

Caracterização de fisionomias vegetais na Amazônia oriental através de videografia aerotransportada e imagens derivadas do Modelo Linear de Mistura Espectral do sensor ETM+ do Landsat 7

Adriana Gomes Affonso
Dalton de Morrison Valeriano
Getúlio Teixeira Batista

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{affonso, dalton, getulio}@ltid.inpe.br

Abstract: The aim of this work is to evaluate the spectral response of several vegetation physiognomies in the municipality of Marabá, Pará, in relation to the proportion of vegetation, shadow and soil components derived through the Linear Spectral Mixing Model (LSMM), through the Shadow percent measured in the videographic products and the comparison of the Shadow component with the Shadow percent measured in videography. Based on the videography, five types of vegetation physiognomies were identified: Upland Forest, Floodplain Forest, Secondary forest, Babacu Forest and Grassland. The results demonstrated the percentage of shadow in the videographic data allowed only the differentiation of Babacu Forest from the remaining classes. The Shadow component of the linear mixing model was the most efficient product for the discrimination of the vegetal physiognomies, allowing the discrimination among all the classes but between Grassland and Secondary forest. This result reassures the potential of LSMM to the study of natural vegetation cover in Tropical Forest Regions.

Palavras-chave: videografia, modelo linear de mistura espectral, vegetação, Amazônia, videografia, linear spectral mixing model, vegetation.

1. Introdução

A energia eletromagnética emitida ou refletida por um alvo está associada às características físicas e químicas de seus componentes constituintes, portanto cada objeto terá um comportamento espectral em função de sua composição. Diversos métodos têm sido elaborados para transformar a informação contida nas imagens de sensoriamento remoto, com o objetivo de avaliar quantitativa e qualitativamente a vegetação através de medidas espectrais captadas pelos sensores. Estas técnicas reduzem as medidas espectrais de diversas bandas para um único valor que pode ser relacionado com características da vegetação tais como espécies, área foliar, estresse, biomassa (Jordan, 1969; Kauth e Thomas, 1976; Shimabukuro, 1987; Kaufman e Tanré, 1992).

Uma das dificuldades encontrada pelos pesquisadores no mapeamento e monitoramento da vegetação é a validação dos dados em campo, consumindo tempo e dinheiro. Uma alternativa para otimizar o trabalho de campo é a videografia aerotransportada. É um método rápido, barato, provendo em tempo quase real imagens, geralmente integradas com informações de posição geográfica, de diferentes ecossistemas que podem ser digitalizadas para análises estatísticas (Escobar et al., 1998).

2. Objetivo

O objetivo do trabalho é caracterizar a vegetação através das componentes (vegetação, sombra e solo) do modelo linear de mistura espectral, através da quantidade de sombra encontrada nos produtos videográficos e analisar a relação existente entre a componente sombra do modelo linear de mistura espectral e a sombra encontrada nas cenas de videografia aerotransportada.

3. Modelo Linear de Mistura Espectral

Shimabukuro et al., (1987) indicam os componentes vegetação, solo e sombra como constituintes básicos de cenas florestadas, e descrevem o modelo de mistura espectral pela fórmula:

$$r_i = a * \text{vege}_i + b * \text{solo}_i + c * \text{sombra}_i + e_i$$

onde r_i = resposta do pixel na banda i ; a , b e c = proporções de vegetação, solo e sombra (ou água), respectivamente; vege_i , solo_i , sombra_i = respostas espectrais dos componentes vegetação, solo e sombra, respectivamente; e_i = erro na banda i ; i = indica a banda do TM.

Shimabukuro e Smith (1989) demonstraram que a imagem componente sombra está relacionada com a estrutura de reflorestamentos, com a cobertura de copa, altura e espécies de árvores mostrando diferenças significativas em espécies de Pinus e diferenças em idades de Eucalyptus. Além disso, a componente sombra foi utilizada para analisar a taxa de desflorestamento em Rondônia, onde as áreas com baixa quantidade de sombra contrastavam com as áreas florestadas que possuíam média quantidade de sombra (Shimabukuro et al., 1997). Segundo Adams et al. (1989) a presença da sombra pode estar relacionada à vegetação ou à rugosidade do solo/rocha, topografia, elevação solar ou a outros fatores, misturando-se em todas as proporções e variando em todas as escalas, desde sombra ao nível multipixels, produzidas por feições topográficas, até subpixel, causadas por árvores, arbustos e outros objetos. Thales (1999) utilizou a fração sombra para mapear e caracterizar áreas com dominância de babaçu, e observou que com o aumento da densidade do babaçu, os valores de número digital e reflectância aparente diminuíam no infravermelho próximo e a proporção do componente sombra aumentava. O modelo linear de mistura espectral vem sendo utilizado na discriminação de mudanças de uso e cobertura da terra (Adams et al., 1995; Verona, 2002), no mapeamento e discriminação de classes de vegetação (Roberts et al., 1998) e no mapeamento das fisionomias de cerrado (Ferreira et al., 2003).

4. Videografia Aerotransportada

A videografia aerotransportada é uma técnica de sensoriamento remoto que disponibiliza imediatamente as imagens possibilitando a análise instantânea da informação sendo utilizada no mapeamento e avaliação dos recursos naturais desde a década de 80 (Mausel et al., 1992). Diversos estudos demonstraram a utilidade destes sistemas em projetos de sensoriamento remoto aplicado a agricultura (Everitt et al., 1991), monitoramento de catástrofes (Marsh et al., 1991; Jacobs e Eggen-McIntosh, 1993), no mapeamento da cobertura terrestre (Hess et al., 2002) e na delimitação e cálculo da porcentagem de cobertura de copas (Biging et al., 1995).

5. Localização da área de estudo

O trabalho envolve uma área localizada entre os paralelos $5^{\circ} 30' 20''$ e $6^{\circ} 02' 59''$ latitude sul e os meridianos $48^{\circ} 54' 25''$ e $49^{\circ} 17' 46''$ longitude oeste, no município de Marabá, no estado do Pará, e envolve a análise de amostras obtidas do sobrevôo realizado no município.

6. Procedimentos Metodológicos

6.1 Imagem Orbital e Aplicação do Modelo Linear de Mistura Espectral

Foi utilizada uma imagem sensor ETM+ do Landsat 7 (bandas 1 a 5 e 7), órbita ponto 223/64 do dia 29/07/1999. A correção atmosférica da imagem foi feita pelo programa 6S (Vermote et al., 1997) em seguida aplicado o modelo linear de mistura espectral segundo Shimabukuro (1987). O método utilizado para a estimativa das proporções foi o dos Mínimos quadrados com restrições.

6.2 Videografia Aerotransportada

O sobrevôo de videografia foi realizado no dia cinco de junho de 1999 pelo INPE juntamente com a Universidade da Califórnia em Santa Bárbara e o Laboratório de Propulsão a Jato (JPL-

California Institute of Technology). O sistema de videografia utilizado foi desenvolvido pelo Departamento de Conservação dos Recursos Naturais e da Ciência de Computação da Universidade de Massachussets (Natural Resource Conservation and Computer Science of the University of Massachusetts-Umass, Amherst). O sistema incluía duas câmeras digitais (Sony DVX-1000 e Sony CCD-TR500 Hi 8) orientadas verticalmente (uma no modo de visada larga e a outra no zoom) acoplado a um sistema de referência de atitude, ao laser altímetro (904nm) e ao GPS, que mediam as inclinações laterais e longitudinais da aeronave, a distância da aeronave ao solo ou dossel da vegetação e as coordenadas da aeronave, respectivamente (Hess et al, 2002).

6. 2. 1 Processamento dos dados auxiliares da aeronave

Os processamentos das cenas da videografia foram adaptados de Thales (1999). Os dados auxiliares da aeronave (referentes aos dados do timecode/GPS, de inclinação da aeronave e do laser) foram interpolados pelo programa FlightData.exe (Hess et al., 2002). O resultado é uma tabela onde cada timecode está relacionado a uma cena na videografia, às coordenadas geográficas, ao grau de variação da inclinação da aeronave e à altura medida pelo laser, possibilitando a seleção dos segmentos de videografia e o registro das cenas.

6. 2. 2 Identificação, captura e registro das cenas de videografia

Cinco tipos de fisionomias vegetais foram demarcados na imagem Landsat: Florestas de Terra Firme; Secundária; Inundada e com Babaçu e o Pasto. Nestas áreas, foram escolhidos segmentos de videografia com o menor grau de inclinação da aeronave (entre -5 e +5 graus). Foram capturadas 44 cenas de visada larga pelo programa Sony DV Application/DVBK-2000, 1.00, sendo 7 de Pasto, 7 de Floresta Secundária, 9 de Floresta Inundada, 13 de Floresta de Terra Firme, 8 de Floresta com Babaçu.

O registro das cenas foi baseado nas coordenadas da cena principal, da cena anterior e posterior e na altura média da aeronave da cena a ser registrada. Foram realizados diversos cálculos de rotação e translação para determinar as coordenadas de georreferenciamento.

6.2.3 Identificação das sombras através do fatiamento das cenas de videografia

A imagem de videografia possui 3 filtros (azul, verde e vermelho). A filtro verde foi selecionado para o fatiamento dos números digitais das cenas da videografia. Foram determinados 9 limiares: 0-30; 30-60; 60-90; 90-120; 120-150; 150-180; 180-210; 210-240; 240-255. O fatiamento foi realizado através de um algoritmo em LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) no SPRING (Câmara et al., 1996).

6.3 Caracterização espectral da imagem Landsat 7 e das cenas de videografia em relação à modelo de mistura e a quantidade de sombra.

Polígonos amostrais de 4 x 3 pixels do ETM+ (uma média de 9 pixels por polígono) para cada cena de videografia foram delimitados em seu centro evitando-se áreas com muita iluminação. Estes polígonos foram utilizados para o cálculo da média nas imagens componentes sombra, solo e vegetação e da sombra nas cenas de videografia (ND de 0 a 120, média agrupada de todos os limiares). Este limiar foi o que melhor representou a sombra nas cenas e obteve a maior relação com a componente sombra do modelo de mistura em todas as fisionomias ($r^2=0,37$). Foram feitas análises de correlação de Pearson nos grupos de variáveis (componentes solo, sombra e vegetação e nos valores de sombra da videografia), e ANOVA entre classes (fisionomias).

7. Resultados

7.1 Caracterização da vegetação através do modelo linear de mistura espectral

Os valores de proporção das componentes nas fisionomias são apresentados na **Tabela 1**.

Tabela 1: Proporção dos componentes (vegetação, sombra e solo) em cada fisionomia

Fisionomia	Proporção dos componentes de mistura (%)		
	Vegetação	Sombra	Solo
Floresta Inundada	81	18	1
Floresta Terra firme	73	23	4
Floresta Secundária	81	8	11
Floresta de Babaçu	58	38	4
Pasto	37	6	58

O Pasto apresentou a maior proporção do componente solo (58 %) mas menores de vegetação (37 %) e sombra (6 %). Esse resultado era esperado visto que o pasto apresenta uma baixa cobertura do solo. A análise de variância mostrou que o Pasto e a Floresta Inundada (menor valor da componente) foram significativamente diferente de todas as outras fisionomias (**Tabela 1** no Apêndice).

A Floresta com Babaçu apresentou a maior proporção de sombra (38 %), fato observado por Pereira (1996) e Thalês (1999). Esta componente foi a que melhor representou todas as fisionomias identificando e separando as áreas de vegetação (com mais sombra) das áreas desflorestadas (sem vegetação), áreas de floresta primária (terra firme) de áreas de vegetação secundária (em regeneração), como relatado por diversos autores (Shimabukuro e Smith, 1995; Shimabukuro et al., 1997) só não sendo capaz de diferenciar a Floresta Secundária do Pasto (**Tabela 1** do Apêndice).

Todas as fisionomias de floresta apresentaram proporções elevadas da componente vegetação (acima de 70 %) com exceção do Babaçu com apenas 58%, devido à elevada proporção de sombra. As fisionomias de floresta (terra firme, inundada e secundária) diferenciam-se bem das áreas de pasto. No entanto, a floresta primária (terra firme e inundada) não pôde ser diferenciada da Floresta Secundária pela componente vegetação (**Tabela 1** do Apêndice), mas é diferenciada da Floresta com Babaçu, pelas proporções das componentes vegetação e sombra.

A **Figura 2** apresenta uma comparação das proporções dos componentes de mistura em cada fisionomia vegetal. Podemos observar a uniformidade das amostras das fisionomias de Floresta (Terra Firme, Inundada e Babaçu) nas quais a vegetação representa a maior proporção (maior que 70 %, com exceção do babaçu) seguida da sombra e por último o solo. A Floresta com Babaçu possui grande proporção da componente sombra que aumenta ainda mais com o aumento da densidade do babaçu, como abordado por Thales (1999). A Floresta Inundada com apenas 1% da componente solo, pode ser representada apenas pelas outras duas componentes. As fisionomias de Floresta Secundária e Pasto são mais heterogêneas em relação às amostras. No caso da Secundária é possível observar uma variação nas proporções de sombra e solo que se intercalam com a variação da proporção da componente vegetação, onde algumas áreas apresentaram mais solo do que sombra e outras o inverso. Este fato pode estar associado à diversidade de formações secundárias, capoeiras mais jovens com solo mais exposto ou no caso de capoeiras mais antigas, o dossel pode estar mais denso, ocasionando um maior sombreamento e assim menor influência do solo na resposta espectral. Em relação ao pasto as componentes solo e vegetação são inversamente correlacionados, quando o solo aumenta, a vegetação diminui, e quando a proporção da vegetação aumenta, a sombra cresce, mas o solo sempre está em maior proporção. Esta relação pode estar associada à presença de

vegetação arbustiva no pasto (pasto “sujo”) quando a proporção de vegetação pode ser maior do que o solo, mas em pastos “limpos” esta relação seria ao contrário.

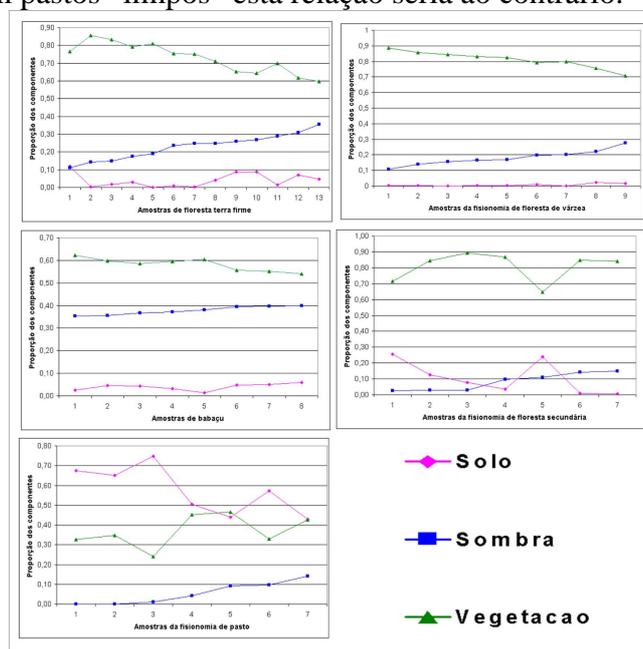


Figura 2: Proporção dos componentes de mistura (sombra, solo e vegetação) de todas as amostras das fisionomias.

7.2 Caracterização da vegetação através da videografia aerotransportada

A videografia proporcionou uma visão mais detalhada da superfície terrestre, possibilitando a identificação de 5 tipos de fisionomias de vegetação predominante: Florestas (Terra Firme, Inundada, Secundária e com Babaçu) e o Pasto. A banda 1 (filtro azul) permitiu diferenciar apenas o Pasto (com o menor valor de ND) de todas as outras fisionomias. A banda 2 (verde) só não foi capaz de separar a Floresta com Babaçu da Floresta Inundada. A banda 3 (vermelho) permitiu diferenciar a Floresta de Terra Firme (maior valor de ND) do Pasto e da Floresta com Babaçu (menores valores) (**Tabela 2** no Apêndice).

Os valores de ND de sombra resultantes do fatiamento das cenas de videografia são apresentados na **Figura 3**. A Floresta com Babaçu apresentou o maior valor de sombra na videografia assim como na proporção da componente sombra. As fisionomias de Florestas (Terra Firme, Inundada e Secundária) apresentaram valores medianos de sombra e o Pasto o menor valor. A análise de variância (**Tabela 3** no Apêndice) mostrou que apenas a Floresta com Babaçu foi significativamente diferente das outras fisionomias, ao contrário do apresentado pela componente sombra.

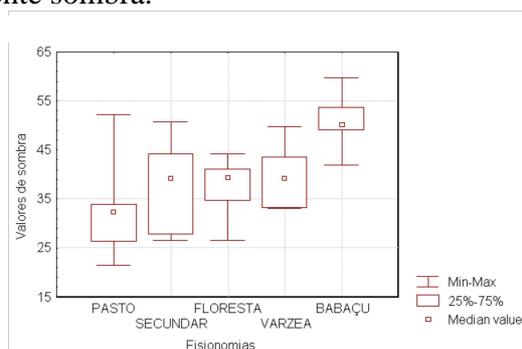


Figura 3: Valores de ND de sombra resultante do fatiamento das cenas de videografia de todas as fisionomias.

A **Figura 4** apresenta a relação entre a componente sombra do modelo de mistura e a sombra nas cenas de videografia. Podemos notar que à medida que a sombra aumenta na videografia também aumenta na componente sombra, em diferentes proporções. Em relação ao eixo da componente sombra podemos perceber três grupos, o pasto e a floresta secundária, com menores valores de sombra, as fisionomias de floresta inundada e terra firme, com valores intermediários, e o babaçu, com altos valores de sombra. Em outras palavras, pouca ou nenhuma vegetação arbórea, dosséis homogêneos; heterogêneos e densos com diversos emergentes, heterogêneos com poucos emergentes e substrato inundado; e heterogêneos com copas coroadas com folhas verticais.

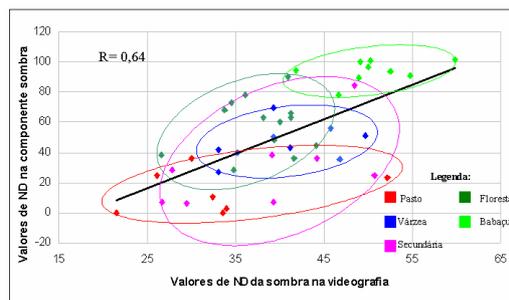


Figura 4: Relação entre a sombra da videografia e a componente sombra do modelo de mistura

A análise das cenas de videografia possibilitou perceber a grande diferença entre as copas das árvores de floresta terra firme e inundada da floresta de babaçu. A distribuição angular de suas folhas, a reflexão especular da radiação incidente, pode ser a principal responsável pelo seu comportamento espectral distinto apresentando alta proporção de sombra.

8. Conclusões

A utilização da videografia em conjunto com sensores orbitais tornou possível um melhor entendimento da estrutura da vegetação em relação a arquitetura do dossel e distribuição angular das folhas e como esta afeta o espalhamento da radiação solar incidente e conseqüentemente influenciam a resposta espectral da vegetação detectada pelos sensores orbitais. A análise das proporções de mistura nos mostrou que o comportamento de cada fisionomia está diretamente associado à quantidade de vegetação, substrato dominante, arquitetura do dossel, e distribuição angular das folhas. Desta forma, a proporção dos componentes de mistura e a quantidade de sombra na videografia foram diferentes e característicos para cada fisionomia, reafirmando o potencial do modelo linear de mistura espectral no estudo da cobertura vegetal nas florestas, como a Amazônia.

9. Referências Bibliográficas

- Adams, J. B. Smith, M. O.; Gillespie, A. R. **A mixing-model strategy for analyzing and interpreting hyperspectral images**. Seattle: University of Washington, 1989. 35 p.
- Adams, J. B. Sabol, D. E.; Kapos, V.; Almeida-Filho, R.; Roberts, D. A.; Smith, M. O.; Gillespie, A. R. Classification of Multispectral images based on fractions of endmembers: applications to land-cover change in the Brazilian Amazon. **Remote Sensing of Environment**, v. 52, n. 2, p. 137-154, 1995
- Biging, G. S. Dobbertin, M.; Murphy, E. C. A test of airborne multispectral videography for assessing the accuracy of wildlife habitat maps. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 3, p. 357-366, 1995.
- Câmara Neto, G. Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computer Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- Escobar, D. E. Everitt, J. H.; Noriega, J. R.; Cavazos, I.; Davis, M. R. A twelve-band airborne digital video imaging system (ADVIS). **Remote Sensing of Environment**, v. 66, n. 2, p. 122-128, 1998

Everitt, J. H. Escobar, D. E.; Villarreal, R.; Noriega, J. R.; Davis, M. R. Airbone video systems for agricultural assessment. **Remote Sensing of Environment**, v. 35, n. 2 e 3, p. 231-242, 1991.

Ferreira, M. E. Ferreira, L. G.; Sano, E. E.; Shimabukuro, Y. E. Uso do modelo de mistura espectral para o mapeamento sistemático e operacional do bioma cerrado: possibilidades, implicações e procedimentos metodológicos. In: XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais**. Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 657-664. Disponível na biblioteca digital URLib: <ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.11.20.42> Acesso em: 10 jan 2003.

Hess, L. L. Novo, E. M. L. M.; Slaymaker, D. M.; Holt, J.; Steffen, C.; Valeriano, D. M.; Mertes, L. A. K.; Krug, T.; Mellack, J. M.; Gstail, M.; Holmes, C.; Hayward, C. Geocoded digital videography for validation of land cover mapping in the Amazon basin.. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 7, p. 1527-1556, 2002.

Jacobs, D. M. Eggen-McIntosh, S. Airbone videography and GPS for assessment of forest damage in southern Louisiana from hurricane Andrew. In: Proceedings of the ILJFRO coference on inventory and management techniques in the context of catastrophic events. **Anais**. University Park, PA: 1993. Disponível em: <http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja_jacobs001.pdf.> Acessado em: 10 dez. 2002.

Jordan, C. F. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. **Ecology**, v. 50, n. 4, p. 663-666, 1969.

Kaufman, Y. J. Tanré, D. Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 30, n. 2, p. 261-270, 1992.

Kauth, R. J. Thomas, G. S. The Tasseled Cap: a graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen in Landsat.. In: Proceedings on the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data. **Anais**. West Lafayette, Indiana: Purdue University, 1976. p. 41-51.

Marsh, S. E. Walsh, J. L.; Lee, C. T.; Grahan, L. A. Multispectral analysis of hazardous waste sites trough the use of a new bi spectral video remote sensing system and standard color IR photography. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 57, n. 9, p. 1221-1226, 1991.

Mausel, P. W. Everitt, J. H.; Escobar, D. E.; King, D. J. Airbone videography:current status and future perspectives. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 58, n. 8, p. 1189-1195, 1992.

Pereira, J. L. G. **Estudos de áreas de floresta em regeneração através de imagens Landsat..** São José dos Campos. 104p. (INPE-5987-TDI/578).Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1996.

Roberts, D. A. Church, G. R.; Ustin, S.; Scheer, G.; Green, R. O. Mapping chaparral in the Santa Monica mountains using multiple endmember spectral mixture models. **Remote Sensing of Environment**, v. 65, n. 3, p. 267-279, 1998

Shimabukuro, Y. E. **Shade images derived from linear mixing models of multispectral measurements of forested areas.** Fort Collins, CO. p. ().Tese (Doctor of Philosophy) - Colorado State University, 1987.

Shimabukuro, Y. E. Smith, J. A. **Imagens sombra para áreas reflorestadas de Eucalyptus e Pinus obtidas de medidas multiespectrais do Landsat..** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1989. 6 p. (INPE-4825-PRE/1426).

Shimabukuro, Y. E. Mello, E. M. K.; Moreira, J. C.; Duarte, V. **Segmentação e classificação da imagem sombra do modelo linear de mistura para mapear desflorestamento na Amazônia.** São José dos Campos: INPE, Jan. 1997. 16 p. (INPE-6147-PUD/029).

Shimabukuro, Y. E. Smith, J. A. Fraction images derived from Landsat TM and MSS data for monitoring reforested areas. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 1, p. 67-74, Mar. 1995.

Thales, M. C. **Imagem fração sombra na caracterização e mapeamento de babaçu (Attalea speciosa Mart ex Spreng.) em áreas de floresta.** São José dos Campos. 140p. (8382-TDI/720).Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - INPE, Maio 1999

Verona, J. D. **Classificação e monitoramento fenológico foliar da cobertura vegetal na região da floresta Nacional do Tapajós-Pará, utilizando dados multitemporais do sensor "thematic mapper" (TM) do Landsat.** São José dos Campos. 159p. (INPE-9556-TDI/832).Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - INPE, 2002.

Vermote E. F. Tanré, D.; Deuzé, J. L.; Herman, M.; Morcrette, J. J. 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.

9. Apêndice

Tabela 1: Valores F e P do ANOVA nas componentes solo (sol), sombra (som) e vegetação (veg) da imagem eTM+

Fisionomias	F (sol)	P (sol)	F (som)	P (som)	F (veg)	P (veg)
Floresta X Babaçu	0,74	0,39	32,88	0,00*	27,29	0,00*
Floresta X Secundária	3,35	0,08	22,18	0,0001*	2,00	0,17
Floresta X Pasto	214,72	0,00*	31,57	0,00*	85,89	0,00*
Floresta X Inundada	6,26	0,02*	3,35	0,076	6,57	0,01*
Babaçu X Secundária	0,96	0,34	207,04	0,00*	33,89	0,00*
Babaçu X Pasto	125,45	0,00*	235,53	0,00*	40,83	0,00*
Babaçu X Inundada	6,96	0,01*	109,34	0,00*	109,10	0,00*
Pasto X Secundária	68,67	0,00*	0,98	0,34	74,05	0,00*
Pasto X Inundada	195,98	0,00*	20,98	0,0004*	166,25	0,00*
Secundária X Inundada	7,20	0,01*	12,56	0,003*	0,36	0,55

* significativamente diferentes a 5% de probabilidade

Tabela 2: Valores F e P da ANOVA nas Bandas 1 (b1), 2 (b2) e 3(b3) da videografia .

Fisionomias	F (b1)	P (b1)	F (b2)	P (b2)	F (b3)	P (b3)
Babaçu X Floresta	2,5	0,12	15,75	0,000*	5,05	0,03*
Babaçu X Inundada	0,005	0,94	3,02	0,10	0,88	0,36
Babaçu X Secundária	0,002	0,96	4,79	0,04*	0,02	0,86
Babaçu X pasto	13,01	0,0032*	9,56	0,008*	0,17	0,68
Floresta X Inundada	3,28	0,08	3,53	0,07	1,60	0,21
Floresta X Secundária	2,47	0,13	0,75	0,39	3,73	0,06
Floresta X Pasto	10,77	0,004*	0,63	0,43	4,61	0,04*
Várzea X Secundária	0,0006	0,98	0,43	0,52	0,66	0,42
Várzea X Pasto	15,95	0,001*	1,14	0,30	1,05	0,32
Secundária X Pasto	12,284	0,004*	0,04	0,83	0,03	0,86

* significativamente diferentes a 5% de probabilidade

Tabela 3: Valores F e P do ANOVA na sombra da videografia do limiar S4 (0 a 120)

Fisionomias	F	P
Floresta x Babaçu	35,67	9,5E-05*
Floresta: Secundária	0,13	0,71
Floresta x Pasto	2,54	0,12
Floresta X Inundada	0,61	0,44
Babaçu x Secundária	14,19	0,0028*
Babaçu x Pasto	21,66	0,0004*
Babaçu X Inundada	15,26	0,001*
Secundária x Pasto	0,61	0,44
Secundária X Inundada	0,58	0,45
Pasto X Inundada	2,94	0,10

* significativamente diferentes a 5% de probabilidade