

## **Análise de padrões de comportamento espectral de diferentes usos do solo com base em dados da câmara CCD do CBERS-2**

Alexandre Cândido Xavier<sup>1</sup>  
Ramon Morais de Freitas<sup>2</sup>  
Brummer Seda Alvarenga<sup>2</sup>  
Maurício Alves Moreira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Espírito Santo - UFES  
Caixa Postal 16 CEP 29500-000 Alegre – ES, Brasil  
xavier@cca.ufes.br

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{ramon, brummer, mauricio}@ltid.inpe.br

**Abstract.** The objective of this work was to analyze the spectral behavior of different ground classes by means of remote sensing (RS) data. The RS data were from sensor CCD on board at China-Brazil Earth Resources Satellite (CBERS). The study area was in Aguanil city, Minas Gerais state, Brazil. It was determined 7 ground classes: production-coffee, formation-coffee, pasture, agricultural area, gallery forest, hydrograph and urban area. For each class samples of digital number in the individual bands were acquired randomly. It was observed that the digital numbers were sensible to the variation of the classes. For example, the hydrograph that presented the smallest ND values and, production-coffee class that presented more biomass than formation-coffee, had smaller ND values at visible bands and greater ND values at near-infrared band, as response of pigments absorption and radiance scatter by the leaves at these two bands, respectively.

**Palavras-chave:** CBERS, image processing, remote sensing, processamento de imagem, sensoriamento remoto.

### **1. Introdução**

A realização de um mapeamento de uma área, assim como a sua atualização de maneira rápida, só é possível com o emprego de técnicas de sensoriamento remoto (SR) (Jensen, 2000). Dependendo da escala e do tipo de mapa que se espera gerar, escolhem-se as imagens mais adequadas. O Brasil, em parceria com a China, está colocando a disposição de seus usuários imagens dos sensores: Imageador de Amplo Campo de Visada, WFI (Wide Field Imager); Câmera Imageadora de Alta Resolução, CCD (High Resolution CCD Camera) e o; Imageador por Varredura de Média Resolução, IRMSS (Infrared Multispectral Scanner), que estão a bordo do satélite CBERS-2 (China-Brazil Earth Resources Satellite). Atualmente, as imagens destes diferentes sensores são distribuídas gratuitamente para os usuários dos dois países.

O satélite CBERS encontra-se na sua segunda versão, tendo este, entrado em órbita em setembro de 2003, e suas imagens tornaram-se disponíveis no início de 2004. Pretende-se que com estas imagens que o Brasil se torne mais independente do uso de imagens de sensoriamento remoto de outros países. Para tanto, ainda é preciso avaliá-las quanto ao seu potencial.

Para obter as informações desejadas sobre o uso do solo a partir de imagens de SR estas devem estar sem cobertura de nuvens e apresentar resolução espacial compatível com a escala de trabalho, um contraste adequado de forma que os alvos sejam facilmente discerníveis e ter boas características radiométricas. Dentre os sensores do CBERS-2, o CCD é o que apresenta as melhores características para estudo em maiores escalas (p.ex. 1/50.000), pois este fornece imagens de uma faixa de 113 km de largura, com uma resolução de 20 m, adequado, por

exemplo, para caracterização de bacias hidrográficas de médio porte. As características gerais desta câmara são apresentadas na **Tabela 1** (INPE, 2004a).

Tabela 1 – Características da câmara imageadora de alta resolução CCD.

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| Bandas espectrais                    | Pan - 0,51 - 0,73 $\mu\text{m}$<br>B1 - 0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$ (azul)<br>B2 - 0,52 - 0,59 $\mu\text{m}$ (verde)<br>B3 - 0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ (vermelho)<br>B4 - 0,77 - 0,89 $\mu\text{m}$ (infravermelho próximo) |
| Resolução espacial                   | 20 x 20 m   |
| Largura da faixa imageada            | 113 km  |
| Capacidade de apontamento do espelho | $\pm 32^\circ$  |
| Resolução temporal                   | 26 dias com visada vertical (3 dias/ visada lateral)  |

Este trabalho tem como objetivo analisar os comportamentos espectrais de diversos alvos por meio da câmara CCD do CBERS tendo em vista dar suporte a uma futura classificação digital das diferentes classes de uso e cobertura do solo presentes na área em estudo.

## 2. Material e Métodos

A área de estudo foi o município de Aguanil, Centro-Sul do Estado de Minas Gerais, Brasil (**Figura 1**), com coordenadas geográficas centrais de  $20^\circ 58' \text{S}$  e  $45^\circ 25' \text{W}$ .

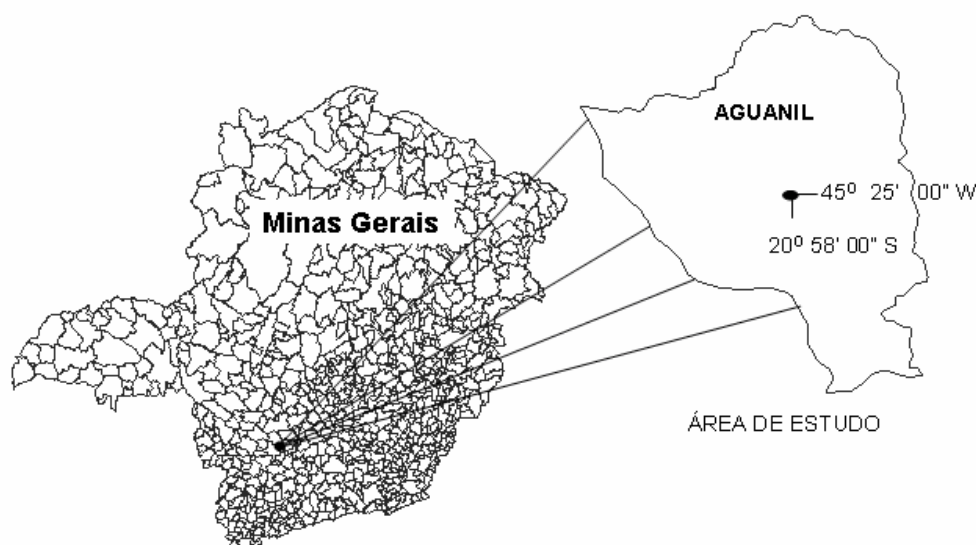
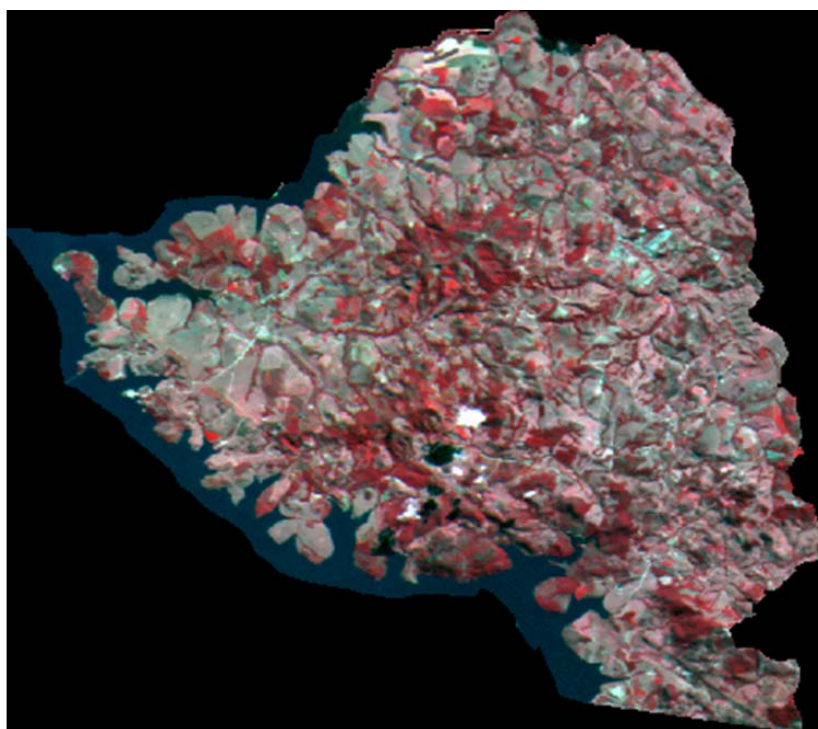


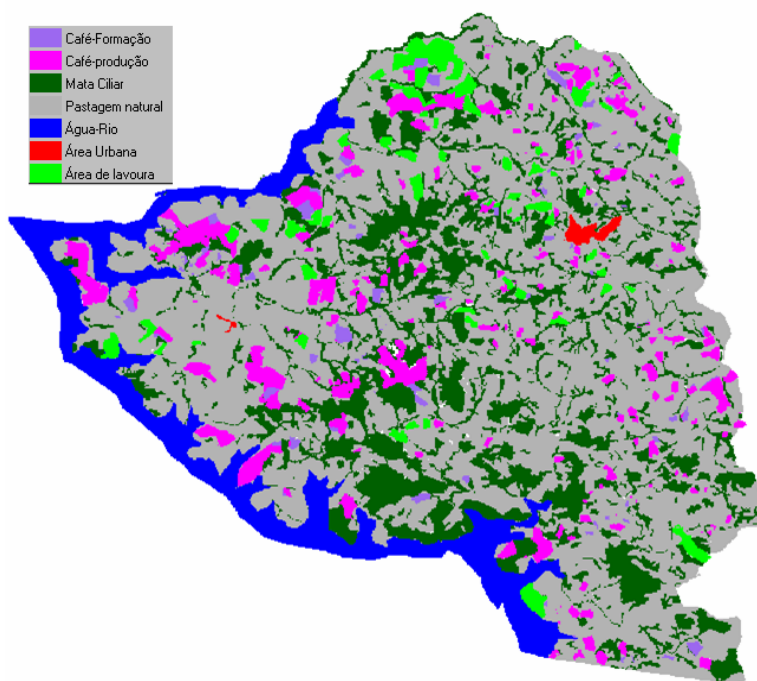
Figura 1 – Área de estudo

A região é caracterizada por solos de baixa fertilidade, onde predominam os Latossolos (EMBRAPA, 1999). Quanto ao relevo, destacam-se o suave ondulado e o acidentado. De modo geral, o café é mais abundante no relevo suave ondulado, tanto em número de lavouras quanto em área plantada. Nas partes mais acidentadas encontram-se lavouras de café no topo ou no primeiro terço do morro. Nessa situação, as lavouras são quase todas circundadas por matas ou cerrados, enquanto que, na parte onde o relevo é suave ondulado as lavouras estão quase sempre rodeadas por pastagens naturais ou artificiais, e lavouras de verão.

O mapa temático utilizado como dado de referência na pesquisa foi elaborado por interpretação visual baseada na experiência de fotos-intérpretes sobre as imagens Landsat-TM de 22/07/2004 e CCD/CBERS-2 órbita/ponto 153/123 de 30/07/2004 (**Figura 2a**). Além disso, essas imagens foram a base para o sorteio de amostras para cada classe do mapa temático gerado (**Figura 2b**).



(a)



(b)

Figura 2 – Composição colorida (2B3G4R) de imagem da câmara CCD do CBERS 2 (a) e resultado do mapeamento da cena (b).

As bandas do CCD foram registradas tendo como base uma cena TM-Landsat georeferenciada. A operação de registro foi realizada no software REGEEMY (Fedorov et al., 2002) que apresenta uma forma semi-automática de registro de imagens.

Após o registro das imagens, cada banda foi incorporada a um banco de dados do município de Aguanil criado no software SPRING (INPE, 2004b). Depois deste procedimento, cada banda foi recortada pelo limite municipal e exportada em GeoTIFF para serem submetidas à análise estatística no software MatLab (2002).

No MatLab (2002) foi primeiramente realizado o sorteio das amostras sobre o mapa temático. Neste procedimento foram coletadas amostras de forma aleatória para cada tema. Depois, cada amostra foi agrupada em uma tabela com sua posição e valores em Níveis Digitais (NDs) das bandas B1, B2, B3 e B4 do CCD/CBERS-2 órbita/ponto 153/123 de 30/07/2004, para cada classe. Trabalhou-se então, na análise dos dados, com os valores médios e desvio padrão dos NDs das diferentes classes.

### 3. Resultados e Discussão

O total de amostras levantadas para cada classe em estudo é apresentado na **Tabela 2**. Considerou-se como 700 o número máximo de amostras para representar determinada classe, mais do que o número sugerido por Mather (1999) que é de  $30p$ , em que  $p$  é o número de bandas. Todavia, a área urbana apresentou menor número de amostras, devido à pequena área ocupada no mapa, menos que 1%, fazendo com que o número de amostras aleatórias geradas sobre esta classe fosse menor. Espera-se com isto que as classes estejam bem representadas espectralmente.

Tabela 2. Número de amostras para cada classe de uso e cobertura do solo.

| Classe        | Número de amostras |
|---------------|--------------------|
| Área agrícola | 700                |
| Café-formação | 383                |
| Café-produção | 700                |
| Hidrografia   | 685                |
| Mata ciliar   | 694                |
| Área urbana   | 116                |

Na **Figura 3** são apresentados os valores médios de NDs para cada banda do sensor CCD do CBERS-2 nas diferentes classes de cobertura do solo. Como os dados não têm uma grandeza física, ou seja, não são dados de reflectância ou de radiância, a discussão será realizada apenas por meio dos valores de NDs, que de certa forma, são proporcionais a estas medidas.

O maior contraste entre as curvas espectrais das diferentes classes ocorreu em relação à classe hidrografia e as demais, onde para todas as bandas da classe hidrografia, foram observados valores de NDs inferiores aos das outras classes. A maior diferença ocorreu na banda relativa ao infravermelho próximo. Resultado esperado, uma vez que a água tende a absorver grande parte da radiação que chega nesta faixa de comprimento de onda, refletindo, desta forma, pouca radiação. Para as demais classes de uso e cobertura do solo verificou-se padrão geral de comportamento espectral semelhante: na faixa do visível, menores valores de NDs nas bandas B1 e B3 quando comparados aos da banda B2; e para a banda na faixa do infravermelho próximo (B4), valores de NDs mais elevados do que aqueles verificados nas faixas espectrais do visível.

Com exceção da classe hidrografia, a classe mata ciliar apresentou os menores valores médios de NDs, resultado que pode ser explicado pela: i) alta percentagem de sombra que este

tipo de dossel pode apresentar, uma vez que é um dossel heterogêneo (p.ex.: plantas com diferentes alturas e estrutura de dossel complexa); ii) influência da resposta espectral de corpos d'água, uma vez que algumas amostras podem ser de um "pixel" de área onde está presente tanto a mata ciliar como o curso d'água, diminuindo assim a capacidade de reflexão do alvo, pois a água, que vai contribuir na resposta espectral, absorve grande quantidade de radiação; iii) alta quantidade de biomassa verde, refletindo menos devido à absorção da radiação na faixa do visível pelos pigmentos das folhas verdes e sadias das plantas (Tucker, 1979).

Na região do visível, a classe que apresentou maiores valores de NDs foi a área urbana. Este é um resultado esperado, uma vez que este alvo tende a apresentar maior percentual de reflexão, em função das respostas espectrais de alvos urbanos (p.ex.: telhados, concreto, muros etc.). Já as áreas com vegetação verde tendem a refletir menos na faixa espectral do visível, devido à presença de pigmentos das folhas (Gates et al., 1965).

Quanto às classes café-produção e café-formação, observa-se que o maior contraste ocorreu nas bandas espectrais correspondentes às faixas do visível, B1, B2 e B3, com menores valores de NDs para o café-produção, que absorveu maior quantidade de energia incidente, refletindo menos. A explicação para isso é que nesta fase o café apresenta maior quantidade de biomassa verde, conseqüentemente maior atividade fotossintética, absorvendo mais radiação. Já a classe café-formação, por apresentar o dossel em formação, portanto menos denso, fez com que houvesse uma contribuição efetiva do solo que por sua vez, geralmente apresenta, na faixa do visível, maiores valores de reflectância. Na banda B4, nota-se uma inversão, com os maiores valores médios de NDs para a classe café-produção. Tal fato pode ser explicado, em virtude de nesta faixa de comprimento de onda quanto mais biomassa verde maior a quantidade de radiação refletida (Tucker, 1979). O café-produção, por já estar formado, apresentará maior biomassa que o café-formação, resultando, desta forma, na maior quantidade de radiação refletida nesta faixa de comprimento de onda.

Também merece destaque as curvas das classes café-formação e pastagem, pois apresentam valores médios de NDs bastante similares na faixa do visível. Haverá um contraste um pouco maior entre estas classes na faixa do infravermelho próximo, com o café formação refletido um pouco mais.

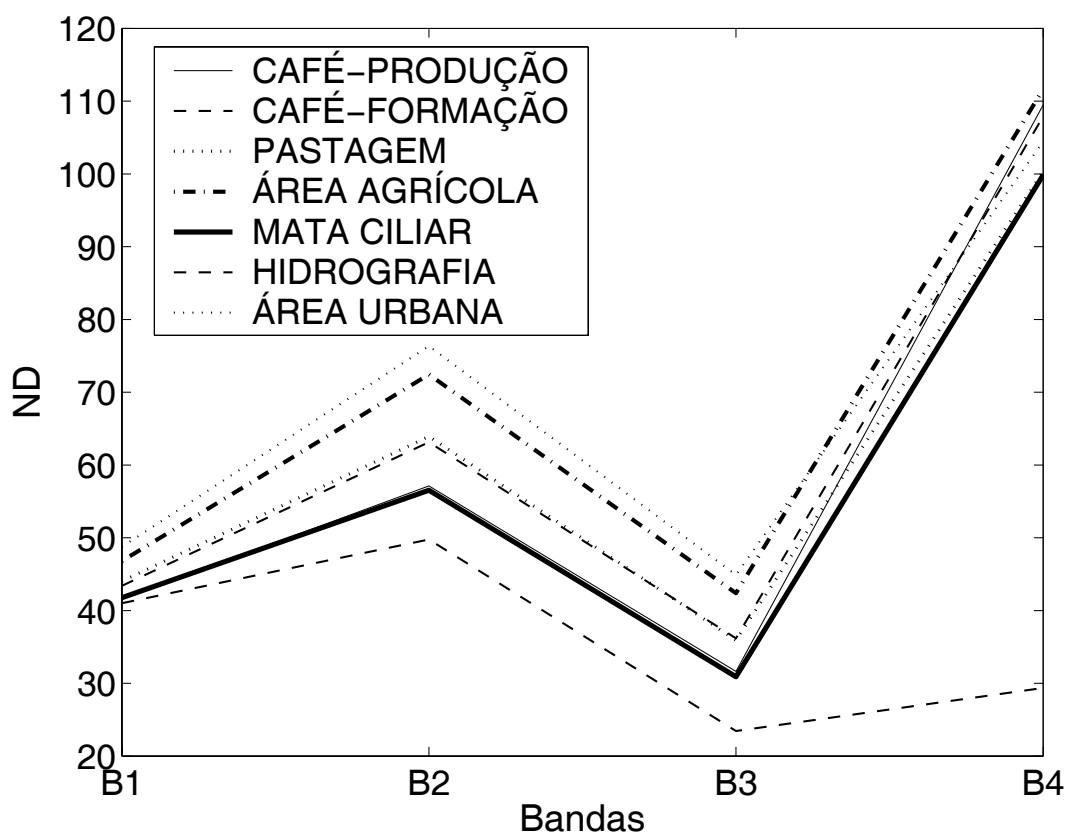


Figura 3 – Resposta espectral média das diferentes classes de cobertura do solo da área estudo.

Pensando agora na utilização dos dados CCD/CBERS-2 para classificação digital entre as diferentes classes, por exemplo, entre as classes de café-produção e café-formação, pode-se notar, pela **Figura 4a**, a dificuldade que um classificador digital terá para distingui-las. Pois, apesar das curvas médias serem um pouco distintas, os desvios padrões dos NDs se sobrepõem entre as diferentes bandas. Assim, com médias e desvios padrões parecidos, classificadores do tipo MAXVER (Mather, 1999) que utilizam estas informações terão, possivelmente, dificuldade em discriminá-las de forma adequada. Já com relação a uma classificação entre café-produção e área agrícola (**Figura 4b**) em áreas que não contenham a classe pastagem, parece que a possibilidade de sucesso seria maior, uma vez que os valores médios de NDs, bem como seus respectivos desvios padrões, apresentam-se com maior contraste.

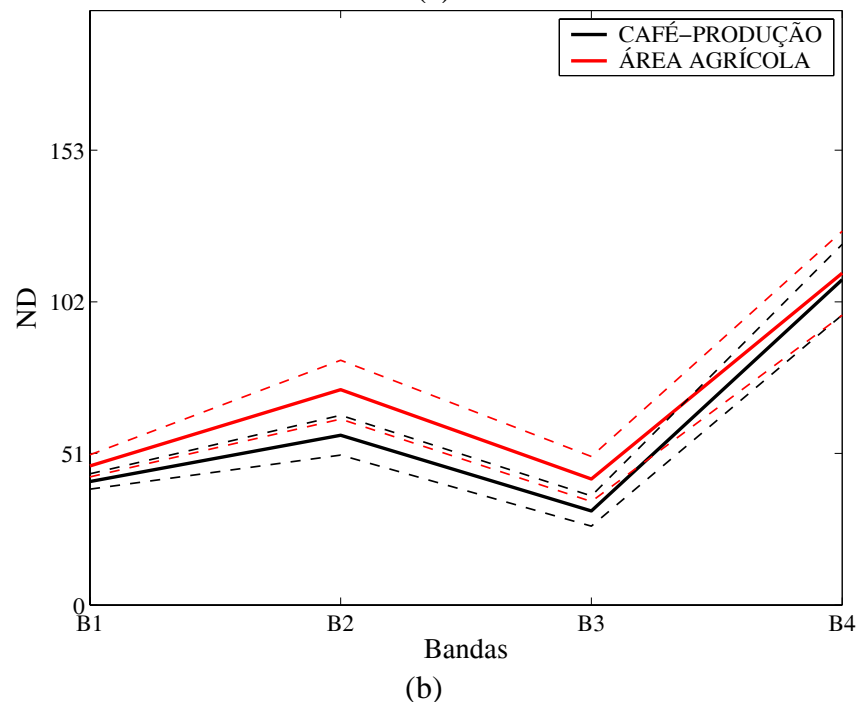
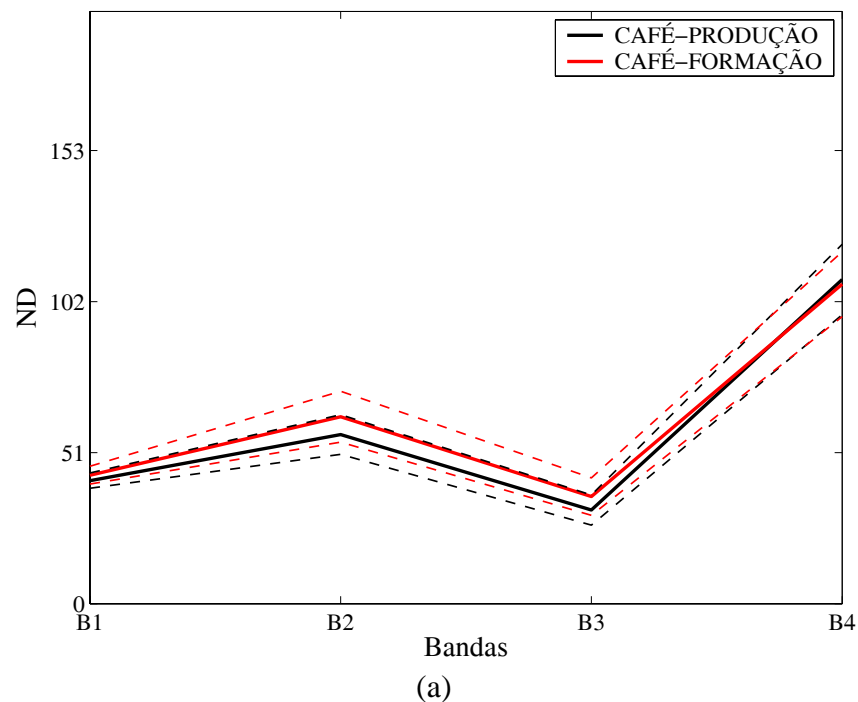


Figura 4 – Resposta espectral média com o desvio padrão dos NDs para: as classes café-produção e café formação (a) e café-produção e área agrícola.

#### 4. Conclusões

Neste trabalho foi apresentada uma análise espectral de amostras sob diferentes coberturas do solo: área agrícola, café-formação, café-produção, hidrografia, mata ciliar e área urbana. Os valores de NDs foram adquiridos sob imagem do sensor CCD a bordo do satélite CBERS-2. Os valores médios de NDs das diferentes classes foram sensíveis às variações de tipo de cobertura do solo. Observou-se também, que uma possível classificação digital entre algumas classes parece ser de difícil execução, uma vez que entre essas classes as médias e os seus respectivos desvios padrões dos NDs nas diversas bandas espectrais são muito próximos. Já

outras classes parecem ser facilmente distinguíveis com os dados deste sensor. Contudo, uma avaliação mais adequada deve ser feita, ou seja, realizar uma classificação digital da região com dados do sensor CCD do CBERS e avaliar a acurácia deste mapeamento.

Apesar de uma possível dificuldade de uma classificação automática entre algumas classes, as imagens demonstraram ser, com a utilização de técnicas de fotointerpretação, um excelente meio para mapeamento do uso e cobertura do solo. Podendo ser utilizadas em diversos trabalhos nas áreas de: agricultura, ambiente, recursos hídricos etc.

## Referências

EMBRAPA: Centro Nacional de Pesquisas de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação**; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 412p. 1999.

Fedorov, D.; Fonseca, L.M.G.; Kenney, C.; Manjunath, B.S. **Reegemy – Image registration and mosaicing**. DPI/INPE, Brasil. 2002.

Gates, D.M.; Keegan, J.H.; Schleiter, J.C.; Weidner, V.R. Spectral properties of plants. **Applied Optics**, v.4, p.11–20, 1965.

Instituto Nacional de Pesquisas Especiais (INPE). **Satélite Sino-Brasileiro de recursos terrestres**. Disponível em <[http://www.cbbers.inpe.br/pt/index\\_pt.htm](http://www.cbbers.inpe.br/pt/index_pt.htm)>. Acesso em agosto de 2004a.

Instituto Nacional de Pesquisas Especiais (INPE)b. **SPRING. Home Page**. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/spring>>. Acesso em agosto de 2004b.

Jensen, J.R. **Remote sensing of the environment: an earth resource perspective**. Printice-Hall, London. 2000. 544p.

Mather, P.M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction**. John Wiley & Sons, New York. 1999. 292 p.

MatLab-MathWorks. Software **MATLAB 6.5 R13**, MathWorks, 2002.

Tucker, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v.8, p.127–150, 1979.