

Avaliação das imagens WFI-CBERS2 a partir de imagens CCD-CBERS2.

Cláudio Aparecido de Almeida
Dalton de Morisson Valeriano

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil.
{claudio, dalton}@dsr.inpe.br

Abstract. The control of illegal deforestation requires the use of images with high temporal resolution to allow efficient law enforcement action. Images with moderate spatial resolution such as MODIS 250m. resolution data and CBERS-2/WFI data are the most adequate for such purpose given their temporal and spatial resolution. In the present work the use of images CBERS-2/WFI data for deforestation assessment is evaluated., The results obtained with CBERS-2/WFI data are compared with deforestation assessment derived from CBERS-2/CCD data . The comparison shows that CBERS-2-WFI data is adequate for the purposes of producing fast assessment of deforestation process for law enforcements purposes.

Palavras-chave: processamento de imagens, florestas, sensoriamento remoto, image processing, remote sensing, forests.

1. Introdução

O uso de imagens orbitais é hoje uns dos mais eficientes instrumentos para o monitoramento de florestas, e dentre os projetos de monitoramento destaca-se o Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal (PRODES). Desenvolvido e executado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que desde o final da década de 80 monitora e inventaria a perda de florestas primárias na Amazônia Legal Brasileira (AML). Anualmente, o INPE divulga os resultados deste monitoramento em forma de taxa de desflorestamento global para toda a AML e, também individualizados por cada uma das nove unidades da federação que compõem a região (INPE, 2006).

Os dados divulgados são de grande relevância para fins de avaliação do avanço do desflorestamento, mas não apresentam a agilidade necessária para a que as equipes de fiscalização possam atuar punindo e evitando intervenções ilegais na floresta. Visando detectar mais rapidamente estes desmatamentos, pesquisadores do INPE desenvolveram e implantaram um sistema de detecção de “tempo real”, o projeto DETER (Detecção de Desmatamento em Tempo Real) em complemento ao PRODES. O DETER utiliza imagens do sensor MODIS, que por sua alta resolução temporal possibilita a observação de uma mesma área a cada três dias (Shimabukuro, et al.; 2005).

Um importante sensor para o monitoramento em Tempo Real é o “Wide Field Imager” (WFI). A bordo do satélite CBERS 2, desenvolvido a partir da cooperação, entre o INPE e a CAST (Chinese Academy of Space Technology). O sensor WFI apresenta uma alta resolução temporal, oferecendo uma cobertura completa da terra a cada cinco dias e uma resolução espacial de 260 m permitindo o monitoramento ágil da cobertura florestal da AML. As principais vantagens do uso das imagens CBERS estão no fato de ser um dado público e sem custo, e na possibilidade de garantir uma maior autonomia do programa de monitoramento da cobertura florestal da Amazônia, uma vez que o Programa CBERS é planejado para se estender até meados da próxima década. O INPE controla todas as etapas da produção destes dados, desde a obtenção das imagens e seu processamento até a geração dos produtos e, mapas finais, o que tecnologicamente é muito importante para a nação brasileira.

Neste contexto o presente trabalho avalia a viabilidade o uso de imagens WFI para o monitoramento de novos desmatamentos na Amazônia Legal, identificando e quantificando

os erros de mapeamento. As imagens CCD, devido a sua alta resolução espacial (20m), foram utilizadas como referência para avaliar a qualidade do mapeamento dos novos desflorestamentos obtidos com as imagens WFI. Técnicas de processamento de imagens para georeferenciamento e classificação da área de estudo foram aplicadas aos dois produtos e técnicas de álgebra de mapas foram aplicadas na comparação dos dois resultados.

2. Materiais e Métodos

2.1 Definição da área de estudo

Dentro da AML existem diversos ambientes que são ocupados de acordo com iniciativas de ocupação diferenciadas (assentamentos, áreas reservadas para grandes projetos agropecuários, etc) o que faz com que o desmatamento ocorra com diversos padrões de tamanho, forma e intensidade (Alves, 2002). Considerando esta heterogeneidade, foram escolhidas duas áreas de estudo com padrões e históricos de ocupação distintos. A primeira área escolhida foi na porção Centro-Sul do Estado de Rondônia, que se caracteriza pela ocupação dos projetos de colonização do INCRA onde predomina o padrão determinado por um sistema ortogonal de estradas principais, secundárias e ramais com parcelas de desflorestamento de tamanho menor que 50 ha. A segunda área escolhida foi na porção Noroeste do estado do Mato Grosso, cujo padrão de ocupação predominante é caracterizado por parcelas de desmatamento com tamanho maior que 200 ha.

A área escolhida em Rondônia corresponde à cena CCD 175/114 e no Mato Grosso à cena CCD 170/110, conforme mostrado na **Figura 1**.

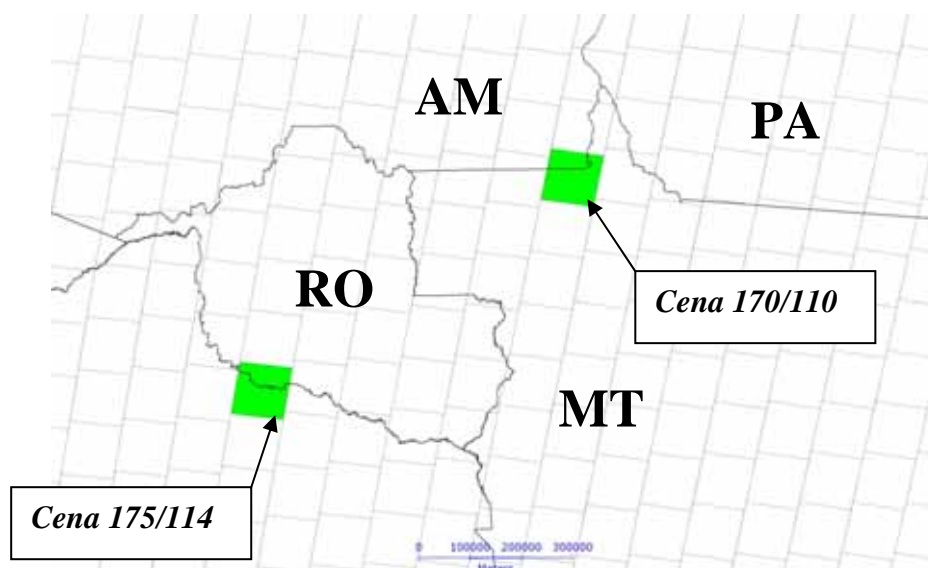


Figura 1 – Localização das áreas de estudo.

Para cada uma das áreas foram escolhidas duas passagens sem nuvens e com datas coincidentes entre as cenas CCD e WFI. Para as imagens CCD da cena 170/110 foram utilizadas passagens dos dias 05/07/2004 e 21/09/2004, e para as imagens da cena 175/114 foram usadas as seguintes datas: 11/08/2004 e 06/09/2004. As imagens WFI têm as mesmas datas, contudo as cenas de referência foram as 170/108 e 175/116.

2.2 Georeferenciamento e Recorte das imagens

Uma vez escolhidas as áreas de trabalho realizou-se o georreferenciamento das imagens para que todos os dados tivessem posicionamento adequado ao cruzamento entre os resultados das análises dos dados dos dois sensores. Como base de referência foi utilizado o mosaico Geocover, de imagens LANDSAT TM-5 com resolução espacial de 28.5m (NASA 2002). Este mosaico foi avaliado por Albuquerque et al. (2004) que mostrou uma qualidade planimétrica compatível com as especificações para a escala de 1:100.000. O resultado da avaliação de posicionamento das cenas CCD comparado ao Mosaico da NASA revelou um deslocamento de 5,7 pixels no eixo X e de 5,87 pixels no eixo Y para a cena 175/114, e de 1,41 pixel no eixo X e de 2,03 pixels no eixo Y para a cena 170/110. A grande diferença entre qualidade do georreferenciamento obtido com as duas cenas se deu devido à quantidade e qualidade dos pontos de controle utilizados em cada cena, pois a cena de Rondônia (175/114) localiza-se em uma região carentes de bons pontos de controle.

Para as imagens WFI foram encontrados os seguintes resultados: Deslocamento de 0,95 pixel no eixo X e 0,82 pixel no eixo Y para a cena 175/108, e de 1,52 pixel em X e 1,42 pixel em Y para a cena 175/116. Os resultados encontrados no georreferenciamento destas imagens se mostraram compatível com a escala recomendada para a utilização do sensor WFI, conforme sugerido por D'Alge et al. (2004).

A seguir procedeu-se a importação da base digital do PRODES-2003, disponibilizada pelo INPE (2006). Como havia uma diferença de posicionamento entre a base de referência (Mosaico da NASA) e a base digital do PRODES, procedeu-se um ajuste dos dados do PRODES em relação à base da NASA. Em seguida, usando-se a Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) do SPRING (INPE, 1996) efetuou-se um recorte nas imagens, eliminando-se as áreas desmatadas até 2003. As técnicas de processamento de imagens para detecção de desflorestamento, foram aplicadas apenas nas áreas mapeadas como floresta em 2003. Este procedimento foi utilizado para reduzir o custo computacional durante os procedimentos de mapeamento e para evitar que polígonos já classificados como desflorestamentos fossem contabilizados novamente.

2.3 Transformação por Principais Componentes

Segundo Mather (1987) as bandas de sistemas imageadores multiespectrais apresentam alta correlação ocasionando redundância em seus dados. Uma maneira de reduzir esta redundância é utilizar a técnica de análise de principais componentes, que determina a correlação entre as bandas e remove-a através de uma transformação matemática apropriada (Watrin et al. 1996).

A transformação por principais componentes gera um novo conjunto de imagens, com o mesmo número de bandas analisadas, onde a maior variabilidade dos dados está concentrada nas primeiras componentes (Gomes e Maldonado-1998) (Bernardi et al. 2001).

Visando otimizar o mapeamento através da redução da dimensionalidade das imagens originais, sem perder a variância das mesmas, foi aplicada a transformação por Principais Componentes, gerando um novo conjunto de imagens que foi utilizado no mapeamento das áreas desflorestadas. A segunda componente foi segmentada e classificada, pois a segunda componente foi a que mais ressaltou as mudanças de uso. No tópico a seguir descreveremos o processo de segmentação e classificação.

2.4 Segmentação e Classificação das imagens

A segmentação de imagens por crescimento de regiões consiste em uma técnica de classificação que agrupa pixels por regiões que atendam a critérios de similaridade e tamanho mínimo de área, definidos pelo usuário (Bins et al., 1996). Tal técnica vem sendo aplicada com êxito a mapeamentos a partir de imagens LANDSAT/TM como pode ser encontrada na literatura (Alves et al. 1996). Os seguintes parâmetros para a segmentação foram utilizados: similaridade igual a oito e área mínima igual a dezesseis pixels para as imagens CCD e,

respectivamente, oito e quatro para as imagens WFI. Foram testados outros valores, mas após uma avaliação visual dos resultados da segmentação esta combinação foi a que melhor definiu as feições observadas. Estes parâmetros são também os utilizados nos mapeamentos do PRODES, conforme descrito por Mello et al. (1999).

Em seguida, foi aplicado o classificador ISOSEG (Bins et al. 1996) com limiar de aceitação em 95%, tanto nos mapeamentos com CCD e WFI. Os resultados da classificação não supervisionada do ISOSEG foram mapeados para classes informativas de maneira a compor mapas temáticos que em seguida foram revisados e editados através de inspeção visual e edição temática.

2.5 Construção de mosaicos, criação dos “buffers” e operações espaciais entre os polígonos.

Os mapas temáticos revisados, correspondendo às duas datas foram agrupados formando duas representações, uma de desmatamento mapeado com as cenas CCD, e o outro com as cenas WFI. Em seguida os mapas provenientes do CCD e WFI foram vetorizados e foram criados “buffers” de 250 e 500 metros, respectivamente, ao redor dos polígonos de desflorestamento. Estas distâncias foram definidas de acordo com a escala de mapeamento para o WFI, de 1:1.000.000, sugerida por D’Alge et al (2004), em que é aceitável um deslocamento de até 500m. A criação destes “buffers” foi necessária para realizar comparações entre os produtos oriundos de imagens com resoluções espaciais diferentes (20 metros para CCD e 260 metros para WFI).

Em seguida, utilizando o aplicativo TerraView (INPE, 2006) , os polígonos foram agrupados nas seguintes classes de tamanho: a) menores que 50 ha., b) entre 50 e 100 ha., c) entre 100 e 150 ha. e, d) entre 150 e 200 ha., e) maiores que 200 ha.

Foi realizada operação de intersecção entre os polígonos mapeados com imagens dos dois sensores. Assim os polígonos mapeados nas imagens CCD de cada uma das classes de tamanho foram cruzados com os todos os polígonos mapeados pela WFI somados as seus “buffers”, para a identificação de omissões. Para identificar as inclusões, os polígonos mapeados em cada uma das classes nas imagens WFI foram cruzados com todos os polígonos mapeados pela CCD somados as seus “buffers”.

3. Resultados e discussões

Os resultados encontrados estão apresentados na **Tabela 1** que apresenta os erros de omissão e de inclusão da classificação dos dados WFI.

Além das operações de intersecção entre os polígonos, foi realizada uma amostragem de cem pixels para cada classe de tamanho mostrado na tabela anterior (totalizando 2000 amostras) e verificado a que classe o pixel correspondia na imagem correspondente. Este procedimento visou adquirir um conjunto de amostras que pudessem ser estatisticamente testadas. Foi utilizado o teste de independência, para verificar se existia independência quanto ao valor de tamanho do polígono e nas quatro situações (inclusão e omissão, para MT e RO) os resultados do χ^2 calculado foram maiores que o do χ^2 tabelado (18,647 para um nível de significância de 0,1%), o que mostra uma dependência quanto ao tamanho dos polígonos, ou seja, o tamanho do polígono mapeado influenciou o resultado. Os valores de χ^2 calculados foram os seguintes:

- Inclusão para cena de MT = 26,19921; Omissão para cena de MT = 230,2248.
- Inclusão para cena de RO = 84,61817; Omissão para cena de RO = 645,0461.

Neste trabalho as áreas mapeadas com as cenas CCD, e que não encontraram correspondência nos polígonos ou “buffers” vindos das cenas WFI, foram consideradas erro de omissão, ou seja, o sensor não foi capaz de detectar mudanças ocorridas nestas áreas. Neste

estudo estes erros se mostraram decrescentes com o aumento do tamanho dos polígonos WFI, o que é natural, visto que por sua baixa resolução espacial o sensor apresenta limitações claras para o mapeamento de pequenas alterações na cobertura da Terra. A região de Mato Grosso apresentou resultados mais claros a este respeito, o que é explicável pela maior homogeneidade do ambiente naquela região. Já a região de Rondônia, devido intensa fragmentação da floresta, tende a misturar elementos de floresta e desmatamento dentro do mesmo pixel da imagem WFI, ocasionando erros no mapeamento.

Tabela 1 Análise das concordâncias entre mapeamentos feitos com CCD e WFI

1ª Coluna: (classe de tamanho do polígono); 2ª Coluna: Percentual mapeado com intersecção entre os dois produtos; 3ª Coluna: Percentual mapeado pelo sensor da coluna um e que interceptou a área de “buffer” com 250 m. em torno dos polígonos do sensor da coluna dois; 4ª Coluna Percentual mapeado pelo sensor da coluna um e que interseccionou a área de “buffer” com 500 m. em torno dos polígonos do sensor da coluna dois; 5ª Coluna Percentual de área detectado pelo sensor da coluna um, que não foi mapeado utilizando a imagem do sensor da coluna dois.

Cena 170/110 - Mato Grosso					
	Polígonos CCD	Mapeado WFI	Mapeado Buffer 250	Mapeado Buffer 500	Omissão
Omissões	Até 50 ha.	36.15%	16.04%	9.11%	38.70%
	50 a 100 ha.	52.47%	14.65%	4.09%	28.80%
	100 a 150 ha.	64.58%	15.21%	6.48%	13.73%
	150 a 200 ha.	70.67%	15.95%	7.48%	5.90%
	Maior que 200 ha	84.39%	9.47%	1.02%	5.13%
	Polígonos WFI	Mapeado CCD	Mapeado Buffer 250	Mapeado Buffer 500	Inclusão
Inclusões	Até 50 ha.	29.15%	46.66%	13.90%	10.29%
	50 a 100 ha.	27.77%	49.01%	12.10%	11.12%
	100 a 150 ha.	29.59%	34.79%	16.96%	18.66%
	150 a 200 ha.	34.37%	30.14%	14.26%	21.23%
	Maior que 200 ha	46.56%	27.58%	9.02%	16.84%
Cena 175/114 – Rondônia					
	Polígonos CCD	Mapeado WFI	Mapeado Buffer 250	Mapeado Buffer 500	Omissão
Omissões	Até 50 ha.	15.86%	12.17%	6.82%	65.15%
	50 a 100 ha.	28.18%	16.37%	10.92%	44.52%
	100 a 150 ha.	37.88%	20.05%	8.15%	33.92%
	150 a 200 ha.	25.30%	13.57%	9.78%	51.34%
	Maior que 200 ha	62.98%	10.98%	7.20%	18.83%
	Polígonos WFI	Mapeado CCD	Mapeado Buffer 250	Mapeado Buffer 500	Inclusão
Inclusões	Até 50 ha.	17.08%	56.76%	18.23%	7.94%
	50 a 100 ha.	18.66%	51.99%	15.65%	13.70%
	100 a 150 ha.	17.45%	45.09%	20.12%	17.35%
	150 a 200 ha.	25.78%	56.81%	14.67%	2.74%
	Maior que 200 ha	52.88%	33.69%	10.09%	3.35%

Foram considerados erros de inclusão aqueles polígonos WFI, ou porções destes, que não encontraram correspondência nos polígonos CCD ou nos “buffers” ao redor destes. Nesta situação estas áreas estariam indicando falsos alertas de desmatamento. No presente caso as inclusões apresentaram uma tendência a aumentar com o aumento do tamanho dos polígonos para a cena 170/110 (MT), isto pode ser explicado também pela baixa resolução espacial, visto que devido ao efeito de borda o sensor tendeu a unir várias pequenas alterações existentes no campo em grandes polígonos nas imagens WFI. Já para a imagem 175/114 (RO) houve uma queda dos valores, acredita-se que esta queda está também associada ao grande número de pequenos polígonos, muito próximos entre si, encontrados na imagem CCD. Quando foram criados os “buffers” nestes polígonos os mesmos passaram a praticamente cobrir a região de ocorrência de focos de desmatamento, levando a um alto índice de acerto para os grandes polígonos “formados” nas imagens WFI, como explicado anteriormente.

4. Conclusões

Existe uma relação muito clara e esperada no tocante ao tamanho dos polígonos, quanto maior a área desmatada maior foi o índice de classificação correta com o sensor WFI. Tal relação já era esperada visto que a resolução espacial de 260 metros do sensor o torna mais efetivo em áreas maiores.

Os resultados demonstram que o sensor mostra-se capaz de identificar alterações da cobertura mesmo em áreas inferiores a 50 ha., contudo com limitações nas áreas medidas. Entretanto a fim de aprimorar as estimativas propõem-se estudos futuros com um número maior de áreas de estudo, para diagnosticar o desempenho do sensor nos vários padrões de ocupação existentes na Amazônia, além de comparações com outros sensores como MODIS e LANDSAT/TM.

Diante do exposto considera-se que o uso do sensor WFI é viável para detecção de alterações na cobertura florestal na Amazônia, com a ressalva de que tais detecções não devem ser utilizadas para cálculo de áreas desmatadas e sim como sinalizadoras de alteração de cobertura vegetal nas regiões mapeadas.

5. Referências Bibliográficas

- Albuquerque, P.C.G. e Medeiros, J.S. **Avaliação de Mosaicos com imagens Landsat-TM para utilização em documentos cartográficos em escalas menores que 1:50.000** – São José dos Campos: INPE, 2004. (No Prelo)
- Alves, D. S. Space-time dynamics of deforestation in Brazilian Amazonia. **Int. J. Remote Sensing**, vol.23, no. 14, 2903-2908, 2002.
- Alves, D. S.; Moreira, J. C.; Mello, E. M. K.; Soares, J. V.; Silva, O. F.; Almeida, S. A. S.; Ortiz, J. O.; Amaral, S. Mapeamento do uso da terra em Rondônia utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8, 14-19 abr. 1996, Salvador. **Anais...** 1996. Artigos, p. 71-80. CD-ROM. Publicado como: INPE-6189-PRE/2278. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://iris.sid.inpe.br:1908/rep-/sid.inpe.br/deise/1999/01.27.15.19>>. Acesso em: 11 abr. 2005.
- Bernardi, D.; Disperati, A. A.; Santos, J. R.; Mendes, F. S. Monitoramento da dinâmica de paisagem através da análise por componentes principais (ACP) em imagens Landsat 5 TM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, X, 21-26 abr. 2001, Foz do Iguaçu, BR. **Anais...** 2001. Sessão Poster, p. 557-560. CD-ROM. Publicado como: INPE-8269-PRE/4059. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://iris.sid.inpe.br:1908/rep-/dpi.inpe.br/lise/2001/09.19.08.59>>. Acesso em: 11 abr. 2005.
- Bins, L. S.; Fonseca, L. M. G.; Erthal, G. J.; Ii, F. M. Satellite imagery segmentation: a region growing approach. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8., 14-19 abr. 1996, Salvador. **Anais...** 1996. Comunicações, p. 677-680. CD-ROM. Publicado como: INPE-6231-PRE/2321. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://iris.sid.inpe.br:1908/rep-/sid.inpe.br/deise/1999/02.05.09.30>>. Acesso em: 11 abr. 2005.

D'Alge, J.C.L.; Cartaxo, R.; Erthal, G. Geometric quality assessment of CBERS-2 images. XI Simposio Latino Americano de Percepción Remota e Sistema de Información Espacial, Santiago, Chile. **Anais...** 2004. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/~julio/arquivos/Selper_2004_final.pdf>. Acesso em 15 nov 2006.

Gomes, A. R.; Maldonado, F. D. Análise de componentes principais em imagens multitemporais TM/Landsat como subsídio aos estudos de vulnerabilidade a perda de solo em ambiente semi-árido. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9., 11-18 set. 1998, Santos, BR. **Anais**. 1998. Sessões Orais, p. 959-968. CD-ROM. Publicado como: INPE-6949-PRE/2911. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://iris.sid.inpe.br:1908/rep-/sid.inpe.br/deise/1999/02.09.10.05>>. Acesso em: 11 abr. 2005.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por satélite - PROJETO TerraView. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/terraview/index.php>> Acesso em: 06 set 2006.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por satélite - PROJETO PRODES. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes>> Acesso em: 30 abril 2006.

Mather, P. M., **Image Transforms**. In: Computer processing of remotely-sensed images. London: John Wiley & Sons, 1987.

Mello, E. M. K.; Moreira, J. C.; Santos, J. R.; Shimabukuro, Y. E.; Duarte, V. O uso do SPRING no mapeamento do desflorestamento da Amazônia. In: Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento da América Latina, 5. (GISBRASIL'99), 1999, Salvador, BR. **Anais...** 1999. p. 12. CD-ROM, Papel, On-line. Publicado como: INPE-6102-PRE/2217. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://iris.sid.inpe.br:1912/rep-/sid.inpe.br/sergio/2004/08.06.09.17>>. Acesso em: 11 abr. 2005.

National Aeronautics and Space Administration (NASA). Orthorectified Landsat Thematic Mapper Mosaics - Disponível em: <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>> Acesso em: 06 set 2006.

Shimabukuro, Y. E.; Duarte, V., Moreira; M. A., Arai; E., Rudorff, B. F. T.; Anderson, L. O.; Espírito Santo, F. D. B.; Freitas, R. M. de; Aulicino, L. C. M.; Maurano, L. E. P.; Aragão, J. R. L. de. **Deteção de Áreas Desflorestadas em Tempo Real: Conceitos Básicos, Desenvolvimento e Aplicação do Projeto DETER**. São José dos Campos: INPE, 2005. 63p. (INPE-12288-RPE/796).

"SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J **Computers & Graphics**, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

Watrin, O. S.; Filho, M. V.; Santos, J. R. Transformação por componentes principais e por decorrelação de bandas aplicadas à caracterização de feições da paisagem do nordeste paraense. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8., 14-19 abr. 1996, Salvador. **Anais...** 1996. Artigos, p. 435-441. CD-ROM. Publicado como: INPE-6189-PRE/2278. Disponível na biblioteca digital URLib: <http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/01.28.10.38/doc/T92.pdf> Acesso em: 04 set. 2006.