

[HOME \(/2018/\)](#)[COMISSÕES \(.././COMISSOES.HTML\)](#)[ANAIS \(.././ANAIS.HTML\)](#)

# MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOMORFOLÓGICA DE TRECHO FLUVIAL DO BAIXO RIO XINGU – AMAZÔNIA CENTRO-ORIENTAL

## Autores

de Paula, E.M.S. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ)

## Resumo

O trecho fluvial em estudo, reconhecido localmente como Embaubal, é considerado de prioridade extremamente alta para conservação, em virtude da sua importância biológica para Amazônia. Encontra-se à jusante da Usina Hidroelétrica de Belo Monte (UHEBM), que proporcionará uma nova dinâmica evolutiva para as paisagens do Baixo Rio Xingu. Tem-se como objetivo principal analisar aspectos geológico- geomorfológicos do Embaubal, estabelecendo correlações com os demais componentes da paisagem. Em decorrência das características das feições e das imagens de satélites disponíveis, desenvolveu-se metodologia de mapeamento de feições temporariamente submersas.

## Palavras chaves

*Embaubal; Jusante; Belo Monte*

## Introdução

O trecho fluvial em estudo, reconhecido localmente com o Embaubal, está localizado na foz do rio Xingu, em ria efetivada pela transgressão do oceano Atlântico (BRASIL, 1974a). Esse fenômeno alarga o canal principal no baixo rio Xingu e provoca diminuição substancial da velocidade do rio, formando praias e ilhas fluviais sazonalmente inundáveis. No Embaubal existem praias fluviais que servem de ambiente de desova para as tartarugas-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) e outras espécies de quelônios, sendo esse trecho fluvial é considerado pela Portaria nº 9, de 23 de janeiro de 2007 (MMA, 2007) como de prioridade 'extremamente alta para conservação', em virtude da sua importância biológica para Amazônia. Com objetivos de conservação dessa paisagem, em 2016, o Governo do Estado do Pará criou em parte do Embaubal duas Unidades de Conservação (UC), a saber: a Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Vitória de Souza; e o Refúgio de Vida Silvestre (RVS) Tabuleiro do Embaubal. Esse trecho fluvial está à jusante da Usina Hidroelétrica de Belo Monte (UHEBM), e concordando com a proposição de Makkaveyev (1972) e Cunha (2008) para rios com barramento do fluxo fluvial natural, o baixo rio Xingu, com as obras de exploração hidroelétrica, terá nova dinâmica geomorfológica, conseqüentemente, vivenciará um novo caminho evolutivo. A pesquisa teve como objetivo principal analisar aspectos geológico- geomorfológicos do Embaubal, trecho fluvial do baixo rio Xingu, proporcionando subsídios para o planejamento e gestão ambiental de paisagens fluviais amazônicas. Para tanto foi elaborado mapeamento das unidades geomorfológica e geológicas do Embaubal utilizando-se técnicas de processamento e classificação digital de imagens de satélite, e caracterizou-se a geologia e a geomorfologia estabelecendo correlações com informações dos solos, cobertura vegetal e usos da terra.

## Material e métodos

Por adequação a escala de pesquisa, 1:250.000, e disponibilidade de imagens com pouca ocorrência de nuvens para o ano de 2016, utilizou-se as imagens da cena 225/062 de 02/08/2016 do LANDSAT 8, as quais foram submetidas a procedimentos de correção atmosférica utilizando-se a extensão Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) (CONGEDO, 2017) para o QGIS, que executa a correção extraindo informações dos metadados das imagens de acordo com a proposição de Chander, Markham e Helder (2009). Após as correções atmosféricas, foram aplicadas técnicas de realce disponíveis no SPRING5.4, tais como: contrastes, filtros e operações aritméticas entre imagens, e selecionou-se produtos que permitiam a melhor discriminação das feições geomorfológicas emersas e das temporariamente submersas. Para o mapeamento das feições geomorfológicas temporariamente submersas, as técnicas escolhidas foram: aplicação de Filtro e de Contraste. Dos contrastes implementados no SPRING5.4, o algoritmo Equalização de Histograma foi o que permitiu a melhor identificação visual dos alvos submersos, com a expansão dos níveis de cinza ao longo de todo o intervalo, através de uma transformação não-linear que considera a distribuição acumulativa da imagem (CÂMARA, 1996). A análise dos resultados do contraste Equalização de Histograma mostrou que banda correspondente a faixa espectral entre 0,56 a 0,69 $\mu$ m (Faixa do Vermelho) detém registros mais detalhados das feições temporariamente submersas, em relação às demais bandas. Em Brasil (2014) há indicação da faixa espectral de 0,45 a 0,52 $\mu$ m do LANDSAT, entretanto Jensen (2011) indica que os levantamentos de feições submersas nessa porção espectral requerem que a água esteja livre de constituintes orgânicos e inorgânicos. Conforme a classificação geral proposta por Sioli (1984) para a Região Amazônica, as águas do rio Xingu são classificadas como água claras, com cargas dissolvidas e em suspensão, sendo que nesse tipo de água Legleiter et al. (2004) observam que comprimentos de onda entre 0,56 e 0,69 $\mu$ m proporcionam melhores respostas na identificação de feições submersas. A aplicação do Filtro Linear Passa Baixa Média 5x5 na faixa do vermelho permitiu atenuar os efeitos de ruídos provocados pela diferença de sensibilidade dos detectores do sensor TM do LANDSAT, e preservou os componentes de baixa frequência, especificamente, realçou as Barras Móveis. O mapeamento das feições emersas, Barras Fixas e Planície de Inundação, foi realizado através de análise e reclassificação temática do Índice de Diferença Normalizada da Vegetação (NDVI), de acordo com documentos

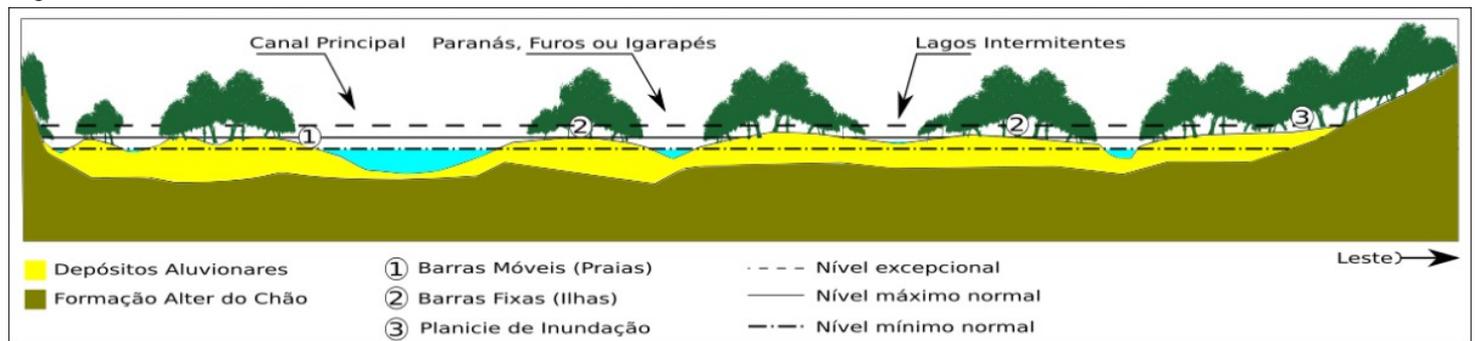
cartográficos do projeto RADAM (BRASIL, 1974a; 1974b) e o mapeamento geológico do Programa Geológico Brasileiro (BRASIL, 2004a; 2004b). O mapa geológico-geomorfológico (figura 1) é resultado da união dos produtos feições temporariamente submersas e feições emersas, após a reclassificação visual das áreas cobertas por nuvens e sombras de nuvens. O mapeamento e a caracterização geológica-geomorfológica foi validado em atividades de pesquisa em campo nos anos de 2015 e 2016, em períodos de máximos e mínimos das cotas fluviométricas, e teve como referências os mapeamentos geológico e geomorfológico do Projeto RADAM (BRASIL, 1974a; 1974b), o mapeamento geológico do Programa Geológico Brasileiro (BRASIL, 2004a; 2004b), o estudo de evolução sedimentar de Souza (2015), o mapeamento de solos da SEMAS- PA (PARÁ, 2013) e de uso da terra e cobertura vegetal de De Paula (2017).

## Resultado e discussão

No mapa de unidades litoestratigráficas do baixo rio Xingu (in DE PAULA et al, 2016) é perceptível que o trecho do rio correspondente ao Embaubal, está sobre a Formação Alter do Chão. Nesse trecho, o rio possui padrão anastomosado, independente do período do ano observado, fato relacionado à deposição de cargas detríticas mais arenosas (SCHUMM, 1967; CUNHA, 1995). Trechos anastomosados caracterizam-se por apresentar grande volume de carga de fundo, que conjugado com as flutuações das descargas, ocasionam a ramificação do rio em múltiplos canais, separados por ilhas assimétricas (CHRISTOFOLETTI, 1980; CUNHA, 1995). Nesse trecho do rio Xingu, dá-se o início da ria formada pela transgressão marinha exercida pelas águas do oceano Atlântico sobre o rio Amazonas, que também provoca aumento diário do nível das águas do rio Xingu, e tornou o vale largo com foz em forma de trombeta. A ria diminui a competência de transporte do rio Xingu, o que viabiliza a deposição de sedimentos finos, que formam a paisagem do Embaubal. Datações pela metodologia Optically Stimulated Luminescence (Datação de sedimentos por luminescência opticamente estimulada) realizadas por Souza (2015) em depósitos de sedimentos dessa paisagem fluvial, registram idades relacionadas ao Pleistoceno Inferior, e, principalmente, ao Holoceno Médio, sendo que o trecho Leste do Embaubal é mais antigo que o trecho Oeste, e áreas recobertas por Floresta Ombrófila Densa Aluvial são mais antigas, com idades superiores a cem anos (SOUZA, 2015), e as áreas recobertas por Vegetação Pioneira com influência fluvial são mais recentes, idades inferiores a 100 anos. Na figura 1 apresenta-se um perfil geológico-geomorfológico esquemático para o Embaubal. Além das unidades geológicas e geomorfológicas, indicou-se os níveis de água mínimos e máximos normais e o nível excepcional. O nível mínimo normal indica às partes do leito do rio ocupadas durante o escoamento das águas de vazantes, e onde não há crescimento florestal. O nível maior normal indica as áreas do canal ocupadas pelas águas do rio de forma periódica (ou sazonal) durante as cheias anuais, sendo que o tempo de subida e descida das águas do rio Xingu permitem a fixação e o crescimento de vegetação nas áreas temporariamente emersas. O nível maior excepcional é ocupado durante as grandes cheias, as quais ocorrem em intervalos de tempo irregulares não anuais, e são em grande parte florestadas. A figura 2 é uma mapa dos detalhes geológicos e geomorfológicos para o Embaubal, onde foram identificadas as seguintes unidades geológicas quaternárias: depósitos aluvionares inconsolidados e depósitos aluvionares semi-consolidados. Os depósitos aluvionares são formados pela deposição de sedimentos finos transportados pelas águas do rio Xingu, e o estado de consolidação está relacionado à presença ou não de cobertura vegetal, sendo que os inconsolidados possuem cobertura vegetal incipiente, e os consolidados possuem cobertura vegetal arbustiva e/ou arbórea. De acordo com Souza (2015), a estratigrafia sedimentar dos depósitos aluvionares inconsolidados tem no topo areias finas a médias silto-argilosas e na base areias muito finas à siltosas. Já nos depósitos aluvionares semi-consolidados possuem como topo uma camada de silte grosso arenoso, outra de areias finas à médias silto-argilosas e na base camada de areias muito finas à siltosas. Os depósitos aluvionares inconsolidados constituem geomorfológicamente as barras móveis ou praias fluviais (Figura 3a), que surgem no período de vazante do rio Xingu, e localizam-se, principalmente, na porção Oeste do Embaubal, porém, podem ser encontradas no entorno das ilhas e nas margens do rio (barras laterais). As barras móveis, ou parte delas, podem ser transitórias, somente existindo entre dois períodos de cheias, quando seriam removidas com a retomada da capacidade de transporte do rio. Geralmente, são ambientes planos, com diferenças altimétricas inferiores a 1,5m,

sendo que algumas dessas praias, a exemplo da praia formada na ilha do Juncal, possuem cristas com altimetria superior a 2m em relação ao seu entorno, o que as tornam aptas a serem utilizadas como local de desova para as Tartarugas-da-amazônia (*Podocnemis expansa*). As praias fluviais possuem solos pouco evoluídos constituídos por material mineral e incipiente quantidades de matéria orgânica, e são classificados como Neossolos Flúvicos. Nesses solos inicia-se a formação vegetal das ilhas e o conseqüente processo de fixação sedimentar. Os Neossolos Flúvicos encontrados no Embaubal, por serem inundados sazonalmente, não são indicados para práticas agrícolas permanentes, sendo que as áreas recobertas por gramíneas são comumente utilizadas para o pastoreio de bovinos no período de vazante dos rios, o qual pode retardar o processo de formação de solos, devido à retirada da vegetação, que amenizam processos morfogenéticos e intensificam processos pedogenéticos. Nos depósitos aluvionares semi-consolidados foram mapeadas duas classes geomorfológicas: Barras Fixas e Planície de Inundação. As barras fixas ou ilhas fluviais diferenciam-se das barras móveis por já possuírem cobertura vegetal arbustiva e arbórea, e ocupam grande parte da área central do leito fluvial. A planície de inundação está nas margens direita (Figura 3b), em sua maior expressão, e na esquerda (Figura 3c) do trecho do rio em estudo, sendo recobertas por vegetação arbórea inundadas nas cheias do rio Xingu. Enquanto a margem direita possui declive suave, a margem esquerda tem declive abrupto em forma de falésias fluviais. As Barras Fixas e Planície de Inundação possuem solos do tipo Gleissolos Háplicos associados à Neossolos Flúvicos. Os Gleissolos Háplicos desenvolvem-se em sedimentos aluviais Holocênicos sujeitos a condições de hidromorfia. De acordo com Pará (2013), quando ocorrem associados a solos fluviais apresentam alta fertilidade, o que incentiva o uso pela agricultura, que deve estar adaptada aos regimes de cheia do rio, que inunda esses solos. Os moradores do arquipélago desenvolvem nesses solos atividades agrícolas de subsistência associadas à pecuária extensiva de bubalinos.

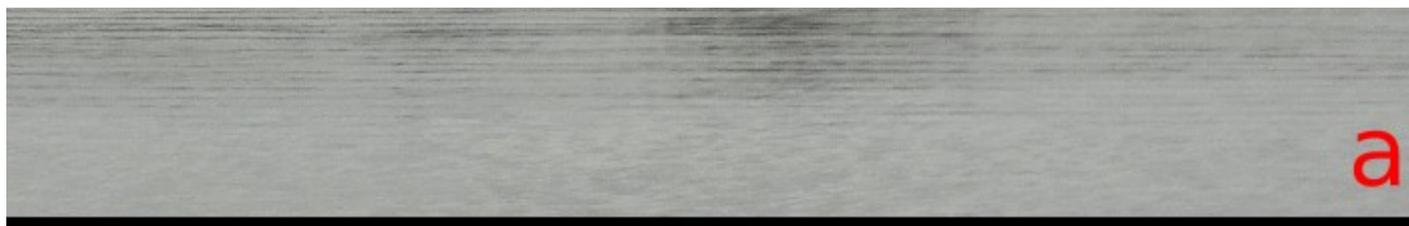
Figura 1



Perfil Esquemático Geológico-Geomorfológico do Embaubal - Trecho Fluvial do Baixo Rio Xingu.

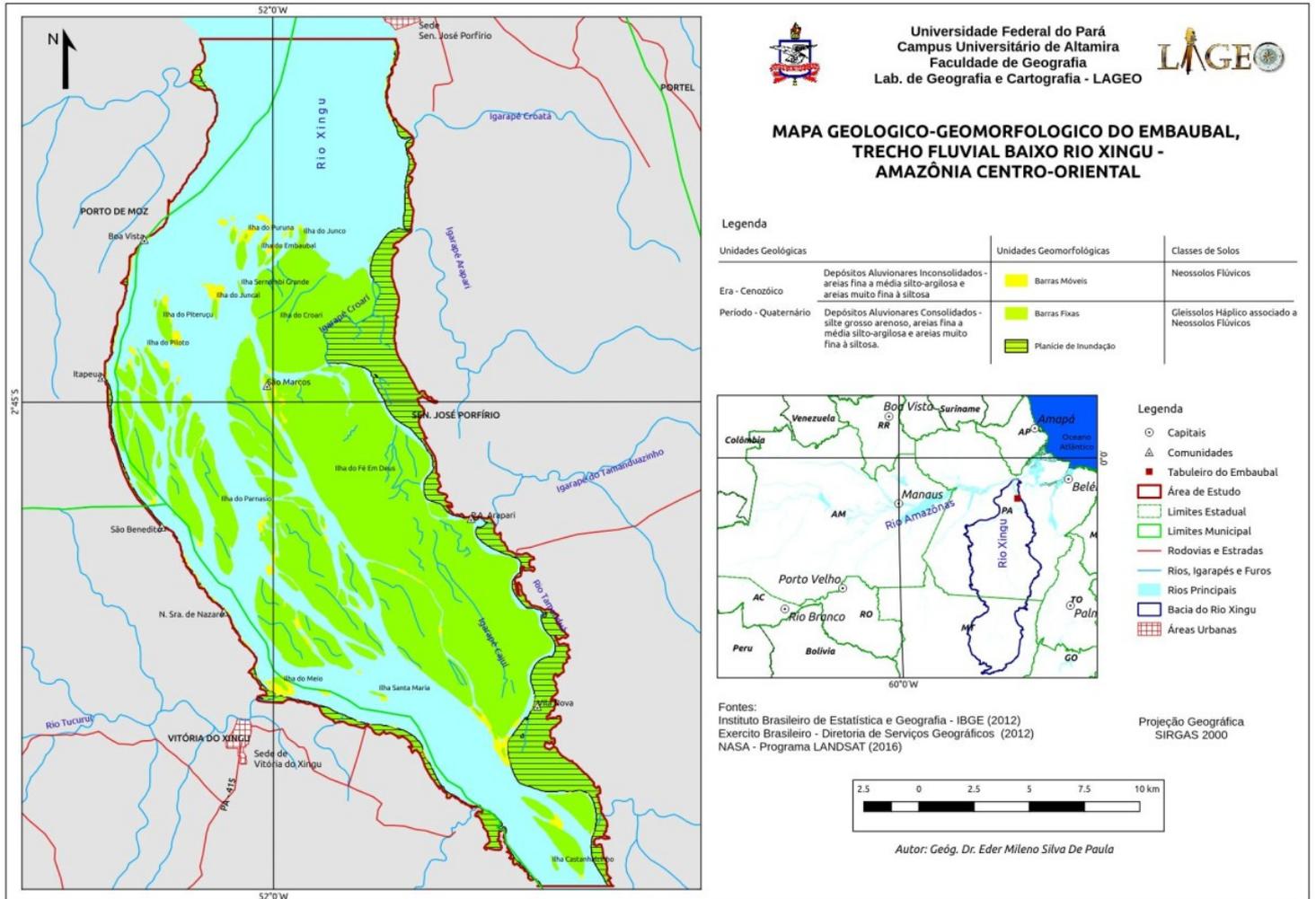
Figura 3





Barras Móveis (a) Planície de Inundação Margem Direita (b), Planície de inundação Margem Esquerda (c) do Embaubal - Trecho Fluvial do Baixo Rio Xingu.

Figura 2



Mapa Geológico-Geomorfológico do Embaubal - Trecho Fluvial do Baixo Rio Xingu.

## Considerações Finais

Imagens orbitais de sensores passivos onde seja possível identificar as Barras Móveis quando emersas são escassas, fato que impulsionou a elaboração de metodologia baseada em técnicas de processamento e classificação digital, especificamente, a aplicação do Filtro Linear Passa Baixa Média 5x5 e do Contraste Equalização de Histograma, que permitiram identificar a faixa espectral entre 0,56 a 0,69µm (Faixa do Vermelho) como mais adequada para o mapeamento dessas feições temporariamente submersas. O Embaubal, trecho fluvial do Baixo Rio Xingu, está localizado no início da ria formada pela transgressão do Oceano Atlântico, que provoca aumento e redução diário da cota fluviométrica. Esse trecho possui padrão anastomosado independente do período do ano observado, sendo o setor Leste geologicamente mais antigo que o Oeste. Foram identificadas duas unidades geológicas quaternárias, a saber: depósitos aluvionares inconsolidados e depósitos aluvionares semi-consolidados. A primeira constituem geomorfológicamente as barras móveis ou praias fluviais, e a segunda a planície de inundação, que está presente em maior expressão no setor Leste. As barras móveis, ou parte delas, podem ser transitórias, somente existindo entre dois períodos de cheias, fato que deve ser melhor entendido em estudos sobre a evolução geomorfológica para adequada gestão e planejamento ambiental dessa paisagem fluvial.

## Agradecimentos

Agradeço as Universidades Federais do Pará e do Ceará pelo apoio na construção da pesquisa, em especial ao Prof. Dr. Edson Vicente da Silva (Cacau).

## Referências

- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Governo Federal (Org.). Projeto Radam - Folha SA.22 Belém: Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro: [si], 1974a.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Governo Federal (Org.). Projeto Radam - Folha SB.22 Araguaia: Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro: [si], 1974b.
- BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. Governo Federal (Org.). Os satélites LANDSAT 5 e 7. Principais características e aplicações das bandas TM e ETM dos satélites LANDSAT 5 e 7. Disponível em: <[http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57\\_PT.php](http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php)>. Acesso em: 12 jun. 2014.
- BRASIL. Serviço Geológico do Brasil-CPRM. Ministério de Minas e Energia. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: Folha SA-22 Belém. [si]: CPRM, 2004a.
- BRASIL. Serviço Geológico do Brasil-CPRM. Ministério de Minas e Energia. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: Folha SB-22 Araguaia. [si]: CPRM, 2004b.
- CÂMARA, G et al. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & Graphics*, [s.i.], v. 3, n. 20, p.395-403, maio 1996
- 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*, [S.I.], v. 113, n. 5, p.893-903, maio 2009.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Editora Blucher. 12ª reimpr., 1980
- CONGEDO, Luca. Semi-Automatic Classification Plugin Documentation: Versão 5.3.6.1. S.i: S.i., 2017. 274 p. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>>. Acesso em: 3 abr. 2017
- CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: Guerra, A. J. T. & Cunha, S. B. (org.) Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 20ed., Bertrand Brasil, 2008. p. 211-252.
- CUNHA, Sandra B. Impactos das Obras de Engenharia Sobre o Ambiente Biofísico da Bacia do Rio São João (Rio de Janeiro – Brasil). Rio de Janeiro: Ed: Instituto de Geociências, UFRJ, 1995. 378 p.
- DE PAULA, E. M. S. et al. Compartimentação Geoecológica da Sub-Bacia do Baixo Rio Xingu – Amazônia Centro-Oriental, Brasil. *Revista Equador*, Teresina, v. 5, n. 4, p.128-150, 2016.
- DE PAULA, Eder Mileno Silva. Paisagem Fluvial Amazônica: Geoecologia do Tabuleiro do Embaubal - Baixo Rio Xingu. 2017. 158 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Cap. 4.
- JESSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução José Carlos Neves Epiphanyo (Coordenador)... [et al.]. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2011. 2ªed.
- LEGLEITER, C. J., et al. Passive Optical Remote Sensing of River Channel Morphology and in-stream Habitat: Physical Basis and Feasibility. *Remote Sensing of Environment*, n. 93, p. 493-510. 2004.
- MAKKAVEYEV, N. I. The impact of large water engineering projects on geomorphic process in stream valleys. *Soviet Geography: Review and Transactions*. n. 13, p. 387-393, 1972.
- MMA, Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 9, de 23 de janeiro de 2007. Diário Oficial da União. 17. ed. [Brasília]: Imprensa Nacional, 24 jan. 2007. Seção 1, p. 55-55.
- PARÁ. Diretoria de áreas Protegidas. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Diagnóstico Ambiental, Socioeconômico e Fundiário para Criação de Unidades de Conservação de Proteção Integral e Uso Sustentável Tabuleiro Do Embaubal. Belém: SEMA-PA, 2013. 305 p. 2 volumes.
- PARÁ. Diretoria de áreas Protegidas. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Diagnóstico Ambiental, Socioeconômico e Fundiário para Criação de Unidades de Conservação de Proteção Integral e Uso Sustentável Tabuleiro Do Embaubal. Belém: SEMA-PA, 2013. 305 p. 2 volumes.
- SCHUMM, S. A. Meander wavelength of alluvial rivers. *Science*, 157: 1549-1550, 1967.
- SIOLI, H. The Amazon and its main affluents: hydrography, morphology of the river courses and river types. In: SIOLI, H. (Ed.). *The Amazon: limnology and landscape ecology of a might tropical river and its basin*. Boston: Dr. W. Junk,

1984.

SOUSA, W. L. de. Impacto Ambiental de Hidrelétricas: uma Análise Comparativa de Duas Abordagens. 2000. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/wlemgruber.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2015.

SOUZA, D. F. e. Evolução Sedimentar Do Tabuleiro Do Embaubal, Baixo Rio Xingu. 2015. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geoquímica e Geotectônica, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

XII SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia - UGB - União da Geomorfologia Brasileira.

Contato: [sinageo2018@sinageo.org.br](mailto:sinageo2018@sinageo.org.br)