

**LIDRIANA DE SOUZA PINHEIRO**

**RISCOS E GESTÃO AMBIENTAL NO ESTUÁRIO DO RIO  
MALCOZINHADO, CASCAVEL-CE.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Oceanografia do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do grau de **DOCTOR EM OCEANOGRAFIA**.

Área de concentração: Oceanografia abiótica

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carmen Medeiros.

Co-orientador: Prof. Dr. Jáder Onofre de Moraes.

**Recife  
2003**

**LIDRIANA DE SOUZA PINHEIRO**

**RISCOS E GESTÃO AMBIENTAL NO ESTUÁRIO DO RIO MALCOZINHADO,  
CASCAVEL-CE**

**Tese de Doutorado em Oceanografia defendida em 18 de agosto de 2003 e  
Aprovada com Distinção.**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

---

**Dra. Carmen Medeiros**

Universidade Federal de Pernambuco

ORIENTADORA

---

**Dr. Jader Onofre de Morais**

Universidade Estadual do Ceará

CO-ORIENTADOR

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Dr. Marcos José Nogueira de Souza**

Universidade Estadual do Ceará

Departamento de Geociências

---

**Dra. Tereza Cristina Medeiros Araújo**

Universidade Federal de Pernambuco

Departamento de Oceanografia

---

**Dr. José Nilson Beserra Campos**

Universidade Federal do Ceará

Departamento de Engenharia Hidráulica e  
Ambiental

---

**Dr. Virgínio Henrique de M. Lopes Neumann**

Universidade Federal de Pernambuco

Departamento de Geologia

---

**Dra. Lúcia Maria Mafra Valença**

Universidade Federal de Pernambuco

Departamento de Geologia

---

**Dra. Edvânia Torres Aguiar Gomes**

Universidade Federal de Pernambuco

Departamento de Geografia

**“Ninguém realiza  
grandes obras se não  
for capaz de sonhar  
grande...”**

**Lênin**

Aos meus pais  
Francisco Pinheiro e  
Lourdes pelo amor e  
dedicação.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, luz da minha vida.

Ao Prof. Jáder Onofre de Moraes pelo exemplo de conduta, incentivo e apoio que foram imprescindíveis na realização de um sonho e na construção do meu futuro.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Carmen Medeiros, exemplo de talento e competência, que com muita dedicação e companheirismo me apoiou em todos os momentos deste curso.

Aos Professores José Nilson B. Campos, Tereza Cristina Medeiros de Araújo, Marcos José Nogueira de Souza e Virgínio Henrique de M. Lopes Neumann por participarem da banca examinadora, com criteriosas e valiosas contribuições.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico-FUNCAP na pessoa do seu Diretor Científico, Prof. José Vitorino de Souza cujo apoio tornou possível à conclusão deste estudo em tempo hábil.

Ao Prof. Marcos José Nogueira de Souza que durante sua gestão como coordenador do Mestrado Acadêmico em Geografia da UECE disponibilizou toda a infra-estrutura logística para a realização dos trabalhos de campo e laboratório.

As professoras Cátia Fernandes Barbosa e Lúcia Maria Mafra Valença pelas valiosas sugestões e a atenção dispensada no exame de qualificação.

Ao Departamento de Oceanografia da UFPE e aos professores do Programa de Pós-Graduação em Oceanografia que muito contribuíram para minha formação.

À Tereza Rocha Lima (Diretora Administrativa da SECITECE) pelo exemplo de profissionalismo e dedicação à Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará e à constante disposição em ajudar a quem se propõe ao trabalho com seriedade.

Ao Prof. Georg Friedrich Irion do Institut für Meereskund (Senckenberg Institut) na Alemanha pela ajuda nas análises de difratometria de Raio X, coletas em campo e valiosas discussões sobre a sedimentologia da área.

Ao amigo Paulo Roberto Silva Pessoa pela dedicação e ajuda nos trabalhos de campo (Expedição MALC 1 e 2).

A amiga Christina “Chris” pelo apoio permanente e por sua preciosa amizade.

Ao Jorge Eduardo de Abreu Paula e Davis Pereira de Paula do LGCO/UECE pela inestimável ajuda nos trabalhos de campo e laboratório.

Aos queridos companheiros do Laboratório de Oceanografia Física, Estuarina e Costeira/UFPE (Prof. Moacyr Araújo “Moa”, Isaac Cristiano, Marquinhos, Marcelo Rollnic, Pedro Lins, Josafat e Fábio) pelas enriquecedoras discussões e companheirismo.

Aos professores e funcionários do Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Estadual do Ceará, em especial ao Prof. Luiz Cruz Lima, pelo exemplo de dedicação e entusiasmo na construção de uma nova geografia na UECE.

Ao coordenador do curso de bacharelado em geografia da Universidade Estadual do Ceará, Prof. Elton Castelo Benevides pelo apoio e compreensão na fase final do meu curso de doutorado, sem os quais não teria sido possível defender em tempo hábil.

Aos pesquisadores e bolsistas do Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica da UECE, (Luzineide Gomes, Carolina Braga, Hélio Ximenes, Raquel Lemos, João Paulo Portela, Lílian Pinheiro, Valberlândia Nascimento e Márcia Marques), pelo apoio permanente.

Aos meus inesquecíveis amigos de curso (Carlinha, Paula, Jorge, Alex, Jaime, Marcos Honorato, Max, Stella, Fabiana, Bira) pelas longas horas de estudo e bons momentos vividos.

Aos geólogos José Ferreira de Sousa e Fernando Antônio Castelo Branco pelo experiente apoio que deram nas minhas atividades de docência, além do carinho e amizade.

Aos órgãos FUNCEME, SEMACE, DNOCS, IPLANCE, SEINFRA pela cessão dos dados meteorológicos, imagens de satélite, bases cartográfica, fotografias aéreas e imagens digitais da área. A KL Engenharia pela disponibilização dos estudos hidrológicos do Açude Público Malcozinhado.

Aos amigos da FUNCAP (Prof<sup>ª</sup>. Lúcia Maciel, Dr. Marcos Filho, Elenir, Rosângela, Aurilene, Telma, Selma, Rita, Paizinha, Raquel, Priscila e Sampaio) que de forma direta ou indireta contribuíram com este trabalho.

A Myrna, Secretária do PPGO, pela eficiência e atenção a todos que a solicitam.

Aos meus irmãos Leyliane, Laldiane, Aderson por todos os momentos de alegria.

À minha vovó Telina e a toda a minha família pelo amor e carinho dedicados em toda a minha existência, o que me tornou uma pessoa feliz.

A D. Lenora e Fátima que me proporcionaram o aconchego de casa e ao pequeno Diogo que fez da minha estada em Recife uma festa.

A todos que de uma forma ou de outra contribuíram para o alcance deste trabalho.

## RESUMO

O sistema estuarino-lagunar do Rio Malcozinhado está localizado no município de Cascavel, 75 km a sudeste de Fortaleza, Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. A bacia hidrográfica com uma área total de 380 km<sup>2</sup> está situada em terrenos do embasamento cristalino, sedimentos da Formação Barreiras e depósitos Quaternários. A expansão urbana nas últimas duas décadas foi responsável por uma série de impactos na dinâmica estuarina e nas praias adjacentes. Esses processos tendem a se incrementar com o funcionamento de um reservatório com capacidade de 3,8 milhões de m<sup>3</sup>, localizado a 7,5 km do sistema estuarino. A par destes problemas e considerando a hipótese de minimizá-los e/ou eliminá-los, este trabalho considerou os elementos estruturais, dinâmicos e controladores da evolução da área de influência direta do estuário, visando a delimitação dos riscos e impactos para seu uso adequado e respectiva gestão ambiental. A morfodinâmica atual está subordinada, sobretudo, ao regime sazonal das precipitações onde se somam os processos de remobilização pela deriva litorânea, deflação eólica e oscilações das marés. O acúmulo de sedimentos verificados na margem direita do rio proporcionou uma migração do canal no período de 09 anos de aproximadamente 111 m, causando erosão em Águas Belas. O sistema estuarino é raso com profundidade média de 1,50 m, e substrato formado predominantemente por lamas arenosas e argilo-arenosas. A taxa de transporte de sedimentos para a deriva litorânea foi calculada em 1,14 g/s e 3,34 g/s nos períodos de estiagem e chuvoso, respectivamente. No período de estiagem, o estuário apresentou regime eualino enquanto que no período chuvoso foi polialino com salinidade variando de 0 a 23,9 ups. A alta evaporação no mês de setembro ocasionou a inversão da distribuição longitudinal da salinidade. No que concerne a circulação, a velocidade da corrente variou sazonalmente de 0 a 0,89 m/s, com os maiores valores médios no período chuvoso. O eixo principal das correntes foi de E-W conforme a geomorfologia do estuário. Segundo a classificação de Hansen & Rattray (1966) o sistema é do sub-tipo 1a. Em alguns pontos foi observada circulação do tipo gravitacional. Pelos resultados apresentados a principal fonte para misturar o sistema e transportar sal estuário acima e abaixo é o processo de difusão turbulenta. O volume de sal exportado nos períodos de estiagem e chuvoso foi de 1,12 e 0,42 toneladas, indicando a importância da ação fluvial na minimização do processo de hipersalinização. A faixa de praia sob influência direta do Rio Malcozinhado é um ambiente fortemente instável com a zona de pós-praia totalmente ocupada e com estruturas de proteção. A retomada da erosão é independente da diminuição ou aumento do aporte de sedimentos do Rio Malcozinhado e outros processos associados. Quanto às implicações para o manejo e proteção de ambientes estuarinos foi montada uma matriz onde foram avaliadas as respostas das relações entre os elementos naturais e antrópicos e o que representam na vulnerabilidade, sustentabilidade e uso potencial da área em médio prazo.

Palavras-chave: estuários, gestão ambiental.

## ABSTRACT

The Rio Malcozinhado lagoon-estuarine system is located in the Cascavel municipality, in the Ceará State Southeastern littoral 75km away from Fortaleza, Northeastern Brazil. Its 380 km<sup>2</sup> hydrographic basin lies on basement rocks, Plio-Pleistocene Barreiras Formation sediments and Quaternary deposits. The urban expansion of the area in the last two decades was responsible for a series of impacts in the estuarine dynamics and adjoining beaches. There is a growing tendency of this process once a reservoir has been already implanted with a capacity of 3.8 million of square meters upstream the estuarine system. Aware of these problems and considering the hypothesis of minimizing and/or to eliminate them, this work considered the structural, dynamic and controlling elements of the state of current evolution in the area of direct influence of the estuary, aiming at the delimitation of the risks and impacts for its adequate use and respective environmental management. The present morphodynamics is subordinated to a seasonal regimen of precipitations, together with the longshore drift, remobilization processes by aeolian deflation and tide oscillations. The sediment accumulation verified at the right edge of the river provided to a canal migration of approximately 110 meters causing erosion in Aguas Belas, over a period of 9 years. It is a shallow estuarine system with average depth of 1.50 m, and predominantly sandy mud an sandy clay substratum, as shown by the bathymetry and collected sediments and analysis which have been carried out. The longshore drift sediment transport ranges from 1,4 gs<sup>-1</sup> and 3,34 in the dry and wet season, respectively. The euhaline regimen predominates as the dry period lasts while that in the rainy period was polyhaline with salinity varying from zero to 23,95. The high evaporation in September caused the inversion of the longitudinal distribution of the salinity. Concerning to circulation, currents varied seasonally in speed from 0 to 0,892 ms<sup>-1</sup>, with the highest mean values in the rainy period. The current axis keeps with the estuary geomorphology. The estuary system, according to classification of Hansen & Rattray (1966), is of the subtype 1a showing at some points gravitational circulation. As shown in the results, the process of turbulent diffusion is the principal source to mixing the system and to carry on salt upstream and downstream the estuary. The salt exported volumes in the wet and dry periods were 1,12 and 0,426 tons, indicating the importance of the fluvial action in making the water less saline. The stretch of the beach under direct influence of the River Malcozinhado is a strong unstable environment with the backshore zone being totally occupied and undergoing the implantation of protecting structures. The erosion is recurrent independently of the reduction or increment of sediments stemmed from the Malcozinhado River and other associates processes. In order to handling and protecting this estuarine system a matrix has been mounted to assess the responses arisen from the relationships between the natural and anthropic elements and work out what they represent to the vulnerability, sustainability, and potential use of this area at medium range.

Key-word: estuaries, environmental management.