



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
CURSO DE OCEANOGRÁFIA

ILIANA MARIA DA SILVA GOMES

PERFIL DE EQUILÍBRIO DAS PRAIAS DE FORTALEZA - CE

FORTALEZA

2013

ILIANA MARIA DA SILVA GOMES

PERFIL DE EQUILÍBRIO DAS PRAIAS DE FORTALEZA - CE

Monografia apresentada ao curso de graduação em Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof^a. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro

FORTALEZA

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Rui Simões de Menezes

G616p Gomes, Iliana Maria da Silva.

Perfil de equilíbrio das praias de Fortaleza / Iliana Maria da Silva Gomes. –
2013.
50 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de
Ciências do Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2013.

Orientação: Prof^a. Dr^a. Lidriana de Souza Pinheiro .

1. Morfodinâmica. 2. Praia - Fortaleza . I. Título.

CDD 551.3

ILIANA MARIA DA SILVA GOMES

PERFIL DE EQUILÍBRIO DAS PRAIAS DE FORTALEZA - CE

Monografia apresentada ao Curso de graduação em Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Aprovada em __/__/_____.

BANCA EXAMINADORA

Profª. Drª. Lidriana de Souza Pinheiro (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr Davis Pereira de Paula
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr Jader Onofre de Morais
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

A Deus.

Aos meus pais, Paulo e Monica.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha vida, minha família, saúde e conquistas

Aos meus pais, Paulo Sousa e Monica Gomes, Ítalo Gomes, José Ivo Silva, Aderbal Sousa, Verônica Alves, Elaine Silva, minhas tias, meus tios, Brendon Alves e todos os familiares.

Aos meus amigos, Elizabeth Farias, Jamile Ulisses, Felícia Silva, Ana Cecília Costa, Beatrice Sousa, Nívia Santos, André Aquino, Mariany Cavalcante, Ana Figueirêdo “Aninha”, Osmildo Clemente, Tatiane Sousa, Maria Cibele Lemos, Diógenes Fontenele, Jailton Nogueira, Ítalo Gois e Thaysa Portela.

À Prof^a. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro pela oportunidade de realização do trabalho e pela compreensão e paciência na orientação do mesmo.

Aos colegas da turma, pelo apoio e aprendizado em conjunto.

Aos colegas do Laboratório de Oceanografia Geológica e do Laboratório de Geologia e Geomorfologia e Costeira Oceânica pela ajuda integral durante todos esses anos.

Aos professores do curso de Oceanografia.

A todos os professores, pesquisadores e funcionários do Instituto de Ciências do Mar- LABOMAR.

Aos membros da banca examinadora pelas contribuições.

Ao Projeto Plano Básico Ambiental da Obra de Aprofundamento do Porto de Fortaleza (LABOMAR/CDC/ SEP/FCPC) pelo apoio na coleta dos dados e campo e na seção de dados.

A todos os que de alguma forma contribuíram na realização deste trabalho, mesmo que não citados aqui.

RESUMO

A análise da estabilidade dos perfis de praia contribuiu para a elaboração de modelos de perfil de equilíbrio (PE), introduzido inicialmente por Brunn em 1954. Os processos responsáveis pela morfodinâmica praial são importantes, considerando seu papel na dinâmica praial. A adoção do modelo de PE é usado no auxílio do gerenciamento costeiro local e para ações de engenharia costeira. As praias são um dos principais atrativos para desenvolvimento do turismo no Estado do Ceará, em Fortaleza as praias turísticas são: Praia do Futuro, as inseridas na Av. Beira Mar e a Praia de Iracema. Neste contexto, a Praia do Futuro, Praia do Náutico e a Praia das Goiabeiras foram escolhidas para a determinação de PE aplicando-se os modelos propostos por Dean (1977), Bodge (1992) e Bernabeu *et al.* (2001). As praias do Fortaleza possuem estágios morfodinâmicos do tipo intermediários segundo o modelo de Wright e Short (1984). Os métodos de PE de Dean (1977) e de Bernabeu *et al.* (2001) foram os modelos que melhores representaram as condições de equilíbrio das praias de Fortaleza, tornando-os uma ferramenta fundamental na análise do comportamento dos perfis de praia.

Palavras-chave: Estabilidade de perfil. Morfodinâmica. Perfil praial.

ABSTRACT

A stability analysis of the profiles of beach contributed to the equilibrium profile (PE) that was first introduced in 1954 by Brunn. Processes responsible for the morphodynamics beach are important, considering her role on dynamics of beach. The adoption model of PE is used in aid of local coastal management and engineering actions coastal. The beaches are a major attraction for tourism development in the State of Ceará, Fortaleza in the tourist beaches are: Futuro, inserted in the Beira Mar Avenue and Iracema. In this context, the Futuro Beach, Náutico Beach and Goiabeiras Beach were chosen for the determination of PE applying the models proposed by Dean (1977), Bodge (1992) and Bernabeu *et al.* (2001). The Fortaleza of beach morphodynamic state has the intermediate type according to the model of Wright and Short (1984). The methods of PE Dean (1977) and the Bernabeu *et al.* (2001) were the models that best represented the equilibrium conditions of Fortaleza beache, making them an essential tool in the analysis of the behavior of beach profiles.

Keywords: Equilibrium profile. Morphodinamyc. Profile beach.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 – Terminologias e divisões do Sistema Praial	14
Figura 2 – Localização da área de estudo	19
Figura 3 – Coleta de sedimentos na faixa de praia e no perfil topobatimétrico	22
Figura 4 – Fluxograma das etapas da análise granulométrica.	23
Figura 5 – Representação do perfil submerso proposto por Dean (1977)	25
Figura 6 – Representação do perfil	25
Figura 7 – Perfil em equilíbrio.	25
Figura 8 – Gráfica da velocidade de decantação (cm/s)	26
Figura 9 – Modelo esquemático do perfil de equilíbrio em duas seções	28
Figura 10 – Distribuição do perfil da praia do Futuro	30
Figura 11 – Perfil da praia do Náutico.	32
Figura 12 – Perfil da praia das Goiabeiras	33
Figura 13 – PE da praia do Futuro e a média do perfil.	36
Figura 14 – PE da praia do Náutico e a média do perfil.	37
Figura 15 – PE da praia das Goiabeiras e a média do perfil.	38

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Estágios das praias	17
Tabela 2 – Mudanças morfológicas da Praia do Futuro	30
Tabela 3 – Mudanças morfológicas da Praia do Náutico	31
Tabela 4 – Mudanças morfológicas da Praia das Goiabeiras	32
Tabela 5 – Características morfodinâmicas das praias de Fortaleza-CE	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
INPH	Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias
LOG	Laboratório de Oceanografia Geológica
PE	Perfil de equilíbrio

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Sistema praial	14
2.2	Morfodinâmica praial	15
2.3	Perfil praial de equilíbrio	17
3.	OBJETIVOS	18
3.1	Objetivo geral	18
3.2	Objetivos específicos	18
4.	MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1	Área de estudo	19
4.2	Coleta de dados em campo	21
4.3	Processamentos de dados	22
4.3.1	<i>Análise granulométrica</i>	23
4.3.2	<i>Profundidade de fechamento</i>	24
4.3.1	<i>Modelos de perfil de equilíbrio</i>	24
4.3.3.1	<i>Modelo de Dean (1977)</i>	24
4.3.3.2	<i>Modelo de Bodge (1992)</i>	27
4.3.3.3	<i>Modelo de Bernabeu et al. (2001)</i>	28
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1	Características morfológicas	30
5.1.1	<i>Praia do Futuro</i>	30
5.1.2	<i>Praia do Náutico</i>	31
5.1.3	<i>Praia das Goiabeiras</i>	32
5.2	Profundidade de fechamento	34
5.3	Características morfodinâmicas	34
5.4	Perfil de equilíbrio	35
5.4.1	<i>PE Praia do Futuro</i>	35
5.4.2	<i>PE Praia do Náutico</i>	37
5.4.3	<i>PE Praia das Goiabeiras</i>	37
6.	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS	40
	APÊNDICE	44

1. INTRODUÇÃO

A valorização econômica das praias para atividades de veraneio ou moradia fixa se deve a uma série de fatores naturais e sociais, ocasionando crescimento populacional acelerado nas frentes oceânicas onde, à falta de planejamento e de infra-estrutura influencia o aumento da degradação desses ambientes (ARAÚJO *et al.*, 2007).

No sistema praias as intervenções humanas, diretas e indiretas, geram maior vulnerabilidade aos processos naturais atuantes na praia consequentemente fenômenos associados à morfodinâmica praias, como erosão costeira, ocasionam impactos socioeconômicos e ambientais significativos (DIAS *et al.*, 2011).

Perfil de equilíbrio (PE) caracteriza a forma estável de um perfil praias quando submetido a um determinado regime de onda, granulometria do sedimento, sendo a forma final que o perfil assume sob determinadas condições hidrodinâmicas e sedimentológicas (PASOLINI, 2008).

Segundo Dean (1992), o PE apresenta-se como boa ferramenta para interpretar se o perfil praias está com déficit ou com excesso de sedimentos. A prática do modelo de PE vai desde auxílio no gerenciamento costeiro local como ações de engenharia costeira (GOMES, 2004).

Vários trabalhos foram realizados com a aplicação e determinação do perfil praias de equilíbrio como os trabalhos de Dean (1977), Bodge (1992), Gonzáles (1999), Bernabeu *et al.* (2001), Manso *et al.* (2001), Gravens *et al.* (2001), Gomes (2004), Pedruzzi (2005), Turker e Kabdasli (2004, 2006) e Pasolini (2008).

A motivação para aplicação dos modelos de PE na costa de Fortaleza é justificada pela importância da praia do Futuro como um dos principais atrativos para a geração de divisas através do desenvolvimento do turismo (ALBUQUERQUE, 2008), estando inserida a Praia do Náutico por ter fluxo misto e a Praia das Goiabeiras pelo fluxo comunitário.

Ademais, neste litoral, diversas obras de engenharia foram implantadas na tentativa de reter os sedimentos, recompor a faixa de praia e abrigar a orla da energia das ondas.

O histórico de erosão do litoral de Fortaleza data desde a construção do Porto de Fortaleza (MORAIS, 1981; MAIA *et al.*, 1998), com recuo aproximado de aproximadamente 200 m de faixa de praia. Associa-se a isto a expansão da cidade

sobre as dunas e pós-praia, o que resultou no déficit de sedimentos e incremento da erosão na direção do rio Ceará.

Neste contexto, foram escolhidas como áreas-piloto as praias do Futuro, Náutico e Goiabeiras.

A primeira justifica-se pela grande disponibilidade de sedimentos promovida pelo barramento do molhe do Titã e pelo uso intensivo para atividades balneares e comerciais.

A segunda está inserida na parte central da enseada no Mucuripe, área com maior influência do Porto do de Fortaleza, com maior registro de perda de sedimentos e de recuo da linha de costa apontados nos estudos de Moraes (1981) e Maia *et al.* (1998).

A terceira por se encontrar no limite oeste da cidade de Fortaleza, com intensa ocupação urbana das dunas arenosas e presença de estruturas de proteção costeira.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistema praial

As praias são formadas pelo acúmulo de sedimentos pela ação das ondas depositadas entre a base modal da onda e seu limite superior oscilante, sendo sua extensão e características subordinadas aos tamanhos dos grãos dos sedimentos, variação da maré, altura, período da onda e forma da praia (SHORT,1999).

Segundo Machado (2007), terminologias para descrição dos componentes do sistema praial e limites não possuem consenso entre autores da área. Nesse trabalho foram adotadas terminologias e divisão do sistema praial (FIGURA 1) apresentadas por Short (1999).

Figura 1. Terminologias e divisões do Sistema Praial.



Fonte: Souza (2005). Modificado de Short, 1999.

O sistema praial proposto por Short (1999) pode ser dividido em zonas e setores: sendo as zonas a praia subárea, zona de surfe, zona próxima à costa; e como setores a pós-praia, estrêncio, face litorânea, berma e face da praia.

A face litorânea definida como a zona que se estende entre nível do mar na maré baixa de sizígia, localizado próximo da costa, até o nível base das ações das

ondas em tempo bom. Neste setor ocorre o processo de empolamento das ondas iniciado na profundidade de fechamento, na qual as ondas começam a interagir com o fundo e arrasta os sedimentos em direção à face da praia (SHORT, 1999).

A zona de surfe representa a primeira linha de arrebentação das ondas até o ponto da última quebra das ondas sobre a face de praia, caracterizada por uma complexa mistura de onda e movimentos de correntes. A zona de pós-praia abrange o nível do mar da maré de alta de sizígia até base de duna, falésia, linha de vegetação permanente, entre outras (SHORT, 1999).

Os processos costeiros atuantes no sistema praial podem gerar erosão ou deposição, devido aos fatores oceanográficos, meteorológicos, geológicos e antrópicos. Os principais processos são ondas, ventos, correntes, marés e balanço sedimentar (SOUZA, 2005).

As ondas constituem o processo marinho mais efetivo na seleção e redistribuição dos sedimentos depositados no sistema praial (NETO; PONZI; SICHEL, 2004).

Correntes são geradas por ondas e ao chegar à linha de costa, tomam várias formas, como a componente paralela a praia denominada corrente longitudinal ou deriva litorânea, que podem atingir 1,5 m/s e representa o agente de transporte sedimentar (SHORT, 1999).

As marés são classificadas em três tipos: a) micromarés, com amplitude da maré até 2 m; b) mesomarés, com amplitude de 2 a 4 m, e c) macromarés, com amplitude maior que 4 m (WRIGHT, COLLING; PARK, 1999). Segundo Komar (1976), a variação da maré combinada com a ação de ondas influencia a formação de bancos e calhas, aumentando ou diminuindo a largura da zona de surfe.

O balanço sedimentar resulta das perdas e ganhos de sedimento na praia (SOUZA, 2005). Processos erosivos ocorrem quando a quantidade de sedimento que sai supera a quantidade que entra, gerando balanço sedimentar negativo. Em situação oposta ocorre a progradação da linha de costa (MENEZES, 2008).

2.2 Morfodinâmica praial

A interação entre energia proveniente dos ventos, maré, ondas e correntes litorâneas com material formador das praias determina as características morfodinâmicas do sistema praial (WRIGHT; SHORT, 1984).

Morfodinâmica praial é definida como o método de estudo que integra as observações morfológicas e hidrodinâmicas numa descrição completa e coerente da praia e da zona de arrebentação (CALLIARI *et al.*, 2003). O modelo de Wright e Short (1984) classifica o estado morfodinâmico da praia, usando o parâmetro ômega (Ω) de Dean (1973) que é calculado pela equação 1.

$$\Omega = Hb/w \times T \quad (1)$$

Onde Hb é a altura da quebra de onda (m), w a velocidade média de decantação dos sedimentos da face da praia (cm/s) e T o período de pico de onda (s).

Esse parâmetro ômega (Ω) permite diferenciar os tipos de praia e tem-se sido bastante útil na caracterização do comportamento das praias.

A classificação de Wright e Short (1984) para praia de micromaré determinam seis estágios morfológicos (TABELA 1), sendo dois extremos, dissipativo e reflexivo, e quatro estados intermediários.

Tabela 1. Estágios das praias.

Estágio de Praia	Ômega (Ω)	Desvio Padrão (Ω_{sd})	Energia de onda (m/s)
Refletivo	< 1,50	-	< 0,5
Terraço de Baixa-Mar (TBM)	2,40	0,19	0,5 - 1,0
Bancos Transversais (BT)	3,15	0,64	1,0 – 1,5
Banco de praia de cúspide (BPC)	3,50	0,76	1,5 – 2,0
Banco de calha longitudinal (BCL)	4,70	0,93	2,0 – 2,5
Dissipativo	>5,50	-	> 2,5

Fonte: Short (1999).

2.3 Perfil de equilíbrio

O perfil praiado de equilíbrio (PE) é definido como a forma final adotada do perfil praiado sob condições de ondas constantes e um dado tamanho de grão do sedimento (LARSON, 1991). A primeira definição de perfil praiado de equilíbrio foi proposta por Brunn (1954) e melhorada por Dean (1977).

Vários modelos de PE foram criados com objetivo de descrever o movimento do sedimento na praia (GOMES, 2004), baseados nas análises das características geométricas dos perfis na natureza e das forças ativas nas formações dos perfis das praias (PASOLINI, 2008). A evolução do PE gerou melhorias para representação do perfil da praia e consequente aplicabilidade na gestão.

Segundo Dean (1992), aplicando o método de PE e comparando com perfis praiados torna possível interpretar se o perfil apresenta falta ou excesso de sedimento, indicando que a costa encontra-se em erosão ou progradação. No caso de erosão, esse dado indica o volume de sedimentos que deve ser incorporado ao perfil para o alcance do equilíbrio.

Dentre os métodos de PE ainda não existe um método específico adequado para calcular o perfil de equilíbrio, entretanto, o modelo de Dean (1977) apresenta-se como mais conhecido e usado em aplicações (TÜRKER; KABDASLI, 2006).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Aplicar os modelos de Dean (1977), Bodge (1992) e Bernabeu *et al.* (2001) para a observação se os trechos costeiros referentes as praias do Futuro, Náutico e Goiabeiras estão sob regime de erosão ou progradação.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar a morfodinâmica da praia;
- Estimar a profundidade de fechamento de um perfil de praia.

4. MATERIAL E MÉTODOS

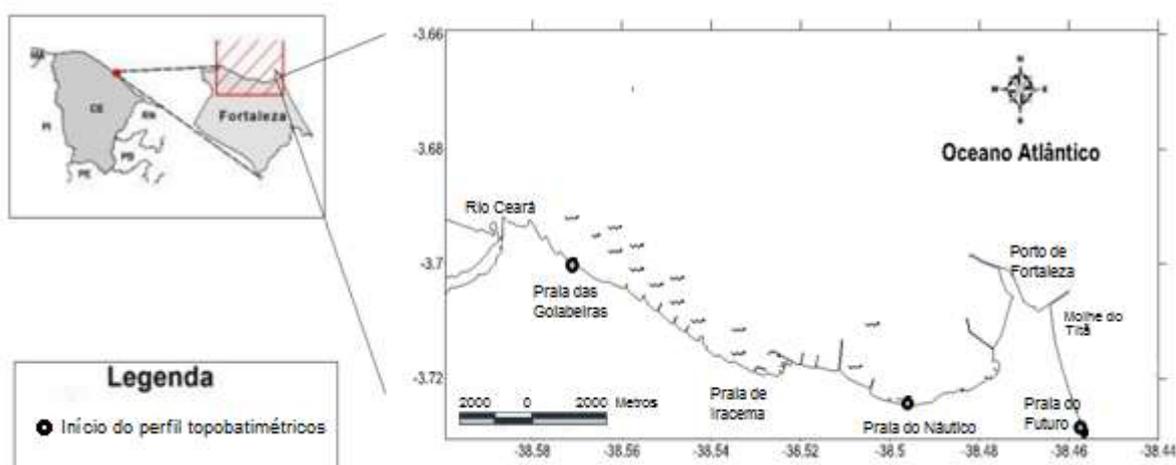
4.1 Caracterização da área de estudo

A cidade de Fortaleza está localizada na zona litorânea do estado do Ceará, no nordeste do Brasil, apresenta área aproximada de 336 km² e altitude de 26,36 m em relação ao nível do mar (MENEZES *et al.*, 2006).

A localidade é caracterizada por um intenso fluxo turístico, principalmente nos meses de novembro a janeiro e junho a agosto, sendo a praia do Futuro a mais procurada por turistas da cidade de Fortaleza (ALBUQUERQUE, 2008).

As coordenadas iniciais para o perfil topobatimétrico são: para a Praia do Futuro latitude -3.73 W e longitude -38.457 S, a Praia do Náutico latitude -3.725 W e longitude -38.496 S e a Praia das Goiabeiras na latitude -3.700 W e longitude 38.571 S. A localização da área de estudo a partir das coordenadas iniciais na figura 2.

Figura 2 – Localização da área de Estudo.



Fonte: Autor.

As praias de Fortaleza estão em uma planície litorânea com predomínio de areias quartzosas (MORAIS, 1981; MAIA *et al.* 1998).

Segundo dados da Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME), de fevereiro a abril predominam os ventos com velocidade média de 3,7 m/s, procedentes de nordeste, e menores intensidades no mês de março. Onde ocorre

uma intensificação gradativa dos ventos a partir de maio atingindo valores máximos no mês de setembro com 7,2 m/s. O período compreendido entre agosto e novembro é o de maior intensidade com média de 6,8 m/s e predominância de E-SE (MORAIS, 1981).

O período de estiagem ocorre entre os meses de julho a janeiro e o chuvoso de fevereiro a abril (FUNCEME, 2012) e as maiores médias mensais de precipitação ocorrem no mês de março e mínimos no mês de agosto (ALBUQUERQUE, 2008).

As marés são do tipo semi-diurna, com amplitude média de 2,9 m (MAIA *et al.*, 1998). O clima de ondas da região por medições realizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH) no Porto do Mucuripe entre 1991 e 1994 apresentado por Maia *et al.* (1998) indicou que 99% dos casos corresponderam às ondas do tipo *sea* e 0,51% do tipo *swell* e 0,15% que não puderam ser identificadas. A média anual da altura significativa (H_s) foi de 1,0 m e período de 5 segundos. Resultados semelhantes foram observados por Moraes (1972) na década de 70, com predominância de ondas de curto período ($T_{med}=6$ s), oriundas predominantemente de Leste e altura significativa de 1,33 m.

Silva *et al.* 2011, baseado em registros históricos anuais e interanuais de ondas no nos anos de 1997, 2000 e 2001 do porto do Pecém, que a direção de ondas no primeiro semestre do ano são do quadrante de 40-60° e que no segundo são predominantes do quadrante de 100 a 120 graus, associados a direção e intensidades do ventos alísios. Nas análises históricas de frequência relativa da onda se observou que em torno de 80% das ondas, ocorreu com período de pico entre 4 e 9 s, relacionados com ondas do tipo *sea* e o restantes 20% das ondas foram observadas com períodos de pico compreendidos acima de 10 s, indicando ondas do tipo *swell*.

Os autores acima citados identificaram que no ano de 1997 a média anual de H_s foi de 1,35 m, com picos de 2,61 m em fevereiro e 2,46 m em julho. O ano de 2000 apresentou uma média anual de H_s de 1,33 m, apresentando maiores valores de H_s entre os meses de agosto a dezembro, com valores em média situados entre 1,16 e 1,68 m. O ano de 2001 apresentou uma média anual de H_s de 2,08 m

Os períodos de pico são utilizados para classificar os tipos de ondas onde ondas acima de 10 s são classificadas como do tipo *swell* e ondas entre 4 e 9 s como do tipo *sea*, classificação das ondas definido por Komar em 1914 (KOMAR 2010).

No monitoramento pertinente ao projeto PBA da Obra de Aprofundamento do Porto de Fortaleza (LABOMAR/CDC/ SEP/FCPC) a altura média na arrebentação variou de 0,90 m a 1,5 m com maiores valores registrados no primeiro semestre do ano. O período das ondas variou de 6 a 8 s, com predominância de ondas de longo período (> 10 s) nos meses de fevereiro e abril.

4.2 Coleta de dados em campo

Os levantamentos topobatimétricos para os perfis de praia foram distribuídos em três pontos distribuídos na costa da cidade de Fortaleza. As saídas de campo ocorreram durante: setembro de 2010 (set/2010), fevereiro de 2011 (fev/2011), outubro de 2011 (out/2011) e abril de 2012 (abril/2012). As coletas, os dados brutos dos perfis topobatimétricos, dados das ondas no dia da coleta e dos sedimentos foram fomentadas pelo projeto Plano Básico Ambiental da Obra de Aprofundamento do Porto de Fortaleza (LABOMAR/CDC/ SEP/FCPC).

Os perfis das praias foram aplicados pelo método de Birkemeier (1985) para se analisar as variações de curto prazo da linha de costa. Os equipamentos utilizados foram uma estação total, um prisma e uma bússola de geólogo. As leituras do perfil praiado emerso foram realizadas a cada 10 m e a cada feição, como bancos e crista de berma até a zona da face litorânea.

A declividade da face praiado foi obtida por meio de um clinômetro previamente calibrado em laboratório. As leituras para a obtenção da altura significativa das ondas (H_s) e período de pico (T) foram realizadas de acordo com o modelo de observação visual segundo Melo (1993) e com o uso de vídeo-monitoramento.

O Referencial de Nível (RN) de cada ponto foi fixado sempre em uma estrutura fixa, como calçadas e escadas. Depois de identificado o RN mais próximo, o mesmo foi transferido com o uso de estação total. Neste trabalho foi utilizado como Referência de Nível para o cálculo da altitude em relação à maré, o RN1 – Portobrás, com altitude de 4,034m, instalado no jardim em frente ao prédio da Administração Companhia Docas do Ceará, entre os armazéns A2 e A3.

As leituras no perfil submerso foram obtidas por batimetria, a bordo de embarcação. Os levantamentos iniciaram na profundidade de 4 m estando alinhado ao RN do perfil praiado emerso. Os equipamentos utilizados foram GPS com sonda

ecobatimétrica Garmin acoplado ao computador portátil. No deslocamento da embarcação o ecobatímetro registrava continuamente o perfil do fundo, a cada 3 s.

As coletas de sedimentos (FIGURA 3) foram realizadas nas feições ao longo do perfil praiial, feitas por raspagem superficial e por um amostrador qualitativo do tipo "Van Veen". As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos etiquetados e encaminhadas ao Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG) da Universidade Federal do Ceará para análise.

Figura 3 – Coleta de sedimentos na faixa de praia e no perfil topobatimétrico.



Fonte: Autor e projeto CDC/LABOMAR/FCPC/SEP. Coleta dividida por feição praiial e uso do amostrador de fundo do tipo Van-Veen.

4.3 Processamentos de dados

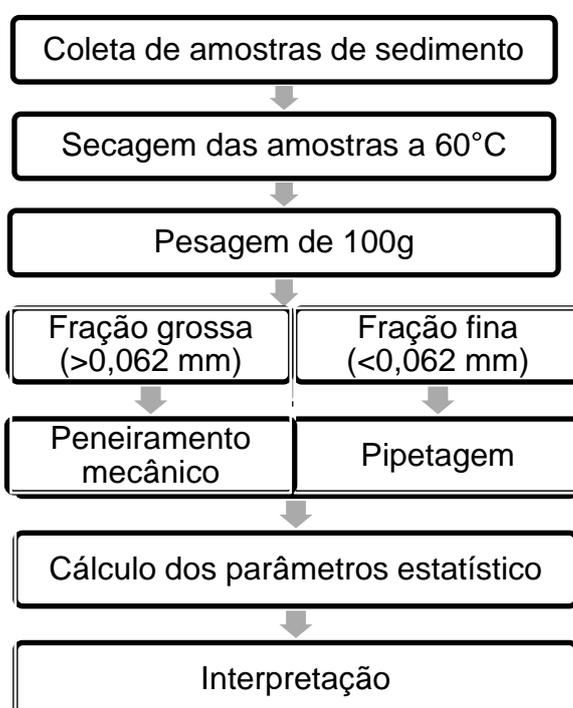
As correções das oscilações das curvas harmônicas da maré foram corrigidas a partir do zero hidrográfico da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), onde por relações matemáticas simples, definidas por Muehe (2004), determinou a cota inicial do perfil em relação ao nível médio do mar. Dados do levantamento batimétrico foram processados no laboratório com correções dos ruídos das ondas e correção da maré. A classificação morfodinâmica da praia foi obtida a partir do modelo tradicional proposto por Wright e Short (1984).

4.3.1 Análise granulométrica

As amostras de sedimentos foram processadas no LOG-UFC por peneiramento úmido e mecânico, através dos quais foram obtidas as características granulométricas e texturais dos sedimentos.

Análises sedimentológicas das amostras foram realizadas de acordo com modelo descrito por Suguio (1973). As etapas da análise granulométrica foram realizadas seguindo o fluxograma (FIGURA 4).

Figura 4 – Fluxograma das etapas da análise granulométrica.



Fonte: Autor.

Os resultados dos dados foram tratados com auxílio do programa estatísticos Anased, cedido pelo LOG, dos quais foram obtidos valores dos diâmetros médios e valor de phi dos sedimentos. Os sedimentos foram classificados segundo a classificação de Wentworth (1922). Os parâmetros estatísticos da distribuição granulométrica do sedimento foram calculados pelo método descrito por Folk e Ward (1957).

Segundo Albuquerque (2008), utilizando o valor do diâmetro médio da classe granulométrica predominante na face de praia foi estimada a velocidade de decantação do grão utilizando as estimativas de Raudkivi (1990) onde a mesma foi

calculada a partir da equação de Gibbs, Mathew e Link (1971), introduzindo-se na mesma as correções calculadas para grãos naturais segundo a equação de Baba e Komar (1981).

4.3.2 Profundidade de fechamento

A profundidade de fechamento do perfil (*profile closure*) é o elemento de separação entre a zona de transporte ativo de sedimentos e a zona mais profunda onde ocorre baixa taxa de sedimentação e erosão (KRAUS *et al.*,1999). A profundidade de fechamento ou fecho corresponde à profundidade a partir do qual o perfil não sofre modificações significativas.

A equação de Birkemeier (1985) resulta em aproximadamente 20% de profundidade de fechamento mais rasa do que a equação de Hallermeier (1981), a mais utilizada na literatura internacional (WANG; DAVIS, 2007). A equação de Houston (1995) simplificou a equação de Birkemeier (1985) e desenvolvendo uma equação empírica usando a média anual de altura significativa de onda $H_{s_{avg}}$.

A profundidade de fechamento foi obtida pela equação (2) de Houston (1995) que utiliza dados da média anual de altura significativa.

$$Dc = 6,75 H_{s_{avg}} \quad (2)$$

Onde Dc é a profundidade de fechamento, $H_{s_{avg}}$ é a média anual da altura significativa das ondas incidentes por metro.

4.3.3 Modelos de perfil de equilíbrio

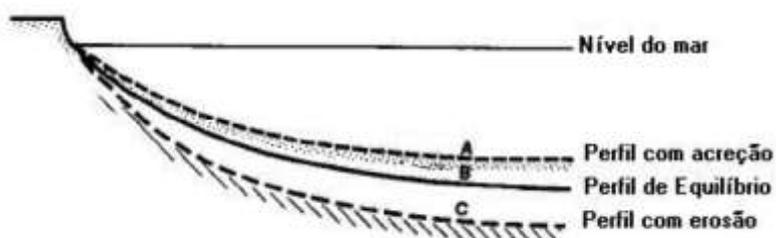
Os três modelos utilizados para a obtenção do PE nas praias de Fortaleza foram os modelos de Dean (1977), Bodge (1992) e Bernabeu *et al.* (2001).

4.3.3.1 Modelo de Dean (1977)

Segundo Dean (1977) a forma do perfil de equilíbrio praia depende apenas do tamanho do sedimento, com a altura de onda não tem nenhuma influência sobre a

forma. O modelo de perfil de equilíbrio permite medir a declividade ao longo do perfil (FIGURA 5).

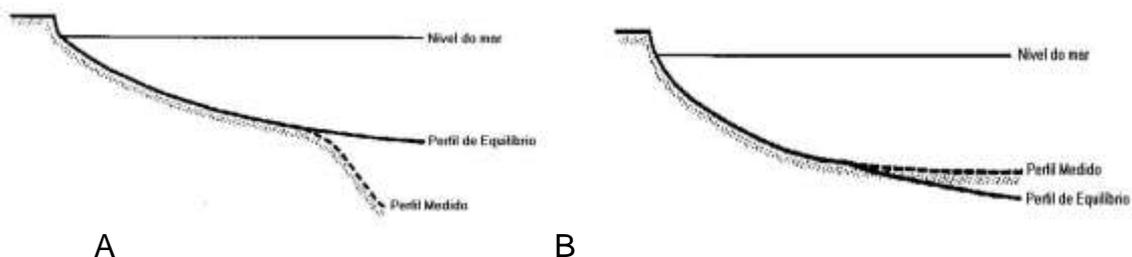
Figura 5 – Representação do perfil submerso proposto por Dean (1977).



Fonte: Dean (1992).

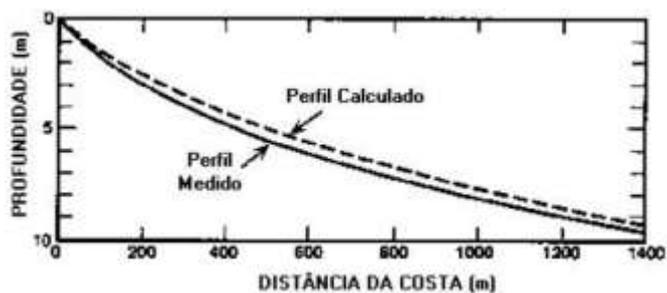
As diferenças encontradas entre os perfis reais e os calculados e as maneiras destas serem interpretadas foram analisadas por Dean (1992) que os classificaram em três tipos de perfis (FIGURAS 6 e 7).

Figura 6 – Representação do perfil.



Fonte: Dean (1992). Onde A representa o perfil com alta declividade em direção ao oceano e B o perfil com suave declividade em direção ao oceano.

Figura 7 – Perfil em equilíbrio.



Fonte: Dean (1992).

O Perfil A apresenta elevada declividade em direção ao oceano pode considerar a transição da região ativa para inativa correspondendo à profundidade de equilíbrio ou que sedimento é derivado da porção costeira (FIGURA 6 A).

O Perfil B apresenta declividade suave em direção ao oceano, caso declividade seja gradual ocorre processo de construção do perfil pelo sedimento trazido pelo transporte transversal, caso seja abrupta representa um perfil em construção pelo transporte de sedimento de fontes oceânicas (FIGURA 6 B).

Perfil (FIGURA 7) medido e calculado apresenta mesma forma, portanto o perfil está em equilíbrio local. A equação 3 proposta por Dean (1977) para o PE.

$$h = Ax^{\frac{2}{3}} \quad (3)$$

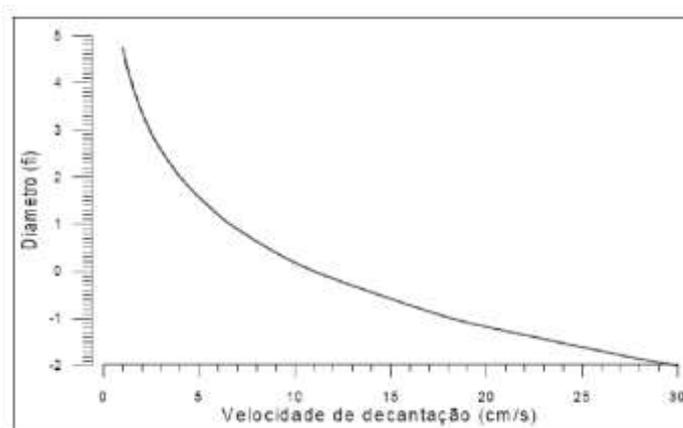
Onde h é a profundidade (m), A o parâmetro de forma que depende do diâmetro médio do sedimento em cada ponto e x é a distância a partir da linha de costa (m).

O parâmetro de forma foi determinado com base na velocidade de decantação das partículas dos sedimentos. O valor do parâmetro A representado para todos os pontos (equação 4).

$$A = 0,0067w^{0,44} \quad (4)$$

Onde w é a velocidade de decantação dos sedimentos (cm/s). Os valores da velocidade de decantação podem ser encontrados na figura 8.

Figura 8 – Gráfico da velocidade de decantação (cm/s).



Fonte: Muehe (2004). A velocidade de decantação (cm/s) em função do diâmetro médio (phi).

4.3.3.2 Modelo de Bodge (1992)

A expressão matemática para descrever a forma do perfil da praia é fundamental para a formulação de correntes, dinâmica de ondas, transporte de sedimentos e a linha de costa em resposta a zona de surfe.

O modelo foi realizado com os perfis representativos de praias da costa leste dos EUA e do Golfo do México cujos resultados estavam aptos para duas expressões matemáticas, a equação potencial, a mais conhecida de Dean (1977), e a forma exponencial. Para a maioria dos perfis, a forma exponencial mais aproxima dos dados dos perfis praias medidos.

A forma exponencial pode ser uma melhor representação dos perfis das praias de equilíbrio, particularmente quando o tamanho do grão varia na direção da plataforma da face litorânea (BODGE, 1992).

Utilizando os mesmos dados da análise de Dean (1977), Bodge (1992) propôs o perfil de equilíbrio se aproximando de uma função exponencial (equação 5).

$$h = B(1 - e^{-k x}) \quad (5)$$

Onde B e k são coeficientes dimensionais empíricos. Coeficiente B representa a máxima profundidade na água e k controla a curvatura do perfil calculado, sendo determinados respectivamente pelas equações 6 e 7.

$$B = \frac{S_o}{k} \quad (6)$$

$$k = \frac{1}{S_o} \left(\frac{3}{2} - \left(\frac{6D_c}{S_o X_c} - \frac{15}{4} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \quad (7)$$

Sendo S_o a declividade em frente à praia (BERNABEU *et al*, 2001), X_c a da linha de costa e D_c a profundidade de fechamento. Sendo k aplicável apenas quando se encontra no intervalo definido por Komar e Mcdougal (1994), o valor de k utilizado foi o encontrado por Wang e Davis (2007).

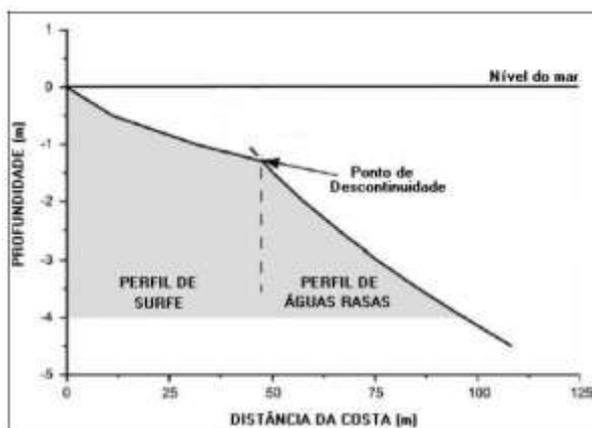
4.3.3.3 Modelo de Bernabeu et al. (2001)

As mudanças das características morfológicas de uma praia encontram relacionadas com a maneira que a energia incidente das ondas se distribui ao longo do perfil (BERNABEU; MEDINA; VIDAL 2003).

O modelo de PE proposto por Bernabeu *et al.* (2001) divide o perfil praiual em duas seções, perfil de surfe e o perfil de águas rasas (FIGURA 9).

Ocorre separação em duas seções devido à intensa turbulência presente na zona de surfe, onde ocorre no fundo submerso um intenso transporte de sedimentos em suspensão, e no perfil de águas rasas espera que o transporte de fundo seja menos turbulento (LARSON,1999).

Figura 9 – Modelo esquemático do perfil de equilíbrio em duas seções.



Fonte: Bernabeu, Medina e Vidal (2003).

Coeficientes de ajuste do modelo foram calibrados com dados de várias praias espanholas. Expressões empíricas relacionadas dos parâmetros de onda, tamanho de grão do sedimento e morfologia do perfil praiual.

As equações postuladas por Bernabeu *et al.* (2001) para representar o PE foram: equação 8, para o perfil na região de surfe, e equação 9, para representar o perfil das águas rasas ou o perfil na zona de empinamento das ondas.

$$x = \left(\frac{h}{A}\right)^{\frac{3}{2}} + \frac{B}{A^{\frac{3}{2}}} h^3 \quad (8)$$

$$X = x - x_0 = \left(\frac{h}{C}\right)^{3/2} + \frac{D}{C^{3/2}} h^3 \quad (9)$$

Onde, x é a distância horizontal do perfil (m), h a profundidade (m) e A , B , C e D os coeficientes de ajuste.

Os valores dos coeficientes de ajuste são definidos segundo as equações 10, 11, 12 e 13.

$$A = 0,13 - 0,01\Omega_{sf} \quad (10)$$

$$B = 0,005 + 0,26 \exp(-0,75\Omega_{sf}) \quad (11)$$

$$C = 0,11 + 0,025\Omega_{sf} \quad (12)$$

$$D = 0,006 + 0,1 \exp(-0,73\Omega_{sf}) \quad (13)$$

Onde Ω_{sf} corresponde à velocidade de decantação na zona entremarés definida pela equação 14.

$$\Omega_{sf} = H/wT \quad (14)$$

Onde H é a altura de onda (m), w a velocidade de decantação do sedimento (cm/s) e T o período da onda (s). Os valores correspondentes as equações 10, 11, 12 e 13 somente são válidas se estiverem no intervalo definido por BERNABEU *et al* (2001).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Características morfológicas

5.1.1 Praia do Futuro

Na praia do Futuro no mês de setembro de 2010 foi observada a formação de *riples marks* com 6 cm de comprimento e 2 cm de altura, indicando a ação dos ventos no transporte transversal de sedimentos neste setor.

As mudanças morfológicas da Praia do Futuro estão na tabela 2. Nos perfis praias não foram observados presença de cúspides praias e de barras longitudinais emersas.

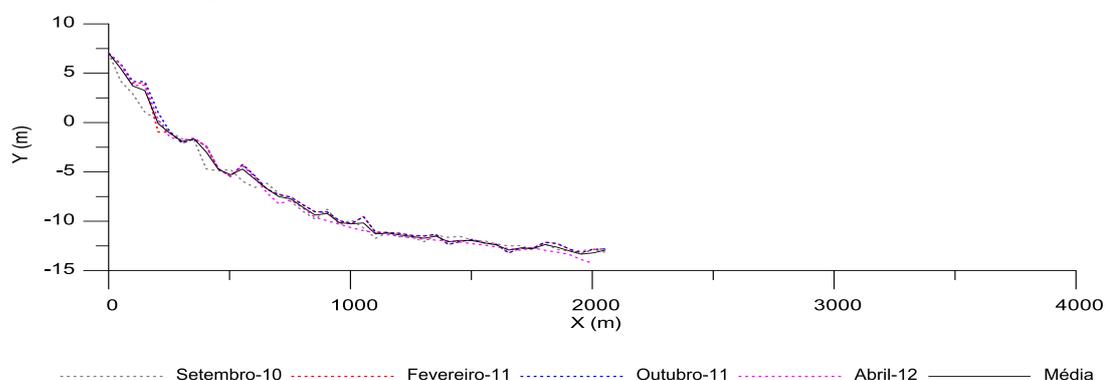
Tabela 2 – Mudanças morfológicas da Praia do Futuro.

	Set/2010	Fev/2011	Out/2011	Abril/2012
Estirâncio (m)	158	158	130	187
Declividade	2,60°	3,70°	4,80°	2,30°

Fonte: Autor.

Nos perfis praias (FIGURA 10) não é possível observar feições devido à escala utilizada. A profundidade de fechamento para a Praia do Futuro foi de 7,5 m.

Figura 10 – Distribuição do perfil da praia do Futuro.



Fonte: Elaborados pelo autor a partir do banco de dados do PBA-Porto de Fortaleza (CDC/LABOMAR/FCPC/SEP).

É possível observar movimentação transversal dos sedimentos ao longo dos perfis e com baixa transferência sedimentar após a profundidade aproximada da profundidade de fechamento. As zonas mais ativas dos perfis praias foram às distâncias de 150 m (desvio padrão = 1,2) e em 400 m (desvio padrão = 0,9).

No período entre set/2010 a fev/2011, set/2010 a out/2011, out/2011 a abril/2012 não foram observadas modificações significativas no perfil submerso. O perfil médio da Praia do Futuro indica que houve pouca variação nos perfis durante os quatro períodos.

A Praia do Futuro possui estágio morfodinâmico do tipo intermediário com calhas e bancos longitudinais segundo os modelos de Wright e Short (1984), também observado por Albuquerque (2008). Onde nesse estágio as ondas dissipam energia no banco arenoso formando cava mais profunda, gerando uma extensa área de espraiamento na face de praia (SHORT, 1999).

5.1.2 Praia do Náutico

A praia do Náutico está a sotamar do Porto de Fortaleza (Porto do Mucuripe) e, portanto está inserida na parte central da Enseada do Mucuripe. As praias da Enseada do Mucuripe apresentaram as maiores taxas de recuo da linha de costa, principalmente a praia de Iracema, em decorrência da construção do Porto de Fortaleza e outras obras de engenharia a ele associadas (MORAIS,1981).

Não foram observadas a presença de cúspides praias e barras longitudinais emersas na Praia do Náutico suas mudanças morfológicas estão na tabela 3.

Tabela 3 – Mudanças morfológicas da praia do Náutico.

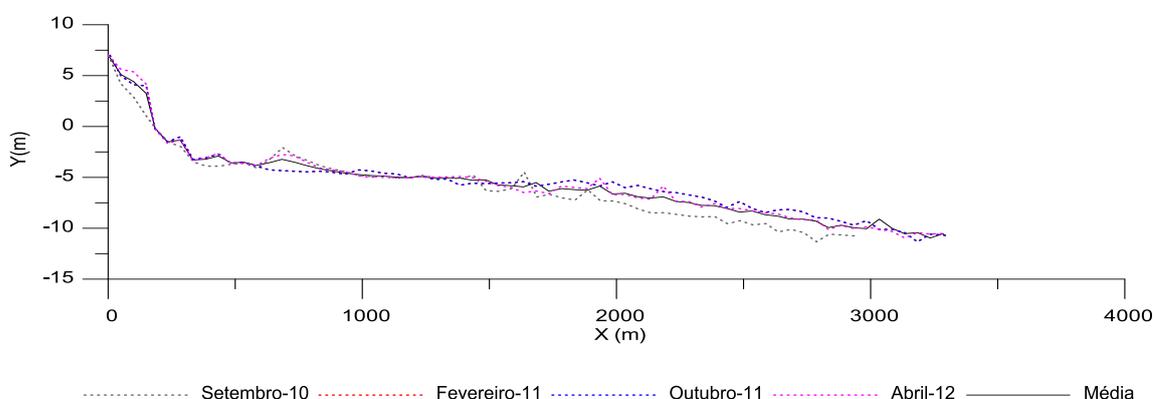
	Set/2010	Fev/2011	Out/2011	Abril/2012
Estirâncio (m)	60	40	39	30
Declividade	6,00°	7,00°	11,00°	12,00°

Fonte: Autor.

A profundidade de fechamento para a Praia do Náutico pela equação Houston (1995) foi de 7 m, no entanto nos perfis praias foi observado à profundidade de fechamento de aproximadamente 5 m.

Nos perfis praias (FIGURA 11) a zona ativa do transporte de sedimento está nas profundidades entre 5 a 10 m com distância de 1500 a 3300 m, estando essa zona com perfis das praias na classificação morfodinâmica variando do tipo intermediário a refletiva.

Figura 11 – Perfil da praia do Náutico.



Fonte: Elaborados pelo autor a partir do banco de dados do PBA-Porto de Fortaleza (CDC/LABOMAR/FCPC/SEP).

5.1.3 Praia das Goiabeiras

A Praia das Goiabeiras apresenta na sua pós-praia a ocorrência de bancos de areias vegetados por gramíneas e reduzindo dessa forma, a ação eólica do vento. Nela foi observada a presença de cúspides praias e suas mudanças morfológicas estão na tabela 4.

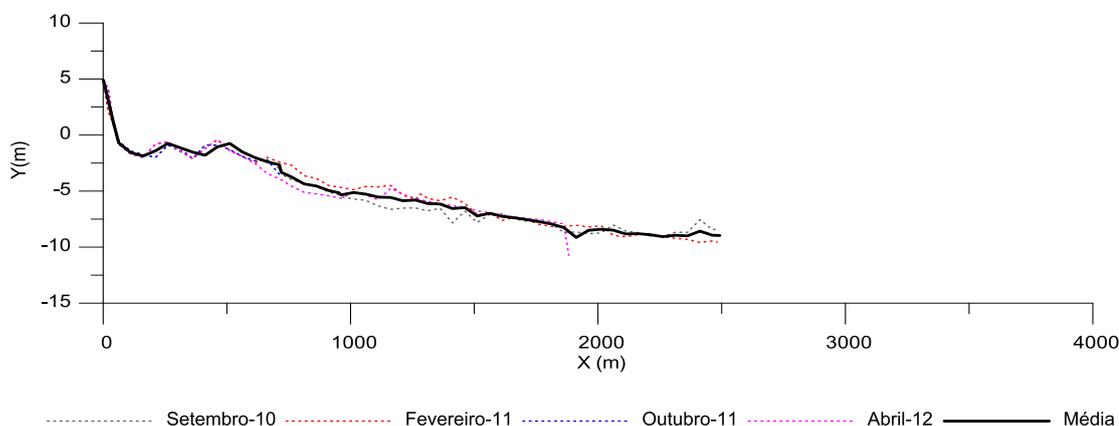
Tabela 4 – Mudanças morfológicas da praia das Goiabeiras.

	Set/2010	Fev/2011	Out/2011	Abril/2012
Estirâncio (m)	41	41	23	23
Declividade	0,90°	0,90°	2,90°	2,80°

Fonte: Autor.

A profundidade de fechamento para a Praia das Goiabeiras foi de 7,1 m. Nos perfis praias (FIGURA 12) não ocorre transporte de sedimento significativo nas distâncias de 0 a 500 m.

Figura 12 – Perfil da praia das Goiabeiras.



Fonte: Elaborados pelo autor a partir do banco de dados do PBA-Porto de Fortaleza (CDC/LABOMAR/FCPC/SEP).

Os perfis praias possuem uma zona ativa de transporte sedimentar entre 500 a 1700 m, onde o sedimento se perde para zonas mais profundas que são observados de 1700 a 2500 m.

O perfil submerso apresenta declividade $0,2^\circ$ sendo extremamente plano até a profundidade de 1,7 m, onde afloram feições de aspecto tabular característicos de recife de arenito, chamadas rochas de praias.

Morais (1981) e Maia *et al.* (1998) classificaram estas feições como sendo rochas de praias (*beach-rocks*) formadas pela cimentação das areias quartzosas de praia por carbonato de cálcio que afloram paralelamente a linha de costa e ocorrem em praticamente em todo o litoral do Ceará.

A exposição dos recifes de arenito, em águas rasas e próximas a costa, indica que os processos de remobilização de sedimentos transversais a linha de costa são incipientes na zona de arrebentação.

No limite entre o calçadão e pós-praia no período de set/2010 e fev/2011 foram construídas estruturas de proteção do tipo gabião.

Trechos de praias que se encontram comprometidos, utilizam a pela presença de edificações ou estruturas rígidas que visam conter a erosão marinha, como gabiões, enrocamentos aderentes e quebra-mares (ARAÚJO *et al.*, 2007).

Nos períodos de entre out/2011 e abril/2012 houve a retirada de sedimentos, a causa possível foi que esses sedimentos foram remobilizados para as regiões mais profundas.

5.2 Profundidade de fechamento

A profundidade de fechamento obtida pela equação de Houston (1995), considerando Hs de 1,0 m sugeridos por Maia *et al.* (1998), foi de aproximadamente de 6,75 m. Aplicando os valores da média anual da altura significativa das ondas obtidas no Porto de Pecém e analisadas por Silva *et al.* (2011), para a cidade de Fortaleza, as profundidades de fechamento da região estudada seria de 9,11 m para o ano de 1997, 8,97 m para o ano de 2000 e de 14,04 m para o ano de 2001. Há de se ressaltar que no Porto do Mucuripe não existe monitoramento de ondas.

Nos estudos iniciais no monitoramento do Porto de Fortaleza foram estimadas profundidades de fechamento que variaram de 2,8 a 3,9 m usando a equação de Birkemeier (1985). A partir da compilação dos dados de monitoramento a equação de Houston (1995) é a que melhor expressaria as condições naturais da área.

5.3 Características morfodinâmicas

O conhecimento do comportamento morfodinâmico da praia permite o acompanhamento espaço-temporal dos ciclos de erosão e deposição (CALLIARI *et al.*, 2003). Segundo Wright e Short (1984) as Praias do Futuro, Náutico e Goiabeiras foram classificadas como praias intermediárias (TABELA 1). No mês de abril/12 a Praia do Futuro foi classificada como praia refletiva (valor de $\Omega = 0,833$) em decorrência da alteração do diâmetro médio do grão.

Os sedimentos coletados de acordo com a escala de Wentworth variam de areia média a areia grossa. Divergindo para areia fina na Praia do Náutico em outubro de 2011 e abril de 2012, e na Praia das Goiabeiras em outubro de 2011. Apresentando areia muito fina na Praia do Náutico em fevereiro de 2011 e na Praia das Goiabeiras em fevereiro de 2011.

Tabela 1 – Características morfodinâmicas das praias de Fortaleza-CE.

Meses	Ω	Classificação de Wright e Short (1984)	mm	Escala de Wentworth (1922)
FUT-Set/2010	1,42	Intermediária	0,2715	Areia média
FUT-Fev/2011	1,00	Intermediária	0,3815	Areia média
FUT-Out/2011	1,42	Intermediária	0,2087	Areia média
FUT-Abril/2012	0,83	Refletivas	0,4957	Areia grossa
NAU-Set/2010	1,25	Intermediária	0,2942	Areia média
NAU-Fev/2011	2,50	Intermediária	0,0758	Areia muito fina
NAU-Out/2011	5,00	Intermediária	0,1020	Areia fina
NAU-Abril/2012	2,50	Intermediária	0,1425	Areia fina
GOI-Set/2010	1,25	Intermediária	0,2942	Areia média
GOI-Fev/2011	5,00	Intermediária	0,0476	Areia muito fina
GOI-Out/2011	2,50	Intermediária	0,2095	Areia fina
GOI-Abril/2012	1,00	Intermediária	0,4329	Areia grossa

Fonte:Autor.

5.4 Perfil de equilíbrio

5.4.1 PE Praia do Futuro

A figura 13 mostra o perfil praiado médio da Praia do Futuro interpolado aos modelos de PE de Dean (1977) e de Bodge (1992). O modelo de Bernabeu *et al.* (2001) não pode ser realizado devido ao fato que os valores dos coeficientes não foram válidos devido à Praia do Futuro não apresentar valores entre $1,5 \leq H/wT \leq 4,5$. Com valor encontrado do $H/wT \approx 1,1$.

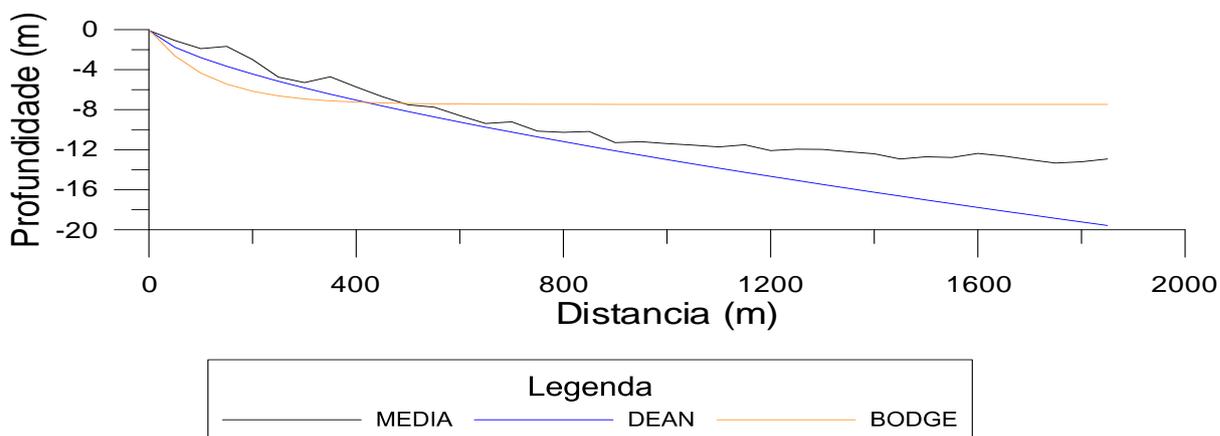
O cálculo do parâmetro de forma A no modelo de Dean (1977), foi utilizado o tamanho de sedimentos médios ao longo do perfil.

O PE de Dean (1977) indica que a área encontra-se com excesso de sedimentos desde o início do perfil. O perfil de Dean (1977) não indica erosão no perfil da Praia do Futuro. Pois ao longo do PE aumenta a declividade se distanciando do perfil real e sugerindo que a praia apresenta excesso de sedimentos e tendência progradativa.

Resultados semelhantes ocorreram nos perfis de Pasolini (2008), onde o modelo de Dean (1977) indicou que o setor da praia tende a alterar de forma semelhante ao longo dos perfis e devido à praia apresentar variações

granulométricas no perfil, isso superestima a profundidade do modelo de Dean (1977) devido ao aumento da distância da linha de costa.

Figura 13 – PE da praia do Futuro e a média do perfil.



Fonte: Elaborados pelo autor a partir do banco de dados do PBA-Porto de Fortaleza (CDC/LABOMAR/FCPC/SEP).

A partir das análises apresentadas, percebe-se que a equação inicial, formulada por Dean (1977), apresenta a Praia do Futuro em condição de equilíbrio. O mesmo afirma Pedruzzi (2005) em seus perfis na praia de Camburi (ES), onde além das interpretações do modelo, a estabilidade da praia é reafirmada pela presença das barras que não são percebidas pelo modelo, mas que servem como estoque de sedimentos.

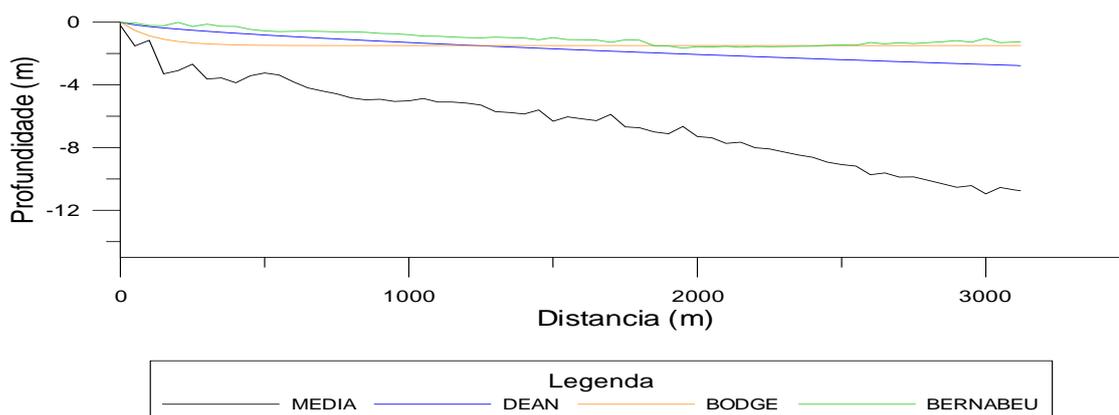
O PE de Bodge (1992) apresenta em seu início que a praia apresenta em equilíbrio e até a profundidade de fechamento excesso de sedimento. Contudo encontra-se em déficit sedimentar a partir da profundidade de fechamento, o que não é observado na média dos perfis reais dos períodos de setembro de 2010, fevereiro de 2011, outubro de 2011 e abril de 2012.

O mesmo ocorreu nos perfis praias de Pasolini (2008) onde representou que representou bem o perfil até a profundidade de fechamento, mas, na zona de empinamento o perfil se elevou muito e identificou desequilíbrio ao longo de todo o trecho, ele afirma que a possível causa é devido à granulometria de sedimentos finos.

5.4.2 PE da Praia do Náutico

A figura 14 mostra o perfil praiado médio da Praia do Náutico relativo aos três modelos de PE Dean (1977), Bodge (1992) e Bernabeu *et al.* (2001).

Figura 14 – PE da praia do Náutico e a média do perfil.



Fonte: Autor. Sobreposição da média do perfil da praia do Náutico e os PE modelados utilizando o método de Dean 1977 (azul), método de Bodge 1992 (laranja) e do de Bernabeu *et al.* 2001 (verde).

O PE de Dean (1977), Bodge (1992) e Bernabeu *et al.* (2001) apresentam pouca variação entre si, indicando que o perfil médio da Praia do Náutico encontra-se com déficit de sedimentos e tendência erosiva.

Os perfis de equilíbrio se elevaram muito e identificando desequilíbrio indicando erosão ao longo do perfil. O mesmo ocorre em perfis de Gomes (2004) onde mostra que ambos seus métodos estudados indicam um perfil em erosão.

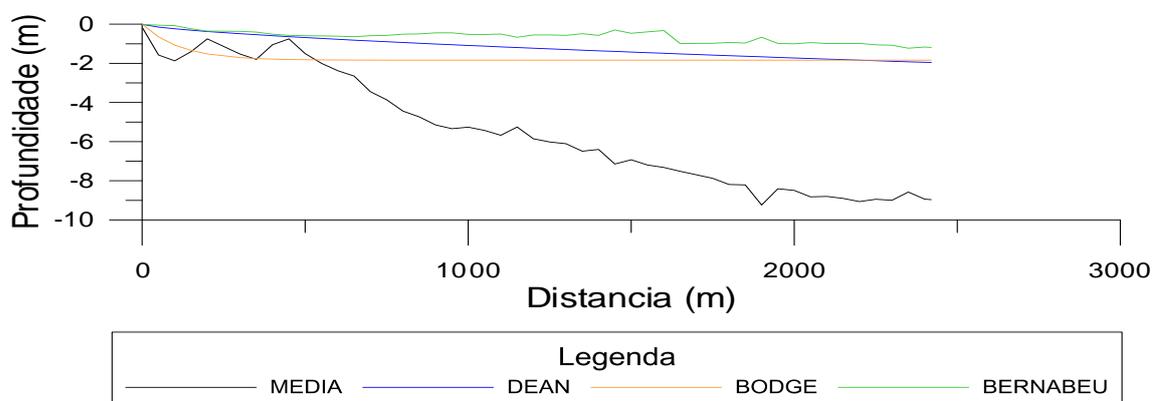
5.4.3 PE Praia das Goiabeiras

A figura 15 mostra o perfil praiado médio da Praia das Goiabeiras relativo aos três modelos de PE Dean (1977), Bodge (1992) e Bernabeu *et al.* (2001).

Praia onde existe a presença de gabiões entre os períodos de setembro de 2010 e fevereiro de 2011, construídos para a proteção da praia o que indica que a praia encontra-se em déficit sedimentar e tendência erosiva.

Os modelos de PE de Dean (1977) e o de Bernabeu *et al.* (2001) utilizados apresentam pelo valor do perfil praiado médio da praia das Goiabeiras, que a praia encontra em desequilíbrio e déficit de sedimentos.

Figura 15 – PE da praia das Goiabeiras e a média do perfil.



Fonte: Autor. Sobreposição da média do perfil da praia das Goiabeiras e os PE modelados utilizando o método de Dean 1977 (azul), método de Bodge 1992 (laranja) e do de Bernabeu *et al.* 2001 (verde).

O modelo de Bodge (1992) inicia em desequilíbrio sedimentar e nas distâncias aproximadas de 250 e 500 m encontra-se em equilíbrio sedimentar, possivelmente representando a porção do perfil onde encontra as rochas de praia, no restante do perfil apresenta a praia com déficit de sedimentos.

O mesmo foi encontrado em perfil de Pedruzzi (2005) onde no PE percebe uma possível influência dos promontórios sobre o perfil modelado.

6. CONCLUSÕES

Todas as praias de Fortaleza foram classificadas no estágio do tipo intermediário. A praia que apresentou formação de bancos arenosos foi à Praia do Futuro e a presença de cúspides foi observado na Praia das Goiabeiras.

Por meio dos PE pode-se acompanhar a tendência progradativa na Praia do Futuro pelo modelo de Dean (1977), tendência erosiva na Praia do Náutico pelos três modelos e de tendência erosiva na Praia das Goiabeiras pelo modelo de Dean (1977) e Bernabeu *et al.* (2001).

Pelos modelos de PE foi observado o perfil médio das praias que em função das variações de energia no perfil submerso proporcionou uma melhor compreensão do ambiente praias relacionado às condições oceanográficas às quais as praias foram expostas.

A utilização dos modelos de PE demonstrou que o método de Bodge (1994) não representa bem as condições de equilíbrio de determinadas praias, devido a diversos fatores. Os perfis realizados apresentam complexa dificuldade ao estabelecer se as diferenças identificadas entre os perfis medidos e os perfis dos modelos são devido aos desequilíbrios ou as limitações do conhecimento sobre o conceito de perfil praias de equilíbrio (DEAN, HEALY e DOMMERHOLT, 1992).

Os métodos de PE de Dean (1977) e de Bernabeu *et al.* (2001), que inserir os parâmetros de ondas na caracterização da zona de surfe e na zona de águas rasas, foram os modelos que melhores representaram as condições de equilíbrio das praias de Fortaleza, tornando-os uma ferramenta fundamental na análise do comportamento dos perfis de praia para o gerenciamento costeiro.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. G. **Morfodinâmica da praia do Futuro, Fortaleza-CE.** Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 2008.
- ARAÚJO, M. C. B. *et al.* Análise da Ocupação Urbana das Praias de Pernambuco, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.7, n.2, p. 97-104, 2007.
- BABA, J.; KOMAR, P.D. Measurements and analysis of settling velocities of natural quartz sand grains. **Journal of Sedimentary Petrology**, v.51,n.2, p.631-640, 1981.
- BERNABEU, A. M. *et al.* Estudio morfológico del perfil de playa: modelo de perfil de equilibrio en dos tramos. **Revista de la Sociedad Geológica de España**. v.14, p.227–236, 2001.
- BERNABEU, A. M.; MEDINA, R.; VIDAL, C., Wave reflection on natural beaches: na equilibrium beach profile model. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. Spain, v. 57, p. 577-585, 2003.
- BIRKEMEIER, W.A. A User's Guide to ISRP: The interactive Survey Reduction Program. Instructions Report CERC. U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station. **Coastal Engineering Research Center, Vicksburg**, Mississippi, p.101, 1985.
- BODGE, K. R. Representing equilibrium beach profiles with an exponential expression. **J. Coastal Research**, v. 8, p.47-55, 1992.
- BRUNN, P. Coast erosion and the development of beach profiles. Technical Memorandum. Beach Erosion Board, U.S. **Army Corps of Engineers**. n.44, 1954.
- CALLIARI L.J. *et al.* Morfodinâmica praial: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Oceanografia**. v.51,p.63-78,2003.
- CAPOBIANCO, M. *et al.* Nourishment design and evaluation: applicability of model concepts. **Coastal Engineering**. USA, n. 47, p.113– 135, 2002.
- DEAN, R. G. Equilibrium beach profiles: US Atlantic and Gulf coasts, Department of Civil Engineering, **Ocean Engineering Report**. University of Delaware, Newark, DE., n. 12, 1977.
- DEAN, R. G. **Heuristic models of sand transport in the surf zone**. In: Conference On Engineering Dynamics In The Surf Zone. Sydney. Proceedings. Sydney, Institute of Engineers, p.208-214, 1973.
- DEAN, R. G.; HEALY, T. R.; DOMMERHOLT, A. P., A “blind-folded” test of equilibrium beach profile concepts with New Zealand data. **Marine Geology. USA**. v. 109, p. 253- 266, 1992.

DIAS, J. A. *et al.* Importância do conhecimento sobre a morfodinâmica estuarina e costeira para a gestão do litoral. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. v.11,n.3,p.271-272, 2011.

FUNCEME. Prognóstico da Quadra Chuvosa de 2012. **XIV Workshop Internacional de avaliação climática para o semiárido nordestino**. 2012. Disponível em <<http://www.funceme.br/index.php/areas/clima/boletins-quadra-chuvosa>. >. Acesso em: 20 dez. 2012.

FOLK, R.L.; WARD, W.C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**. v.27,n.1, p.3-26, 1957

GIBBS, R. T.; MATHEW, M.D; LINK, D.A. The relationship between size and sorting velocity. **Journal of Sedimentary Petrology**, v.41, p.07-18, 1971.

GOMES, R. C. **Perfil praias de equilíbrio da praia de Meaípe – Espírito Santo**. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Departamento de Oceanografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.

GONZALEZ, M; MEDINA, R; LOSADA, M. A. Equilibrium beach profile model for perched beaches. Espanha. **Coastal Engineering**. v. 36, p. 343–357, 1999.

HALLERMEIER, R. J. A profile zonation for seasonal sand beaches from wave climate. **Coastal Engineering**. v.4, p.253-277,1981.

HOEFEL, F. G. **Morfodinâmica de Praias Arenosas: uma Revisão Bibliográfica**. Itajaí: Univali. 1998.

HOUSTON, J.R. Beach-fill volume required to produce specific dry beach width. **Coastal Engineering Technical Note CETN II-32**, US Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, 1995.

KOMAR, P. D. **Beaches Processes and Sedimentation**. Englewood Cliffs, Prentice – Hall. p.429, 1976.

KOMAR, P.D. Shoreline evolution and management of Hawke's Bay, New Zealand: tectonics, coastal processes, and human impacts. **Journal of Coastal Research**, v. 26, n.1, p.143-156, 2010.

KRAUS, N.C., LARSON, M., WISE, R.A. Depth of closure in beach fill design. **Proc. 1999 National Conference on Beach Preservation Technology**, FSBPA, Tallahassee, Florida, 1999.

LARSON, M. **Quantification of beach profile change**. Dep. Water Resour. Eng., Lund Univ., Lund, Sweden, Rep., p. 1008, 1988.

LARSON, M.; KRAUS, N. C.; WISE, R. A. Equilibrium beach profiles under breaking and non-breaking waves. **Coastal Engineering**. USA, v. 36, p. 59-85,1999.

MACHADO, G. M.B. **Análise Morfo-sedimentar da Praia, Antepraia e Plataforma continental interna da linha de costa do Parque Nacional de Jurubatiba- RJ.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MAIA, L.P. *et. al.* The Fortaleza (NE Brazil) waterfront: port versus coastal management. **Journal of Coastal Research.** v.14, n.4, p.1284-1293, 1998.

MANSO, A. V. *et. al.* Perfil praial de equilíbrio da praia de Serinhaém, Pernambuco. **Revista Brasileira de Geomorfologia.** v. 2, n.º1, p. 45-49, 2001.

MELO, F. E. The sea sentinels project: watching waves in Brazil. **Coastal Zone The eighth Symposium on Coastal and Ocean Management.** p.505-517, 1993.

MENEZES, J. T. **Balanço de sedimentos arenosos da enseada de Balneário Camburiú – SC.** Tese (Doutorado em Ciências), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

MENEZES, M.O.B.; LEHUGEUR, L.G.O.; CASTELO BRANCO, M.P.N.; SABADIA, J.A.B.; OLIVEIRA, R.J.; CATUNDA, R.; FONTENELE, C.M.L.; FALCÃO, T.O.; DIAS, C.B.; PINHEIRO, D. R. C. **Porto de Fortaleza: desenvolvimento urbano e aspectos ambientais. Desenvolvimento sustentável: desafios e discussões.** ABC Editora, p. 185-222, 2006.

MORAIS, J.O. Evolução sedimentológica da enseada do Mucuripe – Fortaleza, Ceará – Brasil. **Arquivo Ciências do Mar**, v.21, n.1, p.19-46, 1981.

MUEHE, D. C. E. H. **Subsídios para um projeto de gestão / Brasília: MMA e MPO. (Projeto Orla).** p.104, 2004.

MUEHE, D.; GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização das bases e conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 253-308, 1994.

NETO, B. A. J.; PONZI, A. B. V.; SICHEL, E. S. **Introdução à Geologia Marinha.** Rio de Janeiro: Interciência, 2004, p. 175-218.

PASOLINI, A. **Utilização do método de perfil de equilíbrio para determinar a estabilidade e a evolução de perfis de praias arenosas –** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

PEDRUZZI, C. V. **Perfil praial de equilíbrio da praia de Camburi. Vitória – ES.** Monografia (Graduação em Oceanografia) - Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

PINHEIRO, L. S. **Compatibilização dos Processos Morfodinâmicos e Hidrodinâmicos com o uso e ocupação da praia da Caponga-Cascavel-CE.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Ceará. p. 164, 2000.

RAUDKIVI, A.J. **Loose Boundary Hydraulics.** Ed. Pergamon, UK, 3ªed. 1990.

SHORT, A.D. **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. John Wiley & Sons, Chichester. 1999.

SILVA, A. C. *et al.* Características das ondas “sea” and “swell” observadas no litoral do Ceará-Brasil: variabilidade anual e inter-anual. **Tropical Oceanography**, Recife, v.39, n. 2, p. 123-132, 2011.

SOUZA, C. R. G. *et al.* **Praias Arenosas e Erosão Costeira. Quaternário do Brasil**. Holos Editora, Ribeirão Preto, p.130-152, 2005.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. Edgard Blücher, p.316, 1973.

TÜRKER, U., KABDASLI, M.S. Average sediment dislocation analysis for barred profiles. **Ocean Engineering**. v.31, p.1741–1756, 2004.

TÜRKER, U.; KABDASLI, M. S. The effects of sediment characteristics and wave height on shape-parameter for representing equilibrium beach profiles. **Ocean Engineering**. v. 33, p. 281-291, 2006.

WANG, P.; DAVIS, R. A. Profundidade de fechamento e perfil de equilíbrio de praia um estudo de caso em Sand Key, Florida. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, v. 6, n. 12, p. 51-68, 2007.

WENTWORTH, C. K. A escale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**. USA, v. 30, 1922.

WRIGHT, J.; COLLING, A.; PARK, D.; **Waves, tides and shallow-water processes. 2nd ed**, Oxford, England: Butterworth-Heinemann; Milton Keynes, England: Open University, p.227, 1999.

WRIGHT, L. D. E SHORT, A.D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology**, v.56, p.93-118,1984.

APÊNDICES

APÊNDICE I - Dados da média do perfil e modelos de PE da praia das Goiabeiras.

DIST-GOI-MEDIA	COTA-GOI-MEDIA	DEAN-GOI-MED	BODGE-GOI-MED	BER-GOI-MED
1	-0.1965	-0.012986386	-0.012943614	-0.022504155
50	-1.573	-0.176252375	-0.527075785	-0.052569974
100	-1.8705	-0.279783206	-0.868233317	-0.204658496
150	-1.4	-0.366619714	-1.089052534	-0.228373184
200	-0.75	-0.444128155	-1.231981011	-0.016022425
300	-1.525	-0.515365071	-1.324493563	-0.274309408
350	-1.8	-0.58197252	-1.38437367	-0.129229318
400	-1.05	-0.644961323	-1.423131948	-0.264383429
450	-0.75	-0.705009501	-1.448218811	-0.274085667
500	-1.5	-0.762599737	-1.464456651	-0.458927706
550	-2	-0.818091057	-1.474966832	-0.559989039
600	-2.375	-0.87175966	-1.4817697	-0.603284552
650	-2.6525	-0.923823791	-1.486172956	-0.588735275
700	-3.4475	-0.974459693	-1.489023029	-0.575637389
750	-3.863333333	-1.023812283	-1.49086778	-0.594550321
800	-4.44	-1.072002548	-1.492061822	-0.617565069
850	-4.74	-1.119132823	-1.492834683	-0.615992556
900	-5.15	-1.165290643	-1.493334929	-0.647709582
950	-5.336666667	-1.210551625	-1.493658721	-0.716071198
1000	-5.263333333	-1.254981659	-1.493868299	-0.741281397
1050	-5.43	-1.298638604	-1.494003952	-0.805682879
1100	-5.673333333	-1.341573614	-1.494091756	-0.892387921
1150	-5.253333333	-1.383832201	-1.494148588	-0.895601516
1200	-5.856666667	-1.425455079	-1.494185373	-0.946996996
1250	-6.016666667	-1.466478858	-1.494209183	-0.981984955
1300	-6.106666667	-1.506936611	-1.494224594	-1.003977644
1350	-6.486666667	-1.546858342	-1.494234569	-0.955318215
1400	-6.396666667	-1.586271377	-1.494241026	-0.99018524
1450*	-7.143333333	-1.625200694	-1.494245205	-1.015373588
1500	-6.926666667	-1.663669202	-1.49424791	-1.125573751
1550	-7.196666667	-1.701697973	-1.494249661	-0.989332553
1600	-7.316666667	-1.73930645	-1.494250794	-1.113075197
1650	-7.513333333	-1.776512621	-1.494251528	-1.126272323
1700	-7.693333333	-1.813333166	-1.494252002	-1.14236584
1750	-7.873333333	-1.849783593	-1.49425231	-1.286617902
1800	-8.186666667	-1.885878349	-1.494252509	-1.124939262
1850	-8.21	-1.921630923	-1.494252637	-1.153610219
1900	-9.24	-1.957053934	-1.494252721	-1.50959322
1950	-8.41	-1.992159206	-1.494252775	-1.52463908
2000	-8.49	-2.026957843	-1.494252809	-1.654792311
2050	-8.825	-2.061460286	-1.494252832	-1.565250565
2100	-8.8	-2.095676368	-1.494252847	-1.587979193
2150	-8.9	-2.129615367	-1.494252856	-1.544066766
2200	-9.065	-2.163286045	-1.494252862	-1.601622748
2250	-8.945	-2.196696692	-1.494252866	-1.551586694
2300	-8.995	-2.229855159	-1.494252869	-1.571050461

2350	-8.575	-2.262768892	-1.494252871	-1.556738897
2400	-8.94	-2.295444959	-1.494252872	-1.541238401
2420	-8.965	-2.327890081	-1.494252872	-1.535541739

* Profundidade de fechamento.

APÊNDICE II - Dados da média do perfil praial e modelos de PE da praia do Futuro.

DIS-FUT-MEDIA	COTA-FUT-MEDIA	DEAN-FUT-MED	BODGE-FUT-MED
1	-0.105	-0.12986386	-0.064718068
50	-1.095	-1.762523752	-2.635378924
100	-1.9	-2.797832058	-4.341166586
150	-1.6725	-3.666197144	-5.445262669
200	-2.989	-4.441281552	-6.159905053
250	-4.7385	-5.153650715	-6.622467817
300	-5.285	-5.819725204	-6.921868351
350	-4.71	-6.44961323	-7.115659738
400	-5.7275	-7.050095008	-7.241094056
450	-6.69	-7.625997372	-7.322283257
500*	-7.505	-8.180910566	-7.374834159
550	-7.7425	-8.717596598	-7.408848501
600	-8.5875	-9.23823791	-7.430864782
650	-9.3775	-9.744596929	-7.445115144
700	-9.2175	-10.23812283	-7.454338899
750	-10.14	-10.72002548	-7.46030911
800	-10.26	-11.19132823	-7.464173416
850	-10.175	-11.65290643	-7.466674646
900	-11.2875	-12.10551625	-7.468293603
950	-11.1975	-12.54981659	-7.469341497
1000	-11.3925	-12.98638604	-7.470019761
1050	-11.5475	-13.41573614	-7.470458778
1100	-11.7225	-13.83832201	-7.470742938
1150	-11.5075	-14.25455079	-7.470926865
1200	-12.085	-14.66478858	-7.471045914
1250	-11.9425	-15.06936611	-7.47112297
1300	-11.9725	-15.46858342	-7.471172846
1350	-12.2025	-15.86271377	-7.471205129
1400	-12.4025	-16.25200694	-7.471226025
1450	-12.925	-16.63669202	-7.47123955
1500	-12.71	-17.01697973	-7.471248304
1550	-12.77	-17.3930645	-7.47125397
1600	-12.3675	-17.76512621	-7.471257638
1650	-12.6275	-18.13333166	-7.471260012
1700	-13.0025	-18.49783593	-7.471261548
1750	-13.3375	-18.85878349	-7.471262543
1800	-13.205	-19.21630923	-7.471263187
1850	-12.92666667	-19.57053934	-7.471263603

* Profundidade de fechamento.

APÊNDICE III - Dados da média do perfil praial e modelos de PE da praia do Náutico.

DIS-NAU-MEDIA	COTA-NAU-MEDIA	DEAN-NAU-SET	BODGE-NAU-MED	BER-NAU-MED
1	-0.237	-0.012986386	-0.012943614	-0.012933212
50	-1.517	-0.176252375	-0.527075785	-0.049810883
100	-1.155	-0.279783206	-0.868233317	-0.078211015
150	-3.295	-0.366619714	-1.089052534	-0.235417795
200	-3.09	-0.444128155	-1.231981011	-0.34904156
250	-2.675	-0.515365071	-1.324493563	-0.363153574
300	-3.63	-0.58197252	-1.38437367	-0.401379545
350	-3.555	-0.644961323	-1.423131948	-0.50763799
400	-3.865	-0.705009501	-1.448218811	-0.572080914
450	-3.42	-0.762599737	-1.464456651	-0.584708466
500	-3.24	-0.818091057	-1.474966832	-0.598823073
550	-3.37	-0.87175966	-1.4817697	-0.615255259
600	-3.81	-0.923823791	-1.486172956	-0.635999727
650	-4.19	-0.974459693	-1.489023029	-0.586722631
700	-4.395	-1.023812283	-1.49086778	-0.570825716
750	-4.57	-1.072002548	-1.492061822	-0.510855121
800	-4.835	-1.119132823	-1.492834683	-0.495114829
850	-4.955	-1.165290643	-1.493334929	-0.441557358
900	-4.92	-1.210551625	-1.493658721	-0.442824295
950	-5.055	-1.254981659	-1.493868299	-0.518537208
1000	-5.02	-1.298638604	-1.494003952	-0.523835984
1050	-4.87	-1.341573614	-1.494091756	-0.503373795
1100	-5.095	-1.383832201	-1.494148588	-0.66822363
1150	-5.095	-1.425455079	-1.494185373	-0.549785323
1200	-5.165	-1.466478858	-1.494209183	-0.549200132
1250	-5.29	-1.506936611	-1.494224594	-0.570008872
1300	-5.705	-1.546858342	-1.494234569	-0.485081368
1350	-5.765	-1.586271377	-1.494241026	-0.570647185
1400	-5.86	-1.625200694	-1.494245205	-0.293173816
1450	-5.6	-1.663669202	-1.49424791	-0.464769813
1500	-6.32	-1.701697973	-1.494249661	-0.392838593
1550	-6.04	-1.73930645	-1.494250794	-0.322378809
1600	-6.17	-1.776512621	-1.494251528	-0.984171828
1650	-6.285	-1.813333166	-1.494252002	-0.980889252
1700	-5.88	-1.849783593	-1.49425231	-0.975613575
1750	-6.68	-1.885878349	-1.494252509	-0.932752597
1800	-6.74	-1.921630923	-1.494252637	-0.965159514
1850*	-7	-1.957053934	-1.494252721	-0.66384427
1900	-7.12	-1.992159206	-1.494252775	-0.986495357
1950	-6.65	-2.026957843	-1.494252809	-1.001781618
2000	-7.3	-2.061460286	-1.494252832	-0.939668261
2050	-7.375	-2.095676368	-1.494252847	-0.985935357
2100	-7.73	-2.129615367	-1.494252856	-0.992860312
2150	-7.655	-2.163286045	-1.494252862	-0.978044518
2200	-8.01	-2.196696692	-1.494252866	-1.053542959
2250	-8.085	-2.229855159	-1.494252869	-1.074769524

2300	-8.28	-2.262768892	-1.494252871	-1.22898722
2350	-8.47	-2.295444959	-1.494252872	-1.162629061
2400	-8.62	-2.327890081	-1.494252872	-1.190153418
2450	-8.93	-2.360110652	-1.494252873	-1.234464319
2500	-9.085	-2.392112761	-1.494252873	-1.223818198
2550	-9.185	-2.423902216	-1.494252873	-1.228215188
2600	-9.73	-2.455484559	-1.494252873	-1.084641599
2650	-9.615	-2.486865083	-1.494252873	-1.160286551
2700	-9.885	-2.518048852	-1.494252873	-1.100668054
2750	-9.87	-2.549040709	-1.494252874	-1.14176308
2800	-10.09	-2.579845292	-1.494252874	-1.095824338
2850	-10.31	-2.610467048	-1.494252874	-1.045140635
2900	-10.535	-2.640910241	-1.494252874	-0.987048451
2950	-10.425	-2.671178965	-1.494252874	-1.071187207
3000	-10.955	-2.701277152	-1.494252874	-0.866978388
3050	-10.545	-2.731208581	-1.494252874	-1.093790713
3100	-10.705	-2.760976889	-1.494252874	-1.061597304
3120	-10.75	-2.772839326	-1.494252874	-1.056442616

* Profundidade de fechamento.

APÊNDICE IV - Valores dos coeficientes do perfil médio dos modelos de PE para a praia do Futuro, Náutico e Goiabeiras.

PE Dean (1977)

A	
FUTURO	0.129
NAUTICO	0.0129
GOIABEIRAS	0.0108

PE Bernabeu *et al.* (2001)

	w (cm/s)	H (m)	T (s)	Ωsf	A	B	C	D
NAUTICO	2.25	1	5	2.222	0.107	0.054	0.665	0.025
FUTURO	4.5	1	5	1.111	-	-	-	-
GOIABEIRAS	3	1	5	1.666	0.113	0.079	0.526	0.035

PE Bodge (1992)

	B	k	So	Po	DIS D (prof.fechamento)
FUTURO	7.47	0.0087	0.065	6.75	500
NAUTICO	1.49	0.0087	0.013	6.75	1450
GOIABEIRAS	1.83	0.0087	0.016	6.75	1550

Valores dos perfis para a praia do Futuro, Náutico e Goiabeiras.

Dados em campo				
Mês	Altura de onda	Período de onda	Altura de onda	Período de onda
Praia do Futuro		Praia do Náutico		
SETEMBRO	1.5	3-9s	1.1	3-9s
FEVEREIRO	-	-	1.1	8s
OUTUBRO	1.5	6-7s	0.9	6.3-7s
ABRIL	1.5	6-8s	0.6	8.2 s