

Análise temporal de imagens Landsat aplicada à extração de canais do megaleque Viruá, Estado de Roraima

Hiran Zani¹
Dilce de Fátima Rossetti¹
Clódís de Oliveira Andrades Filho²

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{hzani, rossetti}@dsr.inpe.br

² Universidade de São Paulo – USP/IGc
CEP 05508-080 – São Paulo - SP, Brasil
andradesfilho@usp.br

Abstract. This work presents a protocol for recognizing channels associated with the Viruá megafan, and estimating their hydroperiod in order to characterize the channel dynamics through time. An approach based on multitemporal Landsat TM/ETM+ sensors was applied, with analysis of 13 scenes, acquired from 2001 to 2009. These data were primarily processed using standard techniques for geometric and radiometric corrections. Water body extraction was achieved with a simple threshold on band 5, which provided a binary image containing water and non-water classes. The sum of all 13 classifications produced a new image with pixel values corresponding to relative frequency of standing water. Active channels with permanent flooding and temporary channels with medium and low flooding frequencies are present. These are arranged as complex distributary networks, typical of megafan systems. The southern part of the megafan morphology contains distributaries with permanent flooding, while temporary channels with medium and low flooding frequencies increase in volume in its central and northern parts, respectively. These data led to conclude that the locus of sediment deposition changed from north to south through time.

Palavras-chave: hydrology, geomorphology, Landsat, remote sensing, Amazonia, hidrologia, geomorfologia, Landsat, sensoriamento remoto, Amazônia.

1. Introdução

Dados orbitais têm larga aplicação em investigações visando a caracterização do ambiente físico amazônico (e.g., Mertes et al., 1993; Hess et al., 2003), atualmente dominado por redes complexas de tributários fluviais de grandes dimensões. Embora pouco explorado, este tipo de dado tem elevado potencial de aplicação na reconstituição de ambientes desenvolvidos há alguns milhares de anos (e.g., Latrubesse, 2002; Rossetti, 2010; Hayakawa et al., 2010), mas que ainda são passíveis de serem revelados por paleomorfologias preservadas na paisagem atual. Este é o caso de paleomorfologias em megaleque, cuja existência foi preliminarmente sugerida (i.e., Wilkinson et al., 2010) no norte da Amazônia brasileira entre os rios Negro e Branco. Megaleques são sistemas deposicionais de grandes dimensões (i.e., 10^3 a 10^5 km²) e com geometria em cone ou triangular que, contrariamente aos sistemas tributários fluviais, evoluem por migração de um conjunto de canais distributários. Esta paleodrenagem distributária contrasta fortemente com o padrão fluvial tributário atual, sendo de grande interesse científico por potencialmente denotar mudanças significativas das condições ambientais (e.g., flutuações climáticas ou tectônicas) nos últimos milhares de anos de evolução da região amazônica. O registro da geometria, do padrão distributário típico, e da sucessão de canais distributários, se constituem nos primeiros passos para a caracterização desses megaleques e reconstituição de sua dinâmica de evolução.

Este estudo tem o objetivo de apresentar um protocolo para extração de canais distributários associados com o megaleque Viruá, margem esquerda do rio Branco, Estado de Roraima, com discriminação entre paleocanais (i.e., sem fluxo ativo), canais temporários e ativos. Para isto, tomou-se por base classificações de áreas alagáveis em imagens Landsat

multitemporais integradas com estimativas de hidroperíodo (i.e., variação temporal da água na superfície).

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada no centro sul do Estado de Roraima, a 190 km de distância da capital Boa Vista e abrange os limites do Parque Nacional do Viruá (Figura 1). A fitofisionomia dominante na região é composta por vegetação de campinarana (Brasil, 1976), caracterizada por formações não-florestais com baixa diversidade florística (Anderson, 1986). De acordo com mapas geológicos (Brasil, 1976), a área de estudo é dominada por depósitos arenosos e argilosos da Formação Içá, além de várias manchas de composição arenosa consideradas como depósitos aluvionares e eólicos holocênicos.

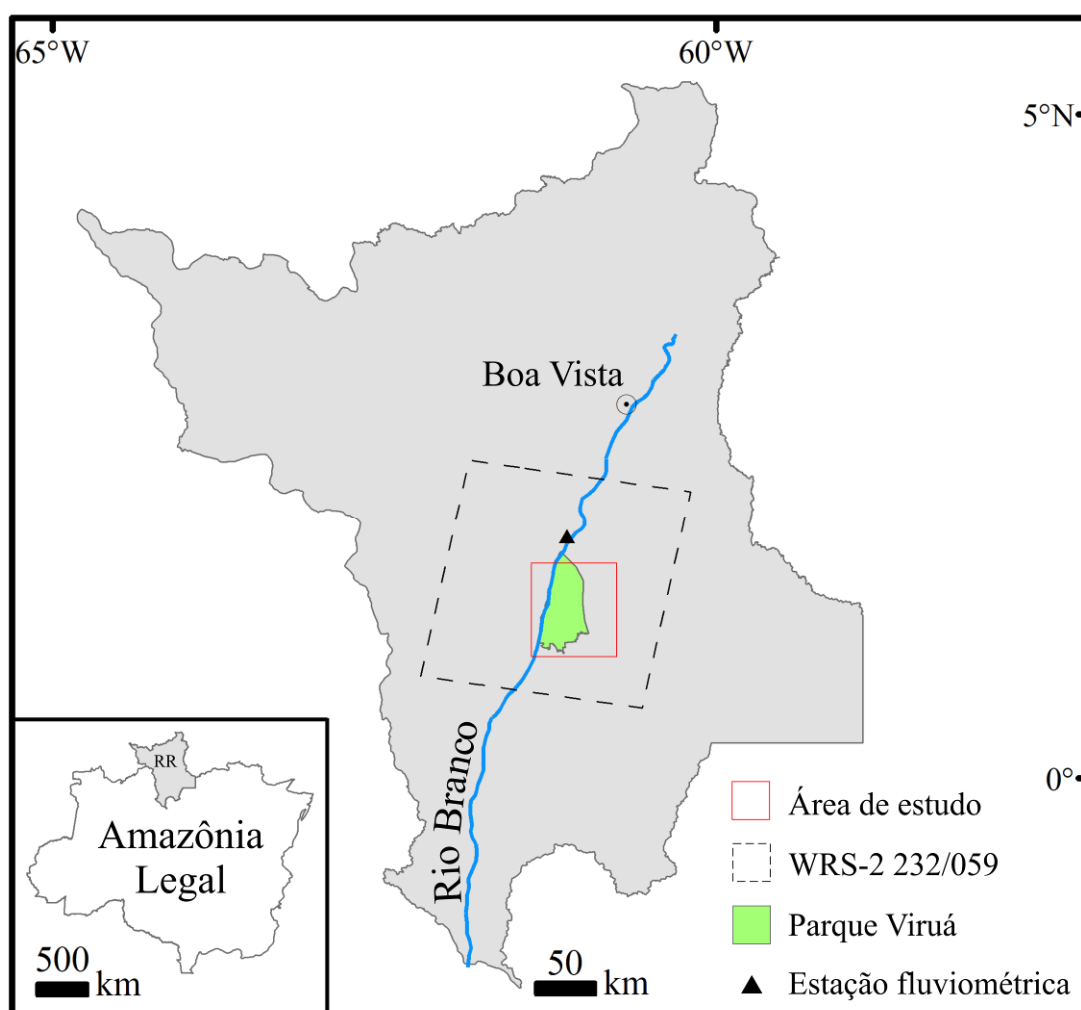


Figura 1. Localização da área de estudo no Parque Nacional do Viruá, centro sul do Estado de Roraima.

2.2 Imagens e pré-processamento

Neste trabalho foi utilizada série multitemporal de treze imagens Landsat TM/ETM+ (WRS-2 Órbita/Ponto: 232/059), coletadas entre 5/Out/2001 e 4/Nov/2009. A escolha destes dados foi feita com base nas condições hidrológicas da área de estudo, tendo-se adquirido três imagens do período de cheia, seis do período de vazante e quatro do período de estiagem (Figura 2).

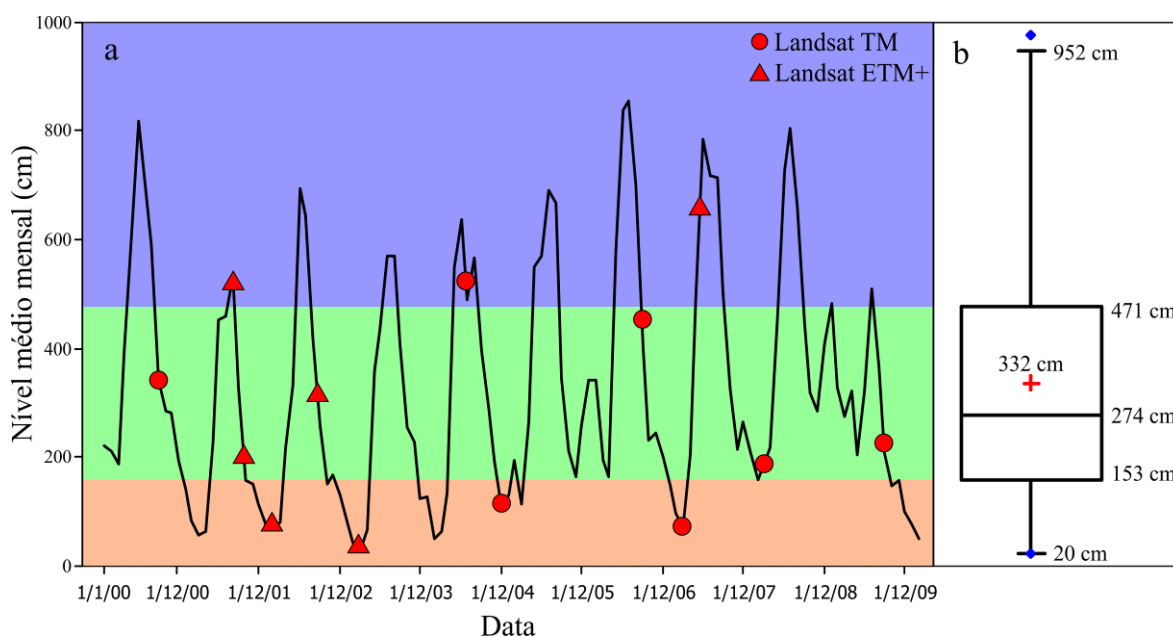


Figura 2. a) Distribuição temporal das imagens Landsat TM/ETM+ utilizadas e sua relação com o nível médio mensal do rio Branco (azul=cheia, verde=vazante e laranja=estiagem). b) Distribuição dos valores diários do nível do rio Branco para a série histórica utilizada, onde cada segmento das caixas representa 25% do total das medidas, a linha horizontal central o valor da mediana, a cruz vermelha a média e os pontos azuis os valores extremos.

Dentre as treze imagens utilizadas, cinco foram obtidas do catálogo de imagens do Serviço Geológico Americano (USGS, 2010) e oito do catálogo de imagens do INPE (INPE, 2010). As imagens provenientes do catálogo do Serviço Geológico Americano encontram-se com nível de correção *Level 1 Terrain* (L1T), ortoretificadas com exatidão superior a 0,8 pixel (USGS, 2010). As demais imagens foram georreferenciadas por modelo polinomial de segundo grau utilizando-se, como referência planimétrica, imagem adquirida durante condições hidrológicas semelhantes, com um mínimo de quinze pontos de controle e exatidão superior a 0,5 pixel. Após as correções geométricas, todas as imagens tiveram seus números digitais (ND) convertidos para valores de reflectância de topo, conforme procedimento descrito em Chander e Markham (2003), tendo coeficientes de calibração atualizados por Chander et al. (2009). Finalmente, aplicou-se correção radiométrica relativa por subtração de pixel escuro (Chavez, 1988), por este ser um método simples, condizente com os objetivos deste artigo, e amplamente utilizado em análises de sensoriamento remoto (Song et al., 2001).

2.3 Classificação e estimativa de hidroperíodo

O método de fatiamento da banda TM/ETM+5 (Frouin et al., 1996) foi utilizado para a classificação dos corpos d'água. Neste comprimento de onda (SWIR), corpos d'água e terras alagadas possuem baixos valores de reflectância, que contrastam com outros alvos (e.g., solo e vegetação) de maior reflectância (Alfoldi, 1982). Sua aplicação foi realizada com a definição de um limiar mínimo e máximo de reflectância, representativos dos alvos de água. Estes valores foram obtidos por estatística descritiva de amostras de treinamento, coletadas sob regiões alagadas e rios. Apesar de sua simplicidade, este método de classificação permite extrair corpos d'água com exatidão global de até 97% (Frazier e Page, 2000). No entanto, a ocorrência de sombras associadas à presença de nuvens e relevo acidentado pode comprometer a qualidade dos resultados. No presente estudo, este problema foi amenizado pela utilização de uma série temporal extensa.

O procedimento acima descrito foi aplicado nas imagens multitemporais Landsat TM/ETM+, resultando em treze imagens binárias, cada uma contendo duas classes: 1) não-

água (ND = 0) e; 2) água (ND = 1). Posteriormente, realizou-se somatória simples de todas as imagens, para estimar a frequência de inundação das áreas alagáveis e identificar canais permanentes. O resultado desta somatória foi uma nova imagem, onde o valor atribuído ao pixel está relacionado com a frequência de permanência de água no mesmo (Figura 3).

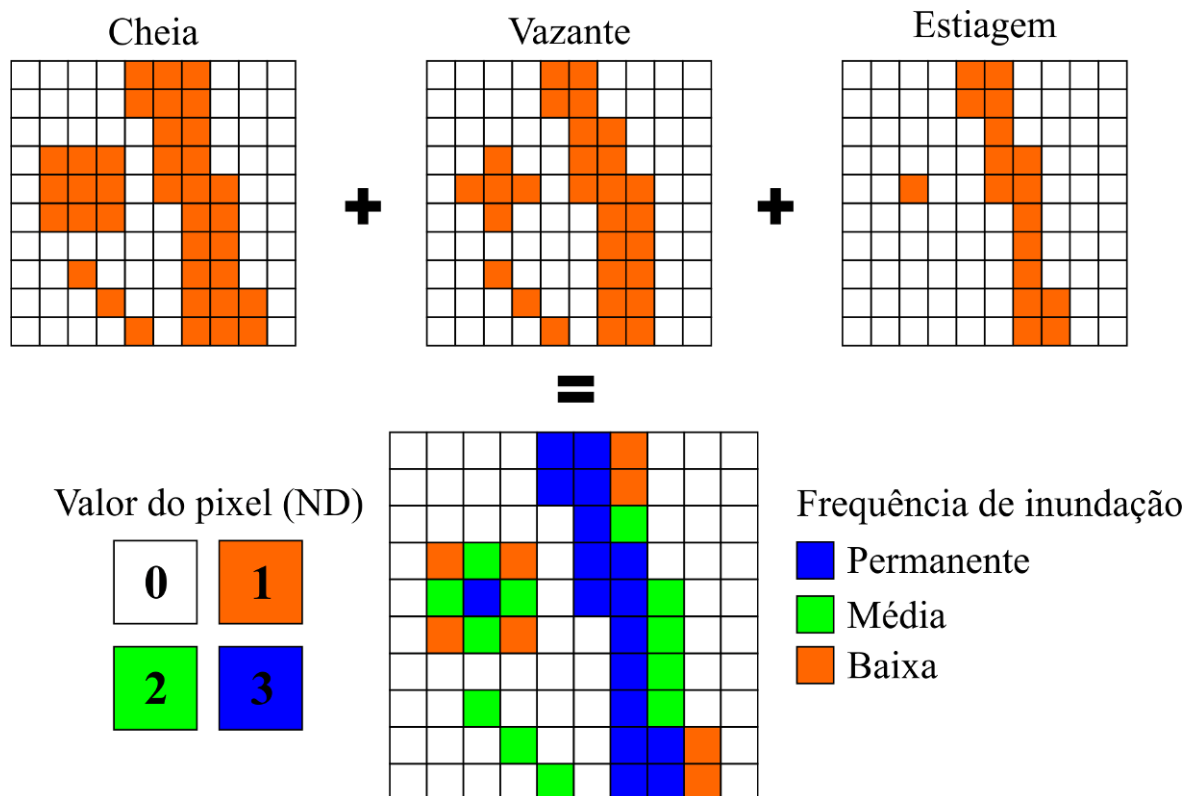


Figura 3. Representação do procedimento aplicado para estimativa de hidroperíodo.

2.4 Validação dos resultados

A validação dos resultados foi realizada com base em um conjunto de dados independente das imagens orbitais, incluindo: fotos aéreas oblíquas, adquiridas com sobrevoo em épocas de cheia e vazante em 2006 e 2007, respectivamente; e pontos de controle e fotos georreferenciadas, coletadas durante campanha de campo na época de estiagem, em Janeiro de 2010. Estes dados foram utilizados para comparação visual dos resultados e análise qualitativa do produto final.

3. Resultados e discussão

Canais fluviais e corpos d'água permanentes apresentaram pixels com ND iguais ou próximos a treze, ao passo que canais fluviais temporários e corpos d'água efêmeros foram caracterizados por baixos valores de ND. A imagem resultante da somatória com as treze classificações foi dividida em três classes: 1) inundação permanente (ND 9 a 13); 2) inundação média (ND 6 a 8); e 3) inundação baixa (ND 3 a 5). Neste produto, os canais temporários possuem ND 3 a 8, ao passo que valores inferiores a 3 foram associados a sombras de nuvens e excluídos da representação final (Figura 4a e b).

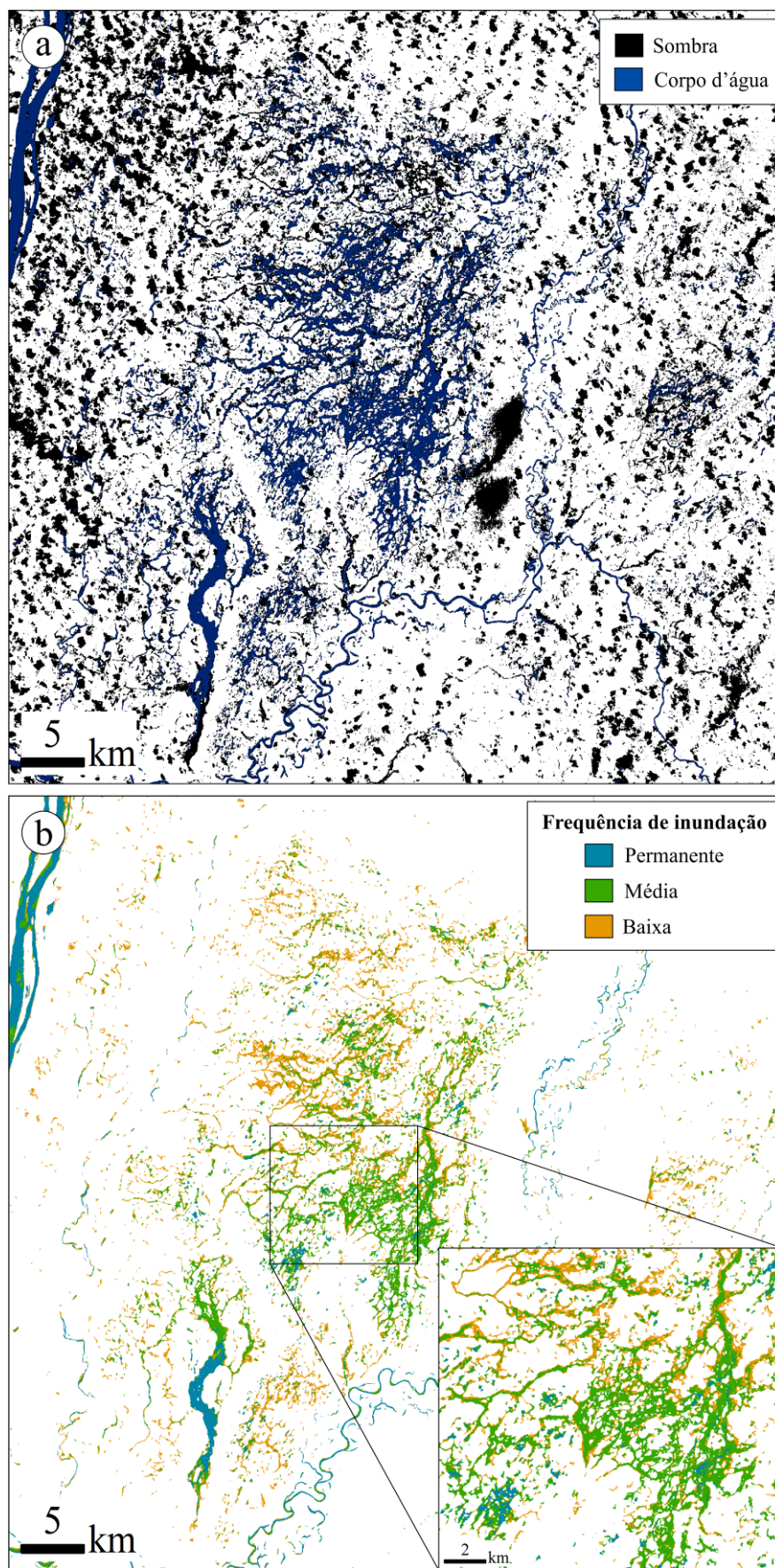


Figura 4. a) Resultado da somatória da série multitemporal classificada aplicada à área do megaleque Viruá. b) Corpos d'água classificados de acordo com as frequências de inundação.

A análise dos pontos visitados em campo e as fotografias aéreas asseguram a validade do produto obtido (Figura 5a-e). Em campanha realizada durante época de estiagem, constatou-se a ocorrência de canais fluviais secos, os quais possuem frequências média e baixa para presença de água (Figura 5b). Também foi verificada regiões de pequena extensão, mesmo durante a seca, que se mantêm com água (Figura 5c). Estes pontos ocorrem de forma isolada e, de maneira geral, não estão conectados com os canais temporários. Adicionalmente, sobrevôo realizado durante a cheia confirma ocorrência de extensas áreas alagadas apenas sazonalmente (Figura 5d-e). Estas regiões não puderam ser identificadas durante os pontos visitados na época seca, pela ausência de água e de feições indicativas de canal.

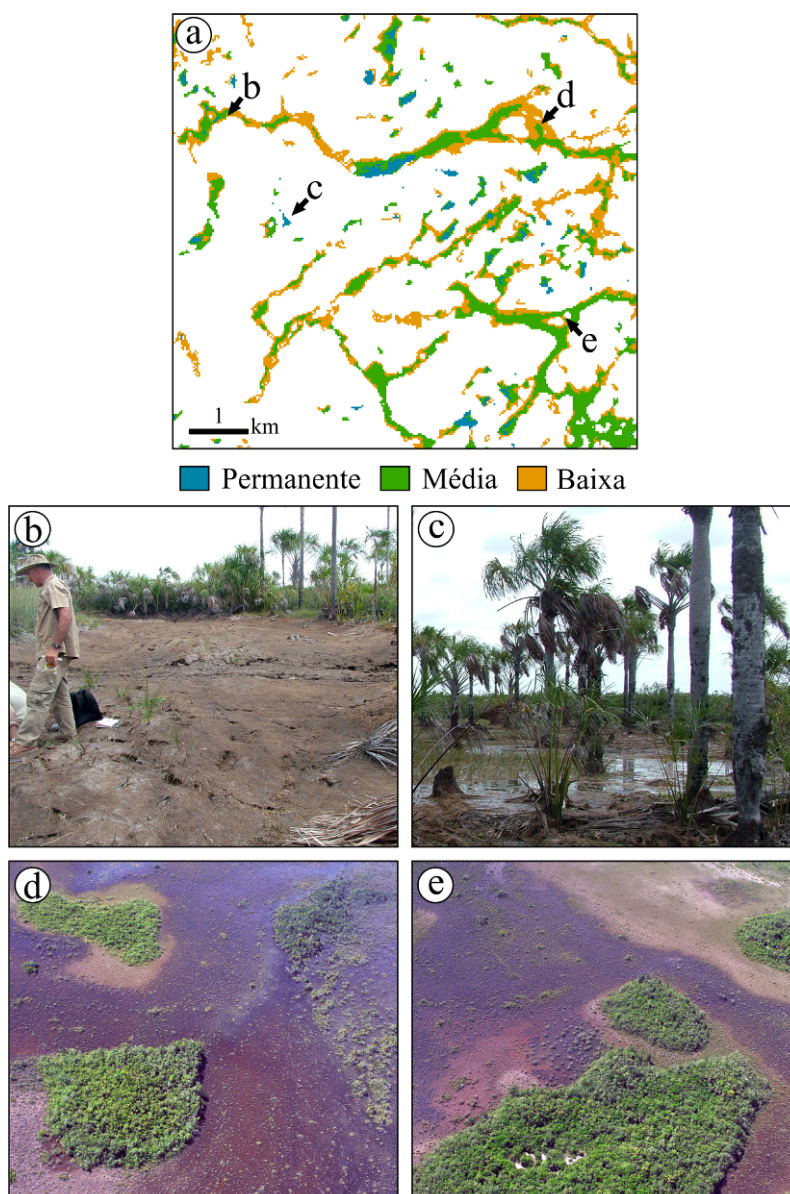


Figura 5. Pontos verificados em campo durante diferentes estações do ano. a) Mapa de localização dos pontos ilustrados nas figuras b a e. b-c) época de estiagem. d-e) época de cheia.

A área total dos canais temporários identificados está relacionada à variação no nível das águas do rio Branco (Figura 6). Apesar destas feições não possuírem conexão com drenagens permanentes, o rio Branco parece atuar como nível de base regional. Em terrenos com características semelhantes à área de estudo, a micro-topografia é a principal variável que determina a presença ou ausência de água na superfície (Grumbritch et al., 2005).

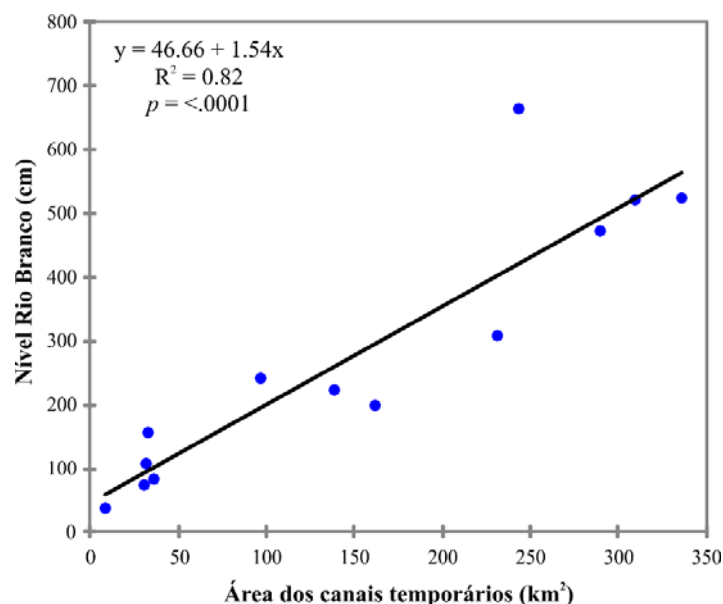


Figura 6. Relação linear entre o nível do rio Branco e a área total dos canais temporários. Nesta análise foi desconsiderada a área dos canais permanentes, que são de baixa ocorrência.

Observa-se que a densidade de canais permanentes é, em geral, baixa. Canais temporários com inundação média, ou seja, ativos apenas alguns meses no ano, formam rede bem definida com concentração maior na porção sul do megaleque Viruá. Sua geometria sugere padrão do tipo distributário, típico de leques aluviais (Weissmann et al., 2010), caracterizado por canais bifurcados e perda de vazão à jusante (Schumm, 1985). Canais temporários com inundação baixa aumentam em concentração radialmente de sul para norte no megaleque. O padrão de distribuição dos canais permanentes e temporários ao longo do megaleque sugere que sua porção sul permaneceu ativa por mais tempo, relativamente às áreas central e norte, em processo de abandono por um tempo mais prolongado.

4. Conclusão

Neste artigo foi apresentada uma sequência de procedimentos para a identificação de canais com diferentes intensidades de inundação que ocorrem em associação com o megaleque Viruá. As técnicas utilizadas foram eficazes para a extração de canais e detecção de hidroperíodo. Canais temporários apresentam escoamento durante o período de vazante e transportam sedimentos para as regiões onde estão mais ativos.

Agradecimentos

Os autores externam seus agradecimentos à FAPESP pelo apoio à pesquisa (Proc.# 2010/09484-2) e concessão de bolsas de doutorado ao primeiro e último autor, ao CNPq pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa à segunda autora, ao IBAMA/ICMBio pelo fornecimento das fotografias aéreas e ao Instituto Chico Mendes pelo apoio prestado durante o trabalho de campo.

Referências

Alfoldi, T.T. Remote sensing for water quality monitoring. In: Johannsen, C.J.; Sanders, J.L. **Remote sensing for resources management**. Iowa: Soil Conservation Society of America, 1982, cap 27, p. 317-328.

Anderson, B.A. White-sand vegetation of Brazilian Amazonia. **Biotropica**, v. 13, n. 3, p. 199-210, 1981.

Brasil. **Departamento Nacional de Produção Mineral**. Projeto RADAMBRASIL. Folha NA.20 - Boa Vista: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1976.

Chander, G. Markham, B. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v, 41, n. 11, 2003.

Chander, G.; Markham, B.L.; Helder, D.L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, v.113, n. 5, p. 893-903, 2009.

Chavez, P. S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, n. 3, p. 459-479, 1988.

Frazier, P.S.; Page, K.J. Water Body Detection and Delineation with Landsat TM. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 66, n. 12, p. 1461-1467, 2000.

Frouin, R.; Schwindling, M.; Deschamps, P. Y. Spectral reflectance of sea foam in the visible and near-infrared: in situ measurements and remote sensing implications. **Journal of Geophysical Research**, v. 101, n. 6, p. 14361-14371, 1996.

Gumbricht, T.; McCarthy, T.S.; Bauer, P. The micro-topography of the wetlands of the Okavango Delta, Botswana. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 30, n. 1, p. 27-39, 2005.

Hayakawa, E.H.; Rossetti, D.F.; Valeriano, M.M. Applying DEM-SRTM for reconstructing a late Quaternary paleodrainage in Amazonia. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 297, n.1-2, p. 262-270, 2010.

Hess, L.L.; Melack, J.M.; Novo, E.M.; Barbosa, C.; Gastil, M. Dual-season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon basin. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 4, p. 404-428, 2003.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), 2010. Catálogo de imagens Landsat. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/>. Acesso em: 30 de Agosto de 2010.

Latrubesse, E.M. Evidence of Quaternary palaeohydrological changes in middle Amazônia: The Aripuanã-Roosevelt and Jiparaná fans. **Zeitschrift für Geomorphologie**, v. 129, n. 1, p. 61-72, 2002.

Mertes, L.A.K.; Smith, M.O.; Adams, J.B. Estimating suspended sediment concentrations in surface water of the Amazon River wetlands from Landsat images. **Remote Sensing of Environment**, v. 43, n. 3, p. 281-301, 1993.

Rossetti, D.F. Multiple remote sensing techniques as a tool for reconstructing late Quaternary drainage in the Amazon lowland. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 35, n. 10, p. 1234-1239, 2010.

Schumm, S.A. Patterns of alluvial rivers. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 13, p. 5-27, 1985.

Song, C.; Woodcock, C.E.; Seto, K.C.; Lenney, M.P.; Macomber, S.A. Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects? **Remote Sensing of Environment**, v. 75, n. 2, p. 230-244, 2001.

USGS (United States Geologic Survey), 2010. Catálogo GLOVIS. Disponível em: <http://glovis.usgs.gov/> Acesso em: 30 de Agosto de 2010.

Weissmann, G.S.; Hartley, A.J.; Nichols, G.J.; Scuderi, L.A.; Olson, M.; Buehler, H.; Banteah, R. Fluvial form in modern continental sedimentary basins: distributive fluvial systems. **Geology**, v. 38, n. 1, p. 39-42, 2010.

Wilkinson, M.J.; Marshall, L.G.; Lundberg, J.G.; Kreslavsky, M.H. Megafan environments in northern South America and their impact on Amazon Neogene aquatic ecosystems. In: C. Horn; Wesselling, E.P. (Eds.) **Amazonia, Landscape and Species Evolution: A Look into the Past**. Blackwell Publishing, pp. 165-185. 2010.