

# IDENTIFICAÇÃO DE PROCESSOS DE DESMATAMENTO SELETIVO NA REGIÃO AMAZÔNICA UTILIZANDO DADOS ORBITAIS E TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Fabício Brito Silva<sup>1,2</sup>  
Leila Maria Garcia Fonseca<sup>1</sup>  
Dalton de Morisson Valeriano<sup>1</sup>  
Yosio Edemir Shimabukuro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{fabricao, yosio@dsr.inpe.br}; leila@dpi.inpe.br; dalton@ltd.inpe.br

<sup>2</sup>Bolsista CNPq - Brasil

**Abstract:** The selective logging has been affecting extensive areas in the Amazonian and the assessment of this activity for satellite images it is difficult to recognize due to partial reduction of the forest covering in the process of selective extraction of the trees. The objective of this work was to evaluate the application of the techniques of digital processing of images in the identification of processes of selective logging in the Amazonian area. They were applied techniques of Linear Spectral Mixture Models (LSMM), Principal Component Analysis (PCA), HIS Transformation and Reason of Bands. On the image P2 (ACP), H (IHS) and Soil Fraction was applied a dilation filter and evaluated different interactions. The best interaction was interpreted visually and compared with another specialist's interpretation on the same image without the processing tested in this work. The image originating from image ACP provided the most appropriate contrast even after the application of the dilation filter maintaining dark the forest areas evidencing the patios or truck loading of logging. Low correlation was verified among the visual classification accomplished in the image P2 (ACP) and the classification accomplished by other specialist, however, when compared the values of the classified area the proximity of the values was observed, with a difference of approximately 12%. The band P2 resulting from ACP, submitted the a dilation filter with 5 interactions was the most appropriate image for the identification of the relative pattern to the selective deforestation.

**Words key:** Forest degradation, Amazonian Forest, Geotechnologies.

## 1. INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira tem um potencial econômico fundamentalmente baseado na riqueza da sua base de recursos naturais. Atualmente, o grande dilema da sociedade brasileira em todas suas esferas é conhecer a plenitude das relações que regem o aproveitamento desse potencial com impacto ambiental inferior ao limiar de risco ao equilíbrio ambiental (Costa, 2001).

O sensoriamento remoto fornece possibilidades de uma compreensão holística dos ecossistemas em escalas local, regional e global, com custo à sociedade reduzido e em relativo curto espaço de tempo (Souza et al., 2007).

Aspectos complexos como a dinâmica do desmatamento são desafios que provocam cautela em estudos ambientais no ecossistema amazônico. Exemplo disso é a exploração seletiva de madeira caracterizada pela seleção e corte das espécies economicamente viáveis, sendo essas armazenadas temporariamente em pátios de estocagem (Figura 1). Tal prática tem

sido considerada insustentável devido à forma predatória e ilegal que é realizada (MMA, 2004).

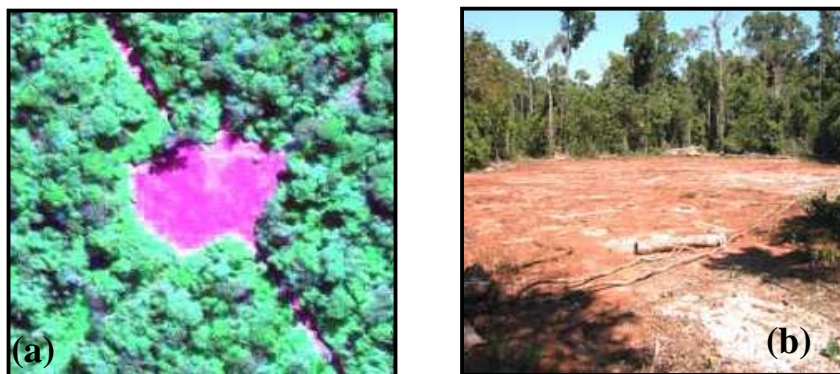


Figura 01. Pátio de estocagem. Adaptado de Monteiro (2007).

Embora o sensoriamento remoto desempenhe papel importante na quantificação de processos de degradação florestal como o corte seletivo na região amazônica (Asner et al., 2002), metodologias convencionais de classificação automática ainda não fornecem estimativas precisas em extensão e intensidade devido a ambiguidade espectral entre áreas de desmatamento seletivo, áreas de extração madeireira em vários estágios e a floresta intacta (Souza Jr, 2005).

Em relação aos métodos de classificação automática, a interpretação visual fornece estimativas mais precisas dos padrões de corte seletivo, no entanto, o processamento da imagem pode induzir a interpretação errônea desse padrão (De Wasseige e Defourny, 2004).

Técnicas de processamento digital de imagens que utilizam fundamentos de morfologia matemática têm contribuído para identificação de diversos padrões em imagens provenientes de sistemas radar e óptico de imageamento.

A base da morfologia matemática está no estudo de decomposições de operadores elementares conhecidos por erosão, dilatação, anti-erosão e anti-dilatação. Muitos resultados já foram obtidos e validados, caracterizando propriedades importantes de várias classes de operadores entre reticulados completos, como filtros morfológicos e esqueletos. Do ponto de vista prático o uso de operadores morfológicos auxilia o processamento digital de imagens, como por exemplo em restauração e segmentação de imagens (Banon e Barreira, 1994).

O presente trabalho avaliou a aplicação de um filtro morfológico de dilatação em imagens oriundas de modelo linear de mistura espectral, análise por componentes principais, transformação IHS e razão de bandas, na identificação de processos de desmatamento seletivo na região amazônica.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em uma área de 32.828,69 Km<sup>2</sup> localizada no Estado do Mato Grosso (Figura 1) entre as coordenadas 55° 22'52.20"W, 55°22'52.20''W, 10°55'19.20" S e 12°30'48.47'', abrangendo os municípios de União do Sul, Cláudia, Santa Carmem e parte dos municípios de Marcelândia, Nova Santa Helena, Itaúba, Feliz Natal, Colider e Nova Canaã do Norte.

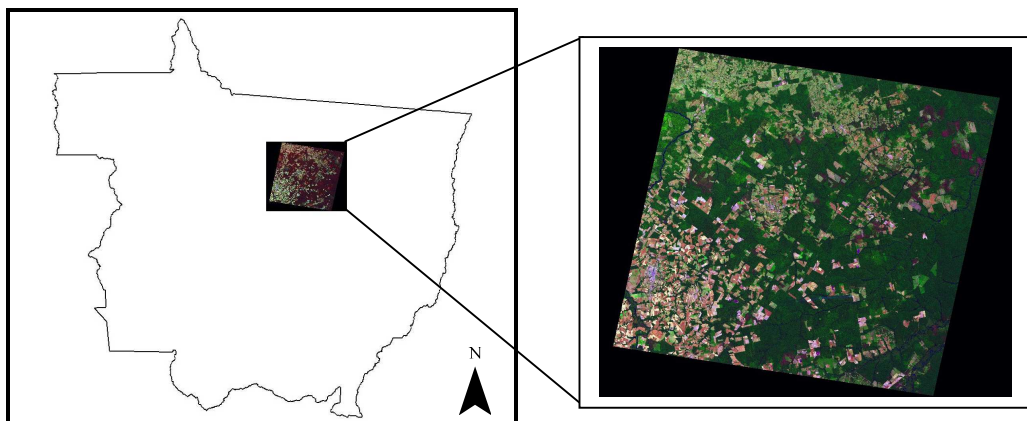


Figura 2. Área de Estudo.

Foram utilizadas as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 de uma imagem do sensor TM-LANDSAT 5 obtida em 2 de julho de 2008, correspondendo órbita/ponto 227/68 .

O registro das imagens foi realizado tomando-se como base uma imagem ortorretificada., do produto Geocover TM (<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>).

Foram aplicadas na imagem base as técnicas de Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) (Shimabukuro e Smith, 1991), Análise por Componentes Principais (ACP), Transformação IHS e Razão de Bandas para obtenção de uma imagem correspondente ao Índice de Vegetação por Diferença normalizada.

As áreas referentes aos pátios de manobra, nos padrões regular (presença definida de acesso entre os pátios) e irregular (ausência de acessos entre os pátios) foram delimitadas por polígonos; tais amostras foram utilizadas na aplicação da ACP (Figura 2).

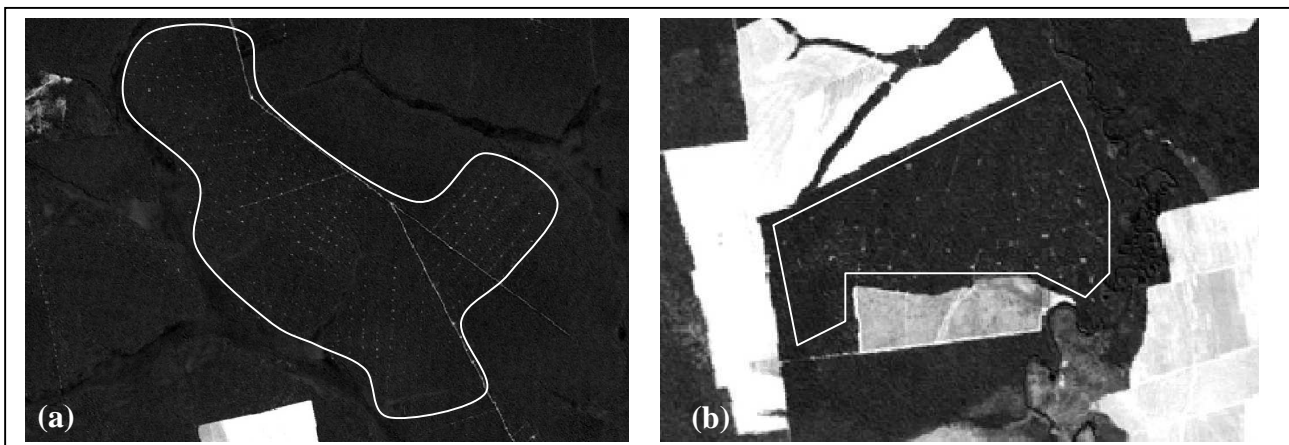


Figura 3. Pátios de manobra: (a) Regular; (b) Irregular.

No MLME a escolha dos *pixels* relativos aos alvos solo, sombra e vegetação foi realizada tomando por base além da composição colorida da ACP (P1- verde, P2 – vermelho e P3 – azul) e a imagem de NDVI. Desse processamento foi utilizada a imagem correspondente a fração solo.

Na Transformação IHS as bandas utilizadas foram a 3,4 e 5, sendo que a banda utilizada para identificação dos pátios foi a H (matiz).

Em seguida, foi aplicado o filtro morfológico de dilatação nas imagens P2 (ACP), H (IHS) e fração solo (MLME). Nesse processo foram avaliadas as janelas 3x3 e 5x5, testando ainda as interações 1,3,5 e 10.

A escolha da melhor combinação de técnicas foi realizada por avaliação visual e cálculo da média (parâmetro relacionado ao brilho), com o objetivo de determinar a imagem onde os pátios são evidenciados em relação às áreas cultivadas, áreas de floresta, áreas alagadas e rios.

A imagem selecionada foi interpretada visualmente, delimitando por polígonos as áreas caracterizadas pelo desmatamento seletivo. Isso porque, a identificação de processos de desmatamento seletivo por métodos automáticos é influenciada pela ambigüidade espectral entre áreas de estradas não pavimentadas, estágios de sucessões florestais, clareiras abertas pelo tombamento de árvores e floresta intacta (Stone e Lefebvre, 1998; De Wasseige e Defourny, 2004).

O resultado foi comparado com a interpretação de outro especialista sobre a mesma imagem, sem os processamentos testados neste trabalho e auxiliado por dados coletados em campo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foram utilizadas as 6 bandas na ACP, no entanto, a presença fumaça em áreas de queimada provocou efeito indesejado impedindo a identificação dos pátios na região vizinha (Figura 3). Para contornar esse efeito foi excluída da ACP a banda 1 devido a influência de efeitos atmosféricos como nuvens e fumaça proveniente de queimadas. A componente P2 da ACP foi selecionada para aplicação do filtro morfológico de dilatação por evidenciar o alvo desejado.



Figura 3. Queimada presente na ACP envolvendo as 6 bandas da imagem TM.

Após a aplicação do filtro morfológico de dilatação, a imagem P2 resultante da ACP (bandas 2,3,4,5 e 7), proporcionou melhor nitidez em áreas de desmatamento seletivo, quando comparadas às imagens da Fração Solo do MLME e componente H da transformação IHS. As regiões limítrofes entre áreas de desmatamento seletivo, floresta intacta e áreas agrícolas ficaram evidentes proporcionando melhor identificação (Figura 4).

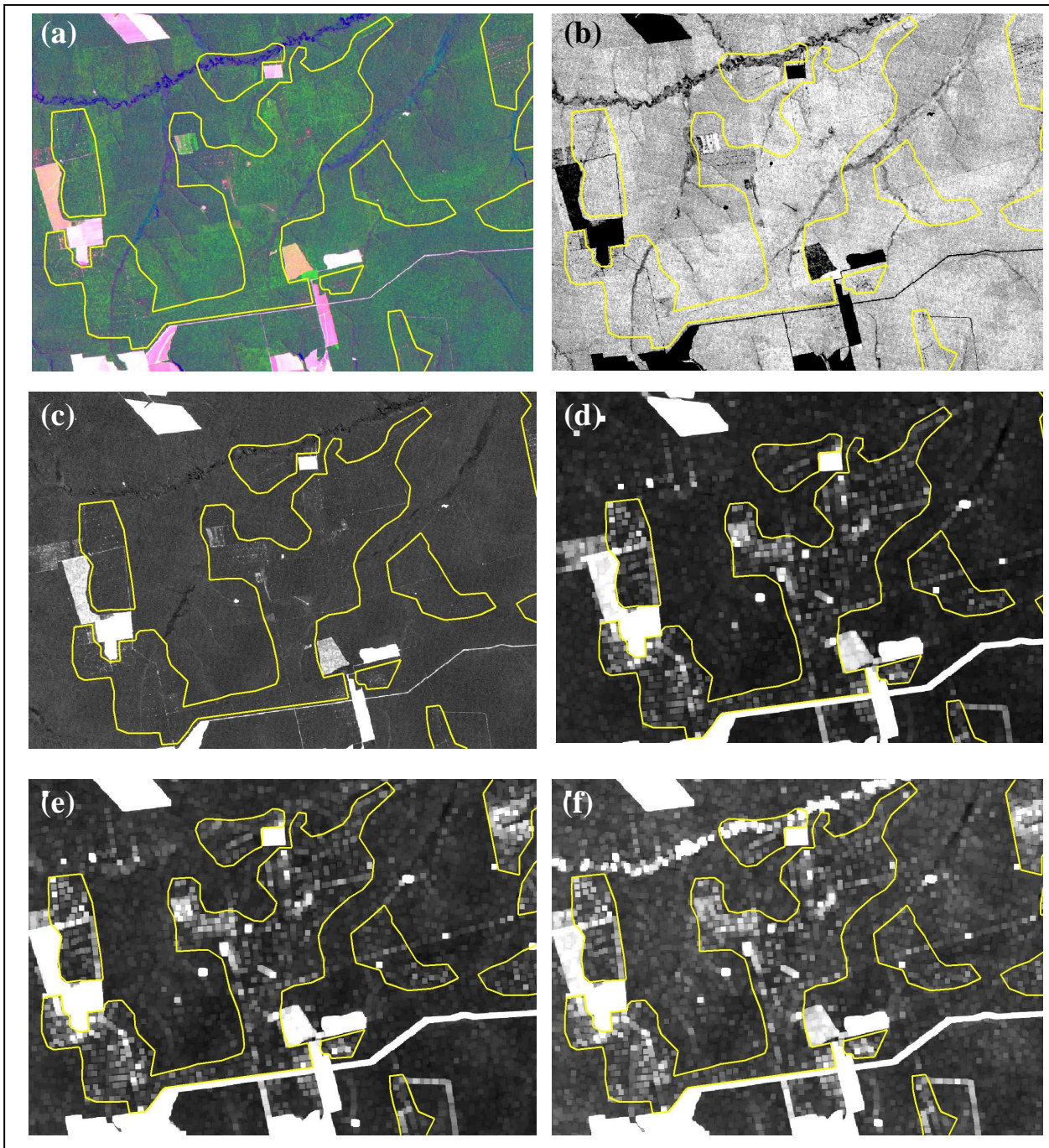


Figura 4. (a) Composição colorida da ACP (G – P1, R – P2, B – P1); (b) NDVI; (c) P2 – ACP (d) P2 – ACP – filtrada; (e) Fração Solo – filtrada; (f) Componente H – filtrada.

No entanto, a utilização da composição colorida das bandas P1, P2 e P3 da ACP foi necessária em regiões alagadas e em presença de rios, devido a semelhança com regiões de alta concentração de pátios.

A imagem P2 apresentou maior média quando comparada com a as imagens provenientes do MLME e transformação IHS, nas regiões dos pátios de manobra (Tabela 1).

Tabela 1. Média das imagens provenientes do Modelo de Mistura Espectral, Transformação IHS e Análise por Componentes Principais.

Tratamento	Média
Fração Solo (MLME)	97,56
Componente H (IHS)	109,73
P2 (ACP)	126,98

Não foi considerada nessa avaliação a imagem NDVI devido ao fato de ter sido inicialmente descartada pela avaliação visual para identificação dos pátios.

Após a aplicação do filtro de dilatação nas imagens provenientes da ACP, MLME e Transformação IHS foi observado aumento da média em todos tratamentos, explicada pelo aumento dos valores correspondentes aos níveis cinza o que facilitou a identificação dos pátios de estocagem.

Tabela 3. Média das imagens provenientes do MLME, IHS e ACP após aplicação do filtro de dilatação, em regiões de pátio.

Tratamento	Média
Fração Solo (MLME)	107,57
Componente H (IHS)	121,88
P2 (ACP)	137,83

A comparação da interpretação visual realizada na imagem P2 – filtrada (Especialista 1) e a interpretação visual realizada por outro especialista (Especialista 2) na mesma imagem TM com ausência dos processamentos testados no presente trabalho, resultou em um Índice Kappa de 0.47, sendo considerado baixo e revelando portanto baixa correlação entre as duas classificações.

No entanto, quando comparado os valores da área de desmatamento seletivo proveniente das duas interpretações foi observado a proximidade dos valores, com uma diferença de aproximadamente 12% (Tabela 4).

Tabela 4. Tabela com os resultados de desmatamento pelas duas classificações.

Classificador	Área de desmatamento seletivo(Km <sup>2</sup> )
Especialista (1)	3.670,44
Especialista (2)	3.265,34

Quando avaliados os erros de comissão e omissão e suas respectivas localizações na composição colorida da imagem, observa-se que tal diferença pode estar relacionada a diferenças nos parâmetros interpretativos dos especialistas.

Isso porque, neste trabalho não foram identificadas como áreas de desmatamento seletivo as áreas queimadas e áreas onde o desmatamento atingiu o nível de corte raso, mesmo sendo possível identificar a remanescência dos pátios em algumas dessas áreas.

Apesar disso, foram observadas divergências nas interpretações, identificadas na fase final do trabalho através da avaliação com base em uma imagem em composição colorida onde foi avaliado visualmente o desempenho das classificações, em áreas consensualmente atribuídas ao desmatamento seletivo.

A tentativa inicial de mascarar áreas alagadas, lavouras e rios para facilitar o desempenho da classificação e evitar erros pela semelhança dos alvos, não foi adequada devido o efeito do filtro de dilatação sobre as áreas mascaradas.

#### 4. CONCLUSÕES

Quando comparada a transformação IHS e o MLME, a ACP envolvendo as bandas 2,3,4,5 e 7 na banda P2 proporcionou melhor contraste entre as regiões de mata, lavoura e pátios de manobra resultante da foi a imagem.

A utilização do filtro de dilatação com 5 interações foi eficiente na evidência dos pátios de manobra facilitando a classificação visual.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asner, G. P., Keller, M., Pereira, R., & Zweede, J. C.; Remote sensing of selective logging in Amazonia: Assessing limitations based on detailed field observations, Landsat ETM+ and textural analysis **Remote Sensing of Environment**. v. 80(3), p. 483– 496, 2002.

Banon, G.J.F.; Barreira, J. **Bases da Morfologia Matemática para a Análise de Imagens Binárias**. UFPe. Recife, 1994.

Costa, F. de A. Indicações para a compreensão do desmatamento na Amazônia – análise empírica para o caso do Pará. In: MMA. **Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia**. Brasília: MMA, p.51-66, 2001.

De Wasseige, C.; Defourny, P.; Remote sensing of selective logging impact for tropical forest management. **Forest Ecology and Management**, v. 188, p. 161– 173, 2004.

Fearnside, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e conseqüências. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 113-123, 2005.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Plano de ação para a prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal. Brasília: MMA/SBF, p. 156, 2004.

Monteiro, A.; Lingnau, C.; Souza Jr, C.; Classificação orientada a objeto para detecção da exploração seletiva de madeira na Amazônia. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 59/03, 2007.

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, n. 1, p. 16-20, 1991.

Souza Jr, C. M.; Roberts, D. A.; Cochrane M. A.; Combining spectral and spatial information to map canopy damage from selective logging and forest fires. **Remote Sensing of Environment**. v. 98, p. 329-343, 2005.

Souza, C. C.; Moreira, A. A.; Schimith, R. S.; Brandão, P. C.; Silva, E.; Técnicas de sensoriamento remoto como subsídios aos estudos de florestas implantadas no brasil – uma revisão bibliográfica. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 4, p. 409-417, 2007.

Stone, T. A.; Lefebvre, P.; Using multi-temporal satellite data to evaluate selective logging in Para, Brazil. **International Journal of Remote Sensing**. v.19, p. 2517-2526. 1998.