

Uso de imagens multi-sensores na identificação de paleocanais do Rio Solimões nas regiões de Anori, Codajás e Beruri, Amazônia Ocidental

Sheila Gatinho Teixeira¹
Emílio Alberto Amaral Soares²

¹ Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Av. Dr. Freitas, 3645 - Bairro do Marco, 66095-110 Belém, PA, Brasil
(steixeira@ma.cprm.gov.br)

² Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Amazonas
Av. Gal. Rodrigo O.J. Ramos, 3000, 69077-000 Manaus, AM, Brasil
(easoares@ufam.edu.br)

Abstract. The paleochannels are important morphologic features that allow the understanding of drainage systems preterit and may help to understand the paleoenvironment changes. Aiming to corroborate the understanding of quaternary fluvial dynamics of River Solimões in the Anori, Codajás and Beruri regions (western Amazonia), the use data remote sensing, such as elevation images of SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), SAR images (Synthetic Aperture Radar) / SIPAM (Sistema de Proteção da Amazônia), Geocover Landsat Mosaic 2000, and data from geology survey field, allowed the redefinition of three paleochannels features using visual interpretation techniques of satellite imagery, analyzing aspects such as texture, shape, size, pattern, geometry, color and tonality of images in areas with paleochannels. In the elevation images (SRTM), the SAR-SIPAM mosaic, and mosaic Geocover, the features of kilometer paleochannels are distinguished by morphology of elongated bars, with ridges and lower areas, which are truncate in various directions, defining a smoother texture in relation units adjacents terraces. The features paleochannels that show periods of avulsion and retaking sedimentation, inserted in deposits of fluvial terraces are indicative of the style fluvial meandering of the Solimões River at the time of its implementation, different of current style anastomosed observed in this section. The presence of significant paleochannels in alluvial deposits this portion of the western Amazonia, may be associated with the dynamic evolution of the Quaternary Purus Arch.

Palavras-chave: remote sensing, paleochannels, fluvial dynamics, SAR - SIPAM, sensoriamento remoto, paleocanais, dinâmica fluvial e SAR-SIPAM.

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. Trabalhos como os de Rossetti e Valeriano (2007), Rossetti et al. (2007), Rossetti et al. (2008a,b) mostram a aplicação de dados da SRTM na caracterização de paleocanais na Ilha do Marajó (Estado do Pará). Na Amazônia ocidental, os estudos de Latrubesse e Franzinelli (2002) e Soares et al. (2010) identificaram paleocanais nos terraços fluviais do Rio Solimões. Portanto, visando corroborar o entendimento da dinâmica fluvial quaternária do Rio Solimões nas regiões de Anori, Codajás e Beruri (Amazônia Ocidental), o uso de sensores remotos, tais como, as imagens de elevação da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), imagens do SAR (Radar de Abertura Sintética) /SIPAM e imagens do mosaico Geocover Landsat-2000, além de dados de levantamentos geológicos de campo, permitiu a redefinição de 3 feições de paleocanais usando técnicas de interpretação visual de imagens de satélite, onde foram analisados aspectos como a textura, forma, tamanho, padrão, geometria, tonalidade e cores.

2 - Contexto Geológico

Os depósitos sedimentares quaternários das regiões de Anamá, Codajás e Beruri, na Amazônia Ocidental (Figura 1), são constituídos de três níveis de terraços fluviais,

desenvolvidos sobre rochas siliciclásticas cretáceas (Formações Alter do Chão) e neógenas (Formação Novo Remanso) (Soares et al., 2010). Nestas regiões, os terraços apresentam distribuição assimétrica e se estendem por cerca de 100 km, constituindo as planícies aluviais dos rios Solimões e Purus. O terraço superior, mais antigo, localiza-se mais afastado dos canais atuais, situa-se em cotas altimétricas que variam de 25 a 65 m, sendo parcialmente inundado pelas enchentes sazonais. Apresente relevo de morros e colinas com padrão de drenagem dendrítica a subdendrítica, sendo recoberto por vegetação de grande a médio porte. Os terraços intermediário e inferior situam-se em cotas de 25 a 46m e 14 a 41m, respectivamente, constituindo uma faixa estreita e alongada, de relevo plano a suavemente ondulado, que acompanha as direções dos rios Solimões e Purus. Estes terraços são periodicamente inundados pelas enchentes sazonais e apresentam vegetação de pequeno porte a gramínea.

Os três níveis de terraços fluviais são constituídos principalmente por intercalações de camadas de areia, silte e argila em diferentes proporções, que compõem os pares de estratificação heterolítica inclinada (Figura 2), e registram os processos de deposição de barras de acreção lateral (Soares et al., 2010). 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.

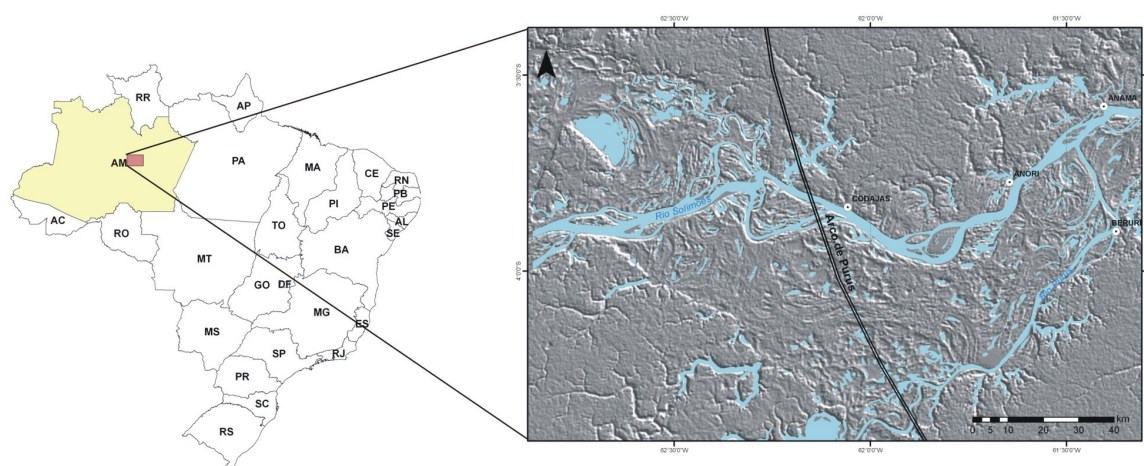


Figura 1. Localização da área de estudo no Estado do Amazonas, em detalhe o relevo sombreado da área (azimute 35° e altitude 45°), obtido a partir das imagens SRTM e a localização aproximada do Arco de Purus.



Figura 2. Depósito do terraço superior do Rio Purus, ao sul da localidade Beruri, mostrando os pares de estratificação heterolítica inclinada (linhas tracejadas).

3 - Materiais e Métodos

Neste estudo, foram utilizadas imagens do sensor SAR da Plataforma R99-B/SIPAM, dados da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), e imagens Geocover Landsat. As imagens SAR foram adquiridas na Missão Amazonas – Rondônia no período de 10 a 23 de dezembro de 2005 e de 07 a 24 de março de 2006, na forma de nove faixas correspondentes a trajetórias de voo na direção N-S e visada para W. A aeronave sobrevoou a área a uma altura de 35.000 pés, varrendo faixas com largura de 22 km com uma variação de ângulo de incidência de 44° a 81°. As cenas adquiridas são referentes à banda L, com polarização HH, HV, VH e VV. Os dados produzidos apresentam uma resolução nominal de 5m.

Após a aquisição, as imagens SAR/R99-B foram submetidas ao processamento digital de imagens no *software* PCI *Geomatics* versão 10.3, onde foram feitos os procedimentos de correção de padrão de antena; recorte das faixas; mosaico dos recortes para a polarização HH; correção do ruído *speckle* com aplicação do filtro Frost com janela de 5X5 e correção geométrica tomando como base de referência as imagens do mosaico Geocover 2000.

As imagens de elevação, que correspondem a seis cenas da SRTM adquiridas em fevereiro de 2000 pelo ônibus espacial *Endeavour*, foram recortadas e mosaicadas no *software* *Global Mapper* versão 8.0. No *software* PCI *Geomatics* (versão 10.3) o mosaico da SRTM teve o tamanho de pixel reamostrado de 90m para 30m, com o objetivo de melhorar a interpretação visual da imagem. E por fim, foram testadas diversas paletas de cores que permitiram o contraste das variações de elevação, onde as cotas mais altas foram realçadas com tons de cinza e as cotas baixas nos tons de laranja e amarelo, ressaltando assim as depressões e o nível da água foi realçado em tons azuis.

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 e também auxiliaram na interpretação visual dos paleocanais.

O método qualitativo, utilizado na análise das imagens, permitiu o uso de técnicas de interpretação visual, que ressaltaram os aspectos da textura, forma, tamanho, padrão, geometria, tonalidade e cores dos alvos nas imagens, e criaram os contrastes necessários para a delimitação e caracterização das feições morfológicas de paleocanais.

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 do tratamento das imagens SAR, SRTM e Geocover, permitiram a redefinição dos contornos dos paleocanais 1 (definido por Latrubesse e Franzinelli, 2002) e 2 e 3 (definidos por Soares et al., 2010). Os paleocanais situam-se nos terraços fluviais inferior e intermediário do Rio Solimões e apresentam centenas de metros de extensão e até 10 km de largura.

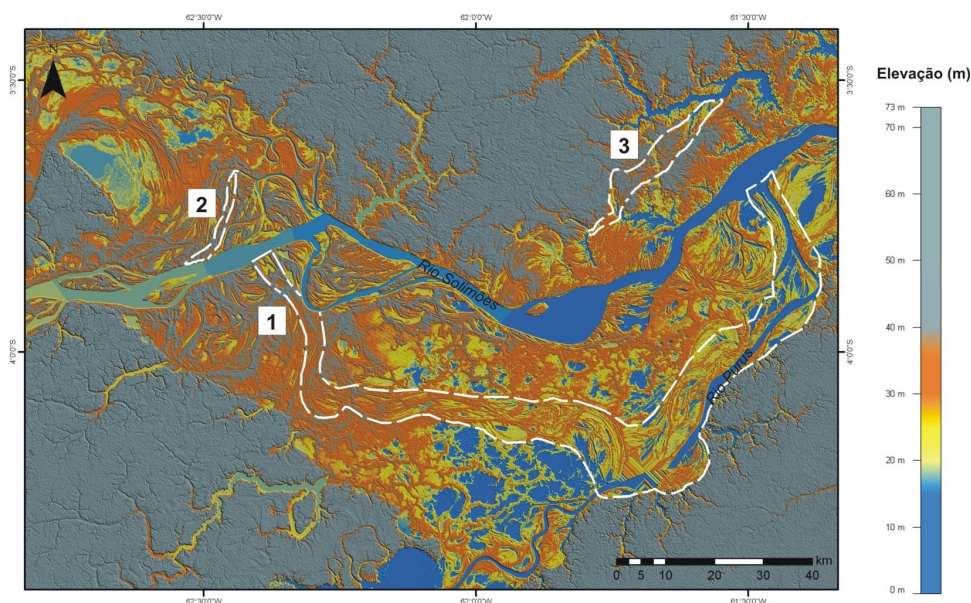


Figura 3. Mosaico com as imagens de elevação da SRTM com paleta de cores realçando o contraste entre as áreas mais elevadas e mais baixas e as feições morfológicas dos paleocanais (1, 2 e 3), definido pelas linhas tracejadas brancas.

Nas imagens de elevação (Figura 3), no mosaico SAR (Figuras 4A, 5A e 6A), e no mosaico *Geocover* (Figuras 4B, 5B e 6B), as feições de paleocanais são ressaltadas pela morfologia de barras alongadas, com cristas e depressões, que se truncam em várias direções, definindo uma textura mais lisa (Figura 4C) em relação as unidades de terraços adjacentes. Nas imagens *Geocover*, as feições de paleocanais também se ressaltam pela textura mais lisa em relação às unidades adjacentes de terraços fluviais (com vegetação de médio porte), e exibem tonalidades de verdes mais claros, provavelmente em função da reflectância da vegetação do tipo gramínea (Figura 4B e D). Nas áreas dos paleocanais ocorrem lagos alongados que acompanham a morfologia das barras, observados nas imagens *Geocover* e SAR (Figuras 4B e 4C, respectivamente).

O paleocanal 1, mais expressivo da área de estudo, localiza-se na margem direita da planície aluvial do Rio Solimões (Figuras 4A e 4B), 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 direção da morfologia de barras alongadas. Atualmente, sobre a depressão do paleocanal 1, migram rios tributários (como o rio Purus) e ocorrem vários lagos de vários tamanhos e formas.

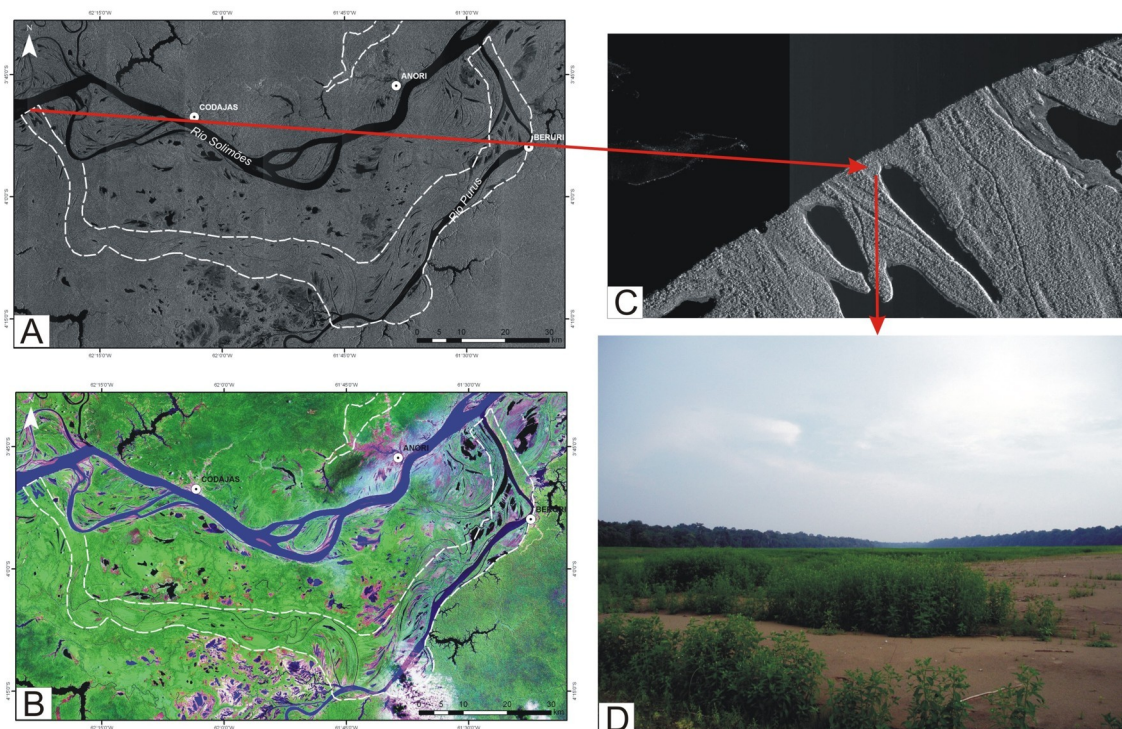


Figura 4. A - Mosaico de imagens SAR com o traçado do paleocanal 1 (linha tracejada branca); B - Mosaico de imagens Geocover com o traçado do paleocanal 1 (linha tracejada branca); C - Detalhe do mosaico SAR, com barras fluviais alongadas exibindo textura lisa; D - relevo plano do paleocanal com vegetação do tipo gramínea.

O paleocanal 2 localiza-se margem esquerda do Rio Solimões (Figura 5), à oeste da sede municipal de Codajás, no terraço inferior do Rio Solimões. Apresenta forma retilínea na direção ENE-SSW, e exibe aproximadamente 19 km de comprimento e 2 km de largura.

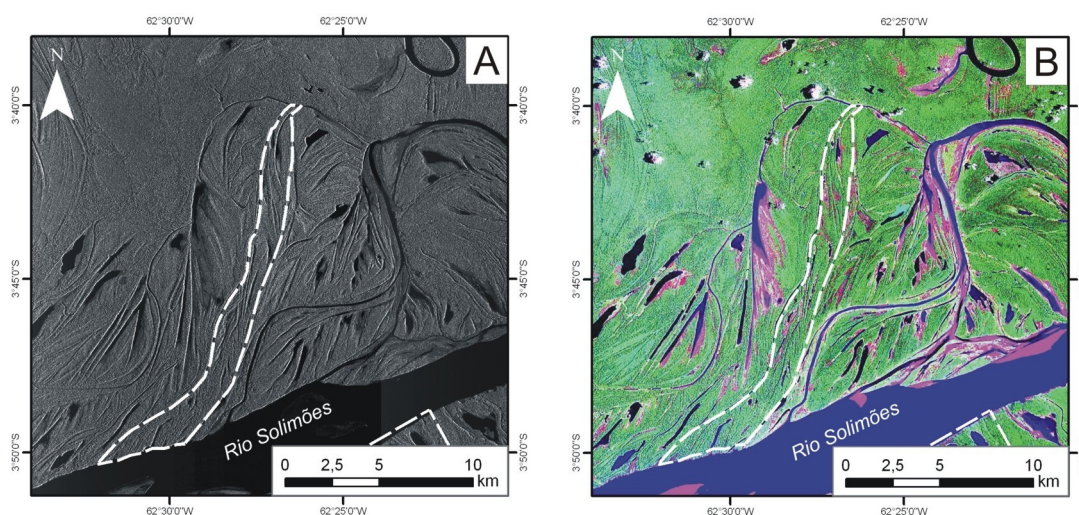


Figura 5. Detalhe do traçado do paleocanal 2, a oeste de Codajás (linha tracejada branca) em mosaicos de imagens SAR (A) e Geocover (B).

O paleocanal 3 localiza-se ao norte da localidade Anori, no terraço superior do Rio Solimões (Figura 6). 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 inferior, este paleocanal é truncado pelos depósitos do terraço intermediário do Rio Solimões. Além disso, as feições das barras alongadas internas são alinhadas na mesma direção do paleocanal e truncam a morfologia de barras de acreção do terraço superior.

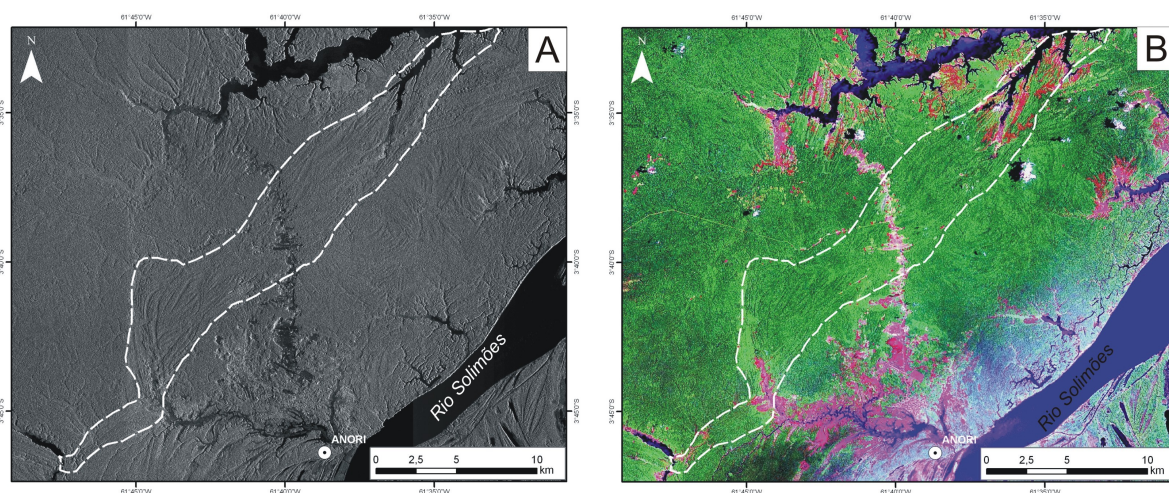


Figura 6. Detalhe do traçado do paleocanal 3 (linha tracejada) no terraço superior do Rio Solimões, ao norte da localidade Anori. Destaque para a morfologia deposicional de barras de acreção lateral dos terraços e as barras alongadas do paleocanal. Mosaicos de imagens SAR (A) e Geocover (B).

5 - Considerações Finais

A análise visual dos produtos de sensores remotos (mosaico Geocover Landsat, SRTM e mosaico SAR-SIPAM), mostrou que estas imagens podem ser uma ferramenta útil na identificação e caracterização de paleocanais nos depósitos aluviais quaternários da Amazônia. A análise dos padrões de textura, forma, cor, geometria e padrão da morfologia deposicional de áreas alvas, auxiliaram na redefinição de três feições morfológicas de paleocanais nos depósitos aluviais do Rio Solimões. Os paleocanais 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 depósitos de 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 neste trecho. 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

- Latrubesse, E.M., Franzinelli, E. The Holocene alluvial plain of the middle Amazon River, Brazil. **Geomorphology**, v. 44, p. 241–257, 2002.
- Rossetti, D.F., Valeriano, M.M. Evolution of the lowest Amazon basin modeled from the integration of geological and SRTM topographic data. **Catena**, v. 70, p. 253-265, 2007.
- Rossetti, D.F., Valeriano, M.M., Thalles, M. An abandoned estuary within Marajó Island: implications for Late Quaternary paleogeography of northern Brazil. **Estuaries and Coasts**, v. 30, p. 813-826, 2007.
- Rossetti, D.F., Góes, A.M., Valeriano, M.M., Miranda, A.C.C. Quaternary tectonics in a passive margin: Marajó Island, northern Brazil. **Journal of Quaternary Science**, v. 23, p. 121-135, 2008a.

Rossetti, D.F., Valeriano, M.M., Góes, A.M., Thallês, M., Palaeodrainage on Marajó Island, northern Brazil, in relation to Holocene relative sea-level dynamics. **The Holocene**, v. 18, p. 923-934, 2008b.

Soares, E. A. A.; Silva, J. H. A. da; Teixeira, S.G.; Riker, R. L. Sedimentação Quaternária nas regiões de Caapiranga, Anamá, Anori e Beruri, Amazônia Ocidental. In: Congresso Brasileiro de geologia, 45., 2010, Belém. **Anais...** Belém: SBG, 2010. Artigos. CD-ROM.