

Utilização de imagens de sensoriamento remoto de alta resolução para realizar a contagem de copas em povoamento de *Eucalyptus spp.*

Frederico Pereira Reis¹, Luciano T. de Oliveira², Luis Marcelo T. de Carvalho³

^{1,2,3}Universidade Federal de Lavras, MG (UFLA)
Campus Universitário - Caixa Postal 3037 – 37200-000 - Lavras MG – Brasil

^{1,2,3}LEMAF - Departamento de Ciências Florestais - UFLA

fredreis1@gmail.com, oliveiralt@yahoo.com.br, passarinho@ufla.br

Abstract. *The present work aims at performing automatic tree crown counting in planted Eucalypt forests. High resolution remote sensing imagery and digital image processing using Lee Filters and the unsupervised classification algorithm ISODATA were used. The classification result that best extracted tree crowns was exported to a GIS for tree counting. The resulting number of trees was compared to the number obtained by visual interpretation.*

Resumo. *O presente trabalho objetiva, através da utilização de imagens de sensoriamento remoto de alta resolução e processamento digital de imagens, realizar a contagem automática de copas individuais em um povoamento plantado de Eucalyptus spp., através da técnica que associa o filtro de Lee com o classificador não-supervisionado ISODATA. Após as etapas de processamento, o resultado da classificação que mais representou as copas das árvores foi exportado para ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), onde foi realizada a contagem automática dos polígonos que representaram melhor as copas. Os resultados foram comparados com o parâmetro, que foi obtido através da interpretação visual da imagem.*

1. Introdução

Imagens obtidas por satélites, aviões, ou sensores digitais aerotransportados fazem cada vez mais, parte de nosso cotidiano, sendo utilizadas por cientistas e profissionais para monitorar o que se passa na superfície de nosso planeta de uma maneira abrangente, periódica e de baixo custo.

O planejamento econômico das florestas plantadas serve de subsidio para tomada de decisões para o abastecimento das empresas consumidoras de madeira, como as siderúrgicas, papel e celulose, dentre outras. Convencionalmente, os dados de inventários florestais têm sido coletados principalmente por pesquisas de campo, que são dispendiosas e demoradas (Hyypä et al., 2000), e muitas das vezes com erros devido a falta de treinamento da equipe de campo.

Diferentes métodos para a delimitação de copas individuais têm sido apresentados e diferentes técnicas têm sido usadas, a fim de diminuir o tempo gasto e reduzir custos. Essas técnicas incluem “*template matching*”, que são técnicas que

procuram correlacionar pequenas partes da imagem com uma imagem modelo (Pollock, 1996; Larsen & Rudemo, 1998; Olofsson, 2002), métodos baseados em regiões de crescimento (Pinz, 1989; Culvenor, 2002; Pouliot, King, Bell, & Pitt, 2002; Erikson, 2003; Erikson, 2004; Erikson, 2006), métodos probabilísticos (Descombes & Pechersky, 2006; Perrin, Descombes, Zerubia, & Boureau, 2006), e métodos baseados no contorno dos alvos (Gougeon, 1995; Brandtberg & Walter, 1998).

Frente a isso, este estudo tem como objetivo principal, realizar a individualização de árvores em um povoamento florestal plantado, através de técnicas de processamento digital de imagens, a fim de gerar melhores parâmetros dendrométricos.

2. Material e Métodos

O trabalho foi conduzido no projeto FX39, talhão 02, pertencentes a uma fazenda (Figura 01) de área 637 hectares de *Eucalyptus spp.* com 7 anos de idade, plantados no espaçamentos 3x3, denominada “Projeto Cara Preta”.

O projeto Cara Preta está situado a 21°35' de Latitude Sul e 47°35' de Longitude Oeste, em altitude variando de 600 a 700 m, no município de Santa Rita do Passa Quatro, SP. O clima da região é do tipo CWa, segundo o sistema de Köppen, com predominância de chuvas no verão e inverno relativamente seco.

A escala da foto é de 1:6000, e o vôo foi realizado no ano de 2004.

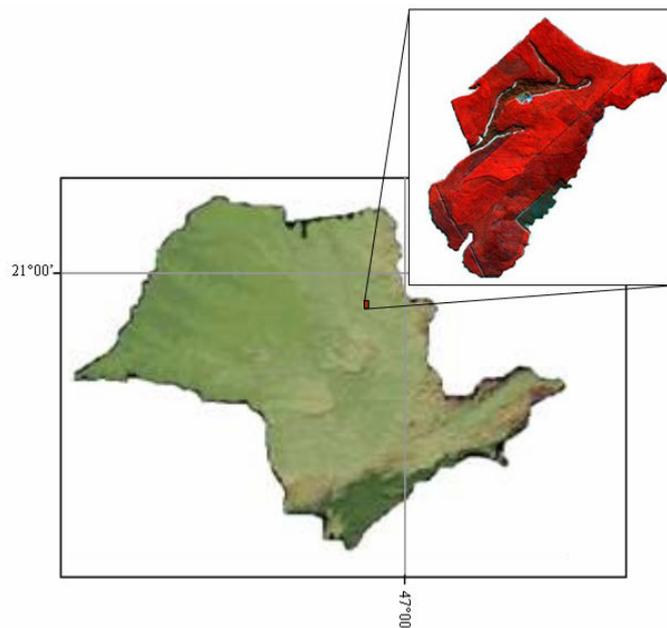


Figura 1. Localização da área de estudo.

Para realização da contagem das árvores individuais, foram seguidos os seguintes passos:

1) Primeiramente a imagem obtida do sobrevôo foi digitalizada e em seguida foi realizada a contagem dos indivíduos do talhão por meio de processamento visual de imagens. Esses dados foram considerados como parâmetro nesse estudo.

2) Os próximos passos envolveram as etapas de pré-processamento de imagens digitais. Inicialmente optamos pela filtragem dos dados, onde utilizamos o Filtro de *Lee* (Lee & Jong-Sen, 1981), que adota um modelo multiplicativo para o ruído e obedece ao critério de "*local linear minimum mean square error*". Local, porque utiliza estatísticas locais do *pixel* a ser filtrado, admitindo a não estacionaridade da média e da variância do sinal. É um filtro linear porque realiza uma linearização por expansão em série de Taylor da multiplicação do sinal e o ruído em torno da média, utilizando apenas os termos lineares. O resultado da linearização transforma o modelo multiplicativo do ruído em aditivo, ou seja, o ruído e o sinal tornam-se independentes; e, finalmente, "*minimum mean square error*", porque minimiza o erro médio quadrático através do filtro de *Wiener* (filtro baseado no critério de mínimo erro médio quadrático).

3) Assim, com os dados melhorados, foi feita uma classificação não-supervisionada *Isodata*. O classificador *Isodata* é um algoritmo de classificação que identifica padrões típicos nos níveis de cinza. Esses padrões são classificados efetuando-se visitas de reconhecimento a alguns exemplos escolhidos para determinar sua interpretação. Os padrões são geralmente referidos como agrupamentos ou nuvens (*clusters*) em decorrência da técnica adotada. Dessa forma, as classes são determinadas pelas análises de agrupamentos (Schowengerdt, 1997; Gonzáles e Woods, 2000). Neste método a imagem é sucessivamente varrida e os agrupamentos dos *pixels* (*clusters*), vão sendo alterados, ocorrendo à agregação de novos *pixels*, divisão ou fusão de *clusters*. Esta classificação consiste na identificação dos níveis de cinza, onde os *pixels* analisados são submetidos a algoritmos de agrupamento, formando assim os agregados de dados.

No processo de classificação o algoritmo agrupa os *pixels* em diferentes classes espectrais de acordo com alguns critérios estatísticos pré-determinados. Uma primeira suposição é assumida para o centro de cada agrupamento. A distância euclidiana entre cada *pixel* e o centro dos agrupamentos é calculada. (Tso & Mather, 2001). Através de um processo iterativo o algoritmo vai mudando o centro dos agrupamentos até que as distâncias mínimas até o centro do agrupamento formam uma classe.

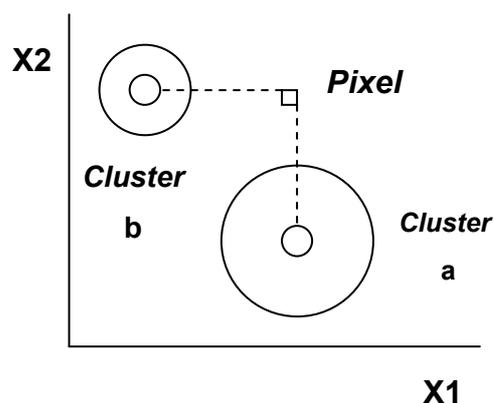


Figura 02. Cluster circular usando a medida de distancia euclidiana.

O cálculo da distancia entre um *pixel* e o centro do *cluster* normalmente usa a medida de distância euclidiana $D^2_E = (X_i - M_j)^2$, onde:

X_i : Vetor observado no *i*-ésimo *pixel*

M_j : Vetor médio do j -ésimo *cluster*

A dimensão do vetor X_i é igual ao número de bandas usadas na imagem.

4) O classificador gerou 30 classes. Daí foi escolhida a classe que melhor representava a copa das árvores, e exportada na forma de polígonos para ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), para que fosse feita a contagem desses polígonos automaticamente. De posse dos dados da contagem automática, foi feita uma comparação com a contagem manual (parâmetro) e foram gerados os resultados.

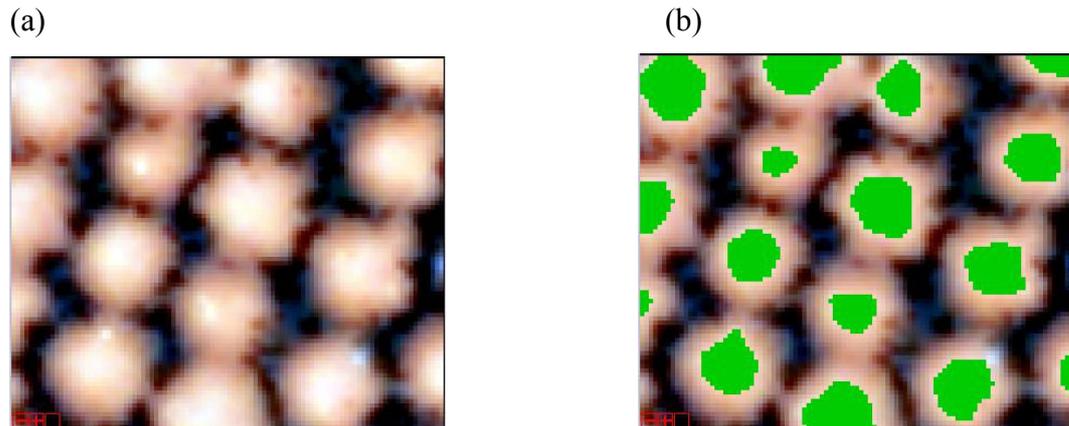


Figura 03. (a) Imagem original, mostrando a copa das árvores e (b) mostrando em verde os polígonos que melhor representaram a copa das árvores.

3. Resultados

Pelo método de processamento visual e contagem individual de árvores, foram encontradas 9.494 árvores.

Os polígonos dessa classe foram contados automaticamente, e chegou-se ao número de 8.884 árvores, atingindo um acerto de 93,58%, comparados com nosso parâmetro.

O número final pode ser considerado muito bom, bastante próximo da verdade de campo, mas alguns erros implícitos devem ser considerados, quando se leva em conta a acurácia do método, como os erros de omissão (árvores que deixaram de ser contadas) e erros de comissão (marcação de árvores não existentes, ou marcadas erroneamente ou de múltiplos picos de radiância na copa individual da árvore).

As próximas figuras ilustram melhor o que são os erros de omissão que foram encontrados.

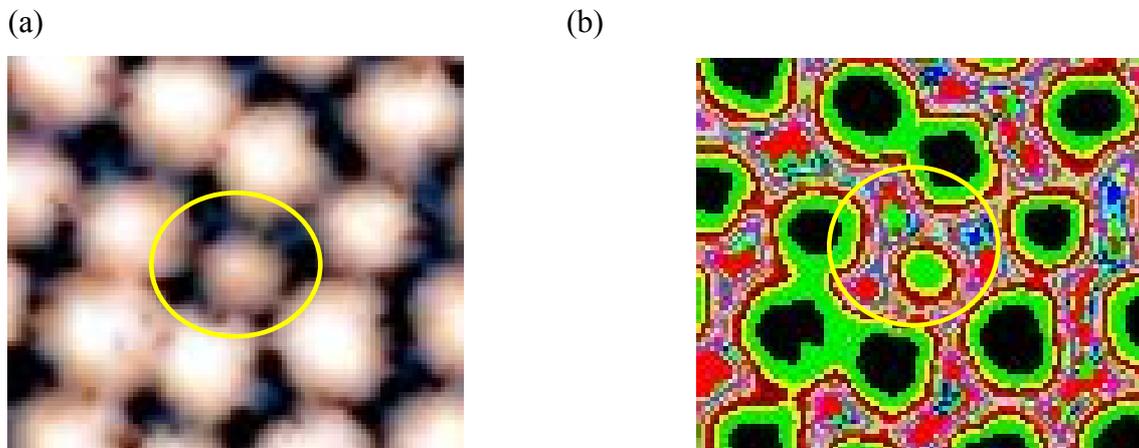


Figura 04. (a) Imagem original, mostrando as copas das árvores e (b) mostrando a imagem classificada e um dos erros de omissão encontrados.

A próxima figura ilustra melhor o que é o erro de comissão.

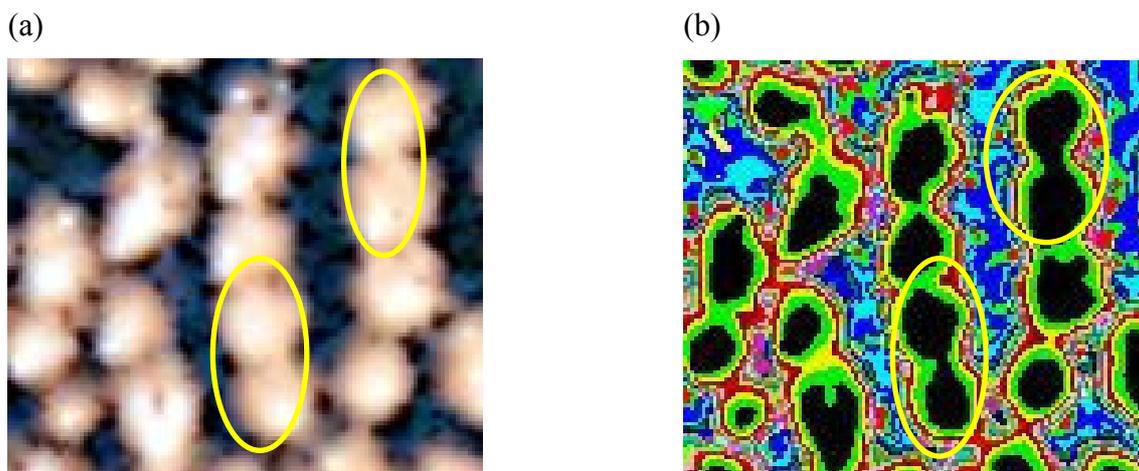


Figura 05. (a) Imagem original, mostrando as copas das árvores e (b) mostrando a imagem classificada com alguns erros de comissão encontrados.

4. Conclusões

Segundo os resultados obtidos, podemos concluir que sem levar em consideração os erros de comissão e erros de omissão, o resultado encontrado foi bastante satisfatório, visto que não foi necessário fazer a quantificação dos erros, pois o intuito do trabalho é realizar a contagem de árvores.

Podemos concluir também que há, em quase todos os trabalhos estudados (Korpela, 2006; Gougeon, 1995; Eriksson 2003; Eriksson, 2004 e Eriksson 2006), certa tendência à subestimação dos resultados.

A utilização do filtro de *Lee*, seguido pela classificação *Isodata* é uma técnica bastante promissora, mas precisa ser testada para plantios com diferentes espaçamentos, diferentes idades e terrenos com diferentes inclinações.

5. Bibliografia

- ERIKSON, M. (2003). “*Segmentation of individual tree crowns in colour aerial photographs using region growing supported by fuzzy rules*”. *Canadian Journal of Forest Research* 33(8), 1557–1563.
- ERIKSON, M. (2004). “*Species classification of individually segmented tree crowns in high-resolution aerial images using radiometric and morphologic image measures*”. *Remote Sensing of Environment* 91(3), 469–477.
- ERIKSON, M. (2006). “*Two preprocessing techniques based on grey level and geometric thickness to improve segmentation results*”. *Pattern Recognition Letters* 27(3), 160–166.
- GOUGEON F. A. (1995). “*A crown-following approach to the automatic delineation of individual tree crowns in high spatial resolution aerial images*”. *Canadian journal of remote sensing*. Vol 21. pp 274-284. 1995
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. (2000) “*Processamento de Imagens Digitais*”. São Paulo: Editora *Edgard Blücher* LTDA, 509 p.
- HYYPÄ, J.; HYYPÄ, H.; INKINEN, M.; ENGDAHL, M.; LINKO, S.; ZHU, Y. (2000). ” *Accuracy comparison of various remote sensing data sources in the retrieval of forest stand attributes*”. *Canadian journal of remote sensing*, v. 128, p. 109-120.
- KORPELA, I.; ANTILLA, P.; PITÄKEN, J. (2006). ”*The performance of a local maxima method for detecting individual tree tops in aerial photographs*”. *International Journal of Remote Sensing*. Vol 27, N°6, 20, 1159-1175.
- LARSEN, M. AND RUDEMO, M., (1998). “*Optimizing templates for finding trees in aerial photographs*”. *Pattern Recognition Letters* 19, 1153–1162.
- OLOFSSON, K., (2002). “*Detection of single trees in aerial images using template matching*”. In *ForestSat 2002, Operational tools in forestry using remote sensing techniques.*, Edinburgh, Scotland.
- PINZ, A., (1989). “*Final results of the vision expert system VES: Finding trees in aerial photographs*”, pp. 90–111. *OCG-Schriftenreihe* 49, Oldenbourg Verlag.
- POLLOCK, R., (1996). “*The Automatic Recognition of Individual Trees in Aerial Images of Forests Based on a Synthetic Tree Crown Image Model*”. *Ph. D. thesis*, University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- SCHOWENGERDT, R. A. (1997) “*Remote Sensing, Models and Methods for Image Processing*”. *San Diego: Academic Press*, 522 p.
- TSO, B.; MATHER, P.M. (2001). “*Classification Methods for remotely sensed data*”. *New York: Taylor & Francis*, 332 p.