

IMAGEM GEOEYE E ANÁLISE ORIENTADA A OBJETO NA IDENTIFICAÇÃO DE PEQUENAS ÁREAS DE SILVICULTURA DE EUCALIPTO: O CASO DE SÃO LUIZ DO PARAITINGA, SP, BRASIL

GEOEYE IMAGE AND OBJECT-ORIENTED ANALYSIS FOR IDENTIFY SMALL EUCALIPTUS FORESTRY AREAS: THE CASE OF SÃO LUIZ DO PARAITINGA, SP, BRAZIL

Luciana Spinelli Araujo, Carlos Cesar Ronquim

Embrapa Monitoramento por Satélite; Av. Soldado Passarinho, 303; 13070-115 - Campinas, SP, Brasil,
spinelli@cnpm.embrapa.br; ronquim@cnpm.embrapa.br

RESUMO

Áreas cultivadas com eucalipto vêm dominando a paisagem na região do Vale do Paraíba, estado de São Paulo. Aqui apresentamos os resultados iniciais enfocando a identificação dessas áreas de eucalipto no município de São Luiz do Paraitinga. Com o objetivo de abranger o mapeamento de pequenas áreas de silvicultura, empregou-se uma imagem GeoEye, de alta-resolução espacial, e a abordagem da análise orientada a objeto. Procedimentos de segmentação e classificação foram realizados com a imagem RGB e a imagem NDVI. Os resultados demonstraram que, a partir da inclusão de poucos parâmetros na construção das regras de decisão, como a resposta na imagem NDVI, é possível delimitar pequenas áreas de plantio, melhorando a precisão de mapeamentos regionais e subsidiando o planejamento do uso e ocupação das terras desse município.

Palavras-chave: eucalipto, silvicultura, alta-resolução, classificação orientada a objeto, GeoEye.

ABSTRACT

Areas cultivated with eucalyptus have currently dominated the landscape in the Paraíba River Valley, São Paulo state, Brazil. Here we present the initial results focusing the identification of eucalyptus areas in the city of São Luiz do Paraitinga. In order to cover the mapping of small forestry areas, we used a GeoEye image, with high -spatial resolution, and an object-oriented analysis approach. Segmentation and classification procedures were performed using the RGB image and the NDVI image. The results showed that, the inclusion of a few parameters, such as the the response in the NDVI image, into the construction of the decision rules enables delimiting small crop areas, thus improving the accuracy of regional mappings and subsidizing the city's land use and occupancy planning.

Keywords: eucalyptus, forestry, high-resolution, object-oriented classification, GeoEye.

INTRODUÇÃO

Em diversas regiões do Vale do Paraíba, a silvicultura de eucalipto integra a paisagem e apesar da matriz dominante ser ainda de pastagem, a eucaliptocultura é uma atividade em expansão (CARRIELLO e VICENS, 2011; ARGÜELLO *et al.*, 2009). No caso do município de São Luiz do Paraitinga, apesar da restrição a novos plantios a partir de 2008, dados apontam incremento na área plantada ainda no período posterior a esta data (CANTINHO *et al.*, 2011). Esses dados são oriundos de trabalhos que empregam técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, que auxiliam e otimizam esses levantamentos, e parte deles é baseada em imagens TM/Landsat, por propiciar a análise do uso da terra a partir de sua série histórica de dados.

Por ser uma atividade economicamente atraente, muitas propriedades rurais, de pequeno porte inclusive, tem aderido ao cultivo de eucalipto, algumas delas tendo o plantio fomentado por empresas que fazem uso dessa

matéria-prima. O cultivo em grandes áreas pode ser visualizado em imagens TM/Landsat, por exemplo, com resolução de 30 m, mas em pequenas propriedades, onde os plantios ocorrem em áreas de 3 a 4 ha, pode não ser identificado corretamente, considerando a ocorrência mesclada com outros usos da terra que poderia dificultar a interpretação. Alia-se a isso a dificuldade em discriminar plantios recentes de eucalipto e pastagem (CARRIELLO e VICENS, 2011) e entre vegetação nativa e plantios adultos (SANTOS e NOVAES JUNIOR, 2011).

Esse cultivo de eucalipto é alocado, muitas vezes, de forma indiscriminada na propriedade rural, inclusive em locais com restrição ambiental, refletindo a falta de planejamento no uso e ocupação da terra e potencializando o processo histórico de fragmentação florestal dessa região. Considerando a topografia bastante acentuada de São Luiz do Paraitinga, torna-se imprescindível diagnosticar a distribuição espacial da atividade, inclusive em pequenas áreas. Dessa forma, mapeamentos atualizados em escalas compatíveis para esse alvo de interesse são necessários, sendo base para o monitoramento espacial da possível expansão da atividade e subsidiando o planejamento do uso e ocupação das terras desse município.

Assim, o principal desafio vem sendo a delimitação dos plantios em pequenas áreas, e, para este fim, imagens orbitais de alta resolução podem contribuir de forma significativa para identificar com maior precisão essa atividade. Para essas imagens, por vezes com resolução espacial de centímetros, processamentos convencionais não são eficientes para extrair as informações desses dados e a análise orientada a objeto vem sendo uma opção. Nessa abordagem a imagem é analisada partir de pequenos segmentos, os objetos, gerados no processo de segmentação. Esses objetos são estruturados, formando uma rede hierárquica, em que se relacionam com os seus vizinhos e sub-objetos (HOFMANN, 2001). A etapa de classificação dos objetos é baseada em regras, onde o conhecimento do usuário é usado para criar um conjunto de critérios para determinado alvo de interesse, por exemplo, que pode ser aplicado a várias imagens.

Objetivamos, assim, avaliar a silvicultura de eucalipto sob a perspectiva da análise orientada a objeto, com o desenvolvimento de regras para a classificação de imagens de alta-resolução, otimizando a identificação de pequenos plantios.

Área de estudo

São Luís do Paraitinga localiza-se na região leste do estado de São Paulo, inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Com uma área de aproximadamente 600 Km², o município é conhecido por seu conjunto arquitetônico, tombado pelo CONDEPHAAT e IPHAN, instituições do patrimônio histórico. Nesta região a fitofisionomia predominante é da Floresta Ombrófila Densa Montana (BIOTA/FAPESP, 2011), sendo que São Luiz possui 10% da área municipal integrando o Núcleo Santa Virgínia do Parque Estadual da Serra do Mar e 13% estão em sua zona de amortecimento (VILLANI, 2007). O trecho selecionado para o estudo encontra-se na parte norte do município, conforme ilustrado na Figura 1.

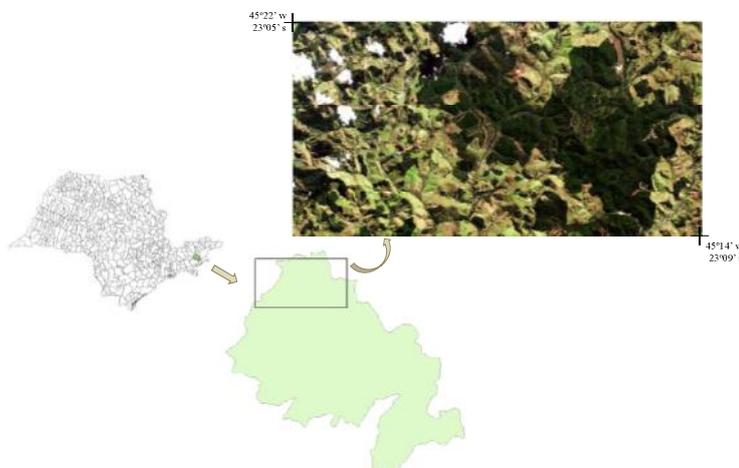


Figura 1. Localização de São Luiz do Paraitinga no estado de São Paulo e da área de estudo, na região norte do município, em imagem GeoEye.

Figura 1. Location of São Luiz do Paraitinga in the state of de São Paulo and of the study area, in the northern portion of the city, in a GeoEye image.

Metodologia

Nesse trabalho empregamos a imagem GeoEye-1, correção *Standard*, com 5 bandas espectrais - 1 pancromática, resolução espacial de 0,5m e 4 multiespectrais (1-azul (450 - 520nm), 2-verde (520 - 600nm), 3-vermelho (625-695nm) e 4-infravermelho-próximo (760 - 900nm)), resolução espacial de 2,0m. A imagem, de 21 de maio de 2011, abrange a região norte do município de São Luiz do Paraitinga. Para as análises utilizamos o trecho sul da imagem, com área aproximada de 100 Km², conforme apresentado anteriormente na Figura 1.

A partir das bandas originais, gerou-se 3 produtos - a imagem composição RGB (com as bandas infravermelho-próximo, vermelho e verde), a imagem índice de vegetação NDVI $[(IVP-V) / (IVP+V)]$ e a imagem fusionada. O procedimento de fusão de imagens, técnica que combina as propriedades das imagens originais numa única nova imagem, com a informação espectral da banda MS aliada à resolução espacial da banda PAN, foi realizada pelo método de principais componentes, resultando na imagem fusionada com resolução de 0,5m. Os processamentos iniciais foram realizados no *software Envi 4.8*.

Posteriormente, as imagens foram empregadas para os processos de segmentação e classificação no *software eCognition 8.7*. Nessa etapa, a classificação focou especificamente na identificação de áreas de eucalipto, sendo esta a classe de interesse para os processamentos de imagem. Posteriormente, os resultados, convertidos para formato vetorial, foram avaliados tendo como referência o banco de dados com áreas de silvicultura de eucalipto na região do Vale do Paraíba.

RESULTADOS

Os produtos gerados a partir das bandas originais da imagem GeoEye foram analisados a fim de verificar a adequação para os processamentos posteriores. A fusão de imagens pela técnica de Principais Componentes não apresentou resultado satisfatório na análise qualitativa, como também observado por POLIZEL *et al.* (2011). O aspecto embaçado observado no detalhe, principalmente em áreas com alta ocorrência de sombras, poderia dificultar, neste caso, a identificação das áreas menores de silvicultura. Dessa forma, a imagem fusionada não foi empregada para os processamentos de classificação, contudo, posteriormente, outras técnicas de fusão serão testadas para a melhoria da resolução espacial dos dados.

Como comentado, o processamento de imagens focou na classificação da atividade de eucalipto, objetivando incluir as pequenas áreas de plantio. Assim, a rede hierárquica foi construída em relação à classe vegetação, com as subclasses vegetação natural e silvicultura, visando discriminar as áreas de eucalipto do restante de áreas florestadas. A imagem foi então processada, empregando a segmentação multirresolução sobre a imagem RGB, com o parâmetro de Escala=20. Esse parâmetro, que define o tamanho dos objetos, foi adequado para gerar pequenos segmentos de interesse, que foram, então, analisados em relação aos atributos “*Brightness*” (brilho) e NDVI. A análise pela ferramenta “*Feature View*” possibilita visualizar o comportamento dos atributos na imagem e determinar qual desses atributos separa melhor os objetos das classes. Nesse procedimento, as informações da imagem NDVI foram selecionadas para a classificação, possibilitando melhor discriminação entre as áreas florestadas, e o critério $NDVI > 0,455$ foi aplicado como regra para identificação da classe de eucalipto, resultando no mapa final (Figura 2).

Para a avaliação da classificação foram empregadas duas classes - eucalipto e não eucalipto, com o procedimento apresentando um desempenho muito bom (LANDIS e KOCH, 1977), com índice *Kappa* em torno de 0,7. O alto índice de acerto, com 24 amostras identificadas corretamente de 30 pontos selecionados aleatoriamente do banco de dados com áreas de eucalipto do município, indica o potencial desta técnica de classificação. Os maciços de eucalipto foram ainda os melhores identificados, como observado na Figura 3a.

Diferentemente de áreas naturais florestadas, a silvicultura por vezes possui padrões geométricos de plantio, principalmente em grandes áreas. Na região de São Luiz, contudo, áreas de cultivo são observadas com bordas sem padrões geométricos, ocorrendo entremeadas a outros usos da terra. Ainda assim, mesmo com a semelhança espectral entre os plantios e os remanescentes florestais relatada por CANTINHO *et al.* (2011) e SANTOS e NOVAES JUNIOR (2011), as áreas de eucalipto foram bem discriminadas da vegetação natural (Figura 3b).

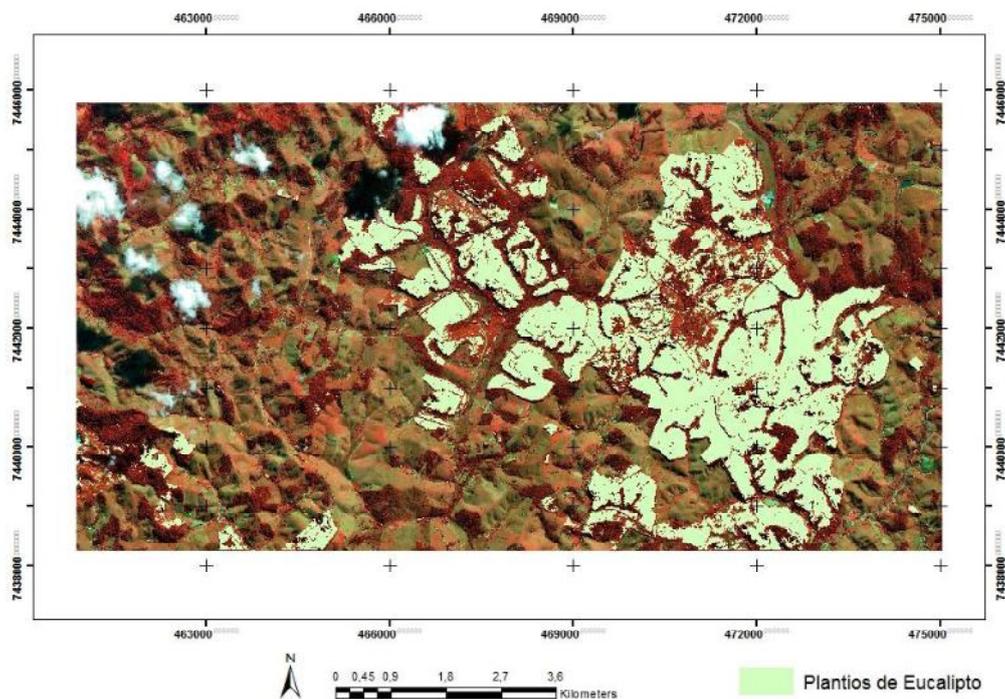
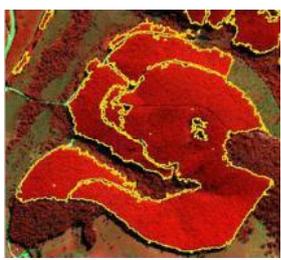


Figura 2. Classificação da imagem GeoEye com as áreas de silvicultura de eucalipto.
 Figure 2. Classification of the GeoEye image featuring eucalyptus forestry areas.

Em relação aos pequenos plantios, foi possível mapear áreas em torno de 0,2 ha (Figura 3c), incluindo situações de plantio de eucalipto em linhas estreitas, empregado muitas vezes como delimitador de propriedades (Figura 3d). Como comparação, os remanescentes florestais mapeados historicamente com dados TM/Landsat pela SOS Mata Atlântica e INPE tem área mínima de mapeamento de 3 hectares (Fundação SOS Mata Atlântica; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2010). No caso dessas áreas de silvicultura, áreas menores que 2 ha totalizam 97, 16% do total mapeado.

Apesar do desempenho do classificador, na análise detalhada da classificação foram identificados alguns problemas de omissão, principalmente em situações de diferentes estágios de desenvolvimento do eucalipto (Figura 3e). Alguns problemas isolados de inclusão também foram observados, especialmente em relação às áreas de vegetação natural com NDVI similar às de eucalipto. Posteriormente serão testados outros atributos para inclusão no conjunto de regras, visando, contudo, manter reduzido o número de parâmetros para este mapeamento.

	Imagem R4G3B1	Campo
(a)		

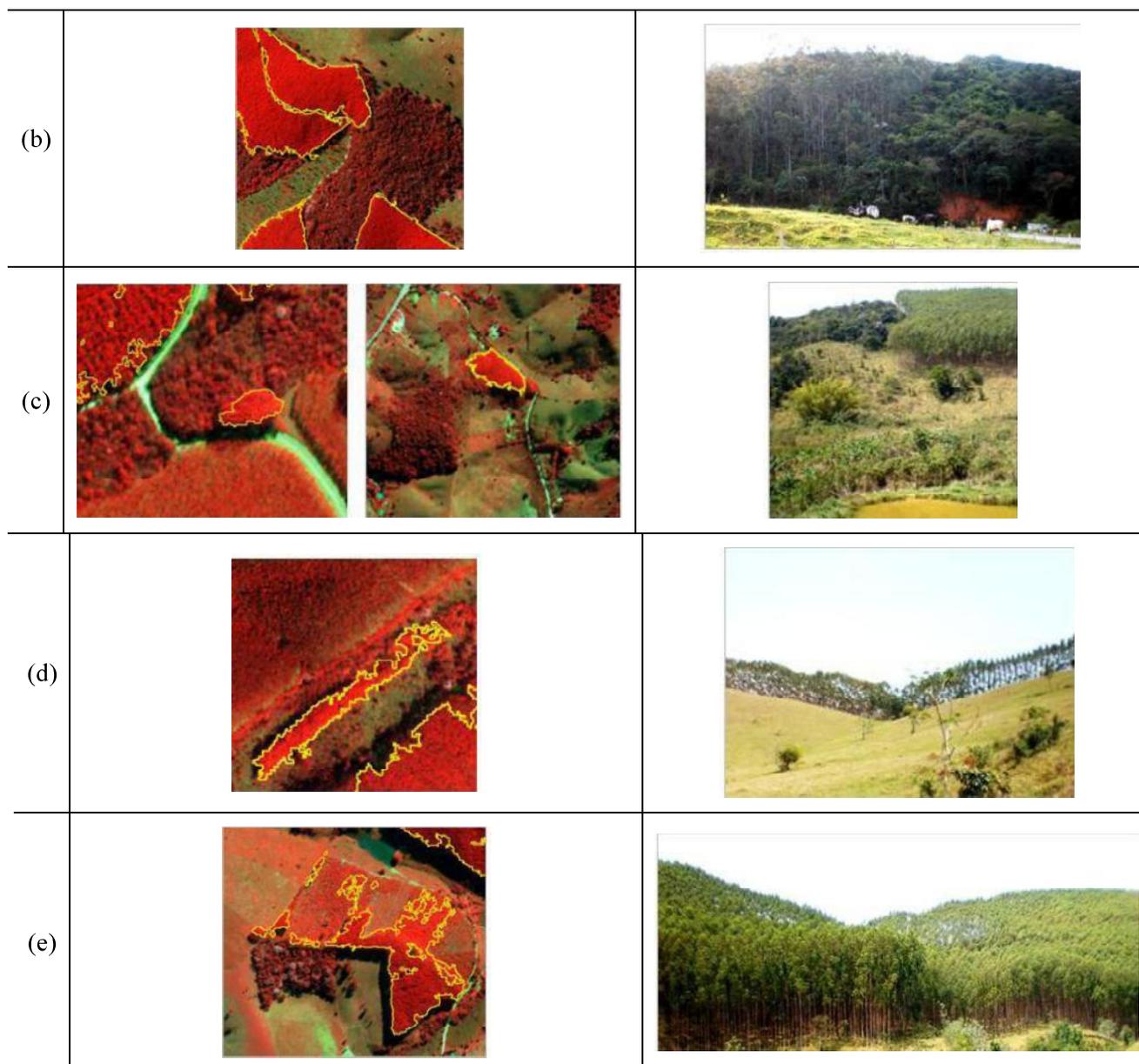


Figura 3. Áreas de eucalipto segmentadas (em amarelo) na imagem RGB e referência de campo.
 (a) Maciço de silvicultura de eucalipto. Dense eucalyptus forestry.
 (b) Áreas adjacentes de eucalipto e vegetação natural. Adjacent areas of eucalyptus and natural vegetation.
 (c) Pequenas áreas de cultivo de eucalipto. Small eucalyptus crop areas.
 (d) Áreas lineares de eucalipto. Linear areas with eucalyptus.
 (e) Eucalipto em diferentes estágios de desenvolvimento. Eucalyptus at different development stages.

CONCLUSÕES

Este trabalho de identificação da silvicultura de eucalipto com imagens de alta-resolução e análise orientada a objeto apresentou os resultados iniciais dos processamentos indicando a potencialidade do classificador empregado para este alvo. A metodologia mostrou-se eficiente na discriminação de áreas de silvicultura das de áreas de vegetação natural e na identificação de pequenas áreas de cultivo do eucalipto. Apesar do bom desempenho, outros parâmetros serão analisados para inclusão no modelo de regras e melhor delineamento da classe de interesse, principalmente para a identificação das diversos estágios de desenvolvimento do eucalipto. Adicionalmente, em continuidade a este trabalho, informações de sensores de média resolução,

como o TM/Landsat, serão comparadas com estas de alta-resolução, visando avaliar a perda de informação no mapeamento de pequenas áreas em relação ao total de áreas plantadas no município.

Os autores agradecem a FIBRIA, Unidade Jacareí, pela disponibilização dos dados referentes às propriedades com silvicultura de eucalipto.

REFERÊNCIAS

ARGÜELLO, F.V.P. *et al.* Análise da distribuição espacial de eucalipto no cone Leste paulista. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 2009, p. 5611-5616.

BIOTA/FAPESP. Áreas prioritárias para conservação e restauração da biodiversidade do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.biota.org.br>. Acesso em: Jan.2011.

CANTINHO, R.Z. *et al.* Análise da expansão do eucalipto no município de São Luiz do Paraitinga, SP, Brasil. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 2011, p. 2083-2090.

CARRIELLO, F.; VICENS, R.S. Silvicultura de eucalipto no Vale do Paraíba do sul/SP no período entre 1986 e 2010. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 2011, p. 6403-6409.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2008-2010, dados parciais dos estados avaliados até maio de 2010. São Paulo, 2010. Disponível em: http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas-relatorio2008-2010parcial.pdf. Acesso em: Jul. 2010.

HOFMANN, P. Detecting buildings and roads from IKONOS data using additional elevation information. *Journal for Spatial Information and Decision Making*. n. 6/01. p. 26 - 33, 2001.

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurements of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v. 33, p. 159-174, 1977.

POLIZEL, S.P. *et al.* Aplicação e avaliação de técnicas de fusão em imagens Ikonos e GeoEye. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 2011, p. 7761-7768.

SANTOS, N.C.P.; NOVAES JUNIOR, R.A. Aplicação de técnicas de processamento de imagens no mapeamento de talhões de Eucalipto no município de Caçapava, SP. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 2011, p. 7705-7712.

VILLANI, J.P. Zona de amortecimento do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Santa Virgínia: subsídios ao manejo sustentável dos fragmentos de Mata Atlântica. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais. Departamento de Ciências Agrárias, Universidade de Taubaté. Taubaté, SP, 2007.