

Revista Brasileira de Cartografia (2014) N<sup>o</sup> 66/3: 681-690  
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto  
ISSN: 1808-0936

## **PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO BRASILEIRA UTILIZANDO O MODELO LINEAR DE MISTURA ESPECTRAL**

*Methodologic Proposal for Brazilian Vegetation Mapping Using Spectral Linear  
Mixing Model*

**Anderson Ribeiro Santiago<sup>1</sup>; André Correia de Almeida<sup>1</sup>;  
Liane Barreto Alves Pinheiro<sup>1</sup>; Judicael Clevelario Junior<sup>1</sup>  
& Sebastião de Souza Silva<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE  
Diretoria de Geociências – DGC**

Coordenadoria de Recursos Naturais e Estudos Ambientais - CREN  
Av. Chile, 500 - 15<sup>o</sup> andar, centro, CEP.: 20.031-170, Rio de Janeiro, RJ  
{anderson.santiago, andre.c.almeida, liane.pinheiro, judicael.junior, sebastiao.s.silva}@ibge.gov.br

*Recebido em 30 de Dezembro, 2013/ Aceito em 10 de Abril, 2014  
Received on December 30, 2013/ Accepted on April 10, 2014*

### **RESUMO**

Este trabalho objetivou avaliar a viabilidade do Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) no mapeamento da vegetação, em escala 1:250.000, segundo legenda proposta no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012). Para tanto, nas imagens do sensor TM/Landsat-5, obtidas entre os anos de 2009 e 2011, aplicou-se o seguinte procedimento: 1. MLME; 2. Segmentação; 3. Classificação; 4. Edição; 5. Verificação em campo; 6. Edição final. A área de estudo corresponde as folhas SE-24-V-B e SE-24-X-A, abrangendo o nordeste do estado de Minas Gerais e o sul do estado da Bahia. Foram encontradas diferentes tipologias vegetais, desde as herbáceas: formações pioneiras com influência marinha (restingas), até as florestais: ambientes ombrófilos e estacionais. Adicionalmente, foram mapeadas diferentes formas de uso antrópico. A partir das informações de campo, foram calculados os índices de Exatidão Total (Po) e Kappa (k), com vistas a validação do mapeamento. Os índices Po e k foram de 81,6% e 0,72, respectivamente. Os resultados obtidos para estes índices evidenciam a viabilidade da metodologia proposta para o mapeamento da vegetação brasileira.

**Palavras chaves:** Modelo Linear de Mistura Espectral, Vegetação Brasileira, Sensoriamento Remoto.

### **ABSTRACT**

This study aimed to evaluate the viability of Spectral Linear Mixing Model (SLMM) for mapping vegetation, scale 1:250.000, according to the legend proposed in the Technical Handbook of Brazilian Vegetation (IBGE, 2012). For this, in the images of TM/Landsat-5 acquired between 2009 and 2011, the following procedure was applied: 1. SLMM; 2. Segmentation; 3. Classification; 4. Edition; 5. Field verification; 6. Final Edition. The study area corresponds to the SE-24-V-B and SE-24-X-A charts, covering the northeast of Minas Gerais state and southern Bahia state. Different vegetation types were found, varying from herbaceous formations with pioneering marine influence (restingas), to the forest: deciduous and rainforest environments. Furthermore, anthropic land use forms were mapped. Using field

information the Overall Accuracy (Po) and Kappa (k) indices were calculated from mapping validation. The Po and k indices were 81.6% and 0.72, respectively. These results obtained for these indices demonstrate the viability of the proposed methodology for the Brazilian vegetation mapping.

**Keywords:** Spectral Linear Mixing Model, Brazilian Vegetation, Remote Sensing.

## 1. INTRODUÇÃO

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística é a instituição federal responsável pelo mapeamento sistemático da vegetação no território brasileiro em pequenas escalas. Atualmente este trabalho vem sendo realizado de forma visual, na tela do computador, onde a experiência do intérprete é preponderante para a qualidade do mapeamento. Em geral, é elevada a exatidão do mapa feito desta forma, entretanto também é elevado o tempo necessário para terminá-lo. Ademais, trata-se de um método de difícil replicação, em função da subjetividade inerente a que está submetido.

Diante disso, o mapeamento semiautomático, utilizando processamento digital sob a supervisão final do intérprete, se mostra como uma proposta viável quando se objetiva minimizar a subjetividade e o tempo gasto para finalizar um mapeamento, no caso, da vegetação em escala exploratória.

Existem diversas técnicas de processamento digital de imagens de satélite descritas na literatura (LU et al., 2003; XIE, et al., 2008; VERRELST et al., 2012; BORATTO e AVELLAR, 2013). Índices de Vegetação (NDVI, SAVI, dentre outros) e Modelo de Mistura Espectral (MLME) são alguns dos exemplos.

Independente da técnica a ser escolhida ou do sensor orbital, a radiância registrada por um satélite é a soma de vários alvos contidos no elemento de resolução (pixel) (PONZONI e SHIMABUKURO, 2010). Isto posto, quando se objetiva um mapeamento mais próximo da realidade, torna-se desejável o conhecimento das proporções das radiâncias dos diferentes alvos presentes no pixel.

O MLME permite a decomposição do pixel em seus “componentes puros”, previamente identificados, separando as suas contribuições espectrais. Nesta perspectiva, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade de aplicação do MLME no mapeamento da vegetação do território brasileiro, na escala de 1:250.000.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (Figura 1), geograficamente posicionada entre os paralelos 16° e 17°30' Sul e meridianos 37° e 40°30' Wgr, correspondendo as cartas SE-24-V-B e SE-24-X-A do mapeamento topográfico sistemático, está localizada na região que abrange o nordeste de Minas Gerais e sul da Bahia. Recobre uma área de aproximadamente 20.000 km<sup>2</sup> que, em função de sua localização, possui um clima tropical, quente, que varia de superúmido (no litoral baiano) a semiúmido (no vale do Jequitinhonha) (IBGE, 2002). Os solos de maior ocorrência são os Argissolos e Latossolos (EMBRAPA, 2011). Os tipos de vegetação variam desde os herbáceos, das formações pioneiras com influência marinha (restinga), até os florestais, dos ambientes ombrófilos e estacionais.

A área foi escolhida por ser objeto da atualização do mapeamento da vegetação na Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais (CREN), vinculada a Diretoria de Geociências (DGC) do IBGE.

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

Para alcançar o objetivo deste trabalho, desenvolveu-se uma metodologia baseada nas seguintes fases:

- Escolha da legenda a ser utilizada;
- Obtenção dos dados ou informações básicas;
- Aplicação do Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME);
- Processamento das Imagens Fração;
- Validação do Mapeamento.

A seguir, será feita a descrição detalhada de cada uma dessas fases.

### 3.1 Legenda Utilizada

A legenda utilizada neste mapeamento é a preconizada no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012), que propõe um sistema fisionômico-ecológico de classificação da vegetação. Neste sistema, a vegetação é enquadrada em uma hierarquia de formações separadas pela estrutura fisionômica.

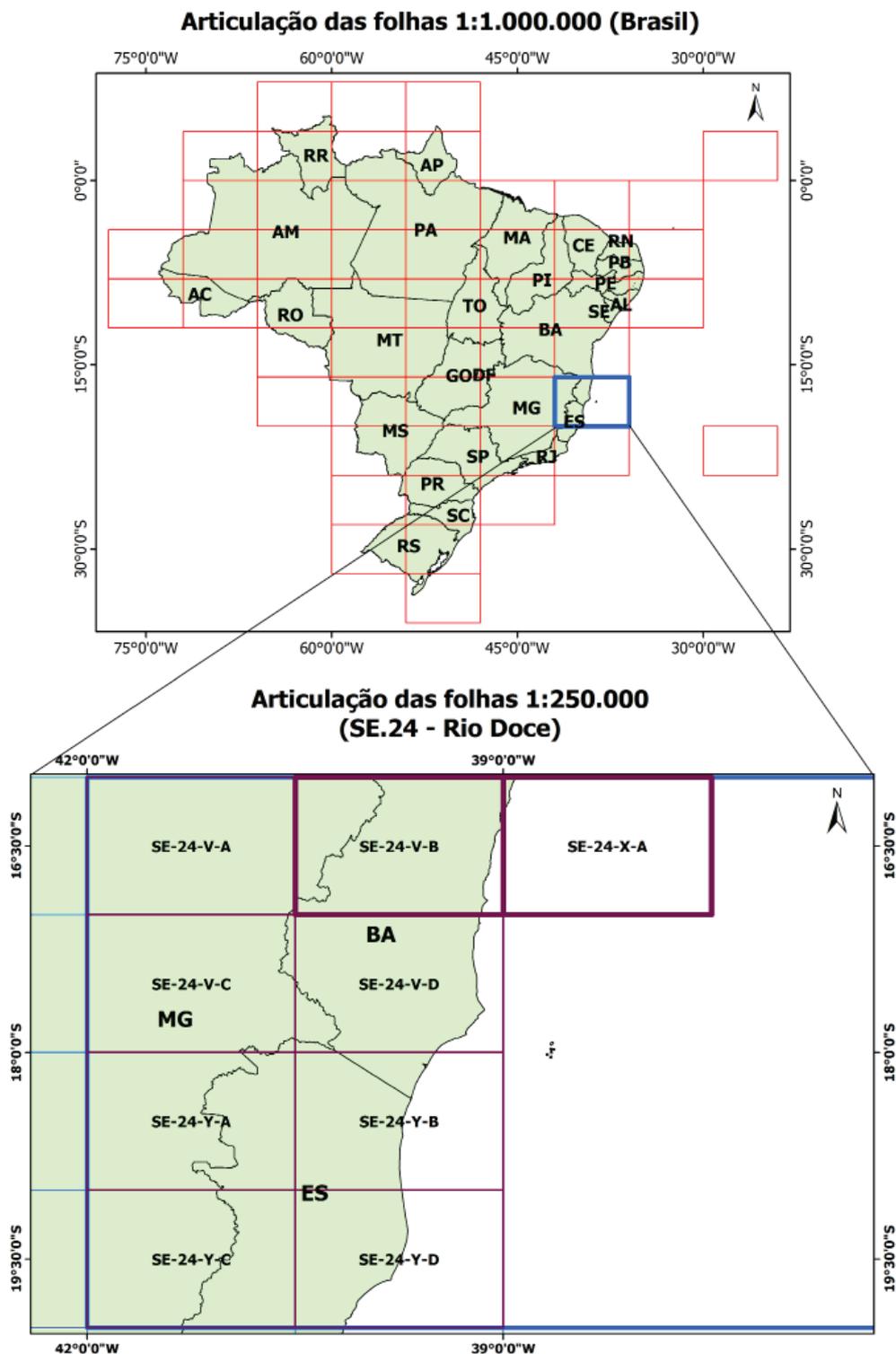


Figura 1 - Localização da área de estudo.

A estrutura fisionômica é determinada pelas formas de vida dominantes (florestal e não florestal), o clima (ombrófilo e estacional) associado ao déficit hídrico, a transpiração foliar, a fertilidade dos solos, a fisionomia, o ambiente e o relevo.

### 3.2 Obtenção dos Dados

Como material básico de apoio e referência foram utilizados os seguintes documentos:

- 1) carta de vegetação do IBGE, folha Guaratinga (SE-24-VB, encartada com a SE-24-XA), em escala de 1:250.000, editada em 1987;

2) polígonos dos tipos de vegetação e formas de uso antrópico do Estado de Minas Gerais, disponíveis no endereço eletrônico (<http://www.inventarioflorestal.mg.gov.br/>);

3) modelo digital de elevação proveniente da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), obtida no endereço eletrônico (<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/index.htm>);

4) imagens ortorretificadas do sensor TM/Landsat-5 (bandas 3, 4 e 5), referente às cenas 215/71, 215/72 e 216/71 e 216/72, com datas de passagem de 14/07/2011, 14/07/2011, 22/10/2010 e 22/10/2010, respectivamente.

Em função da ocorrência de nuvens e para uma análise multitemporal, imagens com outras datas de passagem também tiveram de ser utilizadas como auxílio. São elas: 25/02/2006 (215/71), 19/07/2007 (215/72), 31/03/2011 (216/71) e 29/08/2008 (216/72). Todas as cenas foram obtidas no endereço eletrônico (<http://glovis.usgs.gov/>). Além disso, sempre

que possível e necessário, utilizou-se imagens disponíveis no aplicativo Google Earth para sanar eventuais dúvidas.

Para o processamento e a interpretação das imagens, que durou cerca de 11 meses, foi utilizado o aplicativo SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas), versão 4.3.3, desenvolvido pelo INPE (CAMARA et al., 1996).

Foram realizadas duas operações de campo (setembro de 2012 e maio de 2013), num total de 23 dias, com o intuito de validar o mapeamento temático. Trinta e oito (38) pontos, distribuídos por toda a área de estudo e abrangendo as principais fitofisionomias da região (Figura 2), foram selecionados e identificados. Nestes, registraram-se fotos e as coordenadas geográficas (obtidas com um PDA – Personal Digital Assistants). Identificaram-se as principais espécies arbóreas/arbustivas, bem como as características fisionômicas da

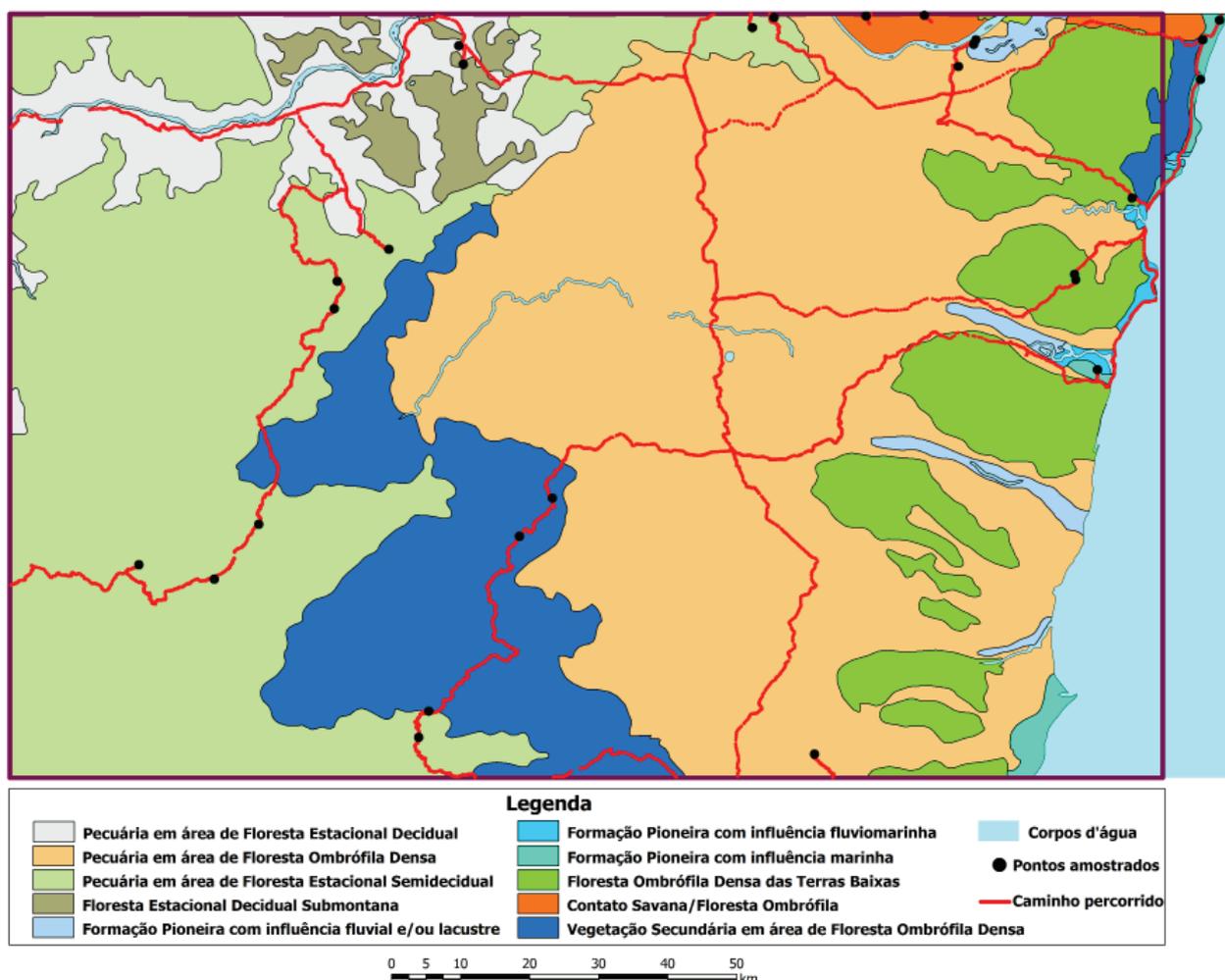


Figura 2 - Área de estudo com as fitofisionomias da região, com os pontos amostrados (pontos pretos) e com o caminho percorrido (linhas em vermelho).

vegetação. Ademais, sempre que possível, identificou-se a classe de solo e as condições topográficas da paisagem.

### 3.3 Aplicação do Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME)

Em função do princípio do método, aplicou-se o MLME nas cenas ortorretificadas (pelo serviço geológico dos Estados Unidos - U.S. Geological Survey). Baseado no fato das imagens de satélite conterem, dentro do elemento de resolução do sensor (pixel), uma mistura de diferentes alvos, o MLME permite a decomposição do pixel. Esta decomposição, nos chamados “componentes puros”, separa as suas contribuições espectrais (PONZONI e SHIMABUKURO, 2010).

Por serem normalmente encontrados na natureza, “os componentes puros”, selecionados nas imagens, foram a água/sombra, o solo e a vegetação. Com isso, as proporções das radiâncias destes componentes foram estimadas pelo modelo. O resultado disso, é a decomposição da imagem em três imagens fração, referentes a água/sombra, ao solo e a vegetação.

O referido modelo está descrito a seguir:

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

onde:  $r_i$  = radiância registrada em um dado pixel na banda  $i$ ;

$a$ ,  $b$  e  $c$  = proporções da radiância referente a vegetação, ao solo e a sombra (ou água), respectivamente;

$e_i$  = erro na banda  $i$ ;

$i$  = banda do sensor TM/Landsat-5.

Para decompor a radiância do pixel, nos três componentes, foi empregado o método dos Mínimos Quadrados Ponderado (MQP), disponível no aplicativo SPRING 4.3.3.

### 3.4 Processamento das Imagens Fração

Com a obtenção das imagens fração, fez-se a segmentação com o objetivo de separar áreas espectralmente similares. O método escolhido foi o de crescimento de regiões e os valores utilizados, para os parâmetros similaridade e área (em pixel), foram 8 e 250, respectivamente.

Entretanto, no decorrer do trabalho, percebeu-se que os valores mais adequados, em função de demandarem menor tempo de edição, foram de 15 e 250.

Posteriormente, as imagens foram classificadas de forma não-supervisionada pelo algoritmo isoseg, utilizando um limiar de aceitação de 75%. Nesta etapa, as áreas espectralmente similares, separadas na segmentação, tiveram a mesma cor atribuída pelo aplicativo. Em seguida, as cores foram associadas, pelo intérprete, a uma classe temática.

A etapa seguinte foi a de edição matricial, feita diretamente na tela do computador, utilizando como plano de informação de referência a composição colorida “falsa cor” RGB 453. Para isso, utilizou-se uma escala de visualização de aproximadamente 1:100.000. Já a escala de mapeamento foi de 1:250.000 e assim a área mínima de representação foi, sempre que possível, de 156 ha, como preconizado por IBGE (2012).

Áreas menores que esta foram englobadas na classe adjacente maior. Entretanto, há de se ressaltar que cada polígono pode compreender até três classes (IBGE, 2012).

### 3.5 Validação do Mapeamento

Com o intuito de mensurar a exatidão do mapeamento, comparou-se o resultado da classificação digital com os dados de referência obtidos em campo (verdade de campo). Esta relação foi resumida em uma matriz de confusão, em que foram calculados os índices de Exatidão Total ( $P_o$ ) e o Kappa ( $k$ ), conforme Meneses e Sano (2012). O índice  $P_o$  mede o percentual de acertos entre os pontos amostrados, enquanto Kappa avalia a concordância entre a classificação digital e a verdade de campo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico serão apresentados os resultados deste trabalho e a sua discussão. Mostrar-se-á, com exemplos, a importância do MLME e do MDE na discriminação e na delimitação dos tipos de vegetação e das formas de uso antrópico. Adicionalmente, dados tabulares com informação sobre a área de cada classe temática e a exatidão do mapeamento serão apresentados como forma de subsidiar as conclusões contidas no item 5.

#### 4.1 Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME)

O MLME foi importante para discriminar os tipos de vegetação e as formas de uso antrópico na área em estudo. Esta afirmação é demonstrada na figura 3, em que consta a separação praticamente automática da área ocupada pela Floresta Estacional Decidual, distinguindo-a da Floresta Estacional Semidecidual que a circunda.

Na figura 3, a imagem fração vegetação, do início da estação chuvosa, foi fundamental para a delimitação da Floresta Estacional Decidual. Isso ocorreu em função, provavelmente, do menor verdor deste tipo de vegetação em relação as demais tipologias vegetais do entorno.

Apesar desta área ser ocupada, em cerca de 60%, por pastagens plantadas, o comportamento desta floresta é de ter mais de 50% dos indivíduos arbóreos despidos de folhagem no período desfavorável (IVANAUSKAS e ASSIS, 2009). Na imagem fração vegetação (Figura 3), as áreas com menor verdor se mostram em tons mais escurecidos.

Por outro lado, a imagem fração solo (Figura 4) facilitou, com pouca edição, a separação entre fragmentos de floresta natural e áreas de uso antrópico, no caso pastagem plantada.

Na imagem fração solo (Figura 4), as áreas de solo exposto ou com vegetação mais

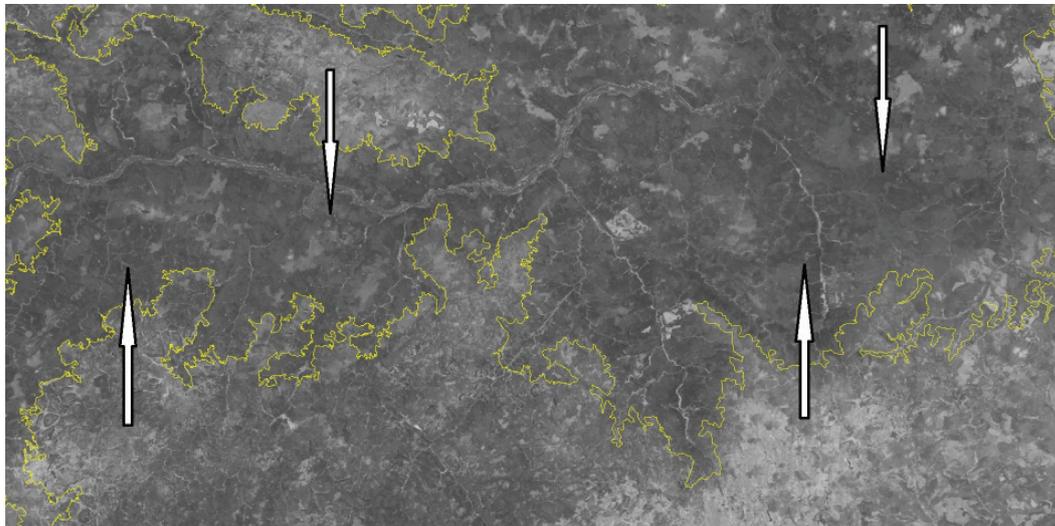


Figura 3 - Imagem fração vegetação referente a área ocupada pela Floresta Estacional Decidual, indicada pelas setas brancas e delimitada pela linha amarela (recorte da cena 216/71, de 22/10/2010).

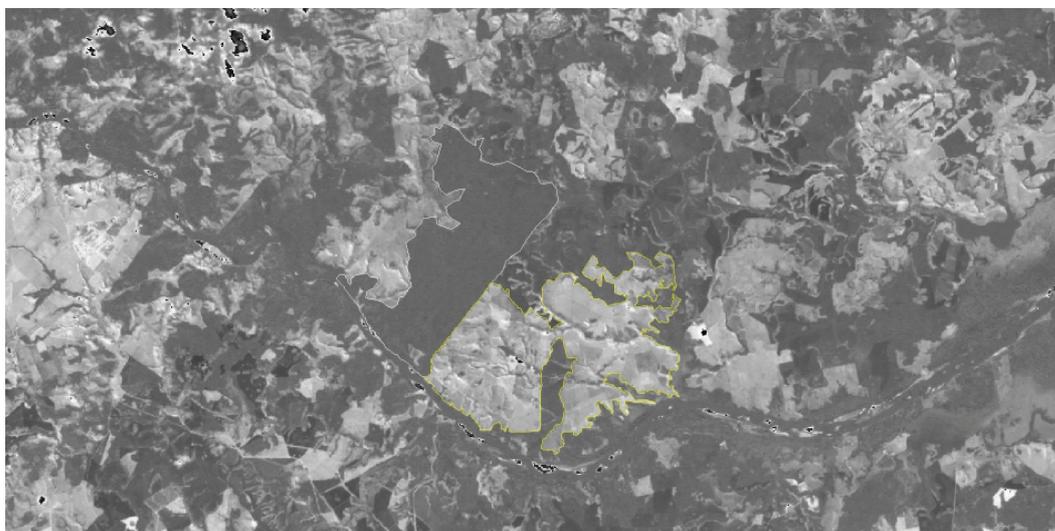


Figura 4 - Imagem fração solo com a indicação de área ocupada pela Floresta Ombrófila Densa (linha branca) e pela pastagem plantada (linha amarela) (recorte da cena 215/71, de 14/07/2011).

seca apresentam tons mais claros e realçados. Ao contrário, áreas com cobertura vegetal mais densa, aparecem em tons mais escurecidos e menos realçados.

Apesar destes bons exemplos de aplicabilidade do MLME na separação espectral entre tipos de vegetação e formas de uso antrópico (Figuras 3 e 4), uma importante consideração deve ser feita. O MLME se mostrou limitado quando se tratou de distinguir algumas regiões fitoecológicas entre si. Isso foi especialmente verdadeiro entre as Florestas Ombrófila Densa e Estacional Semidecidual. No caso da imagem analisada o principal elemento diferenciador entre estas duas tipologias foi o relevo, pois a resposta espectral, mesmo usando imagens do período seco, foi similar.

#### 4.2 Modelo Digital de Elevação (MDE)

Na região central da folha SE-24-V-B ocorrem grandes fragmentos de Vegetação Secundária, em diferentes estágios sucessionais, de Floresta Ombrófila Densa. Esta floresta estende-se para o interior do continente pelos fundos dos vales, e só pôde ser delimitada, e separada da Floresta Estacional Semidecidual, com o auxílio do Modelo Digital de Elevação

(MDE), proveniente da missão SRTM (Figura 5). O MDE foi, portanto, uma ferramenta fundamental na delimitação e separação de algumas regiões fitoecológicas.

#### 4.3 Mapeamento da Vegetação e das Formas de Uso

As áreas de cada classe temática (com legenda agregada) e seus respectivos percentuais de cobertura estão contidos na Tabela 1.

Tabela 1: Áreas das classes temáticas\* identificadas e seus respectivos percentuais de cobertura

Classe	Área (ha)	Cobertura (%)
Pecuária	1.022.991,4	51,6
Vegetação Secundária	674.578,7	34
Reflorestamento	141.223,0	7,1
Floresta Ombrófila Densa	66.722,6	3,4
Agricultura	37.548,1	1,9
Formação Pioneira	17.066,3	0,9
Áreas urbanas	12.031,0	0,6
Agropecuária	9.017,0	0,5
Savana	2.006,4	0,1
Floresta Estacional Semidecidual	742,4	0,04
Área indiscriminada	283,2	0,01
<b>Total</b>	<b>1.984.210,1</b>	<b>100</b>

\*As classes temáticas estão apresentadas pela legenda agregada, com a indicação da classe dominante. Na legenda agregada em uso nos mapas de vegetação do IBGE até 3 classes diferentes podem ser abrangidas num mesmo polígono.

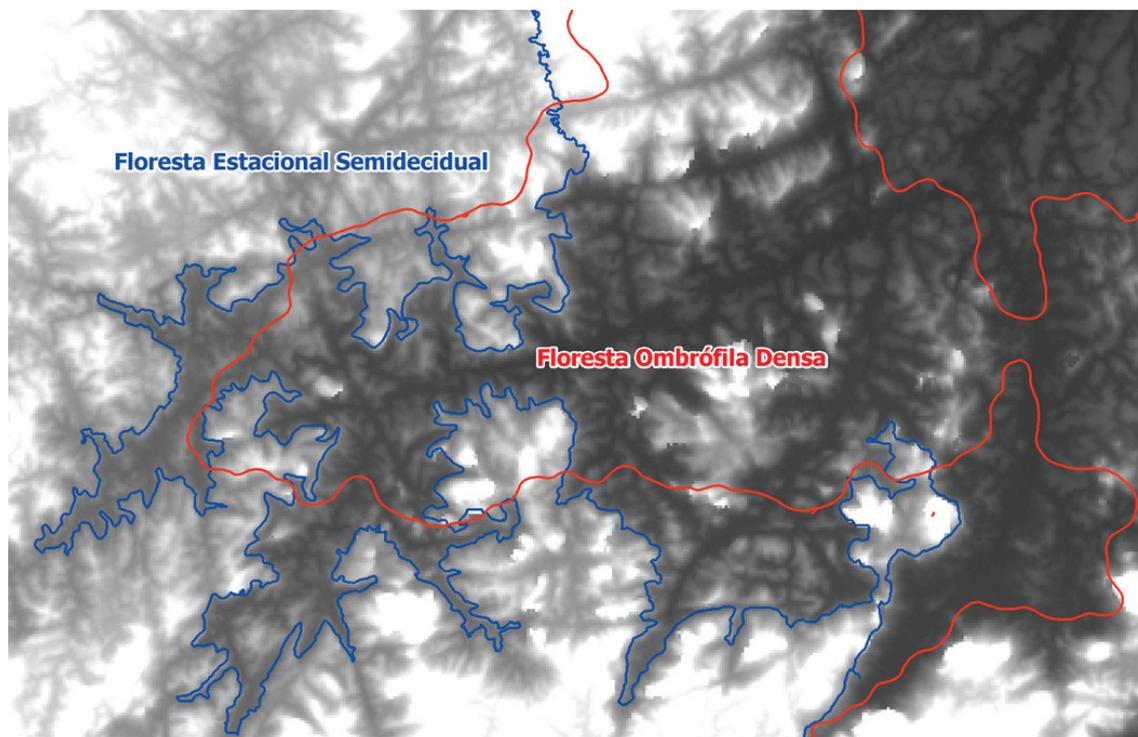


Figura 5 - MDE utilizado para delimitar a Floresta Estacional Semidecidual e a Floresta Ombrófila Densa. A linha vermelha refere-se ao mapeamento original (oriundo das Cartas de Vegetação do IBGE) e a linha azul a sua correção e atualização (recorte da folha SE24-V-B).

Apesar do cálculo de áreas não ser o objetivo principal deste estudo, ao observar os dados contidos na tabela 1, percebe-se um elevado grau de antropização na área em estudo.

Cerca de 93% da área das folhas SE-24-V-B e SE-24-X-A são ocupados pelas formas de cobertura vegetal de uso antrópico, ou antropizadas, denominadas de Pecuária, Vegetação Secundária e Reflorestamento (neste caso, eucalipto). Estes resultados alertam para a necessidade de atenção prioritária, para os tipos de vegetação natural primária (ou quase) ainda existentes, nas políticas de conservação da biodiversidade desta região. Especial atenção deve ser dada as florestas estacionais (semidecíduais e decíduais), que praticamente desapareceram da área em estudo (Tabela 1).

Ainda sob esta ótica, a da conservação da biodiversidade local e da prestação de serviços ambientais pelos ecossistemas naturais, a vegetação secundária assume grande importância. A vegetação secundária ocupa um terço da área em estudo e pode servir a formação de corredores biológicos entre as áreas de floresta original, formar áreas de amortecimento no entorno dos fragmentos de vegetação original e permitir a reconstituição destes a partir do avanço do processo de sucessão vegetal. Portanto, alguma forma de proteção as formações secundárias seria interessante a uma política de proteção da biodiversidade local.

#### 4.4 Exatidão do Mapeamento

Os índices de Exatidão Total (Po) e kappa (k), calculados para o mapa de vegetação elaborado, considerando apenas as regiões fitoecológicas, foi de 81,6% e 0,72, respectivamente (Tabela 2).

Com 81,6% dos pontos amostrados em concordância com os dados de referência (Po) e o índice kappa classificado como muito bom ( $0,6 < k \leq 0,8$ ), estes valores podem ser considerados satisfatórios, se comparados a outros estudos.

Por exemplo, Lu *et al.* (2003), ao utilizar o MLME, na discriminação de diferentes formas de sucessão vegetal, de florestas da Amazônia brasileira, obtiveram uma exatidão total de 78,2%, com o uso de 202 pontos de amostragem. Já Verrelst *et al.* (2012), mapeando, em escala regional, a cobertura vegetal de uma área de

Tabela 2: Matriz de confusão resultante da comparação entre a classificação digital e os dados de referência para as regiões fitoecológicas

Referência	Classificação digital				Total
	FES	FOD	FED	FP	
FES	4		1		5
FOD	5	17			22
FED			5		5
FP		1		5	6
<b>Total</b>	9	18	6	5	38
	Exatidão total (Po), em %				<b>81,6</b>
	Índice kappa <sup>1</sup> (k)				<b>0,72</b>

Note que: FES (Floresta Estacional Semidecidual), FOD (Floresta Ombrófila Densa), FED (Floresta Estacional Decidual), FP (Formação Pioneira);

<sup>1</sup>Índice kappa:  $0 < k \leq 0,2$  – ruim;  $0,2 < k \leq 0,4$  – razoável;  $0,4 < k \leq 0,6$  – bom;  $0,6 < k \leq 0,8$  – muito bom;  $0,8 < k = 1,0$  – excelente (Adaptado de Landis e Koch, 1977).

várzea na Holanda, conseguiram índices de 68% e 0,56 para Po e k, respectivamente, com 160 pontos amostrais.

Isso confirma a viabilidade da metodologia aplicada, na área em questão, e demonstra a possibilidade de se estender a técnica para o restante do território nacional.

Entretanto, apesar dos resultados satisfatórios, houve confusão na discriminação entre a: 1) Floresta Estacional Semidecidual (FES) e a Floresta Estacional Decidual (FED); 2) Floresta Ombrófila Densa (FOD) e a Floresta Estacional Semidecidual (FES) e; 3) Formação Pioneira (FP) e a Floresta Ombrófila Densa (FOD).

Os erros de classificação foram mais frequentes entre a FES e as outras tipologias florestais (FOD e FED), especialmente com a FOD. O caráter fisionômico intermediário da FES, entre a perenifolia da FOD e a decidualidade da FED, e a ocorrência de muitas espécies comuns a FES e as outras tipologias florestais, ajudam a explicar este resultado. A análise e uso de imagens de satélite em diferentes épocas do ano, incluindo os períodos de auge da seca e das chuvas, e os momentos intermediários, pode ajudar na melhor distinção entre FED, FES e FOD.

Outra razão para alguns dos erros de classificação observados, por exemplo, entre FOD e FP, foi a localização dos pontos amostrados, alguns deles situados no limite

entre duas tipologias vegetais, o que aumenta a possibilidade de erros de classificação.

Os erros de inclusão da FES na FOD parecem ser resultantes da interiorização da FOD na região em estudo. A Floresta Ombrófila Densa se estende para o interior, pelos fundos dos vales, a mais de 120 km do litoral. Neste local, há pelo menos três meses de seca (IBGE, 2002), o que condicionaria a existência de uma Floresta Estacional.

Além das razões citadas acima, o forte grau de alteração da vegetação local, com o predomínio de formações secundárias, pode ser o responsável, ao menos parcialmente, pela dificuldade de distinção entre as tipologias florestais da região em estudo. Nas florestas secundárias, ou “secundarizadas” (alteradas por extração seletiva de madeira, efeito de borda, uso eventual de fogo e pastoreio extensivo), nem sempre a estacionalidade ou a perenifolia ficam tão bem definidas quanto nas florestas maduras. Também é importante lembrar que boa parte das espécies pioneiras é comum as três tipologias florestais, e as perturbações causadas as florestas podem propiciar a troca, a invasão, ao menos nos estágios iniciais da sucessão, de espécies de uma floresta em outra.

Alguns aspectos devem ser considerados na interpretação dos resultados, da matriz de confusão feita a partir do mapeamento realizado. Um deles, talvez o mais importante, é que os erros de inclusão e de exclusão de classes temáticas é inerente a qualquer mapeamento.

## 5. CONCLUSÕES

A partir deste trabalho foi possível chegar as seguintes conclusões:

O Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME), aplicado em imagens do sensor TM/Landsat-5, na área correspondente as Folhas SE-24-V-B e SE-24-X-A, se mostrou bastante viável e eficiente no mapeamento da vegetação;

O mapeamento semi-automático, com o uso do MLME, apresentou potencial para o mapeamento da vegetação da área de estudo, entretanto, deve-se considerar também a possibilidade de outras pesquisas no sentido extrapolar a metodologia para as demais áreas do território nacional.

Na região em estudo, a efetiva proteção da biodiversidade local não pode prescindir

da proteção as florestas secundárias, pois estas representam a maior parcela da vegetação nativa ainda presente, além de representarem mais de um terço da cobertura do solo regional. Sem estas florestas não será possível a conservação do que restou da biodiversidade original da fauna e flora locais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IBGE pelo apoio na execução deste trabalho, ao Dr. Paulo Roberto Alves dos Santos por incentivar a elaboração do presente artigo e auxiliar nas questões referentes ao Sensoriamento Remoto e a Cartografia e ao Ms. Rodrigo da Silveira Pereira por revisar o Abstract.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORATTO, I. M. P.; AVELLAR, G. Espacialização, quantificação e classificação das áreas verdes do município de Sete Lagoas, utilizando as ferramentas de modelagem (NDVI) e de técnicas matemáticas - estatística de componentes principais e a análise de agrupamento. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, PR, 2013. **Anais**. p. 6658-6664, 2013.

CAMARA, G; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling** *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, May-Jun. 1996.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Núcleo de Geomática. Mapa de Solos do Brasil**. Rio de Janeiro, 2011. Escala: 1:5.000.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Diretoria de Geociências. Mapa de Clima do Brasil**. Rio de Janeiro, 2002. Escala: 1:5.000.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos**. IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - 2. ed., Rio de Janeiro, 2012, 276 p.

IVANAUSKAS, N. M.; ASSIS, M. C. **Formações**

- florestais brasileiras. In: MARTINS, S. V. (editor). **Ecologia de Florestas do Brasil**. Viçosa, MG: UFV, 2009. p. 74-108.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **Biometrics**, 33, 159-174, Mar. 1977.
- LU, D.; MORAN, E.; BATISTELLA, M. Linear mixture model applied to Amazonian vegetation classification. **Remote Sensing of Environment**, 87, 456-469, 2003.
- MENESES, P. R.; SANO, E. E. Classificação pixel e pixel de imagens. In: MENESES, P. R. E ALMEIDA, T. (organizadores). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília, DF: UnB, 2012. p. 191-208.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2010, 127 p.**
- SANTOS, H. G.; CARVALHO JÚNIOR, W.; DART, R. O.; ÁGLIO, M. L. D.; SOUSA, J. S.; PARES, J. G.; FONTANA, A.; MARTINS, A. L. S.; OLIVEIRA, A. P. **O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada / - Dados eletrônicos**. - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011, 67 p. - (Documentos / Embrapa Solos).
- XIE, Y.; SHA, Z.; YU, M. Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review. **Journal of Plant Ecology**, v. 1, n. 1, 9-23, Mar. 2008.
- VERRELST, J.; ROMIJN, E.; KOOISTRA, L. Mapping Vegetation Density in a Heterogeneous River Floodplain Ecosystem Using Pointable CHRIS/PROBA Data. **Remote Sensing**, 4, 2866-2889, Set. 2012.