

**Metodologia de classificação digital  
aplicada a imagem de alta resolução  
espacial**





ISSN 1806-3322  
Dezembro, 2012

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Monitoramento por Satélite  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 26***

## **Metodologia de classificação digital aplicada a imagem de alta resolução espacial**

*Ricardo Guimarães Andrade  
Gustavo Bayma Siqueira da Silva  
Bianca Pedroni de Oliveira  
Luiz Eduardo Vicente  
Janice Freitas Leivas*

Embrapa Monitoramento por Satélite  
Campinas, SP  
2012

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Monitoramento por Satélite**

Av. Soldado Passarinho, 303 – Fazenda Chapadão

CEP 13070-115 Campinas, SP

Fone: (19) 3211-6200

Fax: (19) 3211-6222

www.cnpm.embrapa.br

cnpm.sac@embrapa.br

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Cristina Criscuolo

Secretária-Executiva: Bibiana Teixeira de Almeida

Membros: Daniel Gomes dos Santos Wendriner Loebmann,

Fabio Enrique Torresan, Janice Freitas Leivas, Ricardo Guimarães

Andrade, Shirley Soares da Silva e Vera Viana dos Santos

Supervisor editorial: Cristina Criscuolo

Revisor de texto: Bibiana Teixeira de Almeida

Normalização bibliográfica: Vera Viana dos Santos

Edição eletrônica: Shirley Soares da Silva

Foto de capa: Composição com fotografia do acervo da Unidade

**1ª edição**

1ª impressão (2012): publicação on-line.

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Embrapa Monitoramento por Satélite**

---

Andrade, Ricardo Guimarães

Metodologia de classificação digital aplicada a imagem de alta resolução espacial / Ricardo Guimarães Andrade, Gustavo Bayma Siqueira da Silva, Bianca Pedroni de Oliveira, Luiz Eduardo Vicente, Janice Freitas Leivas.– Campinas, SP : Embrapa Monitoramento por Satélite, 2012.

20 p.: il. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Monitoramento por Satélite; 26).

ISSN 1806-3322.

1. Sensoriamento remoto. 2. Uso da terra. I. Silva, Gustavo Bayma Siqueira da. II. Oliveira, Bianca Pedroni de. III. Vicente, Luiz Eduardo. IV. Leivas, Janice Freitas. V. Título. VI. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite (Campinas, SP). VII. Série.

CDD 621.3678

---

© Embrapa Monitoramento por Satélite, 2012

# Sumário

Resumo .....	6
Abstract .....	7
Introdução.....	8
Material e Métodos.....	9
Resultado e Discussão .....	12
Conclusões.....	17
Referências .....	18

# Metodologia de classificação digital aplicada a imagem de alta resolução espacial

---

*Ricardo Guimarães Andrade<sup>1</sup>*

*Gustavo Bayma Siqueira da Silva<sup>2</sup>*

*Bianca Pedroni de Oliveira<sup>3</sup>*

*Luiz Eduardo Vicente<sup>4</sup>*

*Janice Freitas Leivas<sup>5</sup>*

## Resumo

Dados de sensoriamento remoto vêm contribuindo durante décadas para identificar, no espaço e no tempo, o uso e a cobertura da terra. Para tal finalidade, a aplicação de metodologias de classificação digital de imagens é fundamental, por implementar regras de decisão que auxiliam na interpretação dos alvos observados. Este estudo objetivou aplicar metodologia baseada na combinação de técnicas de geoprocessamento para classificar imagem de alta resolução espacial. Foi utilizada uma imagem do satélite GeoEye-1 do dia 9 de outubro de 2011 para uma área experimental do projeto GeoRastro. Os resultados revelaram dificuldades para separar projeção de sombra das árvores no solo, dossel sombreado e não sombreado. A metodologia foi satisfatória para classificar pastagem, no entanto, com a imagem fusionada foi possível identificar pixels que representam áreas de solo exposto no meio do pasto. Além disso, no traçado das curvas de nível foram discriminadas as classes de sombra, pastagem e solo exposto.

Termos para indexação: Sensoriamento remoto, uso da terra.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Agrícola, Doutor em Meteorologia Agrícola, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, ricardo.andrade@embrapa.br

<sup>2</sup> Geógrafo, Mestre em Sensoriamento Remoto, analista da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, gustavo.bayma@embrapa.br

<sup>3</sup> Engenheira de Agrimensura, Mestre em Engenharia Cartográfica, analista da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, bianca.oliveira@embrapa.br

<sup>4</sup> Geógrafo, Doutor em Geografia, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, luiz.vicente@embrapa.br

<sup>5</sup> Meteorologista, Doutora em Agrometeorologia, pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, janice.leivas@embrapa.br

# Digital Classification Method Applied to High Spatial Resolution Image

---

## Abstract

For decades now, remote sensing data have been contributing to identify land use and land cover in space and in time. For this purpose, methods for the classification of digital images are essential, for they implement decision rules that assist the interpretation of the observed targets. This study aimed to apply a combination of geoprocessing techniques to classify a high spatial resolution image. We used an image of the experimental area of the GeoRastro project made by the GeoEye-1 satellite on October 9, 2011. The results revealed difficulties in separating tree shades on the soil, shaded and unshaded canopy. The methodology was satisfactory for classifying pasture, however, by applying image fusion techniques it was possible to identify pixels representing exposed soil in pasture areas. Moreover, it was possible to discriminate classes of shadow, pasture and exposed soil within the tracing of the contour lines.

Index terms: Remote sensing, land use.

## Introdução

O sensoriamento remoto (SR) é definido como a ciência e a arte de obter informações sobre um objeto, uma área ou um fenômeno por meio da análise de dados obtidos por um aparelho que não esteja em contato com o objeto, a área ou o fenômeno sob investigação (LILLESAND et al., 2004). Para Jensen (2009), o SR é uma arte, pois o processo de interpretação visual de uma foto ou imagem exige não apenas conhecimento científico, mas todo o conhecimento que uma pessoa obteve durante toda a sua vida, e esse aprendizado não pode ser medido, programado ou entendido completamente. O SR também é uma atividade científica, pois usa sensores em plataformas (terrestre, suborbital e orbital) para medir a quantidade de energia eletromagnética que emana de um objeto ou área geográfica à distância e, posteriormente, extrai importantes informações dos dados coletados usando algoritmos baseados em matemática e estatística.

Os tipos de dados de SR a serem adquiridos dependem do tipo de informação necessária, do tamanho e da dinâmica dos objetos ou fenômenos estudados. De acordo com Foody (2000), as técnicas de SR são uma fonte atrativa de dados para identificar no espaço e no tempo, o uso e a cobertura da terra. Assim, as técnicas de classificação digital implicam a implementação de um processo de decisão para que o computador possa atribuir um conjunto específico de pontos da imagem (pixels) a uma determinada classe (NOVO, 2008).

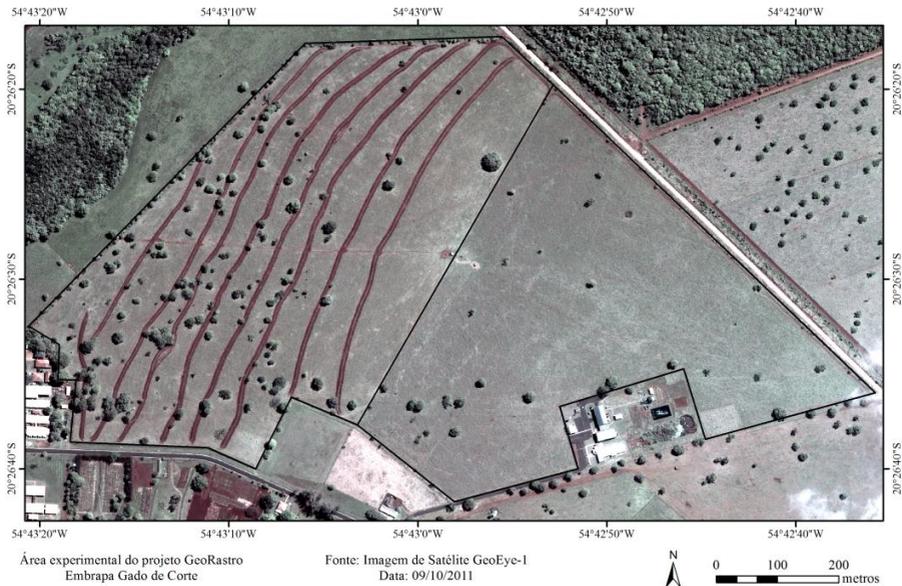
Na classificação digital, o grau de interação do intérprete na discriminação das classes pode variar em função da escolha do método de classificação que pode ser supervisionado, não supervisionado ou híbrido (EASTMAN, 2006). Na classificação supervisionada, já são conhecidas as características dos tipos específicos de uso e cobertura da terra, enquanto, na classificação não supervisionada, o intérprete

busca definir as classes existentes na imagem em certos níveis de generalização. Já a classificação híbrida é aquela em que o intérprete utiliza uma classificação não supervisionada como base para a seleção de amostras de treinamento para realizar uma classificação supervisionada (NOVO, 2008).

As técnicas de classificação híbrida são consideradas relativamente mais eficientes e confiáveis do que as duas técnicas, a supervisionada e a não supervisionada, quando utilizadas isoladamente. Assim, a combinação de métodos para a extração de informações em imagens digitais pode contribuir para melhor discriminação das classes de uso e cobertura da terra. Vale ressaltar que a classificação orientada ao objeto também é um método bastante interessante para a extração de informações de imagens digitais (FERNANDES et al., 2012; PINHEIRO, 2003). No entanto, no presente trabalho objetivou-se avaliar a aplicação de metodologia fundamentada em classificadores comumente utilizados como proposta de classificação de imagem de alta resolução espacial.

## **Material e Métodos**

O presente estudo foi realizado para a área experimental relacionada ao projeto GeoRastro, localizada na fazenda experimental da Embrapa Gado de Corte (Figura 1), composta por dois piquetes que totalizam 56,05 ha e com perímetro de 3.599,39 m. Para a aplicação da metodologia de classificação digital de imagens foi utilizada uma imagem do satélite GeoEye-1 do dia 9 de outubro de 2011.



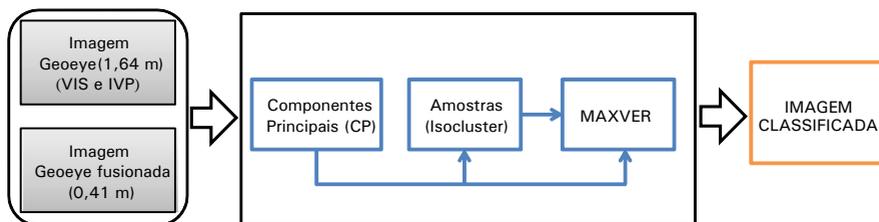
**Figura 1.** Área experimental do projeto GeoRastro.

O satélite GeoEye-1 foi lançado em 6 de setembro de 2008, opera em órbita polar síncrona com o sol a uma altitude de 682 km e tem capacidade de revisita de até três dias. A resolução espacial pancromática e multiespectral é 0,41 m e 1,64 m, respectivamente (Tabela 1).

Bandas espectrais	Resolução				Área imageada	
	Espectral		Espacial (nadir)	Temporal		Radiométrica
Pancromática	0,45-0,80 $\mu\text{m}$		0,41 m	3 dias (no máximo)	11 bits	15,2 km
Multiespectral	Azul	0,45-0,51 $\mu\text{m}$	1,64 m			
	Verde	0,51-0,58 $\mu\text{m}$				
	Vermelho	0,655-0,69 $\mu\text{m}$				
	Infravermelho próximo (IVP)	0,78-0,92 $\mu\text{m}$				
Data de lançamento			6 de setembro de 2008			
Tipo de órbita			Polar e síncrona com o Sol			
Altitude			682 km $\pm$ 100 m			
Hora de passagem no equador			10:30AM $\pm$ 10 min			
Inclinação			98,114 $\pm$ 0,05 graus			
Aquisição/imageamento			12 segundos			
Visada lateral			Até 60 graus			

Fonte: GeoEye (2012).

Para a aplicação da metodologia de classificação, primeiramente, foram empilhadas as bandas do visível (VIS) e do infravermelho próximo (IVP) da imagem do satélite GeoEye e, em seguida, foi feita a fusão da imagem pancromática com as bandas do visível (VIS) pelo método *Intensity, Hue, Saturation* (IHS). Posteriormente, em cada imagem fusionada e não fusionada, foram realizadas as etapas de extração das componentes principais (CP) e de obtenção das amostras de treinamento (assinaturas espectrais) por meio do método ISOCLUSTER. Em seguida, essas amostras foram utilizadas para aplicação do classificador por máxima verossimilhança (MAXVER) para obtenção da imagem classificada (Figura 2).



**Figura 2.** Fluxograma das etapas metodológicas para classificação em imagem do satélite GeoEye multiespectral (1,64 m de resolução espacial) e fusionada com banda pancromática (0,41 m de resolução espacial).

A análise de componentes principais (ACP) foi utilizada para reduzir ou remover a redundância espectral (correlação entre bandas) e diminuir a dimensionalidade dos dados, ou seja, o número de bandas, porém sem perder as informações relevantes. Para tanto, o cálculo do valor numérico de cada pixel para cada componente principal foi efetuado por:

$$VN_{ijp} = \sum_{k=1}^n a_{kp} \cdot VN_{ijk}$$

em que,

$VN_{ijp}$  = valor numérico de uma componente principal;

$a_{kp}$  = autovetor para a banda original  $k$ , componente principal  $p$ ;

$VN_{ijk}$  = valor numérico da banda original  $k$ .

Para a verificação de como cada banda original  $k$  contribui para a formação de cada nova banda transformada (componente principal), utilizou-se a equação:

$$R_{kp} = a_{kp} \cdot \frac{\sqrt{\lambda_p}}{\sqrt{\text{var}_k}}$$

em que,

$R_{kp}$  = grau de correlação;

$A_{kp}$  = autovetor para a banda original  $k$ , componente principal  $p$ ;

$\lambda_p$  =  $p$ -ésimo autovalor (componente principal);

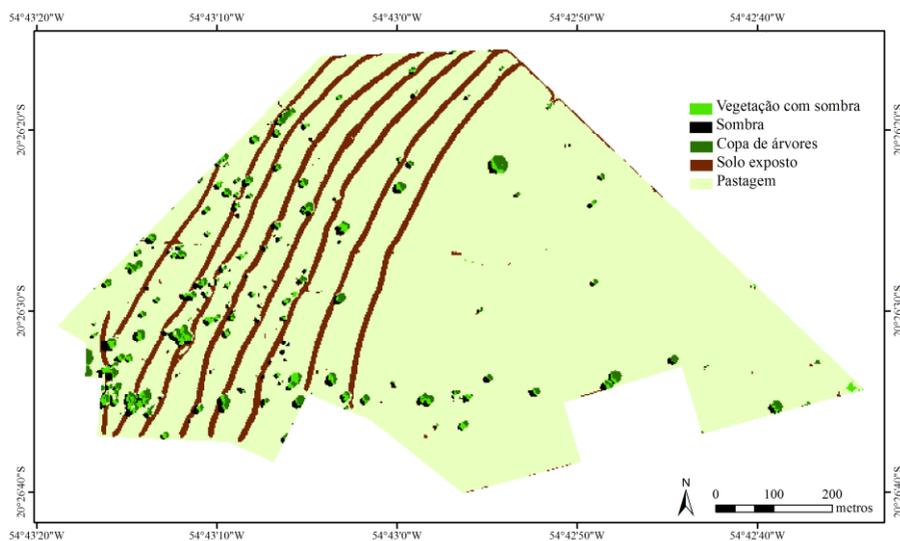
$\text{var}_k$  = variância da banda  $k$  na matriz de covariância.

Em cada imagem de componente principal originária de imagem não fusionada e fusionada, foi aplicado o procedimento denominado de classificação híbrida, ou seja, foi empregado o método ISOCLUSTER (não supervisionado) para extrair as assinaturas espectrais que foram utilizadas como parâmetro de entrada no classificador MAXVER. Neste, a distribuição dos valores de reflectância em uma área de treinamento é descrita por uma função de densidade de probabilidade, desenvolvida com bases na estatística bayesiana (EASTMAN, 1998). O classificador avalia a probabilidade de um determinado pixel pertencer a uma categoria e classifica o pixel na categoria à qual ele tem maior probabilidade de associação.

## Resultados e Discussão

Nas Figuras 3 e 4, são apresentadas as classificações feitas a partir de uma imagem dos componentes principais obtidos das imagens GeoEye-1 não fusionada (Figura 3) e com fusão da banda pancromática

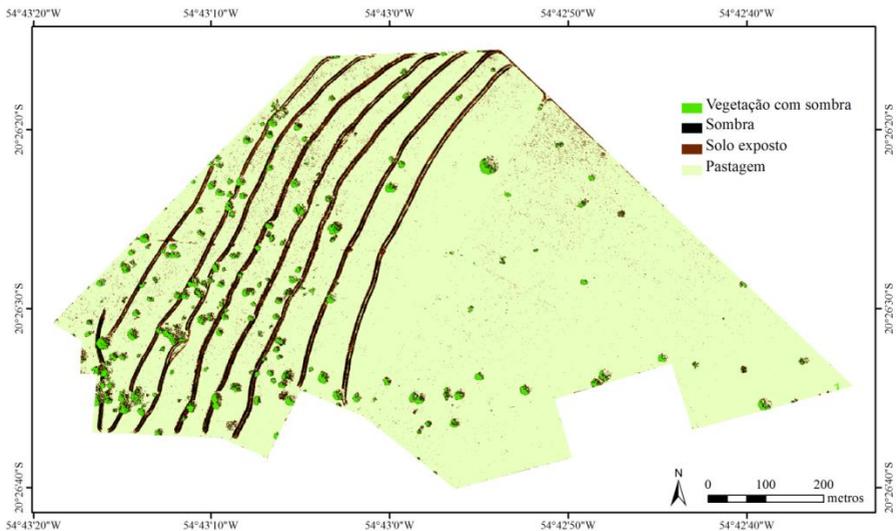
com as bandas do visível (Figura 4). Nota-se que a classificação em imagem não fusionada resultou na discriminação de três classes em pontos identificados como árvores. Nesses pontos, foram classificadas áreas com sombras (cor preta) possivelmente projetadas no solo pelas copas das árvores, e também foi possível discriminar as classes vegetação com sombra (verde claro) e copa de árvores (verde escuro), as quais se referem ao dossel sombreado e não sombreado. As áreas classificadas como solo exposto (cor marrom) definiram bem o traçado das curvas de nível da área experimental. Além disso, alguns pixels classificados como solo exposto foram observados nas bordas da área experimental e em pontos isolados no pasto (Figura 3).



**Figura 3.** Classificação realizada a partir de imagem do satélite GeoEye não fusionada.

Para a classificação em imagem fusionada observa-se que as áreas discriminadas como sombra diminuíram consideravelmente nas regiões próximas às árvores e aumentaram principalmente em áreas ao longo do traçado das curvas de nível (Figura 4). Nessa classificação, não foi possível separar dossel sombreado e não sombreado. Nesse caso, além do dossel sombreado, a classe vegetação com sombra abrange pixels

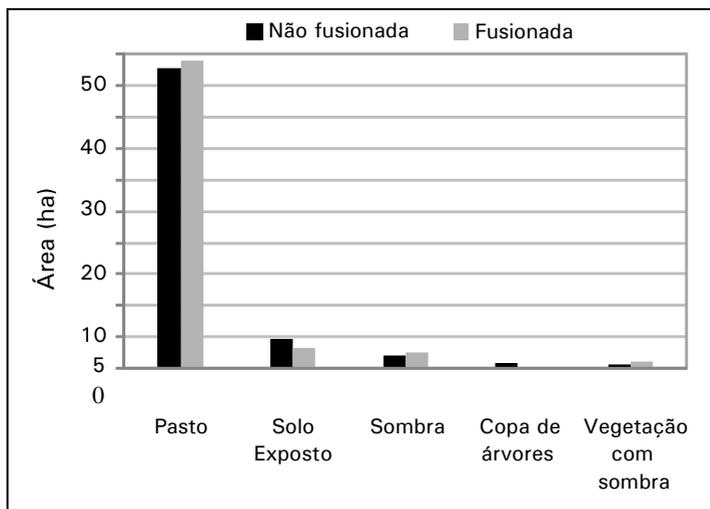
que, na classificação em imagem não fusionada, haviam sido discriminados principalmente nas classes sombra e copas de árvores. Ressalta-se que a área classificada como de solo exposto está presente tanto ao longo do traçado das curvas de nível quanto em pequenos pontos distribuídos entre a classe de pastagem. Também foi possível observar alguns pixels classificados como pastagem no traçado das curvas de nível. Em estudo realizado com imagem fusionada do satélite QuickBird e classificador MAXVER, Cerqueira e Alves (2010) observaram bom desempenho do MAXVER na extração de feições do espaço intraurbano, apesar das restrições impostas pela semelhança espectral.



**Figura 4.** Classificação realizada a partir de imagem do satélite GeoEye fusionada.

A Figura 5 apresenta gráfico de barras comparando a área estimada de cada classe com aplicação de metodologia de classificação a partir de imagem não fusionada e fusionada. Na classificação em imagem não fusionada, foram obtidos valores de áreas da ordem de 0,62, 0,75, 2,14, 4,78 e 47,76 ha para as classes vegetação com sombra, copa de árvores, sombra, solo exposto e pasto, respectivamente. Na

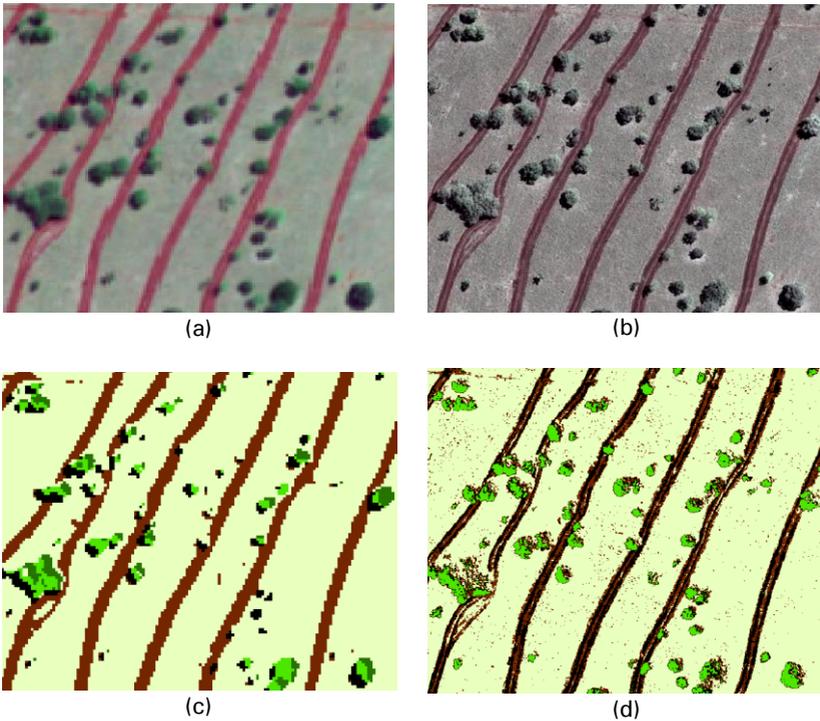
comparação, foram obtidos os maiores valores de áreas para classificação em imagem fusionada nas classes sombra (2,61 ha ou 4,7% da área total), vegetação com sombra (1,13 ha ou 2,0% da área total) e pasto (48,99 ha ou 87,4% da área total). Além disso, destaca-se o valor de área igual a zero para a classe copa de árvores, ou seja, não foi possível separá-la das demais classes.



**Figura 5.** Áreas (hectares) das classes geradas a partir de imagem do satélite GeoEye-1 fusionada e não fusionada.

Na Figura 6, são apresentados recortes da imagem do satélite GeoEye-1 que mostram o RGB da imagem não fusionada (a) e fusionada (b) e após a classificação da imagem não fusionada (c) e fusionada (d). Na imagem fusionada (Figura 6b), é possível observar mais detalhes da área, os quais revelam a heterogeneidade do pasto por meio de tons variados de cores. Em comparação com a imagem não fusionada (Figura 6a), também é possível observar os detalhes no traçado das curvas de nível com linhas de pixels mais claros ao centro e mais escuros nas bordas da curva de nível. Essa variação destacada na Figura 6b pode ser observada na classificação em imagem fusionada (Figura 6d). Os pixels mais escuros foram classificados como sombra,

os mais claros, como pasto, e os pixels na tonalidade de vermelha a marrom foram classificados como solo exposto. Alguns pixels classificados como solo exposto podem ser observados no meio do pasto, e uma provável justificativa seria a estrutura do pasto formada por touceiras com forte reflectância do solo de fundo (abaixo ou em meio à touceira). Ao comparar o classificador MAXVER com o método de classificação baseado em redes neurais para identificar níveis de degradação de pastagens, Chagas et al. (2009) concluíram que os classificadores apresentaram resultados estatisticamente semelhantes, apesar de a exatidão ter sido um pouco melhor na classificação por redes neurais.



**Figura 6.** Imagem do satélite GeoEye-1, resolução espacial de 1,64 m (a); imagem do satélite GeoEye-1 fusionada, resolução espacial de 0,41 m (b); classificação da imagem do satélite GeoEye-1 não fusionada (c) e fusionada (d).

A classificação da imagem fusionada apresentou limitação para separar, nas regiões com presença de árvores, o que seria projeção de sombra da árvore no solo e para separar dossel não sombreado e dossel sombreado por copas de árvores mais altas. Os pixels mais claros que representam o dossel foram misturados com os pixels claros que representam pasto, e a parte mais escura do dossel foi misturada com sombra (Figuras 6b e 6d). Já na classificação da imagem não fusionada (Figura 6c), os pixels mais claros do dossel tiveram maior mistura com pixels que representam áreas de solo exposto. Além disso, houve certa dificuldade em separar dossel sombreado e projeção da sombra das árvores no solo. Ao aplicar o classificador MAXVER em imagem Landsat 5 – TM, Barbosa et al. (2011) observaram confusão do classificador ao agrupar diferentes áreas que apresentaram comportamento espectral semelhante.

## Conclusões

Os resultados apresentados permitem concluir que:

1. Tanto na classificação realizada em imagem não fusionada quanto em fusionada houve certa dificuldade para separar projeção de sombra das árvores no solo, dossel sombreado e não sombreado.
2. De forma geral, a metodologia foi satisfatória para classificar áreas de pastagem, tanto para classificação realizada em imagem não fusionada quanto em fusionada. No entanto, devido à maior resolução da imagem fusionada foi possível identificar pixels que representam áreas de solo exposto no meio do pasto e, no traçado das curvas de nível, foram discriminadas as classes de sombra, pastagem e solo exposto.



GEOEYE. **GeoEye-1**: instrument/product description. Product Guide, version 2. GMES Space Component Data. Disponível em: <[http://gmesdata.esa.int/geonetwork\\_gsc/srv/en/resources.get?id=375&fname=GeoEye-1\\_Product\\_guide\\_v2.pdf&access=private](http://gmesdata.esa.int/geonetwork_gsc/srv/en/resources.get?id=375&fname=GeoEye-1_Product_guide_v2.pdf&access=private)>. Acesso em: 11 out. 2012.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução: José Carlos Epiphânio, Antonio R. Formaggio, Athos R. dos Santos, Bernardo F. T. Rudorff, Cláudia Maria de Almeida, Lênio S. Galvão. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009. 598 p. Tradução da segunda edição. Tradução de: Remote sensing of the environment: an earth resource perspective, 2 ed.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2004. 763 p.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto**: princípios e aplicações. 3. ed. rev. ampl. São Paulo: Ed. Edgard Blücher. 2008. 363 p.

PINHEIRO, E. S. Imagens com alta resolução espacial novas perspectivas para o sensoriamento remoto. **Espaço & Geografia**, v. 6, n. 1, p. 43-64, 2003. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/espacoegeografia/index.php/espacoegeografia/article/view/110>>. Acesso em: 13 dez. 2012.



---

*Monitoramento por Satélite*

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

