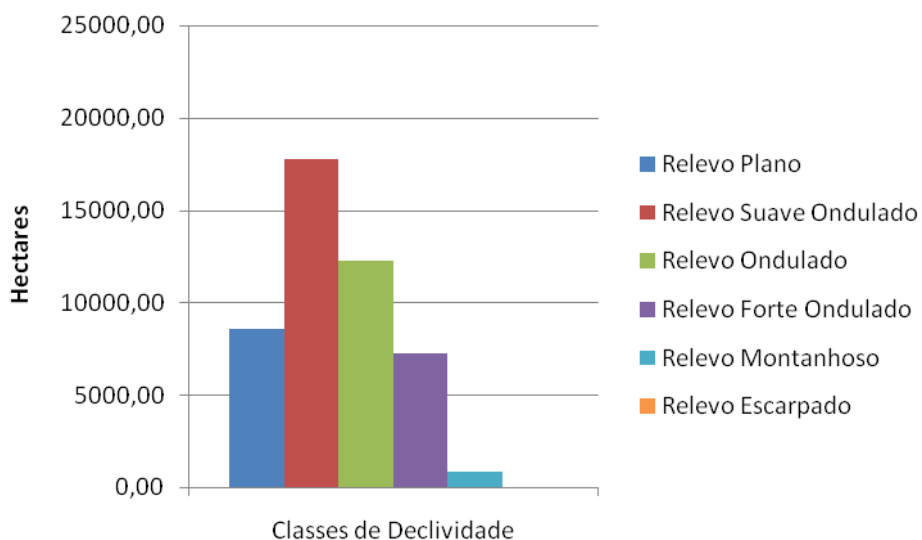


Figura 33: Área das classes de declividade geradas para o município de Itaporanga.

4.5 Cruzamento dos Mapas Temáticos

A técnica de análise espacial adotada foi a Tabulação Cruzada do SPRING, que consistiu no cruzamento das classes de vegetação dos anos de 2005 e 2008, com as classes de declividade do terreno. Tal análise teve como objetivo verificar a dinâmica de ocupação do solo em função do relevo.

As Tabelas 3 e 4 demonstram o resultado do cruzamento das classes de vegetação em linha, para os anos de 2005 e de 2008, com o relevo (classes de declividade) em coluna.

Os dados obtidos nas Tabelas 3 e 4 revelam de maneira pormenorizada a distribuição das classes de vegetação em função do relevo. No ano de 2005 (Tabela 3) a classe urbano se manteve nos relevos plano e suave ondulado, registra-se que para a água o relevo suave ondulado comportou a maior parte da classe, seguida do relevo plano.

A classe arbórea-arbustiva se manteve em sua maior quantidade na classe de relevo suave ondulado seguido do relevo ondulado e relevo forte ondulado. Para essa época (ano de 2005) a classe de vegetação apresentava expressiva quantidade nas classes de relevo mais acidentados, sendo a declividade um dos fatores que colaboram para a conservação desses ecossistemas mais conservados.

Tabela 3: Cruzamento das classes de vegetação com o relevo para o ano de 2005 em hectare

2005	Relevo Plano	Relevo Suave Ondulado	Relevo Ondulado	Relevo Forte Ondulado	Relevo Montanhoso	Relevo Escarpado
Urbano	122,48	144,12	14,04	4,60	0,04	0,00
Água	113,96	198,16	43,16	6,08	0,00	0,00
Arbórea-Arbustiva	2562,68	7973,96	7421,68	4725,88	594,76	11,48
Arbustiva-Arbórea	2353,80	3465,96	2105,88	1540,04	229,92	1,48
Arbustiva	2887,96	5314,28	2533,52	936,20	59,28	0,16
Solo Exposto	554,32	667,96	140,76	42,36	2,12	0,00

Tabela 4: Cruzamento das classes de vegetação com o relevo para o ano de 2008 em hectare

2008	Relevo Plano	Relevo Suave Ondulado	Relevo Ondulado	Relevo Forte Ondulado	Relevo Montanhoso	Relevo Escarpado
Urbano	99,00	161,44	17,24	5,20	0,12	0,00
Água	155,56	256,24	46,64	3,16	0,00	0,00
Arbórea -Arbustiva	1820,12	5868,84	5956,08	3873,16	481,88	10,92
Arbustiva-Arbórea	1254,00	1773,96	1441,00	1254,36	166,76	0,64
Arbustiva	3666,56	7337,32	4046,32	1883,68	215,48	1,56
Solo Exposto	1594,92	2360,60	745,48	234,64	21,88	0,00

Para os valores da classe arbustiva-arbórea em sua maioria manteve-se no relevo suave ondulado seguido do relevo plano e relevo ondulado, tal classe caracteriza-se por ser uma classe de transição densa para aberta. A classe arbustiva concentra-se, ainda na Tabela 3, no relevo suave ondulado, relevo plano e relevo ondulado, essa classe também é denominada regionalmente como capoeira.

A classe de solo exposto tida como mais crítica tem sua distribuição entre as classes de relevo suave ondulado e relevo plano predominantemente, sua presença se dá pelo emprego das práticas degradantes que se fizeram e ainda perduram nos dias atuais.

Na Tabela 4 para o ano de 2008 observa-se que para urbano e água se mantiveram no relevo suave ondulado e plano em sua maioria. Para a classe arbórea-arbustiva houve uma mudança na concentração do ano de 2005 para 2008, no ultimo a classe variou para a classe de relevo ondulado seguida da classe suave ondulado e relevo forte ondulado. Além do decréscimo que ocorreu na classe citada observa-se que a mesma manteve-se nos relevos mais declivosos.

No ano de 2008 a classe arbustiva teve um crescimento considerável, sua distribuição se deu na classe suave ondulado em sua maior área seguido do relevo ondulado e plano. A classe de solo exposto se distribuiu de maneira igual à tabulação do ano de 2005, nas classes de relevo suave ondulado e plano. A partir dos resultados da

tabulação cruzada foram gerados gráficos da distribuição das classes de vegetação em função do relevo para os anos de 1997 e 2008, Figuras 34 e 35.

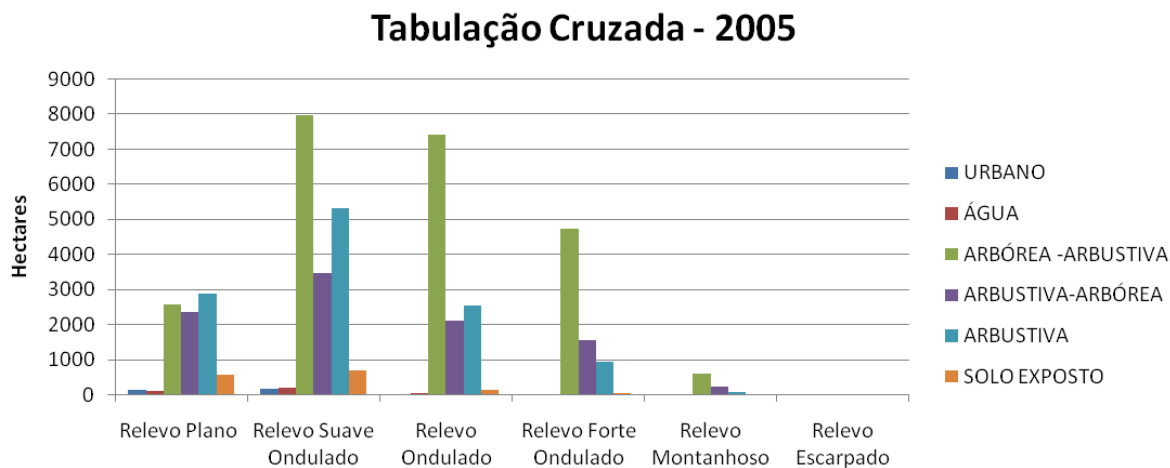


Figura 34: Cruzamento das classes de vegetação com as classes de relevo para o ano de 2005.

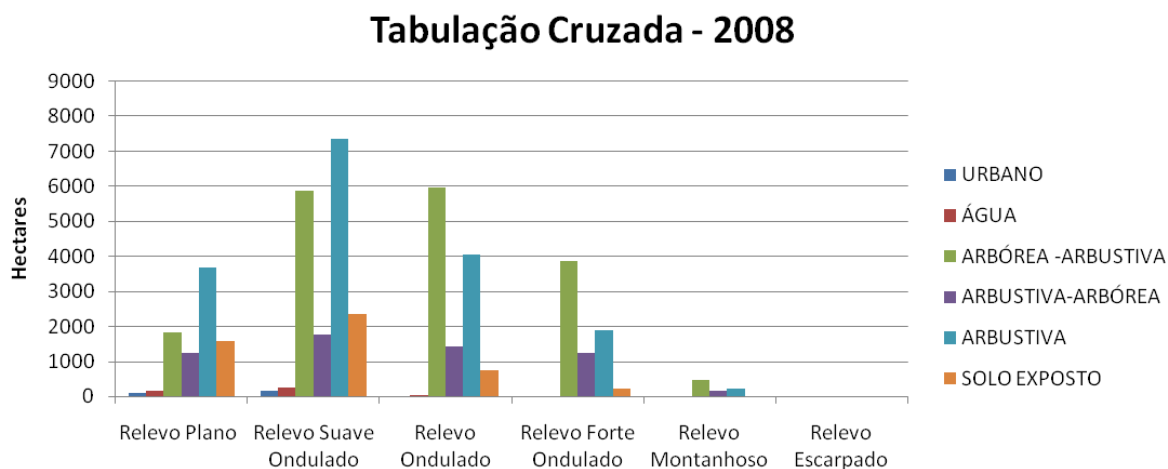


Figura 35: Cruzamento das classes de vegetação com as classes de relevo para o ano de 2008.

Analisando os dados de tabulação cruzada (Figura 34 e 35), as três classes predominantes de vegetação (arbustiva-arbórea, arbórea-arbustiva e arbustiva) se distribuem de maneira uniforme no relevo plano para o ano de 2005, encontrado um destaque para a classe arbustiva que cresceu notavelmente no ano de 2008, em detrimento das classes arbóreo-arbustiva e arbustiva-arbórea. É possível verificar que a classe solo

exposto cresceu no relevo plano, de 554,32 ha para 1.594,92 ha, reforçando a ideia de que nas áreas planas são desenvolvidas atividades agropecuárias, tendo como efeito a extração da cobertura vegetal representada por uma quantidade reduzida de mata densa. Nos relevos suave ondulado, ondulado e forte ondulado, há predominância da classe arbórea-arbustiva, apresentando um ápice de área com 7.973,96 ha na classe de relevo suave ondulado.

Observando para o ano de 2005, a distribuição dos valores para a classe de vegetação arbustiva-arbórea se dá entre as classes de relevo plano, relevo suave ondulado e relevo ondulado, ocorrendo uma mudança do relevo plano para o relevo suave ondulado. A maior área da classe citada, de 3.465,96 ha, encontra-se no relevo suave ondulado. As classes de urbano e corpos d'água se mantiveram sem grandes discrepâncias.

Em 2008 é revelado um maior uso em áreas de relevo suave ondulado. A vegetação arbustiva apresenta um índice crescente e encontra seu maior valor sobre o relevo suave ondulado, com área de 7.337,32 ha, particularizando um maior uso das terras. Vale salientar que o uso das terras em regiões como sertão, cujo clima e as precipitações resultam diretamente sobre sua dinâmica na superfície alteram a paisagem.

Os dados apresentados revelam uma dinâmica entre os anos de 2005 e 2008 em que classes de vegetação arbóreo-arbustiva e arbustiva-arbórea (classes de maior densidade) sofreram decréscimo em virtude do crescimento de classes abertas de vegetação como a classe arbustiva, além do crescimento da classe de solo exposto, revelando um possível desmatamento da cobertura vegetal.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A vegetação do município de Itaporanga é predominantemente arbustiva, arbórea-arbustiva, com poucos exemplares arbóreos. Observaram-se índices de degradação na vegetação durante o período em estudo, principalmente devido a utilização das áreas com pecuária extensiva, retirada da mata nativa e práticas agrícolas.

A cobertura vegetal possui grande importância no controle da erosão do solo visto que, quanto maior sua quantidade menor será a degradação do solo. O município apresenta vários aspectos quanto à ocupação e uso do solo, portanto coexistem áreas com alto grau de degradação da vegetação, assim como, ao mesmo tempo, áreas em recuperação.

Os resultados obtidos, por meio da aplicação das imagens de satélite, satisfazem as necessidades de manejo e monitoramento dos recursos naturais para o município de Itaporanga - PB, visto que as mesmas possibilitaram diagnosticar a disposição da cobertura vegetal através da evolução temporal (2005 e 2008).

Verificou-se, em grande parte da área de estudo, na dinâmica estabelecida para o período em estudo, em virtude de aspectos como precipitações e uso do solo, um aumento das classes de cobertura arbustiva, evidenciando uma substituição da vegetação arbórea-arbustiva para uma vegetação arbustiva. É evidente o aumento em áreas críticas como as de solo exposto.

O município de Itaporanga apresenta como relevos predominantes as classes suave ondulado (31,11%), ondulado (38,94%) e forte ondulado (18,54%). A observação em classes de declividade heterogênea, a partir da tabulação cruzada, permitiu observar que a diminuição da vegetação nativa se dá a maneira que o terreno começa a ondular.

Pode-se concluir que em 2005, comparando ao ano de 2008, a vegetação densa ocupa mais áreas sobre a classe de relevo ondulado, o que pode ser atribuído ao menor uso das terras de relevos mais movimentados.

A classe que apresenta maior quantidade em áreas planas é a classe vegetação arbustiva, sobretudo pelas práticas degradantes que se fizeram, e ainda se fazem, presentes na região, revelando que em áreas planas há uma maior utilização das terras. Ocorre que os problemas são agravados em regiões como o sertão pela ocorrência de secas e a não aplicação de políticas públicas, além do uso indevido das terras. Ocorre também o uso

desordenado da vegetação, uma vez que a população necessita desses recursos naturais em momentos de crise.

Os valores de degradação das terras variam em uma dinâmica própria, de maneira que foi observado um lapso temporal para que fosse apontado o comportamento da cobertura vegetal.

6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Francisco Nataniel Batista de. **Revista Casa da Geografia de Sobral**. Sobral, V.8/9, n.1, p.11-20 2006/2007.

BARBOSA, M.P; Mello, A. B. C. De, Oliveira,P. R. S. da. **El evento ENOS y sus implicaciones em el semiárido Del estado de Paraíba, Brasil. Desastres e Sociedad, LA RED**, n 9, ano 6, p.113-125. 1998.

BRASIL. **Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 8 de janeiro de 1997.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988 / obra coletiva de autoria da Editora Saraiva – 37ª ed. atual e ampl. – São Paulo: Saraiva, 2005. (Coleção Saraiva de Legislação).

CÂMARA, G., **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**. (Tese de Doutorado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995.

CÂMARA, E.C.G, FUKS, S.D. e CAMARGO,E. **Análise espacial de superfícies**. In: **Análise Espacial de Dados Geográficos**. EMBRAPA. Editores: Suzana Druck, Marília Sá Carvalho, Gilberto Câmara, Antônio Miguel Viera Monteiro Março de 2009, capítulo 3, segunda edição, julho de 2004, disponível em arquivo .pdf, 37p.

CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. de. **Princípios Básicos em Geoprocessamento**. In: **Sistemas de Informações Geográficas**. Aplicações na Agricultura / Editado por Eduardo Delgado Assad; Edson Eyji Sano – 2 ed., e ampl.- Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998.xxviii, 434p. il.

CÂMARA, G. DAVIS, C. Introdução ao Geoprocessamento. in: CÂMARA, G.; Davis, C.; Monteiro, A. M. V; Paiva, J. A.; D'Alge, J. C. L. (orgs.) **Geoprocessamento: teoria e aplicações**. 2000.

EPIPHANIO, J.C.N. Gleriani. J.M. Formaggio, A.R. Rudorff, B.F.T. **Índices de Vegetação no Sensoriamento Remoto da Cultura do Feijão**. Pesquisa agropecuária Brasileira. Brasília. 1996.

GUERRA, A. J. T. **O início do Processo Erosivo**. In: **Erosão e Conservação dos Solos - Conceitos, Temas e Aplicações**. A. J. T. GUERRA; SILVA, Antônio Soares e R.G.M. BOTELHO (orgs.). Rio de Janeiro, Editora Bertrand Brasil, 1999, pp. 15-55.

GUERRA, A. J. T. e MENDONÇA, Jane Karina Silva. **Erosão dos Solos e a Questão Ambiental**. In:**Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. GUERRA, A. J. T. e VITTE, Carlos Antônio (orgs.). Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2004, pp. 225-251.

IBGE, **População Estimada dos Municípios Brasileiros em 2008**. Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2008/POP2008_DOU.pdf> Acesso: Fevereiro de 2013.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Satélites meteorológicos**. 2006.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Satélite Sino Brasileiro de Recursos Terrestres**, Disponível em: < <http://www.cbbers.inpe.br/> >. Acesso: Agosto de 2013.

MACEDO, M.A.R, THEODOR ,B. F. **Estimativa da perda de solo por erosão laminar na bacia do rio São Bartolomeu-df usando técnicas de geoprocessamento**. Simpósio Latino americano de Percepção Remota, Puerto Iguazú, AR. 2000.

MENDES, B. V. **Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável do Semi-árido**. Fortaleza: SEMACE, 1997. In: PEREIRA, Daniel Duarte; **Plantas, Prosa e poesia do Semi-Árido; 1ª edição**. Campina Grande-Pb, 2005.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos, 2001. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 208p.

NOVO, E M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. Editora Edgard Blucher LTDA. 2ª Ed. São Paulo, Brasil: 1992.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto**. Curso de Especialização em Geoprocessamento. UFRJ, IGEO, Dep. Geografia, LAGEOP, Rio de Janeiro, 1999.

NOVO, E. M. L. M, - **Sensoriamento Remoto, Princípios e Aplicações** - Editora Edgard Blucher, 1998. Rosa, R. - Introdução ao Sensoriamento Remoto - EDUFU- 1995.

FREIRE, N. C.F, PACHECO, A. P. Aspectos da detecção de áreas de risco à desertificação na região de Xingó. XII. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais**, Goiânia, Brasil, abril 2005, INPE.

PINHEIRO, Eduardo da Silva. Comparação entre Dados Altimétricos Shuttle Radar Topography Mission, Cartas Topográficas e GPS: numa área com relevo escarpado. **Revista Brasileira de Cartografia**. Nº 58/01, 2006. ISSN 1808-0936.

PONZONI, F.J. **Comportamento espectral da vegetação** In: Meneses, P.R; Madeira Netto, J.S. Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais. Brasília: UnB, Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p.157-199.

ROSA, R. **Geotecnologias na Geografia Aplicada**. **Revista do Departamento de Geografia**, 16, 81-90, 2005.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**, Uberlândia: EDUFU, 2007.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 5 ed. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2003.

SIMÕES, Margareth Gonçalves. **Modeladores Digitais de Terreno em Sistemas de Informação Geográfica**. Rio de Janeiro, 1993. COPPE/UFRJ, Mestrado em Engenharia de Sistemas e Computação. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 90 COPPE.

SOUSA, R. F. de. **Terras agrícolas e o processo de desertificação em municípios do semi-árido paraibano**. 2007. 180p.: il. Tese (Doutorado Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, 2007.

STEFFEN, C. A. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Instituto Nacional de pesquisas Espaciais Divisão de Sensoriamento Remoto. Acesso em: Janeiro de 2013.