

MAPEAMENTO SEMIAUTOMÁTICO DAS FORMAÇÕES FLORESTAIS PARA ESTIMATIVA DE BIOMASSA POR SENSORIAMENTO REMOTO NA AMAZÔNIA

Suiane Claro SARAIVA¹; Moacir Alberto Assis CAMPOS²; Carlos Henrique CELES³;
¹Bolsista PIBIC/CNPq/INPA; ²Orientador INPA/CPST; ³Co-Orientador INPA/CPST

1. Introdução

Devido à capacidade de absorção de carbono pelas florestas, cresce o interesse por estudos na determinação de biomassa e o conteúdo de carbono armazenado pelas mesmas, estocado em sua biomassa. O sensoriamento remoto possibilita estimar a biomassa e carbono, dentre outras variáveis, considerando as propriedades espectrais dos componentes da vegetação. Entretanto, em florestas heterogêneas a estimativa dessas variáveis torna-se mais complexa devido à diversidade fisionômica, fenológica e florística, características de florestas tropicais (Silveira *et al.* 2008). A utilização de imagens de sensoriamento remoto para monitoramento, mapeamento das formações florestais, determinação do uso e ocupação do solo baseada apenas em técnicas de interpretação visual requer grande quantidade de tempo e equipe técnica treinada, o que aumenta os custos da atividade (Filho *et al.* 1998). No ano de 2006 o Ministério do Ambiente no âmbito do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO) concluiu o mapeamento dos recursos naturais brasileiros iniciado com o projeto Radambrasil, à escala de 1:250.000 tendo por base imagens Landsat ETM+, obtidas em 2001 e 2002, e analisadas por mapeamento de classificação automática e interpretação visual. Conforme afirma Filho *et al.* (1998) o mapeamento automático ou semi-automático de levantamentos para determinação de biomassa representa, portanto uma alternativa viável resultando em ganhos pela precisão, redução de tempo e custo. A escala de mapas 1:250.000 disponíveis para uso em sistemas digitais, limita de forma significativa seu uso em análises que requerem mais detalhes para aumento de precisão. Diante disso o presente trabalho visa gerar mapas da cobertura vegetal mais precisos, por meio da classificação automática utilizando-se o classificador árvore de decisão, imagens ópticas (TM), o modelo digital de elevação do terreno (SRTM) e o índice de vegetação NDVI.

2. Material e Métodos

Caracterização da área de estudo - A área de estudo localiza-se no Distrito Agropecuário da Suframa, mais especificamente na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (ZF-2), sob a administração do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Esta área fica aproximadamente, a 90 km a noroeste da cidade de Manaus-AM com coordenadas 02°38'17,88089" latitude Sul e 60°09'23,52963" longitude a Oeste de Greenwich. O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo *Am*. O clima é quente e úmido praticamente durante todo o ano, apresentando temperatura média de 26°C. A sazonalidade característica da região apresenta uma estação seca correspondendo ao intervalo de junho a novembro e uma estação chuvosa entre os meses de dezembro a maio. A área de estudo é caracterizada por uma típica floresta ombrófila densa de terra firme que apresenta elevada diversidade de grupos taxonômicos predominando as famílias Lecythidaceae, Sapotaceae, Burseraceae, Annonaceae, Caesalpiniaceae. (Carneiro, 2004).

Seleção e obtenção das imagens - A imagem utilizada no mapeamento da formação florestal da ZF-2 foi proveniente do sensor TM Landsat-5 órbita-ponto 231-62, com resolução espacial de 30 metros adquirida gratuitamente no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (www.inpe.br) - INPE. Entre as bandas espectrais disponíveis pelo sensor foram utilizadas TM3, TM4 e TM5 utilizando-se os seguintes critérios para seleção da imagem: (1) baixa porcentagem de cobertura de nuvens; e (2) disponibilidade de imagens recentes. A imagem Geocover foi adquirida gratuitamente no site do *Global Land Cover Facility* (www.landcover.org) - GLCF. A imagem de elevação do terreno (SRTM) foi adquirida gratuitamente no site da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (www.relevobr.cnpn.embrapa.br) - EMBRAPA. A imagem do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi disponibilizada pelo Laboratório de Sistemas de

Informações Geográficas (SIGLAB) do INPA a partir dos resultados do estudo da bolsista de iniciação científica PIBIC/CNPQ Alice Rodrigues.

Pré-processamento de imagens – A imagem TM foi georreferenciada no *software* ARCGIS 9.3 da ESRI a partir da imagem Geocover para fazer a correção geométrica. Foram aplicadas técnicas de contraste e obtenção de imagem colorida falsa cor, combinando-se as bandas 3, 4 e 5 do sensor.

Processamento de imagens – A imagem TM, a imagem SRTM e a imagem NDVI da área de estudo foram analisadas inicialmente para identificação de limiares que separam as feições de interesse. Os limiares obtidos foram usados na criação da árvore de decisão no *software* ENVI, versão 4.5, tendo em vista a classificação das feições Floresta, Água e não Floresta (ver figura 1).

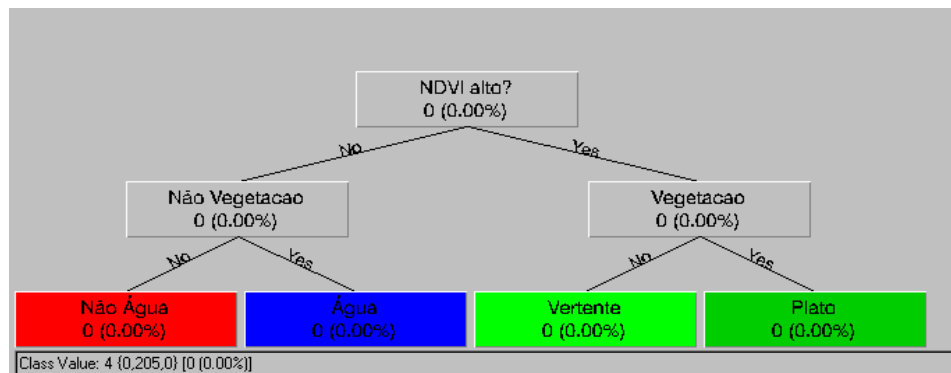


Figura1 - Árvore de Decisão utilizada para determinar as formações vegetais na área de estudo.

3. Resultados e discussão

A separação da vegetação por meio do NDVI foi satisfatória, porém o limiar escolhido deixou de fora muitos pixels de vegetação que aparecem isolados por toda a imagem classificada. Do mesmo modo parte da vegetação ciliar foi classificada como não-vegetação. Por outro lado, trechos vicinais da ZF2, utilizando-se os mesmos limiares, foram classificados como vegetação. Isto demonstra que existe uma limitação na separação destas feições se for usada somente a imagem NDVI. A feição vegetação, excetuando-se as omissões, foi corretamente classificada. A tentativa de categorizar, preliminarmente, a vegetação com base na elevação do terreno, demonstrou de forma positiva que tal classificação é viável. Na imagem classificada é possível verificar o padrão de drenagem típico do local, facilmente reconhecido na imagem TM. O uso da banda 5 do TM foi adequado na classificação dos corpos d`água. As feições não-vegetação restantes foram também delimitadas de forma satisfatória e incluem solo exposto, construções urbanas e roça (ver figura 2).

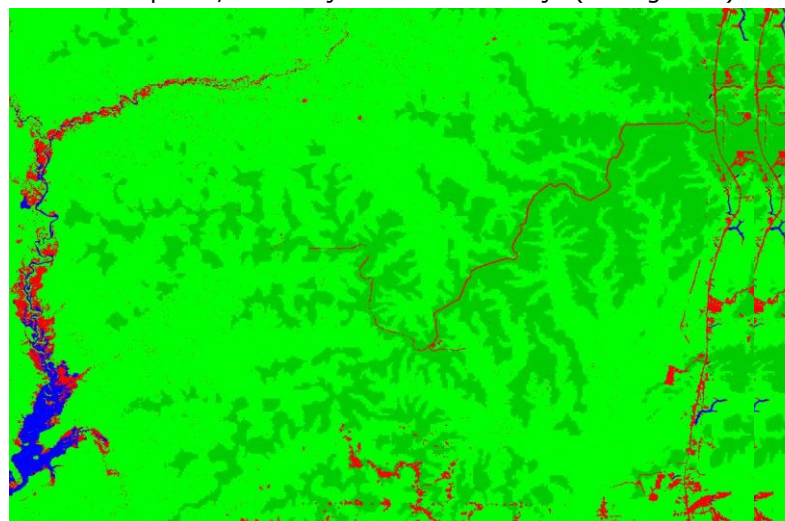


Figura 2 - Imagem classificada mostrando a vegetação acima de 100 m (verde escuro), vegetação abaixo de 100 m (verde claro)

claro), água (azul) e não-vegetação (vermelho).

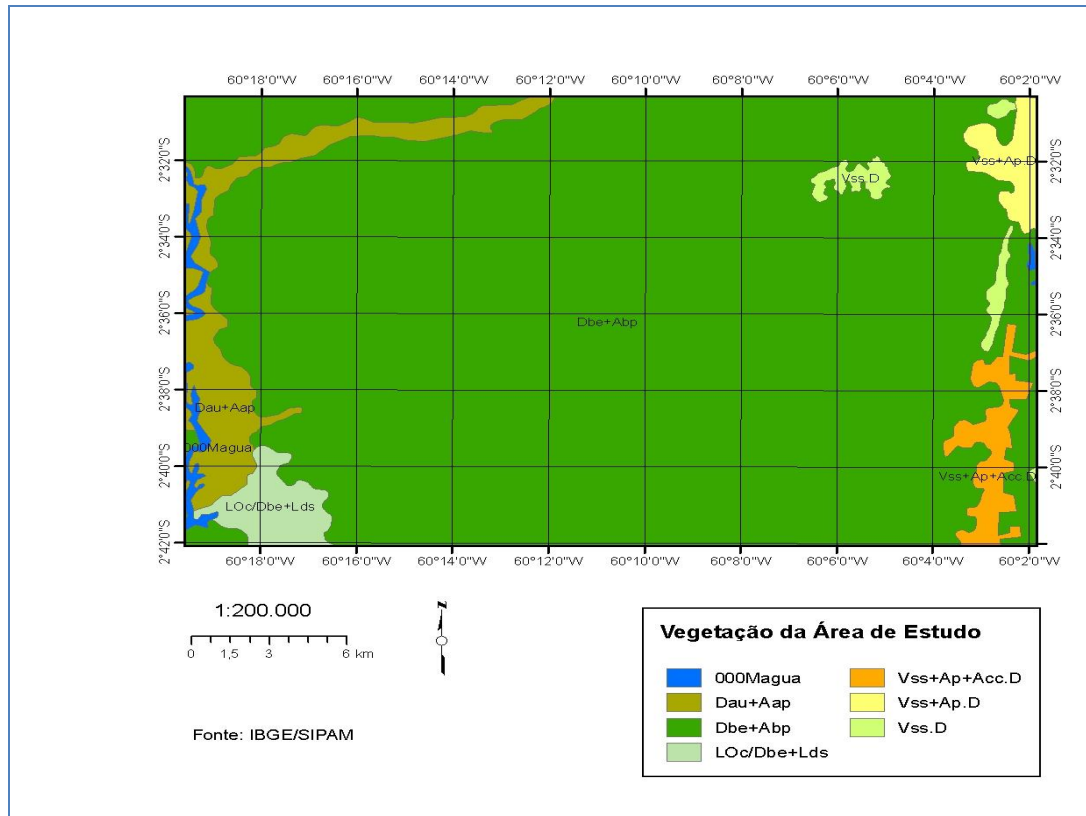


Figura 3 - Mapa temático da vegetação da área de estudo, mostrando a Floresta Ombrófila Densa (Dbe+Abp), Áreas Antropizadas (Vss+Ap+Acc.d; Vss+Ap.D; Vss.D) e Campinarana (LOc/Dbe+Lds).

Avanços na classificação automática de imagens TM se caracterizam por análises subpixel (Filho *et al.* 1998) ou análises contextuais para aumento de acurácia (Campos 2005). O uso de dados auxiliares já foi reportado como positivo na classificação convencional supervisionada de Máxima Verossimilhança (Hutchinson 1982). A árvore de decisão permite abordagem similar classificação com dados auxiliares, podendo também usar os dados de fontes diferentes e integrá-los ao processo de decisão. Os resultados obtidos neste trabalho podem ser aperfeiçoados pelo refinamento das regras e pelo acréscimo de novo dados, como por exemplo, imagens de texturas derivadas dados de radar. Os processamentos, comumente utilizados para melhorar a qualidade da classificação baseada somente nos valores do pixel, tem pouca ou nenhuma aplicação neste caso.

4. Conclusão

A árvore de decisão para classificar imagens TM do satélite Landsat pode ser usada de forma efetiva para mapeamento das feições de vegetação. A estratificação da vegetação pelo uso do das imagens SRTM (elevação) foi satisfatória e pode ser aperfeiçoada. A categorização de vegetação com diferentes estruturas, para indicativo de variação de biomassa, requer esquema de classificação que envolva imagens de radar. Diversos mapeamentos de vegetação e uso do solo têm utilizado principalmente, em sua metodologia, classificadores supervisionados (em que as classes são definidas *a priori*, com base em informações já conhecidas) Maxver ou classificadores não supervisionados (em que as classes são geradas pelo próprio classificador) ISODATA (Bittencourt 2001). A utilização de árvore de decisão apresenta-se como uma ferramenta de fácil manipulação, uma vez que possibilita maior interação com o usuário permitindo a inserção dados oriundos de fontes diversas, o que não é possível com os classificadores citados, resultando numa categorização mais precisa das diversas tipologias existentes em uma floresta.

5. Referências Bibliográficas

Bittencourt, H. R., 2001. *Reconhecimento estatístico de padrões: o caso da discriminação logística aplicada a classificação de imagens Digitais obtidas por Sensores remotos*. In Congresso Brasileiro de Computação – CBComp.

Campos, M.A.A.C. 2005. *Padrão e dinâmica de floresta tropical, através de classificação orientada a objeto e da análise da paisagem com imagens Landsat*. Dissertação de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná. 105 pp.

Carneiro, V.M.C. 2004. *Composição florística e análise estrutural da floresta de terra-firme na bacia do Rio Cuieiras, Manaus-AM*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 67pp.

EMBRAPA. Brasil em Relevo (<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>). Acesso em:10/05/2011

Ferreira, L.G.; Ferreira, N.C.; Ferreira, M.E. 2008. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da-arte. *Acta Science Biology Science* 30: 379-390

Filho, R.A; Nascimento, P.S. R; Batista, G. T.1998. Avaliação de técnicas de segmentação e classificação automática de imagens Landsat – TM no mapeamento do uso do solo na Amazônia. *Acta Amazonica* 28: 41-54.

GLCF. Landsat TM + cena L5231062_06220050729, Ortorectificada, GLS2005. (www.landcover.org). Acesso em 10/03/2011

INPE. Catálogo de imagens Landsat 5 (www.inpe.gov.br). Acesso em 23/10/2010

Hutchinson, F.C. 1982. Techniques for combining Landsat and ancillary data for digital classification improvement. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 48: 123-130.

Silveira, P.; Koehler, H.S.; Sanquetta, C.R.; Arce, J.E. 2008. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. *Floresta*, 38: 185-206.