



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO N° 582**

**DUAS DÉCADAS DE MUDANÇAS DOS MANGUEZAIS DE  
MESO E MICROMARÉS DO LITORAL BRASILEIRO A  
PARTIR DE IMAGENS MULTISENORES**

**Dissertação apresentada por:**

**JOÃO PAULO NOBRE LOPES**

**Orientador: Prof. Dr. Pedro Walfir Martins e S. Filho (UFPA)**

---

**BELÉM – PA**

**2020**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

L864d Lopes, João Paulo Nobre

Duas décadas de mudanças dos manguezais de meso e micromarés do litoral brasileiro a partir de imagens multisensores / João Paulo Nobre Lopes. — 2020.

xii, 32 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Pedro Walfir Martins e Souza Filho  
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.

1. Sensoriamento remoto. 2. Manguezais. 3. GEOBIA. 4. Detecção de mudanças. I. Título.

CDD 621.3678

---



**Universidade Federal do Pará**  
**Instituto de Geociências**  
**Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica**

**DUAS DÉCADAS DE MUDANÇAS DOS MANGUEZAIS DE  
MESO E MICROMARÉS DO LITORAL BRASILEIRO A PARTIR  
DE IMAGENS MULTISENSORES**

**Dissertação apresentada por:**  
**JOÃO PAULO NOBRE LOPES**

**Como requisito para à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de GEOLOGIA  
e Linha de Pesquisa em GEOLOGIA MARINHA E COSTEIRA**

Data da Aprovação: 25 / 05 / 2020

Banca Examinadora:

  
Prof. Pedro Walfir Martins e S. Filho  
(Orientador – UFPA)

  
Prof. Arnaldo de Queiroz da Silva  
(Membro- UFPA)

  
Wilson da Rocha Nascimento Junior  
(Membro – UFPA)

Dedico este trabalho aos meus pais, irmãos, minha família, namorada, amigos e todos que contribuíram direta ou indiretamente para que eu chegasse até aqui.

## AGRADECIMENTOS

Nesse momento gostaria de agradecer aquelas pessoas que contribuíram para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje e que ajudaram no desenvolvimento deste trabalho.

Primeiramente agradeço a Deus por iluminar os meus passos, me protegendo diariamente e me dando forças para ir em busca dos meus objetivos.

Agradeço aos meus pais Paulo Augusto e Ana Maura por todo o apoio, incentivo e investimento em minha educação. Aos meus irmãos Luiz Paulo, Ana Paula e Paulo Víctor e ao cunhado Carlos Lima por todos os momentos de descontração. Agradeço muito a Deus por ter vocês ao meu lado.

Agradeço a toda minha família, Avós (Luzialva e Maria Raimunda), avô (Raimundo Carlos), tias, tios e primos e primas por todo auxílio durante esse trabalho.

Ao professor Pedro Walfir pelo qual tenho muita admiração pelo exemplo de profissional e atleta. Agradeço por ter aceitado a minha orientação desde projetos de iniciação científica.

Aos amigos do LAIT (Laboratório de Análise de Imagens do Trópico Úmido) Gustavo Miranda, Carlos Reis, Diogo Santos e Paulo Alves. Muito obrigado pela parceria e pelo excelente ambiente de trabalho.

A minha namorada Micaele Castro por todo companheirismo, dicas e parcerias durante o mestrado.

Aos amigos da época de graduação Acácio Pina, Izabelle Serrão e Gabriel Salomão. Amigos de pós-graduação: Isabele Barros, Bettina Bozi, Sérgio Nunes, Renan Fernandes, Nayan César, Luís Felipe.

A biblioteca do Instituto de Geociências, na pessoa de Lúcia Imbiriba, pela paciência e fundamental trabalho nas adequações desta dissertação.

A Universidade Federal do Pará (UFPA) do qual tenho muito orgulho de fazer parte dessa história e por assegurar uma educação de qualidade.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas ao longo de minha trajetória na pós-graduação.

Por fim gostaria de agradecer a todos que contribuíram de alguma forma no desenvolvimento desta pesquisa.

*“Anything is possible”*

(IronMan)

*“Nada em mim foi covarde, nem mesmo as  
desistências: desistir, ainda que não pareça, foi  
meu grande gesto de coragem”*

(Caio Fernando Abreu)

## RESUMO

Os manguezais são ambientes costeiros que se estendem ao longo da faixa tropical e subtropical do globo. Seu monitoramento é dificultado por sua ampla distribuição ao longo do litoral brasileiro. Com o advento de novas tecnologias computacionais apoiadas no sensoriamento remoto (Google Earth Engine – GEE), esta problemática foi parcialmente resolvida. Porém, algumas limitações ainda perduram, por exemplo, a utilização de biblioteca de imagens somente de sensores ópticos, dificultando o mapeamento de florestas de mangue em áreas frequentemente cobertas por nuvens. Este trabalho tem o objetivo de avaliar a classificação e as mudanças nas áreas de mangues das regiões de meso e micromaré da zona costeira do Brasil nas últimas duas décadas através de dados multisensores (dados ópticos e de micro-ondas) a partir da utilização da análise de imagens baseada em objetos geográficos (GEOBIA). Foram utilizadas cenas multitemporais da série Landsat, Alos PalSar, JERS SAR e Modelo Digital de Elevação da missão SRTM. O conjunto de imagens foi processada segundo a abordagem de GEOBIA, que determina a redução de uma imagem em regiões homogêneas (objetos) através do agrupamento de conjuntos de pixels com características similares. Como resultados observou-se que em 1996 e 2016 a área em estudo continha 2625,38 km<sup>2</sup> e 2898,26 km<sup>2</sup> de áreas de manguezais, respectivamente. Isso demonstra um aumento líquido de 273 km<sup>2</sup> de áreas de mangues. A partir da análise da detecção de mudanças constatou-se que houve um acréscimo total de 684,55 km<sup>2</sup>, uma perda total de 411,7 km<sup>2</sup> e permaneceu inalterada uma área de 2213,70 km<sup>2</sup> de manguezal. A validação da classificação ocorreu através de análises estatísticas de duas matrizes de confusão (1996 e 2016). A matriz de confusão para o ano de 1996 apresentou índices de exatidão global = 0,92; índice Kappa = 0,84; e índice Tau = 0,84. Para o ano de 2016 apresentaram índices de exatidão Global = 0,93; índice Kappa = 0,85; e índice Tau = 0,85. Já a matriz de confusão para a detecção de mudanças mostrou exatidão global de 78,43%, com desacordo por quantidade de 11,86% e desacordo de alocação de 9,71%. As quantificações de perda de manguezal são de 414 ± 43 km<sup>2</sup>, os ganhos são de 590 ± 48 km<sup>2</sup> e 2305 ± 60,3 km<sup>2</sup> permaneceram inalteradas. Esses resultados demonstram a eficácia da utilização da classificação orientada a objetos para o mapeamento e análise da dinâmica dos manguezais em escala regional. Os produtos obtidos nesta pesquisa podem servir de base para trabalhos futuros acerca da dinâmica dos manguezais, contribuindo assim para o melhoramento da gestão e preservação desse importante ecossistema.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Manguezais. GEOBIA. Detecção de Mudanças

## ABSTRACT

Mangroves are coastal environments that extend along the tropical and subtropical global coastal regions, whose constant monitoring is hampered by its large-scale distribution. With the advent of new computational technologies supported by remote sensing (Google Earth Engine - GEE), this problem has been partially solved. However, some limitations still persist, for example, the use of an image library using only optical sensors, making it difficult to map mangrove forests in areas frequently covered by clouds. Thus, this work aims to evaluate the classification and changes in the mangrove areas of the meso and micro-tidal regions of the Brazilian coastal zone in the last two decades through multi-remote sensor data (optical and microwaves) from geographic object-based image analysis (GEOBIA). Multitemporal images from the Landsat, Alos PalSar, JERS SAR and SRTM series were used. The remote sensing dataset were processed according to the GEOBIA approach, which determines the reduction of an image in homogeneous regions (objects) by grouping sets of pixels with similar characteristics. As a result, it was observed that in 1996 and 2016 the area under study contained 2625,38 km<sup>2</sup> and 2898,26 km<sup>2</sup> of mangrove areas, respectively. This demonstrates an increase of 273 km<sup>2</sup> in mangrove areas. From the analysis of the change detection, it was observed a total increase of 684.55 km<sup>2</sup>, a reduction of 411.7 km<sup>2</sup> and an unchanged area of 2213.70 km<sup>2</sup> of mangrove. The classification was validated through statistical analysis of two error matrices (2008 and 2016). The 1996 error matrix presented overall accuracy = 0.92; Kappa index = 0.84; and Tau index = 0.84. For the year 2016, overall accuracy = 0.93; Kappa index = 0.85; and Tau index = 0.85. On the other hand the error matrix for change detection showed an overall accuracy of 78.43%, with a quantity disagreement of 11.86% and an allocation disagreement of 9.71%. Quantifications of mangrove loss was 414 ± 43 km<sup>2</sup>, gains was 590 ± 48 km<sup>2</sup> and remained mangrove unchanged was 2305 ± 60.3 km<sup>2</sup>. These results demonstrate the effectiveness of using object-oriented classification for mapping and analyzing mangrove dynamics on a large scale. The products obtained in this research can serve as a basis for future work on the dynamics of mangroves, contributing to the improvement of management and preservation of this important ecosystem.

Key-words: Remote Sensing. Mangroves. GEOBIA. Change detection.