

IMAGEM IKONOS-2 NO MAPEAMENTO DE COPAS DE *Araucaria angustifolia*

IMAGE IKONOS-2 FOR THE MAPPING OF *Araucaria angustifolia*'s CROWN

Vagner Alex Pesck¹, Gerson dos Santos Lisboa², Attilio Antonio Disperati³,
João Roberto dos Santos⁴, Thiago Floriani Stepka⁵

^{1,3} UNICENTRO, Curso de Pós Graduação em Ciências Florestais, PR- 153, KM 7, Bairro: Riozinho, 84.500-000 - Irati, Paraná, Brasil. ¹ vagneralex@yahoo.com.br; ³ disperati@avalon.sul.com.br

^{2,5} UFPR, Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais, UFPR, R. Lothário Meisser, 3400, 80.210-170 – Curitiba, Paraná, Brasil, ² gerson.lisboa@gmail.com; ⁵ tfstepka@yahoo.com.br

⁴ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Av. dos Astronautas, 1758, 12.227-010 - São José dos Campos, SP, Brasil, jroberto@dsr.inpe.br

RESUMO

A presente pesquisa analisa a cobertura de copas de *Araucaria angustifolia*, que ocupam os estratos superiores de um fragmento natural de Floresta Ombrófila Mista, através de uma imagem digital de satélite de alta resolução IKONOS-2. A área de estudo localiza-se na Floresta Nacional de Irati - PR, a qual é uma Unidade de Conservação do ICMBio, no município de Fernandes Pinheiro - PR. Na imagem de satélite foi realizada a composição colorida falsa-cor (IR/R/G), devido a melhor separação de coníferas e folhosas principalmente considerando a banda infravermelho próximo e, a segmentação, através do algoritmo *edge-base segmentation*, em uma área de aproximadamente de 121 ha. Na segmentação da imagem foi utilizado um nível de escala de valor 75, e 88 para a fusão dos segmentos. Já na classificação orientada ao objeto foram testados vários conjuntos de regras para diferenciar as classes temáticas. Para avaliar a exatidão do mapa temático foram escolhidas duas áreas testes, para fazer a comparação entre a imagem e o mapa gerado a partir da classificação. A utilização do processo de segmentação produziu excelentes resultados para discriminar as classes temáticas consideradas neste estudo. As regras utilizadas na classificação como área dos segmentos e intensidade dos mesmos mostraram-se superiores em comparação com as demais regras contidas no software.

Palavras-chave: Imagem orbital de alta resolução, Sensoriamento Remoto, Fotointerpretação Florestal, Floresta com Araucária.

ABSTRACT

This research analyzes the canopy cover of *Araucaria angustifolia*, which occupies the upper strata of a natural fragment of Araucaria Forest, through a digital satellite image of high resolution IKONOS-2. The study area is located on National Forest Irati - PR, which is a conservation of ICMBio, in the municipality of Fernandes Pinheiro - PR. In the satellite image it were used the CIR color composition (IR/R/G), due to better separation of conifers and broadleaves especially considering the near infrared band, and segmentation algorithm using edge-based segmentation. The segmentation was performed in an area of approximately 121 ha. In image segmentation, we used a level of scale value 75, and 88 for the fusion of the segments. Already in the object oriented classification were tested several sets of rules to differentiate the thematic classes. To evaluate the accuracy of the thematic map, two areas test were chosen to make the comparison between actual image and map generated from the classification. The use of segmentation process provided excellent results to discriminate between the thematic classes considered in this study. The rules used in classification as an area of segments and intensity of them proved to be superior in comparison with the other rules contained in the software.

Keywords: Orbital high resolution image, remote sensing, Forest Photointerpretation , Araucaria Forest.

INTRODUÇÃO

O bioma da Floresta com Araucária ou Floresta Ombrófila Mista, originalmente distribuía-se numa superfície de cerca de 200.000 km², ocorrendo no Paraná (aproximadamente 40% de sua superfície), Santa Catarina (31%) e Rio Grande do Sul (25%) e em manchas esparsas no sul de São Paulo (3%), internando-se até o sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro (1%) (CARVALHO, 1994).

No Paraná a área original do bioma, com cobertura vegetal autóctone, estimada em 73.780 km², sofreu uma redução, ao final da década de 70, para apenas 3.166 km², ou seja, cerca de 4,3%. Em 1980, a área de Floresta com Araucária no Paraná foi reduzida para 2.696 km² (IBDF, 1984).

A coleta de informações sobre uma determinada distribuição geográfica (recursos naturais) sempre foi uma parte importante das atividades da sociedade humana. Há poucas décadas atrás, isto era feito apenas em documentos e mapas em papel, impedindo uma análise que combinasse diversos mapas e dados. Com o avanço das novas tecnologias de informática (*Software* e *Hardware*), tornou possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento das Geotecnologias.

Com o lançamento de satélites de alta resolução espacial IKONOS-2 em 1999 e QUICKBIRD-2 em 2001, novas abordagens em estudos florestais e ambientais tornaram-se possíveis, como diversidade de espécies, mapear a distribuição espacial de espécies do dossel e das clareiras, diâmetro de copas, e monitorar o uso e a cobertura do solo.

LOCH e KIRCHNER (1988) comentaram que os produtos de sensoriamento remoto, tanto imagens orbitais como fotografias aéreas contribuem para a identificação e caracterização dos agentes modificadores do espaço, além de permitir mapeamento e a verificação da extensão e da intensidade das alterações provocadas pelo homem.

Alguns estudos florestais nacionais enfocaram a delimitação de copas de árvores via classificação orientada a objeto em imagens de alta resolução. GOMES *et al.* (2006) utilizaram segmentação multi-resolução (E-Cognition) em uma imagem Quickbird 2, resolução espacial de 61 cm, para o mapeamento de duas espécies de árvores *Sclerobium punicilatum* e *Mabea fistulifera* presentes em uma área de cerrado no estado de São Paulo. Ambas as espécies, usadas para recuperação de áreas degradadas, ocorreram, no local estudado, em áreas de fácil acesso e na maior parte das vezes de forma agrupada e a identificação das espécies na imagem e sua confirmação no campo foram realizadas com relativa facilidade. O resultado da classificação foi comparado com dados de campo, sendo sua acurácia avaliada através da matriz de confusão e do cálculo do coeficiente Kappa, tendo este último valor final superior a 80%.

DISPERATI *et al.* (2009) verificaram o uso potencial da banda do infravermelho próximo, fusionada com a imagem pancromática, do satélite Quickbird 2, utilizando o software ENVI FX para o mapeamento de copas de araucária em floresta natural. A interpretação visual de fotografias aéreas coloridas em escala 1:2.000 foi comparada com a classificação. Apesar da matriz de confusão ter resultado um acerto de 79% nas copas de araucária, a quantificação das copas de araucária excederam em 54,2% da fotointerpretação.

O presente trabalho objetivou o delineamento de copas de *Araucaria angustifolia* por meio da classificação orientada ao objeto utilizando uma imagem de alta resolução IKONOS-2.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo está localizada no centro-sul do Estado do Paraná (coordenadas centrais, W 50 ° 34 '30 "S e 25 ° 23' 30"), Brasil. O clima, segundo Koppen, é Cfb (temperado), com geadas frequentes no inverno e chuvas distribuídas ao longo do ano. A temperatura oscila entre a média máxima de 24 °C e uma média

mínima de 11 °C, as médias mensais de precipitação e umidade relativa são 194 milímetros e 80%, respectivamente.

A área de estudo (~ 120 ha) está localizada principalmente no interior da Floresta Nacional de Irati, com altitude variando entre 820 m e 880, e inclui ~ 70% dos remanescentes de FOM, que é importante para manter a biodiversidade deste bioma. No ano de 2000/2001 foi instalado um experimento permanente com 25 blocos contínuos de 1 ha cada, sendo que cada bloco foi dividido em quatro parcelas de 0,25 ha, totalizando a área experimental de 25 ha. Foram medidas as árvores dentro do limite do experimento com DAP maior que 10 cm. Este experimento está sendo remedido num intervalo de 3 anos, sendo a última medição executada no ano de 2008.

Entre os dados coletados para cada árvore realizou-se: identificação botânica, circunferência à altura do peito (CAP) e a distribuição espacial de cada indivíduo. Além do mapa planimétrico dos 25 ha mostrando a localização de todas as árvores, a pesquisa indicou uma média de 460 árvores/ha, sendo 42 Araucaria/ha (volume de Araucária ~ 100 m³/ha de acordo com DISPERATI (2002a); FIGUEIREDO FILHO *et al.*, (2006)). Baseado em uma interpretação visual de fotografias aéreas 70 mm cobrindo um total de dois hectares da área de estudo, DISPERATI (2002b) discriminou 54 copas de Araucária, de um total de 1.121 indivíduos mensurados durante o trabalho de campo. Isso demonstra certa concentração de Araucária, em alguns lugares com maior índice de local e uma maior capacidade de recuperação da floresta.

Dados utilizados

A imagem objeto de estudo foi o IKONOS-2 adquirida em 29 de dezembro de 2004, nas bandas azul (0,45 - 0,52 μm), verde (0,52 - 0,60 μm), vermelho (0,63 - 0,69 μm) e infra-vermelho próximo (0,76 - 0,90 μm). Estes canais foram fusionados com a banda pancromática com resolução de 1 m. O banco de dados de 25 hectares do inventário florestal e um mosaico de fotografias aéreas não controlado em escala 1:2000 utilizado para auxiliar na identificação da espécie *Araucaria angustifolia* na respectiva imagem de satélite.

Foi utilizado o software ENVI 4.6 e o módulo FX (Feature extraction), para efetuar a classificação orientada ao objeto. O Aplicativo Excel foi utilizado para efetuar o calculo do índice Kappa a partir da matriz de confusão.

Metodologia

O fluxograma (Figura 1) mostra resumidamente as etapas efetuadas no presente trabalho.

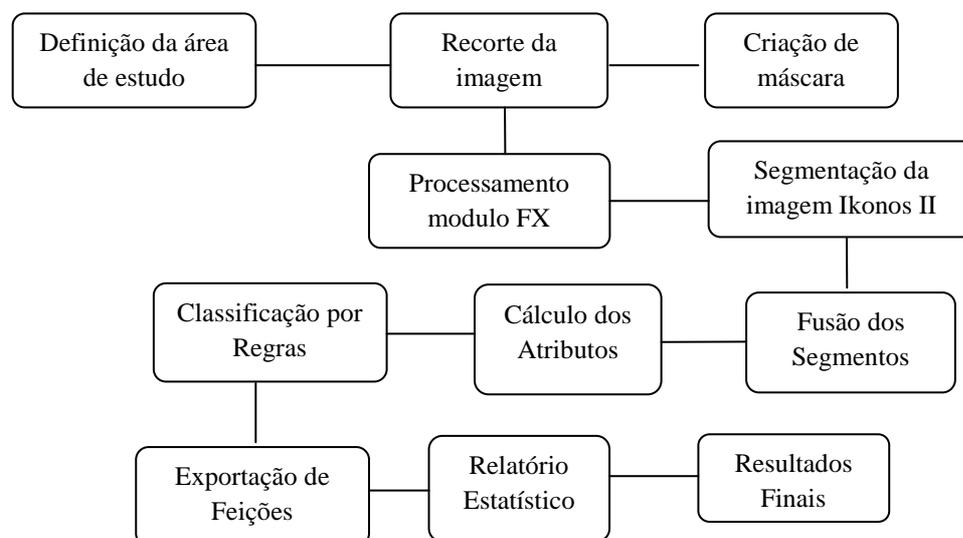


Figura 1. Fluxograma das etapas realizadas no presente trabalho.

Figure 1. Flowchart performed in this work.

O aplicativo Envi zoom 4.6[®] (módulo Feature Extraction) foi utilizado, permitindo a segmentação (na obtenção de objetos de análise), e de modelagem orientada a objetos (armazenamento e modelagem do conhecimento), além de lógica fuzzy (BENZ *et al.*, 2004). Para a segmentação da imagem, o módulo FX utiliza somente um parâmetro de entrada (nível de escala). Para este presente trabalho foi utilizada um nível de escala de valor 75 para a segmentação e 88 para a fusão dos segmentos, utilizado para agregar os segmentos pequenos às áreas maiores baseados na textura dos objetos (RSI, 2008). A etapa posterior a fusão dos segmentos foi a realização do cálculo dos atributos da imagem, como: atributos espaciais, espectrais, textura, “color space” e “band ratio”, ambos calculados pelo próprio software. A partir daí parte-se para extrações das feições de interesse objeto de estudo, Araucária e Folhosas.

Na classificação por regras, utilizaram-se as que se destacaram na classificação da Araucária, folhosas e solo exposto. As regras espaciais como área foram usadas para a classificação do solo exposto, a regra intensidade que varia de 0 a 1, sendo 0 para valor de refletância mínimo e valor 1 para máximo, foram usadas para classificar as espécies de folhosas e de Araucária. Após a classificação a imagem classificada foi exportada para o ENVI 4.6 para quantificação de cada classe referente à área ocupada na respectiva imagem.

Considerando que o principal objetivo do presente trabalho foi à delimitação de copas de Araucária, a precisão do mapeamento temático foi realizada por meio dos objetos classificados como Araucária e folhosas. Esta matriz forneceu as seguintes estatísticas: Porcentagem de acerto na classe Araucaria e folhosas e o índice Kappa (LANDIS e KOCH, 1977).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segmentação da imagem

Para o processamento da imagem de satélite utilizou-se as bandas 4, 3 e 2 (falsa cor) devido a melhor separação de coníferas e folhosas principalmente considerando a banda do infravermelho próximo. A primeira etapa da classificação foi escolher qual nível de escala deveria ser usada para segmentar a imagem. Para efetuar a classificação o módulo FX (*Feature extraction*) utiliza o algoritmo “edge-base segmentation” que requer somente a manipulação de um parâmetro de escala, que segundo MONTEIRO *et al* (2007), a escala é o fator mais importante por controlar o tamanho dos objetos (segmentos). Para este estudo utilizou um nível de escala de “valor 75” para a segmentação devido ao fechamento dos polígonos nas bordas das copas de Araucária visualizada através da opção “Preview”. Na segunda etapa do processamento dentro no módulo *Feature extraction* optou-se pelo nível de escala com “valor 88” para agregar os segmentos que pertenciam à espécie *Araucaria angustifolia*. A terceira etapa do processamento “thresholding” não foi analisada neste estudo. Estes valores são de escolha lógica (iterativo) que podem variar de acordo com o objetivo do trabalho e com o tipo de objeto de estudo.

Na Figura 2, apresenta o resultado da segmentação em parte da imagem IKONOS II, os segmentos mais escuros correspondem à espécie *Araucaria angustifolia* e os pontos avermelhados e azuis correspondem a diversas espécies de folhosas.

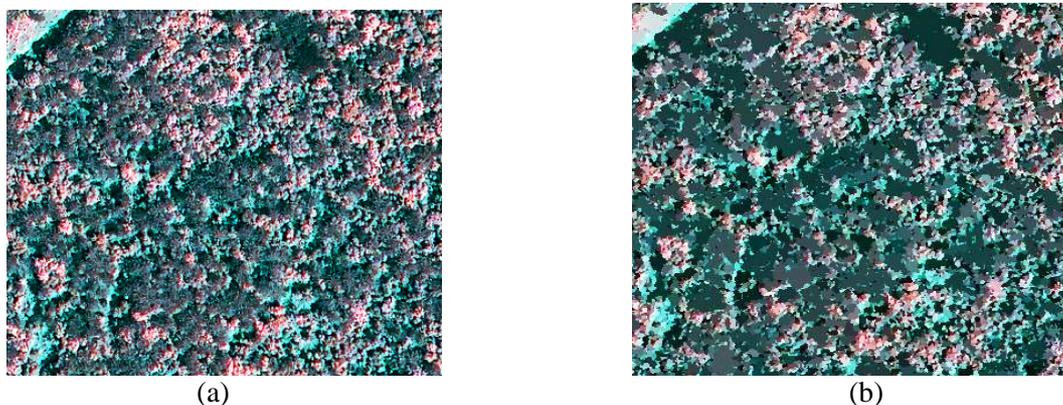


Figura 2. Recorte da imagem original (a), e recorte da imagem segmentada (b).
Figure 2. Part of the original image (a) and part of the segmented image (b).

Classificação orientada ao objeto

Para efetuar a classificação da imagem de satélite foram analisados os valores digitais das classes de estudo como *Araucaria angustifolia*, folhosas e solo exposto. Como foi utilizada a banda do infravermelho próximo na composição colorida da imagem, a regra “Intensity” mostrou-se eficiente para a classificação da classe “*Araucaria angustifolia*” e também da classe “Folhosas” baseada no intervalo espectral sendo 1 com maior refletância e 0 com menor refletância. A faixa espectral pra classificação de Folhosas ficou num intervalo de intensidade de 0.5726 até 0.9177 e de coníferas foi aplicado o mesmo intervalo de intensidade, mas utilizando a opção “not”, onde inverte os valores do atributo “intensity”.

Neste estudo não foi considerada a sombra entre as copas na imagem já que não houve separação por nenhuma regra, pois o intervalo espectral foi bem próximo ao da classe *Araucaria angustifolia*. Para a classificação da classe solo exposto foi aplicado o atributo espacial “Área” com intervalo de 3584 pixels até 126305, pois áreas de agricultura existente na imagem tende a ser mais homogênea e com isso apresentou segmentos maiores devido a sua similaridade espectral destes objetos, também foi aplicado o atributo “Intensity” com intervalo de 0.7843 a 0.9177. Para a classificação do solo exposto e as folhosas, houve sobreposição de valores aplicando a regra “Intensity”, confundindo os objetos, para isso, foi aplicado um peso menor na classe de folhosas para diminuir esta confusão já que seus valores de refletância eram bem próximos, por este fato de dar menor peso a classe de folhosas gerou as áreas não classificadas na imagem. A Figura 3 mostra a imagem original e o mapa temático gerado a partir das regras aplicadas.

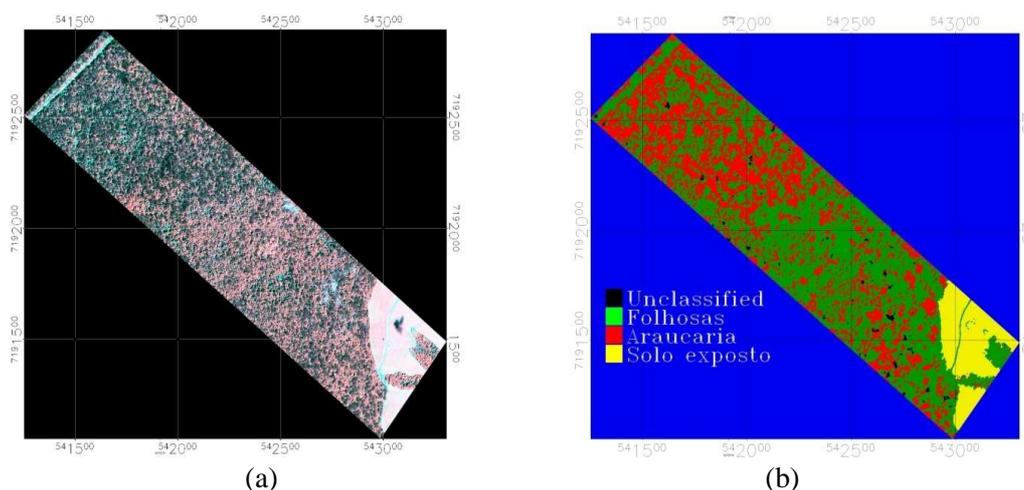


Figura 3. Imagem original falsa cor (banda 4,3,2) (a) e imagem classificada pelo módulo FX(b).
Figure 3. False color original image (band 4,3,2) (a) and classified image using FX module (b) .

Os resultados do processamento da imagem IKONOS II, quanto a área ocupada por cada classe mapeada, pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados do processamento.
Table 1. Processing results.

Classes	Pixels	Porcentagem	Área em ha
Não Classificado	9955	0,82	0,99
Folhosas	681653	56,30	68,16
Araucaria	413457	34,15	41,34
Solo exposto	105549	8,71	10,55
Total		100	121,06

Exatidão do mapeamento

Foi usado o Índice Kappa, para avaliar a acurácia temática por ser mais sensível as variações de erros de omissão e inclusão (COHEN, 1960). Sua grande vantagem é que para o seu cálculo não se incluem somente os elementos da diagonal principal e sim todos os elementos da matriz de erro (MOREIRA, 2001).

Para validar o conjunto de regras utilizadas para classificar a imagem, construiu-se a matriz de confusão, que representa a distribuição de percentagens de pixel classificados de forma correta ou erroneamente (CONGALTON, 1991), como pode-se observar na Tabela 2. Para avaliar a exatidão do mapa temático foram escolhidas duas áreas testes de forma aleatória correspondentes a aproximadamente 25 % da área total conforme visto na Figura 4. Após esta etapa de recorte das áreas teste foi efetuado uma interpretação visual dessas áreas, inserindo pontos amostrais sobre as copas de *Araucária angustifolia* e sobre as copas de folhosas dando um total de 116 e 112 pontos respectivamente. Os pontos amostrais foram inseridos sobre a imagem com base em um mosaico de fotografias aéreas não controlado em escala 1:2000, e também com base no trabalho efetuado por LISBOA (2009) onde utilizou-se técnicas de segmentação por crescimento de regiões para identificar e delinear copas de *Araucaria angustifolia*. Já no aplicativo Envi zoom utilizando a ferramenta “transparency” foi inserida as duas áreas testes, sendo assim feita a comparação dos mesmos através da contagem dos pontos que condiziam entre a interpretação visual e o mapa temático.

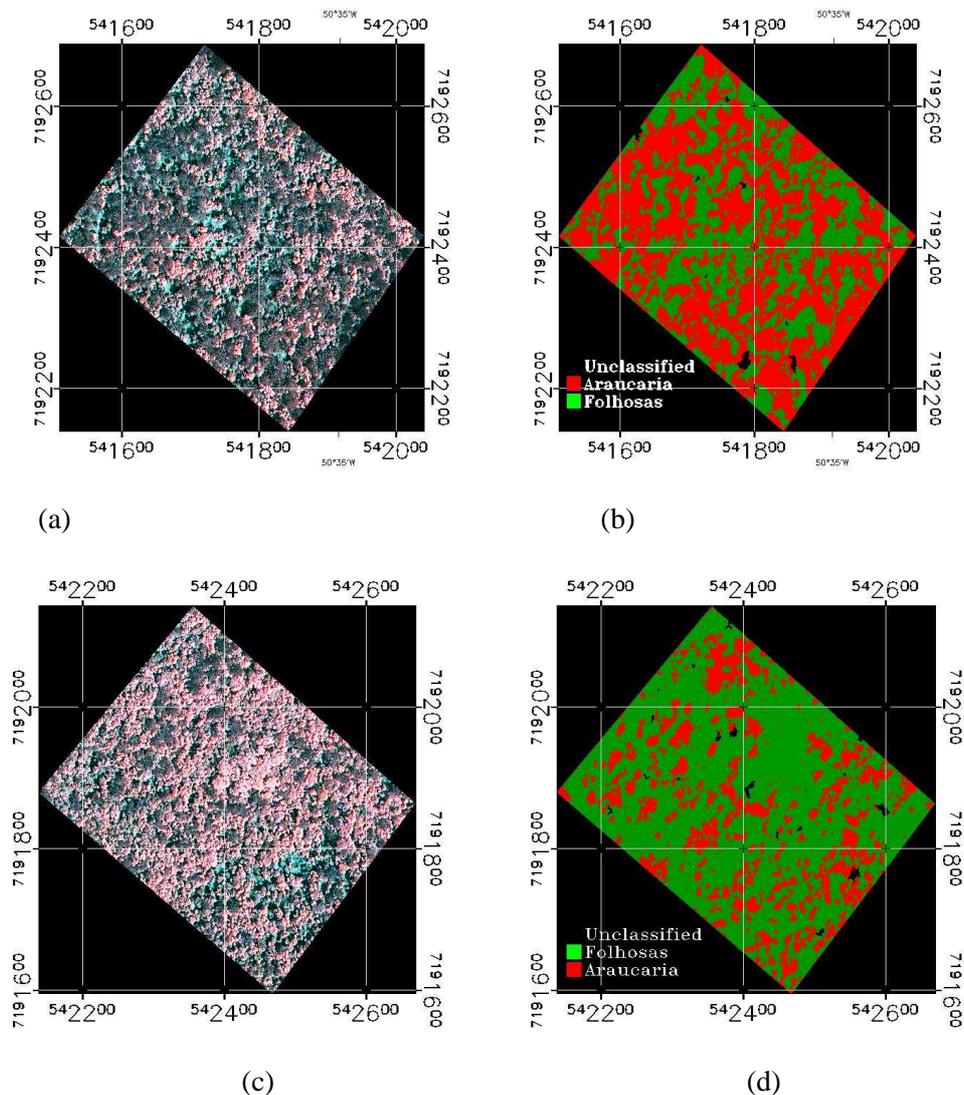


Figura 4. Recorte de áreas teste (a,c) e imagem classificada (b,d) utilizadas para calcular a exatidão do mapeamento.

Figure 4. Test areas (a, c) and classified image (b, d) used to calculate the accuracy of the mapping.

Tabela 2. Matriz de confusão
Table2. Confusion matrix.

Classes	Araucaria	Folhosas	Total de amostras	% Acerto
Araucaria	110	6	116	94,83
Folhosas	5	107	112	95,54
			Média	95,18
Kappa geral	0,99	Excelente		

Como visto na Tabela 2 houve um acerto de 94,8 e 95,5 % para as classes de Araucaria e Folhosas respectivamente. Tendo em vista os valores numéricos, o índice Kappa foi classificado como excelente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise da imagem de alta resolução IKONOS-2, formada pela combinação das bandas 4, 3 e 2 (falsa cor), e da utilização do processo de segmentação no módulo ENVI FX seguido de classificação da respectiva imagem utilizando um conjunto de regras disponíveis no software, obteve-se resultado excelente para discriminar as classes temáticas consideradas neste estudo. As regras utilizadas na classificação da espécie *Araucaria angustifolia* e folhosas, como área dos segmentos e intensidade dos mesmos mostraram-se superiores em comparação com as demais regras contidas no software.

REFERÊNCIAS

- COHEN, J. A. Coefficient of Agreement for Nominal Scales. Educational and Measurement. Vol XX, No 1, p. 37-46, 1960.
- CONGALTON, R. A Review of Assessing the Accuracy of Classification Remotely Sensed Data. Remote Sensing of Environment, USA, No 37, p. 35-36, 1991.
- DISPERATI, A.A. Biodiversidade e sustentabilidade da Floresta Ombrofila Mista na Flona de Irati, PR. Relatório Técnico de Projeto de Pesquisa, Processo CNPq 4.1909/00-6, 76 p, 2002a.
- DISPERATI, A.A., PESCK, V.A., DISPERATI, J., SANTOS, J.R., RUDEK, A., FIGUEIREDO FILHO, A. Identificazione di chiome di *Araucaria angustifolia* nella banda dell'infrarosso vicino, fornite da QuickBird 2. In: Atti 13ª Conferenza Nazionale ASITA – Bari 1-4 dicembre 2009.
- DISPERATI, J. Identificazione e delimitazione di chiome di specie forestali attraverso foto aeree a grande scala nella foresta ombrofila mista del Parana (Brasile). Tesi di Laurea in Science Naturali. Università degli studi di Parma, Italia, Anno accademico 2001-2002, 64p., 2002b.
- FIGUEIREDO FILHO, A., DIAS, A.N., WATZLAWICK, L. F.. Inventário das florestas naturais na Floresta Nacional de Irati, Estado do Paraná. UNICENTRO, Irati, 2006, 188p.
- LANDIS, J.R., KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics, vol. 33, p. 159-174, march 1977.
- LISBOA, G. S. Fotografias aéreas de escala grande e imagem Ikonos-2 no mapeamento da *Araucaria angustifolia*. Irati, 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO).
- MONTEIRO, A.; LINGNAU, C.; SOUZA JR., C. Classificação orientada a objeto para detecção da exploração seletiva de madeira na Amazônia. Revista Brasileira de Cartografia No 59/03, Dezembro 2007. (ISSN 1808-0936) 225.