



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CENTRO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**ANÁLISE DE IMAGENS DE SENSORES REMOTOS ORBITAIS  
PARA MAPEAMENTO DE AMBIENTES COSTEIROS TROPICAIS E  
DE ÍNDICES DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO  
DERRAMAMENTO DE ÓLEO NO GOLFÃO MARANHENSE**

**Dissertação apresentada por:  
SHEILA GATINHO TEIXEIRA**

---

**BELÉM  
2006**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Biblioteca Geól. Rdº Montenegro G. de Montalvão

T266a Teixeira, Sheila Gatinho  
Análise de imagens de sensores remotos orbitais para mapeamento de ambientes costeiros tropicais e de índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo no Golfão Maranhense. / Sheila Gatinho Teixeira; orientador, Pedro Walfir Martins e Souza Filho. – 2006  
171 f. : il.  
Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2006.  
1. Sensoriamento remoto. 2. Mapas de ISA. 3. Zona costeira amazônica. 4. SAR. 5. RADARSAT-1. 6. Golfão Maranhense. I. Universidade Federal do Pará. II. Souza Filho, Pedro Walfir Martins, orient. III. Título.

CDD 20º ed.: 621.3678098121



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

**ANÁLISE DE IMAGENS DE SENSORES REMOTOS ORBITAIS  
PARA MAPEAMENTO DE AMBIENTES COSTEIROS  
TROPICAIS E DE ÍNDICES DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL  
AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO NO GOLFÃO MARANHENSE**

TESE APRESENTADA POR

**SHEILA GATINHO TEIXEIRA**

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em  
Ciências na Área de GEOLOGIA

Data de Aprovação: **18 / 04 / 2006**

**Comitê de Tese:**

  
PEDRO WALFIR MARTINS E SOUZA FILHO (Orientador)

  
EVLYN MÁRCIA LEÃO DE MORAES NOVO

  
CLAUDIO FABIAN SZLAFSZTEIN

Belém

## RESUMO

Os derramamentos de óleo no Brasil estão cada vez mais freqüentes, causando diversos impactos ao ambiente e comunidades biológicas. Mapas de índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo são componentes indispensáveis dos planos de contingência e resposta emergencial a este tipo de acidente. Estes apresentam um sistema de classificação que é baseado nas características geomorfológicas das áreas, as quais são definidas pelos seguintes fatores: grau relativo de exposição às energias de ondas e marés, declividade da costa e tipo de substrato, e, ainda, facilidades para limpeza e remoção das áreas impactadas pelo óleo.

Dentro desse contexto, foi escolhida a região do Golfão Maranhense, extremo norte do Estado do Maranhão, com o objetivo de mapear e analisar os índices de sensibilidades ambientais (ISAs) dos ambientes costeiros ao derramamento de óleo, pois nesta área encontra-se o segundo maior porto em calado do mundo, o Porto de Itaqui. Além disso, esta região está na rota de aproximadamente seiscentos navios petroleiros por ano, que são potenciais causadores de acidentes que provocam o derramamento.

A abordagem metodológica para a geração dos mapas de índices de sensibilidade envolveu a análise integrada dos ambientes costeiros a partir do processamento digital de imagens de sensores remotos ópticos, neste caso, Landsat-4 TM, CBERS-2 CCD e SPOT-2 HRV, imagens SAR (radar de abertura sintética) do RADARSAT-1 Wide-1, dados de elevação da SRTM (*shuttle radar topography mission*), sistema de informação geográfica (SIG) e levantamentos de campo, relativos a geomorfologia, topografia e sedimentologia.

A partir dos métodos utilizados, os ambientes costeiros reconhecidos na região do Golfão Maranhense foram agrupados de acordo com seus índices de sensibilidade ambiental em: 1 - Estruturas artificiais (muro de arrimo) – ISA 1B; 2- Falésias – ISA 1C; 3 - Praias arenosas com granulometria fina e Dunas Móveis– ISA 3A; 4-Planícies de maré arenosa – ISA 7; 5 – Planícies de maré mista, Planícies de maré lamosa e Deltas de maré vazante – ISA 9A; 6 - Planícies de supramaré arenosa – ISA 9C; 7-

Pântanos Salinos – ISA 10A; 8- Pântanos de água doce e Lagos intermitentes – ISA 10B; 9 – Mangue – ISA 10C.

Esta abordagem mostrou-se eficaz no reconhecimento e análise dos ambientes costeiros e, conseqüentemente, permitiu a atribuição de índices de sensibilidade ao derramamento de óleo para estes ambientes, dentro de uma base de dados georreferenciada, que permite a tomada de decisão com maior rapidez e eficácia, caso ocorra algum derramamento de óleo na região.

## **ABSTRACT**

The oil spills in Brazil are more and more frequent, causing several impacts on environments and biological communities. Environmental sensitivity index maps of oil spills are indispensable components of contingency and emergency answer plans for this type of accident. These maps present a system of classification based on geomorphologic characteristics of the areas, which are defined by the following factors: wave and tidal energy exposure relative degree, shoreline slope and substrate type, and also, the easiness to clean and remove the oil impacted areas.

In this context, the “Golfão Maranhense” region, located on Northern “Maranhão” State, was chosen in order to map and analyze the environmental sensitivity indexes (ESIs) of oil spills on coastal environments, for in this area, we find the second largest port in draught of the world, the Port of “Itaquí”. Moreover, this region is the route of six hundred oil tankers per year, which are potential agents that cause the oil spill.

The methodological approach for creating the maps of environmental sensitivity index included the integrated analysis of coastal environments based on digital image processing from remote optical sensors, in this case, Landsat-4 TM, CBERS-2 CCD and SPOT-2 HRV, SAR (Synthetic Aperture Radar) images from RADARSAT-1 Wide 1, SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) elevation data, geographic information system and field surveys related to geomorphology, topography and sedimentology.

Using the aforementioned methods, the coastal environments recognized in “Golfão Maranhense” were grouped according to their environmental sensitivity index: 1 – Solid man-made structures (ESI 1B); 2 – Cliffs (ESI 1C); 3 -Fine grained sand beaches and mobile dunes (ESI 3A); 4 – Tidal sandflats (ESI 7); 5 – Mixed intertidal banks, tidal mudflats and ebb-tidal delta (ESI 9A); 6 - Supratidal sandflat (ESI 9C); 7- Saltmarshes (ESI 10A); 8 - Fresh marshes and intermittent lakes (ESI 10B) and 9 - Mangrove (ESI 10C).

This approach is efficient to recognize and analyze coastal environments and, therefore, it permitted the sensitivity index attribution for the oil spill on these environments, in a georeferenced data base, which allows making faster and more efficiently decisions in case oil spills come to happen.