

Comparação da cobertura vegetal entre fragmentos de floresta estacional semidecidual por Modelo Linear de Mistura Espectral

João Arthur Pompeu Pavanelli¹
Raquel de Arruda Santos¹
Elza Maria Guimarães Santos¹
Laércio Massaru Namikawa²

¹Instituto de Biociências de Botucatu – UNESP
Distrito de Rubião Júnior, s/n, Botucatu – SP, Brasil
pobioxlv@yahoo.com.br
r.arrudasantos@gmail.com
elzaeco@ibb.unesp.br

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
laercio@dpi.inpe.br

Abstract. Botanic gardens are essential for plant and environmental conservation, also for leisure and education, mainly for communities living nearby. The Botanic Garden of Botucatu Biosciences Institute (JB/IBB) develops research and education projects and that's why its preservation and the preservation of its forest fragments are very important. Nowadays, remote sensing is an indispensable technique for environmental evaluation and environmental monitoring, and one of its uses is the study of forest canopy. This work aimed a temporal analysis of the forest fragments canopy on JB/IBB. The study compared semidry tropical forest fragments from JB/IBB with a very preserved control fragment of semidry tropical forest on the Edgardia farm, also in Botucatu, SP. Landsat 5 TM sensor images from 1985, 1992, 1999, 2005 and 2011 were use, and the software SPRING was used for image processing. The evaluation was made by the application of Linear Spectral Mixture Model (LSMM). After applying the Linear Spectral Mixture Model, polygons were drawn upon the areas of study and the mean values of vegetation for each image were calculated. The t-Test was used to compare the mean values. The test shows no difference for both JB/IBB and Edgardia ($t=0.1003$, $p=0.9227$). It possibly means that the ecosystem processes are working well on the fragments of JB/IBB as they are on Edgardia forest. So, the managers of JB/IBB ought to work for ensure the ecosystem process and the long-term conservation of the fragments.

Palavras-chave: Botanic Garden, Edgardia farm, ecosystem, long-term conservation, Jardim Botânico, Fazenda Edgardia, ecossistema, conservação a longo prazo.

1. Introdução

De acordo com a Resolução Conama n° 339 de 25 de setembro de 2003, em seu Artigo 1°, um jardim botânico é definido como:

Área protegida, constituída no seu todo ou em parte, por coleções de plantas vivas cientificamente reconhecidas, organizadas, documentadas e identificadas, com a finalidade de estudo, pesquisa e documentação do patrimônio florístico do país, acessível ao público, no todo ou em parte, servindo à educação, à cultura, ao lazer e à conservação do meio ambiente (Conama, 2003).

Portanto os jardins botânicos são de extrema importância para o desenvolvimento científico e para a comunidade em geral, mas principalmente para as comunidades do entorno que podem usufruir do Jardim Botânico como área de lazer e educação.

O Jardim Botânico do Instituto de Biociências (JB/IBB) da UNESP de Botucatu possui uma área de 184.860 m² e abriga coleções de gimnospermas, angiospermas arbóreas, orquídeas, bromélias e cactáceas da região de Botucatu, como também, remanescentes floresta estacional semidecidual e floresta ripícola. Além destas coleções, o Jardim Botânico

desenvolve projetos de pesquisa que visam o conhecimento da fauna e flora local, como também atividades de educação ambiental voltadas para a comunidade, principalmente para estudantes de escolas de Botucatu e região. Atualmente o Jardim Botânico é parte da Rede Brasileira de Jardins Botânicos e desde 2005 integra a *International Agenda for Botanic Gardens in Conservation* e a publicação “Centros e Museus de Ciências no Brasil”.

Por isso, a preservação e manutenção dos fragmentos florestais do JB/IBB são de grande importância. Assim, técnicas de sensoriamento remoto, que são indispensáveis para avaliação e monitoramento ambiental, podem gerar informações que auxiliam e orientam o gerenciamento destes recursos naturais. Um dos usos dessa técnica é a análise da cobertura florestal, que é um importante indicador das condições ambientais, principalmente por sua função reguladora dos processos hidrológicos e ecossistêmicos (Lima e Rocha, 2011). O estudo temporal da cobertura florestal é um importante mecanismo para análises ambientais, gestão e planejamento de ações que contribuem com o desenvolvimento do Jardim Botânico (Silva e Moreira, 2011).

Sendo assim, o objetivo desse trabalho é realizar uma análise multitemporal da cobertura vegetal de fragmentos de floresta estacional semidecidual do JB/IBB.

2. Metodologia

2.1. Áreas de estudo

O Jardim Botânico do Instituto de Biociências da UNESP situa-se no campus de Botucatu, Distrito de Rubião Júnior (Figura 1). Sua entrada principal está localizada na latitude 22°53'17" Sul e longitude 48°29'54.55" Oeste. A altitude média é de 875 metros acima do nível do mar. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região caracteriza-se como Cfa, temperado quente (mesotérmico) úmido e a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C (Cunha e Martins, 2009). O índice pluviométrico está entre 1100 e 1700 mm anuais (Carvalho *et al.*, 1983).

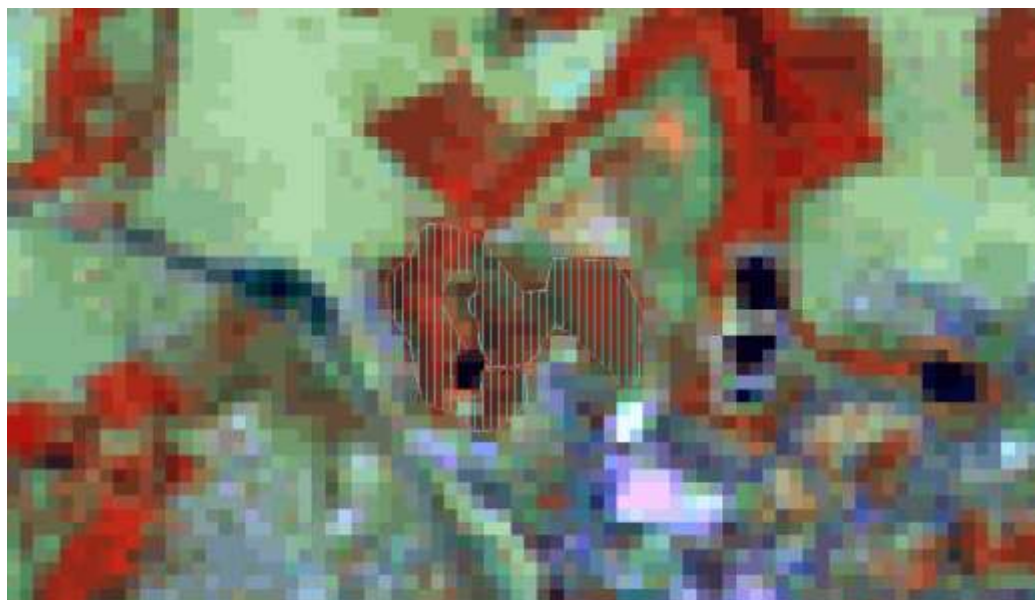


Figura 1. Em destaque a área dos fragmentos florestais do JB/IBB. Coloração RGB (4, 5, 3). Vegetação em vermelho.

A Fazenda Experimental Edgardia (Figura 2), pertence à UNESP - Campus de Botucatu e se encontra na latitude 22° 49' Sul e longitude 48° 23' Oeste. A altitude média é de 577 metros acima do nível do mar. A precipitação anual média na região é de 1300 mm, oscilando entre 650 mm e 1850 mm. As matas da Fazenda Edgardia são classificadas como floresta

estacional semidecidual (Rizzini, 1979), ocorrendo na área de transição da Depressão periférica para Cuesta Basáltica (Fonseca e Rodrigues, 2000).

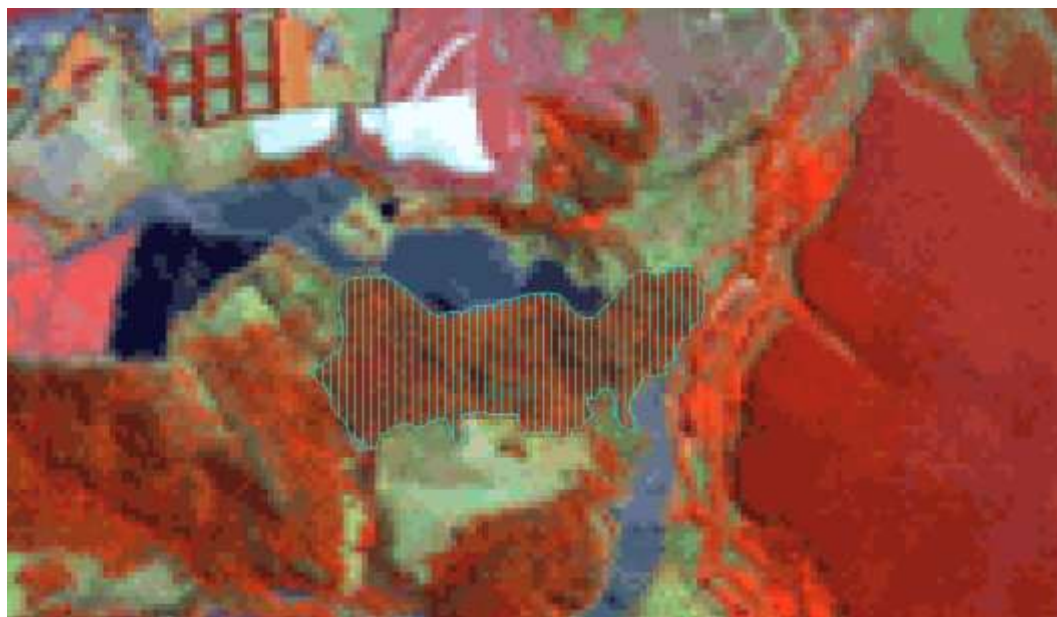


Figura 2. Em destaque a área de vegetação usada para comparação da Fazenda Edgaria. RGB (4, 5, 3). Vegetação em vermelho.

Os dados obtidos a partir da análise multitemporal da cobertura vegetal dos fragmentos de floresta estacional semidecidual do JB/IBB foram comparados com os dados obtidos a partir da análise do dossel de um fragmento preservado de floresta estacional semidecidual, localizado na Fazenda Experimental Edgardia, da UNESP – Botucatu. Essa área foi escolhida por ser um fragmento de floresta secundária tardia alta que sofreu desmatamento, mas que hoje se encontra recuperada, apresentando dossel de até 30 metros de altura, com cerca de cem anos de idade (Fonseca e Rodrigues, 2000).

2.2. Processamento das imagens

As imagens do satélite Landsat 5, sensor *Thematic Mapper* (TM), foram obtidas gratuitamente no site <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/login.php>. Tanto o Jardim Botânico quanto a Fazenda Edgardia se encontram na imagem de órbita 220, ponto 76. Foram utilizadas imagens de 11 de setembro de 1985, 30 de setembro de 1992, 02 de setembro de 1999, 17 de agosto de 2005 e 19 de setembro de 2005, todas com máximo de 20% de nuvens.

Para georreferenciamento foi utilizada uma imagem do satélite Landsat 7, sensor *Enhanced Thematic Mapper*, ortorretificada obtida do mosaico GeoCover, disponível na base de dados do *Global Land Cover Facility* (GLCF). Essa imagem serve como referência para o georreferenciamento das cenas obtidas do site do INPE, pois consistem num mosaico de imagens Landsat que foram ortorretificadas e processadas com um alto padrão de qualidade (*GeoCover Technical Guide*) e, comumente são adotados para a execução do georreferenciamento (Tavares Júnior *et al.*, 2009). O software utilizado foi o software livre TerraPixel (<http://www.dpi.inpe.br/terrapixel>).

O trabalho foi desenvolvido utilizando o programa SPRING (<http://www.dpi.inpe.br/spring>), disponibilizado gratuitamente no site do INPE. Foi utilizada a composição RGB (4, 5, 3), em que as áreas de vegetação aparecem em vermelho e, para realçar os tons de vermelho, verde e azul, foi utilizada a ferramenta de Contraste.

O próximo passo foi a utilização do “Modelo de Mistura” do SPRING. O modelo linear de mistura espectral visa estimar a proporção dos componentes solo, vegetação e sombra, para

cada pixel, a partir da resposta espectral nas diversas bandas do TM, gerando as imagens-fração solo, vegetação e sombra (Melo *et al.*, 2003).

O modelo de mistura espectral pode ser escrito como (Equação 1):

$$r_i = a \cdot \text{vege}_i + b \cdot \text{soloi} + c \cdot \text{sombra}_i + e_i, \quad (1)$$

onde r_i é a resposta do pixel na banda i ; a , b e c são as proporções de vegetação, solo e sombra (ou água); e_i é o erro na banda i e i indica a banda do TM (Shimabukuro, 1998). Com essa aplicação, foram geradas três bandas, representando a proporção de vegetação, de solo e de sombra (água) existente em cada pixel da imagem.

De acordo com Watrin *et al.* (2003), as imagens-fração obtidas a partir do modelo linear de mistura espectral mostraram-se eficientes para a detecção e discriminação das classes de cobertura vegetal e uso da terra de interesse.

Para calcular a proporção de cobertura vegetal no Jardim Botânico e no fragmento da Fazenda Edgardia, foram desenhados os polígonos correspondentes às áreas (Figura 3 e Figura 4) e utilizada a ferramenta de “Estatística de Imagem por Polígono” nas imagens-fração de vegetação. Os valores médios de proporção de vegetação de cada polígono foram comparados no ambiente computacional R para análise estatística, utilizando o teste de Shapiro-Wilk e o Teste t .

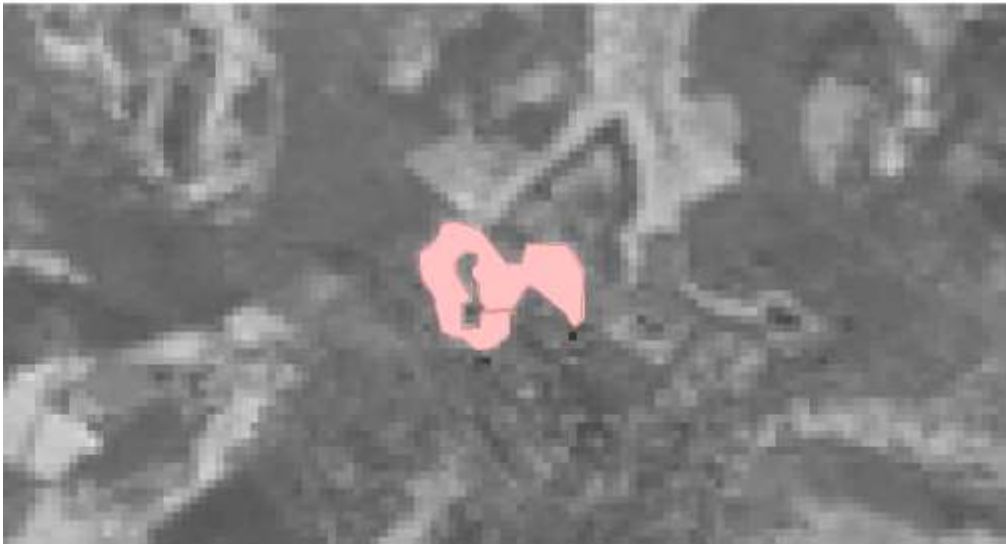


Figura 3. Polígono desenhado sobre a imagem-fração de vegetação do JB/IBB



Figura 4. Polígono desenhado sobre a imagem-fração de vegetação da Faz. Edgardia

3. Resultados e Discussão

Os dados dos polígonos analisados do fragmento da Fazenda Edgardia são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: valores médios e desvio padrão dos polígonos do fragmento de floresta estacional semidecidual.

Polígono	Média \pm dp
Edgardia 1985	148,56 \pm 9,2
Edgardia 1992	153.90 \pm 6.6
Edgardia 1999	141.84 \pm 8.5
Edgardia 2005	146.61 \pm 7.3
Edgardia 2011	154.745 \pm 10.6

Os dados dos polígonos analisados dos fragmentos do Jardim Botânico são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: valores médios e desvio padrão dos polígonos dos fragmentos do JB/IBB.

Polígono	Média \pm dp
JB 1985	144.01 \pm 11.1
JB 1992	150.80 \pm 9.2
JB 1999	144.57 \pm 12.1
JB 2005	144.92 \pm 11.0
JB 2011	159.44 \pm 14.6

A comparação dos valores médios de proporção de vegetação de cada polígono não mostrou diferenças significativas entre as áreas ($t=0.1003$, $p=0.9227$). Isso pode ser um indicativo de que a vegetação remanescente do Jardim Botânico encontra-se estável, como o observado para a Fazenda Edgardia. Os valores médios gerais das áreas são $x=149,13$ para o fragmento da Fazenda Edgardia e $y=148,75$ para o JB/IBB.

As florestas estacionais semidecíduais estão frequentemente ligadas a formações savânicas, pois ocorrem em condições climáticas parecidas, porém, tais formações florestais dependem de locais com solos mais férteis (Mooney *et al.*, 1995; Pennington *et al.*, 2000). Parte dos nutrientes encontrados no solo é devida ao ciclo biogeoquímico desses nutrientes, retirados das folhas das árvores pela água das chuvas e retornando ao solo (Lima, 1985). A outra parte resulta da lavagem das partículas secas captadas pelas copas das árvores, durante a época seca e, neste sentido, representa uma contribuição extra de nutriente ao solo que é devida à presença da floresta (Johnson e Swank, 1973).

A semelhança dos resultados entre os fragmentos do JB/IBB e da Fazenda Edgardia, cuja floresta é estável e mais antiga, mostra que a estabilidade dos fragmentos de floresta no JB/IBB pode estar relacionada com o efeito dos ciclos biogeoquímicos e que o ecossistema se encontra em bom funcionamento. Caso contrário, o solo apresentaria alguma deficiência de nutrientes, podendo interferir negativamente no desenvolvimento e manutenção natural de tal formação florestal, sendo esta, então, gradativamente substituída por uma formação savânica ao longo dos vinte e seis anos analisados.

4. Conclusões

A partir dessa análise, a gestão do Jardim Botânico deve trabalhar para que os fragmentos mantenham sua integridade, garantindo seus processos ecossistêmicos e assegurando sua manutenção em longo prazo. Considerando que os valores médios relativos à cobertura

vegetal da área preservada da Fazenda Edgardia, de modo geral, são superiores e que esta é uma mata contínua, seria importante a tomada de providências concretas para conexão dos fragmentos do JB/IBB, possibilitando a redução do efeito de borda e a criação de um corredor ecológico com a mata ripícola adjacente.

Bibliografia

Carvalho, W.A; Espindola, C.R; Paccola, A.A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado (Estação Experimental “Presidente Médici”). **Boletim Científico Universidade Estadual Paulista da Faculdade Ciências Agrônomicas**, Botucatu, v.1, p. 1-95. 1983

Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 2003. **Resolução Conama nº 339**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=377>>. Acesso em 15 out. 2012

Cunha, A. R; Martins, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manoel, SP. **Irriga** 14:1-11. 2009

Fonseca, R. C. B; Rodrigues, R. R. Análise estrutural e aspectos do mosaico sucessional de uma floresta semidecídua em Botucatu, SP. **Scientia Forestalis** n. 57, p. 27-43, jun. 2000.

Johnson, P.L.; Swank, W.T. Studies of cation budgets in the southern Appalachians on four experimental watersheds with contrasting vegetation. **Ecology**, 54: 70-80, 1973.

Lima, R. N. S; Rocha, C. H. B. Técnicas de sensoriamento remoto e métricas de ecologia da paisagem aplicadas na análise da fragmentação florestal no município de Juiz de Fora – MG em 1987 e 2008. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos p. 2067-2074. CD-ROM, On-line. ISBN: 978-85-17-00057-7. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0492.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2012

Lima, W. P.; Ação das chuvas no ciclo biogeoquímico de nutrientes em plantações de pinheiros tropicais e em cerrado. **IPEF**, n.30, p.13-17, ago.1985

Melo, E. M. K.; Moreira, J. C.; Santos, J. R.; Shimabukuro, Y. E.; Duarte, V.; Souza, I. M.; Barbosa, C. C.; Souza, R. C. M.; Paiva, J. A. C. Técnicas De Modelo De Mistura Espectral, Segmentação E Classificação De Imagens Tm Landsat Para O Mapeamento Do Desflorestamento Da Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos p. 2807-2814. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00017-X. (INPE-16118-PRE/10721). Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.07.16.58>>. Acesso em: 21 out. 2012.

Mooney, H. A., S. H. Bullock, and E. Medina. **Seasonally dry tropical forests**. Introduction. Pages 1–8 in S. H. Bullock, H. A. Mooney, and E. Medina, editors.. Cambridge University Press, New York. 1995.

Pennington, R. T., D. E. Prado, and C. A. Pendry. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. **Journal of Biogeography** 27:261–273. 2000;

Rizzini, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos florísticos e estruturais**. São Paulo: HUCITEC / EDUSP, v.2, 1979. 374p.

Silva, A. M.; Moreira, E. B. M.; Avaliação espaço temporal do índice de vegetação (NDVI) no manguezal de Maracaípe – PE, através de imagens do satélite Landsat 5 TM. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 1570-1575. 1 DVD. ISBN: 978-85-17-00057-7. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1334.pdf>>. Acesso em 22 out. 2012.

Shimabukuro, Y.E., Batista, G.T., Mello, E.M.K., Moreira, J.C. e Duarte, V. Using shade fraction image segmentation to evaluate deforestation in Landsat Thematic Mapper images of the Amazon Region. **International Journal of Remote Sensing**, 1998. 19(3): 535-541. In: Melo, E. M. K.; Moreira, J. C.; Santos, J. R.; Shimabukuro, Y. E.; Duarte, V.; Souza, I. M.; Barbosa, C. C.; Souza, R. C. M.; Paiva, J. A. C. Técnicas De Modelo De Mistura Espectral, Segmentação E Classificação De Imagens Tm Landsat Para O Mapeamento Do Desflorestamento Da Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., 2003, Belo

Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos p. 2807-2814. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00017-X. (INPE-16118-PRE/10721). Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.07.16.58>>. Acesso em: 21 out. 2012.

Tavares Júnior, J. B.; Santos, D. R.; Hayakawa, E. H.; Prado, B. R.; Martins, V. A.; Antunes, M. A. H. Avaliação dos dados GeoCover a partir de dados de campo coletados com receptores GPS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 1889-1896. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.00.27>>. Acesso em: 24 out. 2012.

Watrin, O. S.; Shimabukuro, Y. E.; Cruz, C. B. M.; Souza, I. M. Bandas Sintéticas Derivadas De Modelo De Mistura Espectral Na Avaliação Da Dinâmica Da Paisagem Em Assentamento Rural Na Fronteira Agrícola Amazônica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos p. 729-736. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00017-X. (INPE-16118-PRE/10721). Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.11.23.06/doc/06_068.pdf>. Acesso em 22 out. 2012.