

# O USO DO NDVI NO MAPEAMENTO DA DESERTIFICAÇÃO NO SERTÃO DO SÃO FRANCISCO EM ALAGOAS

**Gabriela Lins Veiga**

Graduanda em Engenharia Civil na Universidade Federal de Alagoas UFAL

**Rosangela Sampaio Reis**

Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental pela USP  
Pós-doutora pela *Cambridge University*  
Docente da Universidade Federal de Alagoas

## ABSTRACT

The main factors responsible for the process of desertification are climate changes and human activities. Studies about this process are considered important factors when it comes to planning policy and rationalization of natural resources. The northeastern semi-arid is a region that suffers frequently with the socioeconomic impact left by constant drought processes. In that sense, this paper aims to map and analyze the process of desertification in the semi-arid area of Alagoas-Brazil, region inserted in the Drought Polygon, through satellite data and Geographic Information Systems. Satellite images acquired at different dates were applied to obtain the NDVI, index employed to detect the change of vegetation. Moreover, the images allowed the use of segmentation and classification techniques in order to determine different classes of utilization and land cover in the region.

## PALAVRAS-CHAVE

Desertificação; Sertão do São Francisco; NDVI.

## 1 INTRODUÇÃO

A atividade antrópica não planejada gera problemas ecológicos, os quais vêm acompanhados do agravamento da situação socioeconômica de uma região. A exploração abusiva dos recursos naturais, além das práticas realizadas com carência de informação, afetam os ecossistemas e, por conseguinte, aumentam a preocupação em todo o mundo.

Constata-se que o uso e o manejo dos solos de forma inadequada, acrescidos às variáveis climáticas de um local, fator determinante nas condições físicas do solo, são tidos como as principais causas do processo denominado desertificação. Logo, pode-se verificar o auge deste processo em regiões de climas áridos, semi-áridos e subúmidos, já que nestas os solos se mostram menos favoráveis à exploração agropecuária (MMA, 2005).

A desertificação implica na diminuição da biodiversidade, da fertilidade do solo e da disponibilidade hídrica de uma região, fatos que além de prejudicarem a qualidade de vida da população, estimulam o êxodo rural, acarretando o crescimento da pobreza urbana, a desorganização das cidades e o aumento da poluição.

Atentando para os prejuízos globais quando se trata de aspectos sociais, econômicos e ambientais consequentes de problemas de desertificação, foi elaborado em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, um documento intitulado Agenda 21, o qual já representava uma parcela da preocupação com problemas de desertificação e seca. Em seguida, não demorou muito para, em 1996, a Organização das Nações Unidas aprovar a Convenção Internacional de Combate a Desertificação (PACHECO; FREIRE, 2005).

Destaca-se, então, a necessidade de avaliar e monitorar os processos de desertificação. Uma ferramenta que pode ser aproveitada com essa finalidade é o sensoriamento remoto, visto que a utilização do mesmo torna possível o conhecimento acerca das situações de usos do solo de forma prática, eficiente e econômica.

Para análise dos dados de sensoriamento remoto, os índices de vegetação são variáveis utilizadas com o objetivo de explorar as propriedades espectrais da vegetação e o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) é o mais usado entre eles. "Como ferramenta para o monitoramento da vegetação, o NDVI é utilizado para construir perfis sazonais e temporais das atividades da vegetação, permitindo comparações inter-anuais desses perfis" (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007).

A partir desses conceitos, diferentes imagens do satélite Landsat-5 foram utilizadas para obtenção do NDVI e com isso foi possível a avaliação da degradação do solo em uma área que, pelas suas condições climáticas, é bastante vulnerável a esse processo.

O presente trabalho teve por objetivo o mapeamento e a análise do processo de desertificação da Microrregião Alagoana do Sertão do São Francisco baseando-se no NDVI obtido através de imagens do satélite Landsat-5 (sensor TM). Com o auxílio de métodos de segmentação e classificação das imagens, o trabalho propõe também diferentes classes para uso e cobertura de solo na região estudada.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada na região Nordeste do Brasil e é conhecida como Microrregião Alagoana do Sertão de São Francisco, a qual abrange três municípios de Alagoas, sendo eles: Delmiro Gouveia, Olho d'água do Casado e Piranhas (Figura 1). Estes formam uma área de 1.339 km<sup>2</sup> com população de 82.086 habitantes (IBGE, 2010). De acordo com o Ministério da Integração Nacional a área apresenta clima semi-árido e está inserida no Polígono das Secas (MIN, 2005), que é uma região reconhecida pela legislação como sujeita a períodos críticos de prolongadas estiagens.

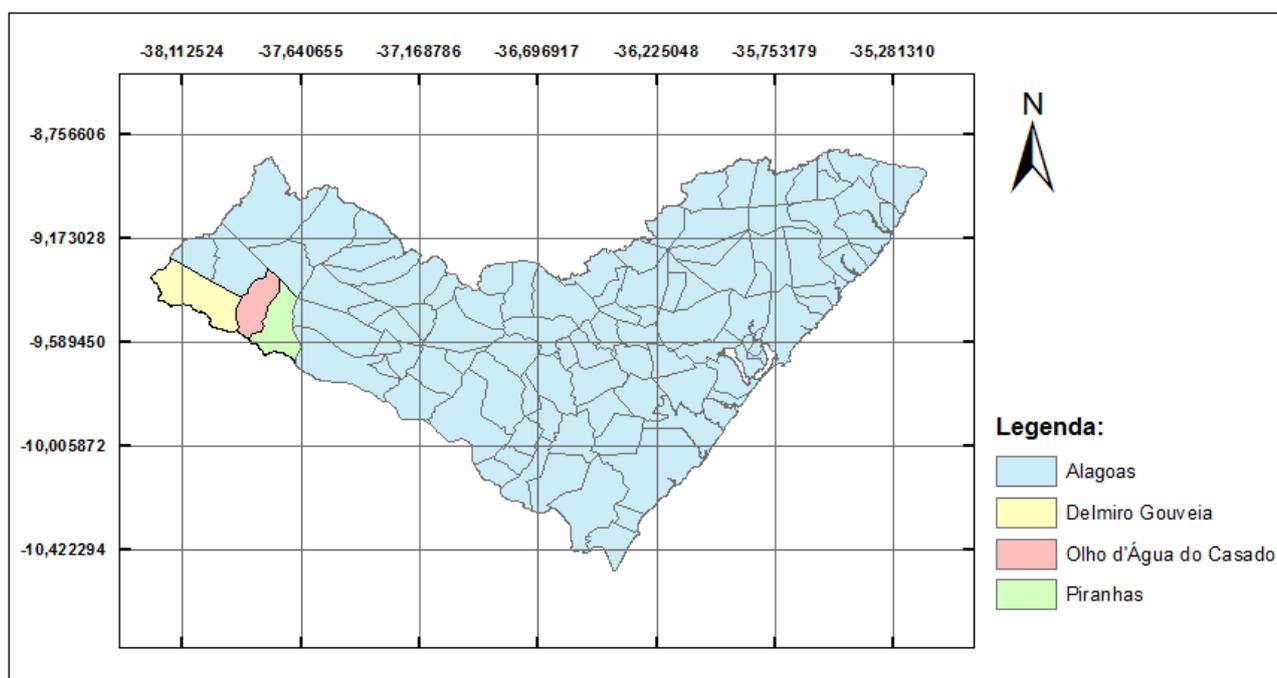


Figura 1: Área de estudo em relação à área do estado de Alagoas.

### 2.2 Materiais e métodos

As imagens do satélite Landsat-5 TM referentes à área estudada são disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A escolha desse satélite se justifica pela ampla variedade das datas de suas imagens, permitindo uma análise considerável da evolução da degradação do solo ao longo do tempo. Assim, foram verificadas no banco de imagens do INPE as datas disponíveis para a cena/órbita 215/67 com cobertura de nuvens de no máximo 10%, o que torna mais fácil a identificação dos alvos de interesse. Deste modo, foram selecionadas as imagens relativas aos dias 17/10/1999 e 10/11/2008, por apresentarem um intervalo temporal razoável.

De acordo com Carvalho, Góes e Mello (2006), para a utilização correta de dados gerados por sensoriamento remoto devem ser aplicadas ferramentas matemáticas e estatísticas digitais, as quais permitem a observação e a correção das informações nos resultados finais. Assim, no presente trabalho foram utilizadas técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI), que foram realizadas em duas etapas: pré-processamento e processamento das imagens.

O pré-processamento prepara os dados obtidos do sensor para serem usados de forma correta através de algumas técnicas, como a correção geométrica, a conversão para valores de parâmetros físicos e a normalização radiométrica. Já o processamento é utilizado para a obtenção das informações a partir das imagens. As duas etapas foram executadas com o auxílio do programa computacional IDRISI®.

Além da obtenção do NDVI, o presente trabalho propõe classes de uso e cobertura do solo na região, permitindo, assim, uma comparação ao longo do tempo da ocupação desse solo. Em seguida, utilizou-se a composição das bandas 3, 4 e 5 das imagens e o software Google Earth® para verificação das classes criadas.

### 2.2.1 Pré-processamento das imagens

Segundo Seabra, Medeiros e Cruz (2003), as imagens geradas pelos sensores remotos apresentam algumas distorções espaciais causadas por diversos fatores, dentre estes se pode citar a rotação e a curvatura da Terra. Deste modo, as imagens possuem imprecisões quanto ao posicionamento dos objetos e superfícies exibidos. A fim de minimizar essas distorções, foi realizada a correção geométrica, que visa reorganizar os pixels da imagem para que os mesmos correspondam a um sistema de projeção cartográfica determinado. No presente trabalho foi adotado o polinômio de 1º grau e a técnica de alocação do vizinho mais próximo.

Em seguida, procedeu-se o recorte geográfico da área de estudo das imagens. Faz-se importante ressaltar que só foi utilizada a região da área de estudo que se encontra na cena/órbita 215/67 do satélite Landsat-5 TM, deste modo, uma parcela do município de Delmiro Gouveia não foi estudada e, assim, a área total analisada na pesquisa foi de 1099 km².

As imagens foram, então, convertidas de números digitais (ND) para valores de parâmetros físicos, o que, de acordo com Ponzoni e Shimabukuro (2007), permite a caracterização espectral dos objetos e o cálculo envolvendo imagens de diferentes bandas espectrais. Assim, os números digitais foram convertidos para radiância, que é um parâmetro que depende da intensidade de radiação emitida pela fonte, fato que prejudica as avaliações das propriedades espectrais dos objetos. Desse modo, os números digitais foram convertidos para valores de radiância e, estes, posteriormente, convertidos em valores de reflectância aparente. As conversões foram realizadas através do método proposto por Markham e Barker (1987), que utiliza as seguintes equações:

$$L_o(\lambda) = L_{min\lambda} + \frac{(L_{max\lambda} - L_{min\lambda})}{QCAL_{max}} \cdot QCAL, \text{ onde:}$$

$$L_o(\lambda) = \text{radiância bidirecional aparente em } mW \cdot cm^{-2} \cdot Sr^{-1} \cdot \mu m^{-1};$$

$$L_{min\lambda} = \text{radiância espectral mínima;}$$

$$L_{max\lambda} = \text{radiância espectral máxima;}$$

$$QCAL_{max} = \text{número digital máximo, corresponde a 255 para os dados TM;}$$

$$QCAL = \text{número digital que será convertido.}$$

$$\rho_a = \frac{\pi \cdot L_o(\lambda) \cdot d^2}{E_{sun}(\lambda) \cdot \cos(\theta)}, \text{ em que:}$$

$$\rho_a = \text{reflectância aparente;}$$

$$L_o(\lambda) = \text{radiância bidirecional aparente em } mW \cdot cm^{-2} \cdot Sr^{-1} \cdot \mu m^{-1};$$

$$d = \text{distância Sol-Terra em unidades astronômicas;}$$

$$E_{sun}(\lambda) = \text{irradiância média do sol no topo da atmosfera em } mW \cdot cm^{-2} \cdot Sr^{-1} \cdot \mu m^{-1};$$

$$\theta = \text{ângulo solar zenital em graus.}$$

Uma vez que os valores de reflectância aparente possuem influência de variações da sensibilidade dos detectores com o tempo e de variações na geometria de iluminação, a conversão para reflectância não é suficiente para possibilitar a caracterização espectral de séries temporais.

Nesses termos, as imagens foram submetidas à normalização radiométrica. Lima (2006) afirma que a técnica desenvolvida por Schott *et al.* (1988) e adaptada por Galo e Novo (2000) faz com que as imagens pareçam ter sido obtidas nas mesmas condições atmosféricas e de iluminação em relação a uma imagem da mesma área, sendo esta a imagem de referência. A normalização radiométrica foi realizada através da seguinte expressão (GALO; NOVO, 2000):

$$I_{(i,j)_N} = \frac{S_R}{S_{AN}} \cdot (I_{(i,j)_{AN}} - \bar{I}_{AN}) + \bar{I}_R, \text{ onde:}$$

$$I_{(i,j)_N} = \text{valor de brilho do pixel (i,j) da imagem normalizada;}$$

$$S_R = \text{desvio-padrão da imagem de referência;}$$

$$S_{AN} = \text{desvio-padrão da imagem a ser normalizada;}$$

$$I_{(i,j)_{AN}} = \text{valor de brilho do pixel (i,j) da imagem a ser normalizada}$$

$$\bar{I}_{AN} = \text{média da imagem a ser normalizada;}$$

$$\bar{I}_R = \text{média da imagem de referência.}$$

### 2.2.2 Processamento das imagens

De acordo com Figueiredo e Carvalho (2007) os valores do NDVI representam quanto de vegetação verde está presente no pixel. O NDVI foi obtido pela seguinte fórmula:

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R}, \text{ onde:}$$

NIR = valor do pixel correspondente à banda TM-4, que corresponde à região do infravermelho próximo;

R = valor do pixel correspondente à banda TM-3, que corresponde à região do vermelho.

As imagens obtidas de NDVI para as datas 17/10/1999 e 10/11/2008 foram utilizadas para a realização da classificação não-supervisionada, a partir do algoritmo de classificação denominado *K-means*, que permitiu a obtenção de diferentes classes quanto ao uso e cobertura do solo.

### 2.2.3. Verificação das classes de uso e cobertura do solo

A fim de fazer uma verificação das classes criadas a partir da classificação não supervisionada da imagem NDVI, bem como analisar as imagens NDVI, foi elaborada a composição colorida das bandas 3, 4 e 5 das imagens obtidas pelo INPE, realizado apenas a correção geométrica e o recorte geográfico. Foi feita a composição com essas bandas por ela apresentar uma discriminação visual razoável dos alvos e, assim, facilitar na identificação de padrões de uso do solo. A imagem resultante dessa composição exibe os corpos d'água em tons azulados, as formas de vegetação em tons esverdeados e os solos expostos em tons avermelhados. Utilizou-se, também, o software Google Earth® para facilitar na identificação das feições presentes na área de estudo.

## DESCOBERTAS E DISCUSSÕES

Após realizado todo o pré-processamento e processamento das imagens, foram obtidas as imagens NDVI da cena/órbita 215/67 para os dias 17/10/1999 (Figura 1a) e 10/11/2008 (Figura 1b), que estão apresentadas em escala de cinza. Os níveis de cinza mais claros indicam índices de vegetação com valores mais altos e os mais escuros expressam os índices de vegetação com valores mais baixos, os quais representam água, construções e solo exposto.

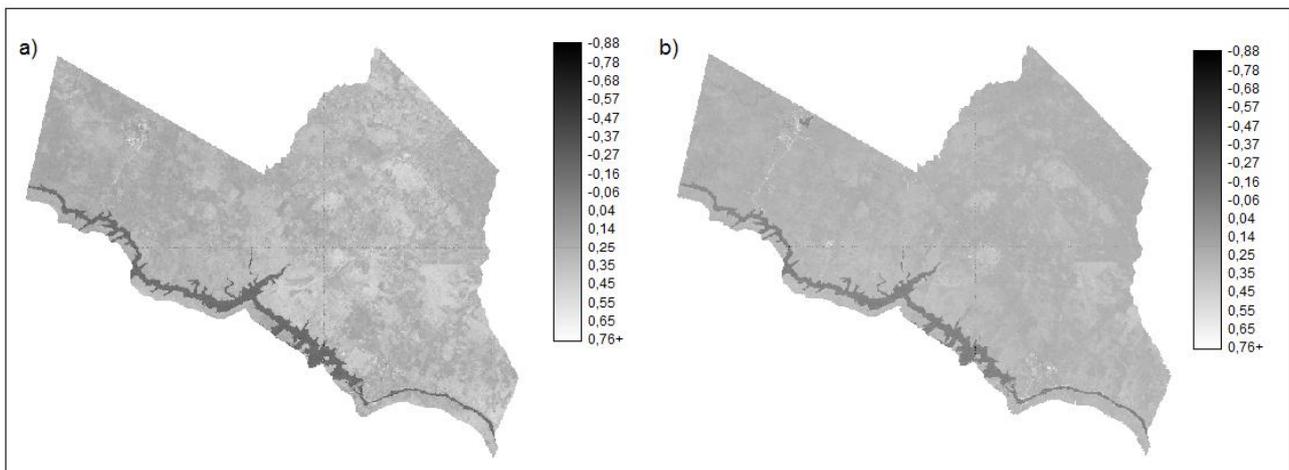


Figura 2: Imagens NDVI em escala de cinza para as datas 17/10/1999 (a) e 10/11/2008 (b).

A partir das imagens NDVI foi possível à obtenção de diferentes classes de uso e cobertura do solo para as duas datas. Através da classificação não supervisionada foram estabelecidas três diferentes classes. A Figura 3 mostra as classes obtidas para as imagens.

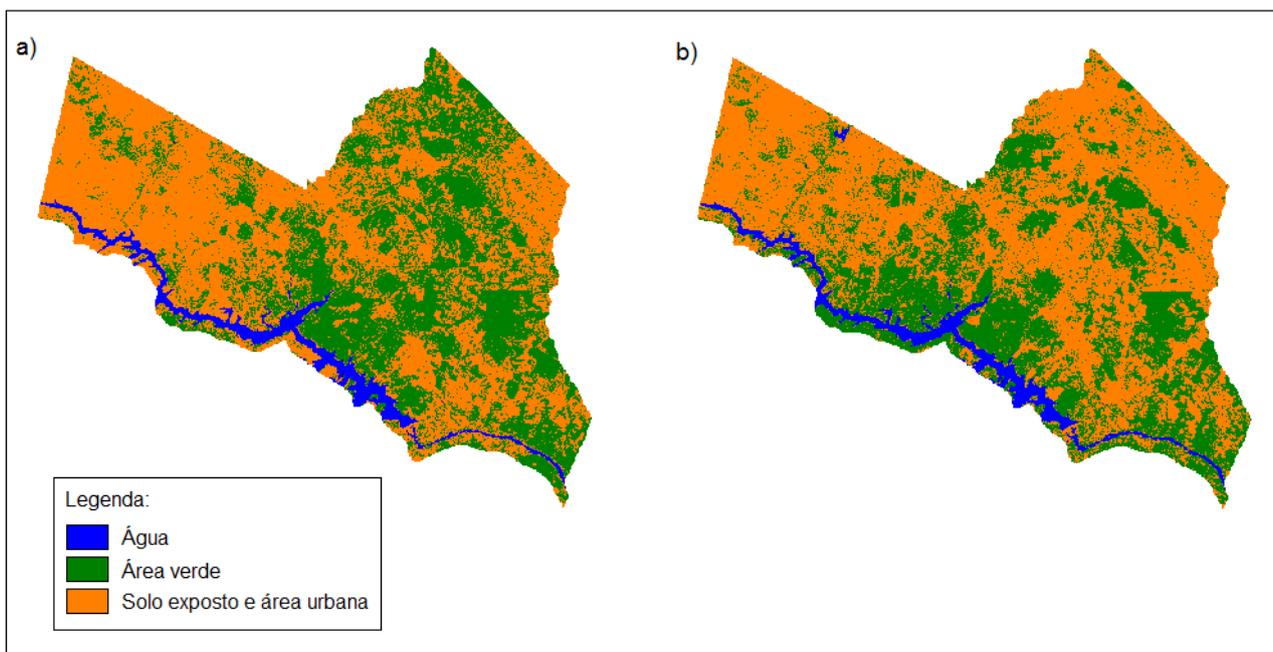


Figura 3: Classificação das imagens NDVI para as datas 17/10/1999 (a) e 10/11/2008 (b).

Observa-se pelas Figuras 2 e 3 que as classes que representam a água correspondem aos valores de NDVI mais baixos, ou seja, com tons de cinza mais escuros. As regiões que apresentam maior estado de degradação, menor desenvolvimento de vegetação ou área construída estão associadas aos índices de vegetação intermediários. E, por fim, as classes que expressam a área verde correspondem aos índices de vegetação mais altos, os quais, nas imagens NDVI, são representados por níveis de cinza mais claros.

As imagens obtidas através da classificação não supervisionada permitiram a quantificação das áreas de cada uma das classes de uso e cobertura do solo. Assim, pôde-se constatar que em 1999 havia, aproximadamente, 624 km<sup>2</sup> de área sofrendo com o processo de desertificação e com a presença de construções e, em 2008, esse valor passou a ser de 661 km<sup>2</sup>. Assim, observa-se que em 9 anos essa área aumentou em 37 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 3,4% da área total analisada na pesquisa. Quanto à área verde, houve uma redução de 3,5% da área total.

Observa-se que, em apenas 9 anos, o meio ambiente passou por uma transformação significativa, fato que, devido ao curto intervalo de tempo estudado, pode ser associado, em parte, às atividades antrópicas, das quais se pode citar o uso intensivo do solo na agricultura, a pecuária extensiva, o desmatamento e a mineração. Outro fator agravante é a condição climática da região, visto que a mesma apresenta clima semi-árido, que já possui uma tendência de sofrer com os processos de seca.

A fim de se verificar as imagens NDVI em relação à condição em que se encontra a área estudada, foi feita uma composição das bandas 3, 4 e 5 de cada imagem. Neste caso, foram utilizadas as imagens depois de feito apenas a correção geométrica e o recorte, ou seja, sem passarem por todo o pré-processamento que foi realizado antes da obtenção do NDVI. As imagens resultantes são apresentadas na Figura 4.



Figura 4: Composição das bandas 3, 4 e 5 das imagens para as datas 17/10/1999 (a) e 10/11/2008 (b).

Observa-se, pela composição das bandas 3, 4 e 5 das imagens, que as áreas em tons de verde se apresentam em menor quantidade na Figura 4b, o que comprova os resultados obtidos com a classificação a partir da imagem NDVI, onde se pode constatar que a área verde diminui no período de tempo analisado. Nota-se também o aumento das áreas degradadas, representadas pelas feições em tons de magenta. Os resultados também puderam ser comprovados através do software Google Earth®, que funcionou como um instrumento de auxílio no reconhecimento das feições das imagens.

## CONCLUSÕES

Com vistas em fornecer subsídios para as tomadas de decisão relacionadas à proteção do meio ambiente, mais especificamente, à redução de processos de desertificação, o sensoriamento remoto mostrou-se uma ferramenta poderosa, tornando a identificação de feições, como área verde e solo exposto, uma atividade mais eficiente e econômica.

A Microrregião Alagoana do Sertão do São Francisco apresentou uma tendência de crescimento das áreas de desertificação ao longo do tempo, que foi acompanhado pela consequente redução da área de vegetação.

Foi constatado que esse processo de desertificação foi causado, no período de 9 anos estudado, não somente pelas condições climáticas, dada a região apresentar clima semi-árido que a torna propícia aos processos de desgaste do solo, mas também por ações antrópicas.

## REFERÊNCIAS

- CARVALHO, M.; GÓES, C. A.; MELLO FILHO, W. L. de. Avaliação do desempenho de diferentes classificadores (Iseseg, Bhattacharyya, Maxver e Maxver-ICM), utilizando imagens CCD/CBERS-1 e ETM<sup>+</sup>/Landsat-7 fusionadas. **Revista Ambi-Água**, Taubaté, v. 1, n. 2, p. 80-89, 2006.
- FIGUEIREDO, S. M. M.; CARVALHO, L. M. T. Análise comparativa entre técnicas de classificação digital em imagens Landsat no mapeamento do uso e ocupação do solo em Capixaba, Acre. **Anais XIII Congresso Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, abr. 2007. p. 6729-6736.
- GALO, M.L.B.T.; NOVO, E. M.L.M. Normalização radiométrica de imagens: um meio de integrar dados multitemporais de Sensoriamento Remoto para monitoramento ambiental. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.1, n.12, p.67-75, 2000.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Brasília, 2010.

- LIMA, D. L. de. **Sensoriamento remoto e geoestatística na caracterização espaço-temporal de plantas aquáticas**. 2006. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas). Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2006.
- MARKHAM, B. L.; BARKER, J. L. Radiometric properties of U.S. processes Landsat MSS data. **Remote Sensing of Environment**, v.17, p.39-71, 1987.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Relatório final grupo de trabalho interministerial para redelimitação do semi-árido nordestino e do polígono das secas**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2005.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca: Pan-Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.
- PACHECO, A. D. P.; FREIRE, N. C. F. Aspectos da detecção de áreas de risco à desertificação na região de Xingó. **Anais XII Congresso Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, abr. 2005. p. 525-532.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007.
- SEABRA, V. da S.; MEDEIROS, D. R.; CRUZ, C. B. M. A importância da correção geométrica de imagens orbitais na atualização cartográfica. **XXI Congresso Brasileiro de Cartografia**, Belo Horizonte, 2003.
- SCHOTT, J. R.; SALVAGGIO, C.; VOLCHOK, W. J. Radiometric scene normalization using pseudo-invariant features. **Remote Sensing of Environment**, v. 26(1), p. 1-16, 1988.