



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

TESE DE DOUTORADO

**MORFOLOGIA E DINÂMICA DE MÉDIO (1958-2010) E CURTO (2007)
PERÍODOS DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ALMOFALA, MUNICÍPIO
DE ITAREMA, CEARÁ**

Tese apresentada por:

PONCIANA FREIRE DE AGUIAR

Orientador: Prof. Dr. Maamar El Robrini (UFPA)

**BELÉM
2011**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

A282m Aguiar, Ponciana Freire de
Morfologia e dinâmica de médio (1958-2010) e curto (2007)
períodos da planície costeira de Almofala, Município de Itarema,
Ceará / Ponciana Freire de Aguiar; Orientador: **Maamar El Robrini**
– 2011
xxi, 179 f. : il.

Tese (Doutorado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em
Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade
Federal do Pará, Belém, 2011.

1. Unidades e subunidades geomorfológicas. 2. Planície Costeira.
3. Multitemporal. 4. Morfodinâmica praial. 5. Zoneamento
geoambiental. 6. Almofala (CE). I. **El Robrini**, Maamar, *orient.* II.
Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 20. ed.: 551.41098131



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

**MORFOLOGIA E DINÂMICA DE MÉDIO (1958-2010) E CURTO
(2007) PERÍODOS DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ALMOFALA,
MUNICÍPIO DE ITAREMA, CEARÁ**

TESE APRESENTADA POR:

PONCIANA FREIRE DE AGUIAR

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

Data de Aprovação: 24/05/2011

Banca Examinadora:

Prof. Dr. MAAMAR EL ROBRINI
(Orientador – UFPA)

Prof. Dr. GEORGE SATANDER SA-FREIRE
(Membro – UFC)

Prof. Dr. VENERANDO EUSTAQUIO AMARO
(Membro – UFRN)

Prof. LUIZ PARENTE MAIA
(Membro – UFC)

Prof. NILS EDVIN ASP NETO
(Membro – UFPA)



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

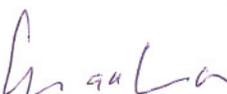
PARECER

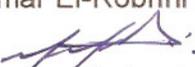
Sobre a Defesa Pública da Tese de Doutorado de PONCIANA FREIRE DE AGUIAR

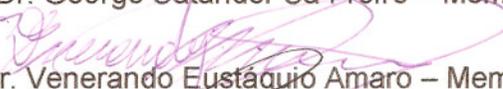
A banca examinadora da tese de doutorado de **PONCIANA FREIRE DE AGUIAR** intitulada "**MORFOLOGIA E DINÂMICA DE MÉDIO (1958-2010) E CURTO (2007) PERÍODOS DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ALMOFALA, MUNICÍPIO DE ITAREMA, CEARÁ**", composta pelos Professores Doutores Maâmar El-Robrini (Orientador-UFPA), George Satander Sá Freire (UFC), Venerando Eustáquio Amaro (UFRN), Luis Parente Maia (UFC), Nils Edvin Asp Neto (UFPA), após a apresentação oral e arguição da candidata, emite o seguinte parecer:

- A Tese foi aprovada por unanimidade;
- A apresentação oral foi satisfatória;
- A candidata respondeu a maior parte dos questionamentos feitos pela banca;
- Os trabalhos submetidos devem considerar melhor o aspecto formal da metodologia de sensoriamento remoto e geoprocessamento e a influencia das marés e do balanço sedimentar costeiro na evolução de médio a curto período da planície costeira de Almfala.

Belém, 24 de maio de 2011.


Prof. Dr. Maâmar El-Robrini - Membro (Orientador-UFPA)


Prof. Dr. George Satander Sá Freire – Membro (UCF)


Prof. Dr. Venerando Eustáquio Amaro – Membro (UFRN)


Prof. Dr. Luis Parente Maia – Membro (UFC)


Prof. Dr. Nils Edvin Asp Neto – Membro (UFPA)

RESUMO

A pesquisa enfoca a análise da morfologia e da dinâmica da linha de costa em médio (1958-2010) e curto período (2007) da planície costeira de Almofala (NW do Ceará, Nordeste do Brasil), incluindo as praias de Almofala, da Barreira e de Torrões influenciadas por altas temperaturas ($>25^{\circ}\text{C}$), precipitação média de 1172,21 mm, velocidade média dos ventos de 5,5 m/s, regime de meso-marés (média de 1,48 m), e altura significativa das ondas de 0,56 m. Os objetivos focalizam: (1) a identificação das unidades e subunidades geomorfológicas (na escala 1:50000); e (2) a avaliação da dinâmica da linha de costa para o médio período (1958-2010) e o curto período (2007). A metodologia consistiu: (1) no mapeamento das unidades e subunidades geomorfológicas da PCA, utilizando o MDT e o mapa de declividade; (2) no monitoramento multitemporal da linha de costa para o médio período: com integração de fotografias aéreas e de imagens Quickbird (1958/2004 - 46anos); e interpretação visual de imagens Landsat (1977/2010 - 33anos); (3) na quantificação e mapeamento das zonas de erosão e acreção da linha de costa; (4) na variabilidade morfosedimentar para o curto período (2007) das praias de Almofala, da Barreira e de Torrões; e (5) zoneamento geoambiental com análise da vulnerabilidade e adequação de áreas pelas formas de uso e ocupação.

Na PCA, tem-se as seguintes unidades geomorfológicas e subunidades associadas: Planalto Costeiro (tabuleiros litorâneos com 8031957 m², e plataforma de abrasão com 34654 m² de sedimentos da Formação Barreiras); e a Planície Costeira (planície aluvial com 944912 m²; a planície estuarina que inclui - planície de intermaré com 5782520 m², planície lagunar com 1449466 m², e delta com 66696 m²; e a planície arenosa - dunas fixas/eolianitos com 13879382 m², dunas móveis com 1463971 m², e praia com 837031 m²). Durante o período estudado (1977/2010 - 33 anos), a linha de costa de Almofala migrou várias vezes, tanto em direção ao continente como em direção ao oceano: na seção 3.1 - o recuo de 785 m, com taxa anual de 13,15 m/ano, retroprogando -1,3 Km²/46 anos (1958/2004), avançou 570m e progradou 888.045,47 m²/46 anos, com taxa anual de 6,3 m/ano; na seção 3.2 - o recuo foi de 668 m, a uma taxa de erosão foi 12,24 m/ano, retrogradando -0,98 km²/ 33anos (1977/2010), e avançou 394 m, com taxa de acreção de 8 m/ano, progradando 0,37 km²/33anos. As praias de Almofala, da Barreira e de Torrões se comportaram com RTR de onda dominante. O parâmetro ϵ mostrou sistema barra e calha longitudinal nas praias de Almofala e de Torrões, com areias finas (44%), e estágio reflectivo na praia da Barreira, com areias médias (29%). O parâmetro Ω teve estágios de terraço de maré baixa na praia de Almofala, e dissipativo nas praias da Barreira e de Torrões. Estas praias são semi-expostas, aos ventos e ondas, com

erosão nas praias da Barreira (-64,5 m³) e de Torrões (-72,1 m³), e acreção (62,83 m³) em Almofala. A praia de Torrões possui alta vulnerabilidade aos riscos ambientais (erosão), a praia da Barreira possui de média a alta vulnerabilidade e a praia de Almofala possui média vulnerabilidade a oeste e baixa vulnerabilidade a leste. O mapa geoambiental possibilitou identificar: com a maior área incluindo APP's, áreas de risco, áreas adequadas a ocupação, e áreas degradadas, por processos naturais (erosão costeira) e antrópicos, para contribuir com o planejamento ambiental e gerenciamento costeiro.

Palavras-chaves: Planície Costeira de Almofala, unidades e subunidades geomorfológicas, multitemporal (1958/2010), morfodinâmica praial (2007); zoneamento geoambiental.

ABSTRACT

This study also a morphologic and dynamic analysis in mid-term (1958-2004) and low-term (2007) to Almofala coastal plain (NW of Ceara, Northeast Brazil), including Almofala, Barreira and Torroes Beachs conditioned for high temperatures ($>25^{\circ}\text{C}$), media raining of 1172,21 mm, velocity winds of 5,5 m/s, mesotidal coast (media of 1,48 m), and height waves of 0,56 m. The objective also: (1) morphologic units and subunits identification (in scale 1:50000); (2) the evaluating shoreline changes by mid-term (1958-2010) and low-term (2007). The methodology consisted: (1) to compartment and subcompartment units, using the MDT and sloping map; (2) monitoring to coastal line in mid-term: with integration aerial photography's and Quickbird images 46 years (1958/2004) and Landsat images, 33 years (1977/2010); (3) quantification and mapping to erosion and accretion zones; (4) morpho-sediment variability analysis by low-term (2007) to Almofala, Barreira and Torroes beaches; and (5) geoambiental zoning with vulnerability analysis and adjusting areas by using and occupation.

In the PCA have this compartments and subdivisions: Plateaus (littoral "tabuleiros" with 8031957 m² and abrasion platform - 34654 m²; Coastal Plain (alluvial plain with 944912 m²; estuarine plain - lagune plain with 1449466 m², ebb-tidal plain 66696 m², tidal channels with 847036 m² and delta with 66696 m²; and sandy plain (coastal sandy dunes with 15343353 m² and beaches with 837031 m²). During period studied (1977/2010 - 33 years) the Almofala shoreline migrated so much, as continent direction as ocean direction: (1) section 3.1 - shoreline retreat of 785 m, with annual erosion rate of 13,15 m/years, retrograding -1,3 Km²/46 years (1958/2004), and addition of 570 m , prograding 888.045,47 m²/46 year, with annual rate of 6,3 m/year; (2) section 3.2 - the shoreline retreated 668 m, by erosion rate 12,24 m/year, retrograding -0,98 km²/ 33years (1977/2010), with addition 394 m, and accretion rate of 8m/year, prograding 0,37 km²/33years. The Almofala, Barreira and Torroes beaches behaved the beaches itself with RTR dominate wave. The parameter ϵ showed longshore bar and runnel to Almofala and Torroes beaches, with fine grain sizes (44%), and reflective to Barreira beach, with median grain sizes (29%). The parameter Ω has stages low-tide terrace intermediate to Almofala beach and dissipative to Barreira and Torroes beaches. This beaches is semi-exposed by winds and waves, with erosion to Barreira (-64,5 m³) and Torroes (-72,1 m³) beaches, and acretion (62,83 m³) to Almofala beach (2007). The Torrões beach have high vulnerability by environmental risks (erosion), the Barreira beach have media as high vulnerability and the Almofala beach have media vulnerability to west and low

vulnerability to east. The geoambiental map include: major APP's areas, risky areas, appropriate occupation areas; and degraded areas for natural process (coastal erosion) and anthropic process to contribute with environmental planning and coastal management.

Key-words: Almofala Coastal Plain; geomorphological compartments and subdivisions; remote sensing; multitemporal (1958/2010); beach morphodynamic; geoambiental zoning.