

## MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DO ARQUIPÉLAGO DO EMBAUBAL, FOZ DO RIO XINGU – AMAZÔNIA ORIENTAL

EDER MILENO SILVA DE PAULA<sup>1</sup>  
ADRYANE GORAYEB<sup>2</sup>

1 Universidade Federal do Pará – UFPA/Campus de Altamira  
edermileno@ufpa.br

2 Universidade Federal do Ceará – UFC/PPGGEO  
adryanegorayeb@yahoo.com.br

### Resumo

Conhecer as formas e os processos atuantes na elaboração do relevo permite avaliar níveis de estabilidade da paisagem, e, conseqüentemente, discernir sobre a sua capacidade de suporte as ações humanas. O mapeamento geomorfológico é componente base no entendimento geossistêmico das paisagens para fins de planejamento ambiental. A área de estudo, o Arquipélago do Embaubal localiza-se na foz do rio Xingu, constituindo um ambiente fluvial formado por processos deposicionais e erosivos. O objetivo da pesquisa foi elaborar o mapeamento geomorfológico de feições terrestres e subaquáticas utilizando técnicas de processamento e classificação digital de imagens nas regiões do visível e infravermelho do espectro eletromagnético. Dentre as técnicas de processamento de imagens disponíveis no SPRING5.2.6, utilizou-se os contrastes, filtros, operações aritméticas entre imagens, classificação supervisionada e reclassificação temática, sendo que as informações resultantes dos processamentos das imagens Landsat foram confrontadas com as informações obtidas nas pesquisas bibliográficas, documentais e visitas técnicas a campo. A metodologia permitiu o mapeamento das feições planícies insulares inundáveis, praias temporárias e depósitos de canal submersos. A aplicação de filtro na faixa do vermelho do espectro eletromagnético permite interpretar e mapear feições geomorfológicas submersas em áreas extensas e com constituintes orgânicos e inorgânicos dissolvidos sem a necessidade de levantamentos batimétricos. A metodologia também permite o mapeamento da evolução geomorfológica de trechos de rios com características semelhantes ao encontrado no rio Xingu.

**Palavras-chave:** Geomorfologia. SIG. Sensoriamento Remoto.

### Abstract

Know the forms and processes active in relief development allows the assessment landscape stability levels, and consequently discern its support capacity human actions. The geomorphological mapping is based component on the geosystemic understanding of landscapes for the purpose of environmental planning. The study area, the Embaubal Archipelago is located in the estuary of the Xingu River, a fluvial environment formed by depositional and erosional processes. The objective of the research was to elaborate geomorphological mapping of land and underwater features using processing techniques and classification of digital images in regions of the visible and infrared

electromagnetic spectrum. Among the imaging techniques available in SPRING5.2.6, we used the contrasts, filters, arithmetic operations between images, supervised classification and reclassification thematic, since the information from the processing of Landsat images were compared to information obtained from the literature searches, documentary and technical field visitations. The methodology allowed the mapping of features flooded island plains, temporary beaches and submerged channel deposits. The filter application in the red range of the electromagnetic spectrum allows interpret and map submerged features over large areas with organic and inorganic constituents dissolved without the need for bathymetric surveys. The methodology also allows the mapping of geomorphological evolution of stretches of rivers with similar characteristics to the Xingu river.

**Key-words:** Geomorphology. GIS. Remote Sensing.

## 1. Introdução

Compreender as formas do relevo e os processos atuantes na sua elaboração, permite avaliar níveis de estabilidade da paisagem (Tricart, 1977), e, conseqüentemente, discernir sobre a sua capacidade de suporte as ações humanas (Souza, 1998). Assim, o mapeamento geomorfológico torna-se componente base no entendimento geossistêmico das paisagens para fins de planejamento ambiental. Esse artigo tem como objetivo demonstrar proposta metodológica envolvendo técnicas de processamento e classificação de imagens da região do visível e infravermelho para interpretação e mapeamento geomorfológico de feições terrestres e subaquáticas em áreas extensas. A aplicação dessa metodologia somado a periodicidade de informações possíveis nos sensores orbitais, permiti a elaboração de estudos evolutivos de relevo submerso e terrestre, sem necessitar de métodos de levantamentos batimétricos, por vezes dispendiosos de recursos econômicos e de tempo.

Selecionou-se para aplicação metodológica trecho do rio Xingu na Amazônia Oriental, que contém o Arquipélago do Embaubal. Esse trecho de rio é considerado uma ria (Brasil, 1974) efetivada pelo soerguimento do mar, que provoca diminuição substancial da velocidade do rio fazendo que o mesmo deposite sua carga de sedimentos suspensos (Jensen, 2011) formando planícies inundáveis e depósitos de canal temporários.

A montante desse trecho de rio estão em construção barramentos, canais, diques, reservatórios, dentre outras obras para aproveitamento hidrelétrico. E a exemplo de outras obras com barramento do fluxo fluvial natural, o rio Xingu com a construção do Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte, terá uma nova dinâmica geomorfológica (Makkaveyev, 1972; Cunha, 2008). Assim, além da descrição do percurso metodológico para o mapeamento das feições geomorfológicas, essa pesquisa pode apoiar as ações de planejamento e de gestão ambiental deste trecho do rio Xingu.

## 2. Métodos e Técnicas

A pesquisa contou com três etapas principais: Pesquisa Bibliográfica e Documental; Visitas Técnicas a Campo; Realce e Classificação das Feições Geomorfológicas.

Concordando com Florenzano (2008) sobre interpretação de imagens, para identificação das feições geomorfológicas mostrou-se necessário conhecimento conceitual e prático relacionado ao Sensoriamento Remoto e à Geomorfologia Fluvial, assim como conhecimentos de especificidades locais.

Foram realizadas visitas à área de estudo nos anos de 2011 e 2012 para reconhecimento das feições em períodos de inundação (dezembro a julho) e em nível mínimo normal (agosto a novembro). Teve-se como referências documentais os mapeamentos geológico e geomorfológico do Projeto RADAM (Brasil, 1974) e o mapeamento geológico do Programa Geológico Brasileiro (Brasil, 2004). Christofolletti (1980), Cunha (2008), Novo (2008b), Jensen (2011) e IBGE (2009) balizaram o conhecimento sobre mapeamento geomorfológico.

Nesta pesquisa escolheu-se imagens do acervo do programa LANDSAT, em acordo com a escala de mapeamento escolhida, 1:100.000. Utilizou-se parte da cena 225/062 do dia juliano 185 (4 de julho) de 2011 com correção geométrica do sensor TM (Thematic Mapper) do satélite LANDSAT 5, a qual possui baixa presença de nuvens e corresponde a data/período do levantamento de campo.

As imagens passaram por correções radiométricas e atmosférica de acordo com os parâmetros e fórmulas indicados em Chander, Markham e Helder (2009). Foram

aplicadas técnicas para realce de feições disponíveis no SPRING 5.2.6, tais como: contrastes, filtros e operações aritméticas entre imagens. E selecionaram-se os produtos que permitiram a melhor discriminação das feições submersas e terrestres.

Das técnicas de realce experimentadas, somente a aplicação de Filtro e de Contraste resultou em produtos úteis para o mapeamento das feições geomorfológicas subaquáticas temporárias ou permanentes.

Dos contrastes implementados no SPRING 5.2.6, o algoritmo Equalização de Histograma foi o que permitiu a melhor identificação visual dos alvos submersos, e mostrou que a Banda 3 (faixa do vermelho) detém registros mais detalhados das feições submersas, em relação as demais bandas.

A aplicação do Filtro Linear Passa Baixa Média 5x5 na faixa do vermelho permitiu atenuar os efeitos de ruídos provocado pela diferença de sensibilidade dos detectores do sensor remoto, e preservou os componentes de baixa frequência, ou seja, realçou as feições submersas.

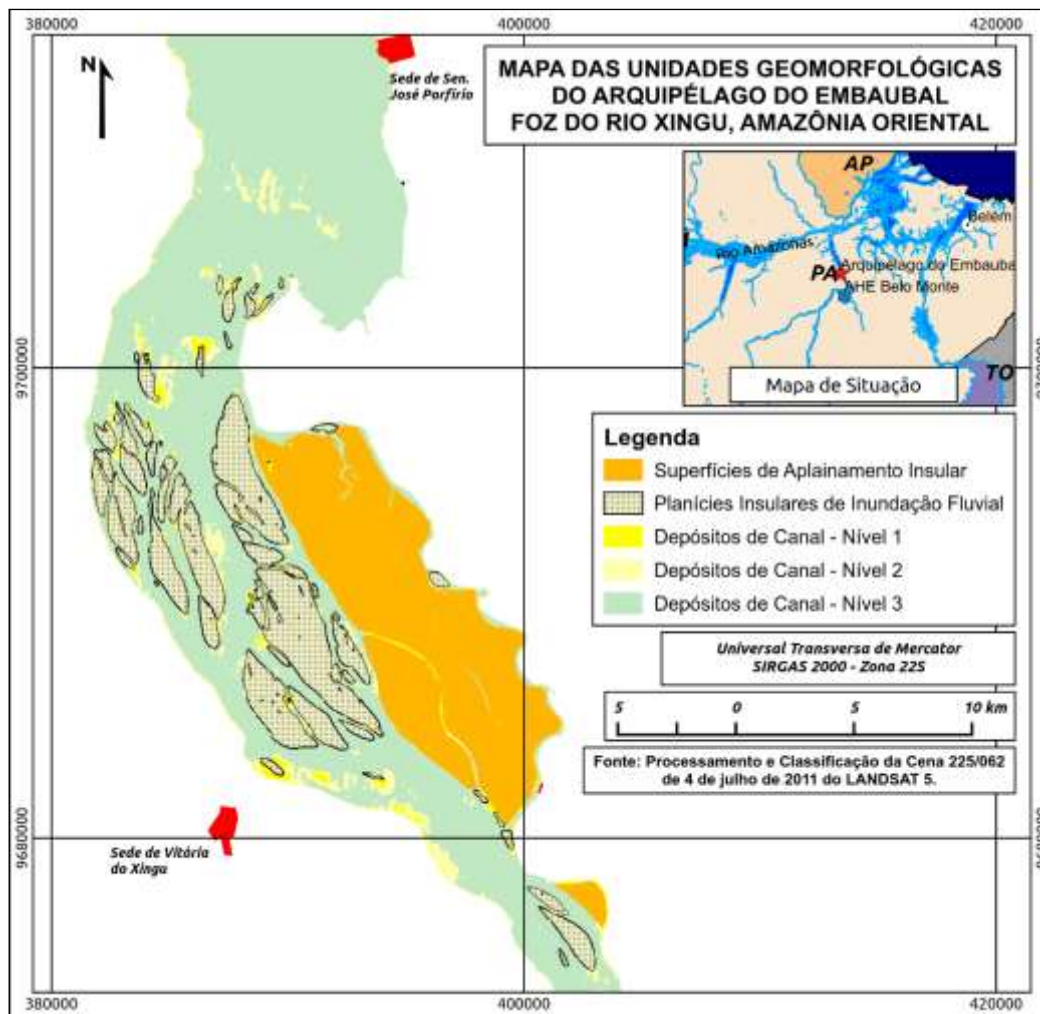
A distinção das feições dos limites das feições terrestres foi realizada através de operações aritméticas entre as faixas do vermelho e infravermelho do espectro eletromagnético, respectivamente as bandas 3 e 4 do sensor TM do LANDSAT 5, e reclassificação temática de acordo com documentos cartográficos do projeto RADAM.

Calculou-se o Índice de Vegetação De Diferença Normalizada (NDVI), o qual proporciona imagem com valores que variam entre -1 e 1, e aumento do contraste espectral entre a vegetação e o solo.

### **3. Resultados e Discussões**

A Figura 1 representa o mapeamento resultante da aplicação metodológica, onde foram mapeadas 5 unidades geomorfológicas: Superfícies de Aplainamento Insular; Planícies Insular de Inundação Fluvial; Depósitos de Canal de Nível 1, Depósitos de Canal de Nível 2 e Depósitos de Canal de Nível 3.

Figura 1 – Mapa das Unidades Geomorfológicas do Arquipélago do Embaubal.



Na Tabela 1 tem-se a área de cada unidade geomorfológica mapeada para área de estudo, e pode-se observar um equilíbrio nos processos de formação do arquipélago, com parte das ilhas sendo formadas principalmente por processos de erosivos, e a outra parte, por processos de acumulação.

As áreas mapeadas como Superfícies de Aplainamento Insular, tratam-se de ilhas de formação erosiva em rochas sedimentares do Terciário, rochas da Formação Barreiras (Brasil, 2004), com cobertura vegetal arbórea, arbustiva e herbácea típicas de várzeas da Amazônia oriental. Estas áreas foram nitidamente desagregadas do continente, ou seja, foram transformadas em ilhas, pelo entalhamento promovido por rios, como igarapé Tamanduazinho, na margem direita

do rio Xingu, aliado ao processo de soerguimento das águas do oceano atlântico, que elevam o nível de base local.

As Superfícies de Aplainamento Insular são parcialmente ou totalmente inundadas durante os períodos de cheias do rio Xingu.

As Planícies Insulares de Inundação Fluviais constituem os depósitos de canais mais antigos na área de estudo, constituídos por sedimentos Quaternários cobertos por vegetação arbórea e arbustiva de várzea típicas da amazônia oriental. São periodicamente inundados pelas águas do rio Xingu no período de cheias. E é no entorno dessas planícies insulares que se formam as praias temporárias insulares.

**Tabela 1 – Área das Unidades Geomorfológicas do Arquipélago do Embaubal.**

Unidade Geomorfológica	Área (km <sup>2</sup> )
Superfícies de Aplainamento Insular	85,9
Planícies Insulares de Inundação Fluvial	61,8
Depósitos de Canal – Nível 1	7,56
Depósitos de Canal – Nível 2	18,9
Depósitos de Canal – Nível 3	247,98
<b>Total</b>	<b>422,14</b>

As praias temporárias insulares estão contidas na classe Depósitos de Canal – Nível 1, que está localizada no entorno das ilhas fluviais e nas margens do rio Xingu. Surgem no período de vazante dos rios, e são constituídas por sedimentos quartzosos. Essas praias poderiam ser mapeadas sem a necessidade de realce de feições no período de nível mínimo do rio Xingu, porém imagens na região espectral do visível com cobertura de nuvens adequada para execução do mapeamento no período de vazante são raras em virtude da alta cobertura de nuvens no período.

Depósitos de Canal - Nível 2 constituem locais de deposição sedimentar temporários ou permanentes que podem originar novas praias fluviais (Novo, 2008). E os Depósitos de Canal - Nível 3 correspondem à região de maior profundidade do canal com processos erosivos mais atuantes.

#### 4. Conclusões

Através do processamento e classificação de imagens na faixa do vermelho da região do visível, para águas com constituintes orgânicos e inorgânicos dissolvidos, é possível interpretar e mapear feições geomorfológicas submersas em áreas extensas sem auxílio de tecnologias como SONAR e LIDAR.

A simples aplicação de contraste permitiu a distinção da faixa mais adequada para o mapeamento das feições geomorfológica submersas. O uso do Filtro Linear Passa Baixa Média na faixa do vermelho permitiu atenuar os efeitos de ruídos provocados pela diferença de sensibilidade dos detectores do sensor remoto, e preservou os componentes de baixa frequência.

Apesar da qualidade dos dados oriundos dos sensores remotos e do nível tecnológico atual dos SIG's, é essencial a análise de documento cartográficos de outras épocas e escalas de mapeamento, assim como visitas técnicas de campo.

A metodologia dessa pesquisa proporciona mapeamentos que podem auxiliar a navegação e o planejamento ambiental, embora não podendo ser utilizados de forma exclusiva.

#### Referências

- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto Radam**: Folha SA.22 Belém – Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, 1974
- BRASIL. Serviço Geológico do Brasil. Programa Geologia do Brasil. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**: SA.22 – Belém. Brasília, 2004. CD-ROM
- Chander, G.; B. L. Markham; D. L. Helder. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, 113, 893-903, 2013.
- Christofoletti, A. **Geomorfologia**. São Paulo, 1980: Editora Blucher. 12ª reimpr.,
- Cunha, S. B. **Geomorfologia Fluvial**. In: Guerra, A. J. T. & Cunha, S. B. (org.) Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 20ed., Bertrand Brasil, 2004. p. 211-252.
- Florenzano, T. G. **Sensoriamento Remoto para Geomorfologia**. In: Florenzano, T. G. (Org.). Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico de geomorfologia**. – 2. ed. - Rio de Janeiro, 2009 : IBGE. 182 p.
- Jensen, J. R. **Sensoriamento Remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução José Carlos Neves Epiphânio (Coordenador)... [et al.]. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2011. 2ªed.
- Novo, E. M. L. M. **Ambientes Fluviais**. In: Florenzano, T. G. (Org.). Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 219-246
- Makkaveyev, N. I. The impact of large water engineering projects on geomorphic process in stream valleys. **Soviet Geography: Review and Transactions**. 13: 387-393, 1972.
- Souza, M.J.N. de. **Análise Geoambiental e Ecodinâmica da Paisagem do Estado do Ceará** - Tese de Professor Titular, UECE, 1998. Fortaleza.
- Tricart, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, 1977. IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN. 91 p. il. (Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1)