

POTENCIALIDADE DA IMAGEM MECB PARA CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS FLORESTAIS

Marcelo de Ávila Chaves
Marcos Leandro Kazmierczak
Silvana Amaral
Newton Jordão Zerbini *

Pós-Graduação
INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais
Secretaria da Ciência e Tecnologia
Caixa Postal 515
12201 São José dos Campos - SP
Brasil

* Centrais Elétricas do Norte do Brasil - ELETRONORTE
Depto. de Estudos de Efeitos Ambientais
SCN - Q.06 CJ.A BL.B Sala 1202
70710 - Brasília - DF

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar a potencialidade da imagem do sensor da MECB (MISSÃO ESPACIAL COMPLETA BRASILEIRA) na discriminação de classes de três tipologias florestais: floresta tropical, caatinga e reflorestamento. Esta avaliação baseia-se na classificação obtida com imagens TM correspondentes. Utilizou-se técnicas de filtragem espacial de modo a simular as imagens MECB (IFOV = 210 m) a partir de imagens TM (IFOV = 30 m). As imagens foram classificadas pelos métodos Máxima Verossimilhança e Fatiamento e comparadas quanto a percentagem de cada classe classificadas nas imagens MECB e TM.

ABSTRACT

The main purpose of this paper is to estimate the potentiality of MECB imagery sensors discriminating classes of three forest typologies: tropical rain forest, "caatinga" and reforestation. This evaluation is based on TM corresponding images classification. Spatial filtration technics were used in order to simulate the MECB imagery (IFOV = 210 m) from TM imagery (IFOV = 30 m). The image classification was made by MAXIMUM LIKELYHOOD and SLICE methods and they were compared regarding the percentage of each analysed class in MECB and TM images.

1. INTRODUÇÃO

A aplicação de técnicas de Sensoriamento Remoto, sobretudo em dados coletados por sensores orbitais, apresentam comprovado nível de eficiência para atividades de monitoramento, inventário e manejo de áreas florestais.

Um dos métodos de obtenção de informações a partir de dados de sensoriamento remoto é o processamento digital de imagens, que consiste na análise e manipulação dos valores de números digitais dos pixels, utilizando sistemas computacionais.

Para efeito de reconhecimento de objetos na cena, faz-se a classificação da imagem de acordo com as propriedades

estatísticas dos números digitais presentes. A classificação resume-se numa partição do espaço de atributos de modo que pontos pertencentes a uma mesma classe sejam classificados sempre na partição correspondente.

A análise digital de imagens do satélite Landsat em áreas reflorestadas tem sido empregada em diversos trabalhos, como os de Hernandez Filho et al. (1988), Hernandez Filho (1989) e Lee et al. (1989). Em tais trabalhos foram considerados dados do sensor Thematic Mapper (TM), de resolução espacial de 30 metros. As características de multiespectralidade e repetitividade deste sensor permitiram uma rápida e segura separabilidade das classes existentes nas imagens.

O primeiro Satélite de Sensoriamento Remoto - SSR da Missão Espacial Completa Brasileira - MECB, cujo lançamento está previsto para 1995, apresentará resolução espacial aproximada de 210 metros, órbita polar heliossíncrona, duas bandas multiespectrais (630 - 690 nm e 760 - 900 nm) e repetitividade de 4 dias. Tais características ensejam expectativas promissoras no campo florestal, particularmente no caso brasileiro, dadas as grandes extensões de cobertura florestal.

A possibilidade de serem utilizadas imagens de diferentes resoluções para estudos florestais conduz a um questionamento a respeito de como a resolução espacial das imagens MECB pode afetar a sua classificação.

De um modo geral, à medida que a resolução espacial é degradada, espera-se uma melhoria na qualidade da imagem classificada. Devido à redução das variações espectrais na imagem, diminui-se a variância e conservando a média, causando assim o decréscimo de sobreposição de classes, o que foi observado por Sadowiski et al. (1977).

O objetivo deste trabalho é avaliar a potencialidade da imagem MECB, simulada a partir de uma imagem TM, analisando comparativamente classificações com enfoque em diferentes alvos florestais. Esta avaliação teve uma abordagem qualitativa, apresentando portanto, dados preliminares.

2. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho selecionou-se três imagens do sensor THEMATIC MAPPER-TM, Landsat-5, banda 4, correspondendo a tipologias florestais de floresta tropical, caatinga e reflorestamento.

Os números digitais destas imagens, registrados em fitas CCT ("Computer Compatible Tape"), foram transformados em valores de reflectância conforme procedimento descrito em Robinove (1982) e Markham e Barker (1986).

A imagem de floresta tropical, 512 x 512 pixels, de 27/07/87, corresponde a uma área do reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí, Estado do Pará, cujas coordenadas estão compreendidas entre 4º05's a 4º10's e 49º45'w a 49º50'w.

A imagem de reflorestamento (Encalyptus spp), 512 x 473 pixels, de 18/07/84, localiza-se no estado do Mato Grosso do Sul, com coordenadas aproximadas de 20º30's e 63º20'w.

A imagem de caatinga hiperxerófila, 476 x 473 pixels, de 14/9/88, localiza-se na região de Petrolina, Estado de Pernambuco, com coordenadas aproximadas de 8º20's e 40º00'w.

A simulação das imagens geradas pelo sensor do satélite MECB foi feita a partir do encadeamento de filtros lineares com função de espalhamento pontual de suporte finito de dimensão 3 x 7. O filtro, representado pela matriz (M) na forma de aproximação fracionária, desenvolvido por Banon (1989), é dado por:

$$M = 1/9000 \begin{bmatrix} 77 & 298 & 615 & 760 & 615 & 298 & 77 \\ 99 & 383 & 790 & 976 & 790 & 383 & 99 \\ 77 & 298 & 615 & 760 & 615 & 298 & 77 \end{bmatrix}$$

O encadeamento consistiu da aplicação da matriz (M) nas imagens TM por seis vezes consecutivas e, posteriormente, outras seis vezes desta matriz transposta. Desta forma, a imagem simulada apresentou uma resolução espacial de aproximadamente 210 metros.

As imagens foram processadas no Laboratório de Tratamento de Imagens (LTID) do Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE através do Sistema Interativo de Tratamento de Imagens (SITIM). O processamento das imagens TM e MECB consistiu de realce e classificação.

O realce do contraste de cada imagem foi efetuado, através de aplicação de tabela, de forma a evidenciar espectralmente o maior número possível de diferentes classes. Cada tabela de realce aplicada foi gerada a partir da análise do histograma da imagem.

Os métodos de classificação utilizados sobre as imagens TM e MECB realizadas foram o Método de Máxima Verossimilhança e o Método por Fatiamento.

Para aplicar o método MAXVER selecionou-se um número variado de amostras dentro de cada classe de forma a abranger a heterogeneidade destas classes na imagem em estudo.

No Método do Fatiamento procurou-se determinar os limites superior e inferior dos números digitais de cada classe e procurando também abranger a heterogeneidade destas classes na imagem.

A avaliação da potencialidade da imagem MECB para o estudo de cada tipologia florestal teve como parâmetro, a imagem TM classificada correspondente. Para esta avaliação comparou-se os valores percentuais de área obtidos para cada classe discriminada dentro de cada imagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das classificações de cada tipologia florestal nas imagens TM e MECB pelo método de fatiamento e MAXVER, encontram-se nas tabelas 1, 2 e 3, com suas respectivas classes, áreas em valores absolutos e relativos, e diferenças percentuais entre as classificações.

TABELA 1
VALORES ABSOLUTOS E RELATIVOS DAS CLASSES PRESENTES NA
ÁREA DE FLORESTA TROPICAL

| FATIAMENTO | | | | | | | | | |
|------------|-----|--------|-----------|-----------|--------|-------|------------|-------|------------|
| | | MATA | DESM.ANT. | DESM.REC. | SOMBRA | NUVEM | MACRÓFITAS | RIO | NÃO CLASS. |
| TM | Ka2 | 91,80 | 69,90 | 30,80 | 14,20 | 1,00 | 14,80 | 13,40 | ---- |
| | % | 31,92 | 29,62 | 13,05 | 6,05 | 0,42 | 6,27 | 5,67 | ---- |
| MECB | Ka2 | 70,4 | 63,3 | 24,60 | * | 1,50 | 30,70 | 12,10 | ---- |
| | % | 34,77 | 31,23 | 12,14 | * | 0,74 | 15,15 | 5,97 | ---- |
| DIFER. | % | -23,31 | -9,44 | -20,12 | -100,0 | +50,0 | +107,43 | -9,70 | ---- |
| MAXVER | | | | | | | | | |
| | | MATA | DESM.ANT. | DESM.REC. | SOMBRA | NUVEM | MACRÓFITAS | RIO | NÃO CLASS. |
| TM | Ka2 | 116,00 | 53,60 | 11,60 | * | 1,40 | 22,10 | 12,60 | 18,60 |
| | % | 49,16 | 22,71 | 4,91 | * | 0,59 | 9,36 | 5,34 | 7,93 |
| MECB | Ka2 | 77,50 | 60,90 | 17,00 | * | 1,40 | 18,50 | 7,70 | 19,60 |
| | % | 38,24 | 30,05 | 8,38 | * | 0,69 | 9,12 | 3,79 | 9,73 |
| DIFER. | % | -33,18 | +13,61 | +46,55 | ---- | 0,00 | -16,28 | -30,8 | +5,37 |

TABELA 2
VALORES ABSOLUTOS E RELATIVOS DAS CLASSES PRESENTES NA
ÁREA DE CAATINGA

| FATIAMENTO | | | | | | | |
|------------|-----|--------|-----------|-----------|------------|--------|------------|
| | | SOLO | CAAT.ARB0 | CAAT.ARB1 | CAAT.HERB. | SOMBRA | NÃO CLASS. |
| TM | Ka2 | 21,20 | 9,60 | 108,80 | 60,80 | 2,20 | ---- |
| | % | 10,46 | 4,73 | 53,69 | 30,00 | 1,12 | ---- |
| MECB | Ka2 | 16,00 | 14,30 | 110,20 | 62,00 | 0,10 | ---- |
| | % | 7,89 | 7,05 | 54,38 | 30,59 | 0,09 | ---- |
| DIFER. | % | -24,56 | +48,95 | +1,28 | +1,97 | -95,45 | ---- |
| MAXVER | | | | | | | |
| | | SOLO | CAAT.ARB0 | CAAT.ARB1 | CAAT.HERB. | SOMBRA | NÃO CLASS. |
| TM | Ka2 | 9,80 | 26,80 | 117,50 | 46,80 | 1,40 | 0,10 |
| | % | 4,83 | 13,22 | 57,98 | 23,09 | 0,69 | 0,19 |
| MECB | Ka2 | 8,40 | 35,20 | 89,00 | 67,50 | 0,00 | 2,50 |
| | % | 4,14 | 17,37 | 43,92 | 33,31 | 0,00 | 1,26 |
| DIFER. | % | -14,28 | +31,34 | -24,25 | +44,23 | -100,0 | +2400,00 |

TABELA 3
VALORES ABSOLUTOS E RELATIVOS DAS CLASSES PRESENTES
NA ÁREA DE REFLORESTAMENTO

| FATIAMENTO | | | | | | |
|------------|-----|------------|-------------|------------|------------|------------|
| | | RIO/QUEIM. | REFLOR.JOV. | REFLOR.AD. | VEGET.NAT. | NÃO CLASS. |
| TM | Ka2 | 1,30 | 31,40 | 139,50 | 45,70 | ---- |
| | % | 0,64 | 14,40 | 64,00 | 20,96 | ---- |
| MECB | Ka2 | 0,70 | 25,40 | 105,00 | 86,90 | ---- |
| | % | 0,32 | 11,65 | 48,18 | 39,86 | ---- |
| DIFER. | % | -46,15 | -19,10 | -24,73 | +90,15 | ---- |
| MAXVER | | | | | | |
| | | RIO/QUEIM. | REFLOR.JOV. | REFLOR.AD. | VEGET.NAT. | NÃO CLASS. |
| TM | Ka2 | 1,20 | 74,30 | 103,00 | 34,40 | 5,00 |
| | % | 0,55 | 34,08 | 47,25 | 15,78 | 2,34 |
| MECB | Ka2 | 0,30 | 26,80 | 88,60 | 86,60 | 15,60 |
| | % | 0,13 | 12,29 | 40,64 | 39,73 | 7,21 |
| DIFER. | % | -75,00 | -61,93 | -13,98 | +151,74 | +212,00 |

A discriminação dos limites de reflectância das classes obtidos pelo método de fatiamento nas diferentes tipologias florestais estudadas pode ser visualizada na tabela 4.

TABELA 4
INTERVALOS DE VALORES DE REFLECTÂNCIA PARA AS DIVERSAS
CLASSES NAS DIFERENTES ÁREAS DE ESTUDO (MÉTODO DE FATIAMENTO)

| CLASSE | IMAGEM | | | | | |
|--------------|-------------------|--------|----------|---------|-----------------|---------|
| | FLORESTA TROPICAL | | CAATINGA | | REFLORESTAMENTO | |
| | TM | MECB | TM | MECB | TM | MECB |
| Rio | 0 - 7 | 0 - 20 | | | | |
| Sombra | 8 - 28 | * | 0 - 1 | * | | |
| Macrófitas | 29 - 38 | 21-42 | | | | |
| Mata | 39 - 60 | 43-54 | | | | |
| Desmat. ant. | 61 - 74 | 55-63 | | | | |
| Desmat. rec. | 75- 135 | 64-79 | | | | |
| Nuvem | 136-255 | 80-255 | | | | |
| Caat. arbor. | | | 2 - 11 | 0 - 19 | | |
| Caat. arbus. | | | 12 - 26 | 20 - 31 | | |
| Caat. herb. | | | 27 - 43 | 32 - 41 | | |
| Solo | | | 44- 255 | 42-255 | | |
| Rio/Queimada | | | | | 0 - 50 | 0 - 35 |
| Veg. natural | | | | | 51 - 84 | 36 - 75 |
| Refl. adulto | | | | | 85- 108 | 76 -101 |
| Refl. jovem | | | | | 109-255 | 102-255 |

* classe não discriminada

A classificação das imagens TM e MECB referentes a floresta tropical, permitiram a diferenciação de até 8 classes: mata, macrófitas, rio, desmatamento antigo, desmatamento recente, nuvem, sombra e área não classificada (tabela 1).

Na classificação feita por fatiamento as classes nuvem e macrófitas apresentaram maior variação dos valores de % de área classificada entre as imagens TM e MECB. A presença de nuvens de diversos tipos determinou a ocorrência de valores de reflectância em intervalos amplos, causando confusão com as classes de desmatamento. Este resultado é explicado pela sobreposição dos valores de reflectância destas classes, o que impossibilita a determinação de um limiar para a discriminação com precisão.

A classe de macrófitas apresentou valores de reflectância sobrepostos aos encontrados na classe mata, de maneira similar ao observado nas classes anteriores. A distinção das classes mata e macrófita na unidade visualizadora do SITIM (UVI), foi facilitada pela diferença de textura.

A classe sombra não pode ser distinguida na imagem MECB, devido a proximidade às classes macrófita e rio, no espaço de atributos, que a incluíram.

O método de classificação por fatiamento permitiu que fossem discriminadas na imagem MECB as classes mata, desmatamento antigo e desmatamento recente, com diferenças em torno de 9 e 23% de subestimação em relação à classificação da imagem TM.

O método de classificação MAXVER das imagens TM e MECB, de florestas tropicais, superestimou as classes de desmatamento devido a confusão destas com áreas de floresta. Pelo mesmo motivo citado na classificação por fatiamento, a classe sombra não pôde ser discriminada.

Pelos resultados descritos, observa-se que na imagem MECB a classe mata foi subestimada em ambos os métodos de classificação, enquanto que os temas desmatamento antigo e recente foram subestimados na classificação por fatiamento e superestimado na classificação MAXVER.

A tabela 2 apresenta os resultados das classificações das imagens referentes à tipologia de caatinga, podendo-se observar até 6 classes: solo, caatinga arbórea, caatinga arbustiva, caatinga herbácea, sombra e área não classificada.

Na classificação por fatiamento, os temas caatinga herbácea e arbustiva apresentaram valores de diferença de área classificada inferiores a 2%, e a caatinga arbórea foi superestimada na imagem MECB, em função da inclusão do tema sombra nesta classe, em 48,95%.

A classe solo foi subestimada na imagem MECB, provavelmente devido à confusão com a classe caatinga herbácea.

Na classificação com o MAXVER, ocorreu o mesmo problema com a classe sombra, que não pode ser discriminada, acarretando o aumento da área classificada como caatinga arbórea. O solo novamente foi confundido com a classe caatinga herbácea, provocando a subestimação da mesma e a superestimação da segunda classe. A imagem MECB apresentou uma abstenção de 1,26% dos pixels.

Pelos resultados obtidos, tem-se que a classificação da imagem MECB por fatiamento mostrou-se mais eficiente na discriminação entre caatinga herbácea e arbustiva.

A tabela 3 mostra os resultados obtidos com a imagem de reflorestamento, onde foram discriminadas 5 classes: rio/queimada, vegetação natural, reflorestamento jovem e reflorestamento adulto e área não classificada. Rio e áreas de queimada foram agrupados devido à dificuldade em separá-las nas imagens em função da semelhança dos valores de reflectância destes temas.

A classe de vegetação natural foi superestimada na classificação por fatiamento, provavelmente pela sobreposição às classes de rio/queimada e reflorestamento adulto.

Com a classificação MAXVER, a classe vegetação natural foi mais superestimada em detrimento principalmente da classe rio/queimada e reflorestamento adulto em menor grau. A área não classificada da MECB foi três vezes maior que a TM em função da subestimação da área de reflorestamento jovem.

A diminuição na resolução da imagem TM de 30 m, para aproximadamente 210 m conduziu a uma melhoria no desempenho médio do classificador MAXVER, devido à diminuição da confusão média entre as classes conforme observada por Andrade (1989). Isto pode ser verificado na tabela 5, onde encontram-se os parâmetros da matriz de classificação gerados por cada uma das 6 imagens. Observa-se também um aumento do desempenho médio deste classificador nas imagens MECB em toda as tipologias estudadas.

TABELA 5
RESULTADOS DA MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO MAXVER DAS
IMAGENS TM E MECB PARA AS ÁREAS ESTUDADAS

| TIPOLOGIA | IMAGEM | DESEMPENHO MÉDIO (%) | ABSTENÇÃO MÉDIA (%) | CONFUSÃO MÉDIA (%) |
|-----------|--------|----------------------|---------------------|--------------------|
| Caatinga | TM | 91,79 | 0,69 | 7,52 |
| | MECB | 99,33 | 0,20 | 0,40 |
| Flor.Trop | TM | 90,77 | 2,36 | 6,86 |
| | MECB | 91,96 | 5,22 | 2,82 |
| Reflor. | TM | 96,44 | 1,45 | 2,11 |
| | MECB | 99,00 | 1,00 | 0,00 |

4. CONCLUSÕES

Primeiramente deve-se considerar as restrições da metodologia utilizada. A saber:

- ausência de verdade de campo e/ou um método computacional que permitisse comparar espacialmente as classificações TM e MECB;
- impossibilidade de se fazer uma análise estatística em termos da precisão quantitativa dos temas classificados;
- utilização de uma única banda para a diferenciação de classes (uma maior separabilidade espectral seria obtida com o uso conjunto de outras bandas).

Numa abordagem qualitativa, os resultados obtidos permitem inferir que pelo método de classificação por fatiamento, as classes de vegetação da tipologia floresta tropical foram subestimadas; as de caatinga hiperxerófila foram superestimadas; e as classes de reflorestamento subestimadas.

A utilização do método de classificação por MAXVER mostrou que a imagem MECB foi classificada seguindo a mesma tendência de estimativa de área apenas na imagem de reflorestamento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, V.M.B.de. Classificação de imagens de alta resolução usando atributos de textura. Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada. São José dos Campos, INPE, fev. 1989. (INPE - 4888 - TDL 1379).

BANON, G.J.F. Simulação de imagens de baixa resolução. Submetido à revista da Sociedade Brasileira de Automação, SBA: Controle e Automação, em abril de 1989.

FONSECA, L.M.G.; BANON, G.J.F. Duas técnicas de filtragem espacial para simular a resolução espacial ao nadir do Satélite de Sensoriamento Remoto Brasileiro (SSR). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA E PROCESSAMENTO DE IMAGENS, 2., Águas de Lindóia, abr. 26-28, 1989. SIBGRAPI 89. Anais. Águas de Lindóia, INPE, 1989.

HERNANDEZ FILHO, P. Análise digital dos dados Landsat na caracterização de reflorestamentos. São José dos Campos, INPE, jun. 1989. (INPE - 4829 - PRE/1460).

HERNANDEZ FILHO, P.; LEE, D.C.L.; RAMOS, F.S.R.; ALMEIDA, S.A. de O. Avaliação de dados TM/Landsat e HRV/SPOT em áreas reflorestadas. São José dos Campos, INPE, fev. 1988. (INPE - 4575 - RPE/567).

LEE, D.C.L.; HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y.E. Monitoramento de áreas reflorestadas através de análise digital de dados TM. São José dos Campos, INPE, set. 1989. (INPE -4930 - PRE/1420).

MARKHAM, B.L; BARKER, J.L. Radiometric Properties of U.S. processed Landsat MSS data. Remote Sensing of Environment 22 (1): 39-71, 1986.

ROBINOVE, C.J. Computation of physical values from Landsat digital data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 48(5):781-784, 1982.

SADOWISKI, F.G.; MALILA, W.A.; SARNO, I.E.; NALEPKA, R.F. The influence of multispectral scanner spatial resolution forest feature classification. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 11.; Proceedings. Ann Arbor, MI, 1977. p.1279-1288.

AGRADECIMENTOS;

Agradecemos aos pesquisadores do INPE/DPI: Leila, Banon e Leonardo, pela orientação dada para o desenvolvimento deste trabalho.