

Avaliação da Impermeabilização do Solo na Área Urbana em Goiânia

Paulo Rafael Alves^{1,2}
Eula Regia Sena Santos²
Nilson Clementino Ferreira³
Marcos Vinícius Alexandre da Silva⁴
Helci Ferreira Ramos⁵
Wellington Nunes de Oliveira¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Goiânia
Coordenação da Área de Geomática – Rua 75, Centro – Goiânia – GO, Brasil
{ paulorafaelalves, wellington.wno }@gmail.com

^{1,2}Fundação Aroeira – PUC
5^a Avenida, nº 302 Setor Leste Universitário – Goiânia – GO, Brasil
eulasenna@gmail.com

^{3,4}Universidade Federal de Goiás – UFG
Campus I Setor Universitário e Campus II Samambaia - Goiânia – Goiás, Brasil
{ nclferreira, marcosalexandregeo }@gmail.com

⁵ Ministério Público do Estado de Goiás – Comarca de Goiânia
Rua 23, esq. com a Av. Fued José Sebba, Qd. 06, Lts. 15/25, Jd. Goiás - Goiânia - Goiás.
helcramo@yahoo.com.br

Abstract. This work evidences the geoprocessing techniques more appropriate to identify, quantify e map impermeable soil areas in capital of Goiania-GO. Due to seasonal behaviors of Cerrado Vegetation, it was necessary to consider such a feature in the methodology, through processing images obtained in dry and wet seasons on study area. The work was developed in many steps, initially, gross images from CDD e HRC sensors, taken on board of CBERS-2B satellite were pre-processed, being used the atmospheric correction and restoration, and next being made registers and fusion of these images. It was applied the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) on fused image with spatial resolution of 2.5 meters, being converted the images to the vectorial shapefile format. It started from the assumption that areas with greater soil waterproofing usually has less quantity for vegetal coverage, thereby observing vegetation index obtained by the processing images involving near infrared and red bands, it is possible to preliminarily identify areas that can be more or less impermeable, it is necessary to perform visual inspections considering vegetation index and original images obtained. The results showed that waterproofing in Goiania city reached 31,56% of its 72651,16 ha total area, in dry periods by 2008. It was observed in urban area a higher density on Anhanguera-Axis , reaching in this sector a higher level of 78% of waterproofing. The higher concentration of waterproofing area is of class smooth, with 21,43% total area.

Palavras-chave: fusion, images, impermeable, fusão, imagens, impermeável.

1. Introdução

Aproximadamente 70% da superfície terrestre são recoberta com vegetação. Além disso, a vegetação é um dos mais importantes componentes dos ecossistemas (Weiers,2004).

Somente 26% da superfície terrestre são de terras expostas. Os restantes 74% são cobertos por água (incluindo ilhas interiores, lagos, reservatórios e rios). Quase toda a humanidade vive sobre uma base sólida terrestre composta de rochas ou de rochas intemperizadas, que chamamos de solos. Desta forma, é importante possuir informações as mais precisas possíveis sobre a localização, a qualidade e a abundância dos solos, dos minerais e das rochas, com o objetivo de conservar da melhor forma possível esses recursos naturais não-renováveis. O sensoriamento remoto pode desempenhar importante função na identificação, inventário e

mapeamento dos solos superficiais terrestres, especialmente quando não estão recobertos por vegetação (Jensen, 2009).

Segundo Small (2004) "As paisagens urbanas são compostas por um conjunto diversificado de materiais (concreto, asfalto, metal, plástico, telhas de madeira, vidro, água, grama, vegetação arbustiva, árvores e solo) dispostos de maneira complexa pelo Homem para a construção de habitação, sistemas de transporte, estabelecimentos de comércio e serviços, instalações industriais e áreas para recreação". Em muitos casos, a urbanização se dá em um ritmo acelerado, frequentemente desprovida de um desenvolvimento planejado.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 1950 a população rural era de 63,84% e a população urbana era de 36,16%, respectivamente. Atualmente, a população está em torno de 80% e a perspectiva é que esse valor aumente ainda mais. A concentração de grande parcela da população do país em áreas urbanas faz com que em muitas vezes a ocupação do solo e do espaço urbano seja realizada de forma desordenada. As migrações e o crescimento populacional, e as aglomerações em torno dos centros urbanos, acarretam, entre outras modificações, a transformação na cobertura do solo. Esse solo que em seu estado natural permitia a infiltração da água, neste outro momento apresenta-se como uma superfície impermeável, trazendo como consequência um aumento na quantidade e na velocidade do escoamento superficial da água da chuva. Com isso, os sistemas de drenagem pluvial, que antes suportavam uma determinada carga de escoamento, não conseguem mais dar vazão a todo o volume de água que chega pela superfície, causando, entre outros problemas, as enchentes urbanas (Alves, 2004).

Diante deste contexto este trabalho tem como objetivo identificar, quantificar e mapear as áreas de solos impermeáveis em todo o município de Goiânia, capital do Estado de Goiás. A metodologia aplicada para a identificação das áreas impermeáveis é feita através da utilização de sensores orbitais, especificadamente o uso de imagens CBERS-2B (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) sensores CCD (Câmera Imageadora de Alta Resolução) e HRC (Câmera Pancromática de Alta Resolução).

2. Área de Estudo

O município de Goiânia (Figura 1), capital do Estado de Goiás, foi fundada em 24 de outubro de 1933, por Pedro Ludovico Teixeira. Segundo o IBGE (2009), possui uma área de 739 Km² sua população em 2009 era de 1.281.975 habitantes e está localizada na latitude 16°40' 43" Sul e longitude 49°15' 14" Oeste.

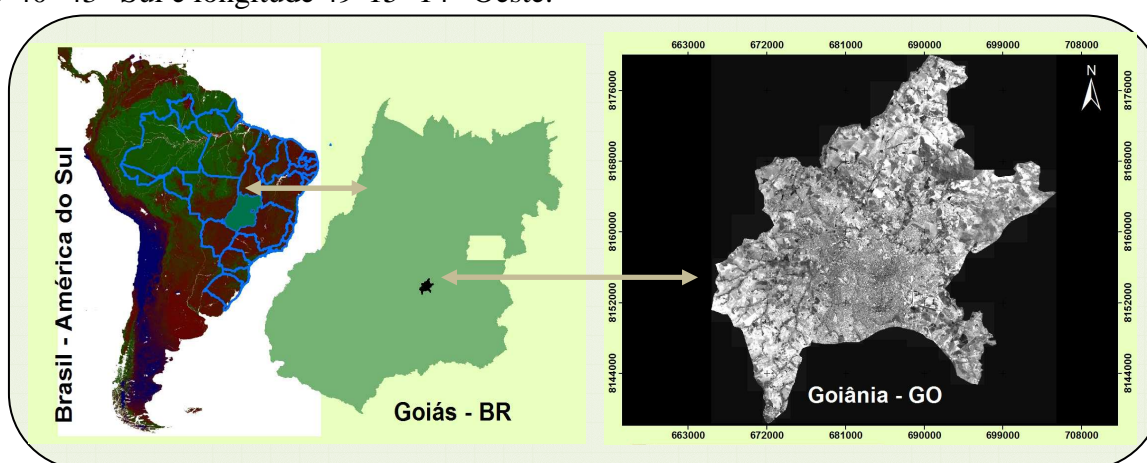


Figura 1. Localização da área de estudo.

3. Metodologia de Trabalho

Neste trabalho foram utilizados dados vetoriais (formato *shapefiles*), a Ortofotocarta de Goiânia (elaborada em 2006) do MUBDG (Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia) fornecidos pela Prefeitura de Goiânia, dados *shapefiles* do SIEG (Sistema Estadual de Estatísticas e de Informações Geográficas de Goiás), mapeamento de relevo do município com resolução espacial de 5 metros e as imagens do satélite CBERS 2B fornecidas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

Foram utilizados os softwares SPRING 4.3.3 (Sistema de Processamento de Informações Geográficas) para a restauração das imagens CBERS-2B sensor CCD, ENVI 4.6 (*Environment for Visualizing Images*) para correção atmosférica destas imagens e ArcGIS 9.3 (ESRI - *Environmental Systems Research Institute*) para todas as outras etapas de processamento e análise das imagens. As operações envolvidas nesta metodologia são apresentadas na figura 2.

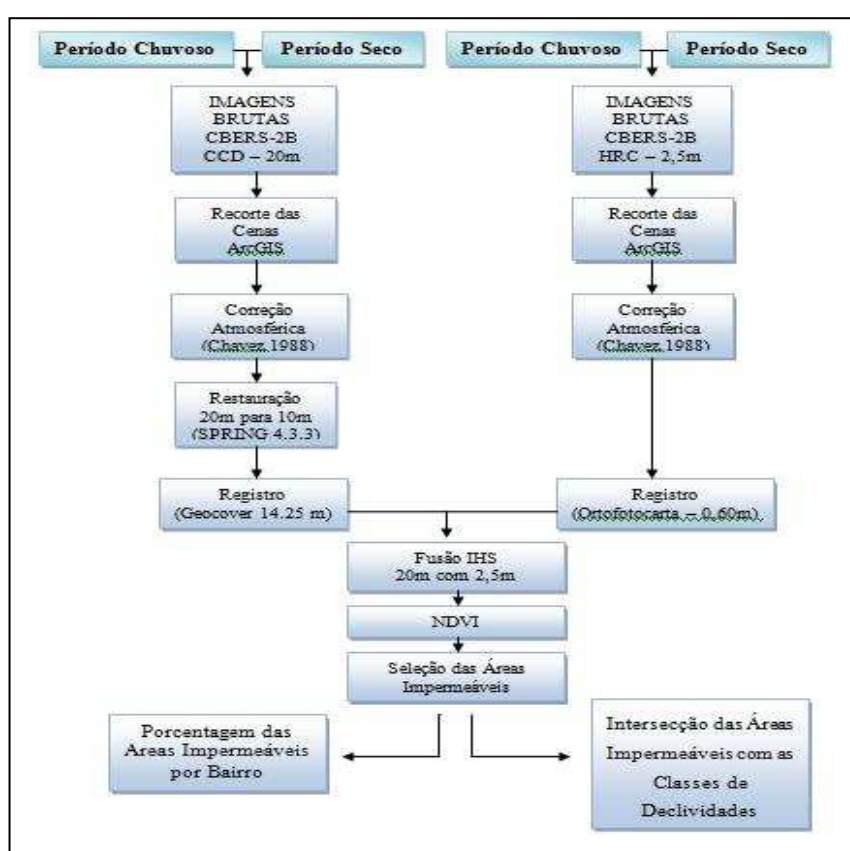


Figura 2. Roteiro metodológico das atividades desenvolvidas.

3.1 Pré-Processamento dos Dados

Zullo Jr. et al. (1994), Kuntschik et al. (2001) e Rosatti (2006), citam a importância da correção atmosférica em imagens de satélites para estudos ambientais como a aplicação de índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI).

Para o pré-processamento foram utilizadas imagens de dois períodos seco e chuvoso, adquiridas pelo sensor CCD e HRC, colocado a bordo do satélite CBERS 2B.

Aplicou-se a correção atmosférica (Chavez, 1988) nas imagens brutas do sensor CCD e HRC, segundo o método de correção do histograma por seus valores mínimos (*Histogram Minimum Method* – HMM), através software ENVI 4.6. Em seguida foram aplicadas técnicas de restauração nas imagens do sensor CCD interpolando o pixel de 20m para 10m, através do software SPRING 4.3.3. Os resultados são mostrados na figura 3.

3.2 Correção Geométrica

A correção geométrica tem a função de reorganizar os “pixels” da imagem em relação a um determinado sistema de projeção cartográfica. Ela objetiva minimizar as distorções geométricas, provenientes das características do sensor utilizado e das variações decorrentes do movimento do mesmo durante a passagem sobre o alvo (Luiz et al, 2003).

Para o georreferenciamento utilizou-se como base a Ortofotocarta de Goiânia com resolução espacial de 0,60m para o sensor HRC e as imagens Geocover (formato MrSid) com resolução espacial de 14,25m para o sensor CCD.

3.3 Fusão IHS

Segundo Fonseca et. al. (2000), tal processamento pode ser utilizado visando melhorar a resolução espacial. A paisagem urbana é composta por um vasto número de elementos e materiais definindo tal paisagem como sendo radiometricamente heterogênea e complexa (Small, 2005).

O método IHS (intensidade, matiz e saturação) é uma forma alternativa ao espaço RGB de representação de cores. A fusão por IHS foi executada a partir de uma transformação das composições coloridas R3G4B2, resultando em 3 bandas: I (*Intensity*) – Intensidade, H (*Hue*) – Matiz e S (*Saturation*) – Saturação. Na transformação IHS inversa foi substituída a componente I pela banda pancromática do sensor HRC de 2,5 metros de resolução espacial e inseridas as componentes H e S. Segundo os testes feitos na área de estudo o método citado foi o que obteve o melhor desempenho espectral e visual.

3.4 Índice da Diferença Normalizada da Vegetação - NDVI

O índice de vegetação é uma técnica de realce da vegetação através de operações matemáticas simples, usada em processamento digital de imagens de sensoriamento remoto (CRÓSTA, 1992).

O NDVI é o resultado da composição matemática entre a banda do vermelho e do infravermelho próximo e tem a seguinte expressão (equação 1):

$$NDVI = (\rho_{ivp} - \rho_v) / (\rho_{ivp} + \rho_v) \quad (1)$$

Onde: ρ_{ivp} é a reflectância no infravermelho próximo; ρ_v é a reflectância no vermelho

NDVI é adimensional, sendo que os seus valores oscilam entre -1 e +1, que correspondem às características de estresse hídrico (próximo a -1) a uma vegetação exuberante (próximo de +1). As funções booleanas utilizam operadores lógicos (booleanos) e permitem realizar cruzamentos entre dois ou mais planos de informação (Câmara et al., 1998). Para o mapeamento das áreas impermeáveis foi usada a seguinte operação booleana na imagem NDVI, período seco e chuvoso:

$$NDVI \leq -0,5 \quad (2)$$

3.5 Cálculo da Declividade

O cálculo da declividade foi efetuado a partir do modelo digital de elevação do município com resolução espacial de 5 metros que cobrem todo o município de Goiânia, primeiramente realizou-se um recorte por máscara segundo o limite municipal de Goiânia e em seguida foi utilizado à ferramenta *Slope* (declividade) resultando em uma imagem com quatro classes.

4 Resultados

Na tabela 1 são mostrados os valores das áreas impermeáveis, em relação à área total do município de Goiânia. Os bairros que tiveram maior índice foram: Setor Central, Campinas,

Rodoviário, Aeroporto, Oeste, Leste Vila Nova, Novo Mundo, Nova Suíça, Ipiranga, Jardim Nova Esperança, Guanabara, Vila Finsocial dentre outros.

Tabela 1. Percentagem da Área Impermeabilizada no Município de Goiânia.

Período	Impermeabilização (ha)	Porcentagem (%)
Chuvoso de 2009	13669,61	18,81
Seco de 2008	22933,50	31,56

Na figura 3 são apresentadas as áreas impermeáveis no município de Goiânia

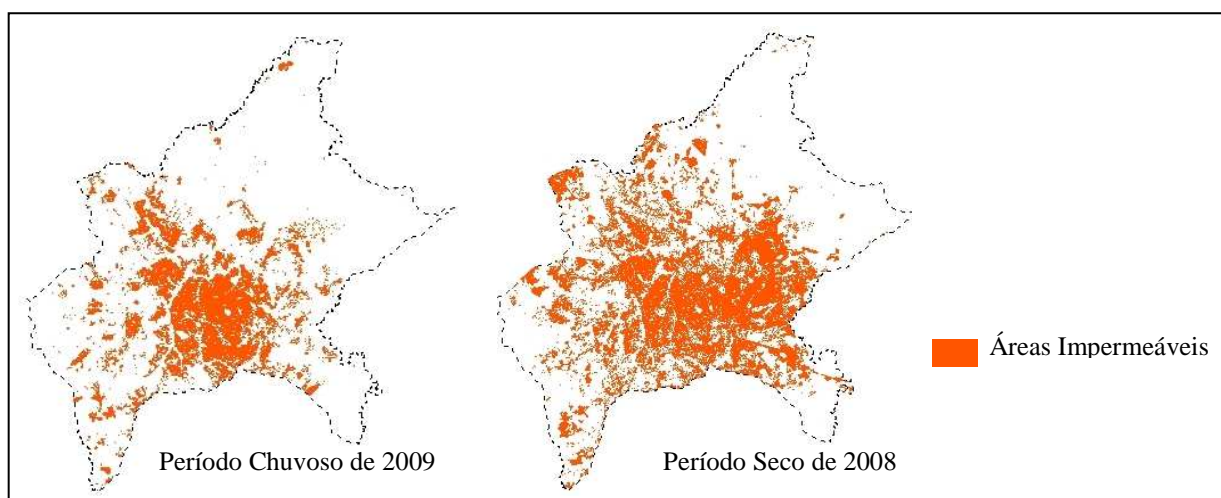


Figura 3. Áreas Impermeáveis do Município de Goiânia.

Na figura 4 observa-se uma tendência de adensamento urbano, comum nas capitais brasileiras, no setor central da cidade e uma ocorrência maior de adensamento no eixo anhanguera (avenida anhanguera – sentido oeste-leste na figura 4). Esta ocorrência é bem observada no período seco de 2008, pois devido sua história a cidade de Goiânia originou-se no Setor Campinas e expandiu ao longo das principais avenidas como a anhanguera.

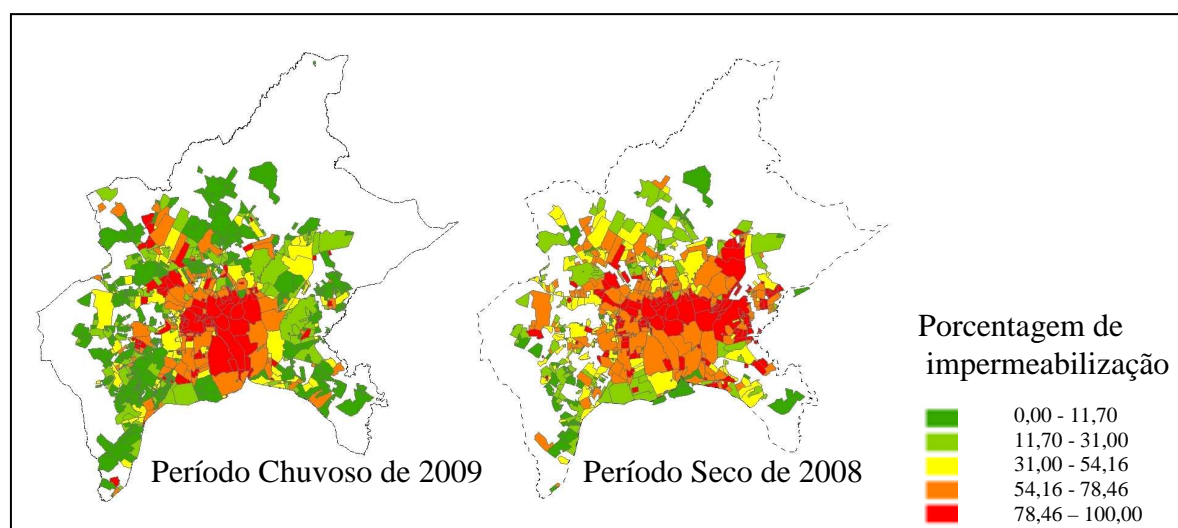


Figura 4: Porcentagem de Área Impermeabilizada por Bairro

A tabela 2 mostra a quantidade de área impermeabilizada, em relação à área total do município.

Tabela 2: Percentual da Área Impermeabilizada por Declividade no Município de Goiânia

Declividade em (%)	Período Chuvoso (ha)	Porcentagem (%) Chuvoso	Período de Seca (ha)	Porcentagem (%) Seca
0 a 3	10291,08	14,16	15570,25	21,43
3 a 8	3143,28	4,32	6441,21	8,86
8 a 20	200,25	0,275	816,11	1,12
Acima de 20	31,29	0,00040	102,51	0,14

A maior concentração de área impermeável está na classe de declividade suave (0 a 3%), com 21,43%, em relação à área total do município, observado na figura 5.

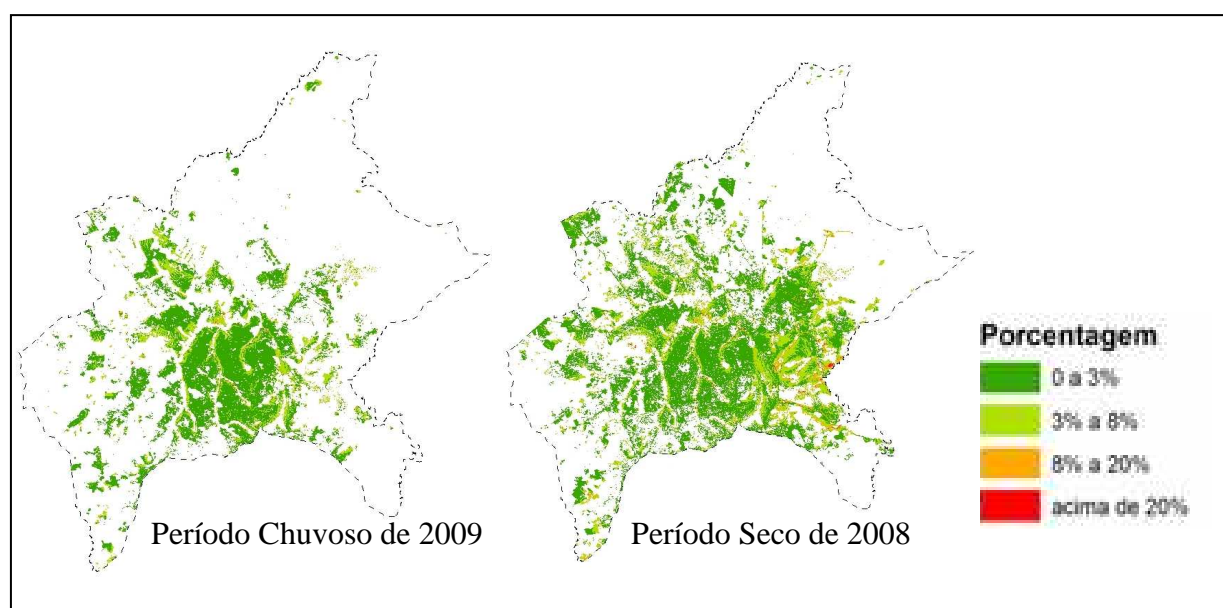


Figura 5: Intersecção das Áreas Impermeáveis com as classes de Declividade

4. Considerações Finais

Neste trabalho foram utilizadas técnicas de geoprocessamento, com o intuito de analisar as áreas impermeáveis no município de Goiânia, no período de 2008-2009.

Os resultados referentes ao estudo deste trabalho, mostraram que as impermeabilizações do solo ocorrem em áreas planas, e há um adensamento de área construída nos principais eixos como avenida anhanguera, avenida T-9, avenida T-7, GO 070 e nos setores em direção ao município de Goianira.

A variação da área impermeável foi considerável, em 2008 atingiu 22.933,50 ha, já em 2009 estas foram reduzidas para 13.669,61 ha, representando uma redução de 40,39%. Essa redução sensível deve-se ao aumento da cobertura vegetal em 2009 devido ao período chuvoso.

5. Agradecimentos

Agradecemos a SEPLAM (Secretaria de Planejamento Municipal) de Goiânia, pelos dados necessários para a elaboração deste trabalho.

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa produtividade em pesquisa (IC), para o terceiro autor deste trabalho.

6. Referências Bibliográficas

Alves, C. A.; Estimativa da área impermeável dentro da bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio (Porto Alegre/RS) através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. 2004. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2004.

Câmara, G. Medeiros, J. S.; Geoprocessamento para projetos ambientais. In: Câmara, G.; Barbosa, C. C. F.; Freitas, U. M (ed.) **Operações de Análise Geográfica**. São José dos Campos: INPE, 1998. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/3opera.pdf> Acesso em: 08 set.2010.

Chavez, P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment*, New York, v.24, n.3, p.459- 79, 1988.

Crósta, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, SP:IG/UNICAMP, 1992. 170p.

Jensen, J. R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 357-572 p.

Kuntschik, G.; Bittencourt, M. D.; Correção de imagens Landsat TM5 e avaliação do erro decorrente do uso de imagens NDVI não corrigidas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 10., 2001, Foz do Iguaçu, Brasil **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2001. Artigos, p. 1277-1284. CD-ROM, Online. ISBN 85-17-00016-1. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2001/09.20.17.42/doc/1277.1284.250.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2010.

Luiz, S.; Oliveira, C. G. O.; Okida, R. Comparação entre diferentes métodos de correção geométrica em imagem RADARSAT-1 no Flona Tapajós, In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR),11.,2003, Belo Horizonte, Brasil. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2003. Artigos, p. 325-332. CD-ROM On-line. ISBN 85-1-00017-X. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.14.17.05/doc/03_205.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2010

Orthorectified Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM+) Compressed Mosaics. Disponível em: <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>>. Acesso em: 20 nov. 2010.

Rosatti, J. C.; Detecção Da Doença “Mela-Das-Sementes Da Braquiária” Em Gramíneas Forrageiras Através De Técnicas De Sensoriamento Remoto. 2006. 56-133 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2006.

Small, C., 2004. The Landsat ETM+ Spectral Mixing Space. *Remote Sensing of Environment*, 93: 1-17.

Small, C. A global analysis of urban reflectance. *International Journal of Remote Sensing*, v. 26, n. 4, p. 661–681, 2005

Zullo Jr., J. Correção Atmosférica de Imagens de Satélite e Aplicações. 1994. 135-143 p. Tese de Doutorado, DCA/FEE/UNICAMP,1994. Dissertação (Doutorado em Engenharia Elétrica).

Weiers, S.; Bock, M.; Wissen, M and G. Rossner. Mapping and Indicator Approaches for the Assessment of Habitats at Different Scales using Remote Sensing and GIS Methods, *Landscape and urban Planning*, 2004, 67:43-65.