

FUSÃO DE IMAGENS SAR-R99B E LANDSAT-7 PARA IDENTIFICAÇÃO DE PALEOCANAIS NA PLANÍCIE ALUVIAL DO RIO SOLIMÕES, AMAZÔNIA OCIDENTAL

Emílio Alberto Amaral Soares¹; Sheila Gatinho Teixeira²

easoares@ufam.edu.br

¹- Universidade Federal do Amazonas; ²- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – SUREG - Belém;

Av. Gal. Rodrigo O. J. Ramos, 3000, 69077-000 Manaus, AM, Brasil

Palavras-chave: Sensoriamento remoto, Paleocanais, Amazônia Ocidental

1. INTRODUÇÃO

Os paleocanais são importantes feições morfológicas que permitem o entendimento de sistemas de drenagens pretéritos e podem ajudar no entendimento das mudanças paleambientais. Na Amazônia, o uso de técnicas de sensores remotos tem se mostrado eficiente na identificação e caracterização dessas feições morfológicas. Na Amazônia Oriental, trabalhos como os de Rossetti e Valeriano (2007), Rossetti et al. (2007), Rossetti et al. (2008a,b) mostram a aplicação de dados da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) na caracterização de paleocanais na Ilha do Marajó (Estado do Pará). Na Amazônia Central e ocidental, os estudos de Mertes et al. (1996), Latrubesse e Franzinelli (2002), Almeida Filho et al. (2005) e Soares et al (2010) identificaram paleocanais dos rios Solimões e Negro. Portanto, visando corroborar o entendimento da dinâmica fluvial quaternária do Rio Solimões nas regiões de Anori, Codajás e Beruri (Amazônia Ocidental), utilizou-se a fusão de imagens SAR (Radar de Abertura Sintética) e ópticas (Geocover Landsat-2000), além de dados de Modelo Digital de elevação da SRTM e dados de levantamentos geológicos de campo. O objetivo desta fusão digital resultou na elaboração de um produto de valor agregado, no qual cores e texturas foram interpretadas geologicamente. O SAR contribuiu com a informação espacial (estruturas, texturas) e as imagens ópticas no controle da informação espectral (cromaticidade) ligada à interação da vegetação com o relevo, segundo o estudo de Paradella et al. (2001). A utilização de técnicas de análise qualitativa, como a interpretação visual do produto integrado de imagens digitais que operam em diferentes faixas do espectro eletromagnético permitiu a redefinição de 3 feições de paleocanais, nos diferentes depósitos de terraços fluviais que ocorrem na região de estudo.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se na zona de confluência dos rios Solimões e Purus, abrangendo parte dos municípios de Anamá, Codajás e Beruri, na Amazônia Ocidental (Figura1). Nesta região ocorrem 3 níveis de terraços fluviais quaternários, designados informalmente de superior, intermediário e inferior, desenvolvidos sobre rochas siliciclásticas cretáceas (Formação Alter do Chão) e neógenas (Formação Novo Remanso). Os terraços

apresentam distribuição assimétrica e se estendem por cerca de 100 km, constituindo as planícies aluviais dos rios Solimões e Purus. O terraço mais antigo (superior) apresenta relevo de morros e colinas com padrão de drenagem dendrítica a subdendrítica e situa-se em cotas que variam de 25 a 65 m, sendo parcialmente inundado pelas enchentes sazonais. Os terraços intermediário e inferior situam-se em cotas de 25 a 46m e 14 a 41m, respectivamente, e são periodicamente inundados pelas enchentes sazonais. Constituem uma faixa estreita e alongada de relevo plano a suavemente ondulado, que acompanha as direções dos rios Solimões e Purus. Em geral, os terraços fluviais são constituídos principalmente por intercalações de camadas de areia e lama (silte e argila) em diferentes proporções, que compõem os pares de estratificação heterolítica inclinada das barras em pontal e registram os processos de acresção lateral. Os depósitos do terraço superior apresentam coloração rosada a avermelhada e exibem feições de pedogênese, enquanto os terraços intermediário e inferior apresentam coloração cinza, são ricos em matéria orgânica e apresentam intercalações de camadas descontínuas constituídas de troncos, raízes e folhas, que caracterizam as turfeiras, com até 2 metros de espessura.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, foram utilizadas nove faixas do sensor SAR da Plataforma R99-B/SIPAM, dados da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), e imagens Geocover Landsat. E as mesmas foram processadas no *software* PCI *Geomatics* versão 10.3. As imagens SAR foram adquiridas na Missão Amazonas – Rondônia (10 a 23/12/2005 e 07 a 24/03/2006). As cenas adquiridas são referentes à banda L, com polarização VV, que melhor ressaltou as feições de paleocanais. Os dados produzidos apresentam uma resolução nominal de 5m. Após a aquisição, as imagens SAR/R99-B passaram pelos procedimentos de correção de padrão de antena; recorte das faixas; mosaico dos recortes; correção do ruído *speckle* com aplicação do filtro *Frost* com janela de 3X3, correção geométrica tomando como base de referência as imagens do mosaico Geocover 2000 e aumento linear de contraste.

As imagens de elevação, que corresponderam a seis cenas da SRTM adquiridas em fevereiro de 2000 pelo ônibus espacial *Endeavour*, foram recortadas, mosaicadas e o tamanho do pixel foi reamostrado de 90m para 30m, com o objetivo de melhorar a interpretação visual. O método utilizado foi a interpolação bilinear, que toma como base os valores dos quatro vizinhos mais próximo ao centro do novo pixel, utilizando uma janela 2x2 para calcular a intensidade final do valor do pixel, que é calculada por meio da média ponderada das distâncias dos centros dos 4 pixels ao centro do pixel de saída.

As imagens Geocover Landsat 7 (ano 2000) foram adquiridas no acervo da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), gratuito para *download*, e foram utilizadas como base de referência para o registro das imagens SAR, uma vez que estas são adquiridas já ortorretificadas, e para a fusão com as imagens de radar.

Na fusão entre as imagens Geocover e SAR/SIPAM foram utilizadas as técnicas de transformação IHS (segundo a concepção de Gillespie et al. 1986), na qual a tríade de bandas TM serviram como dado de entrada para a transformação RGB-IHS, com posterior cálculo dos componentes I (*intensity*), H (*hue*) e S (*saturation*) a partir das três bandas originais. Em seguida foi executada a transformação inversa do espaço de cores IHS para o RGB, substituindo o componente I pela imagem SAR/SIPAM polarização VV.

A interpretação visual das imagens levou em consideração os seguintes parâmetros: textura, forma, padrão, geometria e tonalidade dos alvos nas imagens. As feições da

morfologia deposicional das planícies aluviais dos rios Solimões e Purus, previamente definidas nos produtos de sensores remotos, foram analisadas no levantamento de campo realizado no período de 14 de novembro a 03 de dezembro de 2009, no Projeto Dinâmica Fluvial do Serviço Geológico do Brasil (CPRM-SBG de Manaus).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados obtidos a partir das imagens SRTM e do produto integrado SAR/óptico, permitiram a redefinição dos paleocanais 1 (definido por Latrubesse & Franzinelli, 2002) e 2 e 3 (definidos por Soares et al., 2010). Os paleocanais estudados estão inseridos nos terraços fluviais intermediário e inferior dos rios Solimões e Purus e apresentam centenas de metros de extensão e até 10 km de largura.

A Figura 1 apresenta os contornos dos três paleocanais sobre a imagem de elevação (SRTM). As áreas de tonalidades amarelo e laranja, com elevações menos acentuadas, correspondem aos depósitos dos terraços fluviais intermediário e inferior, enquanto as áreas de tonalidade cinza, situadas em áreas mais elevadas, correspondem ao terraço superior.

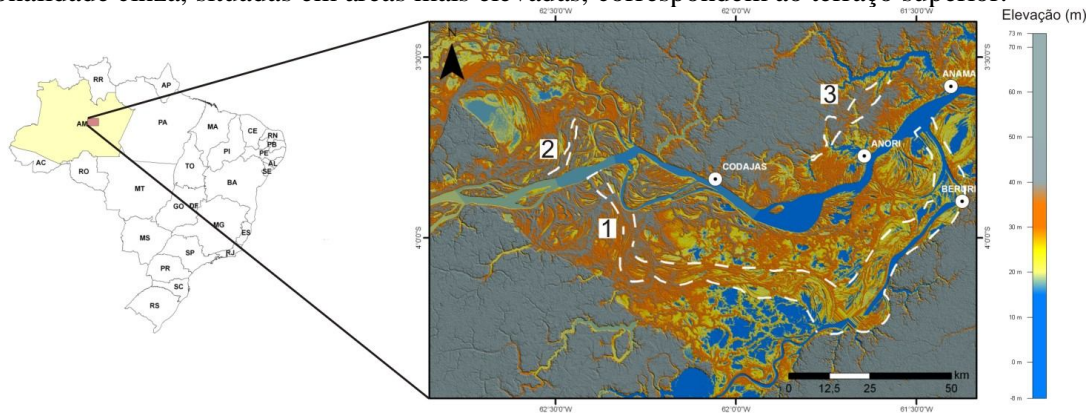


Figura 1. Localização da área de estudo. Em destaque o mosaico de imagens de elevação da SRTM com paleta de cores realçando o contraste das elevações e as feições morfológicas dos paleocanais 1, 2 e 3 (linhas tracejadas).

As feições de paleocanais são ressaltadas pela morfologia de barras alongadas, com cristas e depressões que se truncam e delimitam lagos alongados, onde se implantou uma vegetação de pequeno porte. Com o uso da polarização VV, as variações texturais das barras ficaram mais evidentes. No produto integrado SAR/Geocover, os paleocanais foram destacados pela textura mais lisa, decorrente da vegetação herbácea (gramínea), que predomina nessas áreas, contrastando com as áreas adjacentes da planície aluvial, que possuem vegetação de médio porte. A variação no porte da vegetação é representada por modificações texturais, com contribuição da variação de cromaticidade decorrente da reflectância da vegetação do tipo gramínea.

O paleocanal 1, mais expressivo da área de estudo, localiza-se na margem direita da planície aluvial do Rio Solimões (Figuras 2A e 2B), apresenta cerca de 170 km de extensão (eixo central) e largura que varia de 4 a 9 km. Apresenta forma arqueada, unindo dois locais do atual curso do Rio Solimões, sendo portanto, indicativo do antigo curso deste rio, que migrava há cerca de 40 km ao sul do leito atual. Na redefinição proposta neste estudo, o traçado do paleocanal 1 foi modificado, se comparado ao proposto por Latrubesse & Franzinelli (2002), levando em consideração a interpretação visual da morfologia de barras

alongadas. Atualmente, na depressão do paleocanal 1, migram rios tributários (como o rio Purus) e ocorrem vários lagos estreitos e alongados que acompanham a morfologia das barras.

O paleocanal 2 está localizado na margem esquerda do Rio Solimões, inserido no terraço inferior deste rio, à oeste da cidade de Codajás (Figura 2C). Apresenta forma retilínea na direção ENE-SSW, com aproximadamente 19 km de comprimento e 2 km de largura.

O paleocanal 3 localiza-se ao norte da localidade Anori, no terraço intermediário do Rio Solimões (Figura 2D). Apresenta forma levemente retilínea na direção NE-SW, com comprimento do eixo central de cerca de 34 km e uma largura média de 3,5 km. Na extremidade SW, este paleocanal é truncado pelos depósitos do terraço inferior do Rio Solimões. Internamente, as barras alongadas seguem os limites do paleocanal e truncam a morfologia de barras de acresção do terraço superior.

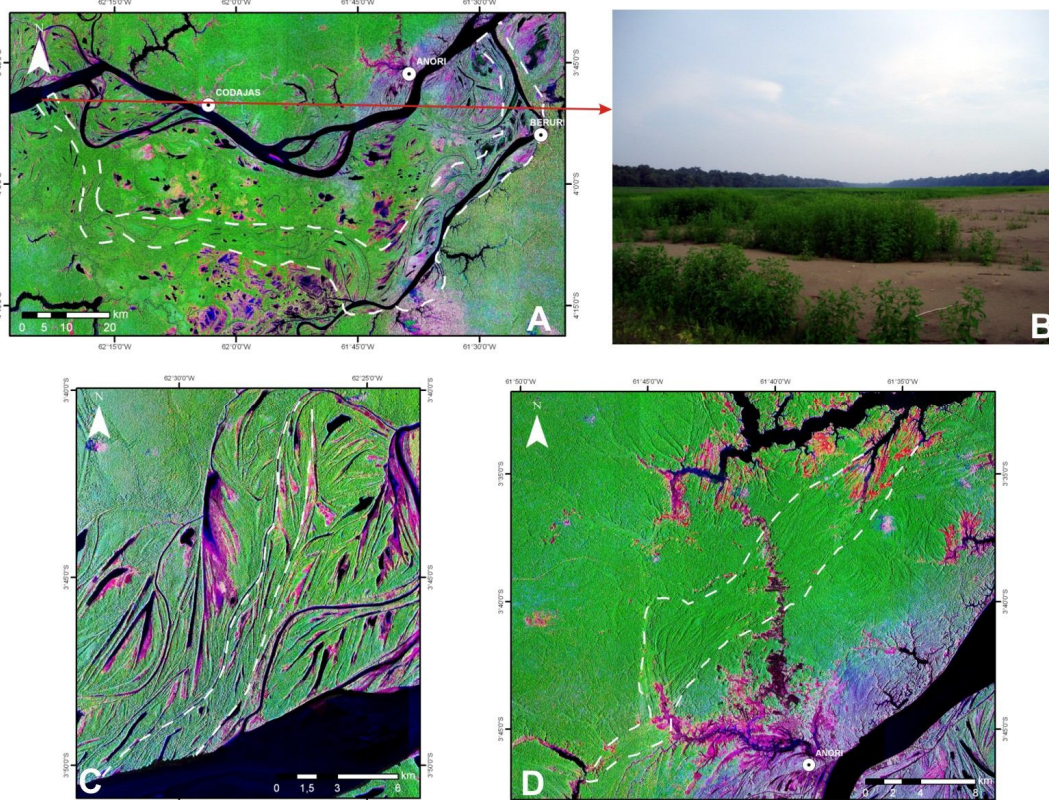


Figura 2. Fusão SAR/Geocover. A: traçado do paleocanal 1 (linha tracejada); B - relevo plano do paleocanal com vegetação do tipo gramínea (foto de campo); C - traçado do paleocanal 2; D - traçado do paleocanal 3.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de informações de sensores que operam em faixas espectrais distintas mostrou-se bastante eficaz, no que diz respeito ao reconhecimento de feições de paleocanais. Tanto a análise das informações de cada sensor de forma independente, quanto a análise de produtos integrados, mostrou que as técnicas de sensoriamento remoto podem ser aplicadas na identificação e caracterização destas feições nos depósitos aluviais quaternários da Amazônia. Neste estudo, a análise visual do padrão da morfologia deposicional de áreas alvas, auxiliaram na redefinição de 3 feições morfológicas de paleocanais inseridos nos depósitos aluviais do Rio Solimões. Os paleocanais analisados apresentam extensões

quilométricas e foram comprovados em levantamentos geológicos de campo. As feições de paleocanais, que evidenciam períodos de avulsão e retomada da sedimentação, inseridos nos terraços fluviais com morfologia deposicional de barras de acreção lateral e estratificação heterolítica inclinada, são indicativos do estilo fluvial meandrante do Rio Solimões na época de sua implantação, diferente do atual estilo anastomosado observado entre Anori e Codajás. A presença expressiva de paleocanais nos depósitos aluviais desta porção da Amazônia Ocidental, pode estar associada a dinâmica de evolução do Arco de Purus no Quaternário.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida Filho, R., Miranda, F.P., Beisl, C.H. 2005. Evidência de uma mega captura fluvial no Rio Negro (Amazônia) revelada em modelo de elevação digital. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 12, Goiania. 2005. INPE. P 1701-1707.
- Gillespie, A.R., Kahle, A.B., Walker, R.E., 1986. Color enhancement of highly correlated images. I. Decorrelation and HIS contrast stretches. *Remote Sensing of Environment*, vol. 20, pp. 209-235.
- Latrubesse, E.M., Franzinelli, E., 2002. The Holocene alluvial plain of the middle Amazon River, Brazil. *Geomorphology*, vol. 44, pp. 241-257.
- Mertes, L. A. K., Dunne, T., Martinelli, L. A. 1996. Channel-floodplain geomorphology along the Solimões-Amazon river, Brazil. *GSA Bulletin*, v. 108, n. 9, p. 1089-1107.
- Paradella, W. R., Santos, A. R., Veneziani, P., Moraes, M. C., 2001 O Sinergismo de Imagens Standart Descendente do RADARSAT-1 e Thematic Mapper do Landsat-5 em Aplicação Geológica na Amazônia. In *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 10., Foz do Iguaçu, 2001. *Anais...* Foz do Iguaçu, INPE. p. 315-322.
- Rossetti, D.F., Valeriano, M.M., 2007. Evolution of the lowest Amazon basin modeled from the integration of geological and SRTM topographic data. *Catena*, vol. 70, pp. 253-265.
- Rossetti, D.F., Valeriano, M.M., Thalles, M., 2007. An abandoned estuary within Marajó Island: implications for Late Quaternary paleogeography of northern Brazil. *Estuaries and Coasts*, vol. 30, pp. 813-826.
- Rossetti, D.F., Góes, A.M., Valeriano, M.M., Miranda, A.C.C., 2008a. Quaternary tectonics in a passive margin: Marajó Island, northern Brazil. *Journal of Quaternary Science*, vol. 23, pp. 121-135.
- Rossetti, D.F., Valeriano, M.M., Góes, A.M., Thalles, M., 2008b. Palaeodrainage on Marajó Island, northern Brazil, in relation to Holocene relative sea-level dynamics. *The Holocene*, vol. 18, pp. 923-934.
- Soares, E. A. A.; Silva, J. H. A. da; Teixeira, S.G.; Riker, R. L., 2010. Sedimentação Quaternária nas regiões de Caapiranga, Anamá, Anori e Beruri, Amazônia Ocidental. In: Congresso Brasileiro de geologia, 45., 2010, Belém. *Anais...* Belém: SBG. Artigos. CD-ROM.