



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

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 598**

**IMPACTOS DAS MUDANÇAS DO NÍVEL DO MAR NOS  
MANGUEZAIS DO SUDESTE DO BRASIL DURANTE O  
HOLOCENO E ANTROPOCENO USANDO UMA  
ABORDAGEM MULTI-PROXY**

**Dissertação apresentada por:**

**BETTINA SILVA BOZI**

**Orientador: Prof. Dr. Marcelo Cancela Lisboa Cohen (UFPA)**

---

**BELÉM - PARÁ  
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)**

---

B662i Bozi, Bettina Silva.

Impactos das mudanças do nível do mar nos manguezais do  
sudeste do Brasil durante o Holoceno e Antropoceno usando uma  
abordagem multi-proxy / Bettina Silva Bozi. — 2020.  
xvii, 76f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Marcelo Cancela Lisboa Cohen  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e  
Geoquímica, Belém, 2020.

1. Geologia marinha e costeira. 2. Geomorfologia. 3.  
Sensoriamento remoto. 4. Isótopos de carbono e nitrogênio. 5.  
Guarapari (ES). I. Título.

CDD 551.45

---



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

**IMPACTOS DAS MUDANÇAS DO NÍVEL DO MAR NOS  
MANGUEZAIS DO SUDESTE DO BRASIL DURANTE O  
HOLOCENO E ANTROPOCENO USANDO UMA  
ABORDAGEM MULTI-PROXY**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR:**

**BETTINA SILVA BOZI**

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

**Data de Aprovação:** 28 / 12 / 2020

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marcelo Cancela Lisboa Cohen  
(Orientador-UFPA)

Prof. Dr. Luiz Carlos Ruiz Pessenda  
(Membro-USP)

Prof. Nils Edwin Asp Neto  
(Membro-UFPA)

*Dedico à minha Vovó Martha  
(in memoriam), com muito amor.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por ser minha força e conforto.

Agradeço imensamente ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Cancela Lisboa Cohen (UFPA) pela oportunidade, paciência, amizade e generosidade ao longo desses anos, por todas as discussões, sugestões e incentivos, sempre muito disposto a contribuir.

Ao Professor Dr. Luiz Carlos Ruiz Pessenda por todo o apoio logístico durante o trabalho de campo e atividades em seu laboratório no Centro de Energia Nuclear na Agricultura–CENA, e pelos conhecimentos compartilhados.

Aos professores do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, pelos ensinamentos, sinceros conselhos e apoio. À Cleida Freitas e Joanicy Lopes pela eficiência profissional nos assuntos do PPGG/UFPA.

Aos funcionários da biblioteca do Instituto de Geociências, principalmente à Lucia Imbiriba, muito solícita nas devidas instruções para a finalização da formatação deste manuscrito.

Aos amigos e profissionais do Laboratório de Dinâmica Costeira (LADIC), da Universidade Federal do Pará. Especialmente Neuza Fontes, pela amizade, discussões e sugestões, e Erika Rodrigues pelo companheirismo, por todo auxílio na palinologia e todas as contribuições no trabalho.

Aos amigos queridos do PPGG/UFPA, de cada grupo de pesquisa, por todos os conselhos, apoio, amizade e descontração durante esses anos. De forma especial Renan Fernandes, por compartilhar comigo tantos momentos bons e difíceis, por todo apoio e amizade. Sérgio Nunes e Bianca Jefres, pela amizade, companheirismo e cuidado. Beatriz Luna, a qual tive o prazer de ser parceira nos trabalhos de campo e pelas contribuições no CENA/USP. E aos amigos que fizeram parte desses momentos, Luiz, Claudia, Amanda, João, Nayan, Belinha, Ivan, Sebastian, Adriana e Kike.

Aos profissionais do Laboratório de  $^{14}\text{C}$  (CENA/USP), por todo apoio nas atividades de campo e laboratório para a construção deste trabalho.

À Universidade Federal do Pará (Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica), pela disponibilidade de espaço e laboratórios.

À CAPES pelo apoio financeiro e concessão da bolsa de estudos nesta pesquisa. Código 001.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Ao Centro de Energia Nuclear Aplicado à Agricultura (CENA-USP) e Laboratório de  $^{14}\text{C}$ .

Ao Laboratório de Dinâmica Costeira da Universidade Federal do Pará (LADIC-UFPA).

Agradeço de forma especial à toda minha família, que tanto amo, por todo apoio e carinho durante a construção deste trabalho. Pelos valores, estímulo e amor. Meus pais, Alberto e Celma, e meus irmãos Bárbara e Brenno, por serem meus alicerces e minha fortaleza.

Agradeço meu namorado, Renan Silvestre, por todo amor, apoio e singelo cuidado durante a construção desse trabalho.

Minha eterna gratidão!

*“Contudo, seja qual for o grau a que chegamos,  
o que importa é prosseguir decididamente.”  
(Filipenses 3:16)*

## RESUMO

Os manguezais são florestas intermarés, suscetíveis a mudanças na frequência de inundação das marés. Dessa forma, sua dinâmica ao longo dos gradientes topográficos de uma planície costeira pode ser usada como um indicador das mudanças no nível do mar. Este trabalho tem como objetivo identificar a dinâmica dos manguezais durante o Holoceno e Antropoceno e inferir mudanças relativas no nível do mar (NRM) com base em imagens de satélite/drones e pólen, dados de isótopos ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ), elementares (C/N), fluorescência de raios-X (XRF), e dados sedimentares, bem como datação de C-14 ao longo de três testemunhos amostrados ao longo de um manguezal e uma zona de transição manguezal/zona herbácea seguindo um gradiente topográfico de uma planície costeira na costa sudeste brasileira. Esses dados multiproxy indicaram uma mudança de uma planície ocupada por ervas, palmeiras, árvores/arbustos para uma lagoa cercada por manguezais com um aumento de matéria orgânica sedimentar proveniente de águas estuarinas entre ~6300 e ~4650 cal ano AP. O aumento do NRM causou uma migração de manguezais em direção à terra durante o Holoceno médio-inicial, amplamente registrado ao longo da costa brasileira. A queda do NRM converteu aquela lagoa com manguezais em uma planície ocupada por ervas, palmeiras e árvores/arbustos durante o Holoceno médio-tardio. Os últimos mil anos foram caracterizados por uma diminuição significativa na ocorrência de pólen de manguezal nas planícies de maré mais altas ocupadas por manguezais modernos entre 390 anos cal AP (1560 DC) e 77 anos cal AP (1873 DC), provavelmente causado por uma queda no NRM associada a Pequena Idade do Gelo (LIA). O testemunho G-4, amostrado nas planícies de maré mais baixas e ocupada principalmente por *Rhizophora*, revelou uma tendência de aumento na porcentagem de pólen de *Rhizophora* desde 77 anos cal AP (1873 DC). No entanto, os testemunhos amostrados de planícies de maré mais altas, no ecótono de manguezal/vegetação herbácea, indicaram um aumento das porcentagens de pólen de *Rhizophora*, *Avicennia* e *Laguncularia*, sugerindo uma migração de manguezal para as planícies de maré mais altas anteriormente ocupadas por ervas, palmeiras e árvores/arbustos desde 1958 (testemunho G-3) e 1955 AD (testemunho RBN-2). Essas tendências devem estar relacionadas ao aumento da influência estuarina por um aumento do NRM desde o final da Pequena Idade do Gelo e intensificado nas últimas décadas.

**Palavras-chave:** C/N. Guarapari. Pólen. Isótopos estáveis.



## ABSTRACT

Mangroves are intertidal forests, susceptible to changes in tidal flooding frequency. Then, its dynamics along the topographic gradients of a coastal plain may be used as an indicator of sea-level changes. This work aims to identify the mangrove dynamics during the Holocene and Anthropocene and infer relative sea-level (RSL) changes based on satellite/drone images and pollen, isotopes ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ), elemental (C/N), X-ray fluorescence (XRF), and sedimentary data, as well as C-14 dating along three cores sampled along a mangrove and a transition mangrove/herbaceous zone following a topographical gradient of a coastal plain in the southeastern Brazilian coast. These multi-proxy data indicated a change from a flat occupied by herbs, palms, tree/shrubs to a lagoon surrounded by mangroves with an increase of sedimentary organic matter sourced from estuarine waters between  $\sim 6300$  and  $\sim 4650$  cal yr BP. The RSL rise caused a landward mangrove migration during the early-middle Holocene, widely recorded along the Brazilian coast. The RSL fall converted that lagoon with mangroves into a flat occupied by herbs, palms, and trees/shrubs during the middle-late Holocene. The last thousand years were characterized by a significant decrease in the mangrove pollen occurrence on highest tidal flats occupied by modern mangroves between 390 cal yr BP (1560 AD) and 77 cal yr BP (1873 AD), probably caused by a RSL fall associated with the Little Ice Age (LIA). The core G-4, sampled from the lowest tidal flats and mainly occupied by *Rhizophora*, revealed an increased trend in *Rhizophora* pollen percentage since 77 cal yr BP (1873 AD). However, cores sampled from the highest mangrove tidal flats, in the ecotone mangrove/herbaceous vegetation, indicated an increase of pollen percentages of *Rhizophora*, *Avicennia*, and *Laguncularia*, suggesting a mangrove migration into the highest tidal flats previously occupied by herbs, palms, and trees/shrubs since 1958 (core G-3) and 1955 AD (core RBN-2). These trends must be related to the increase in estuarine influence by a RSL rise since the end of the Little Ice Age and intensified during the last decades.

**Keywords:** C/N. Guarapari. Pollen. Stable isotopes.