

ANÁLISE DOS DADOS HYPERESPECTRAIS DO EO-1 OBTIDOS SOBRE A FLORESTA NACIONAL DE TAPAJÓS NO ESTADO DO PARÁ

YOSIO EDEMIR SHIMABUKURO¹

TOMOAKI MIURA²

ALFREDO HUETE²

EGIDIO ARAI¹

FERNANDO DEL BON ESPIRITO-SANTO¹

MARCELO LOPES LATORRE¹

¹INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{yosio, egidio, fernando, latorre} @ltid.inpe.br

²University of Arizona, Dept. of Soil, Water, and Environmental Science
85721-0038 - Tucson - AZ, USA
{tomoaki, ahuete} @ag.arizona.edu

Abstract. This paper presents an analysis of EO-1 Hyperion hyperspectral imager data for studying vegetation cover in the Tapajós National Forest, located in the Pará State, Amazon region. For this, Hyperion image at 30 m (spatial resolution) in 196 spectral bands, acquired on July 30, 2001, were analyzed to discriminate and characterize forested and converted areas in this study site. The spectral responses between 430 to 2400 nm were plotted for tropical dense forest, deforested, and regrowth (“capoeira”) areas identified in the EO-1 Hyperion scene. The Hyperion data was convolved to the Landsat-7 ETM+ spectral bands. The Spectral Linear Mixing Model were applied to both EO-1 Hyperion and ETM+ images to generate vegetation, soil, and shade fraction images. These fraction images and RGB color composites from EO-1 data were analyzed for discriminating the ground cover in the study site. The Landsat-7 ETM+ with field information (LAI, biomass, ground photographs, etc.) obtained during the July and October 2002 field campaigns are used to validate the results. The EO-1 Hyperion information will be used for rectifying radiometrically the ETM+ image acquired in the same date, in future analysis.

Keywords: EO-1, Hyperion data, Tapajós National Forest, Amazonia.

1. Introdução

Os conhecimentos da distribuição dos tipos de cobertura vegetal e suas variações fenológicas são hoje um aspecto indispensável para o planejamento de uma política coerente e eficiente de desenvolvimento sustentável, assim como para a compreensão e avaliação objetiva da convivência de diferentes ecossistemas.

A Floresta Nacional do Tapajós, uma das áreas testes do Projeto LBA (Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia), tem sido observada por diversos sensores a bordo de aeronaves e satélites, fornecendo informações úteis para o estudo da cobertura vegetal. Recentemente, o satélite “Earth Observing 1” (EO-1) adquiriu dados com o sensor hiperespectral “Hyperion” sobre esta região. Para o próximo ano, está planejada uma missão aerotransportada com o sensor AVIRIS em várias áreas testes do Projeto LBA, incluindo a região da Floresta Nacional do Tapajós. As características espectrais desses 2 sensores são semelhantes, mas os dados do AVIRIS serão adquiridos com uma resolução espacial melhor.

Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar os dados fornecidos pelo imageador hiperespectral Hyperion, para o estudo da cobertura vegetal na Floresta Nacional do Tapajós, localizada no estado do Pará, região Amazônica. As imagens RGB e fração de vegetação, solo e sombra serão geradas a partir dos dados Hyperion para a área restrita determinada pelo sensor, enquanto que as imagens Landsat-7 ETM+ e as informações de campo servirão como suporte para a avaliação e validação dos resultados obtidos das informações desse novo

sensor. Os resultados desse trabalho serão úteis para o desenvolvimento de pesquisa com os dados do AVIRIS, que serão adquiridos em vários transectos cobrindo uma variedade maior de alvos no terreno e além disso com uma resolução espacial melhor do que os 30 m do Hyperion.

2. Descrição da Área de Estudo

A área de estudo inclui principalmente a Floresta Nacional do Tapajós e está localizada ao sul da cidade de Santarém, no estado do Pará. Está compreendida entre as coordenadas geográficas: 55° 30' W to 54° 36' W e 2° 30' S to 4° 18' S. A Floresta Nacional que contém florestas não alteradas, é cercada por diversas áreas que tem sido afetadas por atividades antrópicas. A leste da Floresta Nacional, as áreas são predominantemente agrícolas incluindo pequenas áreas que são limpas e queimadas para serem usadas por várias culturas por um período de poucos anos. Essas áreas são deixadas para regenerar por vários anos para prover nutrientes para a próximo ciclo agrícola. Devido ao longo período de descanso (5 anos ou mais), a maior parte dessas áreas está no estágio de sucessão secundária (Shimabukuro et al., 1994).

Os solos dessa área de estudo são predominantemente latossolo amarelo distrófico de diferentes texturas, cobertas pela floresta densa. Geomorfologicamente, a área está sobre duas condições: o baixo plato do Amazonas (BPA) e o alto plato do Xingu-Tapajós (APXT). De acordo com as características fisionômicas e botânicas, o BPA pode ser dividido em 2 ecossistemas: 1) Ecossistema do baixo plato e 2) Ecossistema do baixo plato dissecado. O primeiro ecossistema ocorre em uma área de terras baixas com pouca variação no declive e predominantemente solo argiloso. As espécies predominantes nessa região incluem: Sucupira (*Bowdichia/Diplotropis* spp), Acariquara (*Minuartia guianensis*), Castanheiras (*Bertholletia excelsa*), Cupiuba (*Groupia glabra*), Mandioqueira (*Qualea* spp) e Maçaranduba (*Manilkara huberi*). O segundo ecossistema no BPA consiste nos platos intensamente dissecados com erosão nos declives, vales estreitos e solos com textura média. Esta região é caracterizada por florestas com lianas e várias espécies de palmeiras como Açai e Babaçu (*Orbignya speciosa*). A segunda unidade geomorfológica (APXT) é caracterizada pela floresta tropical densa composta de árvores com alto valor comercial com as Castanheiras (*Bertholletia excelsa*), Andiroba (*Carapa guianensis*), Cumaru (*Dipteryx odorata*), Cedro (*Cedrela odorata*), Maçaranduba (*Manilkara huberi*), etc.

A descrição da área de estudo, de acordo com o PROJETO RADAMBRASIL (1976), é apresentada por Hernandez Filho et al. (1993) e Shimabukuro et al. (1993).

3. Materiais e Método

3.1 Imagem hyperion do EO-1

Hyperion é um imageador “push-broom” hyperespectral a bordo do satélite ‘Earth Observing 1’ (EO-1). Esse sensor adquire dados em 196 bandas de 10 nm de faixa de largura, no intervalo de 400 a 2400 nm do espectro eletromagnético. A resolução espacial é de 30 m e as informações são adquiridas no formato de 12 bits. A imagem utilizada, neste trabalho, foi adquirida no dia 30 de julho de 2001, sobre a Floresta Nacional do Tapajós, compreendendo uma faixa de aproximadamente 120 km de comprimento por 8 km de largura (figura 1b).

3.2 Método

Na Figura 1 é apresentada a área de estudo, ilustrando a faixa de imageamento do sensor Hyperion do EO-1 sobre uma imagem ETM⁺/Landsat-7. Para isso, a imagem do ETM⁺ foi registrada através das cartas topográficas da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG). Foram utilizadas seis cartas na escala de 1 : 100.000 que cobrem a área de estudo, obtendo-se erros de registros inferiores a um pixel (30 m) entre as cartas e as imagens (Tabela 1). Para uma avaliação qualitativa do processo de registro, uma malha de pontos de GPS (Sistema de Posicionamento Geográfico) foi coletada ao longo da BR-167 e posicionada sobre a imagem registrada. Todos os pontos situaram-se dentro da largura da estrada, indicando um bom registro geométrico (Figura 2). Com o uso da imagem ETM⁺ registrada, a cena do sensor Hyperion do EO-1 foi então georreferenciada através do registro imagem – imagem com um erro de registro inferior a um pixel.

A seguir foi feita uma análise das bandas do Hyperion, com o objetivo de representar o comportamento espectral dos alvos de interesse identificados na cena imageada. Os alvos identificados foram: floresta primária, regeneração (capoeira), solo exposto, água, etc. Além disso, as bandas espectrais do Hyperion foram utilizadas para a simulação das bandas espectrais do ETM⁺ para fins de comparação qualitativa (avaliação visual).

O Modelo Linear de Mistura Espectral (Shimabukuro & Smith, 1991) foi utilizado para gerar as imagens fração vegetação, solo e sombra para os dados do sensor Hyperion e também para os dados do ETM⁺. Para o ETM⁺, foram utilizadas todas as bandas com exceção das bandas PAN (banda 8) e termal (banda 6), enquanto que para o Hyperion, foram selecionadas as seis bandas centralizadas nas faixas espectrais correspondentes das bandas do ETM⁺ utilizadas.

Além da coleta de pontos de GPS, no trabalho de campo de outubro de 2002, a cobertura vegetal da faixa imageada pelo sensor Hyperion foram caracterizadas através de inventários florestais e descrições qualitativas da vegetação.

TABELA (1) - ERRO DE REGISTRO E NÚMERO DE PONTOS DE CONTROLE DAS CARTAS TOPOGRÁFICAS DE 1:100.000 UTILIZADAS

Cartas topográf. da DSG	Nº de Pontos de Controle	RMS* de Registro dos pixels de 8 m
Amorim	10	0,35991
Mujuí dos Campos	7	0,28484
Boim	9	0,34553
Igarapé Onça	6	0,19572
São Jorge	11	0,36770
Aveiro	9	0,39182

*RMS: Erro médio quadrático.

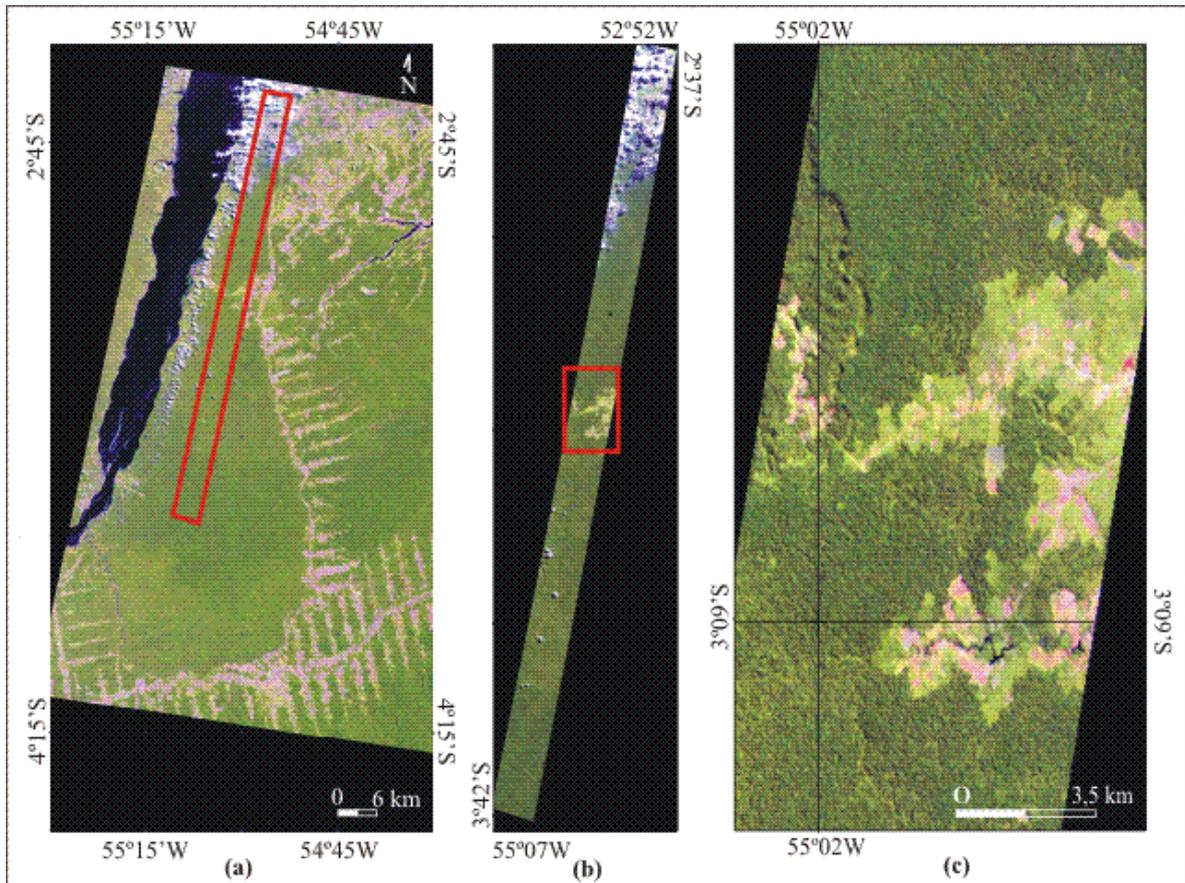


Fig. 1 - Imagem ETM+/Landsat (a) da Floresta Nacional do Tapajós em composição RGB - 543 e faixas do sensor hiperespectral orbital EO - 1 - Hyperion (b e c) em composição RGB na faixa central de 529, 1265 e 1689 nm. As imagens do hyperion e do ETM+ foram obtidas na mesma data, ou seja 30 de julho de 2001.

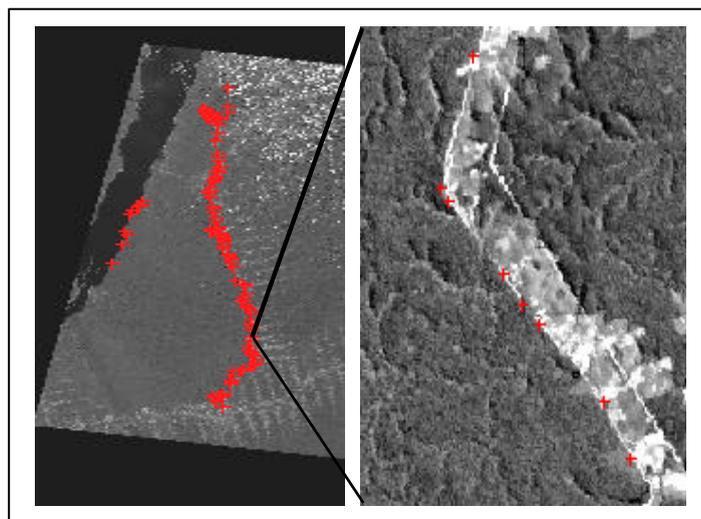


Fig. 2 - Pontos de GPS coletados ao longo da rodovia Cuiabá-Santarém.

4. Resultados e Discussão

Na Figura 3 são ilustradas as principais tipologias de cobertura vegetal encontradas na área imageada pelo sensor Hyperion do satélite EO-1.

Em diferentes porções da imagem hyperion do EO-1, foram coletados polígonos contendo as principais cobertura da terra que compõem a paisagem (Floresta primária, regeneração, solo exposto e água). As reflectâncias médias foram extraídas para cada um desses alvos. Os polígonos correspondentes foram escolhidos exclusivamente na porção da imagem onde foi realizado o trabalho de caracterização da vegetação. Na figura 4 pode-se observar que houve uma grande confusão entre floresta primária e regeneração. Esses resultados preliminares indicam que o polígono selecionado para regeneração corresponde a uma regeneração avançada, gerando uma “confusão” com o comportamento espectral da floresta primária.

Um outro resultado que é observado nesse gráfico (figura 4), é o comportamento espectral da amostra de água similar ao da vegetação. Isso ocorreu porque a amostra selecionada na área do igarapé estava coberta por vegetação aquática.

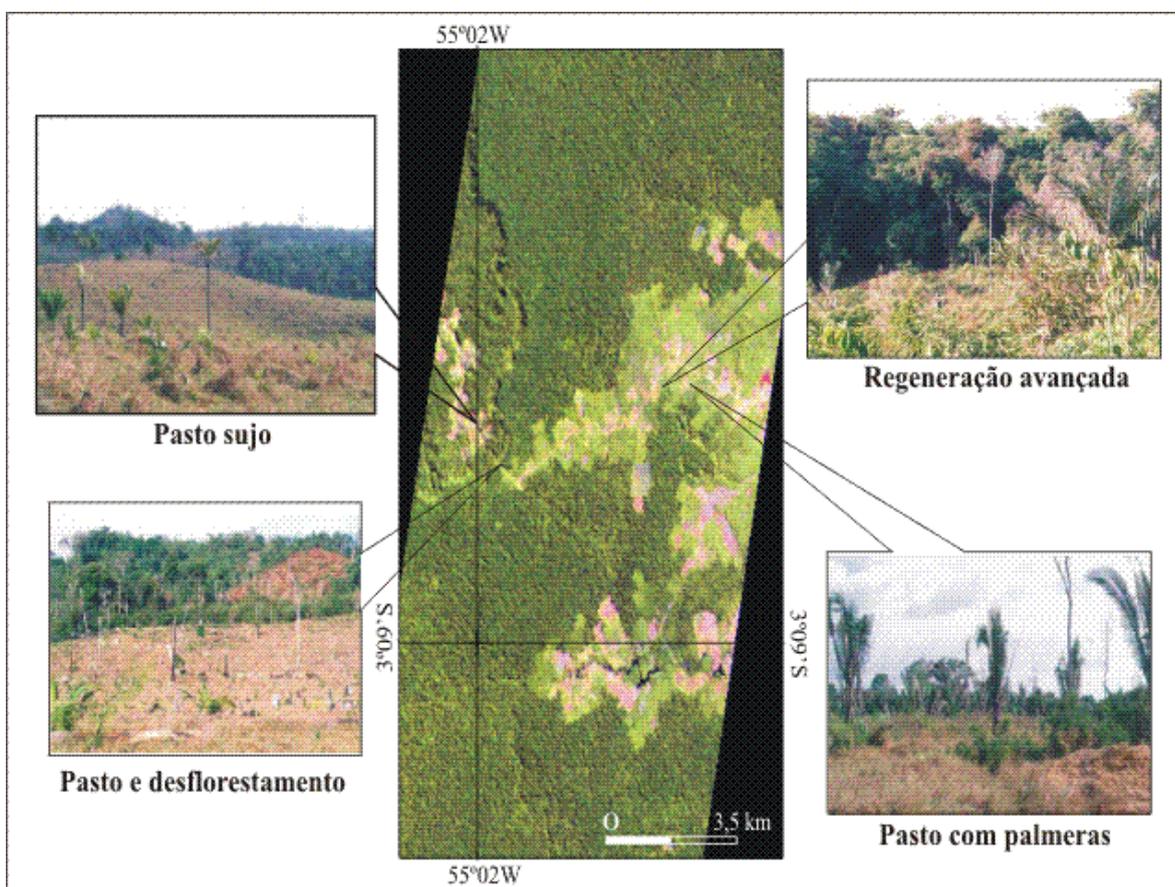


Figura 3 - Caracterização das tipologias vegetais observadas na imagem do sensor Hyperion do EO-1 (composição RGB utilizando as bandas centralizadas em 529, 1265 e 1689 nm do espectro eletromagnético).

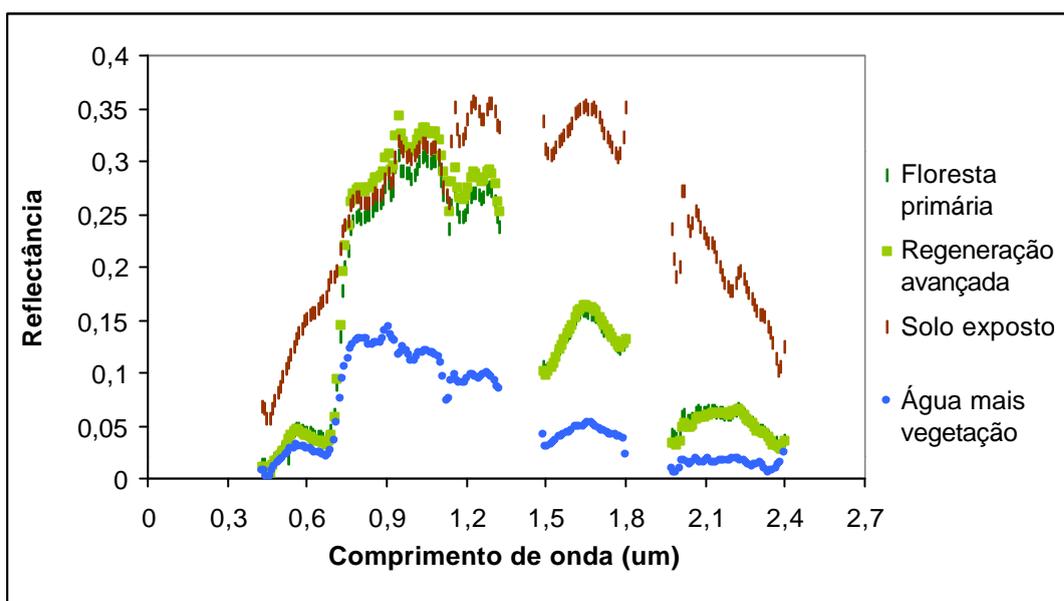


Fig. 4 - Comportamento espectral, no intervalo de 430 a 2400 nm, das principais coberturas da terra que compõem a paisagem observada na imagem do sensor Hyperion do EO-1.

As figuras 5 e 6 apresentam as imagens fração, vegetação, solo e sombra, derivadas dos dados do Hyperion e ETM+, respectivamente. Essas imagens foram geradas pelo Modelo Linear de Mistura Espectral (Shimabukuro & Smith, 1991). Para o ETM+, foram utilizadas as seis bandas localizadas nas regiões do visível (bandas 1, 2 e 3), infravermelho próximo (banda 4) e infravermelho médio (bandas 5 e 7), enquanto que para o Hyperion, foram selecionadas seis bandas centralizadas nas faixas espectrais do ETM+ para fins de comparação. Os resultados mostrados nas duas figuras são muito semelhantes visualmente, embora os dados originais tenham sido adquiridos por sensores com resoluções espectrais diferentes. Portanto, as imagens fração derivadas dos dados do Hyperion podem ser utilizadas em trabalhos de análise visual, bem como análise digital para fins de classificação utilizando a metodologia desenvolvida para o PRODES Digital (Duarte et al., 1999).

As imagens fração, das figuras 5 e 6, realçam diferentes informações de interesse para o estudo da cobertura vegetal da região Amazônica. Por exemplo, a imagem fração sombra utilizada na metodologia do PRODES Digital realçam as áreas de floresta, não-floresta (desflorestamento, capoeira, cultura agrícola), água e queimadas. Além disso, a imagem fração solo realçam as áreas recém desflorestadas ou áreas preparadas para plantio, enquanto que a imagem fração vegetação pode ser utilizada para discriminar o uso da terra. As informações da imagem fração vegetação são muito semelhantes as informações das imagens de índices de vegetação (ex. NDVI), pois as duas imagens realçam as áreas de cobertura vegetal.

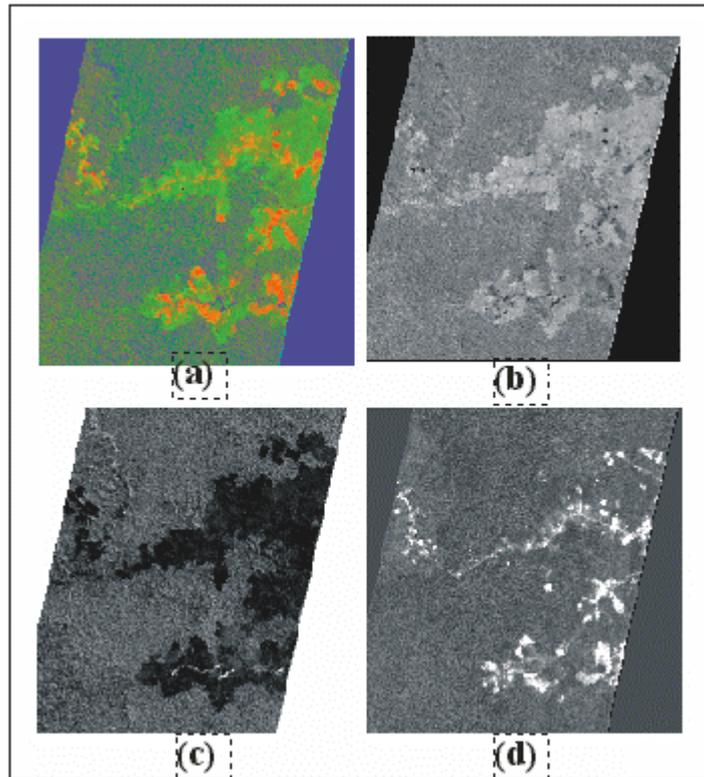


Fig. 5 – Imagens fração derivadas dos dados do sensor Hyperion do satélite EO-1 adquirida em 30 de julho de 2001: (a) composição colorida R (solo) G (vegetação) B (sombra); (b) imagem fração vegetação; (c) imagem fração sombra; e (d) imagem fração solo.

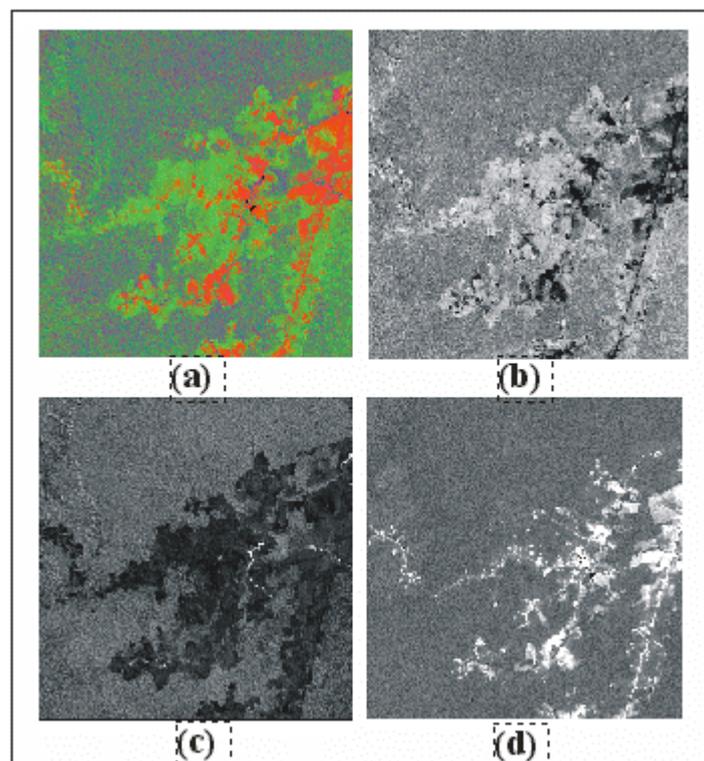


Fig. 6 – Imagens fração derivadas dos dados do sensor ETM+ do satélite Landsat-7 adquirida em 30 de julho de 2001: (a) composição colorida R (solo) G (vegetação) B (sombra); (b) imagem fração vegetação; (c) imagem fração sombra; e (d) imagem fração solo.

5. Considerações Finais

Embora preliminares, os resultados mostram a potencialidade dos dados hyperspectrais no estudo da cobertura vegetal da Floresta Nacional do Tapajós. Esses resultados serão úteis para planejar as atividades de análises dos dados do AVIRIS, que serão adquiridos em várias regiões da Amazônia, dentro do contexto do Projeto LBA.

As imagens RGB do Hyperion formadas, tanto pelas bandas convertidas para as faixas espectrais do ETM+ como utilizando as bandas individuais correspondentes aproximadamente aos centros de faixa do ETM+, são muito semelhantes. Do mesmo modo, as imagens fração vegetação, solo e sombra derivadas dos dados Hyperion são semelhantes às imagens fração derivadas dos dados ETM+. Na continuação deste trabalho, uma análise mais detalhada será realizada com o objetivo de avaliar quantitativamente esses produtos.

As informações do Hyperion serão utilizadas para retificar radiometricamente a imagem ETM+ adquirida na mesma data, em uma análise futura.

Referências Bibliográficas

- Duarte, V.; Shimabukuro, Y.E.; Santos, J.R.; Mello, E.M.K.; Moreira, J.C.; Moreira, M.A.; Souza, R.C.M.; Shimabukuro, R.M.K.; Freitas, U.M. Metodologia para criação do PRODES Digital e do banco de dados digitais da Amazônia – Projeto BADDAM. São José dos Campos: INPE, 1999. 33p. (INPE-7032-PUD/035).
- Hernandez Filho, P., Y.E. Shimabukuro, D.C.L. Lee, C.P. Santos Filho, and R.R. Almeida. 1993. Final Report of the Forest Inventory Project at the Tapajós National Forest. INPE-5423-PRP-171.
- PROJETO RADAMBRASIL 1976. Folha S/A 21 - Santarém: Levantamento de Recursos Naturais, DNPM, Rio de Janeiro, Vol.10.
- 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, p. 16-20, 1991.
- Shimabukuro, Y.E., F.J. Ahern, and P. Hernandez Filho. 1993. Initial Evaluation of Airborne and ERS-1 SAR Data for the Tapajós National Forest, Brazil. Proceedings of SAREX-92 Final Results symposium, Paris.
- Shimabukuro, Y.E., W.T. Lawrence, and F.J. Ahern. 1994. Tropical vegetation analysis with Landsat Thematic Mapper and Canadian synthetic aperture radar data. European Symposium of Remote Sensing, Rome, Italy, September 26-30, 1994.