

## AVALIAÇÃO DO USO DO MODELO LINEAR DE MISTURA ESPECTRAL NA DISCRIMINAÇÃO DE FITOFISIONOMIAS DO CERRADO

Márcio Pupin de Mello<sup>1</sup>, Gustavo Bayma Siqueira da Silva<sup>1</sup>, Gabriel Pereira<sup>1</sup>, Bruno Rodrigues do Prado<sup>1</sup>, Yosio Edemir Shimabukuro<sup>1</sup>, Bernardo Friedrich Theodor Rudorff<sup>1</sup>, Carlos Antonio Oliveira Vieira<sup>2</sup>, Luiz Alexandre Peternelli<sup>2</sup> (<sup>1</sup>*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Av. dos Astronautas, 1.758, Jd. Granja - CEP: 12227-010, São José dos Campos - SP. e-mail: pupin@dsr.inpe.br;* <sup>2</sup>*Universidade Federal de Viçosa – UFV. Campus Universitário, CEP: 36570-000 Viçosa - MG*)

**Termos para indexação:** fitofisionomias de Cerrado, modelo linear de mistura espectral, correções radiométricas, classificação de imagens, sensoriamento remoto orbital.

### Introdução

O bioma Cerrado, com uma área de mais de dois milhões de quilômetros quadrados, ocupa a porção central do Brasil englobando dez estados brasileiros, e caracteriza-se como sendo do tipo savana tropical, com destacada sazonalidade, apresentando diferentes tipos de formações: herbáceas, arbustivas e arbóreas (Ribeiro e Walter, 1998).

Devido suas características fenológicas e sua diversidade em termos fitofisionômicos, as diferentes classes do Cerrado não são facilmente distinguíveis em imagens de satélite (Ribeiro e Walter, 1998). Silva et al. (2008) encontraram certa dificuldade em discriminar as principais fitofisionomias do Cerrado com base em imagens ópticas de 20 e 30m de resolução espacial. Os valores de exatidão global inferiores a 61% corroboraram essa afirmação. O trabalho recomenda que, antes de efetuar a classificação digital de imagens, sejam aplicadas algumas técnicas como, por exemplo, o modelo linear de mistura espectral (MLME).

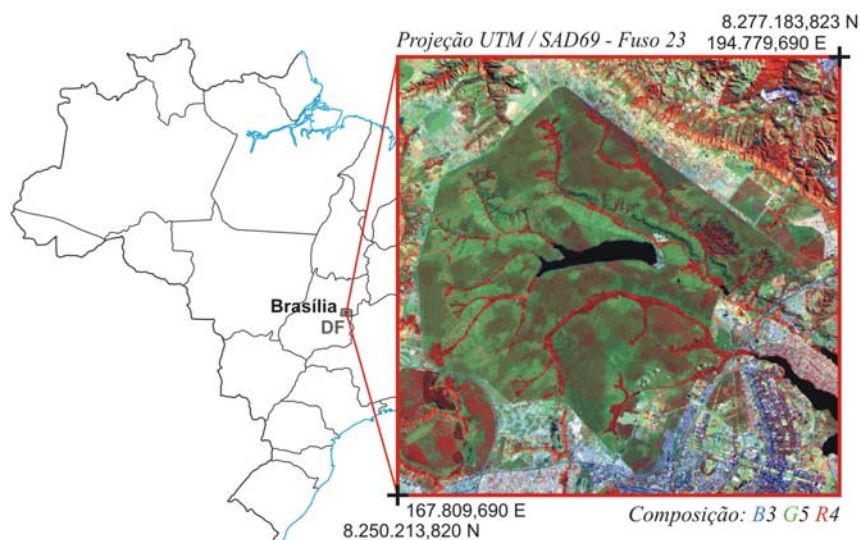
O objetivo principal deste trabalho é avaliar a viabilidade da aplicação do MLME na discriminação de fitofisionomias do Cerrado, estudando o modelo em imagens brutas e imagens radiometricamente corrigidas, usando três e seis bandas espectrais.

### Material e Métodos

A área de estudo (*Figura 1*) escolhida para representar o Cerrado corresponde ao Parque Nacional de Brasília (PNB). Essa escolha basea-se no fato de o PNB possuir, em seus limites, as principais fitofisionomias de Cerrado, além de ser uma área relativamente extensa



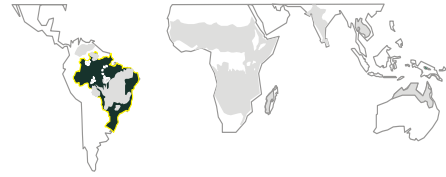
e preservada (Ferreira et al., 2007). As classes consideradas neste trabalho foram: *campo limpo*, *campo sujo*, *campo Cerrado*, *Cerrado sensu-stricto*, e *mata de galeria*. Áreas correspondentes a outras classes (por exemplo: *água* e *solo exposto*) foram desconsideradas.



**Figura 1.** Área de estudo correspondente ao Parque Nacional de Brasília (PNB).

O mapa de referência usado foi obtido por meio de visitas de campo e levantamento aerofotogramétrico e, posteriormente, atualizado por Ferreira (2003), usando imagens do ano de 2001 captadas pelos sensores IKONOS-II e ETM+. Uma vez que a área de estudo corresponde a uma área de preservação ambiental, e por esse motivo não se espera mudanças significativas na cobertura vegetal neste curto período de tempo, foi utilizado neste trabalho um recorte de uma cena (bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 - resolução espacial de 30m) obtida pelo sensor *Thematic Mapper* (TM), a bordo do satélite *Landsat5*, datada de 16 de junho de 2003 e georeferenciada.

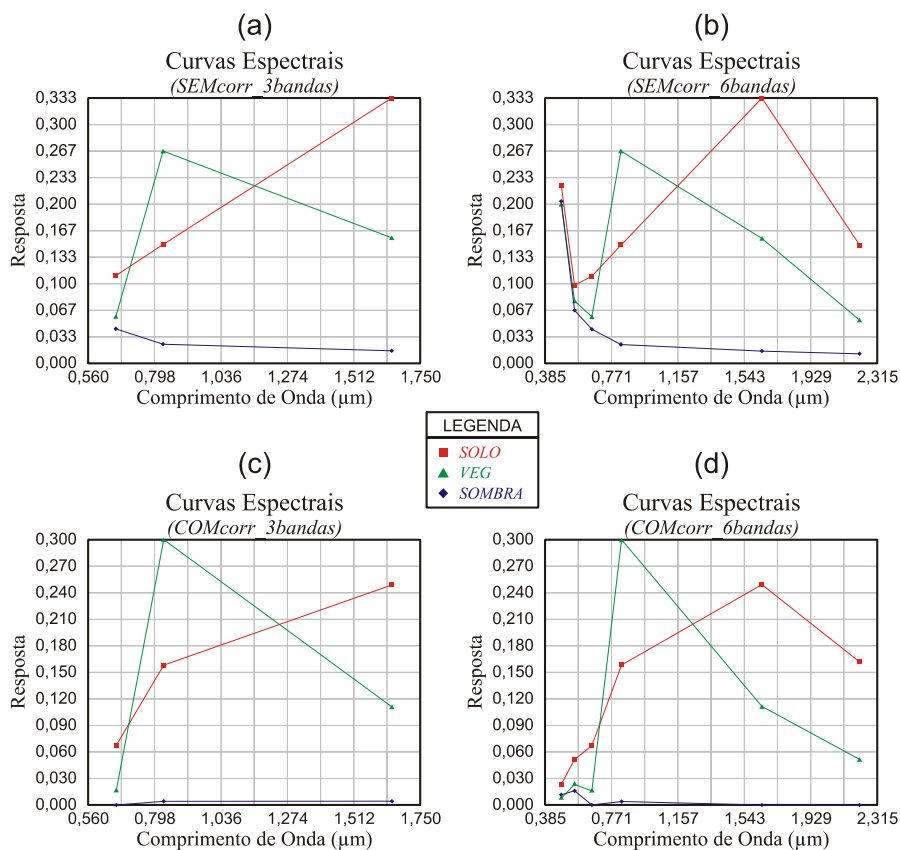
A metodologia consiste na aplicação do MLME em quatro circunstâncias (cenários de estudo): usando todas as 6 bandas ou apenas 3 bandas (bandas 3, 4 e 5) das imagens TM SEM e COM correções radiométricas utilizando o modelo *Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum - 6S* (Vermote et al., 1997). A escolha das três bandas supracitadas deve-se ao fato de serem as mais usuais para a interpretação visual em estudos da cobertura vegetal. Os quatro cenários de estudo nomeiam-se como a seguir: SEMcorr\_3bandas, SEMcorr\_6bandas, COMcorr\_3bandas e COMcorr\_6bandas.



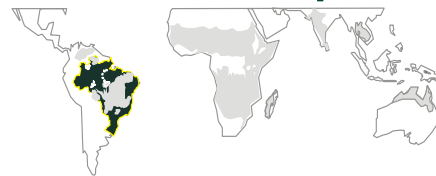
O MLME tem como idéia principal estimar a proporção dos diferentes elementos presentes na composição espectral de um *pixel* da imagem. Ele utiliza a informação do corportamento espectral dos chamados “*pixels* puros” (*endmembers*), de cada um desses elementos, para estimar a proporção desses elementos dentro de cada um dos *pixels* da imagem (Shimabukuro e Smith, 1991). Nesse trabalho serão geradas as imagens fração de *vegetação*, *solo* e *sombra*, para os quatro cenários de estudo.

As frações resultantes, em cada um dos cenários de estudo, foram usadas como vetor de atributos no processo de classificação supervisionada pelo método de Máxima Verossimilhança (*MaxVer*). A exatidão dos mapas temáticos, resultantes das classificações, foram avaliados pelo índice de *Exatidão Global* e testada estatisticamente através do índice *Kappa* (Congalton e Mead, 1986).

## Resultados e Discussão

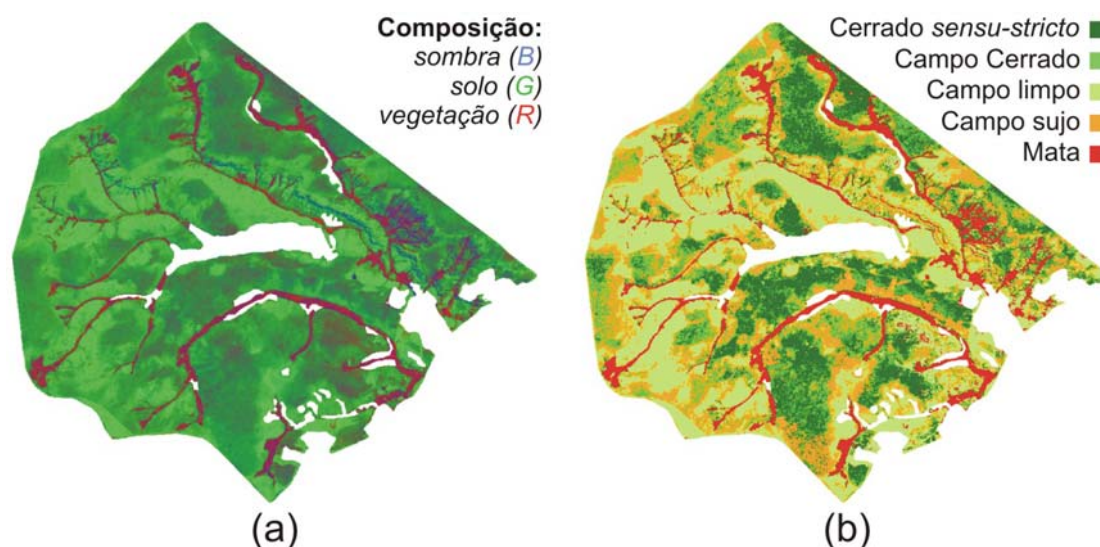


**Figura 2.** Resposta espectral dos “*pixels* puros” nos quatro cenários de estudo.



Analisando o comportamento espectral dos “*pixels puros*” (*Figura 2*) na imagem *SEM* correções radiométricas, percebeu-se uma resposta alta principalmente na banda do azul (banda 1) quando da aplicação do modelo usando 6 bandas (*Figura 2b*). Esse comportamento é caracterizado pelo espalhamento atmosférico, especialmente o *espalhamento Rayleigh*, que é mais acentuado quanto menor o comprimento de onda da radiação eletro-magnética (Bohren e Huffman, 1983). Visando avaliar o quanto esse fenômeno poderia interferir na discriminação das fitofisionomia do Cerrado, foram realizadas correções radiométricas na imagem. As *Figura 2c* e *Figura 2d* mostram as curvas dos “*pixels puros*” obtidas da imagem corrigida radiometricamente, para os MLMEs usando três e seis bandas, respectivamente.

Como resultado da aplicação do MLME, em cada cenário de estudo, temos três imagens fração (*Figura 3a*), cada uma representando a quantidade do elemento em questão contido em cada *pixel* da imagem original. Essas imagens fração foram usadas como vetor de atributos na classificação supervisionada pelo método *MaxVer*, gerando um mapa temático (*Figura 3b*) para cada cenário de estudo.



**Figura 3.** (a) Frações do MLME e (b) mapa temático para o cenário *SEMcorr\_3bandas*.

Visando comparar estatisticamente os resultados das quatro classificações foi realizado um teste *Z* que usa uma estatística calculada em função dos valores de *Kappa* e suas respectivas variâncias (Congalton e Mead, 1986). O teste compara as classificações individualmente e aos pares.



Os valores em vermelho na tabela (*Tabela 1*) mostram quais resultados do teste foram significativos (com 95% de confiança). Os valores na diagonal significam que a classificação não foi casual. Já o valor 3,091 significa que existe diferença significativa entre as classificações dos cenários *SEMcorr\_3bandas* e *COMcorr\_3bandas*, sendo que o cenário *SEM* correções radiométricas apresentou melhores resultados. Os valores menores que 1,96 indicam não haver diferenças estatisticamente significativas entre o par de cenários comparados, sendo que nesses casos, assume-se que a diferença entre os valores de *Kappa* se dá apenas devido ao acaso.

**Tabela 1.** Resultado da avaliação das classificações pelos índices de *Exatidão Global* e *Kappa* (e variância do *Kappa*), além do teste *Z* nos índices *Kappa* das quatro classificações. Para um nível de confiança de 95% e grau de liberdade assumido como infinito os valores de *Z* maiores que 1,96 são considerados significativos.

	SEMcorr_3bandas	SEMcorr_6bandas	COMcorr_3bandas	COMcorr_6bandas
<b>Exatidão Global</b>	<b>78,22%</b>	<b>76,98%</b>	<b>74,98%</b>	<b>76,21%</b>
<b>Kappa</b>	<b>0,7257</b>	<b>0,7103</b>	<b>0,6866</b>	<b>0,7017</b>
<b>VAR(Kappa)</b>	<b>0,000076</b>	<b>0,000079</b>	<b>0,000084</b>	<b>0,000081</b>
SEMcorr_3bandas	83,243			
SEMcorr_6bandas	1,237	79,915		
COMcorr_3bandas	3,091	1,856	74,914	
COMcorr_6bandas	1,915	0,680	1,176	77,967

Os resultados evidenciam que, em aplicações do MLME na discriminação de fitofisionomias do Cerrado, as correções radiométricas nas imagens não melhoram o resultado da classificação, além disso, foi possível verificar que o uso de apenas três bandas (nesse caso, bandas 3, 4 e 5 do TM) mostraram-se suficientes para encontrar bons resultados.

## Conclusões

De maneira geral, os resultados mostraram que o uso do MLME ocasionou melhorias nos índices de *Exatidão Global* em relação aos encontrados por Silva et al. (2008), que usou classificações pelo método convencional. Esse resultado é um indicativo de que o uso do MLME contribui para melhor identificação das fitofisionomias do Cerrado. Além disso, foi constatado que apenas três bandas, sem correções radiométricas, são suficientes para se obter bons resultados.





Os cenários *COM* correções radiométricas mostraram desempenho levemente inferior em relação aos *SEM* correções, na área de estudo. Esse fato pode ser um indicativo de que a alteração das variâncias das bandas e até mesmo das respostas dos *endmembers*, quando aplicadas correções radiométricas nas imagens, ocasiona perda de “sensibilidade” no modelo. Assim, recomenda-se um estudo do MLME e suas interações com as alterações nas estatísticas de imagens, como por exemplo, quando da aplicação de correções radiométricas.

### Referências bibliográficas

BOHREN, C. F.; HUFFMAN, D. R. **Absorption and scattering of light by small particles**. New York, USA: John Wiley & Sons, 1983. 544p.

CONGALTON, R. G.; MEAD, R. A. A review of three discrete multivariate analysis techniques used in assessing the accuracy of remotely sensed data from error matrices. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 24, n. 1, p. 169-174, 1986.

FERREIRA, M. E. **Análise do modelo linear de mistura espectral na discriminação de fitofisionomias do Parque Nacional de Brasília (bioma Cerrado)**. 2003. 96p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade de Brasília (UnB), Brasília-DF, 2003.

FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G.; SANO, E. E.; SHIMABUKURO, Y. E. Spectral linear mixture modelling approaches for land cover mapping of tropical savanna areas in Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, n. 2, p. 413-429, 2007.

RIBEIRO, J. F.; Walter, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. Cap. 3, p. 87-166.

SHIMABUKURO, Y. E.; SMITH, J. A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, n. 1, p. 16-20, 1991.

SILVA, G. B. S.; BETIOL, G. M.; SANO, E. E. Análise comparativa de quatro métodos de classificação supervisionada para a discriminação de fitofisionomias de Cerrado. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v. 12, n. 1, p. 3935-3947, 2008. Disponível em: <<http://bibdigital.sid.inpe.br/rep-/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2008/05.27.22.12>>. Acesso em: 05 jun. 2008.

VERMOTE, E. F.; TANRE, D.; DEUZE, J. L.; HERMAN, M. A.; MORCETTE, J. J. A. Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: an overview. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 35, n. 3, p. 675-686, 1997.