

# ANÁLISE TEMPORAL DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO SOB A INFLUÊNCIA DA EXPANSÃO URBANA NO ESTADO DE PERNAMBUCO

**Bruna Patrícia Barbosa de Alencar (1); DSc. Hernande Pereira da Silva (2); Annelise da Silva Lopes (3); Ivaldo Rodrigues de Araújo (4); PhD. Eduardo Bergamini (5)**

(1) IFPE, Av. Prof. Luiz Freire, 500 Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50.740-540, e-mail:

[bruna.alencar11@yahoo.com.br](mailto:bruna.alencar11@yahoo.com.br)

(2) IFPE, Av. Prof. Luiz Freire, 500 Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50.740-540, e-mail:

[hernandepereira@yahoo.com.br](mailto:hernandepereira@yahoo.com.br)

(3) IFPE, Av. Prof. Luiz Freire, 500 Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50.740-540, e-mail:

[neo\\_lise@hotmail.com](mailto:neo_lise@hotmail.com)

(4) IFPE, Av. Prof. Luiz Freire, 500 Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50.740-540, e-mail:

[ivaldo\\_gest@hotmail.com](mailto:ivaldo_gest@hotmail.com)

(5) INPE, Avenida dos Astronautas, 1758, São José dos Campos-SP, CEP: 12227-010, e-mail:

[e.w.bergamini@uol.com.br](mailto:e.w.bergamini@uol.com.br)

## RESUMO

No contexto urbano, os problemas ambientais têm se acentuado no mundo e uma das principais causas é a expansão desordenada das cidades. Tal cenário não é diferente no Brasil e nem no Estado de Pernambuco. Pois, devido a interesses econômicos, áreas que deveriam ser preservadas estão sendo usadas para construção e avanço desordenado da mancha urbana e sem nenhum controle ambiental. Assim, causando perda da vegetação. O desenvolvimento turístico e industrial são pontos determinantes para essa expansão. O êxodo rural determinou a evasão de grande parte da população, que passou a ocupar, entre outros, encostas íngremes, manguezais, terrenos públicos destinados a futuras praças e ruas. Diante disso, este trabalho, resultante de uma iniciação científica, pretende apresentar uma análise temporal do crescimento urbano e a sua influência no índice de vegetação para o Estado de Pernambuco nos últimos 20 anos. Tal procedimento foi realizado com técnicas de geoprocessamento. Utilizando imagens LANDSAT 5 dos anos de 1989 e 2009, sensor TM, bandas 2, 3 e 4, e tratadas no software Spring 4.3.3. Os resultados obtidos foram consistentes com a influência da urbanização na resposta do índice de vegetação, demonstrando dessa forma a necessidade de uma maior fiscalização ambiental nas áreas com vegetação, para evitar uma perda irreversível de mata nativa.

**Palavras-chave:** geoprocessamento, índice de vegetação, urbanização

## 1 INTRODUÇÃO

Podemos afirmar que o Brasil, hoje, é um país urbanizado. Com a saída de pessoas do campo em direção aos centros urbanos, os índices da população urbana vêm aumentando sistematicamente em todo o país. A partir da década de 60, as cidades passaram por um processo de dispersão espacial, à medida que novas porções do território foram sendo apropriadas pelas atividades agropecuárias. Para o estabelecimento dessa imigração foi necessário desmatar uma grande quantidade de áreas, por esse motivo e a explosão urbana, podemos afirmar que o ritmo de degradação do meio ambiente se encontra em uma escala avassaladora e que medidas antes previstas para a manutenção do meio, já não fazem mais efeito, tendo em vista o estabelecimento de novos modelos, no momento atual.

Diante disso, a expansão urbana vem provocando modificações na dinâmica das paisagens de todo o território nacional e no Estado de Pernambuco não é diferente. Muitas vezes, esse processo é resultado da ação do circuito imobiliário especulativo, instalado por meio de uma trama de interesses, estratégias e trajetórias dos atores sociais, agentes de valorização e desvalorização das áreas que oferecem potencial de ocupação por condomínios, residências, chácaras para casa de campo, chácaras de moradia, clubes recreativos e outros equipamentos com finalidade de lazer (DE PAULA, 2006).

O geoprocessamento foi utilizado neste trabalho por ser uma tecnologia que permite a realização de levantamentos a custos relativamente baixos, minimizando a quantidade de trabalho de campo e fornecendo dados com maior rapidez. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index - NDVI*) é um estudo de análise espacial através de tratamento de imagens de satélites que permite identificar a presença de vegetação na superfície terrestre, a evolução de seu estado ao longo do tempo e sua distribuição espacial.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Geoprocessamento

De acordo com Dias (2008) o geoprocessamento é um termo amplo, que engloba um conjunto diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, através de programas computacionais destinadas às informações espaciais, que vai desde a aquisição de dados até ao produto final – o mapa - utilizando técnicas matemáticas. As principais técnicas do geoprocessamento são as seguintes: Sistemas de digitalização; Sistemas de conversão de dados; Sistemas de modelagem digital de terreno; Sistemas de processamento de imagens; Sensoriamento Remoto e Sistemas Geográficos de Informações.

#### 2.1.1 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto é definido por Lillesand & Kiefer (1979) como "... a ciência e a arte de receber informações sobre um objeto, uma área ou fenômeno pela análise dos dados obtidos de uma maneira tal que não haja contato direto com este objeto, esta área ou este fenômeno".

O sensoriamento remoto, afirmado por Forster (1985), surge como uma técnica alternativa e bastante eficiente para avaliar o processo de crescimento do espaço urbano. Esta técnica, aliada a outras tecnologias, fornece a possibilidade de monitorar, além do crescimento urbano, os problemas ambientais decorrentes do processo de expansão da mancha urbana (GUARDA 2006).

O princípio do sensoriamento remoto está associado à radiação eletromagnética que se propaga pelo espaço, interagindo com os elementos da superfície ou objetos, sendo estas, refletidas, absorvidas e/ou reemitidas, e suas principais fontes são o Sol e a Terra (DIAS, 2008).

As imagens orbitais podem ser obtidas em diversas faixas do espectro eletromagnético, o que define seu caráter multiespectral. Essas faixas compreendem parte do ultravioleta, estendendo-se até o infravermelho termal, passando pelo visível, pelo infravermelho próximo e médio. Alguns sensores também permitem o imageamento na faixa das microondas, como o radar (LUCIARI, KAWAKUBO e MORATO, 2005, p.33).

Já os sensores são classificados segundo os tipos de produtos gerados (fotográfico e não-fotográficos) o princípio de funcionamento (imageadores e não-imageadores) e fonte de radiação (passivos e ativos).

#### 2.1.2 O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index - NDVI*)

As técnicas de processamento envolvendo índices e razões são de grande utilidade, pois são de fácil realização e interpretação, reduzem a dimensionalidade dos dados e reduzem os efeitos de sombra e de interferência da atmosfera e do solo, os quais mascaram a resposta da vegetação (SILVA, 2009).

Os índices mais conhecidos O Índice de Vegetação Ajustado por Solo (SAVI), a Razão Simples (*Simple Ratio*) e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index - NDVI*), sendo este o mais utilizado.

O NDVI representa o contraste espectral entre a resposta das plantas verdes nas bandas vermelho e infravermelho próximo sendo dado pela seguinte expressão:

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

[Eq. 01]

Onde,

NIR = reflectância espectral da banda do sensor na faixa do infravermelho próximo;

RED = reflectância espectral da banda do sensor na faixa do vermelho.

Os valores de NDVI variam entre - 1 e + 1. Este índice permite identificar a presença de vegetação verde na superfície e caracterizar a sua distribuição espacial, bem como a evolução de seu estado ao longo do tempo, o qual é determinado pelas variações das condições climáticas reinantes. Sua interpretação deve levar em consideração os ciclos fenológicos anuais a fim de se distinguir as oscilações naturais do estado da vegetação (SILVA, 2009).

A indicação da presença de vegetação em imagens multiespectrais é obtida comparando-se valores de reflectância da banda do infravermelho próximo com a banda do vermelho. Essa comparação se dá através de operações envolvendo a diferença ou a razão entre o infravermelho próximo e o vermelho, a razão de diferenças e somas e, ainda, pela combinação de um sistema linear de dados de bandas espectrais (JACKSON e HUETE, 1991). Nesses casos, os altos valores vão representar a vegetação.

## 2.2 Expansão da Urbanização

Em apenas 30 anos, entre 1950 e 1980, o Brasil se transforma: a população passa progressiva e acentuadamente a ocupar as cidades e a Segunda Guerra Mundial irá provocar uma transformação na base produtiva nacional com a aceleração da atividade industrial, via substituições das importações. Em 1950, 36,2% da população brasileira moravam nas cidades e 63,8% na área rural; em 1980, invertem-se os índices com 67,7% morando em cidades e 32,3% no campo. A rápida urbanização, aliada a um processo de “industrialização tardia” acarretou sérios problemas nas cidades com a incapacidade do poder público em fornecer infra-estrutura e serviços necessários aos novos moradores (OLIVEIRA, 2008).

As cidades não ocupam uma área muito grande da superfície terrestre, cerca de 1 a 5%, mas possui uma grande capacidade de alterar a natureza dos rios, campos naturais e cultivados, florestas, atmosfera, oceanos por causa dos ambientes extensos de entrada e saída que elas demandam (OLIVEIRA, 2008).

Um estudo realizado por Guarda (2006) para tentar entender a dinâmica da ocupação do município de Palmas, conduzida a partir do processamento digital de imagens de satélite do sensor *Thematic Mapper* do satélite LANDSAT para os anos de 1990, 1993, 1999 e 2002, juntamente com a imagem do satélite CCD/CBERS do ano de 2005, identificou através de uma análise multitemporal da cobertura e uso da terra, nas bacias hidrográficas do entorno do Lago de Palmas que a paisagem geográfica do município modificou-se em função do extensivo desmatamento da vegetação do cerrado na área rural, bem como da modificação das formas de uso da terra.

Utilizando técnicas de geoprocessamento, foi realizada uma análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal de 1977, 2002 e 2007, e verificado as potencialidades de categorias mapeadas no município de Pires do Rio-GO. A análise temporal do uso da terra comprovou que a pastagem é a categoria predominante nestes 30 anos, ocupando 47% do município em média, e a vegetação natural teve uma redução significativa, principalmente o campo sujo em 55% de sua área. Quanto ao mapa de uso recomendado, verificou-se que 55% da área recomendada para agricultura e 61% indicada para o reflorestamento exótico estão sendo ocupadas com pastagem (DIAS, 2008).

Um estudo realizado pelo GERCO- Projeto de Gerenciamento Costeiro de Pernambuco, elaborado pela Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos- CPRH, em 2001, estudando o processo dinâmico de alteração do uso do solo do Litoral Norte de Pernambuco, utilizou-se de técnicas de Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Sistema de Informação Geográfica (SIG). O intervalo de tempo foi de 1985 a 2005, utilizando imagens de satélites obtidas pelos sensores TM-LANDSAT-5 1985 e CCB/CBERS- 2- 2005 (GOUVEIA, 2007) identificando no Estado de Pernambuco impactos relevantes em relação à área litorânea devido às intensas atividades da construção civil, que tem modificado a paisagem e destruído os manguezais nos últimos 20 anos.

### 3 DESCRIÇÃO DA PROPOSTA

Tomando como base as imagens do satélite TM/LANDSAT 5 adquiridas no banco de dados do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), este trabalho tem o intuito de realizar um estudo temporal do comportamento da vegetação, com a utilização do NDVI, analisando tais resultados sob o ponto de vista do nível de influência que o crescimento da mancha urbana, ocasionou na evolução vegetacional. O trabalho foi realizado com a aplicação de técnicas de tratamento de imagens e geoprocessamento, os mesmos sendo realizados no software SPRING 4.3.3.

### 4 METODOLOGIA

#### 4.1 Imagens de Satélites

Inicialmente foram obtidas imagens já georreferenciadas do satélite LANDSAT 5 com o sensor TM e as bandas espectrais 2, 3 e 4 no formato TIFF através da página do INPE na internet. As imagens utilizadas são dos anos de 1989 e 2009 referentes aos meses de julho, agosto e em sua maioria de setembro.

#### 4.2 Processamento das Imagens

A metodologia do processamento das imagens ocorreu da seguinte forma: depois de obtida a imagem ela foi importada para o software SPRING 4.3.3 onde foi criado um projeto, banco de dados, planos de informação referentes às categorias “imagem”, “Numérico”, “Temático” e do tipo shapefile. Foi importado do ZAPE (Zoneamento Agroecológico de Pernambuco), 2001, realizado pela Embrapa, o arquivo shape correspondente a delimitação do Estado de Pernambuco e que foi usado como máscara para o recorte da imagem, eliminando as áreas que não interessavam ao estudo. Dessa forma, foi possível importar as 11 cenas que corresponde a todo o Estado de Pernambuco e suas respectivas bandas espectrais 2, 3 e 4. Sendo assim construído um mosaico com as respectivas cenas. Realizado o mosaico, foram geradas composições coloridas com as três bandas TM/LANDSAT de forma que a banda 2 representou o canal *Blue*, a banda 3 o canal *Green* e a banda 4 o canal *Red*. Em seguida, as imagens foram tratadas com uma correção radiométrica na opção de contrastes do SPRING 4.3.3 nos valores máximos e mínimos aos canais 4R3G2B onde observou-se uma melhor diferenciação entre as áreas com vegetação (em tons de marrom e vermelho) e as áreas com outro tipo de ocupação (em tons mais claros e esbranquiçados). Os corpos d'água aparecem na cor azul escuro. Estas imagens corrigidas foram utilizadas no cálculo do NDVI e vetorização das manchas urbanas.

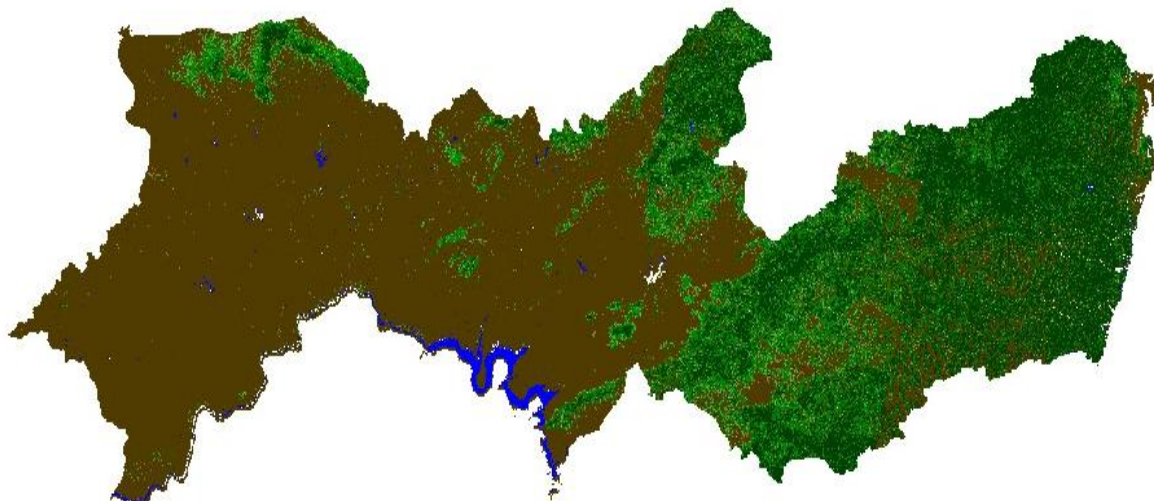
#### 4.3 Cálculos do NDVI e Vetorização

Após as devidas correções nas imagens foi iniciado, então, o processo de cálculo do NDVI através de duas rotinas de programação em LEGAL do software SPRING 4.3.3 previamente criadas. A primeira rotina foi responsável pela geração de imagens em tons de cinza com grades de valores numéricos que se apresentam em uma escala de medida linear entre -1 e 1. A segunda rotina foi criada com o objetivo de realizar um processo de fatiamento onde os valores numéricos de cada pixel que foram relacionados a cores previamente definidas para cada faixa dos valores de NDVI.

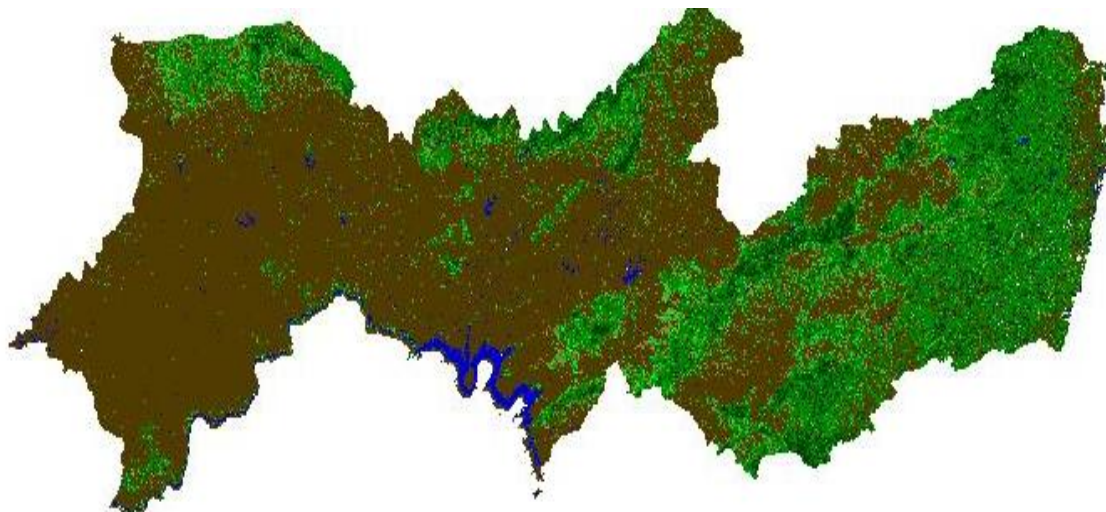
A vetorização foi realizada através da ferramenta Edição Vetorial do software SPRING 4.3.3. Vale salientar que foram levadas em consideração manchas urbanas compatíveis com a escala de visualização do mosaico de imagens do estado de Pernambuco. Mesmo porque como a área de estudo é muito grande a visibilidade de manchas menores não é possível. Para destacar as manchas urbanas vetorizadas foi utilizado polígonos na cor amarela.

### 5 RESULTADOS

Abaixo estão os resultados de forma temática dos NDVIs do Estado de Pernambuco para os anos de 1989 e 2009. O NDVI é representado pela faixa que vai de -1 a 1 e quanto mais próximo de -1 menor será o Índice de Vegetação e quanto mais próximo de +1 maior será o Índice de Vegetação. Os valores do NDVI e as manchas urbanas vetorizadas estão representados nas figuras abaixo.



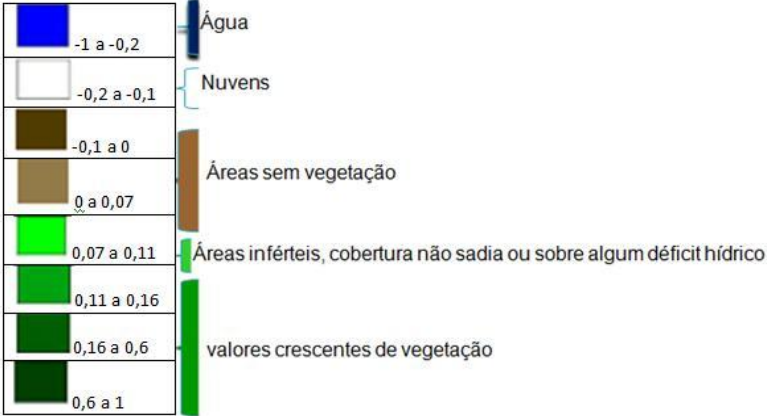
**Figura 1. Produto do NDVI no Estado de Pernambuco (ano de 1989)**



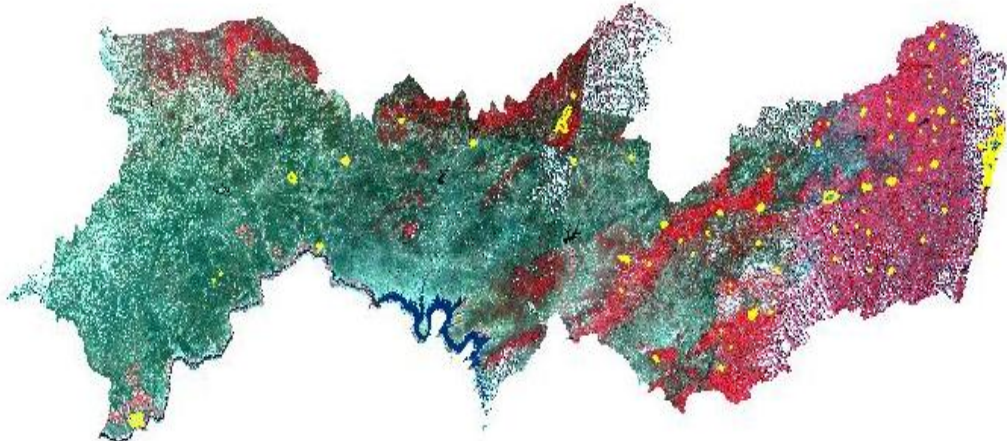
**Figura 2. Produto do NDVI no Estado de Pernambuco (ano de 2009)**



**Legenda**



**Figura 3. Produto da vetorização de manchas urbanas no Estado de Pernambuco (ano de 1989) – imagem com correção radiométrica**



**Figura 4. Produto da vetorização de manchas urbanas no Estado de Pernambuco (ano de 2009) – imagem com correção radiométrica**

 Mancha urbana

## **6 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS**

Dos resultados obtidos para o NDVI e manchas urbanas, pode-se observar que o NDVI do ano de 1989 identificou uma grande área com uma vegetação nativa e sadia, poucas com resposta de vegetação com influência antropizada ou esparsa (áreas inférteis). Tal fato corrobora com a quantidade de manchas urbanas que puderam ser identificadas nas regiões de ocorrência de vegetação, sendo assim, nessa época as manchas urbanas não influenciaram significativamente o desenvolvimento vegetacional.

Entretanto, para o ano de 2009 a resposta do NDVI, mostrou-se ser preocupante, devido à nítida percepção de uma grande retirada da vegetação. A vegetação demonstrando está em sua maioria em áreas inférteis (vegetação verde muito esparsa) e sobre algum déficit hídrico. Pode-se observar também um aumento das áreas de manchas urbanas quando comparadas ao ano de 1989, contribuindo para o resultado do NDVI.

## **7 DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

De um modo geral, a utilização da programação LEGAL no SPRING 4.3.3 se mostrou satisfatória para a realização do presente estudo, por facilitar o processo de cálculo do NDVI uma vez que foram criadas rotinas de programação que reduziram o número de atividades a serem executadas.

A utilização das imagens do satélite LANDSAT 5 se mostrou eficaz quanto a geração dos mapas de NDVI, desde que sejam feitas as devidas correções radiométricas.

A utilização das imagens do satélite LANDSAT 5 também foi satisfatória para a análise de manchas urbanas e sua representação.

Com os resultados adquiridos verificou-se a necessidade de haver um monitoramento contínuo da biomassa vegetacional em nosso Estado, bem como uma maior fiscalização e aplicação de leis ambientais, a fim de minimizar impactos decorrentes do crescimento urbano desordenado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DE PAULA, A.M. **Caracterização do uso e ocupação do solo nas zonas de expansão urbana Norte e Sul de Londrina-Pr.** 2006.163f. Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina. Londrina,Pr, 2006.
- DIAS,C. **Mapeamento do município de Pires do Rio Go:usando técnicas de Geoprocessamento.** 2008.187f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia,MG, 2008.
- FORSTER, B.C. An examination of some problems and solutions in urban monitoring from satellite platforms. **International Journal of Remote Sensing**, 6(1): pp.139-151, 1985.
- GOUVEIA, I.J.C. **Avaliação das mudanças de uso e cobertura das terras em parte do Litoral Norte do Estado de Pernambuco.** 2007. 86f. Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental do Instituto de Tecnologia de Pernambuco- ITEP. Recife, PE,2007
- GUARDA,S.D.M. **Expansão urbana do entorno do Lago do município de Palmas – To (1990, 1993, 1999, 2002, 2005):** Acompanhamento por dados de Sensoriamento Remoto. 2006. 129f. Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins para a obtenção do Título de Mestre em Ciências do Ambiente. Palmas, Tocantins, 2006.
- JACKSON, R. D.; HUETE, A. **Interpreting vegetation indices.** Preventive Veterinary Medicine, 11:185-200, 1991.
- LILLESAND, T.M. & KIEFER (1979). **Remote sensing and image interpretation.** New York.
- LUCHIARI, A.; KAWAKUBO, F.S.; MORATO, R. G.. Aplicações do sensoriamento remoto na geografia. In: VENTURI, L. A.B. ( org.). **Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005.p. 33 -54.
- OLIVEIRA, O. M. G. de. **A Expansão urbana da cidade de Ilhéus-Bahia e a ocupação dos manguezais: o caso do bairro São Domingos.** 2008. 205f. Dissertação de Mestrado. Engenharia Ambiental Urbana da Universidade Federal da Bahia-Salvador,Bahia, 2008.
- SILVA, H.P. **Mapeamento das áreas sob risco de desertificação no semi-árido de Pernambuco a partir de imagens de satélites.** 2009. Trabalho de Tese apresentado ao programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco com partes dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em ciências do solo. Recife, PE, 2009.