

Classificação Utilizando Dados Multi-temporais e Multi-sensores na Identificação da Supressão Arbórea Causada pela Expansão Canavieira.

Jose Marinaldo Gleriani ¹,
Sidney Geraldo Silveira Velloso ¹
Júlio César de Oliveira ²
Vicente Paulo Soares ¹
Carlos Antônio Alvares Soares Ribeiro ¹

¹ Universidade Federal de Viçosa - UFV
Depto. Eng. Florestal
36570-000 - Viçosa - MG, Brasil

² Universidade Federal de Viçosa - UFV
Depto. Eng. Agrimensura e Cartográfica
36570-000 - Viçosa - MG, Brasil
{sidney.veloso, gleriani, vicente, oliveirajc, cribeiro}@ufv.br

Abstract. The recent sugarcane expansion occurred, mainly, in pasture areas where the presence of large trees was common. Some studies have quantified the tree loss, but only in fragments where coverage was near 100%. In this study was used CCD -HRC / CBERS2B and Rapideye fused images to quantify the tree loss through the Battacharya supervised classifier by regions. Conditional programs were running after classification by limiting the number of trees by polygons, separating trees / groves from forest fragments. Although the user and producer accuracies for the tree class overcoming 90%, the context information through object-oriented classification is an option to separate contiguous from isolated objects.

Key Words: HRC/CBERS, pansharpening fusion, environmental impact

1. Introdução

As florestas são um recurso natural essencial à atividade humana, provendo madeira e energia, além de abrigar enorme fonte genética e de biodiversidade. O uso, manejo e proteção requerem dados em escalas local e global os quais são supridos por sensores orbitais (Boyd e Danson, 2005). Embora grandes esforços tenham sido dispendidos, entre 1990-1997 aproximadamente 5,8Mha de floresta tropicais foram suprimidos com a degradação adicional, por extração seletiva, de 2,3Mha (Achard et al., 2002).

Em nível orbital tem-se observado basicamente três padrões de desflorestamento no Brasil: O desflorestamento de corte raso (“*clear cut*”) monitorado através do programa Prodes (Câmara et al., 2013), o desflorestamento discreto em fragmentos de mata Atlântica onde é necessário um série temporal de dados para identificá-los, e a degradação derivada da extração seletiva para indústria madeireira (Graça et al., 2005; Souza Jr., 2007).

O programa Proálcool, criado em 1975, passou por fases boas e ruins, no entanto, a partir do início do século XXI três fatores determinaram a retomada do programa: a instabilidade política/militar no Oriente Médio, a introdução do carro bicombustível e a pressão para redução de gases de efeito estufa (Azevedo, 2013), alguns municípios do interior do Estado de São Paulo (ESP) tiveram um incremento acima de 1000% na área cultivada com cana-de-açúcar entre 1996-2008 (Olivette et al., 2010), com expansão similar nos estados de Minas Gerais e Goiás. Essa expansão veio acompanhada de mudanças no uso/cobertura da Terra. Adami et al. (2013) relatam a perda de 3900 ha de Vegetação Arbórea no ESP no período de 2005 a 2011 e que a pastagem foi a classe que mais cedeu espaço (63%) para a expansão de

aproximadamente 2,5 Mha de cana-de-açúcar no período. A classe Vegetação Arbórea, no referido trabalho, foi definida como “matas ciliares e outras vegetações arbóreas independentemente do estágio de sucessão”, embora os autores não descrevam a porcentagem de cobertura, as ilustrações do artigo exibem cobertura arbórea continua próxima a 100%. Na maioria das regiões, observava-se a presença de grandes árvores junto às pastagens (Figura 1) como Ipês (*Tabebuia* spp.), Angicos (*Andadenthera* spp.), Faveiros (*Peltophorum* spp.) entre outras, remanescentes da mudança de cobertura original, cuja supressão foi amplamente reportada pela mídia e resultou em muitas autuações apesar da prática de derrubada/enterro ser comum para evitar a fiscalização (Borges, 2006; Leal, 2014a; Leal, 2014b, Ferri, 2014).

Para a detecção dessa mudança de uso/coberta faz-se necessário o uso de dados com alta resolução espacial, dados estes disponibilizados com o lançamento do sensor Ikonos no ano de 1999 (Dial et al., 2003) e cujas possibilidades multiplicaram muito com os sensores QuickBird, Orbview, WorldView, entre outros (Gillieson et al., 2006) . Neste trabalho optou-se pela expressão supressão arbórea, ao invés de desflorestamento, apesar de que o programa *Global Forest Resource Assesment* (FRA) da FAO (*Food and Agriculture Organizations*) das Nações Unidas, utiliza para uma definição global de “floresta” os seguintes valores mínimos: indivíduos com 5m de altura, cobertura vegetal de 10% e área de 0,5 ha (Achard et al., 2009) e, esses valores foram encontrados em muitas áreas.

O objetivo do presente trabalho foi utilizar a classificação supervisionada por região com o objetivo de classificar as áreas cobertas por árvores individuais que foram eliminadas para a introdução da cultura da cana-de-açúcar.

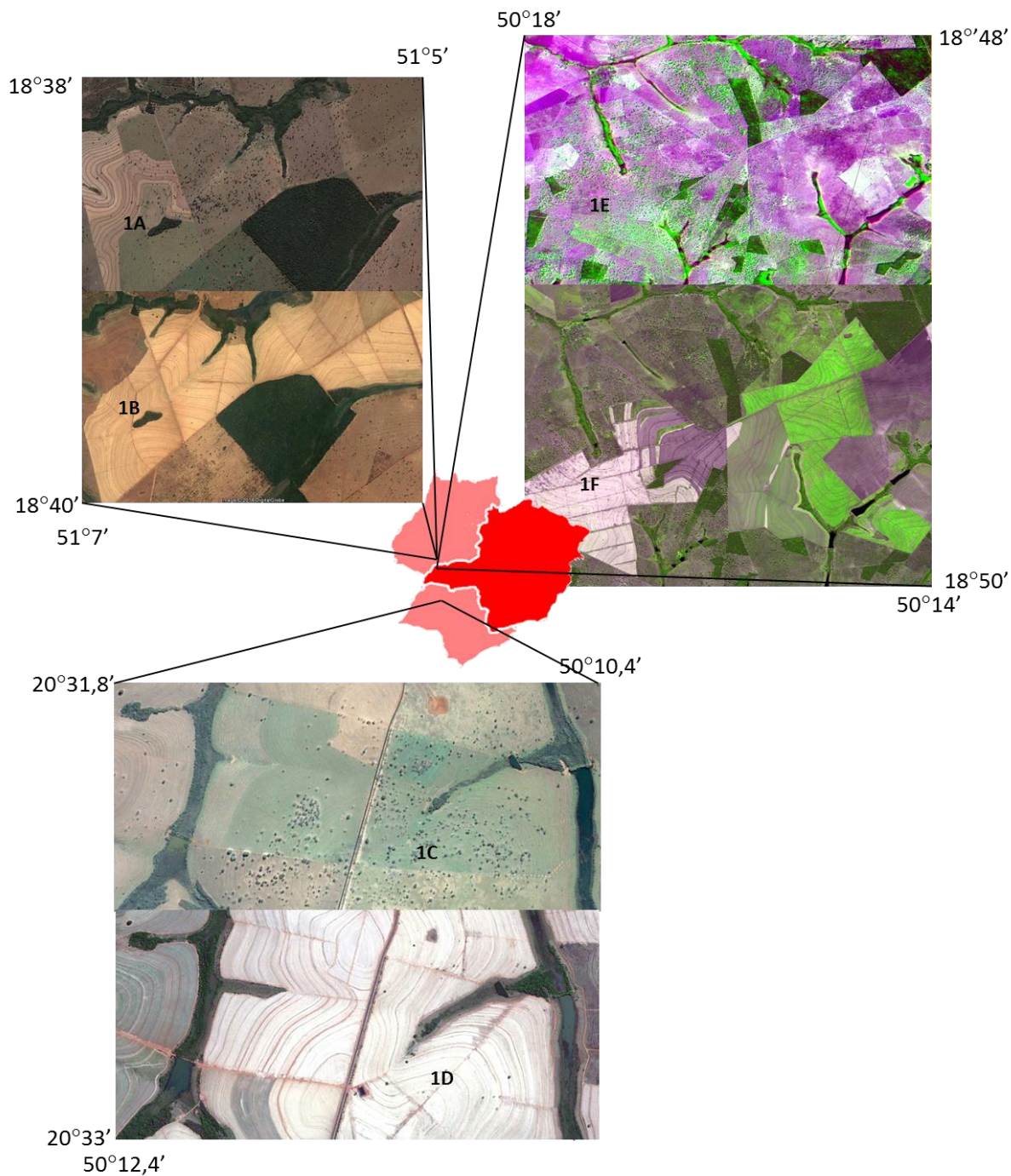


Figura 1 – Composições coloridas naturais de áreas do município de Caçu (GO), dos dias 31 agosto 2008 (1A) e 13 de setembro de 2010 (1B), e Magda (SP), dos dias 25 de julho de 2002 (1C) e 26 de novembro de 2011(1D) (Fonte: GoogleEarth). Fusão PANSharpening 3R4G2B HRC/CCD CBERS-2B de 09 outubro de 2009 (1E) e a composição 4R5G3B do sensor RapidEye de 16 agosto de 2012 (1F), ilustrando a retirada de árvores para implantação de cana-de-açúcar no distrito de Perdilandia, município de Santa Vitoria (MG).

2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo localiza-se no distrito Perdilandia, município Santa Vitória (MG), entre as coordenadas UTM/WGS-84 W571500m 7911500mS e W596500m 7936500mS onde existia, predominantemente, pastagens até a chegada da cana-de-açúcar (Reis e Brito, 2009). Nesse trabalho utilizou-se as imagens CCD/CBERS-2B da órbita/ponto 159/121 de 9 de outubro de 2009, e imagens HRC 159-C/121-3 as quais foram fusionadas pelo método PANSHARPENING (Leonardi et al., 2009) e uma cena do sensor RapidEye de 16 de agosto de 2012.

Em ambiente Spring procedeu-se a segmentação, para a classificação, pelo algoritmo supervisionado por região Battacharya descrito pela Equação 1 (Richards e Jia, 1999).

$$B = \sum_{k=1}^k \left\{ \frac{1}{8} (m_{ik} - m_{jk}) \right\} \left\{ \frac{\sum_{ik} + \sum_{jk}}{2} \right\}^{-1} (m_{ik} - m_{jk}) + \frac{1}{2} \ln \left\{ \frac{(\sum_{ik} + \sum_{jk})/2}{|\sum_{ik}|^{1/2} |\sum_{jk}|^{1/2}} \right\} \quad (1)$$

Onde, m é a média dos vetores para as classes i e j , em um total de k pixels.

Foram criadas as classes “floresta” (fragmento), “árvore”, “solo” (exposto) e “pastagem”. Essa última com três subclasses que depois foram agrupadas em uma única classe. Esse procedimento foi feito devido a grande variação para a classe pastagem (Figura 2).



Figura 2 – Imagem fusionada 3R4G2B CCD-HRC/CBERS-2B ilustrando árvores individuais e pequenos agrupamentos de árvores em verde escuro, em contraste com a variabilidade para a classe pastagem.

Gerando-se pontos de referência aleatórios eliminaram-se pontos extras, deixando-se, no máximo, um ponto de referência, por polígono derivado da segmentação, para procedimentos de tabulação cruzada.

Para correção da inclusão da classe árvore na classe floresta, vetorizou-se o mapa temático e os polígonos foram mosaicados para um PI cadastral com posterior rotulação automática. Gerou-se mais de 14 mil polígonos e através do operador ConteZonal, limitou-se o número de pixels que compunham árvores (ou arvoredos), acima de 230 pixels, por operação condicional em LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico), e os polígonos foram rotulados como floresta.

3. Resultados e Discussão

O resultado temático da classificação e a imagem fusionada são ilustrados na Figura 3. Conseguiram-se valores de exatidão do produtor e usuário de 92,3% e 88,4%, respectivamente. Esse menor valor de exatidão do usuário foi devido à inclusão da classe árvore na classe floresta destacados por setas no mapa temático da Figura 3.

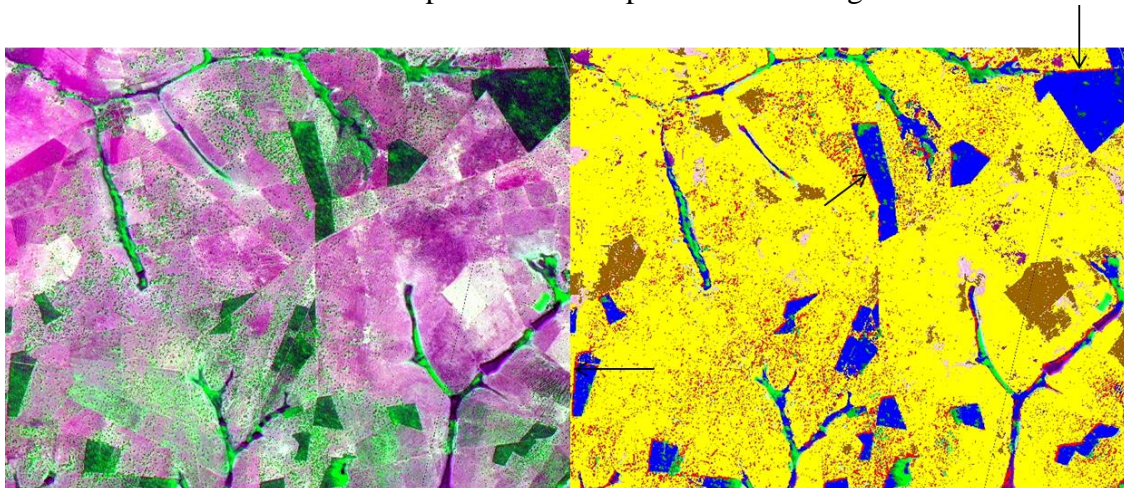


Figura 3 – Imagem fusionada CCD/HRC CBERS-2B e mapa temático derivado da classificação supervisionada (floresta ■, solo ■, pastagem ■ e árvore ■). Observa-se que, apesar de 99,9% no limiar de aceitação, parte da mata ciliar não foi classificada.

Em termos de classificação espectral, o classificador teve bom desempenho uma vez que observou-se, nas árvores isoladas, uma tonalidade verde mais escura, provavelmente pela sombra projetada de cada copa. A confusão das classes árvore/floresta ocorreu mais nas bordas dos fragmentos florestais, os quais foram descartados pela operação condicional elevando a exatidão do usuário para 91,1%.

Para a imagem RapidEye houve inclusão da classe árvore na classe floresta em pequenos polígonos destacados por setas no detalhe da Figura 4. Desse modo, a operação condicional seria falha uma vez que o número limite de pixels por polígono seria baixo e a conversão de tais polígonos para a classe floresta, converteria polígonos corretamente classificados como árvore para a classe floresta. A metodologia do número de pixels adotado anteriormente na classificação da imagem fusionada HRC-CCD/CBERS2B não seria eficiente na classificação da imagem RapidEye. Analisando ambas as imagens, observa-se que a informação contextual é decisiva e a classificação orientada a objetos, onde informações de contexto (como o isolamento ou a contiguidade de um polígono) essenciais para a correta discriminação das classes árvore e floresta são considerados, forneceria uma classificação mais acurada (Blaschke e Strobl, 2001).



Figura 4 – Imagem RapidEye na composição 4R5G3B e detalhe da classificação supervisionada pelo algoritmo Battacharya (floresta■, palha de cana■, pastagem■, arado■, cana nova■, árvore■). Observa-se a inclusão da classe árvore na classe mata em pequenos polígonos.

4. Conclusões

O impacto da indústria canavieira nas árvores individuais tem sido pouco reportado e quantificado via dados orbitais. Dados orbitais de 5m de resolução espacial ou melhores são desejados e, apesar da boa exatidão obtida, classificadores orientados a objeto, cuja informação de contexto pode ser inserida, seria essencial para discriminação de fragmentos florestais contíguos e isolados (árvores).

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da FAPEMIG e ao Ministério do Meio Ambiente pelo acesso ao banco de cenas do sensor RapidEye.

Referências Bibliográficas

Achard, F. et al. Forest definitions and extend. In: Vital forest graphics. Eds: Lambrechts, C.; Wilkie, M.L.; Rucevska, I.; Sen, M. Arendal, Norway, UNEP/GRID-Arendal. 75p. 2009. Disponível em: http://www.unep.org/vitalforest/Report/VFG_full_report.pdf.

Achard, F.; Eva, H. D.; Stibig, H-J; Mayaux, P.; Gallego, J.; Richards, T.; Malingreau, J-P. Determination of deforestation rates os world's humid tropical forests. *Science*. v. 297, n.5583, p.999-1002, 2002.

Adami, M.; Mendes, F.S.; Aguiar, D.A.; Salgado, M.P.G.; Rudorff, B.F.T. **Mudança do uso da terra devido à expansão da cana-de-açúcar em São Paulo de 2005 a 2011**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16., 2013, Foz do Iguaçu. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, p. 482-489.

Azevedo, T.N. **Efeito da expansão do cultivo de cana-de-açúcar na composição da paisagem do Estado de São Paulo**. 2013. 79p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2013.

Blaschke, T.; Strobl, J. What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS. *GIS-Zeitschrift fur Geoinformationsysteme*, Helt-6 pp.12-17, 2001.

Borges, D. Cemitério de árvores. Disponível em <http://www.diarioweb.com.br/noticias/corpo_noticia.asp?IdCategoria=166&IdNoticia=87163>, Acesso em: 30 de agosto de 2014.

Boyd, D.S.; Danson, F.M. Satellite remote sensing of forest resources: three decades of research development. **Progress in Physical Geography**, v. 29, n.1, p.1-26, 2005.

Câmara, G.; Valeriano, D.; Soares, J.V. **Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazonia Legal**. Disponível em< <http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia.pdf>>. Acesso em: jun 2014.

Dial, G.; Bowen, H., Gerlack, F. Grodecki, J.; Oleszczuk, R. Ikonos satellite imagery, and products. **Remote Sensing of Environment**. v.88, n.1, pp.1-36, 2003.

Ferri, M Usina é multada por cortar três mil árvores. Disponível em <http://www.diarioweb.com.br/eventos/corpo_noticia.asp?idGrupo=7&idCategoria=42&idNoticia=26138>. Acesso em: 20 jul 2014.

Gillieson, D.S.; Lawson, T. J.; Searle, L. **Application of high resolution remote sensing in rainforest ecology and management**. Rainforest CRC, Cairns, 54p, 2006

Graça, P.M.L.A.; Santos, J.R.; Soares, J. V.; Souza, P. E. U. **Desenvolvimento metodológico para detecção e mapeamento de áreas florestais sob exploração madeireira: estudo de caso, região Norte do Mato Grosso**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 1555-1562.

Leal, A.C. **Natureza pede socorro..** Disponível em <<http://www.diarioweb.com.br/noticias/imp.asp?id=91436>>. Acesso em 20 jul 2014.

Leal, A.C. **Usinas da região são ameaça para o meio ambiente**. Disponível em http://www.diarioweb.com.br/noticias/corpo_noticia.asp?idCategoria=166&idNoticia=81241. Acesso em: 20 jul 2014.

Leonardi, F.; Oliveira, C. G.; Fonseca, L. M. G.; Almeida, C. M.; Fusão de imagens CERS2B: CCD e HRC. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 6951-6958. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00056-0. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.16.12.28/doc/6951-6958.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2014.

Olivette, M.P.A.; Nachiluk, K.; Francisco, V.L.F.S. Análise comparativa da área plantada com cana-de-açúcar frente aos principais grupos de culturas nos municípios paulistas, 1996-2008. **Informações Econômicas**, v.40, n.2, p.42-59, 2010.

Reis, L.N.G.; Brito, J.L.S. A expansão da cana-de-açúcar na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – MG. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 6650-6657. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00066-9. Disponível em: <www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0407.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2014.

Richards, J. A.; Jia, X. **Remote sensing digital image interpretation: an introduction**. Springer, 3ed., Alemanha, 363p., 1999.

Souza Jr, C.M. **Avanços do sensoriamento remoto para o monitoramento da exploração madeireira na Amazonia**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 6987-6994.