

**UTILIZAÇÃO DO CLASSIFICADOR *SPECTRAL*
CORRELATION MAPPER EM IMAGENS TM-LANDSAT**

**Ana Paula Ferreira de Carvalho¹, Osmar Abílio de Carvalho Júnior²,
Renato Fontes Guimarães³, Éder de Souza Martins⁴ &
Maria Mercedes da Cunha Bustamante¹**

¹UnB - Universidade de Brasília - Departamento de Ecologia
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte - 70910-900, Brasília, DF, Brasil
[\[anapaula_mercedes\]@unb.br](mailto:anapaula_mercedes@unb.br)

²INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil.
osmar@ltd.inpe.br

³UnB - Universidade de Brasília - Departamento de Geografia
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, 70910-900, Brasília, DF, Brasil.
renatofg@unb.br

⁴Embrapa/CPAC-Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
Caixa Postal 08223, 73301-970, Planaltina, DF, Brasil.
eder@cpac.embrapa.br

Recebido 06 de junho de 2001; revisado 14 de novembro; aceito 10 de janeiro de 2002

RESUMO - Neste trabalho é proposta uma metodologia para a análise de mistura espectral a partir de dados TM-Landsat. A área selecionada na imagem abrange áreas de reserva e de agricultura, em Brasília, DF. O procedimento adotado para a detecção dos membros finais (*pixels* puros) na imagem TM-Landsat foi o mesmo utilizado para o tratamento de dados hiperespectrais, com adaptações específicas. Inicialmente foi feita a conversão dos Números Digitais para valores de reflectância e então foi feita a identificação dos membros finais na área selecionada. A conversão dos Números Digitais em valores de reflectância permitiu a comparação dos espectros obtidos com os de bibliotecas espectrais, os quais auxiliaram na identificação. Para essa área, os membros puros identificados foram: vegetação verde, vegetação não fotossinteticamente ativa, solo e

queimada. Foi utilizado o classificador espectral SCM (Spectral Correlation Mapper) para mostrar a disposição dos membros puros na imagem. O uso do procedimento de detecção dos membros finais antes da classificação revelou-se interessante porque ajuda da determinação de amostras para a classificação. Com o uso da análise de mistura espectral, a classificação torna-se mais fiel à concepção do *pixel*, que pode conter mais de uma classe.

Palavras-chave: Mistura espectral, membros finais, *Spectral Correlation Mapper* (SCM).

ABSTRACT - In this work a methodology is proposed for the analysis of spectral mixture from TM-Landsat data. The selected area in the image embraced preserved and agricultural areas in Brasília, DF. The adopted procedure for endmembers's (pure pixels) detection was the same used for the hyperspectral data treatment, with the specific adaptations. Initially was made a conversion of the Digital Numbers for reflectance values and after, the identification of the endmembers of the selected area. The Digital Numbers conversion in reflectance values allowed the comparison of the spectra obtained with the spectral libraries, which could help in the identification. For that area, the identified pure members were: green vegetation, non-photosynthetically active vegetation, soil and burned. It was used the spectral classifier SCM (Spectral Correlation Mapper) to show the pure members disposition in the image. The use of the endmembers detection procedure before the classification revealed quite interesting because it helped in the samples determination for the classification. Using the analysis of spectral mixture the classification becomes more trustworthy to the pixel conception that can contain more than one class.

Keywords: Spectral Mixture, Endmembers, Spectral Correlation Mapper.

INTRODUÇÃO

Estudos envolvendo a análise de mistura espectral tiveram início na década de 70 (Horwitz *et al.*, 1971, 1975; Richardson *et al.*, 1975; Singer & McCord, 1979). No entanto, foi com o advento do processamento digital de imagens hiperespectrais que se obteve um grande avanço metodológico nessa área. Metodologias foram desenvolvidas para detectar os membros finais (*pixels* puros) existentes na cena e, para identificá-los, classificadores espectrais.

O presente trabalho tem como objetivo empregar recentes metodologias de análise de mistura espectral, amplamente difundidas na análise de sensores hiperespectrais, em imagens multiespectrais TM-Landsat.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O Distrito Federal está inserido na área nuclear da região dos Cerrados, segundo maior bioma do Brasil. O Cerrado é caracterizado pela presença de invernos secos e verões chuvosos, um clima Aw segundo a classificação de Köppen. A média da precipitação é da ordem de 1500mm, variando de 750 a 2000 mm, praticamente concentrada na estação chuvosa (Adámoli *et al.*, 1987).

A área selecionada localiza-se ao sul do centro de Brasília-DF e engloba parte da Reserva Ecológica do IBGE e a Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) do Taquara, ao norte da sub-cena e áreas de agricultura, ao sul dessa. A Reserva Ecológica do IBGE foi criada em 1975 com o objetivo de proteção de ecossistemas de interesse científico. A ARIE do Taquara possui pouca interferência humana e reúne características excepcionais a reprodução da fauna,

além de espécies endêmicas raras ou ameaçadas de extinção. A ARIE faz limite com a Reserva do IBGE e com o Jardim Botânico de Brasília, formando um trecho contínuo de áreas preservadas.

A vegetação do bioma Cerrado comporta formações florestais, savânicas e campestres, cada qual com diferentes tipos fitofisionômicos (Ribeiro & Walter, 1998). Na área de estudo a predominam as formações campestres e savânicas, que se apresentam sob as formas de Campo Sujo, Campo Cerrado, Cerrado *stricto sensu* e Cerradão. Também ocorrem Matas de Galeria e Matas Ciliares, algumas dessas em solos encharcados e outras em solos bem drenados. Junto a essas matas ocorrem veredas, brejos e campos úmidos (Pereira *et al.*, 1989; FIBGE, 1995).

A imagem utilizada no presente trabalho corresponde a uma subcena da imagem TM-Landsat 5, órbita/ponto 221_071, de 31/08/1996.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a análise de mistura espectral é proveniente do processamento digital de imagens hiperespectrais e se baseia em três etapas:

- conversão dos números digitais da imagem em valores de reflectância;
- detecção dos membros finais (Kruse, 1996; Kruse *et al.*, 1996);
 - MNF,
 - PPI,
 - Identificação dos membros finais pelo visualizador n-dimensional; e

- classificação da imagem utilizando o método SCM (Carvalho & Meneses, 2000).

CONVERSÃO DOS NÚMEROS DIGITAIS DO TM-LANDSAT EM VALORES DE REFLECTÂNCIA

A transformação radiométrica permite minimizar as variações presentes durante a aquisição das cenas (Bentz, 1990). Esse procedimento permite normalizar os dados aumentando a validade e compreensão dos resultados pois possibilita comparar os espectros da imagem com os espectros presentes em bibliotecas espectrais.

Para recuperar os valores de radiância e reflectância aparente é necessário utilizar os parâmetros de calibração radiométrica. Esses parâmetros são definidos na fase de calibração, que antecede o lançamento do sensor, e são atualizados periodicamente enquanto o sistema está em órbita.

A transformação dos números digitais para valores de radiância compensa as diferenças entre ganhos e *off-set* de cada banda espectral. Já a conversão desses valores de radiância em valores de reflectância compensa as diferenças quanto à irradiância solar no topo da atmosfera e o ângulo de incidência da radiação sobre o alvo, no momento da aquisição da imagem. Desta forma, a transformação para dados de reflectância aparente é mais eficiente para reduzir a variabilidade da resposta espectral (Nelson, 1985).

No presente trabalho realizou-se a conversão dos números digitais para a reflectância aparente no topo da atmosfera usando um módulo específico de

programa ENVI que utiliza informações de ganhos e *offsets* relativos ao sensor antes do lançamento, a data da imagem e o ângulo de elevação solar.

DETECÇÃO DOS MEMBROS FINAIS

Esse procedimento consiste em uma etapa exploratória, ou seja, de uma primeira avaliação dos materiais existentes na área. Sua utilização é interessante em regiões pouco estudadas, como as regiões tropicais, onde podem aparecer espectros inexistentes nas bibliotecas espectrais disponíveis. Além disso, esse procedimento permite identificar e avaliar os efeitos relativos aos fatores físicos ambientais presentes na cena.

Boardman & Kruse (1994) estabeleceram uma metodologia para a detecção dos membros finais a partir da geometria do *simplex* em três etapas: redução da dimensão espectral utilizando a técnica de *Minimization Noise Fraction* (MNF), redução da dimensão espacial utilizando o método *Pixel Purity Index* (PPI) e identificação (utilizando um visualizador n-dimensional) (**Figura 1**). Essa metodologia é amplamente utilizada em trabalhos com imagens hiperespectrais (Richardson *et al.*, 1994; Richardson, 1996; Kruse, 1996; Kruse *et al.*, 1996; Carvalho *et al.*, 1999; Kruse & Boardman, 1999; Kruse, 1999).

O emprego do MNF atua de forma similar à Análise de Principais Componentes (APC) sobre as imagens TM – Landsat, diminuindo a dimensão espectral da imagem. Para a área em estudo observou-se uma concentração do sinal nas quatro primeiras componentes (**Figura 2**). As duas componentes com maior concentração do ruído foram desprezadas na segunda etapa de processamento, PPI.

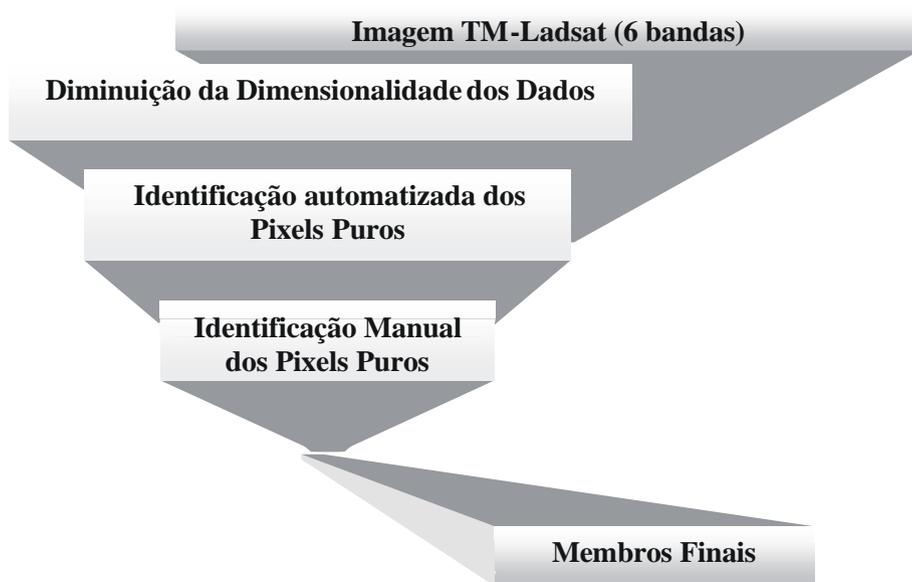


Figura 1 – Procedimento para a detecção dos membros finais da imagem

O método PPI registra e contabiliza os *pixels* que são vértices nas diferentes projeções do *simplex*. Desta forma, os *pixels* mais puros tendem a se repetir nas diferentes projeções. O número de iterações estipulado foi 1000. Na imagem de PPI as áreas claras correspondem aos pixels puros selecionados. Na **Figura 3** são apresentadas as imagens PPI com valor de corte de 2 e 171. Analisando essas imagens juntamente com o Mapa de Uso da Terra estipulou-se um valor de corte de 171 iterações, ou seja, acima desse número de iterações ocorre superestimativa quanto ao número de *pixels* considerados como puros.

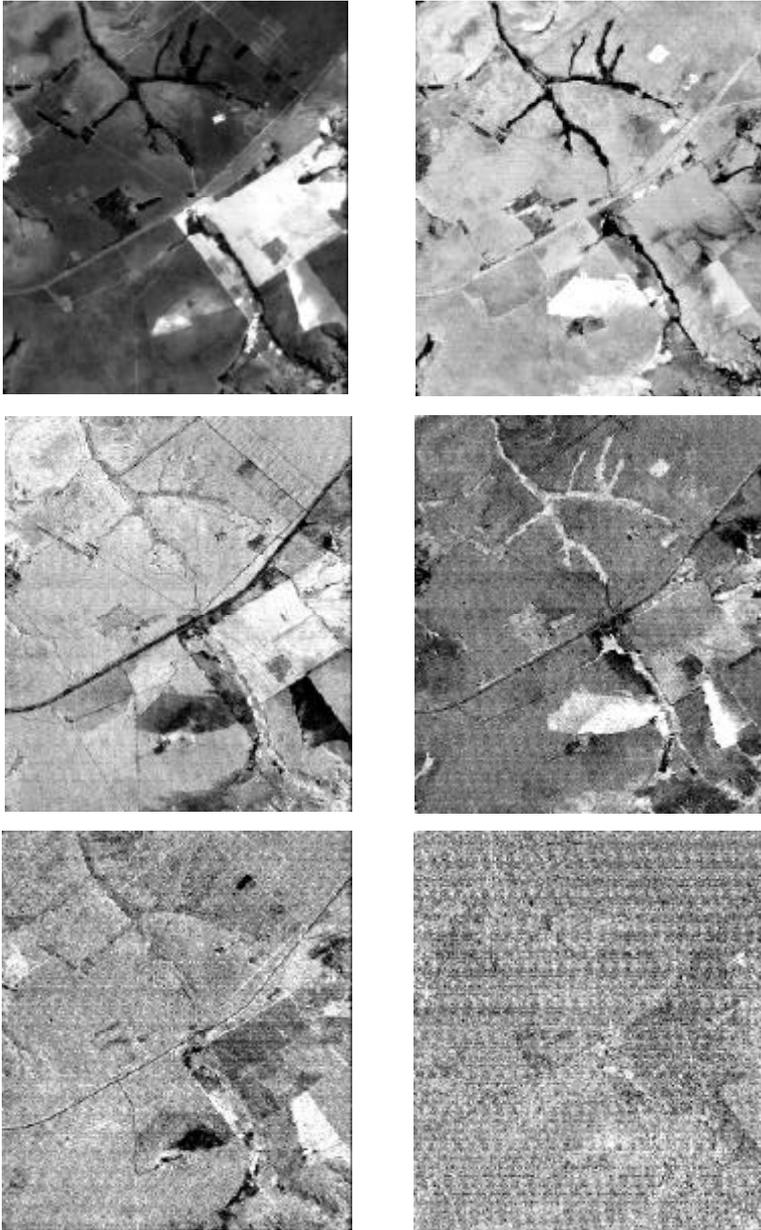


Figura 2 – Imagens referentes às seis componentes MNF.

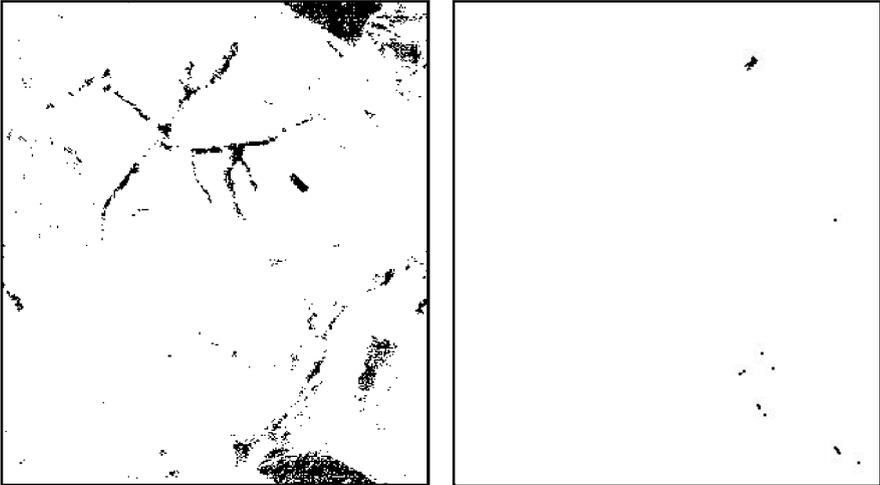


Figura 3 – Imagens de PPI: a) valor de corte 2, b) valor de corte 171.

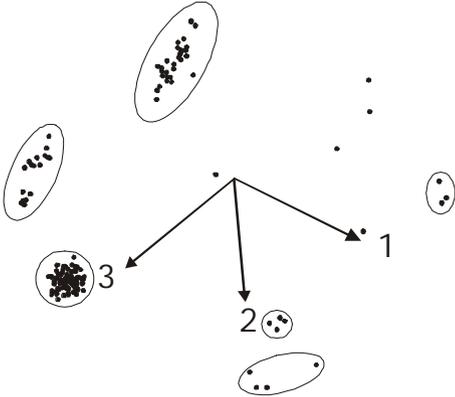
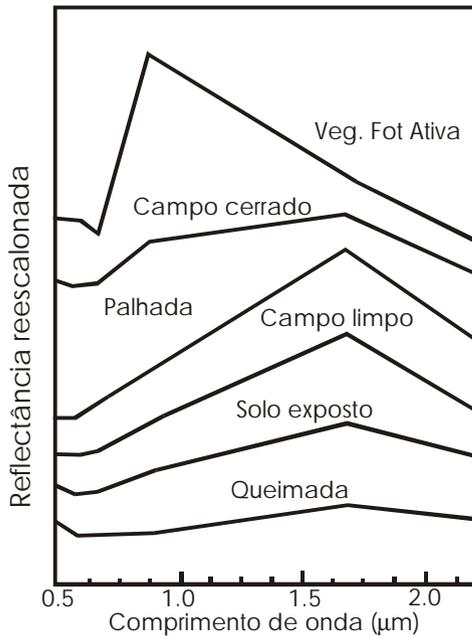


Figura 4 – Visualização dos pixels selecionados como puros num espaço n-dimensional.

Utilizando o visualizador n-dimensional e a função de desenho ROI foram identificados os pixels posicionados nos vértices do *simplex* (**Figura 4**). A partir das curvas desses *pixels* e da comparação dessas com as da biblioteca espectral foram identificados os diferentes alvos que compõem a cena em estudo (**Figura 5**).



Figuras 5 – Curvas dos diferentes alvos identificados na área de estudo.

CLASSIFICAÇÃO ESPECTRAL UTILIZANDO O SCM

O *Spectral Correlation Mapper* (Carvalho & Meneses, 2000) é um classificador espectral que apresenta vantagens sobre os métodos *Spectral Angle Mapper* (SAM) e o *Spectral Feature Fitting* (SFF) devido à capacidade de detectar falsos positivos. Essa característica é fundamental para a análise

de espectros provenientes de imagens TM-Landsat, mais susceptíveis à ocorrência desse tipo de erro.

RESULTADOS

A **Figura 6** mostra as imagens classificadas com o uso do SCM para quatro membros finais (vegetação verde, queimada, vegetação fotossinteticamente não ativa e solo). As áreas claras revelam o melhor ajuste dos valores espectrais dos *pixels* aos membros finais. A única exceção é a imagem de queimada, cujo resultado apresentado é o negativo, ou seja, as áreas escuras referem-se à presença do membro final (queimada).

CONCLUSÕES

Os principais resultados e conclusões deste trabalho são:

- a transformação dos Números Digitais para valores de reflectância possibilita a comparação dos espectros obtidos a partir da imagem (TM Landsat) com espectros de bibliotecas preexistentes;
- procedimento de detecção de membros finais pelo método de Boardman & Kruse (1994) apresenta vantagens, auxiliando na determinação das amostras para a classificação; e
- utilizando a análise de mistura espectral a classificação torna-se mais fidedigna à concepção do *pixel*, que pode conter mais de uma classe.

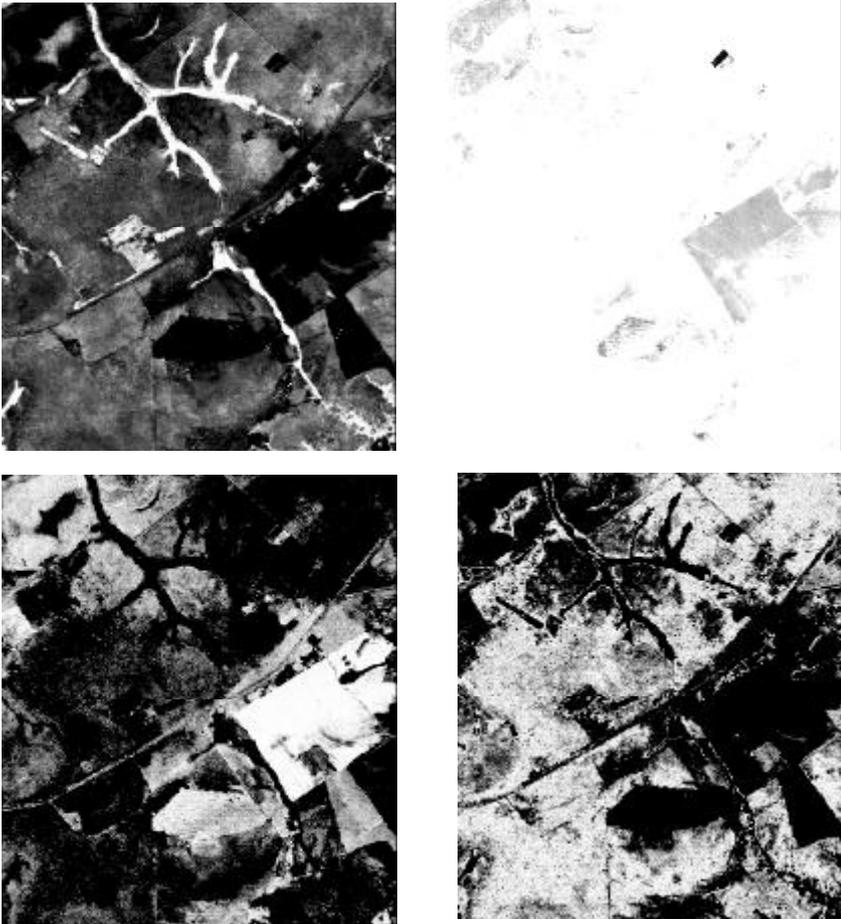


Figura 6 – Imagens classificadas pelo método SCM: (a) vegetação fotossinteticamente ativa, (b) queimada (negativo), (c) vegetação não fotossinteticamente ativa, e (d) solo.

REFERÊNCIAS

Adámoli, J.; Macedo, J. Azevedo, L. G.; Netto, J. M. 1897. Caracterização da região dos Cerrado. In: W. J. Goedert (ed.). Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de

- manejo. Planaltina: EMBRAPA-CPAC; São Paulo: Nobel, p33-98.
- Bentz, C. M. (1990), Avaliação da transformação radiométrica dos dados TM/Landsat – 5 em reflectâncias. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, INPE, 142p.
- Boardman, J. W. & Kruse, F. A. (1994), Automated spectral analysis: A geologic example using AVIRIS data, north Grapevine Mountains, Nevada: in *Proceedings ERIM Tenth Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, Environmental Research Institute of Michigan*, Ann Arbor, MI, I: 407-418.
- Carvalho Júnior, O. A. & Menezes, P. R. (2000), Spectral Correlation Mapper (SCM): an improving Spectral Angle Mapper. In: *Proc. Ninth JPL Airborne Earth Science Workshop*. JPL Publ. 00-18, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA, Vol. 1, p. 65-74.
- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FIBGE), 1995. *Zoneamento Ambiental da bacia do córrego Taquara, DF*. Vol. 1. Goiânia.
- Horwitz, H. M., Lewis J. T. & Pentland, A. P. (1975), Estimating proportions of objects from multispectral scanner data. Final Report, NSAS Contract NAS9-14123, NASA-CR-141862, 108p.
- Kruse, F. A. (1996), Geologic mapping using combined optical remote sensing and SIR-C/X-SAR data. In: *Eleventh Thematic Conference and Workshops on Applied Geologic Remote Sensing*, Las Vegas, Nevada. Vol. II, pp. 142-150.
- Kruse, F. A.; Huntington, J. H. & Green, R. O. (1996), Results from the 1995 AVIRIS Geology Group Shoot. In: *Proceedings 2nd International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition*, Vol 1, p. 211-220.
- Nelson, R. F. (1985), Reducing Landsat MSS scene variability. *Photogrammetric Engineering of Remote Sensing*, 51 (5): 583-593.
- Pereira, B. A. da S.; Furtado, P. P.; Mendonça, R. C. de e Rocha, G. I. 1989. *Reserva Ecológica do IBGE (Brasília, DF): aspectos históricos e fisiográficos*. Boletim da

Fundação Brasileira para Conservação da Natureza, Rio de Janeiro, n. 24, p30-43.

Ribeiro, J. F. & Walter, B. M. T. (1998), Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: S. M. Sano & S. P. Almeida (Org.), Cerrado: Ambiente e Flora. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, 556p.

Richardson, A. J. Wiegand, C. L., Gausman, H. W., Cuellar, J. A. & Genermann, A. H. (1975), Plant, soil and shadow reflectance components of row crops. *Photogrammetric Engineering of Remote Sensing*, 41:1401-1407.

Singer, R. & McCord, T. B. (1979). Mars: large scale mixing of bright and dark surface materials and implication for analysis of spectral reflectance. In: *Proc. 10th Lunar Planet Sci. Conf.* p. 1835-1848.