

Medição de Cor de Imagens Hiperespectrais Aviris pelo Sistema CIE (COMMISSION INTERNATIONALE D'ÉCLAIRAGE)

ANA PAULA FERREIRA DE CARVALHO^{1E2};
OSMAR ABÍLIO DE CARVALHO JÚNIOR³;
RENATO FONTES GUIMARÃES³;
JOSÉ DA SILVA MADEIRA NETTO⁴
MARIA MERCEDES DA CUNHA BUSTAMANTE²

¹INCRA – SBN Ed. Palácio do desenvolvimento, sala 1205, 70057-900, Brasília, DF, Brasil
osmana@tba.com.br

²Departamento de Ecologia - Universidade de Brasília (UnB)- Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, 70910-900, Brasília, DF, Brasil

³Departamento de Geografia - Universidade de Brasília (UnB)- Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, 70910-900, Brasília, DF, Brasil

⁴Embrapa/CPAC-Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - Caixa Postal 08223, BR 020, km 18, Rodovia Brasília/Fortaleza, 73301-970, Planaltina, DF, Brasil
madeira@cpac.embrapa.br

Abstract This work was developed in order to adapt and to test the employment of the color system CIE in AVIRIS hyperspectral images with the purpose to distinguish vegetation patterns in different substrata. It was used as test area the Niquelândia, GO image with nickel ore concentration, where the distribution and characteristic of the vegetation presents a strong geologic control. The atmospheric correction was made by the Green method. After that it was made the estimate of the values CIE (x, y, z and Y), being generated the relative images to the red, green, blue colors and brightness, respectively. Among the generated color compositions (xyz and xyY), the one that uses the brightness (xyY) it allowed a better differentiation of the vegetation than it happens on the ultramafic rocks. The use of the color concept provides a reduction of the spectral space and it allows a better interactivity with the analyst due to the visual approach. The use of the color concept in the Niquelândia area allowed the differentiation of vegetation patterns in soils originated from ultramafic and mafic rocks.

Keywords: *Commission Internationale D'éclairag*, remote sensing, hyperspectral.

1 Introdução

Uma nova concepção em processamento digital de imagens está surgindo com o advento da espectroscopia de imageamento. O primeiro sistema de imageamento capaz de adquirir continuamente bandas ao longo da porção do espectro solar refletido, ou seja, de 0,4 a 2,5 μm foi o sensor AVIRIS (*Airborne Visible/InfraRed Imaging Spectrometer*) desenvolvido pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), em 1983 (Vane *et al.*, 1984) (**Figura 1**). O desenvolvimento desse sistema teve como objetivo a obtenção de dados que pudessem ser utilizados nas diversas áreas das geociências. O AVIRIS tornou-se operacional em 1988 após

alguns ajustes e correções realizadas pelos pesquisadores do JPL (*Jet Propulsion Laboratory*), NASA.

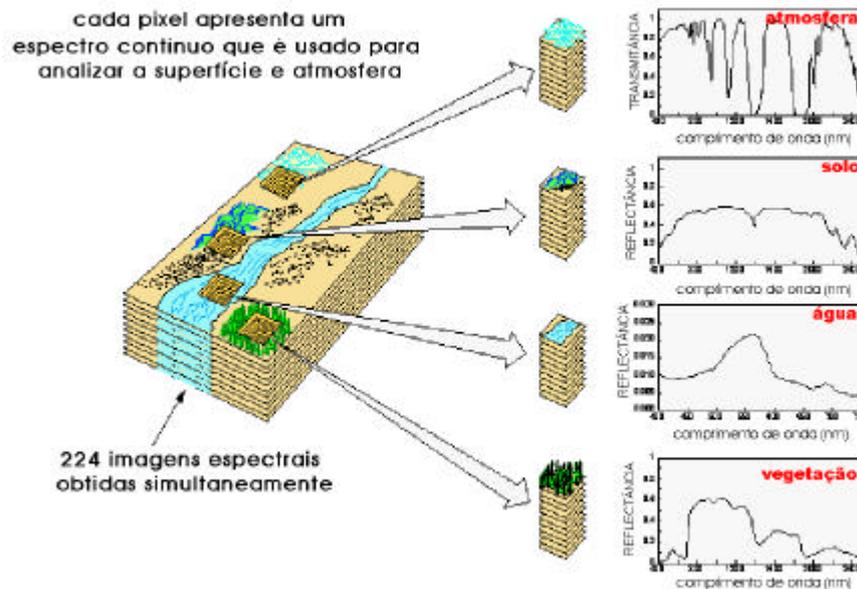


Figura 1 - Concepção do sensor hiperespectral AVIRIS: a alta resolução espectral torna a informação de cada pixel próxima à obtida por meio de medições realizadas em laboratório e/ou campo. (Fonte: Green *et al.*, 1998).

O AVIRIS foi trazido para o Brasil em 1995 na missão SCAR-B (*Smoke, Clouds and Radiation - Brazil*), que teve como propósito avaliar efeitos atmosféricos. Essa atividade foi uma operação conjunta da NASA, INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e a AEB (Agência Espacial Brasileira) (Kaufman *et al.*, 1998).

O sensoriamento remoto hiperespectral é uma tecnologia recente e em ampla expansão, o que proporciona uma constante proliferação de novos métodos e algoritmos para sua análise. Nessas imagens, a grande quantidade de informação permite uma ampla ramificação de métodos que visam otimizar e aprimorar a detecção e quantificação dos materiais que compõem a cena.

O presente trabalho tem como propósito adaptar e testar o emprego do sistema de cor CIE em imagens hiperespectrais AVIRIS com a finalidade de discriminar padrões de vegetação. O emprego do conceito de cor proporciona uma redução do espaço espectral, concentrando a informação, e permite uma melhor interatividade com o analista devido à aproximação visual.

Durante a missão SCAR-B, o sensor AVIRIS sobrevoou a região de Niquelândia, no dia 16 de agosto de 1995, imageando áreas com concentração supergênica de minério, no caso, de níquel laterítico com efeitos sobre a vegetação. A linha de vôo foi realizada longitudinalmente ao complexo de Niquelândia, cruzando as unidades geológicas.

2 Caracterização da Área de Estudo

A distribuição e fisionomia da vegetação no Maciço de Niquelândia apresenta um forte controle geológico, descrito por Brooks *et al.* (1990). Nessa região, extensas áreas de rochas ultramáficas são cobertas por vegetação herbácea dominada por gramíneas (campo rupestre - **Foto1**). O fogo que ocorre durante os meses mais secos (junho – agosto), em certo grau, influencia a fitofisionomia da vegetação. No entanto, isoladamente, o fogo não explica o limite abrupto entre as rochas gabróicas (máficas) e o substrato ultramáfico.



Foto1 – Vegetação sobre as rochas ultramáficas.

Diferentes graus de floresta aberta ou floresta baixa (mata) podem ser encontrados ao longo dos cursos d'água e vales. A existência dessas áreas demonstra a habilidade de muitas espécies tolerarem os solos provenientes de rochas ultramáficas, desde que se tenha profundidade e umidade no solos adequadas, além da proteção ao fogo (**Foto 2**).



Foto 2 – Floresta aberta ou floresta baixa ao longo dos cursos d'água e vales.

Nesse tipo de ambiente foi descoberta a primeira hiperacumulação de níquel da América do Sul. Uma espécie de *Cnidosculus*, descrita por *C. bahianus*, com escruve de 1,5 a 2 m, de folhas e frutos espinhosos, produz grandes quantidades de látex branco, na qual foi posteriormente encontrado 1,35% de níquel na matéria seca. Esse comportamento é similar ao da *Sebertia acuminata* (Sapotaceae) que ocorre na região de serpentinitos da Nova Caledônia, que possui latex azul esverdeado contendo mais de 25% de Ni na matéria seca e 1,17% nas folhas. As folhas de *Cnidosculus* também são muito menos ricas em latex, com apenas 0,01-0,11%. Essas espécies são similares a *C. vitifolius* altamente difundida em Americano do Brasil e Barro Alto.

Entretanto, estudos em solos com baixa concentração de níquel são necessários para revelar as relações entre essas taxa.

As plantas não ultrapassam 1m de altura nas áreas mais altas do maciço ultramáfico. Entre as plantas mais proeminentes estão as espécies de *Paepalanthus* (Eriocaulaceae), *Heteropteris* (Malpighiaceae) e *Vellozia* (Velloziaceae). Diversas espécies de *Vellozia* (canela-de-ema) ocupam variados substratos nas maiores altitudes no Brasil central.

3 O Sistema CIE

O CIE (*Commission Internationale d'Éclairage*) é um sistema de cores proveniente de um consenso internacional. Esse sistema de cores tem sido empregado em estudos radiométricos visando a caracterização de solos (Madeira Netto, 1991). Com o advento da espectroscopia de imageamento a espacialização dos valores de CIE pode ser obtida com uma maior acurácia.

As equações de cores para dados radiométricos em termos de vermelho, verde e azul para a visão humana envolvem valores negativos, o que dificulta o seu modelamento. Com a adoção do sistema CIE elimina-se a ocorrência de valores negativos (Evans, 1948). No entanto, é gerado um sistema virtual que não traduz fidedignamente o comportamento do olho humano. Esse procedimento apresenta vantagens uma vez que a presença de valores negativos pode ser uma fonte de erro ocasional (Wright, 1944), ou seja:

- os sinais negativos não ocorrem somente nas coordenadas de cromaticidade mas também nos coeficientes de distribuição;
- cálculo para especificação dos valores tri-estímulos envolve produtos de soma de quantidades positivas e negativas e subtração de um pelo outro; e
- os valores negativos dificultam o desenvolvimento de aparelhos colorimétricos.

Esse sistema adota como padrão para o uso internacional:

- uma curva de luminosidade relativa;
- curvas de mistura de cores para três luzes imaginárias normalizadas; e
- uma distribuição específica de energia para uma fonte de luz básica.

A curva de luminosidade para um observador de referência é dada pela **Figura 2**.

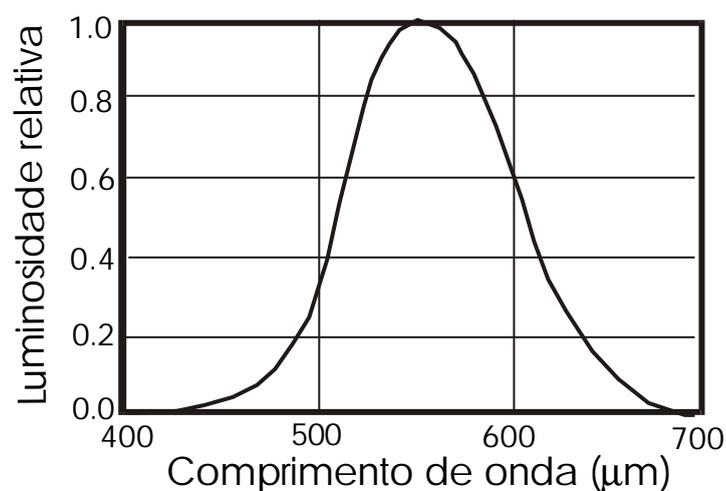


Figura 2 - Curva de luminosidade (fonte: Evans, 1948)

As curvas dos três componentes de CIE primários para cada comprimento de onda são apresentadas na **Figura 3**.

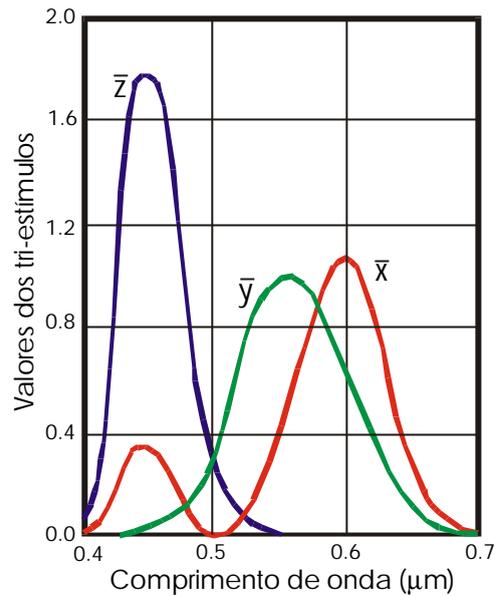


Figura 3 – Comportamento dos três valores primários do CIE segundo o comprimento de onda. (fonte: Evans, 1948)

O procedimento para derivar uma cor específica do tri-estímulo (X, Y e Z) a partir de uma composição espectral $E(\lambda)$ pode ser algebricamente expresso da seguinte forma:

$$\begin{aligned} X &= \int \dot{\lambda} E \lambda * \bar{X} \lambda \\ Y &= \int \dot{\lambda} E \lambda * \bar{Y} \lambda \\ Z &= \int \dot{\lambda} E \lambda * \bar{Z} \lambda \end{aligned}$$

E as coordenadas de cromaticidade x, y e z expressas por:

$$\begin{aligned} x &= \frac{X}{X + Y + Z} \\ y &= \frac{Y}{X + Y + Z} \\ z &= \frac{Z}{X + Y + Z} \end{aligned}$$

Para calcular os valores de X, Y, Z, x, y e z foi desenvolvido, no âmbito deste trabalho, um algoritmo em linguagem IDL dentro do programa ENVI. O parâmetro “z” pode ser desconsiderado na análise pois este é um parâmetro redundante sendo obtido como um produto algébrico de x e y:

$$\begin{aligned} 1 &= x + y + z \\ 1 - z &= x + y \end{aligned}$$

Esse programa foi testado para distinguir padrões de vegetação na região de Niquelândia (GO), no Brasil Central.

4 Análise da Vegetação da Região de Niquelândia

Na imagem utilizada o efeito atmosférico foi corrigido pelo Método Green. Esse método, proposto por Green (1990), foi desenvolvido especificamente para as imagens hiperespectrais AVIRIS. O método Green proporciona uma estimativa dos parâmetros atmosféricos e cálculo da reflectância aparente da superfície usando o código de transferência radiativa em conjunto com um modelo de ajuste não linear por mínimos quadrados (Green, 1991, Green *et al.*, 1993b,c).

Após a correção atmosférica foi feita a estimativa dos valores do CIE (x, y, z e Y). As imagens x, y e z e Y são apresentadas na **Figura 4**. A imagem x que representa a cor vermelha destaca com maiores valores as áreas com solo exposto que é visualmente associada a essa cor. A imagem y (verde) salienta a presença da vegetação verde (floresta aberta ou mata) que ocorrem ao longo dos cursos d'água. A componente z e Y destacam as áreas com vegetação de campo rupestre que, nessa época do ano, apresenta-se seca.

Na **Figura 5** são apresentadas as composições coloridas RGB a partir das imagens CIE. Observa-se que a composição xyY permite a identificação de padrões de vegetação que ocorrem em diferentes substratos. Observa-se uma intensa diferenciação da vegetação que ocorre sobre as rochas ultrabásicas.

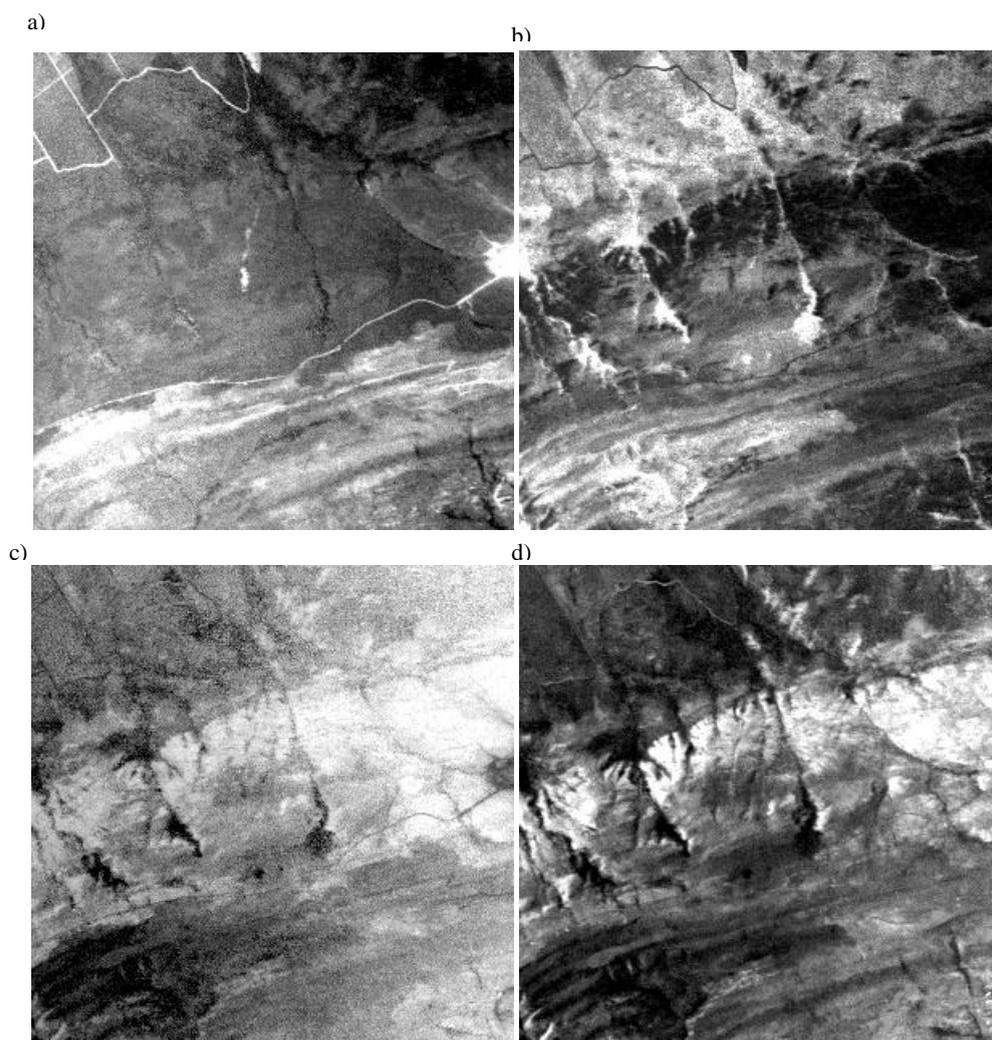


Figura 4– Imagens CIE para a área de Niquelândia: a) x, b) y, c) z e d) Y.

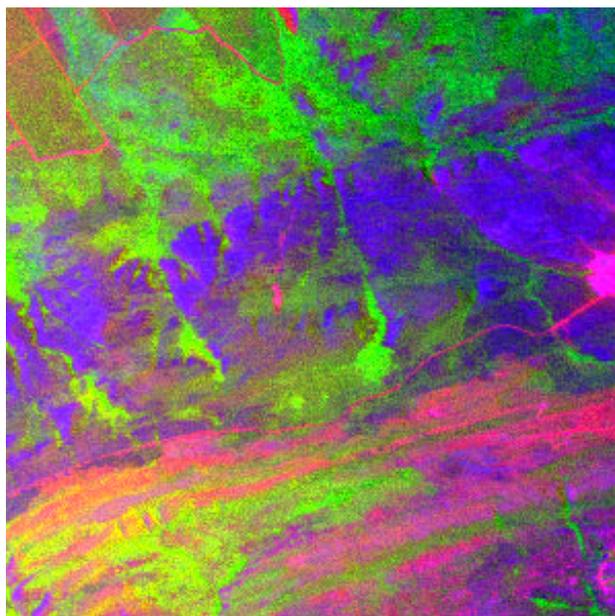


Figura 5 - Composições Coloridas RGB: a) xyY.

5 Conclusões

As principais vantagens do emprego do sistema de cores CIE são:

- Redução da dimensionalidade espectral;
- Obtenção de valores cromáticos de fácil compreensão ao olho humano permitindo uma interpretação cognitiva; e
- Estabelecimento de valores segundo o padrão internacional que permitem comparações entre diferentes áreas. Essa característica não é obtida por outros métodos de redução de dimensionalidade como a análise de principais componentes e o MNF (*Minimum Noise Fraction* - Green *et al.*, 1988).

Para a região de Niquelândia foi possível separar pelos parâmetros do CIE padrões de vegetação em solos originados a partir de rochas ultramáficas e de rochas máficas.

Referências

- Brooks, R. R., Reeves, R. D., Baker, A. J. M., Rizzo, J. A., Diaz Ferreira, H., 1990, The Brazilian Serpentine Plant Expedition (BRASPEX), 1988. *National Geographic Research* 6, 205-219.
- Evans, 1948, R. M., *An Introduction to Color*, New York, Jown Wiley & Sons, 329pp
- Green, A. A.; Berman, M.; Switzer, P. & Craig, M. D., 1988, A transformation for ordering multispectral data in terms of imagens quality with implications for noise removal: *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, Vol. 26, No.1, pp. 65-74.
- Green, R. O., 1990, Retrieval of Reflectance from Calibrated Radiance Imagery Measured by the Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) for Lithological Mapping of Clark Mountains, California, In: *Proceedings of the Second Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) Workshop*, JPL Pub. 90-54, pp. 167-175.
- Green, R. O., 1991, Retrieval of reflectance from AVIRIS – Measured Radiance Using a Radioative Transfer Code In: *Proceedings of the Third Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) Workshop*, JPL Pub. 91-28, pp. 200-210.

- Green, R. O., Conel, J. E.; Helmlinger, M.; Bosch, J.; Chovit, C. & Chrien, T., 1993a, Inflight Calibration of AVIRIS in 1992 and 1993. In: *Proc. Fourth Annual Airborne GeoScience Workshop*, JPL Public 93-26 pp.69-72.
- Green, R. O.; Conel, J. E. & Roberts, D. A., 1993b, Estimation of Aerosol Optical Depth, Pressure Elevation, Water vapor and Calculation of Apparent Surface Reflectance from Radiance measured by the Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) Using a Radiative Transfer Code", SPIE vol. 1937, Imaging Spectrometry in the Terrestrial Environment, G. Vane Editor, 2.11.
- Kaufman, Y. J.; Hobbs, P. V.; Kirchoff, V. W. J. H.; Artaxo, P.; Remer, L. A.; Holben, B. N.; King, M. D.; Ward, D. E.; Prins, E. M.; Longo, K. M.; Mattos, L. F.; Nobre, C. A.; Spinhirne, J. D.; Q.Ji; Thompson, A. M.; Gleason, J. F.; Christopher, S. A. & Tsay S.-C., 1998, Smoke, clouds, and Radiation-Brazil (SCAR-B) experiment. *J. Geophys. Res.*, Vol. 103, No. D24. pp. 31.783-31.808.
- Madeira Netto, J. S. 1991. Étude quantitative des relations constituants mineralogiques- réflectance diffuse des latosols brésiliens/application a l'utilisation pedologique des données satellitaires TM (region de Brasília). Thèse de Doctorat, Université Pierre et Marie Curie. Paris. 224 p.
- Wright, W. D., 1944, *The Measurement of Color*, London: Adam Hilger & Watts, Ltd. 259pp.