

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA DAS PRAIAS DO  
LITORAL SUL DO MUNICÍPIO DE OLINDA – PE

PATRÍCIA MESQUITA PONTES

RECIFE  
2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

PATRÍCIA MESQUITA PONTES

MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA DAS PRAIAS DO  
LITORAL SUL DO MUNICÍPIO DE OLINDA – PE

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Oceanografia, Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco.

Orientadora: Dr<sup>a</sup> Tereza Cristina Medeiros de Araújo

RECIFE  
2008

**P814m**

**Pontes, Patrícia Mesquita.**

Morfologia e sedimentologia das praias do litoral sul do município de Olinda - PE / Patrícia Mesquita Pontes. - Recife: O Autor, 2008. 119 folhas, il: figs., tabs., gráfs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2008.

Inclui Bibliografia.

1. Oceanografia. 2. Sedimentologia do Litoral - Olinda – PE. 3. Morfodinâmica. 4. Proteção Costeira. I. Título.

**UFPE**

**551.46**

**CDD (22. ed.)**

**BCTG/2008-075**

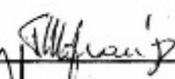
Folha de Aprovação

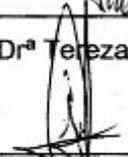
MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA DAS PRAIAS DO LITORAL SUL  
DO MUNÍCIPIO DE OLINDA

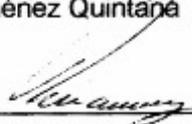
PATRÍCIA MESQUITA PONTES

Dissertação aprovada pela Comissão Examinadora em 14 de fevereiro de 2008.

Examinadores:

  
\_\_\_\_\_  
Dr<sup>a</sup> Tereza Cristina Medeiros de Araújo

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Antonio Jiménez Quintana

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso

Mar Bravo

Com que delícia neste infortúnio,  
Com que selvagem, profundo gozo,  
Hoje te vejo bater raivoso,  
Na maré-cheia de novilúnio,  
Mar rumoroso!

Com que amargura mordes a areia,  
Cuspindo a baba da acre salsugem,  
No torvelinho de ondas que rugem  
Na maré cheia,  
Mar de sargaços e de amuragem!

Manuel Bandeira

## **AGRADECIMENTOS**

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Tereza Araújo pela valiosa orientação e principalmente pela sua constante dedicação e interesse no crescimento profissional e humano de todos os seus alunos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado durante a realização deste curso.

Ao projeto MAI pelo financiamento dos trabalhos de campo.

Aos parceiros do projeto MAI, especialmente a Prefeitura Municipal de Olinda, a Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – CPRH e a Agência Condepe/Fidem. Aqui representados por Fátima Faro, Lúcia, Guisla, Andréa Olinto, Eliane Basto e Sônia Medeiros. E a toda as pessoas que compõem o projeto.

Aos estagiários (Júlio Botelho, Valdir, Antônio Lucas, Flávia, Bruno e Felipe) e demais alunos e colaboradores do Labogeo (Antônio Ferreira, Danielle Mallman, Mirella Borba, Maria das Neves e Marcelo Rollnic) pelo apoio nos trabalhos de campo.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Jaime Mendonça e Gilberlan pela ajuda na confecção dos mapas.

Aos meus amigos de curso, companheiros nesta jornada.

À todas as pessoas da minha família que contribuíram de diversas formas para mais esta conquista. A minha mãe e a minha irmã pelo amor e apoio.

A Arnoldo pelo amor, companheirismo, paciência e apoio em todos os momentos, inclusive nos trabalhos de campo.

## RESUMO

O litoral de Olinda apresenta trechos com erosão costeira desde o início do século passado. Procurando mitigar a erosão e estabilizar a linha de costa, diversas técnicas de engenharia foram empregadas ao longo dos últimos 88 anos. Ao longo da década de 1960 foram construídos dois quebra-mares semi-submersos em frente a praia do Carmo e 38 espigões ao longo dos 1,8 km da praia do Bairro Novo. As obras realizadas protegeram e estabilizaram a linha de costa. No entanto, elas foram ineficientes na regeneração da praia. Por isso são necessários estudos que compreendam o seu comportamento morfológico e sedimentar, para que haja um melhor planejamento e direcionamento das ações de proteção costeira e manutenção das obras já existentes. Neste intuito este trabalho elegeu as praias do Carmo e Bairro Novo, para a realização de estudos morfológicos e sedimentológicos. Para tanto foram monitorados de maio/06 a outubro/07, seis perfis topográficos, sendo três na praia do Carmo (PO1a, PO1b e PO1c) e três na praia do Bairro Novo (PO2, PO3 e PO4). Concomitante a isto foi realizada a coleta de sedimentos superficiais ao longo dos perfis. Visando conhecer a distribuição dos sedimentos depositados entre os espigões da praia do Bairro Novo, também foram coletadas amostras de sedimentos em duas épocas distintas. Foi também determinado o perfil praiar de equilíbrio, a partir de amostras com e sem a presença de  $\text{CaCO}_3$ , da porção submersa das células 21, 22 e 23. Para a praia do Carmo foram observados os seguintes resultados: As maiores variações morfológicas foram observadas nos perfis PO1a e PO1c, na região da praia superior. Este compartimento também apresentou as maiores variações em seus parâmetros sedimentológicos. Os perfis PO1a e PO1c foram erodidos em 2007, apresentando um menor volume sedimentar neste ano. O perfil PO1b demonstrou as menores variações em sua morfologia e nos parâmetros sedimentares, como era esperado por este estar localizado na porção central da saliência. Este perfil apresentou um balanço sedimentar positivo e um acréscimo em seu volume de sedimentos em 2007. Para a praia do Bairro foram observados os seguintes resultados: O PO2 e o PO3 demonstraram uma tendência erosiva durante o período monitorado. O PO4 foi o perfil mais estável da praia do Bairro Novo, apresentou a região da pós-praia mais estável e desenvolvida e foi o único com balanço sedimentar positivo. Apesar do grande acúmulo de sedimentos na porção subaérea destes perfis, os perfis de equilíbrio (PPE) determinados demonstraram que o local está com déficit em seu estoque de sedimentos. Os PPE determinados com  $\text{CaCO}_3$  apresentaram-se mais rebaixados que aos determinados sem  $\text{CaCO}_3$ . Na porção central da praia do Bairro Novo está localizada a maioria das células que não apresentam deposição de sedimentos. No setor norte estão localizadas as células que possuem os sedimentos de composição mais grossa. Neste trecho há aberturas entre os recifes de arenito, o que possibilitaria a entrada de sedimentos mais grossos da plataforma interna.

Palavras-chave: perfil de praia, perfil praiar de equilíbrio, erosão costeira, dinâmica costeira, proteção costeira.

## ABSTRACT

The littoral of Olinda has spaces with coastal erosion since the last century. Trying to soften the erosion and stabilize the shoreline, a good range of engineering techniques were used in the last 88 years. During the 60s decade were made two breakwaters semi submerged in front of the Carmo beach and 38 groins along the 1,8 km of the Bairro Novo beach. The works accomplished protected and stabilized the shoreline. However, they were inefficient in the regeneration of the beach. For that reason studies which comprehend its morphologic and sedimentary behavior are necessary to have a better planning of the coastal protection actions and maintenance of the works which already exist. With this purpose, this research elected Carmo and Bairro Novo beaches for the realization of the morphologic and sedimentologic studies. For that purpose six topographic profiles were monitored from may/06 to October/07, where three of them were in the Carmo beach ((PO1a, PO1b e PO1c) and three in the Bairro Novo beach (PO2, PO3 e PO4). At the same time it was made a collection of the superficial sediments along the profiles. Aiming to know the distribution of the sediments deposited between the groins of Bairro Novo beach, samples of sediments were collected in two different moments as well. It was also determined the equilibrium beach profile, up to the samples with or without the presence of  $\text{CaCO}_3$ . From the submerged portion of the cells 21, 22 and 23. For the Carmo beach the following results were observed: the most morphologic variations were observed on the PO1a e PO1c profiles, on the region of the upperbeachface. This compartment presented the most variations in their sedimentologic parameters. The PO1a e PO1c profiles suffered erosion in 2007, offering a minor sedimentar volume this year. This profile presented a positive sedimentar balance in its volume of sediments in 2007. For the Bairro Novo beach it was observed the following results: O PO2 e o PO3 showed an erosive tendency during the time it was monitored. The PO4 was the most stable profile from the Bairro Novo beach, and it presented the most stable and developed region of backshore and it was the only one with positive sedimentary balance. In spite of the great accumulation of the sediments in the sub aerial portion of these profiles, the equilibrium profiles determined showed that in this place there is a deficit in its sediment storage. The PPE determined with  $\text{CaCO}_3$  appeared more debased than the determined without  $\text{CaCO}_3$ . In the central portion of the Bairro Novo beach are located the most cells which do not present disposition of sediments. In the North sector are located the cells which present coarse. In this part there openings between the beachrocks, what makes possible the entrance of coarser sediments in the innershelf.

Keys-Words: beach profile, equilibrium beach profile, coastal erosion, coastal dynamic, coastal protection.

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	4
RESUMO.....	5
ABSTRACT .....	6
SUMÁRIO.....	7
LISTA DE FIGURAS .....	9
LISTA DE FOTOGRAFIAS.....	11
LISTA DE TABELAS .....	13
LISTA DE TABELAS .....	13
INTRODUÇÃO .....	14
CAPÍTULO 1 O AMBIENTE PRAIAL.....	17
1.2 A Erosão Costeira .....	18
1.3 A Proteção Costeira .....	20
1.4 O Perfil Praial de Equilíbrio .....	21
CAPÍTULO 2 O LITORAL DE OLINDA .....	26
CAPÍTULO 3 ÁREA DE ESTUDO.....	36
3.1 Clima .....	36
3.2 Ventos .....	36
3.3 Hidrografia.....	37
3.4 Geologia e Geomorfologia.....	38
3.5 Clima de Ondas.....	39
3.6 Correntes.....	40
3.7 Marés .....	40
CAPÍTULO 4 METODOLOGIA.....	42
4.1 Morfologia.....	42
a) Nivelamento topográfico.....	42
b) Perfil praial de equilíbrio.....	45
4.2 Sedimentologia.....	45
CAPÍTULO 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
5.1 Praia do Carmo .....	48
5.1.1 Perfil PO1a.....	50
a) Morfologia .....	50

b) Sedimentologia .....	54
5.1.2 Perfil PO1b .....	58
a) Morfologia .....	58
b) Sedimentologia .....	61
5.1.3 Perfil PO1c .....	65
a) Morfologia .....	65
b) Sedimentologia .....	68
5.1.4 Monitoramento da Linha de Costa da Saliência .....	72
5.1.5 Sumário dos Resultados .....	74
5.2 Praia do Bairro Novo .....	75
5.2.1 Perfil PO2 .....	79
a) Morfologia .....	79
b) Sedimentologia .....	84
5.2.2 Perfil PO3 .....	86
a) Morfologia .....	86
b) Sedimentologia .....	92
5.2.3 Perfil PO4 .....	94
a) Morfologia .....	94
b) Sedimentologia .....	99
5.2.4 Perfil Praia de Equilíbrio – PPE .....	101
5.2.5 Caracterização Sedimentar da Praia do Bairro Novo .....	108
5.2.6 Sumário dos Resultados .....	113
6 CONCLUSÕES .....	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	117

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Formas características de perfis praias fora de equilíbrio (CASOS A, B e C) (Fonte: DEAN, 1993 adaptado). .....	23
Figura 02 - Perfil em equilíbrio apesar da diferença na altura (Fonte: DEAN,1993 adaptado). .....	25
Figura 03 – Praias do litoral de Olinda (Fonte: ARAÚJO <i>et al</i> ,2006).....	26
Figura 04 – Precipitação pluviométrica para a estação Olinda.....	36
Figura 06 – Envelope dos perfis monitorados (PO1a), em destaque os meses de maior avanço (verde), de maior recuo da praia superior (vermelho) e o primeiro monitoramento (azul) .....	52
Figura 07 – Variação do volume sedimentar do perfil PO1a, com destaque para os meses de maior e de menor volume. ....	53
Figura 08 – Balanço sedimentar mensal do perfil PO1a. ....	53
Figura 10 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da praia superior do PO1a. ....	56
Figura 11 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da praia inferior do PO1a.....	57
Figura 12 – Envelope dos perfis monitorados (PO1b), em destaque o primeiro (azul) e o último (vermelho) monitoramento.....	59
Figura 13 – Variação do volume sedimentar do perfil PO1b, em destaque os meses de maior e menor volume.....	60
Figura 14 – Balanço sedimentar mensal do perfil PO1b. ....	60
Figura 15 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da pós-praia do PO1b.....	62
Figura 16 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da praia superior do PO1b. ....	63
Figura 17 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da praia inferior do PO1b.....	64
Figura 18 – Envelope dos perfis monitorados (PO1c), em destaque os meses de maior progradação (azul) e o de maior recuo (vermelho) da praia superior.....	66
Figura 19 – Variação do volume sedimentar do perfil PO1c, em destaque os meses de maior e menor volume.....	67
Figura 20 – Balanço sedimentar mensal do perfil PO1c. ....	67
Figura 21 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da pós-praia do PO1c. ....	69
Figura 22 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da praia superior do PO1c. ....	70
Figura 23 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da praia inferior do PO1c. ....	71
Figura 24 – Variação da linha de costa dos perfis PO1a, PO1b e PO1c. ....	73
Figura 25 – Envelope dos perfis monitorados (PO2), em destaque os meses de maior (azul), o de menor altura (verde), e o ultimo mês do monitoramento (vermelho). ....	81
Figura 26 – Exemplo de monitoramentos realizados na mesma época em 2006 e em 2007 (PO2).....	82
Figura 27 – Extensão da pós-praia do perfil PO2.....	82
Figura 28 – Variação do volume sedimentar do perfil PO2, em destaque os meses com o maior e o menor volume. ....	83

Figura 29 – Balanço sedimentar mensal do perfil PO2. ....	83
Figura 30 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da face da praia do PO2. ....	85
Figura 31 – Envelope dos perfis monitorados( PO3), em destaque 09/06/06 (verde) e 30/04/07 (vermelho), quando houve grande perda de sedimentos nos primeiros 17 m do perfil, e 11/07/06 (azul) monitoramento que apresentou a maior altura na região da praia. ....	89
Figura 32 – Representação dos monitoramentos do PO3, demonstrando a morfologia relativamente estável do perfil, na região da praia, em 12 dos 19 monitoramentos realizados. ....	90
Figura 33 – Extensão da pós-praia do perfil PO3, ao longo do monitoramento. ....	90
Figura 34 – Variação do volume sedimentar do perfil PO3, em destaque os meses com o maior e o menor volume. ....	91
Figura 35 – Balanço sedimentar mensal do perfil PO3. ....	91
Figura 36 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da face da praia do PO3. ....	93
Figura 37 – Envelope dos perfis monitorados (PO4), em destaque os meses de maior altura (verde), o de menor altura da pós-praia e da praia superior (azul), e o de menor altura da praia inferior. ....	96
Figura 38 – Extensão da pós-praia do perfil PO4, ao longo do monitoramento. ....	97
Figura 39 – Variação do volume sedimentar do perfil PO4, em destaque os meses com o maior e o menor volume. ....	97
Figura 40 – Balanço sedimentar mensal do perfil PO4. ....	98
Figura 41 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da face da praia do PO4. ....	100
Figura 40 – Perfis batimétricos utilizados para a determinação do Perfil Praia de Equilíbrio. ....	102
Figura 41 – Sobreposição do perfil medido e dos perfis calculados através da equação de Dean (1977). ....	107
Figura 42 – Tamanho médio do grão nos dois períodos monitorados. ....	109
Figura 43 – Grau de seleção dos sedimentos nos dois períodos monitorados. ....	109
Figura 44 – Assimetria nos dois períodos monitorados. ....	110
Figura 45 – Curtose nos dois períodos monitorados. ....	111

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Foto 01 e 02 – Visualização da destruição causada por ressacas na praia dos Milagres (Fonte: Arquivo Público Municipal de Olinda, 1948). .....	28
Foto 03 – Visualização da praia do Carmo no início da década de 1940 (Fonte: Arquivo Público Municipal de Olinda). .....	29
Foto 04 – Visualização da destruição causada por ressacas na praia do Carmo no ano de 1948 (Fonte: Arquivo Público Municipal de Olinda). .....	29
Foto 05 – Visualização da praia dos Milagres no início da década de 1940 (Fonte: Arquivo Público Municipal de Olinda). .....	32
Foto 06 – Visualização da praia dos Milagres em 2006 (Fonte: GERCO – CPRH). .	32
Fotos 07 – Praia do Farol em 1940 (Fonte: Alexandre Berzin, Acervo da Fundação Joaquim Nabuco). .....	33
Foto 08 – Visualização da praia do Farol em 2006 (Fonte: GERCO – CPRH). .....	33
Foto 09 – Praia de Casa Caiada, quando esta era povoada apenas por casas simples de pescadores (Fonte: Alexandre Berzin, Acervo da Fundação Joaquim Nabuco, 1940). .....	34
Foto 10 – Visualização da intensa urbanização na praia de Casa Caiada (Fonte: GERCO – CPRH, 2006). .....	34
Fotos 11 e 12 – Visualização de trechos erodidos da praia de São Francisco (esquerda) e do Farol (direita) (Fonte: Projeto MAI, 2007). .....	35
Fotos 13 e 14 – Visualização de trechos erodidos da praia de Casa Caiada (esquerda) e Rio Doce (direita) (Fonte: Projeto MAI, 2007). .....	35
Foto 15 – Realização do nivelamento topográfico (Foto do autor, setembro de 2006). .....	43
Foto 16 – Visualização da saliência a que ficou reduzida a praia do Carmo. Fonte: Gerco - CPRH, julho de 2006. ....	48
Foto 17 – Localização dos Perfis praias monitorados na praia do Carmo. Fonte: Fidem, 1997. ....	49
Foto 18 – Visualização dos espigões da praia do Bairro Novo (Fonte: Gerco - CPRH, 2006). .....	75
Foto 19 – Células sem acumulação de areia entre os espigões (Fonte: Gerco - CPRH, 2006). .....	76
Foto 20 – Células com acúmulo de pequeno volume de sedimentos (Fonte: Gerco - CPRH, 2006). .....	76
Foto 21 – Célula com expressiva acumulação de areia grossa, chegando a encobrir as rochas do enrocamento e formar praia arenosa (Foto do autor, 06 de setembro de 2006). .....	77
Foto 22 – Visualização das células 21, 22 e 23. (Fonte: Gerco - CPRH, 2006). .....	77
Foto 23 – Retirada do “excesso” de sedimento da célula 21 (PO2) por funcionários da PMO (Foto do autor, 25 de outubro de 2007). .....	78
Foto 24 – Localização do PO2 – Praia do Bairro Novo, em frente à casa n° 1219 da Avenida Marcos Freire (Foto do autor, 11 de maio de 2006). .....	79
Foto 25 – Localização do PO3, em frente à esquina da casa n° 1593 da Avenida Marcos Freire (Foto do autor, 01 de fevereiro de 2007). .....	86
Foto 26 – Retirada de grande volume sedimentar do perfil PO3 devido à presença de uma saída de água pluvial próximo ao local. (Foto do autor, 09 de junho de 2006). .	87

Foto 27 – Visualização da saída de água pluvial localizada próximo ao PO3 (Foto do autor, 30 de abril de 2007). .....	87
Foto 28 – Localização do PO4 – Praia do Bairro Novo, em frente à agência do Banco Itaú da Avenida Marcos Freire (Foto do autor, 25 de outubro de 2007).....	94

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 01 – Causas e fatores naturais responsáveis pela variabilidade da costa e da linha de costa (Fonte STIVE <i>et al</i> , 2002).....	18
Tabela 02 – Causas e fatores antrópicos típicos, responsáveis pela variabilidade da costa e da linha de costa (Fonte STIVE <i>et al</i> , 2002). ....	19
Tabela 03 – Valores recomendados para o parâmetro A.....	22
Tabela 04 – Obras de proteção costeira presentes nas praias de Olinda.....	31
Tabela 05 – Precipitação pluviométrica para a estação Olinda.....	36
Tabela 06 – Teor de CaCO <sub>3</sub> e diâmetro médio do grão.....	104
Tabela 07 – Valores obtidos para o parâmetro escalar A. ....	104

## INTRODUÇÃO

As praias arenosas são sistemas transicionais dinâmicos e sensíveis, que ajustam-se constantemente a flutuações dos níveis de energia locais e sofrem retrabalhamento por processos eólicos, biológicos e hidráulicos, sendo estes últimos os mais relevantes (HOEFEL, 1998).

A morfologia da praia é complexa, devido a variações espaciais e temporais na energia das ondas, no suprimento de sedimentos, no tamanho e composição dos sedimentos, na ocorrência de características naturais (recifes e estuários) e construídas (quebra-mar, espigões) que influenciam localmente a magnitude e direção do transporte de sedimentos (SWALES, 2002).

A erosão da praia é ocasionada freqüentemente por uma combinação de fatores como mudanças do nível do mar, tempestades ou interferência humana. Procurando mitigar a erosão costeira e estabilizar a linha de costa, diversas técnicas de engenharia e de reposição de sedimentos são empregadas. Entretanto, há significativas controvérsias sobre os seus impactos no mecanismo natural de transporte de sedimento e na estabilização da linha de costa modificada (MULLER *et al* 2006).

A costa pernambucana apresenta problemas com erosão marinha desde 1914. A ocupação intensa e de forma desordenada provocaram alterações no ambiente praias, que favoreceram o avanço do mar em diversos pontos. Nos últimos tempos, várias praias apresentam erosão marinha progressiva que varia de moderada a severa (LGGM, 1995).

As ações de contenção da erosão estão restritas a obras pontuais, muitas vezes emergenciais e sem o devido planejamento. Geralmente, estas ações têm ocasionado a não solução do problema, ocorrendo à transferência da erosão para outros trechos a sotamar.

Buscando um planejamento integrado das questões referentes à erosão costeira, as prefeituras dos municípios de Jaboatão dos Guararapes, Recife, Olinda e Paulista, juntamente com diversos órgãos estaduais (Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – CPRH, Agência Condepe/Fidem) e federais (Ministério Público Federal, Finep), juntamente com a Universidade Federal de Pernambuco, elaboraram e estão desenvolvendo o projeto MAI (Monitoramento

Ambiental Integrado - avaliação da erosão costeira nos municípios de Paulista, Olinda, Recife e Jaboatão dos Guararapes). O objetivo do projeto MAI é orientar as ações de prevenção e de recuperação da orla, bem como estabelecer políticas para o gerenciamento costeiro dos municípios envolvidos. Para tanto, estão sendo realizados levantamentos de dados científicos (morfológicos, sedimentológicos, geofísicos e oceanográficos), os quais também serão utilizados como subsídios para o gerenciamento costeiro.

O litoral de Olinda não foge a regra do litoral de Pernambuco, e apresenta erosão em alguns trechos e retenção de sedimentos em outros, como por exemplo, nas obras situadas ao sul da cidade. Por isso são necessários estudos que compreendam o seu comportamento morfológico e sedimentar, para que haja um melhor planejamento e direcionamento das ações de proteção costeira e manutenção das obras já existentes no município.

Neste intuito este trabalho elegeu as praias do Carmo e Bairro Novo, para a realização de estudos morfológicos e sedimentológicos.

As demais praias do município estão sendo estudadas pela equipe do projeto MAI, no qual o presente trabalho encontra-se inserido.

## **Objetivos**

Este trabalho tem como objetivo a caracterização da morfologia e da sedimentologia das praias do Carmo e do Bairro Novo, visando auxiliar às ações de planejamento e de proteção costeira, bem como a manutenção ou readequação das obras já existentes no município. Mais especificamente o trabalho visou:

- Examinar a variabilidade morfológica das praias, através da análise de perfis topográficos e da variação do volume sedimentar dos perfis, visando a caracterização morfológica do ambiente praias e a determinação do balanço sedimentar.
- Análise do comportamento da linha de costa na praia do Carmo, visando compreender o comportamento da saliência observada no local.
- Caracterização sedimentológica dos perfis topográficos, baseado nos parâmetros granulométricos;

- Determinação do perfil praiar de equilíbrio na praia do Bairro Novo, visando examinar o estado atual do perfil da praia em relação ao perfil praiar de equilíbrio;
- Caracterização sedimentológica da praia do Bairro Novo, objetivando conhecer a distribuição dos sedimentos depositados entre os espigões desta praia;

## CAPÍTULO 1 O AMBIENTE PRAIAL

As praias são depósitos de sedimentos não coesivos e inconsolidados sobre a zona costeira. Esta é limitada internamente pelos níveis máximos de ação das ondas de tempestades ou pelo início da ocorrência de dunas fixadas ou de outra alteração fisiográfica brusca; e externamente pela profundidade de fechamento do perfil. As praias podem ser formadas por sedimentos de diversas composições e granulometrias. Sua morfologia é determinada pela combinação da granulometria com o clima de ondas incidente (HOEFEL, 1998).

O ambiente praial apresenta a seguinte zonação morfológica, segundo Reading e Collinson (1976):

Dunas frontais – A formação desta zona está condicionada a um grande estoque de areia disponível para ser mobilizado pelo vento;

Pós-praia – É a zona que se estende do limite superior do espraiamento até o início das dunas fixadas por vegetação ou de qualquer outra mudança fisiográfica brusca.

A Praia ou estirâncio - É a porção do perfil situada entre o limite superior da preamar e o limite inferior da baixamar. É sobre a praia que ocorrem os processos da zona de espraiamento.

A Antepraia - É a porção do perfil sempre submersa e se estende até a profundidade de fechamento, ou seja, até a profundidade onde ocorre a mobilização significativa, de sedimentos, pela ação das ondas incidentes.

As zonas morfológicas do ambiente praial estarão desempenhando com eficácia a sua função ambiental de proteção da costa, e por tanto em equilíbrio, quando houver reserva de espaço e de sedimentos suficientes para que os processos costeiros se desenvolvam naturalmente, acomodando os recuos naturais da linha de costa e mantendo o balanço sedimentar equilibrado.

Os levantamentos de perfis praias são comumente usados para quantificar mudanças na morfologia da praia, e por isso, também são usados para validar modelos de previsão de transportes de sedimentos e as conseqüentes mudanças no estado da praia (SWALES, 2002).

## 1.2 A Erosão Costeira

Segundo o Projeto *Eurosion*, uma iniciativa do Parlamento Europeu, que foi elaborado no sentido de quantificar o estado, impactos e tendências de erosão na Europa, a erosão costeira ocorre sempre que o mar avança sobre a terra (COMISSÃO EUROPEIA, 2006).

A erosão costeira resulta comumente da combinação de fatores naturais e antrópicos, que operam em diferentes escalas. Stive *et al* (2002) sumariza as causas/fatores naturais (tabela 01) e antrópicos (tabela 02) responsáveis pela variabilidade da costa e da linha de costa.

Tabela 01 – Causas e fatores naturais responsáveis pela variabilidade da costa e da linha de costa (Fonte STIVE *et al*, 2002).

Escala	Causas/fatores Naturais
Muito longo termo (escala de tempo: séculos a milênios; escala espacial: ~100 km ou mais)	‘disponibilidade de sedimentos’ mudanças do nível relativo do mar composição geológica mudanças climáticas de longo termo paleogeomorfologia
Longo termo (escala de tempo: décadas a séculos; escala espacial: ~ 10 - 100 km)	mudanças do nível relativo do mar variações climáticas regionais ciclos de <i>inlet</i> costeiros ‘ <i>sand waves</i> ’ eventos extremos
Médio termo: escala de tempo: anos a décadas; escala espacial: ~ 1- 5 km	variação no clima de ondas ciclos de bancos na zona de surf eventos extremos
Curto termo: escala de tempo: horas a dias; escala espacial: ~ 10 m- 1 km	onda, maré e oscilação em suas condições variações climáticas sazonais

Tabela 02 – Causas e fatores antrópicos típicos, responsáveis pela variabilidade da costa e da linha de costa (Fonte STIVE *et al*, 2002).

Escala	Causas/fatores Humanos
Muito longo termo (escala de tempo: séculos a milênios; escala espacial: ~100 km ou mais)	mudanças climáticas induzidas pelo homem maior regulação dos rios estruturas costeiras (sem)planejamento
Longo termo (escala de tempo: décadas a séculos; escala espacial: ~ 10 - 100 km)	regulação dos rios estruturas costeiras (falta de) gerenciamento costeiro extração de recursos naturais (subsistência)
Médio termo: escala de tempo: anos a décadas; escala espacial: ~ 1- 5 km	estruturas na zona de surf alimentação artificial da costa
Curto termo: escala de tempo: horas a dias; escala espacial: ~ 10 m- 1 km	estruturas na zona de surf alimentação artificial da costa

Linhas de costas erodidas são sistemas arenosos com perda de sedimentos, apresentando um déficit anual destes. Para calcular o balanço de sedimentos, é preciso identificar todas as fontes (ex. rios e plataforma continental) e depósitos (ex. dunas, bancos e cordões litorâneos) e estimar quanto está sendo adicionado e/ou removido a cada ano. Para tanto é preciso estimar o transporte longitudinal e transversal à praia.

A erosão ao longo de um trecho de praia arenosa pode ser responsável pela progradação ou redução da erosão de uma praia próxima, a sotamar, desde que o volume de sedimentos seja suficiente e compatível com essa praia. Por outro lado a erosão de uma praia a barlamar irá iniciar ou acelerar o recuo de praias a sotamar.

A condição favorável de balanço sedimentar pode ser definida como a situação em que, de uma maneira geral, os sedimentos promovam a resiliência costeira e, em particular, a preservação da dinâmica da linha de costa. A resiliência costeira é definida como a capacidade natural que as zonas costeiras têm de se acomodar devido às alterações induzidas pela subida do nível do mar, por eventos extremos (ex. tempestades, ressacas) e por impactos resultantes das ações antrópicas, mantendo as funções do sistema costeiro no longo termo. Para aumentar

a capacidade de resiliência das zonas costeiras torna-se necessário a melhoria da gestão dos sedimentos, com a disponibilidade local de sedimentos em quantidade suficiente para manter o equilíbrio dinâmico entre erosão e acresção e se alcançar um balanço sedimentar positivo; e a reserva de espaço suficiente para que os processos costeiros se desenvolvam naturalmente, acomodando os recuos naturais da linha de costa (COMISSÃO EUROPEIA, 2006). O Projeto *Eurosion* pretende introduzir o conceito de condição favorável de balanço sedimentar na legislação Europeia, para que no futuro as políticas públicas levem em consideração as condições naturais do sistema sedimentar.

E recomenda ainda a identificação e determinação de “reservas estratégicas de sedimentos”, sendo estas definidas como volumes de sedimentos acumulados e disponíveis com características apropriadas para futuras operações de alimentação artificial, tanto para suprir perdas temporárias (por exemplo, causadas por eventos extremos de tempestades) como por perdas de longo termo.

### **1.3 A Proteção Costeira**

Dada à complexidade dos processos costeiros, os esforços para compreender e prever o deslocamento da linha de costa após a implantação de projetos de proteção costeira, tem levado vários cientistas a propor e utilizar modelos numéricos. Capobianco *et al* (2002) ressalta que sem o uso de modelos quantitativos, os gestores costeiros e os tomadores de decisão dependem unicamente da experiência e do julgamento de especialistas, que podem ser limitados, inaplicáveis ou anacrônicos. Além disso, o conflito de opiniões conduz a confusão e a ambigüidade, com o não entendimento da resolução. A avaliação de sistemas costeiros sem o uso de modelos não é sistemática, o que pode não incluir todos os fatores pertinentes. E isto pode resultar na impossibilidade de discriminar entre a influência das variações naturais e dos impactos humanos nos processos costeiros.

Na implementação de estruturas de proteção costeira, os gestores costeiros e a sociedade devem ponderar os seus impactos positivos e negativos, bem como o caráter de irreversibilidade de alguns tipos de obras e os vultosos valores envolvidos em sua implantação e manutenção.

As estruturas de proteção costeiras podem ser divididas em não estruturais “*soft*” (alimentação artificial de praias “engordamento”), e em estruturais “*hard*”, estruturas permanentes em blocos rochosos (espigões, quebra-mares, enrocamentos, entre outros).

Um modelo que está sendo utilizado como subsídio para o gerenciamento costeiro, principalmente na elaboração de projetos de proteção costeira, é o de Perfil Praial de Equilíbrio, uma vez que este fornece a base para estimar a forma característica do perfil da praia.

#### 1.4 O Perfil Praial de Equilíbrio

As praias são produtos de um complexo sistema de forças e processos, incluindo o suprimento de sedimentos e a hidrodinâmica. E caso este complexo sistema se mantenha estável, é razoável aceitar que a praia tenderá a um equilíbrio tridimensional (DEAN, 1993).

Uma praia com um tamanho de grão específico, se exposta à condição de forças geradoras constantes (ondas monofásicas ou com fases aleatórias, mas estatisticamente constantes), normalmente com um curto período entre a quebra das ondas, irá desenvolver uma forma de perfil que não mostra transporte líquido durante o tempo, apesar do movimento dos sedimentos. Entretanto em uma praia natural o sistema de forças nunca é constante e mudanças na topografia da praia ocorrem todo o tempo. De modo que mudanças na forma do perfil da praia podem ser consideradas ajustamentos do perfil em busca de um outro estado de equilíbrio diante da mudança das forças (LARSON *et al*, 1999).

O primeiro modelo de Perfil Praial de Equilíbrio (PPE) foi apresentado por Bruun em 1954 e postulado por Dean em 1977. A expressão tem a seguinte forma geral:

$$h_{(y)} = Ay^m \quad \text{Equação (1)}$$

Onde  $h_{(y)}$  é a profundidade,  $y$  é a distância da linha de costa,  $A$  e  $m$  são coeficientes empíricos baseados em perfis representativos.

Dean (1977, apud MANSO *et al*, 2001) baseado em 504 perfis medidos ao longo da costa lesta americana, propôs para  $m$  o valor de  $2/3$  como média correspondente aos extremos de 0,2 e 1,2. Estudos em uma praia na região do Mar do Caribe, indicaram que o valor para  $m$  que melhor se aplica a uma praia refletiva é  $1/2$  (Boon e Green, 1988 apud Manso *et al*, 2001).

O parâmetro escalar do sedimento  $A$  aumenta com o tamanho do sedimento. A relação entre o parâmetro escalar  $A$  e o diâmetro médio do sedimento ( $D$ ) apresentada na tabela abaixo, foi desenvolvida por Moore e modificado por Dean (1997).

Tabela 03 – Valores recomendados para o parâmetro  $A$ .

D(mm)	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.1	0.063	0.0672	0.0714	0.0758	0.0798	0.084	0.0872	0.0904	0.0936	0.0968
0.2	0.100	0.103	0.106	0.109	0.112	0.115	0.117	0.119	0.121	0.123
0.3	0.125	0.127	0.129	0.131	0.133	0.135	0.137	0.139	0.141	0.143
0.4	0.145	0.1466	0.1482	0.1498	0.1514	0.153	0.1546	0.1562	0.1578	0.1594
0.5	0.161	0.1622	0.1634	0.1646	0.1658	0.167	0.1682	0.1694	0.1706	0.1718
0.6	0.173	0.1742	0.1754	0.1766	0.1778	0.179	0.1802	0.1814	0.1826	0.1838
0.7	0.185	0.1859	0.1868	0.1877	0.1886	0.1895	0.1904	0.1913	0.1922	0.1931
0.8	0.194	0.1948	0.1958	0.1964	0.1972	0.198	0.1988	0.1998	0.2004	0.2012
0.9	0.202	0.2028	0.2036	0.2044	0.2052	0.206	0.2068	0.2076	0.2084	0.2092
1.0	0.210	0.2108	0.2116	0.2124	0.2132	0.2140	0.2148	0.2156	0.2164	0.2172

A teoria do PPE tem sido adotada para calcular a evolução do perfil a longo termo, baseado na variação de uma condição de equilíbrio inicial, ou para determinar a variabilidade do perfil até a profundidade de fechamento (CAPOBIANCO *et al*, 2002). A profundidade de fechamento, também chamada de profundidade limite de movimento, é definida como a profundidade de limite externo de mobilização significativa de sedimentos, pela ação das ondas incidentes (DEAN, 1993). A equação para a determinação da profundidade de fechamento do perfil proposta por Birkemeier (1985, apud DEAN, 1993) é descrita abaixo:

$$h^* = 1.57 H_e \quad \text{Equação (2)}$$

Onde  $h^*$  é a profundidade de fechamento do perfil, 1.57 é o coeficiente recomendado baseado em dados de empíricos, e  $H_e$  é a altura significativa das ondas.

A análise comparativa entre o perfil medido e o perfil previsto ou perfil praiial de equilíbrio, às vezes, pode apresentar diferenças devido ao transporte longitudinal. Segundo Türker e Kabdaşlı (2006) a exata predição das mudanças no perfil praiial é evidenciada proficuamente em praias arenosas onde o transporte longitudinal pode ser desprezado. Dean et. al. (1993) apresentam uma série de possíveis diferenças entre o perfil medido e o perfil previsto como elas podem ser interpretadas (Figura 01):

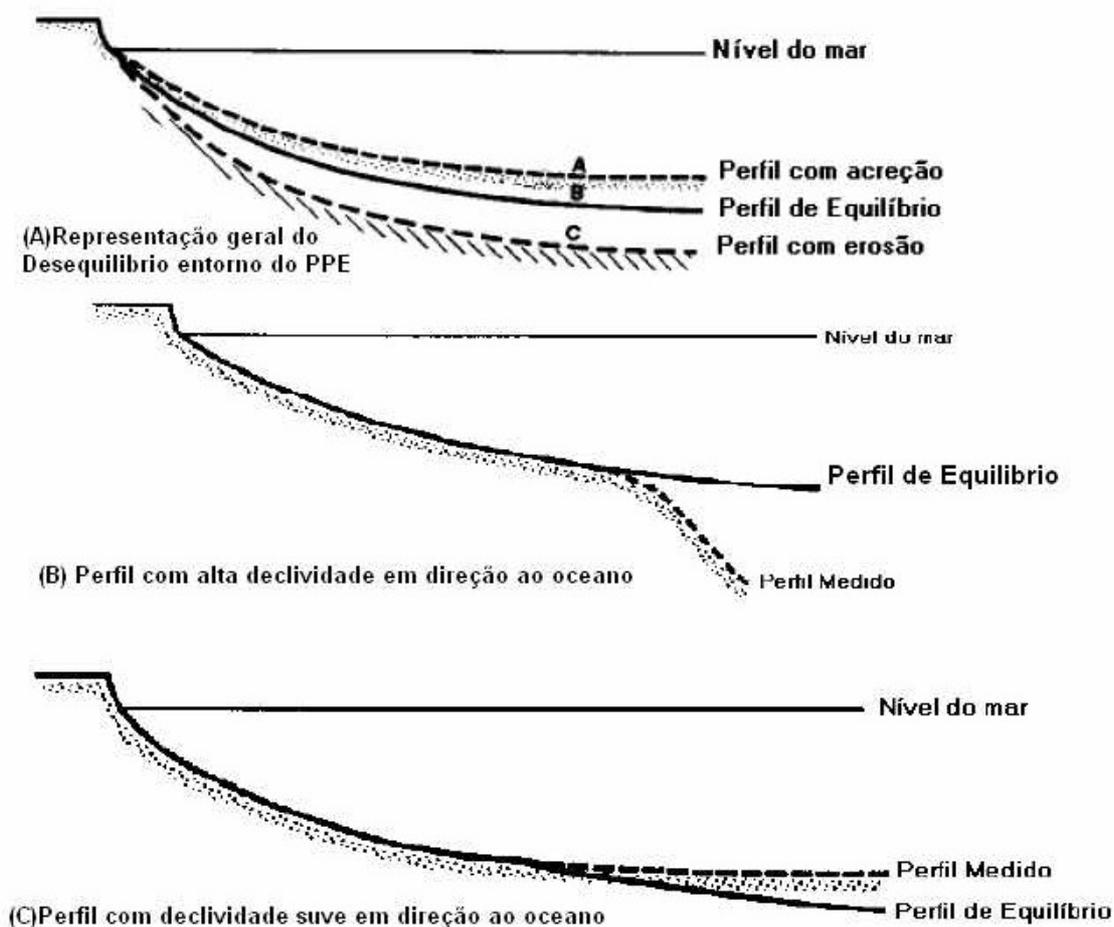


Figura 01 – Formas características de perfis praiiais fora de equilíbrio (CASOS A, B e C) (Fonte: DEAN, 1993 adaptado).

Caso (A) Perfil com excesso ou déficit de sedimento: é o caso mais simples no qual o perfil medido possui um excesso ou déficit de sedimento, relativo ao perfil de equilíbrio previsto. E se apenas o transporte transversal for considerado, interpreta-se que, a longo termo, a areia será transportada em direção a porção sub-aérea, no perfil com excesso de sedimento, induzindo à uma tendência, a longo

prazo, de progradação da linha de costa, e o inverso ocorre no perfil com déficit de sedimentos.

CASO (B) Perfil com declividade elevada em direção ao oceano: as interpretações dessa configuração podem ser ambíguas. Uma possibilidade considera a mudança para um declive maior como a transição da região “ativa” para “inativa”, correspondente à profundidade de equilíbrio. A segunda interpretação é que o sedimento que forma aquela porção do perfil praiar que está próxima do equilíbrio é derivado de um excesso de sedimento da costa, que pode incluir sedimentos de fontes terrígenas ou gradientes (convergências) no transporte longitudinal. Nas duas interpretações o possível processo dominante é resultado de excesso de sedimento na antepraia superior, que é retrabalhado pelo transporte transversal até se aproximar do equilíbrio. Esse caso é similar, em alguns aspectos, ao ajuste do perfil após o engordamento da praia.

CASO (C) Perfil com declividade suave em direção ao oceano: Há duas interpretações para a situação representada na Figura 3.2.2 CASO(C). A primeira postula que, se a declividade for relativamente gradual (pelo menos uma parte), representará um perfil em construção pelo sedimento proveniente do transporte transversal, no sentido continente-oceano. Se essa declividade for abrupta, representará um perfil em construção pelo transporte de sedimento de fontes oceânicas mais profundas. Essa interpretação requer que o sedimento da porção que está sendo construída tenha maior diâmetro que o sedimento do restante do perfil.

Dean (1993) ressalta ainda que se nas profundidades correspondentes, os perfis medido e previsto apresentarem a mesma morfologia, o perfil está em equilíbrio local, ou seja, as profundidades correspondentes não precisam, necessariamente, estar à mesma distância da costa. Porções internas do perfil (zona rasa) que não estejam em equilíbrio, podem resultar em separação das porções mais externas (zona profunda) dos perfis, mesmo estas estando em equilíbrio, como é observado na figura 02.

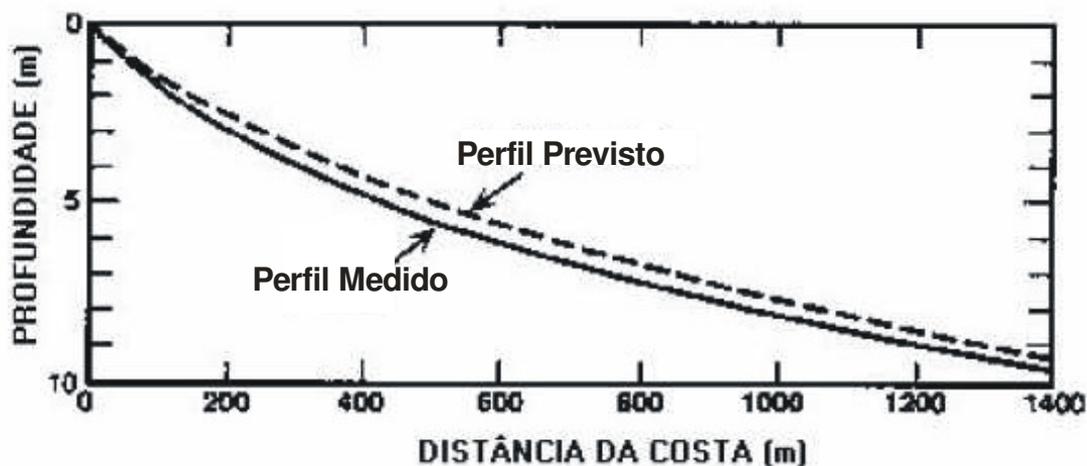


Figura 02 - Perfil em equilíbrio apesar da diferença na altura (Fonte: DEAN,1993 adaptado).

O Conceito de um PPE é de central importância para o gerenciamento costeiro, porque fornece a base para estimar a forma característica da praia (LARSON *et al*, 1999). Auxilia projetos de alimentação artificial da praia (engordamento), uma vez que o objetivo do processo de engordamento é estabelecer um perfil de equilíbrio relativamente estável. Pelo modelo de PPE é possível avaliar se o sedimento do engordamento é compatível com o nativo, determinar o diâmetro médio mais adequado para o engordamento, bem como calcular o volume de sedimentos a ser adicionado. Dean (1997) demonstra a resposta do perfil praiar em diferentes projetos de engordamento (adição de sedimentos com tamanho igual e diferente do nativo) em relação ao PPE.

## CAPÍTULO 2 O LITORAL DE OLINDA

O litoral de Olinda possui 10,5 km de extensão, sendo constituído pelas praias do Istmo, Milagres, Carmo, São Francisco, Farol, Bairro Novo, Casa Caiada e Rio Doce; no sentido sul-norte (Figura 03).

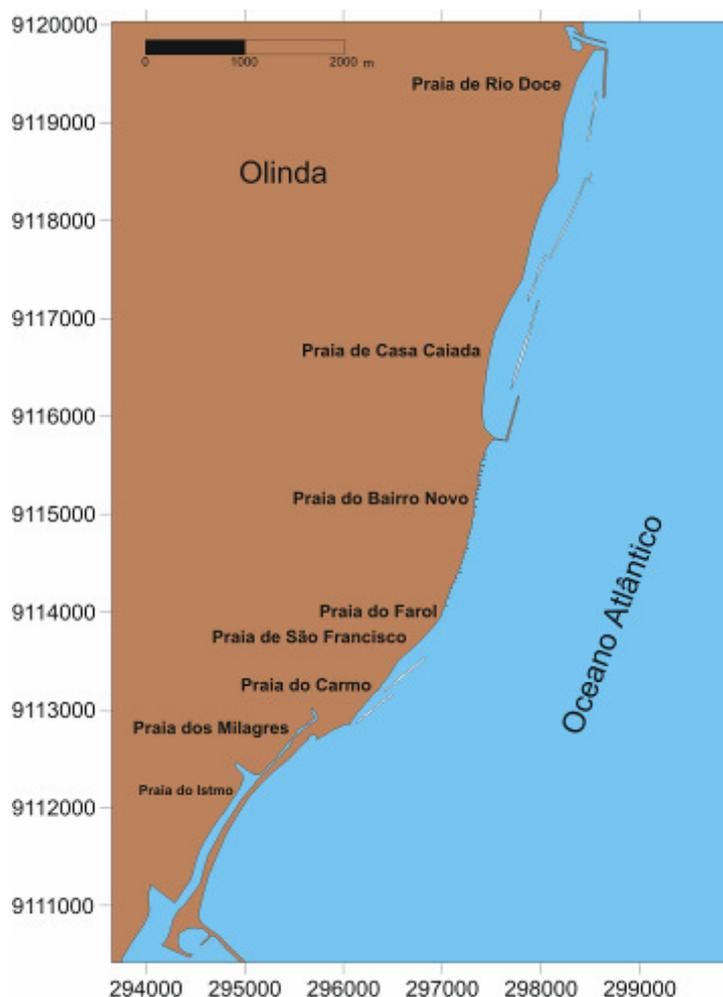


Figura 03 – Praias do litoral de Olinda (Fonte: ARAÚJO *et al*,2006).

Apesar do povoamento de Olinda ter se iniciado no início do século XVI a ocupação do seu litoral só se intensificou no final do século XIX, e atualmente, todo o seu litoral está densamente ocupado e urbanizado<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> O histórico das obras aqui apresentado foi baseado em diversos documentos e relatórios cedidos pela Secretária de Planejamento e Meio Ambiente da Prefeitura de Olinda e pelo GERCO, CPRH.

O litoral de Olinda foi o primeiro balneário da costa pernambucana, para onde se dirigiam às famílias pernambucanas mais abastadas nas últimas décadas do século XIX. A procura por casas, sobretudo para veraneio, provocou a expansão urbana de Olinda em direção a zona costeira, fazendo a cidade crescer para além da sua ocupação original. No último quarto do século XIX e nas primeiras décadas do século XX, as praias dos Milagres, do Carmo e São Francisco tiveram seu processo de ocupação adensado. O povoamento das áreas situadas mais ao norte, entre a praia do Bairro Novo e a praia de Rio Doce, só se intensificou a partir de 1930, com o parcelamento dos sítios (ARAÚJO, 2007).

A partir de 1920 as ressacas anuais passaram a produzir danos nas construções situadas na costa olindense e ruas inteiras foram destruídas entre as praias dos Milagres e do Farol. Entre 1947 e 1951 cerca de 400 casas foram destruídas (ARAÚJO, 2007; PEDROSA, 2007). Ver fotografias 01, 02, 03 e 04.

As modificações introduzidas para a ampliação Porto do Recife entre 1909 e 1917 (construção do molhe de Olinda, do quebra-mar do Banco Inglês, juntamente com a elevação e o prolongamento do quebra-mar natural formado pelos recifes submersos); associado às obras realizadas para a implantação da Base Naval do Recife, concluídas em 1948 (retificação da foz do rio Beberibe e aterramento de extensa área de manguezal, para a construção da Escola de Aprendizes de Marinheiro e de estradas ligando o Recife a Olinda), deram origem aos problemas erosivos da costa olindense (PEDROSA, 2007).



Foto 01 e 02 – Visualização da destruição causada por ressacas na praia dos Milagres (Fonte: Arquivo Público Municipal de Olinda, 1948).

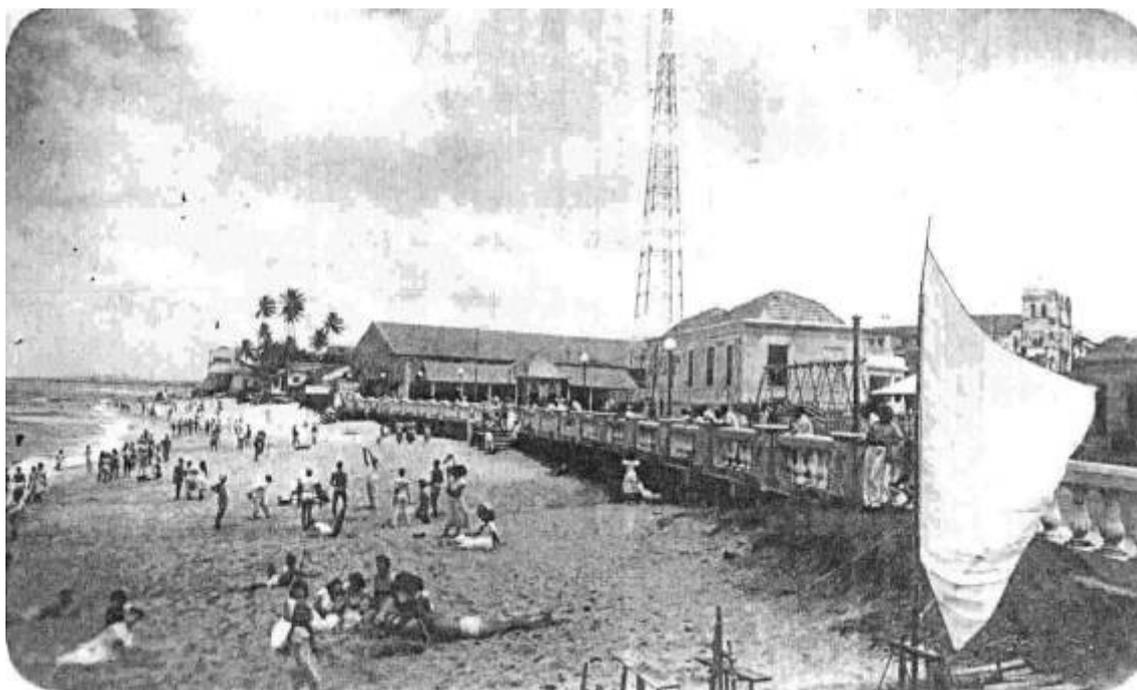


Foto 03 – Visualização da praia do Carmo no início da década de 1940 (Fonte: Arquivo Público Municipal de Olinda).



Foto 04 – Visualização da destruição causada por ressacas na praia do Carmo no ano de 1948 (Fonte: Arquivo Público Municipal de Olinda).

Em 1953 o Departamento Nacional de Portos, Rios e Canais (DNPRC) assumiu a responsabilidade financeira da realização de estudos para o melhoramento do Porto do Recife (a construção do molhe de Olinda, prejudicou a acostagem das embarcações em alguns períodos do ano), e para a defesa das praias de Olinda. O DNPRC contratou, então, o *Laboratoire Dauphinois d'Hdraulique Neypric*, de Grenoble na França, para a realização dos estudos.

Após a realização de levantamentos e do desenvolvimento de modelos em um tanque de ondas, o *Neypric* propôs a construção de dois quebra-mares semi-submersos, em frente à praia dos Milagres, do Carmo e do São Francisco, associados a três espigões ao norte e três espigões ao sul do trecho protegido pelos quebra-mares. Em 1962, as intervenções foram concluídas, com exceção dos três espigões ao sul que nunca foram construídos.

Posteriormente, foram construídos mais 35 espigões, espaçados cerca de 50 m, ligados por um enrocamento aderente, entre as praias de São Francisco e Bairro Novo. A construção desses espigões não foi objeto de estudo do *Neypric*.

Ao longo da década de 1970 a cidade e a erosão se expandiram para o norte. E o governo do Estado de Pernambuco contratou o Instituto de Pesquisas Hidroviárias (INPH), por intermédio da Empresa de Obras Públicas do Estado (EMOPER), para a elaboração de um projeto de proteção para o litoral de Olinda.

Em 1978, a EMOPER iniciou a construção de sete quebra-mares, a partir da praia de Casa Caiada até a foz do rio Doce. Os quebra-mares têm distâncias variadas da costa de 180 a 250 m. E na praia do Istmo, localizada a sul da cidade, foi construída uma muralha aderente de concreto ciclópico, com 1,3 km de extensão. Entretanto só em 1985 as obras propostas foram concluídas, com o término do último quebra-mar e o guia corrente do Rio Doce.

Após a construção dos quebra-mares, foram realizados aterros hidráulicos e mecânicos na praia de Casa Caiada. Sobre o aterro foi construída uma rua e um calçadão, com aproximadamente 5 m de largura.

Em 1999 foi construído um quebra-mar semi-submerso na praia dos Milagres, este tinha sido projetado pelo INPH, na década de 1980. Neste mesmo ano, a CPRH exigiu da prefeitura de Olinda um Plano de Monitoramento Ambiental do litoral, compreendendo estudos das condições hidrodinâmicas, sedimentológicas e morfológicas ao longo da costa, visando subsidiar a tomada de decisão de futuras

ações no município. Este monitoramento foi realizado pelo Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal de Pernambuco.

A prefeitura realizou o engordamento das praias dos Milagres e de São Francisco em 2000. No entanto em pouco tempo os sedimentos colocados foram erodidos pela ação das ondas.

Ao longo dos últimos anos a prefeitura de Olinda vem realizando a manutenção e a construção de novas obras de menor porte ao longo do litoral (aumento da cota de coroamento dos quebra-mares, reordenamento das rochas, retirada de espigões, construção de enrocamentos aderente).

Através de fotografias (Fotos 5 a 10) é possível observar as grandes modificações realizadas no ambiente praias das praias dos Milagres, Farol e Casa Caiada, entre os anos de 1940 e 2006. A tabela abaixo elenca o tipo de estrutura adotada em cada praia.

Tabela 04 – Obras de proteção costeira presentes nas praias de Olinda

Praias	Quebra-mar	Espigão	Enrocamento	Engordamento	Muro
Istmo					x
Milagres	x	x	x	x	
Carmo	x	x	x		
São Francisco	x	x	x	x	
Farol			x		
Bairro Novo		x			
Casa Caiada	x	x	x		
Rio Doce	x	x	x		

As obras realizadas ao longo do litoral de Olinda protegeram as construções e imóveis localizados em sua orla e enrijeceram a linha de costa, evitando assim o seu recuo. No entanto, em muitos trechos, elas foram ineficientes para a regeneração do ambiente praias. Atualmente há obras de proteção costeira em toda a extensão do seu litoral, e ainda assim há vários trechos com erosão (fotos 11 a 14).



Foto 05 – Visualização da praia dos Milagres no início da década de 1940 (Fonte: Arquivo Público Municipal de Olinda).



Foto 06 – Visualização da praia dos Milagres em 2006 (Fonte: GERCO – CPRH).



Fotos 07 – Praia do Farol em 1940 (Fonte: Alexandre Berzin, Acervo da Fundação Joaquim Nabuco).



Foto 08 – Visualização da praia do Farol em 2006 (Fonte: GERCO – CPRH).



Foto 09 – Praia de Casa Caiada, quando esta era povoada apenas por casas simples de pescadores (Fonte: Alexandre Berzin, Acervo da Fundação Joaquim Nabuco, 1940).



Foto 10 – Visualização da intensa urbanização na praia de Casa Caiada (Fonte: GERCO – CPRH, 2006).



Fotos 11 e 12 – Visualização de trechos erodidos da praia de São Francisco (esquerda) e do Farol (direita) (Fonte: Projeto MAI, 2007).



Fotos 13 e 14 – Visualização de trechos erodidos da praia de Casa Caiada (esquerda) e Rio Doce (direita) (Fonte: Projeto MAI, 2007).

## CAPÍTULO 3 ÁREA DE ESTUDO

### 3.1 Clima

O clima local é classificado como AS', tropical quente e úmido, segundo a classificação de Koppen, com temperatura média anual de 26°. Há duas estações bem definidas, uma úmida, entre os meses de março e agosto, com precipitação mensal acima de 100 mm (período úmido), e outra seca, de setembro a fevereiro, com precipitações inferiores a 100 mm (período seco).

Dados de precipitação pluviométrica para a estação Olinda, segundo o INMET, para os anos de 2006 e 2007 estão apresentados na figura 04. O mês de maior precipitação em 2006 é junho e em 2007 é o mês de abril. E as menores precipitações são observadas no mês de janeiro em 2006 e em dezembro em 2007.

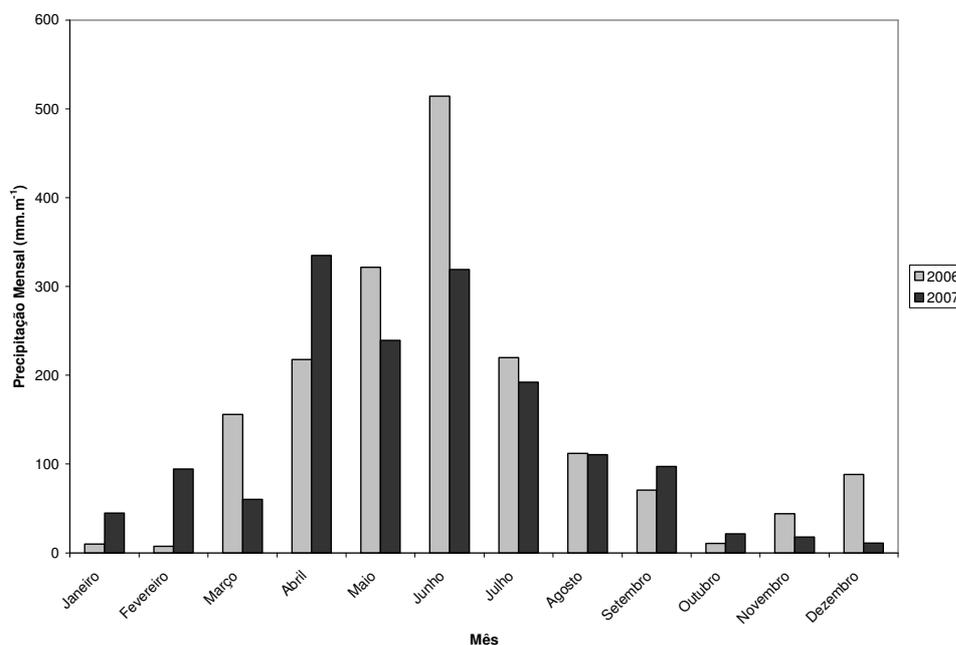


Figura 04 – Precipitação pluviométrica para a estação Olinda.

### 3.2 Ventos

Lira (1997) analisando dados da área do Porto de Suape, no período de fevereiro/77 a janeiro/83, caracteriza como vento dominante para esta região o de

direção SE, sendo este característico no regime de inverno com velocidades médias de 5,0 a 6,1 m.s<sup>-1</sup>. E no verão predominam os ventos alísios de quadrante E, com velocidades em torno de 5,2 m.s<sup>-1</sup>.

Entre dezembro/95 e setembro/96 Pereira (1998) realizou medições trimestrais de intensidade e direção dos ventos na praia de Casa Caiada (litoral norte de Olinda), e identificou dois tipos de ventos dominantes: um de direção SE e de maior intensidade, nos meses de junho e setembro (período chuvoso); e outro mais brando de direção NE, nos meses de dezembro e março (período seco).

### 3.3 Hidrografia

A rede de drenagem do município de Olinda é parte integrante das Bacias dos rios Paratibe e Beberibe. O rio Paratibe percorre uma extensão de 16 Km, estando suas nascentes situadas nos municípios do Recife, Paulista e São Lourenço da Mata e sua foz está localizada no extremo norte de Olinda, sendo este a divisa entre este município e o do Paulista. Sua bacia de drenagem corresponde a uma área de 118,54 km<sup>2</sup>, dos quais 18,6%, cerca de 22,08 Km<sup>2</sup> estão inseridos em Olinda. Dentre os seus afluentes estão o rio Fragoso, o canal do Matadouro, e Canal do rio Morto (canal Bultrins/Fragoso) (CARNEIRO, 2003).

O rio Beberibe tem uma extensão de aproximadamente 15 km, estando suas nascente situadas no município de São Lourenço da Mata e sua foz encontra-se na divisa dos municípios de Olinda e Recife. Sua bacia de drenagem possui aproximadamente 78,71 km<sup>2</sup>, dos quais 17,8%, cerca de 14 km<sup>2</sup> estão no município de Olinda. Os principais afluentes da margem direita são: o Vasco da Gama ou Arruda e o rio Morno. E os da margem esquerda são: riacho do abacaxi (canal Lava Tripas) e o canal da Malária (CARNEIRO, 2003; PEDROSA, 2007).

Os manguezais do rio Beberibe foram intensamente aterrados, em 1915 ocupavam uma área de 295.156,67 m<sup>2</sup>, sendo estes reduzidos a 19,848 m<sup>2</sup> em 2004 (PEDROSA, 2007).

### 3.4 Geologia e Geomorfologia

O município de Olinda localiza-se na Bacia Paraíba, constituindo a faixa sedimentar costeira que se estende desde o Lineamento Pernambuco, nas proximidades da cidade do Recife, até o alto estrutural do Mamanguape ao norte de João Pessoa. Esta bacia é preenchida pela formação Beberibe, iniciada no Santoniano, sobre esta Formação ocorre a Formação Itamaracá (Campaniano). Em seguida ocorrem os depósitos da Formação Gramame e após a Formação Maria Farinha do Paleoceno (PEDROSA, 2007).

A figura 05 representa a geologia do quaternário costeiro da área de estudo.

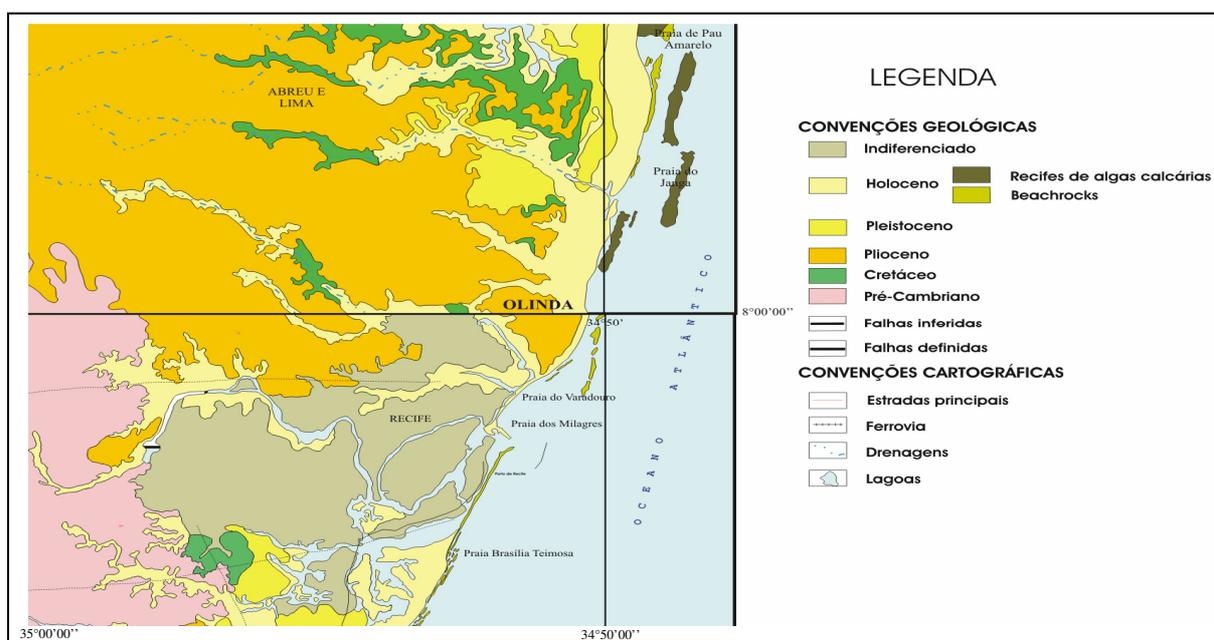


Figura 05 - Representação esquemática da geologia do quaternário costeiro (Fonte: Lima Filho et al., inédito).

Os depósitos quaternários são diferenciados por critérios geomorfológicos em: depósitos flúvio lagunares, depósitos de leques aluviais, terraços marinhos, depósitos de mangue, depósitos eólicos, depósitos de praia e recifes de arenitos e algálicos (PEDROSA, 2007).

O pontal arenoso localizado no extremo sul, a praia do Istmo, associado à antiga foz do Capibaribe e Beberibe, atualmente é o depósito de sedimentos arenosos mais expressivo do município.

A plataforma continental de Pernambuco é estreita (34 km em média), de relevo suave e sua quebra ocorre na faixa de 60m de profundidade. Ao norte de Olinda sua largura é de 36,3 km, com declividade de 1:558, e sua quebra ocorre aos 65 m de profundidade (ARAÚJO *et al*, 2004).

Os recifes de arenito são feições comuns ao longo da linha de costa e plataforma interna e atuam como quebra-mares submersos, diminuindo a força das ondas que incidem na costa. Segundo Araújo (2005) ao longo da plataforma de Pernambuco é possível identificar três conjuntos de feições lineares (linhas) de recifes de arenito. A primeira à uma profundidade de 45 m, tem uma largura média de 210 m e relevo/altura de 4 m. A segunda ocorre em torno dos 20m de profundidade e a terceira mais próxima a costa encontra-se na profundidade de 8 m.

A linha de recife mais próxima à costa foi utilizada como base para construção dos quebra-mares das praias de Casa Caiada e Rio Doce, e na praia do Bairro Novo esta linha encontra-se ainda preservada e tem forte influência na morfodinâmica local.

### **3.5 Clima de Ondas**

As ondas incidentes de mar afora representam a principal entrada de energia para os sistemas praias e a variabilidade destes sistemas fica, portanto, diretamente dependente da variabilidade do próprio clima de ondas (HOEFEL,1998)

Medidas de ondas para o Porto de Suape de 1977 a 1984 constataram que as direções de ondas para a condição de primavera (setembro a novembro), de verão (dezembro a fevereiro) e de outono (março a maio) tendem a ser predominantemente perpendicular à praia, sendo que, no outono e na primavera, ocorre uma leve tendência no sentido S-N, e no verão, assumem a direção N-S. Para as condições de inverno, a direção que predomina é a de S-N (PEDROSA, 2007).

A altura significativa das ondas na Praia do Istmo, litoral sul de Olinda, observada na zona de arrebentação apresentou uma variação de 0,83 a 0,96 m. O período oscilou entre 1 e 6 s e a arrebentação das ondas foi predominante do tipo mergulhante (LGGM, 1999).

### 3.6 Correntes

Parte da energia dissipada pelas ondas incidentes na zona de surf origina células de circulação gerando correntes costeiras, estas são caracterizadas por uma corrente longitudinal (*longshore current*), fluindo paralela à praia e por uma corrente de retorno (*rip current*), que atravessa a zona de arrebentação em fluxo rápido e concentrado, espalhando-se em forma de leque (MUEHE, 1995).

Levantamentos realizados na praia da Boa Viagem, em 1994, indicaram uma ausência de correntes costeiras (em torno de 53% dos dados totais), o que é explicado pela concentração dos dados de direção do vento próximo a perpendicular e perpendicular à costa e pela tendência de incidência frontal das ondas na área. Quando ocorrem, as correntes apresentam-se preferencialmente no sentido N-S (77%), com velocidades entre 0,2 e 0,3 m.s<sup>-1</sup> (LGGM, 1995)

A direção, velocidade e volume de transporte de sedimentos paralelamente a praia, chamada deriva litorânea, dependem da obliquidade de incidência das ondas, isto é, o ângulo formado entre a crista da onda, na arrebentação, e a linha de praia (MUEHE, 1995). Para a Praia do Istmo o ângulo de incidência variou de 2° a 10°, que produziria uma deriva litorânea fraca com reduzido transporte longitudinal de sedimentos, o que poderia explicar, em parte, a pouca eficiência das obras transversais, do tipo espigão, na proteção da praia do Bairro Novo (LGGM, 1999).

### 3.7 Marés

As marés do litoral pernambucano são semidiurnas, com período médio de 12,42 horas, apresentando duas preamares e duas baixa-mares por dia lunar, com altura de 2,4 m para sizígia máxima e de 2,1 para sizígia mínima. Nos meses de fevereiro e setembro quando ocorrem as marés equinociais, as alturas das marés podem atingir de 2,5 a 2,6 m. Quando as marés equinociais coincidem com as marés de sizígia a altura destas pode alcançar 2,8 m. Este fenômeno é conhecido localmente como ressaca. Sendo este ainda mais severo durante o segundo semestre (agosto/setembro) quando os ventos são mais intensos (PEREIRA, 1998).

Os períodos de ressacas são os de maior energia na região provocando as maiores modificações na morfologia praial e destruição de construções. Por isso

gera apreensão das autoridades e dos proprietários de imóveis localizados em locais vulneráveis a erosão. Como relata a reportagem do Jornal do comércio de 30 de agosto de 2007.

#### **Recife, Olinda e Paulista em alerta**

Os municípios do Recife, Olinda e Paulista, na Região Metropolitana, estão em alerta por causa da altura das marés. Todos estão realizando monitoramento dos pontos críticos de suas orlas e mantendo equipes de plantão para atuar em caso de possíveis danos causados pelo avanço do mar. Em Paulista, onde o problema é maior, a prefeitura estuda decretar situação de emergência, para facilitar a busca de recursos estaduais e federais e agilizar obras emergenciais de contenção e recuperação de áreas danificadas (JORNAL DO COMMERCIO, 30/08/2007).

## **CAPÍTULO 4 METODOLOGIA**

### **4.1 Morfologia**

Os estudos morfológicos foram realizados através de nivelamentos topográficos, para a confecção do perfil de praia, e da determinação do Perfil Praia de Equilíbrio.

#### **a) Nivelamento topográfico**

Os nivelamentos topográficos foram realizados em 6 perfis, sendo 3 na praia do Carmo (PO1a, PO1b e PO1c) e 3 na praia do Bairro Novo (PO2, PO3, PO4) (Mapa 01), durante a maré de sizígia (lua cheia), no período de maio de 2006 a outubro de 2007. Como o objetivo era que o monitoramento fosse realizado nos dias de maior amplitude da maré, e como o mês lunar possui 28 dias, houve meses com dois monitoramentos e um sem, totalizando então 19 monitoramentos no período deste estudo.

Esses perfis foram posicionados perpendiculares à linha de praia, partindo de um referencial de nível (RN), um marco fixo, (a calçada, por exemplo), em direção ao mar até a profundidade de aproximadamente de 20cm. Devido à ocorrência de ataques de tubarão no litoral olindense, não foi possível o monitoramento da porção submersa por este método.

O nivelamento topográfico foi efetuado a partir do uso do nível topográfico, Pentax AI-240, em conjunção com a mira topográfica que consiste em uma régua graduada de 5 m de altura. O nivelamento topográfico define as cotas dos pontos ao longo do perfil marcados em relação a um nível de referência. Estas cotas foram determinadas por visadas horizontais com miras verticais, estabelecidas nos diversos pontos de inflexão do terreno (foto 15).

Posteriormente, os perfis foram ajustados ao nível médio do mar com o uso das tábuas de marés da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) e

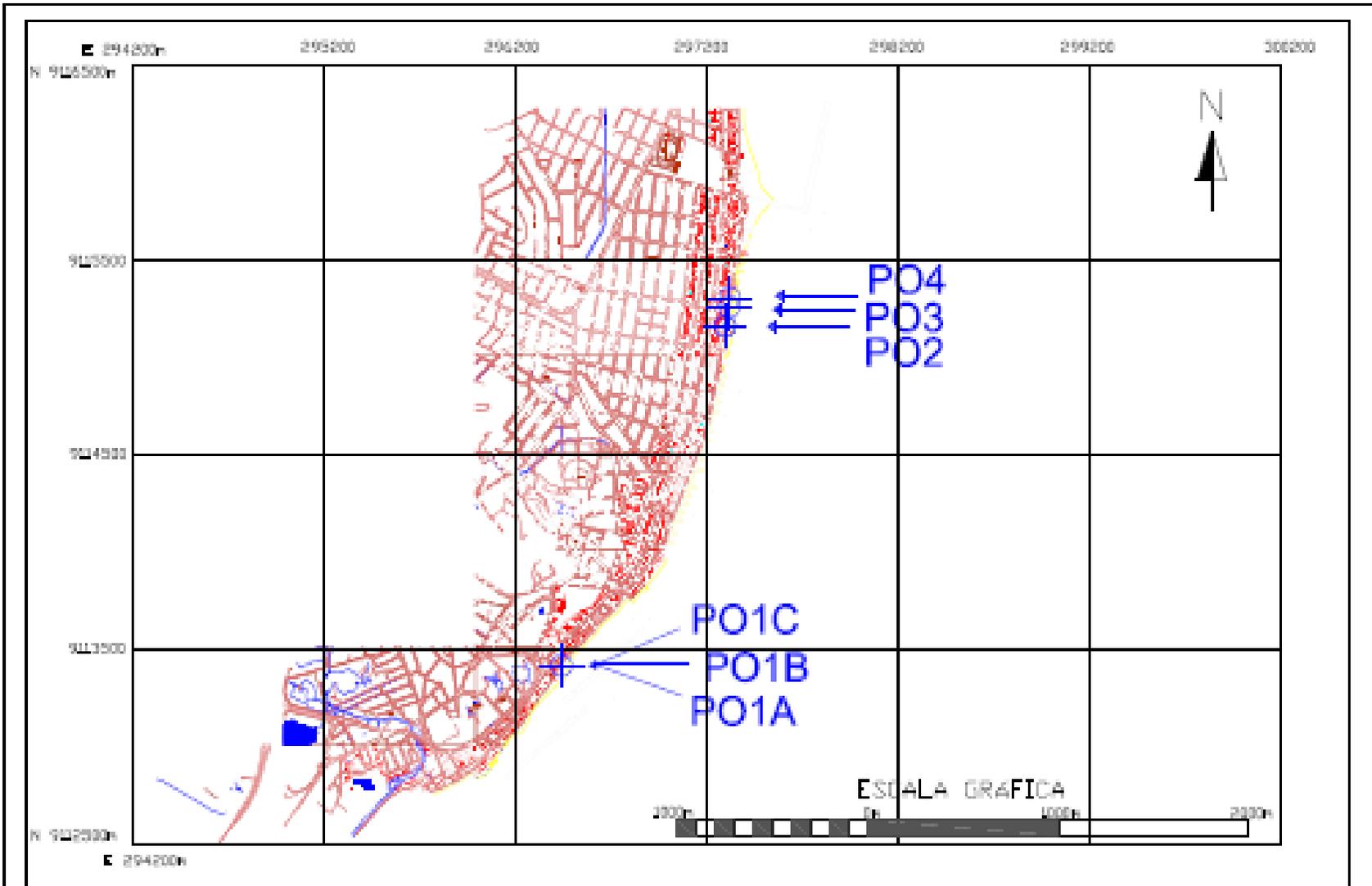
representados graficamente em várias combinações para o acompanhamento da variação morfológica dos mesmos.

Para o cálculo do volume de sedimentos presente nos perfis foi adotado um comprimento padrão para cada perfil, visando tornar os volumes calculados comparáveis entre si. Posteriormente, foi determinada a área abaixo de cada perfil, pelo cálculo geométrico de cada seção, multiplicando o valor da área em metros quadrados por 1 m. Mantendo-se o valor da área obteve-se, assim, o volume de areia por metro linear de praia, expresso em metros cúbico por metro ( $m^3/m$ ).

O monitoramento da linha de costa da praia do Carmo foi realizado através da determinação da distância da linha de preamar máxima, em relação ao RN, durante o levantamento dos perfis topográficos.



Foto 15 – Realização do nivelamento topográfico (Foto do autor, setembro de 2006).



<p><b>Perfis Topográficos Monitorados em Olinda</b></p> <p>MAPA 01</p>	<p>Coordenadas UTM</p> <p>Origem da quilometragem : "Equador e Meridiano 33"</p> <p>Acrescidas as constantes: 10000km e 500km, respectivamente</p>	<p>Datum Horizontal SAD-69</p>	<p>Origem dos dados: Projeto MA/urbbase, Condepe FIDEM.</p>
--	--	--------------------------------	---

## b) Perfil praiial de equilíbrio

O perfil praiial de equilíbrio foi realizado apenas na praia do Bairro Novo, porque esta não possui quebra-mar em sua antepraia.

Com a finalidade de determinar o perfil praiial de equilíbrio foram realizados no dia 18 de abril de 2007 levantamentos batimétricos, com o auxílio da Ecosonda Garmin GPSMap 298. Foram ainda, coletadas amostras de sedimentos ao longo dos perfis (P1, P2 e P3). Os dados obtidos nesta etapa foram aplicados na equação proposta por Dean (1977)

$$h_{(y)} = Ay^m \quad \text{Equação (1)}$$

onde  $h_{(y)}$  é a profundidade,  $y$  é a distância horizontal do início do perfil,  $A$  é um parâmetro escalar que tem sido relacionado ao diâmetro médio dos sedimentos e a sua velocidade de assentamento e  $m$  é uma variável dependente do modal da praia.

O perfil foi realizado até o limite da profundidade de fechamento, que é de 6,5m para a área, segundo Assis (2007).

Os valores relativos ao parâmetro escalar  $A$  foram obtidos através da tabela 03 (Capítulo 1).

## 4.2 Sedimentologia

Concomitante aos levantamentos topográficos, foram coletadas amostras de sedimento superficial com o auxílio de espátula, sendo estas armazenadas em sacos plásticos e devidamente etiquetadas. Nos perfis localizados na praia do Carmo as amostras foram coletadas nas zonas de pós-praia, praia superior e praia inferior. E na praia do Bairro Novo foi coletada apenas na praia inferior. Foram coletadas, ao todo, 203 amostras.

Para a caracterização sedimentar da praia do Bairro Novo foram realizadas coletas de sedimentos na face da praia, ao longo das 30 células (intervalo entre os 31 espigões) que possuíam sedimentos expostos na baixa-mar. As coletas foram efetuadas em 05 de dezembro de 2006 (período seco) e em 03 de Julho de 2007

(período úmido), com marés de 0,3 e 0,5 respectivamente. As amostras foram numeradas de 1 a 30 no sentido sul/norte.

Para a realização do perfil praiar de equilíbrio na praia do Bairro Novo, foram coletadas 5 amostras de sedimentos ao longo dos perfis batimétricos (uma no perfil 1 e duas nos perfis 2 e 3).

A análise granulométrica foi realizada segundo a metodologia apresentada por Suguio (1973), rotina adotada pelo Laboratório de Oceanografia Geológica, do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco. As amostras após secas em uma estufa a 60 °C, foram homogeneizadas e quarteadas manualmente para a retirada de uma alíquota 100 g. Em seguida realizou-se o peneiramento úmido em água corrente, com peneiras com abertura de malha de  $-1 \phi$  (phi) e  $4 \phi$  (phi) separando as frações areia e cascalho e eliminando a fração lamosa e os sais solúveis. A fração areia, após nova secagem na estufa, foi submetida ao peneiramento seco em um rot-up, com peneiras com um intervalo de malhas de  $\frac{1}{2} \phi$  (phi). As diversas frações retidas foram pesadas em balança de precisão para tratamento posterior dos dados.

A análise granulométrica foi realizada com a amostra total, ou seja, com carbonato de cálcio, pois segundo Veloso (2001) procedimentos que promovem a eliminação deste tipo de material camufla o resultado, deixando-o inadequado às finalidades de análise pertinentes aos processos litorâneos. Uma vez que o material da praia seja composto apenas por grãos de feldspato e quartzo, o peso do material é dependente do seu tamanho, mas se há a presença de sedimento de outra origem, portanto com outro peso específico, tal relação não é apenas dependente do tamanho do grão, mas também de sua constituição.

Apenas nas amostras coletadas para a realização do perfil de equilíbrio foi realizada a análise granulométrica com e sem carbonato de cálcio na amostra. Para a eliminação do carbonato de cálcio da amostra uma alíquota seca de 150 g foi atacada com HCL a 40% a frio. Em seguida a alíquota restante foi lavada com água destilada e levada a estufa de secagem a 60 °C. Depois de seco o material foi novamente pesado e a partir da proporcionalidade em relação ao peso inicial, foram encontradas as proporções de carbonato de cálcio. O restante da alíquota foi submetido às etapas anteriormente descritas de peneiramento úmido e seco.

Os parâmetros estatísticos dos sedimentos (média, desvio padrão, assimetria e curtose) foram calculados pelo Software SYSGRAM (CAMARGO, 1999) e classificados segundo Folk e Ward.

Os limites de classificação para a média em valores de phi são: cascalho ( $-1 \phi$ ), areia muito gossa ( $-1 \phi$  a  $0 \phi$ ), areia grossa ( $0 \phi$  a  $1 \phi$ ), areia média ( $1 \phi$  a  $2 \phi$ ), areia fina ( $2 \phi$  a  $3 \phi$ ) e areia muito fina ( $3 \phi$  e  $4 \phi$ ). Os limites de classificação do selecionamento pelo desvio padrão gráfico em valores de phi são: muito bem selecionado ( $<0,35$ ), bem selecionado ( $0,35 - 0,50$ ), moderadamente selecionado ( $0,50 - 1,00$ ), pobremente selecionado ( $1,00 - 2,00$ ) e extremamente mal selecionado ( $>2,00$ ). A classificação do grau de assimetria segue os seguintes intervalos: muito negativa ( $-1,00$  a  $-0,30$ ), negativa ( $-0,30$  a  $-0,10$ ), aproximadamente simétrica ( $-0,10$  a  $0,10$ ), positiva ( $+0,10$  a  $+0,30$ ), muito positiva ( $+0,30$  a  $+1,00$ ). A curtose é classificada de acordo com os seguintes limites: muito platicúrtica ( $<0,67$ ), platicúrtica ( $0,67 - 0,90$ ), mesocúrtica ( $0,90 - 1,11$ ), leptocúrtica ( $1,11 - 1,50$ ), muito leptocúrtica ( $1,50 - 3,00$ ) e extremamente leptocúrtica ( $>3,00$ ).

## CAPÍTULO 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Praia do Carmo

A praia do Carmo encontra-se atualmente reduzida a uma saliência (Foto 16), na zona de sombra (segmento da costa abrigado) dos quebra-mares semi-submersos. A porção central da saliência está sobre os resquícios da ponte de acesso utilizada na construção do quebra-mar.

Visando compreender o comportamento morfológico e sedimentar desta saliência foram realizados três perfis topográficos praias (PO1a, PO1b e PO1c) e coleta de sedimentos ao longo destes. Os três perfis são realizados a partir do mesmo RN (Foto 17), que está localizado nas coordenadas planas 296388 / 9113369. Este ponto de monitoramento está localizado por trás da agência dos Correios.



Foto 16 – Visualização da saliência a que ficou reduzida a praia do Carmo. Fonte: Gerco - CPRH, julho de 2006.

A saliência possui uma depressão em sua porção central, onde freqüentemente foi observado um acúmulo de água (esta feição é mais acentuada no perfil PO1b), e a partir da berma os perfis apresentam um acentuado declive na

região da praia superior, apresentando uma inclinação mais suave na praia inferior. Sendo esta mudança de inclinação do perfil o limite entre essas duas regiões.

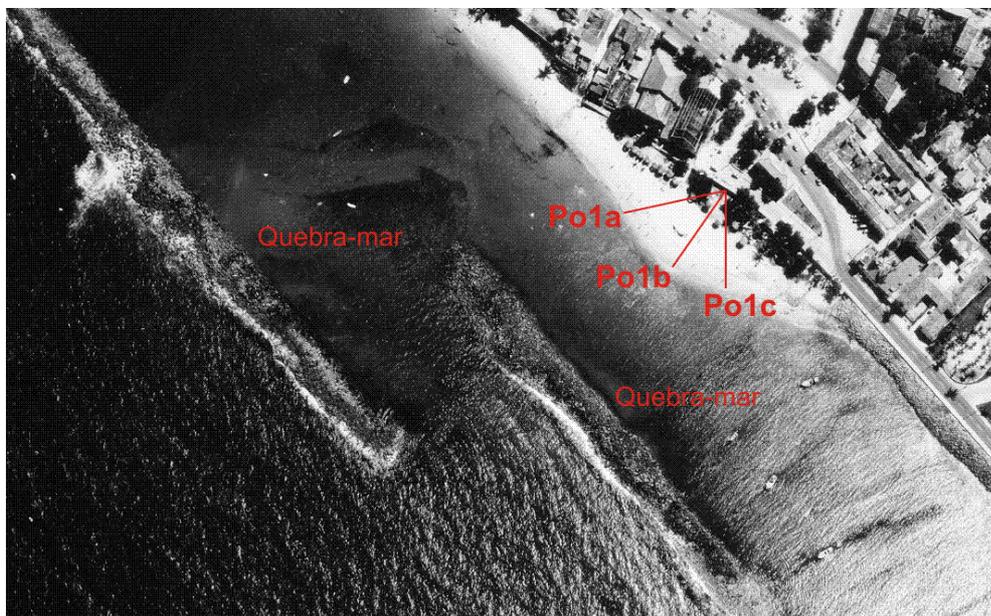


Foto 17 – Localização dos Perfis praias monitorados na praia do Carmo. Fonte: Fidem, 1997.

### 5.1.1 Perfil PO1a

#### a) Morfologia

A figura 06 apresenta o envelope dos perfis monitorados ao longo do tempo, com destaque os meses de maior avanço (verde) e de maior recuo da praia superior (vermelho).

É o perfil mais ao sul da saliência e possui uma extensão média de 123,32 m. Os primeiros 30 m do perfil são mais estáveis, apresentando uma pequena porção vegetada, sendo observada nesta região a formação de uma pequena duna nos últimos cinco meses do monitoramento.

Na região da praia superior, situada entre os 40 e 80 m (aproximadamente, pois esta região também apresentou alterações em seu comprimento), foram observadas as maiores variações morfológicas, caracterizadas pelo recuo e progradação desta região e conseqüentemente da linha de berma. Em Julho/06 ocorreu a maior progradação desta região, e o recuo máximo, em relação a este mês, ocorreu em outubro/07 (9,34 m). Neste mês foi observada uma grande deposição de sedimentos na região da praia inferior.

A região da praia inferior apresentou pequenas variações de perda e ganho de sedimentos, com uma diferença máxima de altura de cerca de 0,8 m entre maio/06 e setembro/07, meses de menor e maior altura para a região respectivamente.

Para o cálculo do volume sedimentar foi adotado um comprimento padrão de 109 m. O mês de Julho/06 apresentou o maior volume sedimentar do período monitorado ( $241,63 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ ). O menor volume sedimentar foi  $219,98 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ , observado no segundo monitoramento realizado no mês de agosto/07 (31/08/07) (Figura 07). O balanço sedimentar deste perfil foi negativo ( $0,69 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ ). O volume médio deste perfil  $231,08 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ . Em relação ao primeiro monitoramento (maio/06) os demais apresentaram predominantemente um balanço positivo.

A figura 08 apresenta o balanço sedimentar mensal dos perfis, ou seja, a diferença de volume de um mês em relação ao seu mês posterior.

Quando comparados os volumes sedimentares dos monitoramentos realizados em 2006 e com os da mesma época em 2007, nota-se que todos

apresentaram volumes menores em 2007. Isso indica que há uma perda de sedimentos no ano de 2007.

No mês de setembro/06 não foi realizado o monitoramento deste perfil, devido à presença de máquinas no local, que estavam realizando a ampliação do enrocamento aderente, localizado ao sul da saliência.

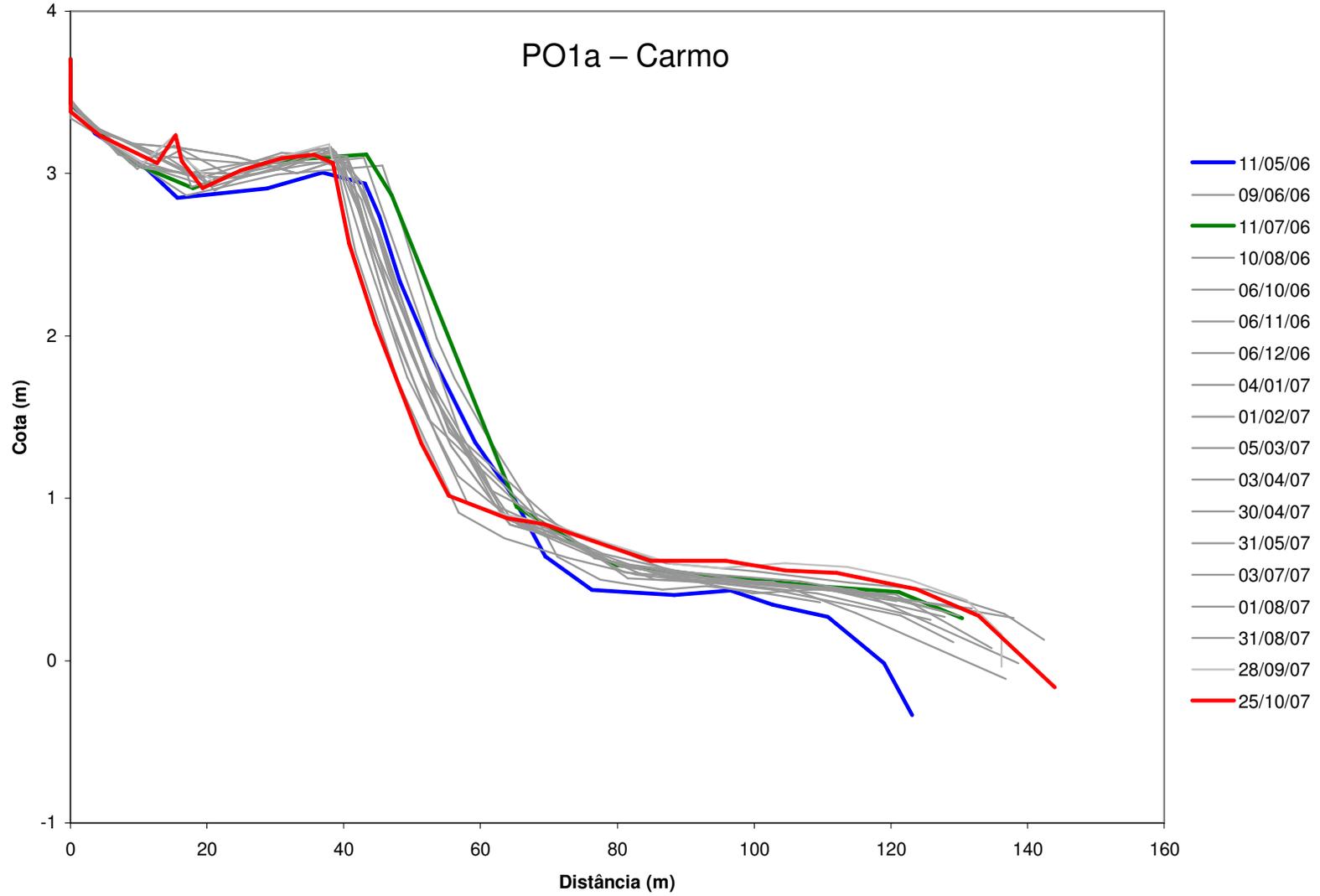


Figura 06 – Envelope dos perfis monitorados (PO1a), em destaque os meses de maior avanço (verde), de maior recuo da praia superior (vermelho) e o primeiro monitoramento (azul).

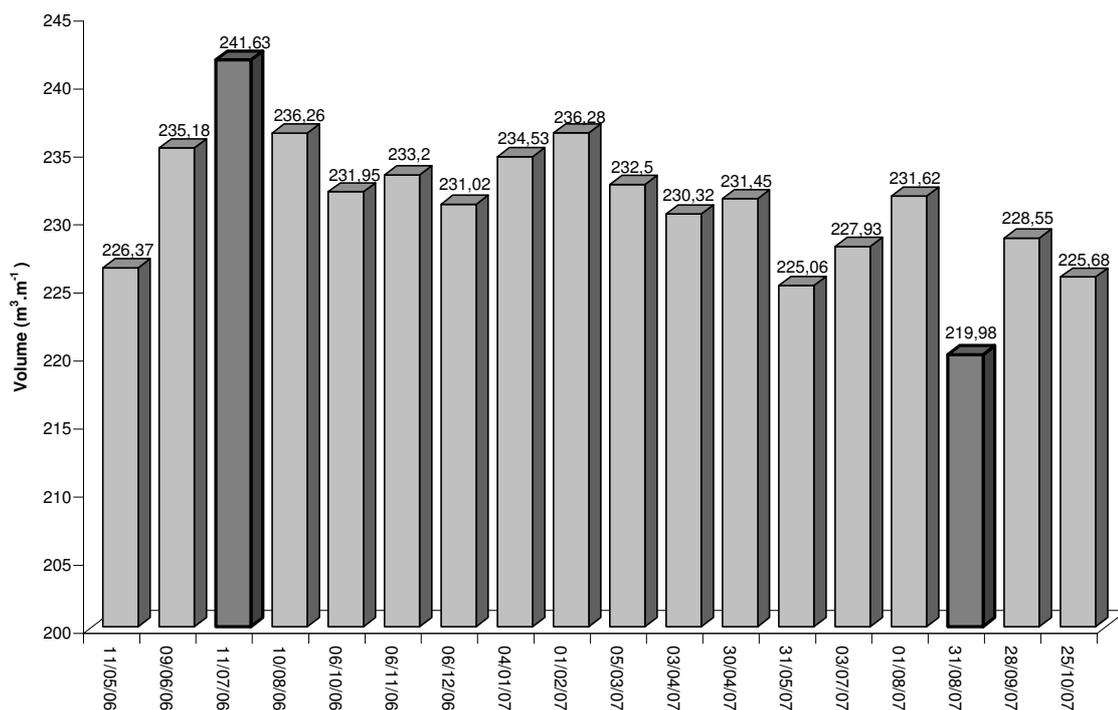


Figura 07 – Variação do volume sedimentar do perfil PO1a, com destaque para os meses de maior e de menor volume.

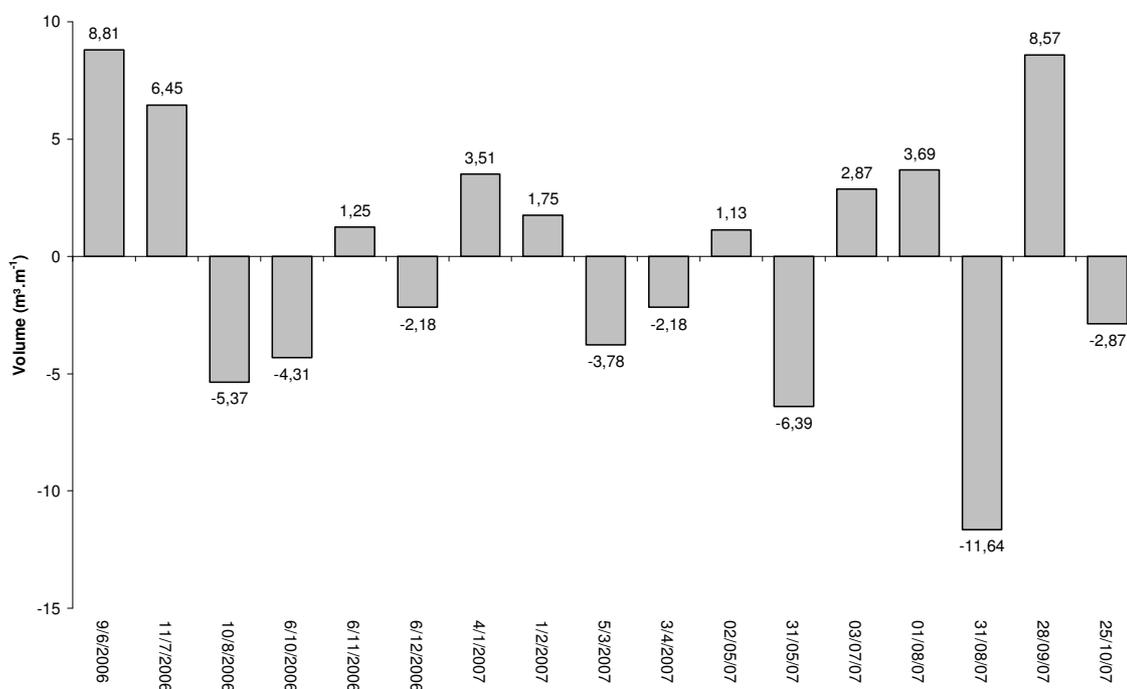


Figura 08 – Balanço sedimentar mensal do perfil PO1a.

## **b) Sedimentologia**

O tamanho médio dos grãos da pós-praia foi classificado variou entre areia fina e areia média (Figura 09). Quanto ao selecionamento todas as amostras foram classificadas como moderadamente selecionadas. Em relação à assimetria as amostras foram classificadas como aproximadamente simétricas, exceto no mês de março/07 que apresentou assimetria negativa. A curtose variou de mesocúrtica a leptocúrtica. A amostra coletada em julho/07 foi desprezada.

Os sedimentos da praia superior apresentaram uma variação no tamanho médio do grão de areia fina a areia muito grossa. O selecionamento dos grãos variou de pobremente selecionado a moderadamente selecionado. Os valores da assimetria variaram de negativa a muito positiva e os valores de curtose apresentaram variações de platicúrtica a muito leptocúrtica (Figura 10).

O tamanho médio dos grãos da praia inferior apresentou sedimentos que variaram entre areia fina e areia média, predominantemente pobremente selecionadas. Quanto à assimetria estas foram classificadas de negativa a positiva. Os valores de curtose apresentaram variações de platicúrtica a muito leptocúrtica (Figura 11).

A praia superior foi o compartimento morfológico que apresentou as maiores variações em seus parâmetros granulométricos durante o período monitorado, como observado na figura 08.

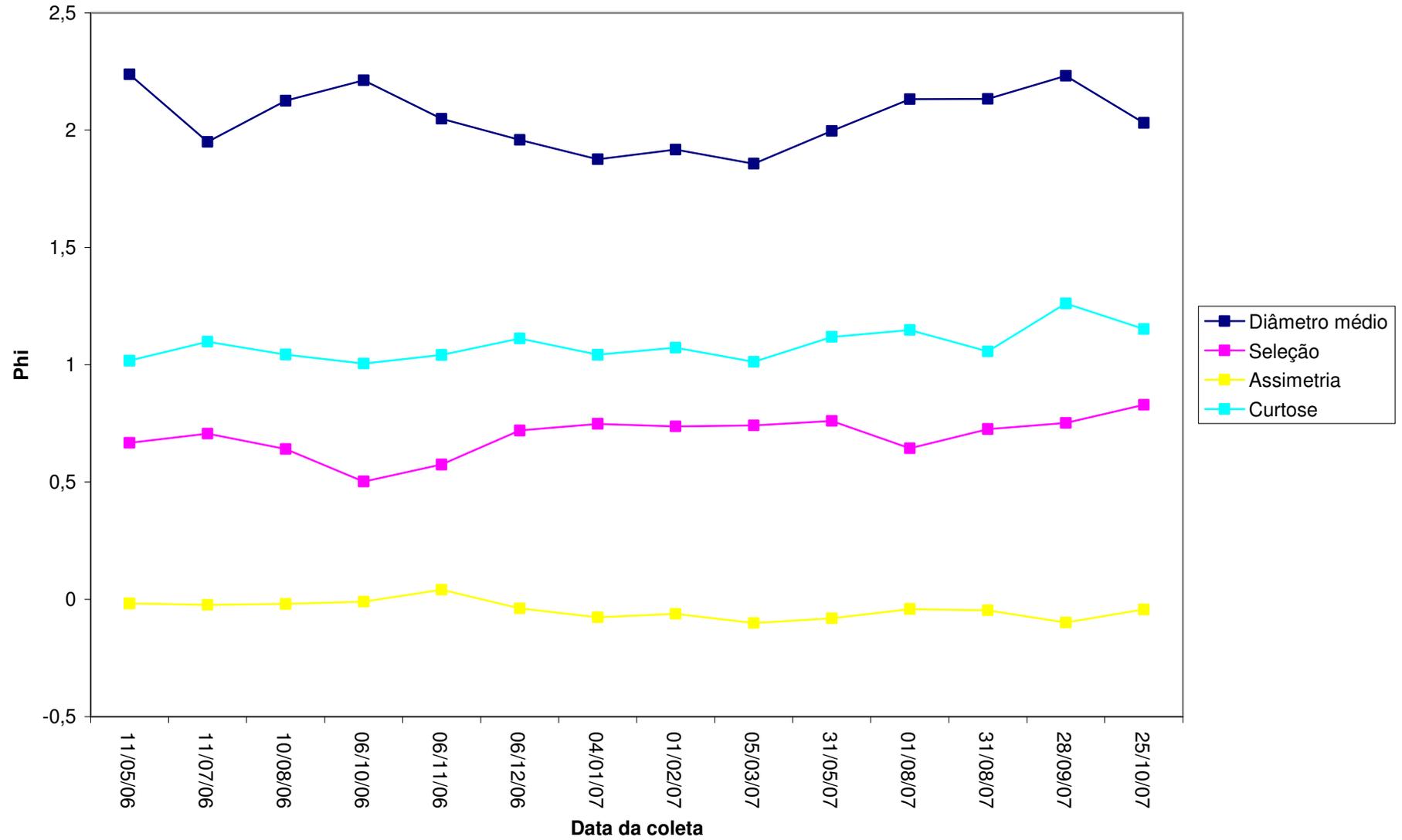


Figura 09 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da pós-praia do PO1a.

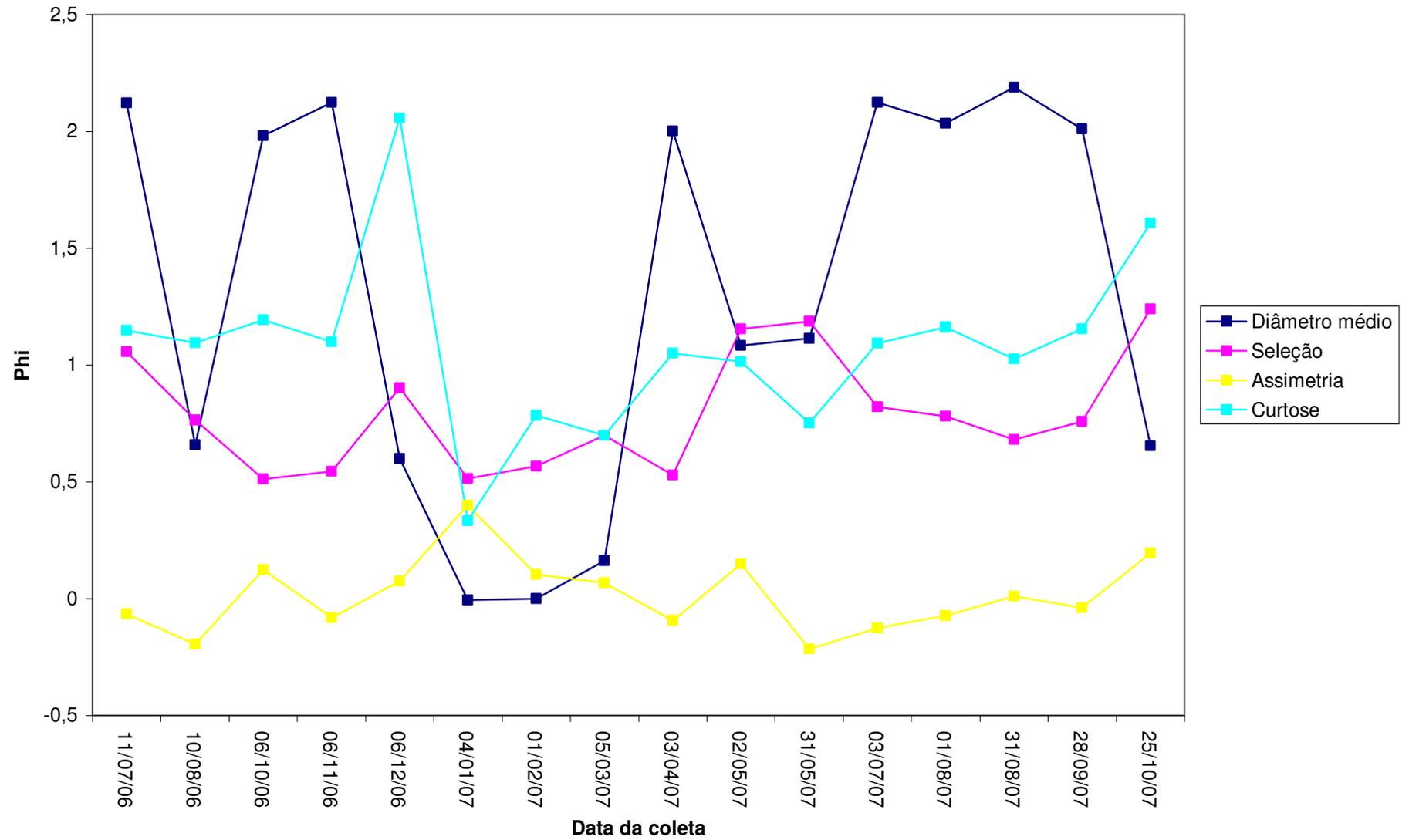


Figura 10 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da praia superior do PO1a.

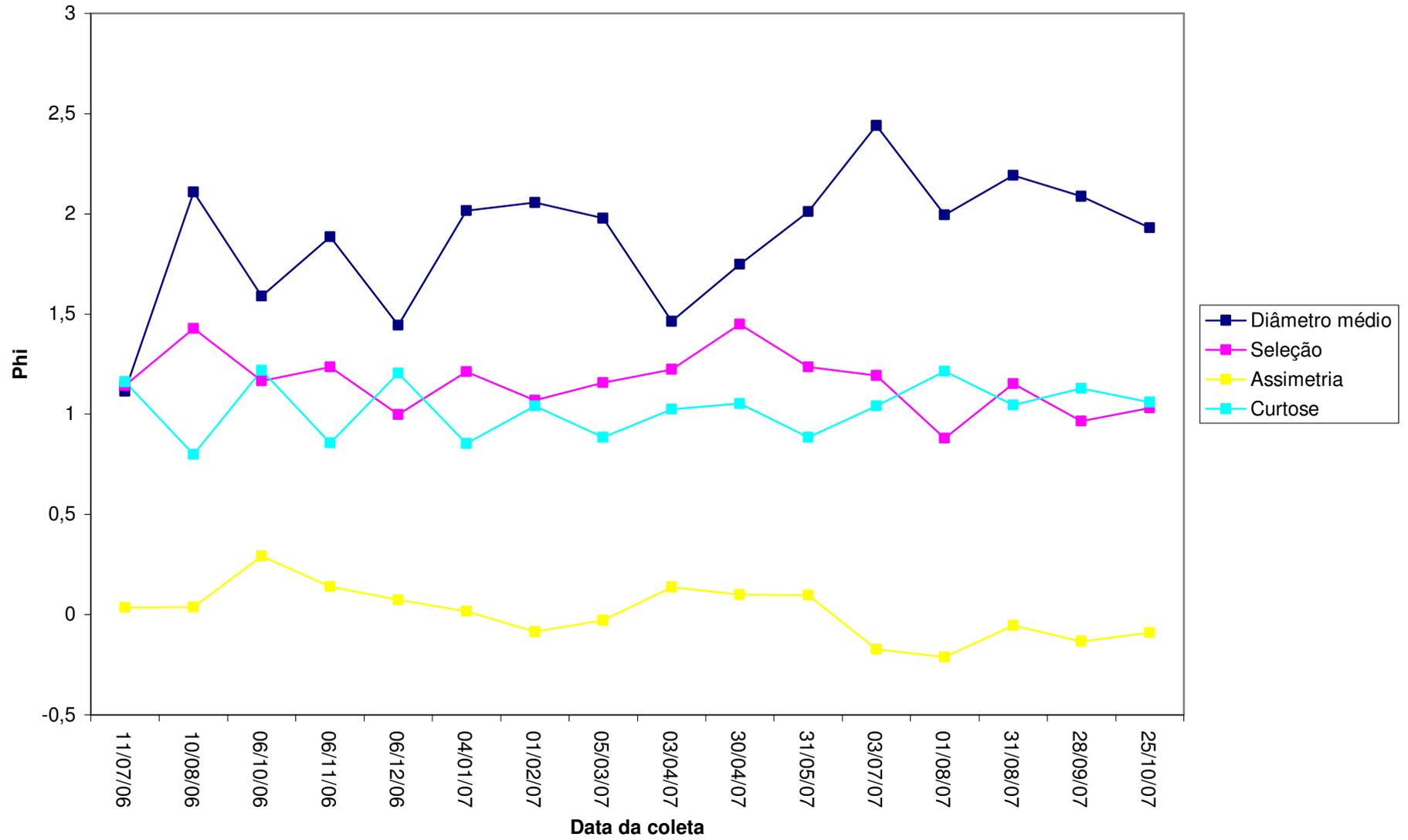


Figura 11 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da praia inferior do PO1a.

### 5.1.2 Perfil PO1b

#### a) Morfologia

Este é o perfil que está localizado na porção central da saliência. O envelope dos perfis monitorados está representado na figura 12. Este perfil tem o comprimento médio de 104,6 m. Os primeiros 45 m do perfil são bastante estáveis apresentando poucas variações morfológicas. Nesta região do perfil a depressão observada na saliência está mais acentuada. No local frequentemente foi observado a areia molhada, indicando que há um acúmulo de água no local durante a maré cheia.

As maiores variações morfológicas deste perfil foram observadas a partir dos 60 m, com maior destaque para a região da praia inferior.

O volume sedimentar calculado para este perfil adotou como comprimento padrão 107 m. O maior volume sedimentar foi 284,75 m<sup>3</sup>.m<sup>-1</sup>, observado no primeiro monitoramento realizado em agosto/07 (01/08/07). Setembro/07 foi o mês de menor volume (260,46 m<sup>3</sup>.m<sup>-1</sup>) (Figura 13).

Os meses de junho/06 e setembro/06 apresentaram volumes muito próximos, 260,70 m<sup>3</sup>.m<sup>-1</sup> e 260,46 m<sup>3</sup>.m<sup>-1</sup>. Os meses de novembro/06 e dezembro/06, também apresentaram volumes muito próximos 264,99 m<sup>3</sup>.m<sup>-1</sup> e 264,7 m<sup>3</sup>.m<sup>-1</sup> respectivamente.

O balanço sedimentar deste perfil foi positivo (13,1 m<sup>3</sup>.m<sup>-1</sup>). Em relação ao primeiro monitoramento (maio/06), os demais apresentaram predominantemente um balanço positivo, sendo os meses de junho e setembro de 2006 foram os únicos que apresentaram um balanço sedimentar negativo em relação ao primeiro monitoramento.

A figura 14 apresenta o balanço sedimentar mensal dos perfis, ou seja, a diferença de volume de um mês em relação ao seu mês posterior.

O volume médio de sedimentos deste perfil foi 271,96 m<sup>3</sup>.m<sup>-1</sup>. Quando comparados os volumes sedimentares dos monitoramentos realizados em 2006 e com os da mesma época em 2007, nota-se que todos apresentaram volumes maiores em 2007. O que contrasta com o PO1a.

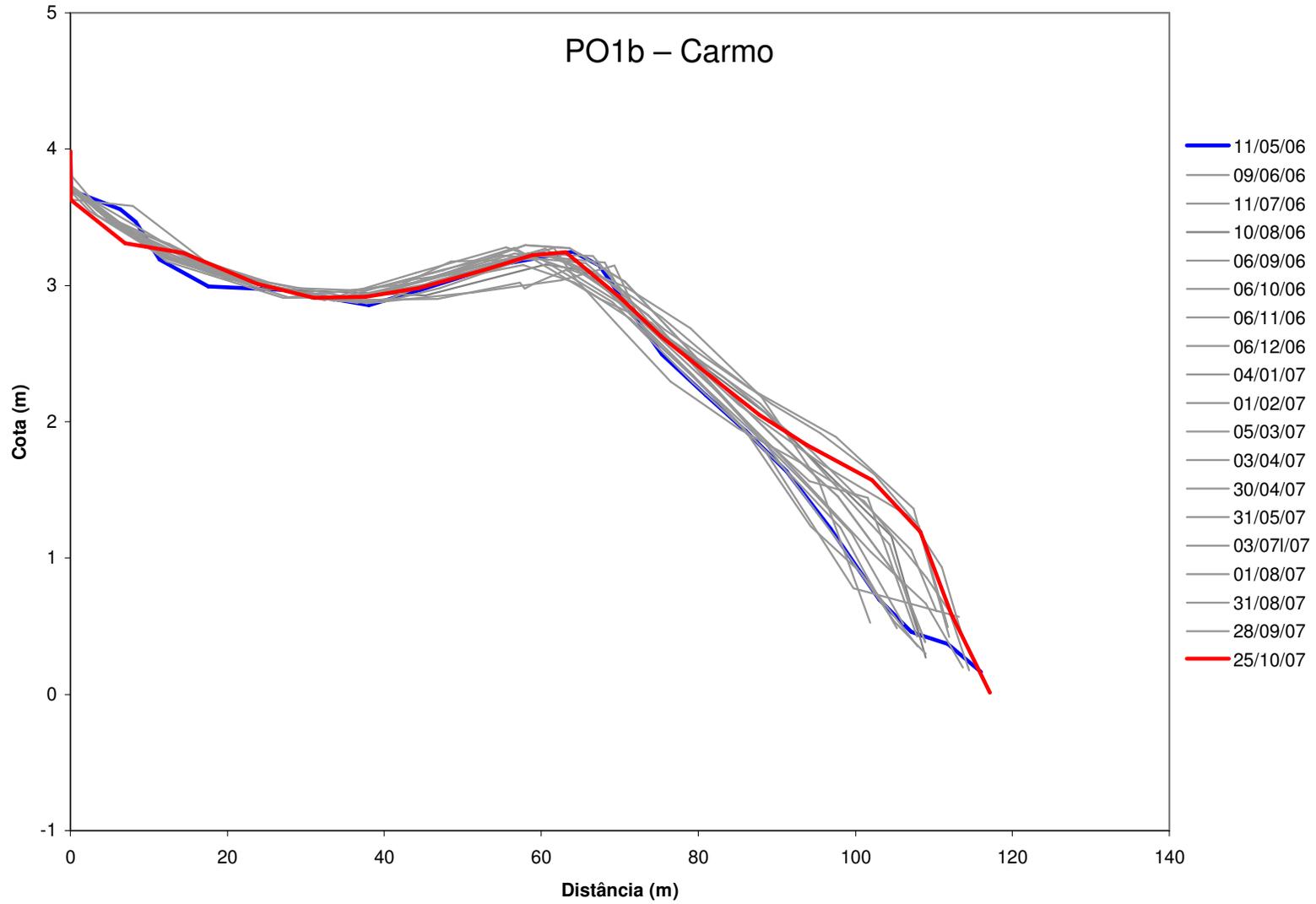


Figura 12 – Envelope dos perfis monitorados (PO1b), em destaque o primeiro (azul) e o último (vermelho) monitoramento.

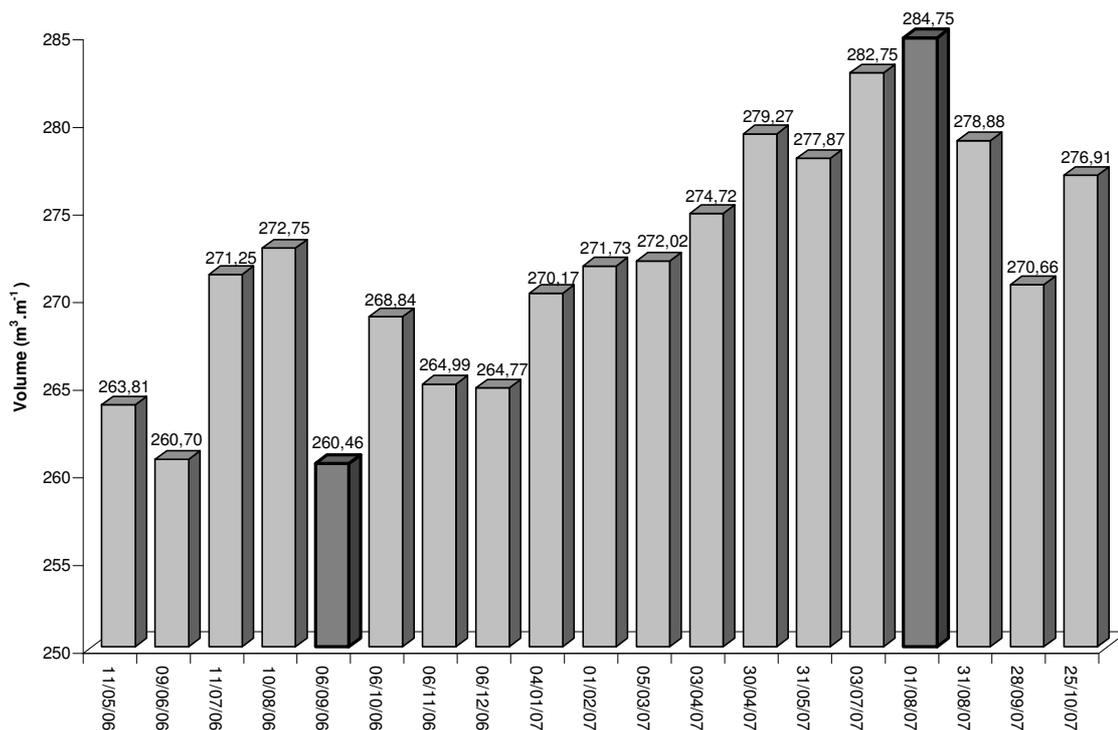


Figura 13 – Variação do volume sedimentar do perfil PO1b, em destaque os meses de maior e menor volume.

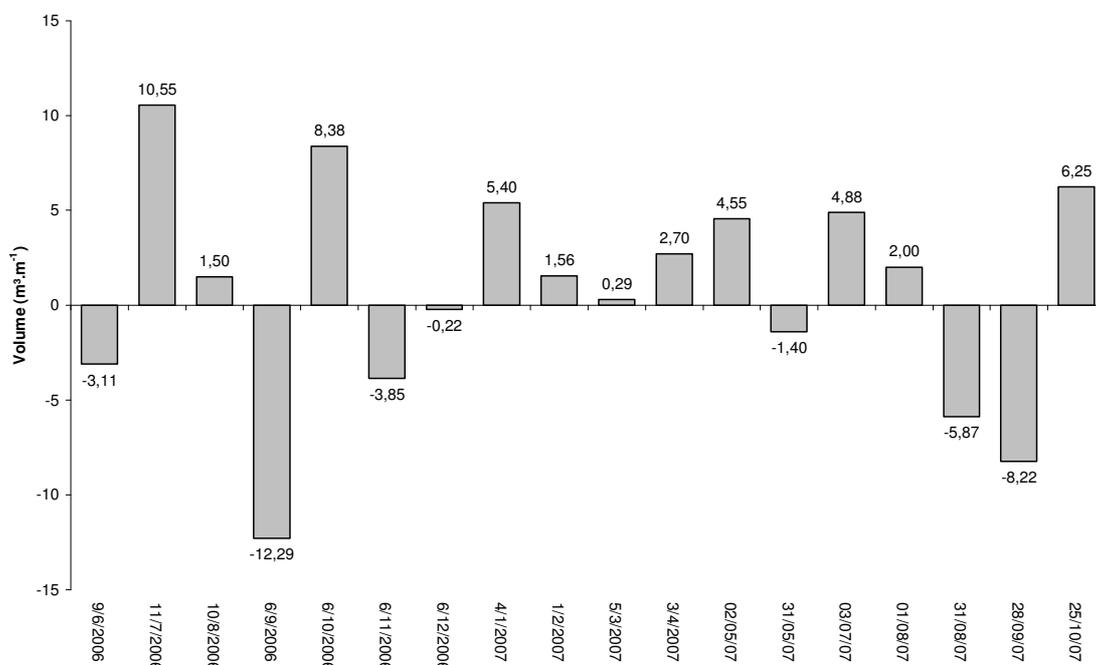


Figura 14 – Balanço sedimentar mensal do perfil PO1b.

## **b) Sedimentologia**

A pós-praia deste perfil apresentou predominantemente areia fina, apenas na segunda coleta realizada em abril (30/04/07) e em julho/07 foi observada a presença de areia média. Quanto ao selecionamento todas as amostras foram classificadas como moderadamente selecionadas. Em relação à assimetria as amostras foram classificadas como aproximadamente simétricas, exceto nos meses de agosto/06 e julho/07 que apresentaram assimetria negativa. A curtose variou de mesocúrtica a leptocúrtica (Figura 15).

Os sedimentos da praia superior foram classificados predominantemente como areia fina. Apresentando areia média apenas em novembro/07, na segunda coleta realizada em agosto/07 (31/08/07) e em setembro/07. O selecionamento dos grãos variou entre moderadamente selecionado e bem selecionado. A assimetria das amostras foi classificada predominantemente como aproximadamente simétrica. Os valores de curtose apresentaram variações de platicúrtica a muito leptocúrtica (Figura 16).

A praia inferior apresentou grandes variações no tamanho médio dos sedimentos que variaram entre areia média e areia grossa e moderadamente selecionadas. Quanto à assimetria estas foram classificadas de muito negativa a positiva. Os valores de curtose apresentaram variações de mesocúrtica a muito leptocúrtica (Figura 17). Este foi o compartimento morfológico que apresentou as maiores variações em seus parâmetros granulométricos durante o período monitorado.

De janeiro/07 a julho/07 (02/05/07) observou-se na praia superior e principalmente na praia inferior a diminuição gradual do tamanho do grão, da assimetria, e o aumento da curtose, o que sugere a remoção de partículas mais grossas neste período.

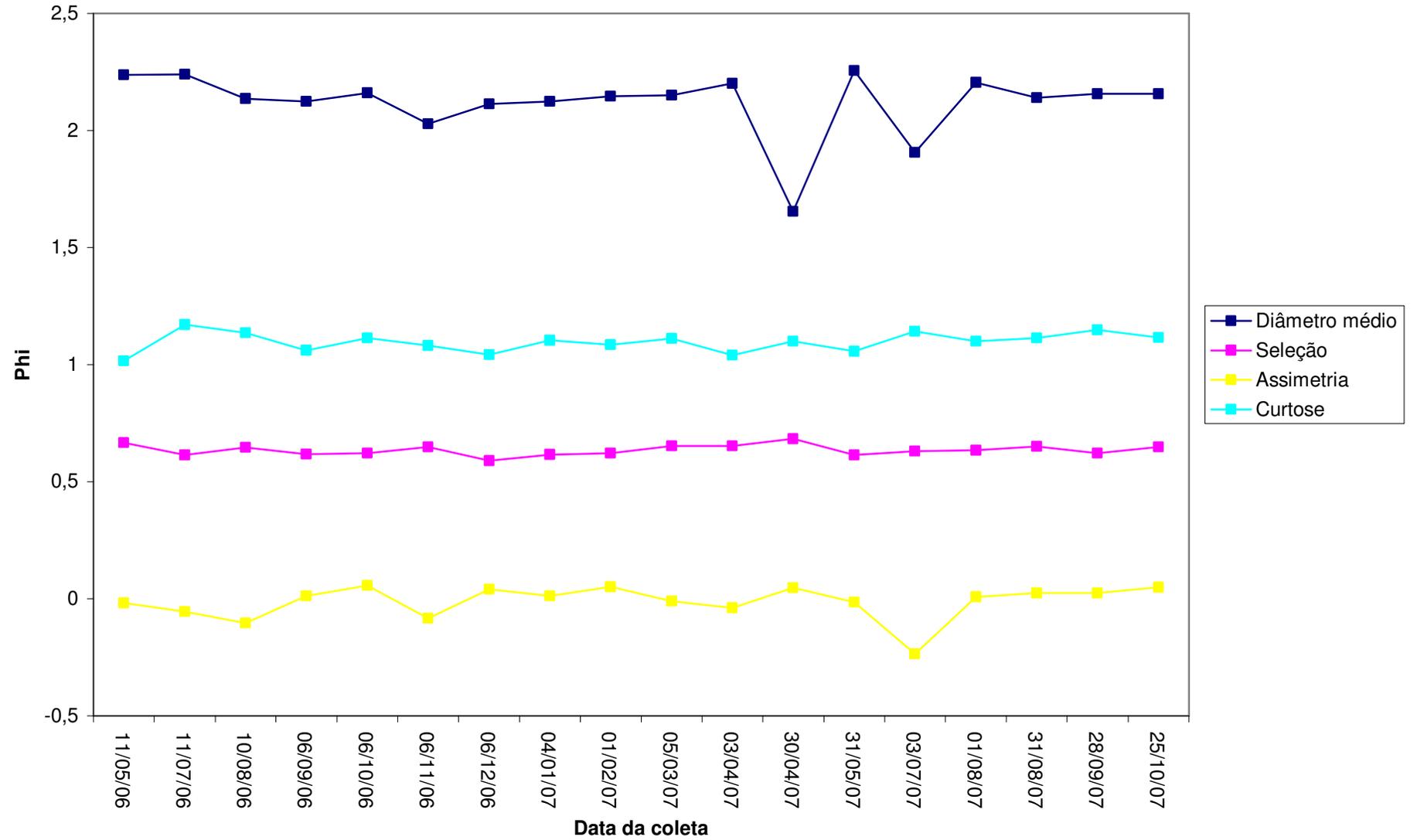


Figura 15 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da pós-praia do PO1b.

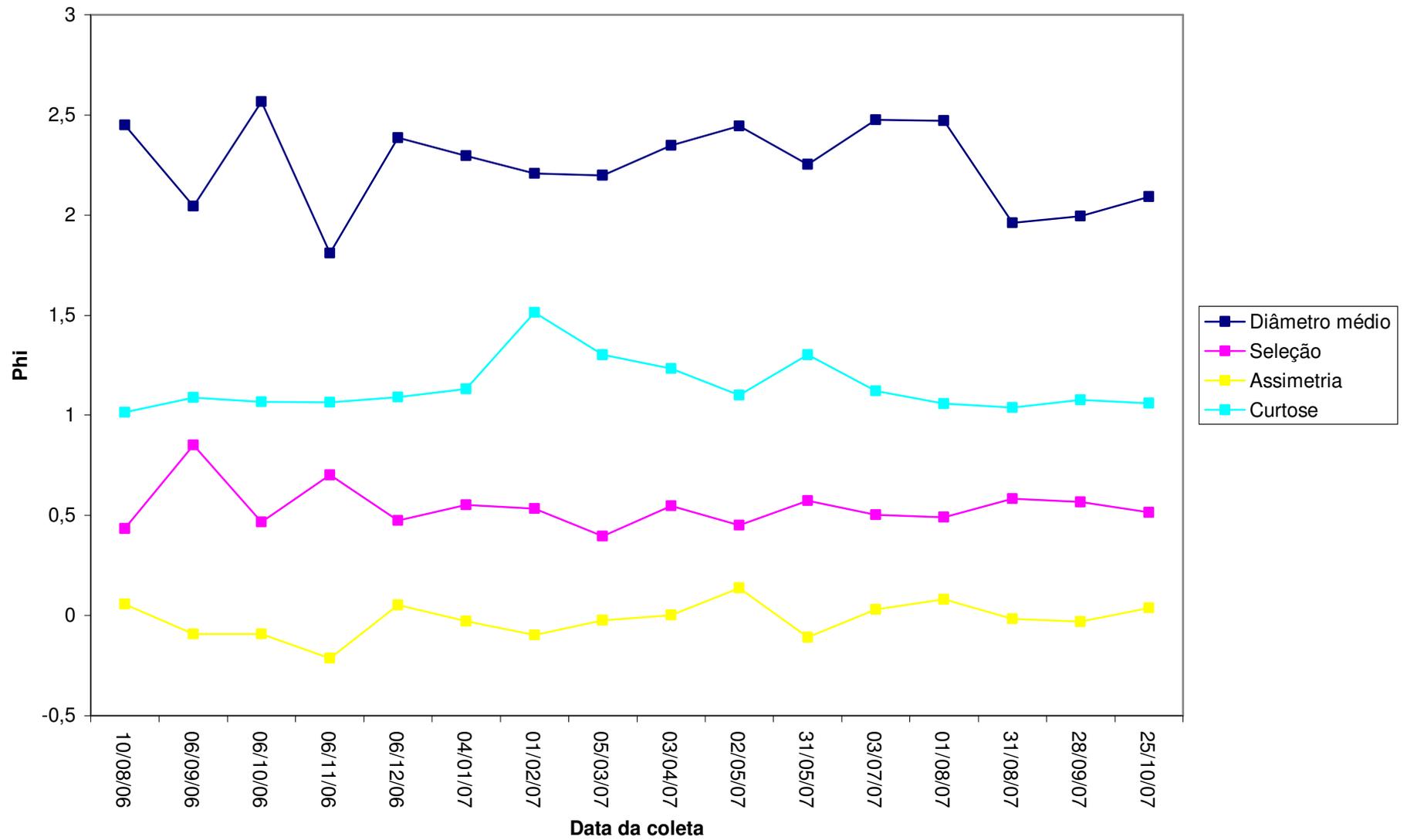


Figura 16 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da praia superior do PO1b.

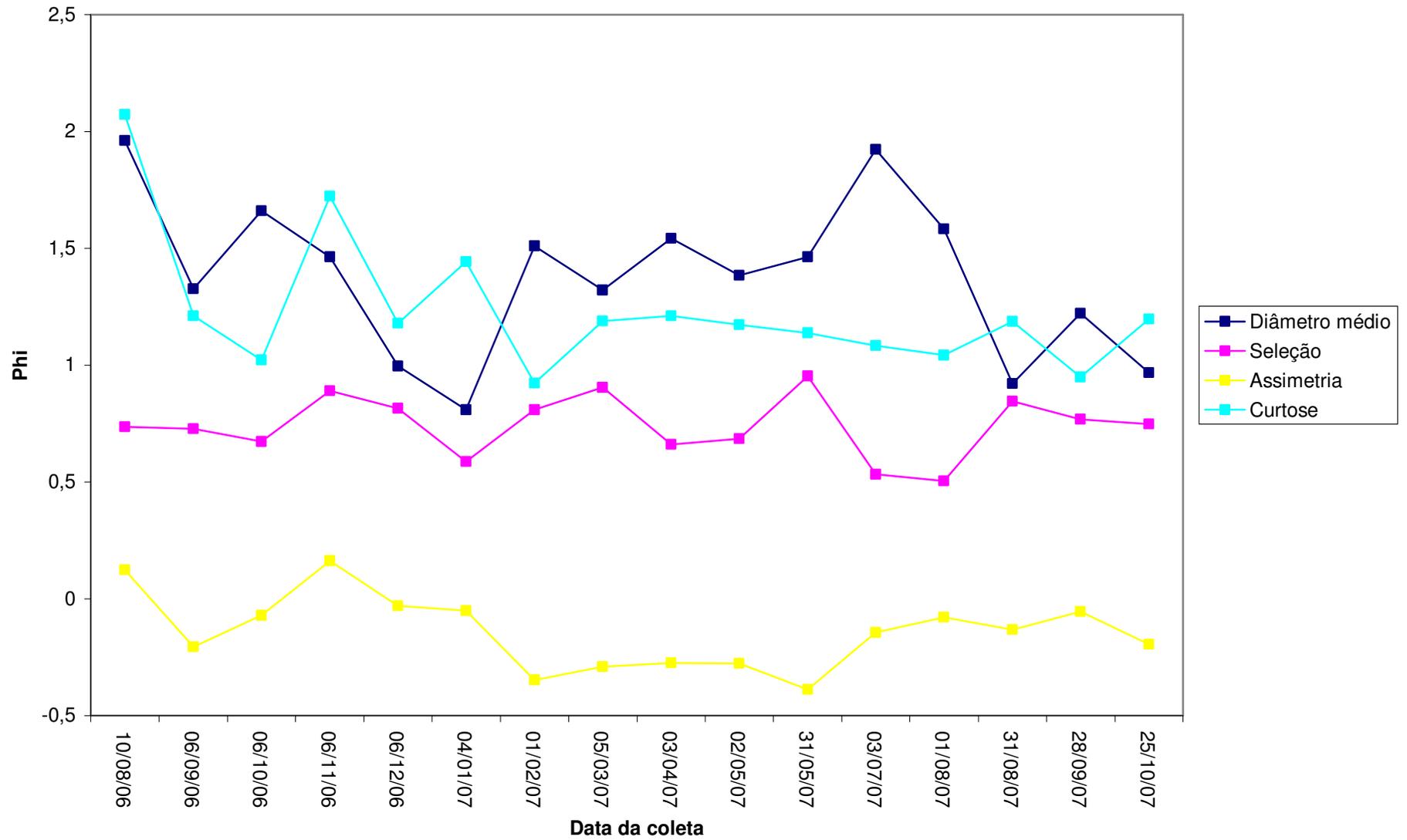


Figura 17 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da praia inferior do PO1b.

### 5.1.3 Perfil PO1c

#### a) Morfologia

Este perfil apresentou uma extensão média de 92,32 m, sendo o mais curto entre eles.

O PO1c apresentou as maiores variações morfológicas, entre os perfis monitorados na praia do Carmo (Figura 18). Estas variações são caracterizadas principalmente pelos recuos e avanços da região da praia superior.

O mês de maio/06, primeiro monitoramento, apresentou o maior avanço da região da praia superior durante o período monitorado. Em relação a este mês, o mês de outubro/07 (último monitoramento) apresentou o maior recuo da praia inferior, com o recuo máximo de 16,46 m. Vale salientar que o recuo da praia superior não foi contínuo, ocorrendo meses de progradação e de recuo entre o primeiro e o último monitoramento.

Para o cálculo do volume sedimentar deste perfil foi utilizado como comprimento padrão 79 m.

O menor volume de sedimentos no perfil ( $218,8 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$ ) foi observado em maio/07, e o mês de maior volume foi maio/06 ( $257,77 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$ ), o primeiro mês de monitoramento (Figura 19). O balanço sedimentar deste perfil foi negativo na ordem de  $19,18 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$ . Em relação ao primeiro monitoramento (maio/06) todos os demais apresentaram balanço sedimentar negativo. A média de volume do perfil foi  $238,56 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$ .

A figura 20 apresenta o balanço sedimentar mensal dos perfis, ou seja, a diferença de volume de um mês em relação ao seu mês posterior.

Este perfil apresenta uma tendência erosiva, quando comparados os monitoramentos realizados em 2006 com os da mesma época em 2007, observa-se que todos estavam mais recuados em 2007, principalmente na região da praia superior. Semelhante ocorre na comparação dos volumes sedimentares dos monitoramentos realizados em 2006 e com os da mesma época em 2007, onde observa-se que todos apresentaram volumes menores em 2007.

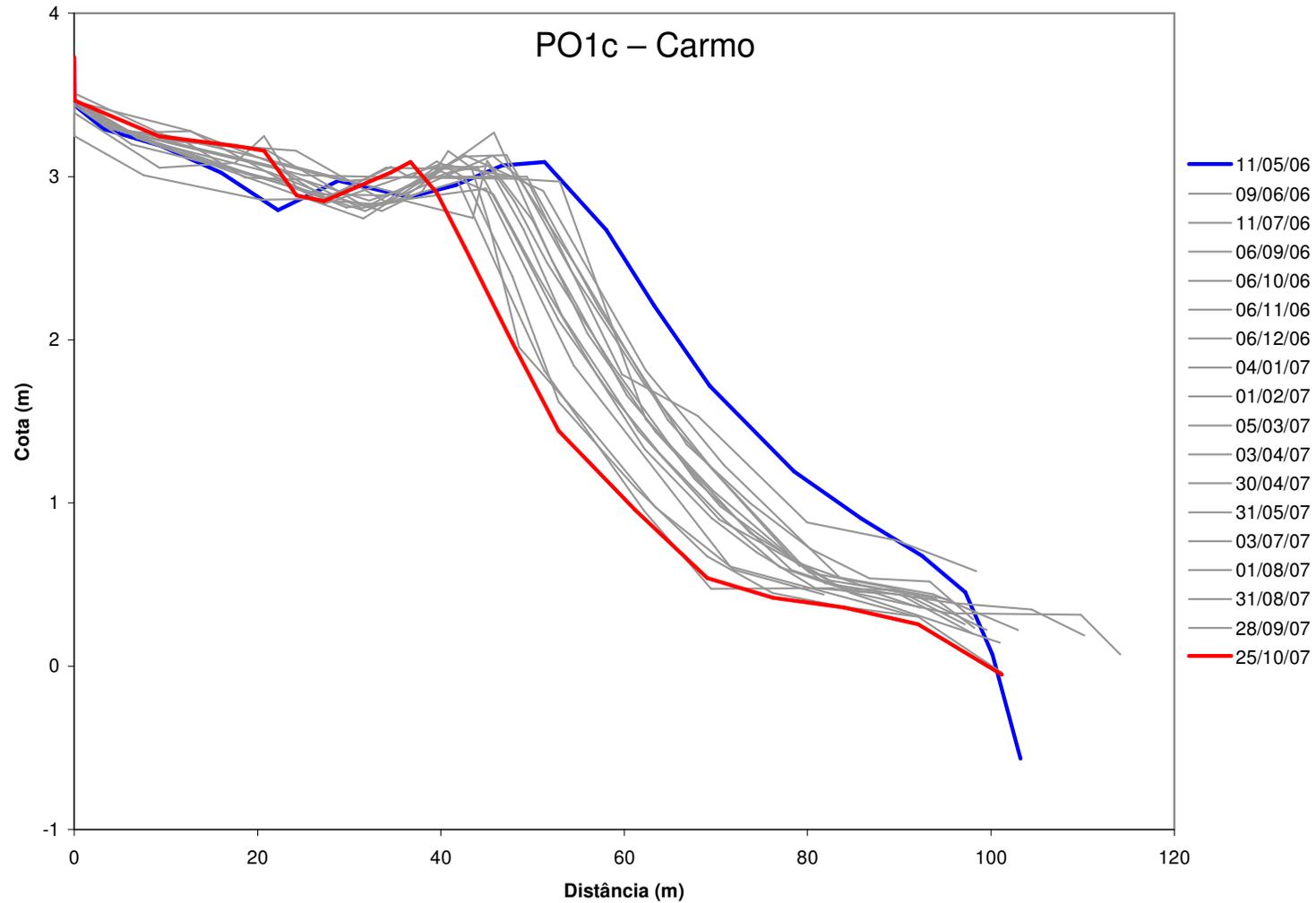


Figura 18 – Envelope dos perfis monitorados (PO1c), em destaque os meses de maior progradação (azul) e o de maior recuo (vermelho) da praia superior.

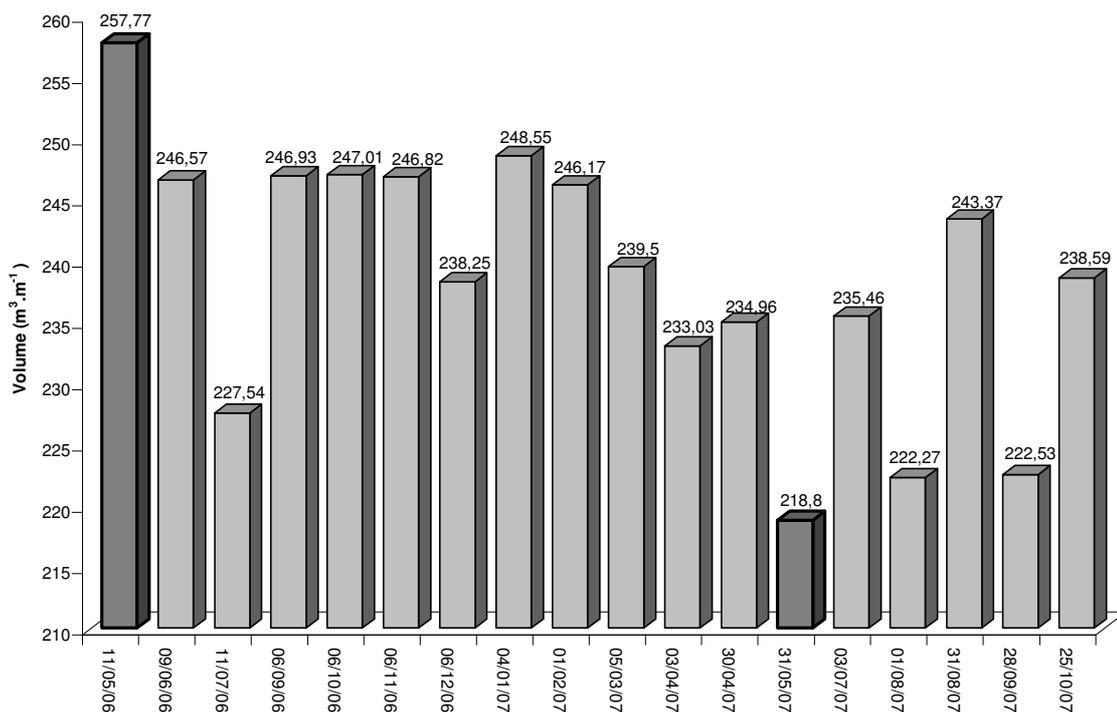


Figura 19 – Variação do volume sedimentar do perfil PO1c, em destaque os meses de maior e menor volume.

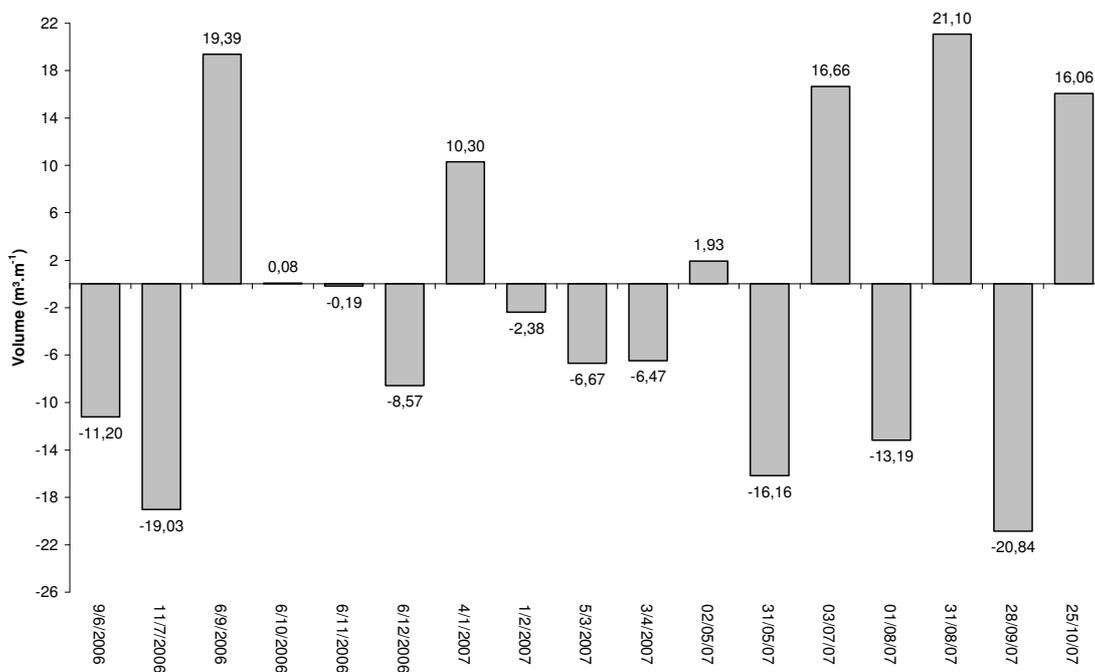


Figura 20 – Balanço sedimentar mensal do perfil PO1c.

## **b) Sedimentologia**

A pós-praia deste perfil apresentou areia fina em todas as amostras, durante o período monitorado. O grau de selecionamento variou de moderadamente selecionado a bem selecionado. Em relação à assimetria as amostras foram classificadas como aproximadamente simétricas, exceto janeiro/07 que apresentou assimetria positiva. A curtose variou de mesocúrtica a leptocúrtica (Figura 21).

Assim como a sua morfologia, os sedimentos da praia superior apresentaram grandes variações entre as coletas em seus parâmetros granulométricos. Com o tamanho médio do grão variando de areia fina a areia grossa. O selecionamento dos grãos variou entre pobremente selecionado a bem selecionado. Quanto à assimetria as amostras variaram de muito negativa a muito positiva, e os valores de curtose apresentaram variações de muito platicúrtica a leptocúrtica (Figura 22).

A praia inferior apresentou sedimentos que variaram entre areia média e areia grossa. Em relação ao selecionamento eles variaram de pobremente selecionados a moderadamente selecionados. Quanto à assimetria foram classificados de aproximadamente simétrica a muito positiva. Os valores de curtose apresentaram variações de mesocúrtica a muito leptocúrtica. A partir de julho/07 até o final do período monitorado foi observado a redução gradual do tamanho médio do grão, acompanhada pelo aumento da assimetria e redução do selecionamento, o que sugere remoção sucessiva de partículas grossas e acumulação de finas. (Figura 23).

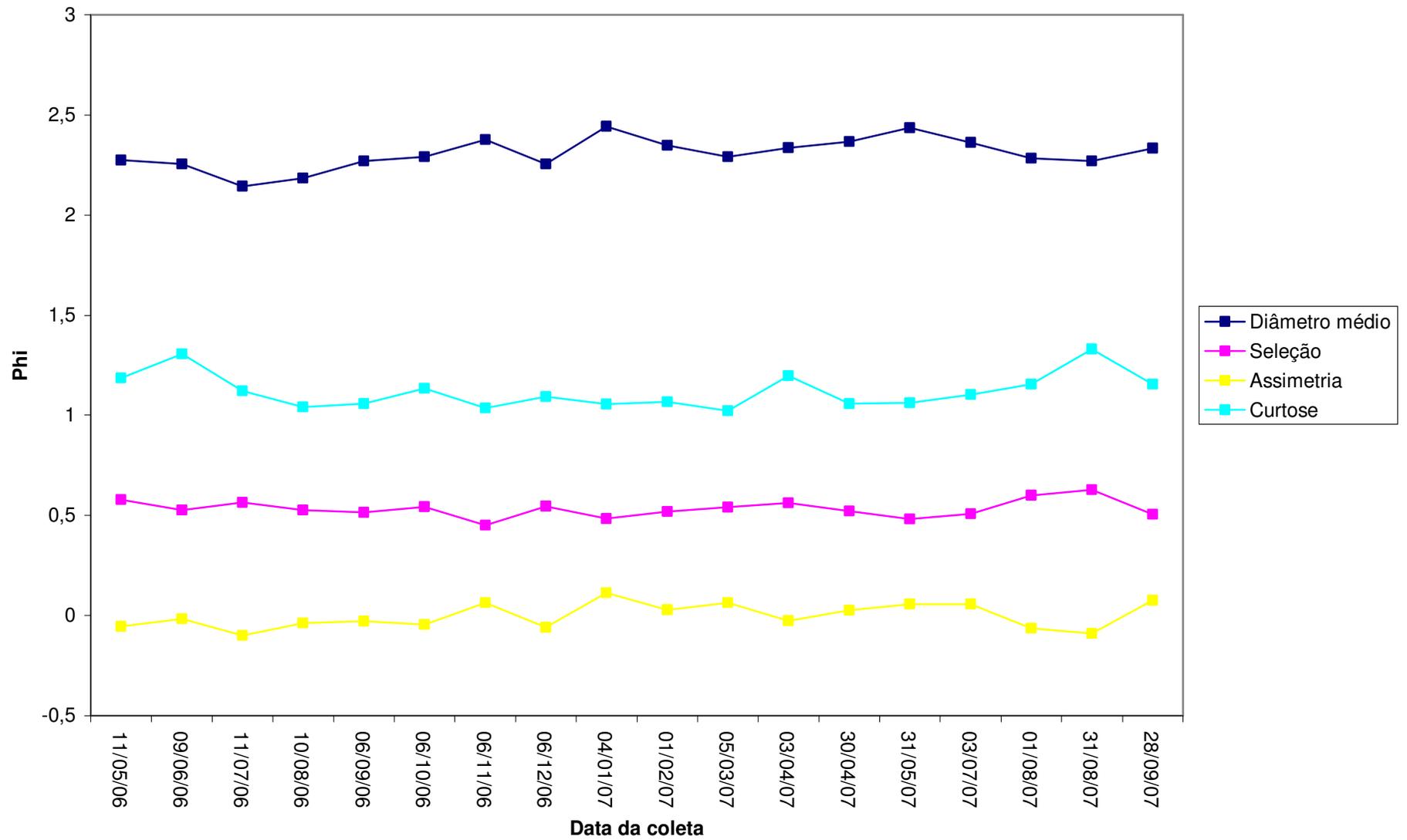


Figura 21 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da pós-praia do PO1c.

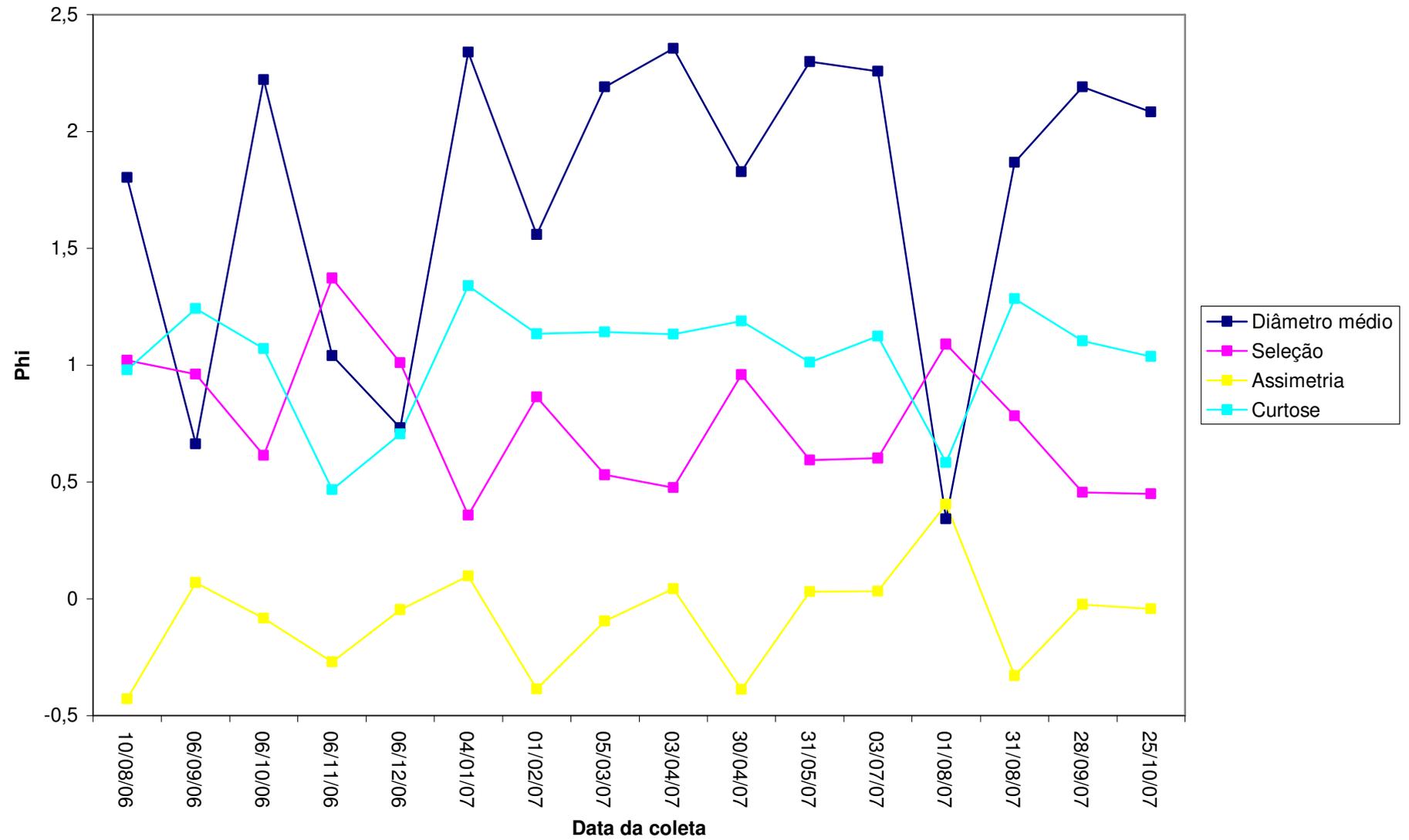


Figura 22 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da praia superior do PO1c.

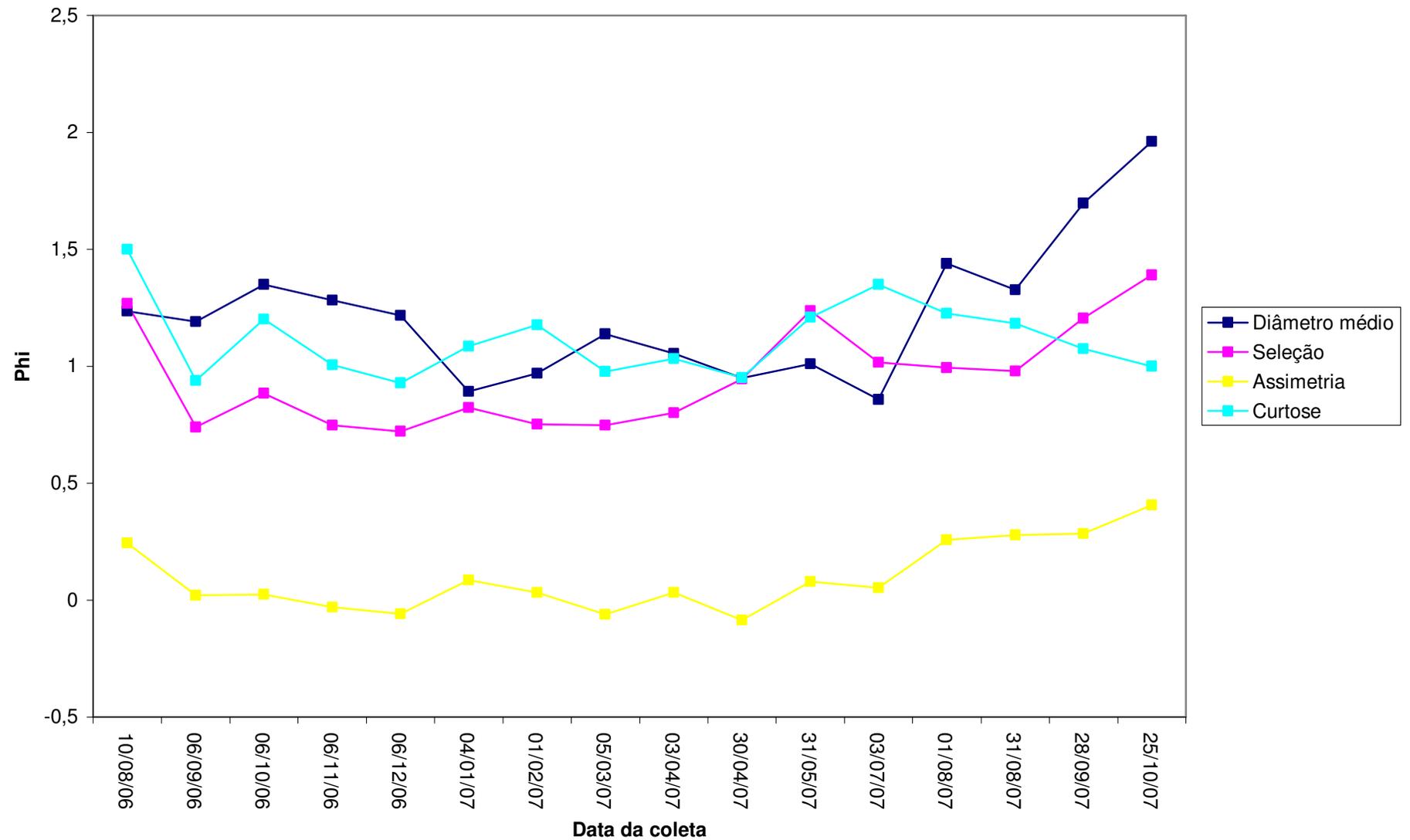


Figura 23 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da praia inferior do PO1c.

#### 5.1.4 Monitoramento da Linha de Costa da Saliência

O monitoramento da linha de costa foi realizado através da determinação da distância da linha de preamar máxima, em relação ao RN, durante o levantamento dos perfis topográficos.

Os valores da variação da linha de costa tiveram como mês de referência outubro/06. Na maioria dos meses monitorados não houve, entre eles, homogeneidade no comportamento, pois em geral, enquanto em um perfil estava ocorrendo recuo, em outro estava ocorrendo progradação da linha de costa, durante o período de observação.

A figura 24 apresenta as variações da linha de costa para os perfis PO1a, PO1b e PO1c.

O PO1a apresenta uma linha de costa mais estável, com o predomínio de uma pequena progradação durante o monitoramento. A maior progradação ocorreu em fevereiro/07 (8,02 m) e o maior recuo em outubro/07 (2,53 m). Entre março/07 e julho/07 foi observada a estabilidade na progradação da linha de costa. Este perfil apresentou um pequeno recuo da sua linha de costa nos últimos três monitoramentos, indicando uma tendência de recuo.

O PO1b apresentou a maior distância da linha de costa em relação ao RN, entre os perfis monitorados. Neste, ocorreu predominantemente progradação da sua linha de costa durante todo o monitoramento. Sendo observado recuo apenas em setembro/07 (14,12 m). Este perfil apresentou a maior progradação da linha de costa em fevereiro/07 (27,79 m).

O PO1c apresentou a linha de costa mais recuada, em relação aos demais perfis, sendo observado erosão durante vários meses do monitoramento. O maior recuo foi observado em janeiro/07 (10,5 m) e a maior progradação foi em maio/07 (9,12 m).

Os três perfis apresentaram uma tendência de recuo da linha de costa no final do período monitorado.

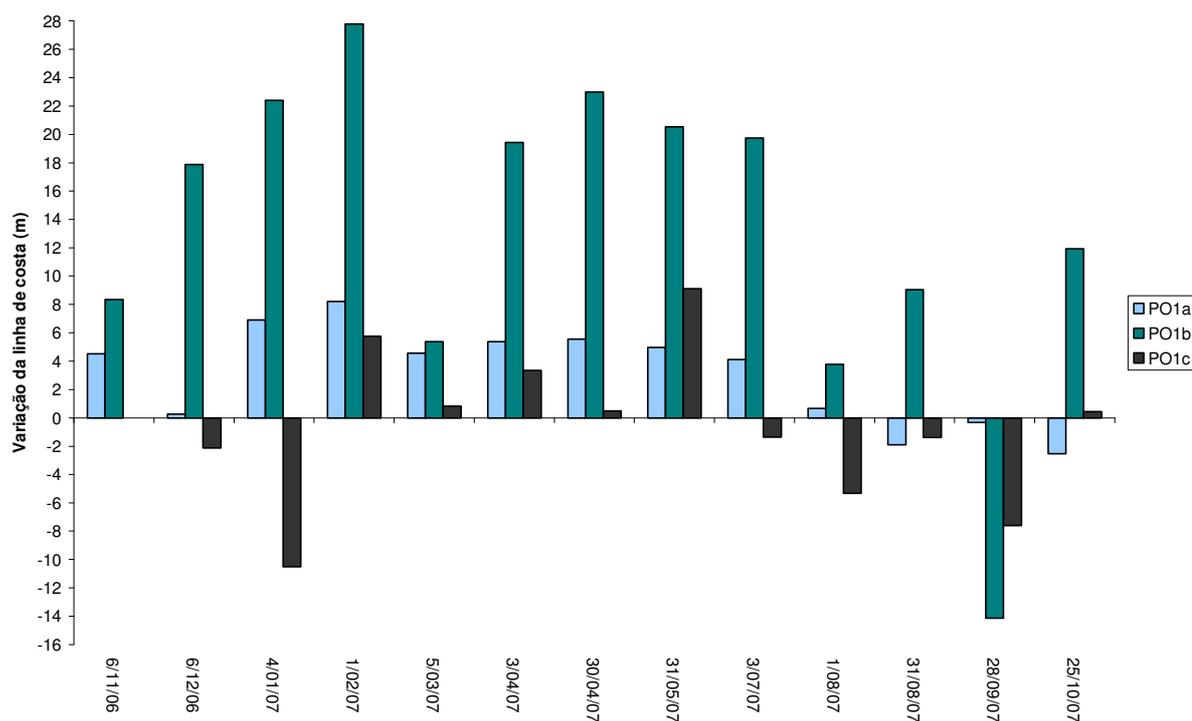


Figura 24 – Variação da linha de costa dos perfis PO1a, PO1b e PO1c.

### 5.1.5 Sumário dos Resultados

As maiores variações morfológicas nos perfis PO1a e PO1c foram observadas na região da praia superior. Este compartimento também apresentou as maiores variações em seus parâmetros granulométricos durante o período monitorado. Isto indica que há uma relação entre a variação das características sedimentares e o comportamento morfológico do perfil. No PO1b esta relação foi observada para a região da praia inferior.

Os perfis PO1a e PO1c apresentaram uma tendência erosiva, evidenciados pelo balanço sedimentar negativo, menor volume de sedimentos em 2007, recuo da praia superior e da linha de costa.

O perfil PO1b demonstrou as menores variações em sua morfologia e em seus parâmetros granulométricos dos sedimentos, como era esperado, pois este perfil está localizado na porção central da saliência. Os sedimentos erodidos dos perfis PO1a e PO1c estão sendo depositados, provavelmente, no PO1b, uma vez que este apresentou um balanço sedimentar positivo e um acréscimo em seu volume de sedimentos em 2007.

Os perfis PO1a e PO1c apresentaram sedimentos mais finos na pós-praia; a região da praia superior demonstrou as maiores variações em seus parâmetros granulométricos a cada coleta. O PO1b apresentou sedimentos constituídos por areia fina na região da pós-praia e na praia superior e sedimentos mais grossos na praia inferior.

## 5.2 Praia do Bairro Novo

A praia do Bairro Novo possui ao longo dos seus 1,8 km de extensão a presença de obras rígidas de proteção e estabilização da linha de costa. Sendo esta constituída por uma sucessão de trinta e um espigões perpendiculares à praia, dispostos em intervalos, com extensão e larguras variadas, e entre eles há uma muralha de enrocamento aderente de rochas soltas (Foto 18).



Foto 18 – Visualização dos espigões da praia do Bairro Novo (Fonte: Gerco - CPRH, 2006).

Os compartimentos entre os espigões (células) podem ser divididos em três categorias: as que não acumulam sedimentos (Foto 19); as que possuem sedimentos finos em pequeno volume, soterrando apenas os blocos mais afastados do enrocamento (Foto 20); e as que acumulam grandes volumes de sedimentos de granulometria mais grossa, chegando a encobrir os blocos rochosos do enrocamento, formando praias arenosas (Foto 21). Para a caracterização sedimentar destas células, foram coletadas amostras na face da praia, das que possuíam sedimentos expostos na baixa-mar, em duas etapas. A primeira foi

realizada em 5 de dezembro de 2006 e a segunda em 2 de Julho de 2007. As amostras foram numeradas de 1 a 30, no sentido de sul para norte.



Foto 19 – Células sem acumulação de areia entre os espigões (Fonte: Gerco - CPRH, 2006).



Foto 20 – Células com acúmulo de pequeno volume de sedimentos (Fonte: Gerco - CPRH, 2006).

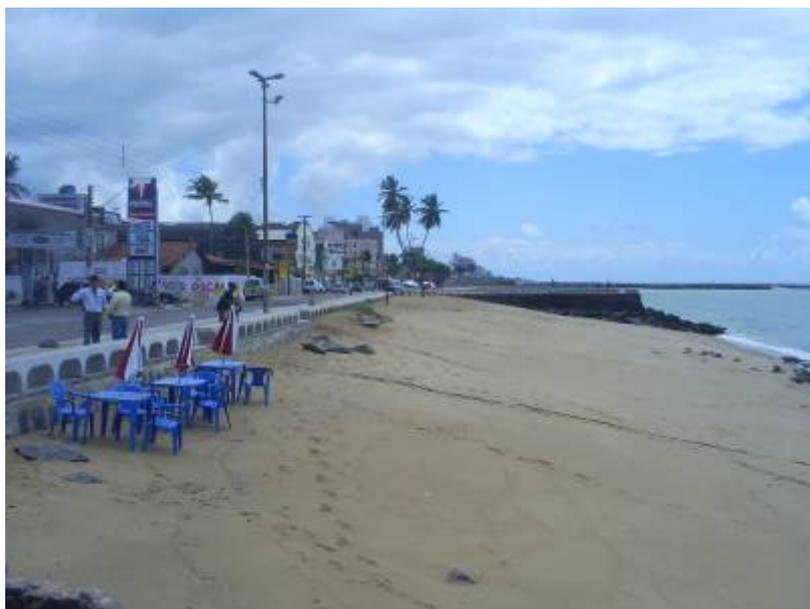


Foto 21 – Célula com expressiva acumulação de areia grossa, chegando a encobrir as rochas do enrocamento e formar praia arenosa (Foto do autor, 06 de setembro de 2006).

Entre as células que formam praias as 21,22 e 23 (Foto 22) são as que possuem o maior volume de sedimentos, e visando caracterizar a morfologia e a sedimentologia destes ambientes foram realizados perfis topográficos (PO2, PO3 e PO4) concomitante a coleta de sedimentos, e a determinação do perfil praias de equilíbrio.



Foto 22 – Visualização das células 21, 22 e 23. (Fonte: Gerco - CPRH, 2006).

Devido ao grande volume de sedimentos nestas células, em alguns meses (principalmente no período chuvoso) a areia transborda o enrocamento, chegando à calçada e à pista, fazendo com que a prefeitura retire esse “excesso” de areia, isto ocorre principalmente na célula 22, e coloque em células onde não ocorre acumulação de sedimentos (Foto 23). Não foi possível detectar exatamente em quais meses e a quantidade de material retirado, uma vez que os funcionários responsáveis pela limpeza da orla o fazem sempre que a areia transborda para a calçada. Esta retirada pode ter influenciado o valor do volume sedimentar, não podendo se distinguir o que foi erodido e o que foi retirado pela prefeitura.



Foto 23 – Retirada do “excesso” de sedimento da célula 21 (PO2) por funcionários da PMO (Foto do autor, 25 de outubro de 2007).

### 5.2.1 Perfil PO2

O perfil PO2 é o perfil mais ao sul, entre os três, e está localizado em frente à casa n°1219, da Avenida Marcos Freire. Seu RN possui as coordenadas planas 297243 E e 9115114 N (Foto 24 ). Este perfil tem uma extensão média de 29 m e uma região de pós-praia bastante estreita, sendo esta suprimida em alguns meses durante o período de monitoramento.



Foto 24 – Localização do PO2 – Praia do Bairro Novo, em frente à casa n° 1219 da Avenida Marcos Freire (Foto do autor, 11 de maio de 2006).

#### a) Morfologia

O envelope dos perfis monitorados estão representados na figura 25. A extensão média deste perfil é de 29,09 m.

No decorrer de todo o período de estudo este perfil apresentou modificações em sua morfologia. O mês de maio/06 foi o mês com a maior altura e volume de sedimentos ( $100,02 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ ) do período monitorado.

Entre os meses de maio/06 a dezembro/06 o perfil apresentou uma perda gradual de sedimentos e o rebaixamento do perfil, chegando a cerca de 1 m mais rebaixado na região da praia. No mês de dezembro/07 foi observada a menor altura e o menor volume do perfil ( $74,88 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ ).

Comparando os monitoramentos realizados em 2006 e na mesma época em 2007 (Figura 26), observa-se que o perfil apresentou alturas menores em 2007, indicando uma tendência erosiva deste perfil.

Este perfil apresentou uma pós-praia estreita, com extensão máxima de 8,1 m em abril/07. Em quatro monitoramentos esta região foi suprimida, com as ondas atingindo o calçadão (Figura 27).

O volume de sedimentos calculado para este perfil adotou como comprimento padrão 24 m, e está representado na figura 28. O menor volume de sedimentos no perfil ( $74,88 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ ) foi observado em dezembro/06, e o mês de maior volume foi maio/06 ( $100,02 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ ), o primeiro mês de monitoramento. O balanço sedimentar entre maio/06 e outubro/07 foi negativo, na ordem de  $14,04 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ .

A figura 29 apresenta o balanço sedimentar mensal dos perfis, ou seja, a diferença de volume de um mês em relação ao seu mês posterior.

Em relação ao primeiro mês de monitoramento (maio/07) todos os demais apresentaram um volume de sedimentar inferior. A maior redução no volume foi observada no mês de dezembro de 2006 ( $25,14 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ ). O volume sedimentar médio deste perfil foi de  $91,17 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ . Quando comparados os volumes sedimentares dos monitoramentos realizados em 2006 e com os da mesma época em 2007, nota-se que todos apresentaram volumes menores em 2007.

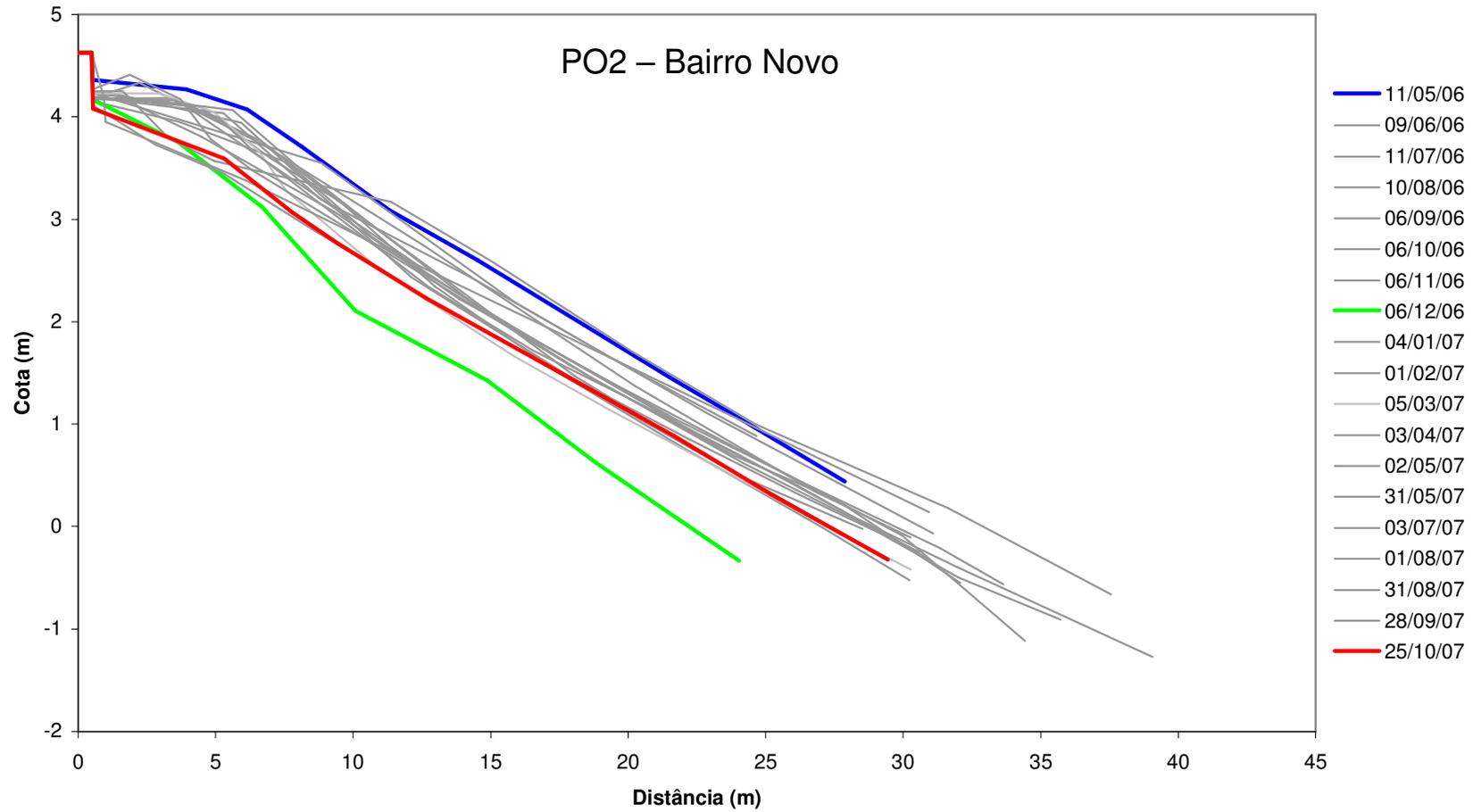


Figura 25 – Envelope dos perfis monitorados (PO2), em destaque os meses de maior (azul), o de menor altura (verde), e o ultimo mês do monitoramento (vermelho).

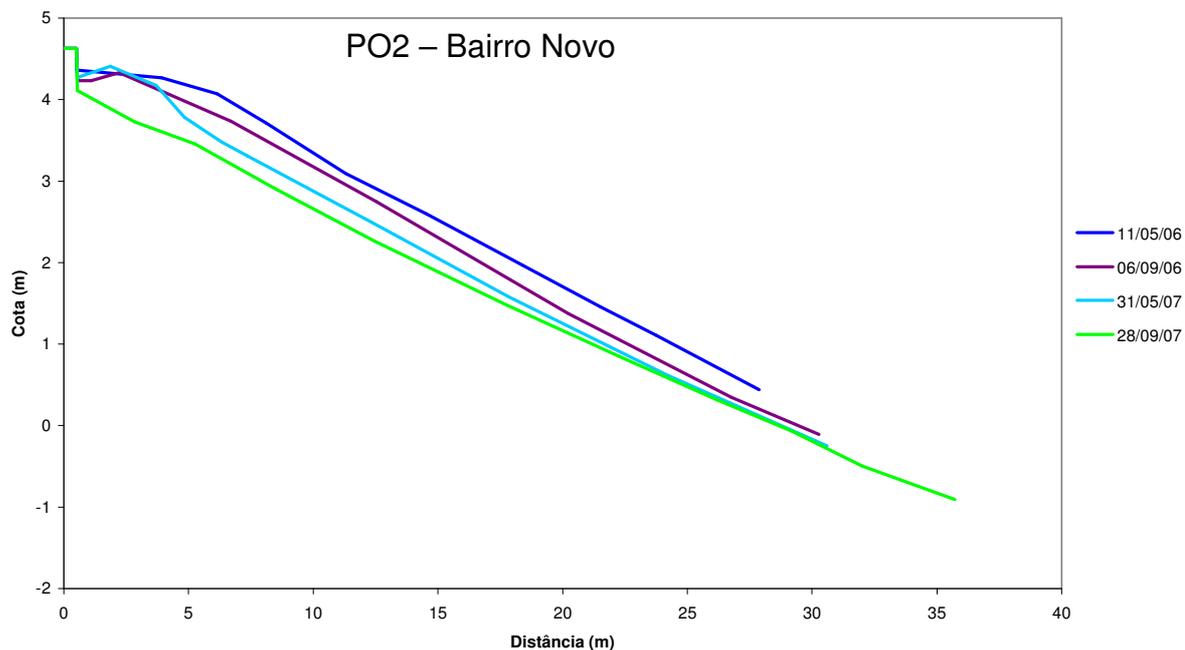


Figura 26 – Exemplo de monitoramentos realizados na mesma época em 2006 e em 2007 (PO2).

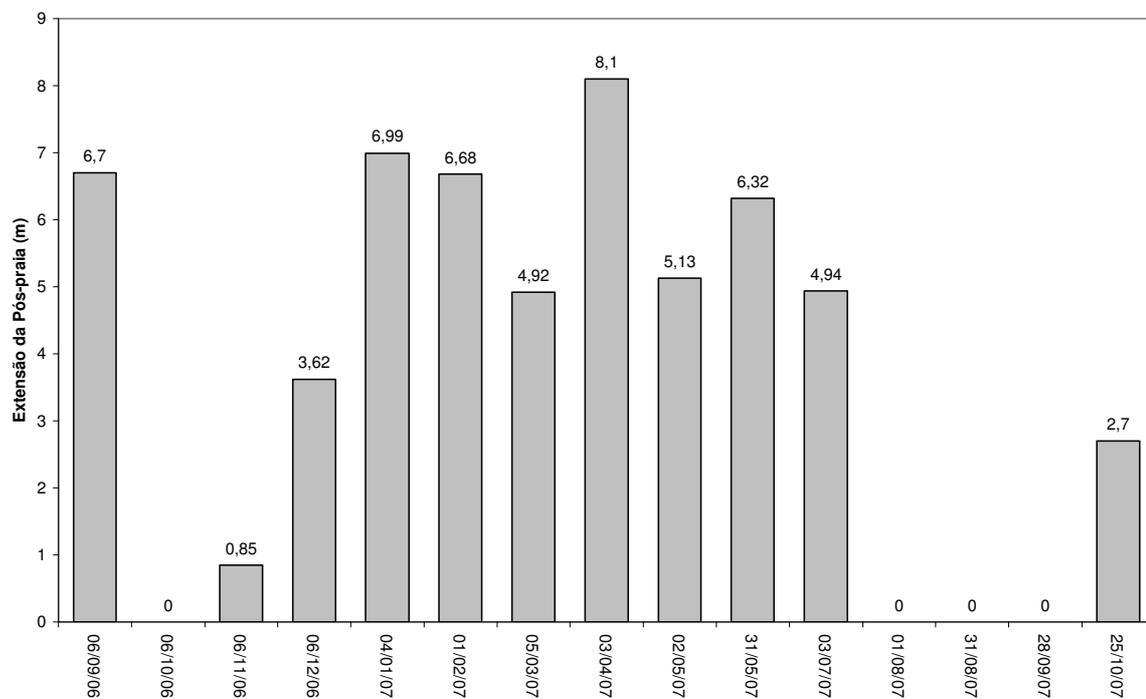


Figura 27 – Extensão da pós-praia do perfil PO2.

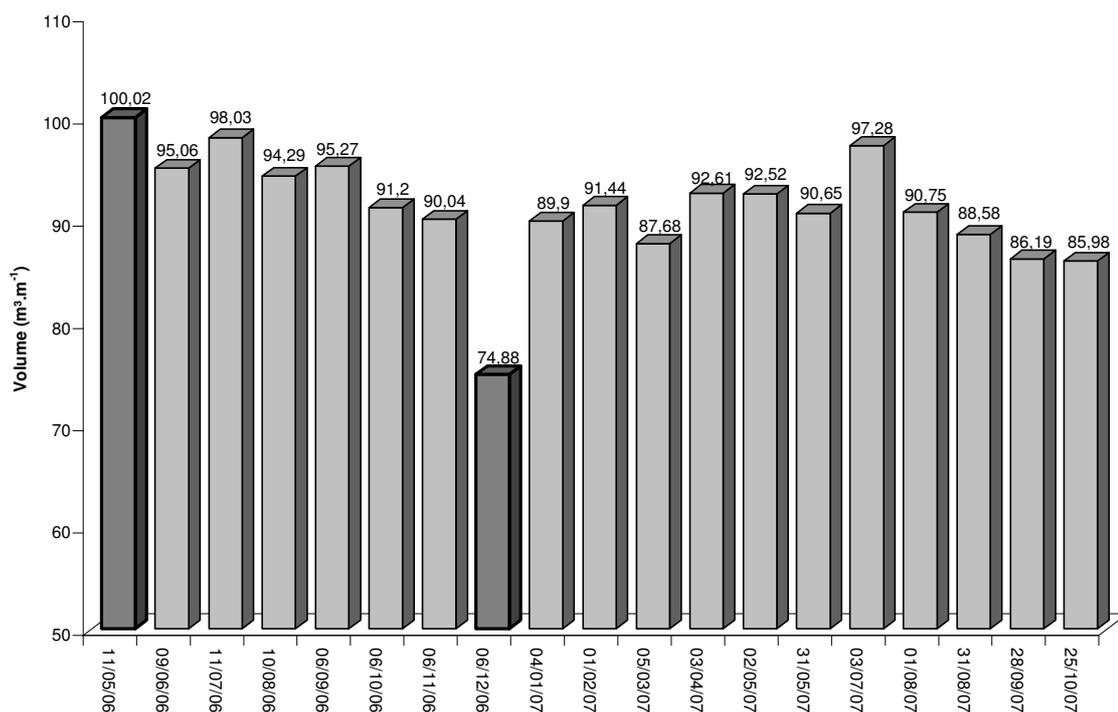


Figura 28 – Variação do volume sedimentar do perfil PO2, em destaque os meses com o maior e o menor volume.

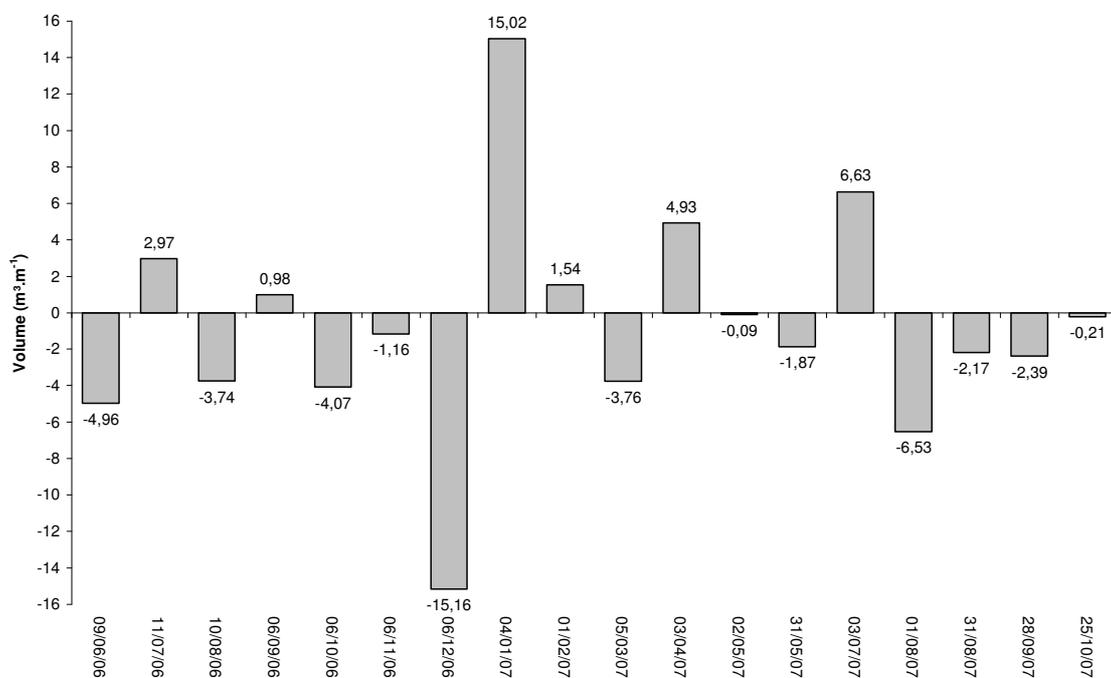


Figura 29 – Balanço sedimentar mensal do perfil PO2.

## **b) Sedimentologia**

O resultado sedimentológico das amostras coletadas na praia inferior do PO2 está representado na figura 30.

Em relação ao tamanho médio do grão, excetuando-se o mês de outubro/07 que apresentou areia muito grossa, todas as demais amostras foram classificadas como areia grossa. De maio/06 a setembro/06 observou-se um aumento gradativo do diâmetro médio do grão e da assimetria dos sedimentos. E partir da segunda coleta de maio/07 (31/05/07) até o final do período monitorado foi observado novamente um aumento gradativo do diâmetro médio do grão.

Quanto ao grau de selecionamento as amostras variaram de moderadamente selecionada a muito bem selecionada. No período seco houve o predomínio de sedimentos bem selecionados.

A assimetria variou de positiva a negativa. Apenas duas amostras foram classificadas com assimetria positiva em dezembro de 2006 e na segunda amostra coletada em agosto de 2007 (31/08/07)

A curtose apresentou variações entre platicúrtica e leptocúrtica. Os valores de curtose estão relacionados às condições de movimentação do ambiente. Portanto os menores valores de curtose são esperadas no período seco, o que ocorre neste perfil, com distribuição platicúrtica em setembro/06, janeiro/07 e fevereiro/07. No entanto este período apresentou maior número de amostras indicadoras de alta movimentação que o período úmido. No período úmido predominou a distribuição mesocúrtica (média movimentação).

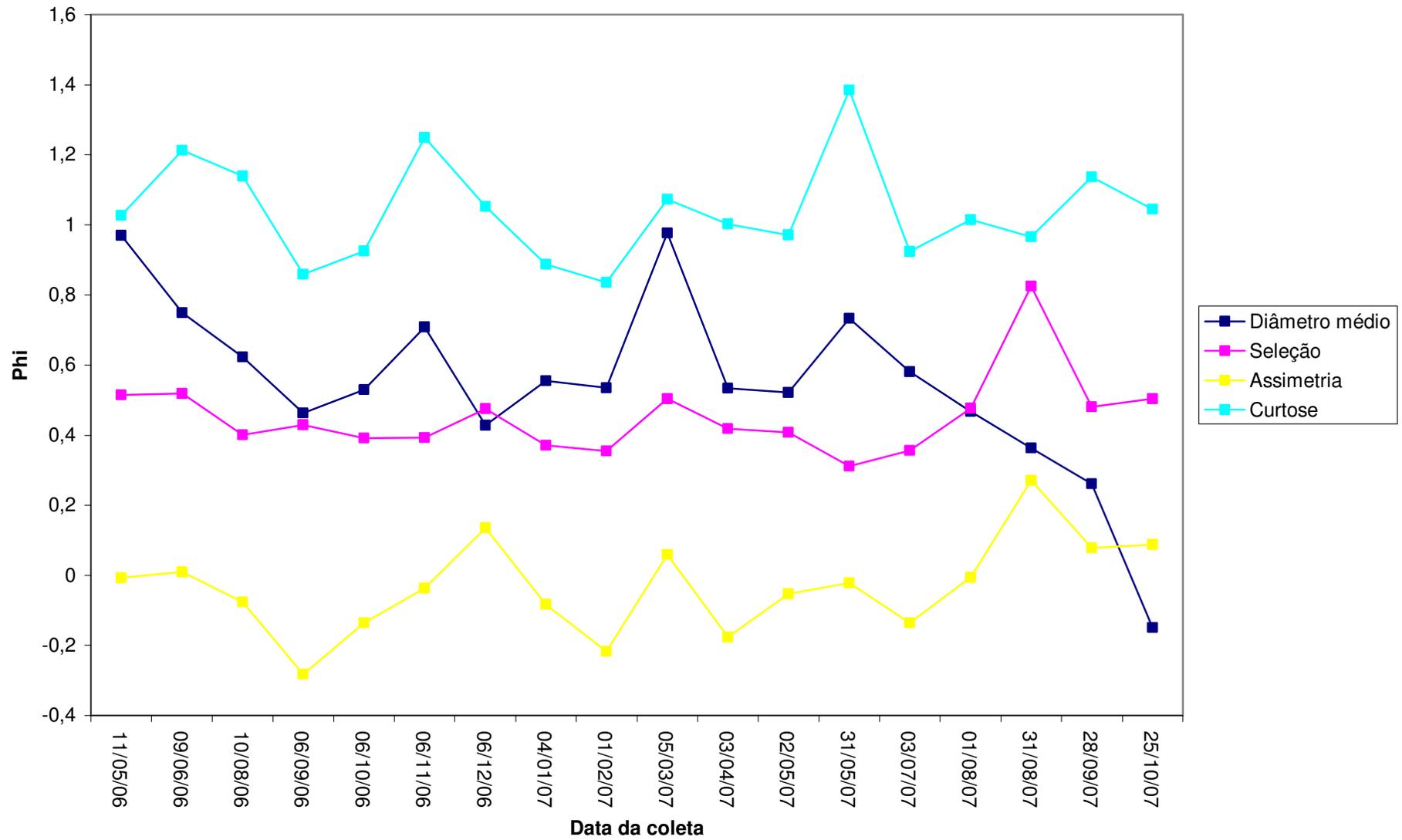


Figura 30 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da face da praia do PO2.

### 5.2.2 Perfil PO3

Este perfil está situado em frente à esquina da casa n° 1319, da Avenida Marcos Freire. Seu RN possui as coordenadas planas 297262 E e 9115212 N (Foto 25 ). A célula em que este perfil está localizado é mais extensa, pois houve a retirada de um espigão no local. Este perfil possui a extensão média de 31,19 m.



Foto 25 – Localização do PO3, em frente à esquina da casa n° 1319 da Avenida Marcos Freire (Foto do autor, 01 de fevereiro de 2007).

#### a) Morfologia

Este perfil apresentou as maiores variações morfológicas, entre os monitorados na praia do Bairro Novo. Provavelmente o principal fator responsável por essas variações é a presença, próximo ao RN do perfil, de uma saída de descarga pluvial. Fazendo com que grandes volumes de sedimentos sejam mobilizados até os 17 m do perfil, como observado em 09/06/06 e em 30/04/07

(Figura 31), meses de maior pluviosidade. Isto fez com que o enrocamento aderente ficasse exposto (Fotos 26 e 27).



Foto 26 – Retirada de grande volume sedimentar do perfil PO3 devido à presença de uma saída de água pluvial próximo ao local. (Foto do autor, 09 de junho de 2006).



Foto 27 – Visualização da saída de água pluvial localizada próximo ao PO3 (Foto do autor, 30 de abril de 2007).

A extensão média deste perfil é de 31,19 m. Apesar das grandes variações morfológicas observadas neste perfil (como em 09/06/06, 11/07/06 e em 30/04/07), o mesmo demonstrou uma rápida recuperação em sua forma. E o perfil apresenta uma forma morfológica estável na região da praia, em 12 dos 19 monitoramentos (Figura 32). O que indica que provavelmente, os sedimentos não saem do sistema, sendo remobilizados para a porção submersa, retornando logo em seguida para o perfil subaéreo. Semelhante ocorre com o volume sedimentar que apresentou uma rápida recuperação do volume de sedimentos perdidos por causa da influência do escoamento de água pluvial próximo ao perfil.

A região da pós-praia é mais larga neste perfil, quando comparada ao anterior. A sua maior extensão foi de 10,41 m em fevereiro/06, sendo esta suprimida em quatro monitoramentos (Figura 33).

O cálculo do volume sedimentar deste perfil adotou 22 m como comprimento padrão.

Este perfil apresentou o maior volume de sedimentos em 11/07/07 ( $104,38 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ ) e o menor em 30/04/07 ( $79,47 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ ) (Figura 34). E um volume médio de  $93,93 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ . O balanço sedimentar deste perfil foi negativo na ordem de  $9,49 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ . Em relação ao primeiro mês de monitoramento apenas julho/06 apresentou um balanço sedimentar positivo.

A figura 35 apresenta o balanço sedimentar mensal dos perfis. Quando comparados os volumes sedimentares dos monitoramentos realizados em 2006 e com os da mesma época em 2007, nota-se que todos apresentaram volumes menores em 2007.

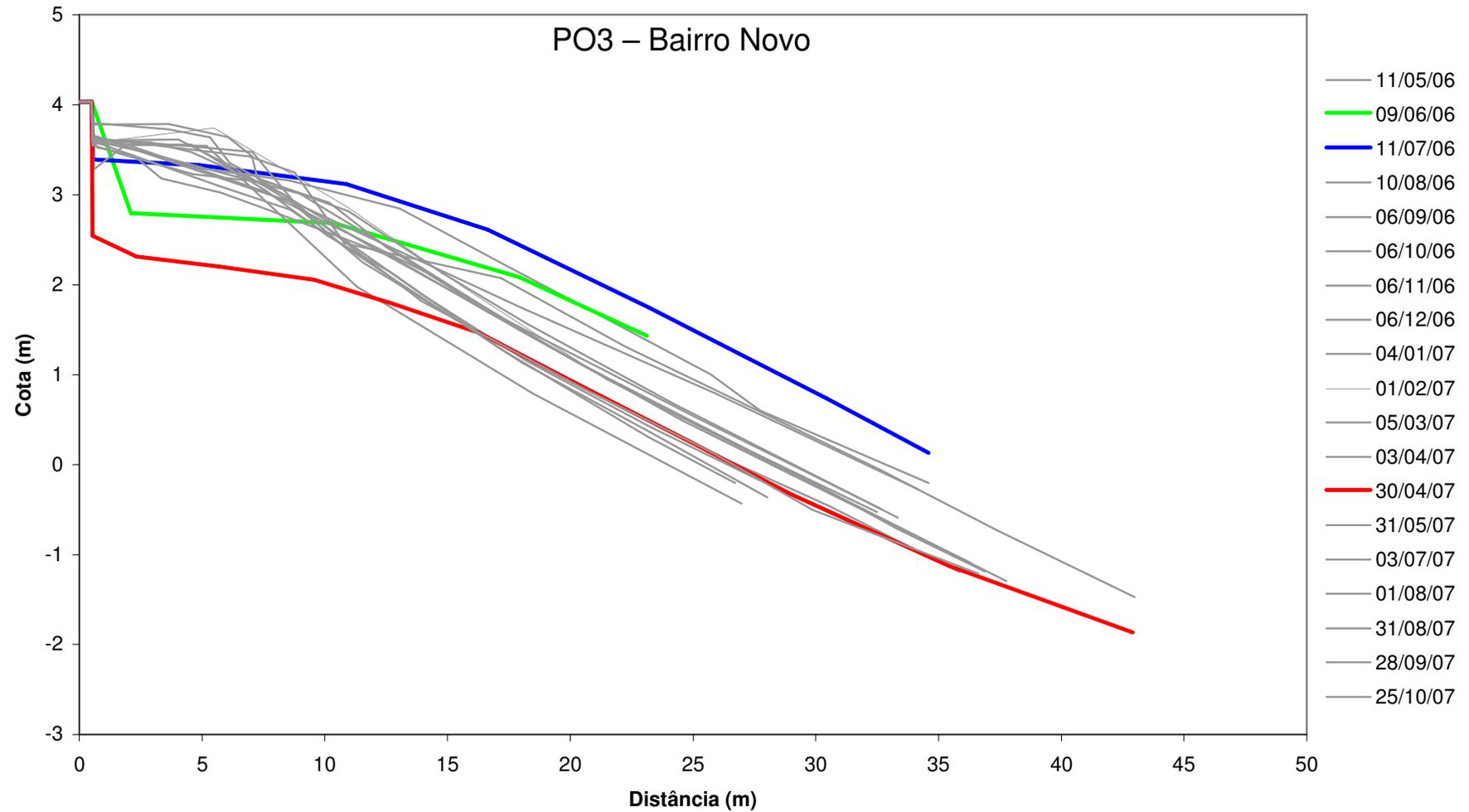


Figura 31 – Envelope dos perfis monitorados( PO3), em destaque 09/06/06 (verde) e 30/04/07 (vermelho), quando houve grande perda de sedimentos nos primeiros 17 m do perfil, e 11/07/06 (azul) monitoramento que apresentou a maior altura na região da praia.

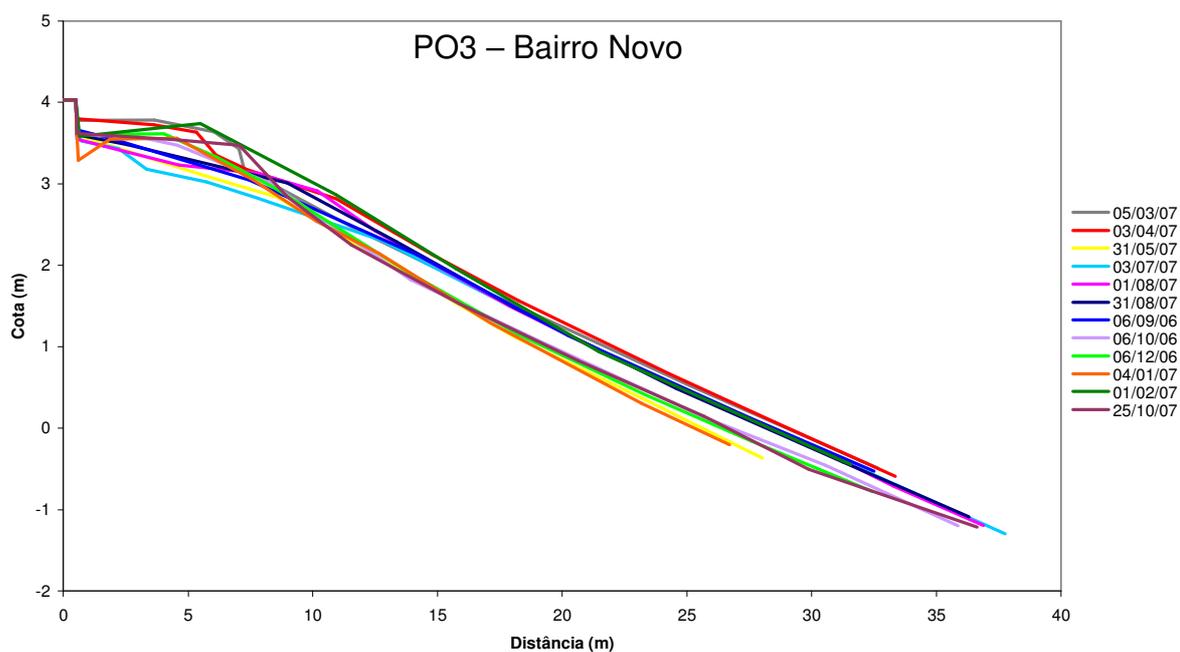


Figura 32 – Representação dos monitoramentos do PO3, demonstrando a morfologia relativamente estável do perfil, na região da praia, em 12 dos 19 monitoramentos realizados.

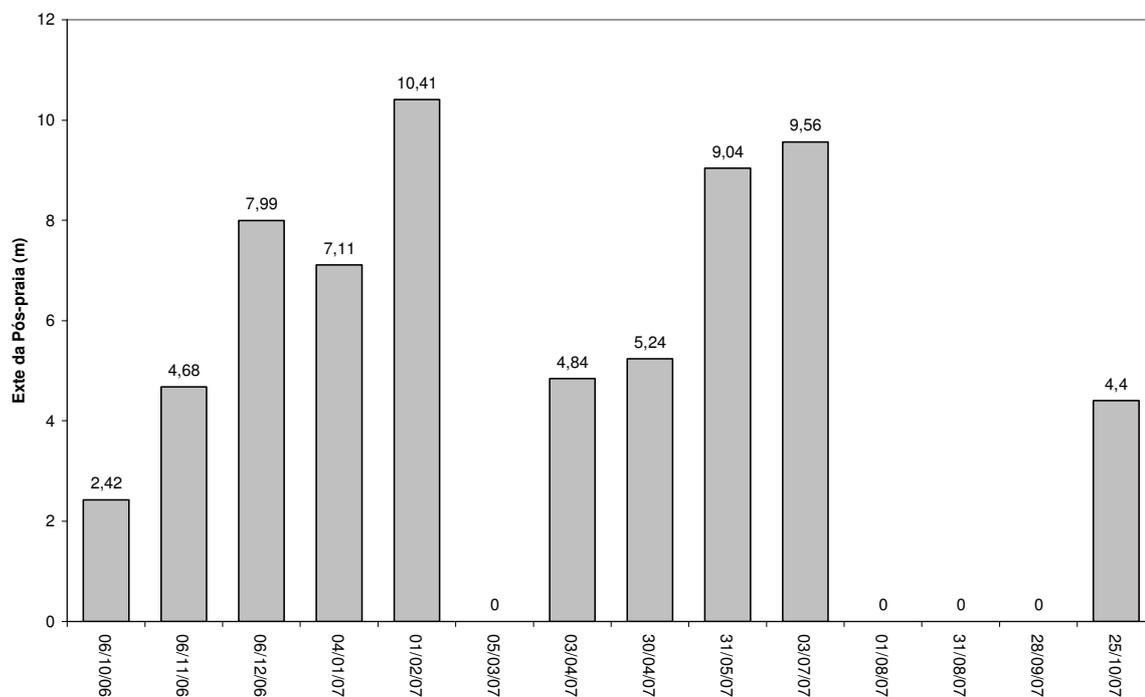


Figura 33 – Extensão da pós-praia do perfil PO3, ao longo do monitoramento.

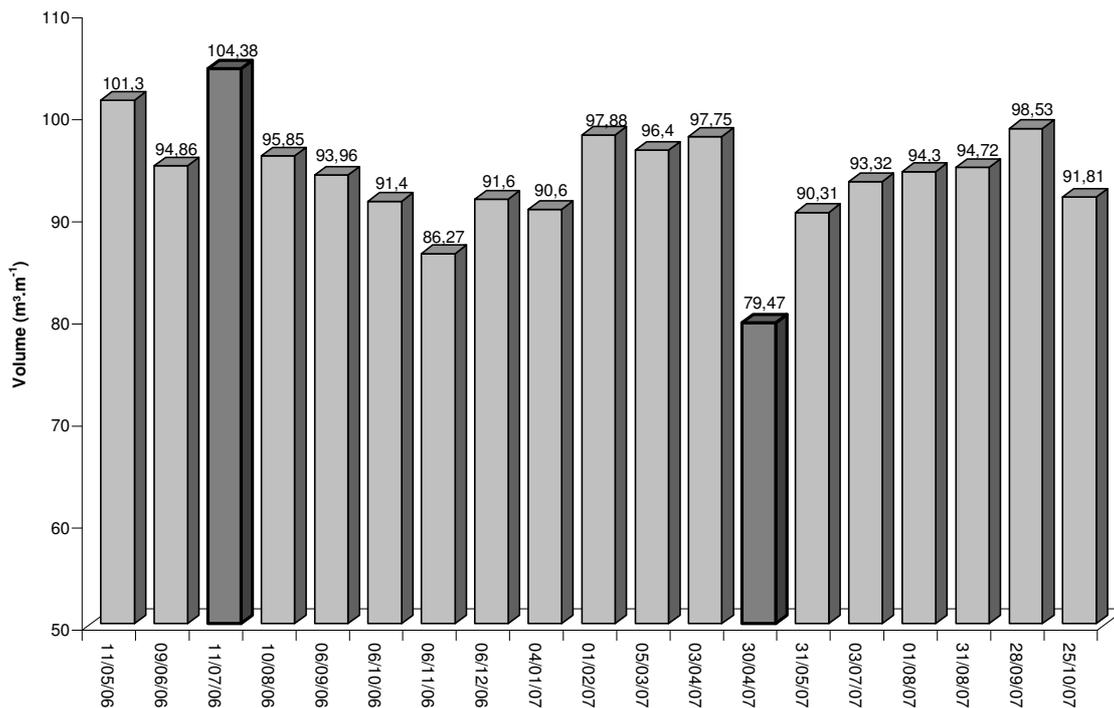


Figura 34 – Variação do volume sedimentar do perfil PO3, em destaque os meses com o maior e o menor volume.

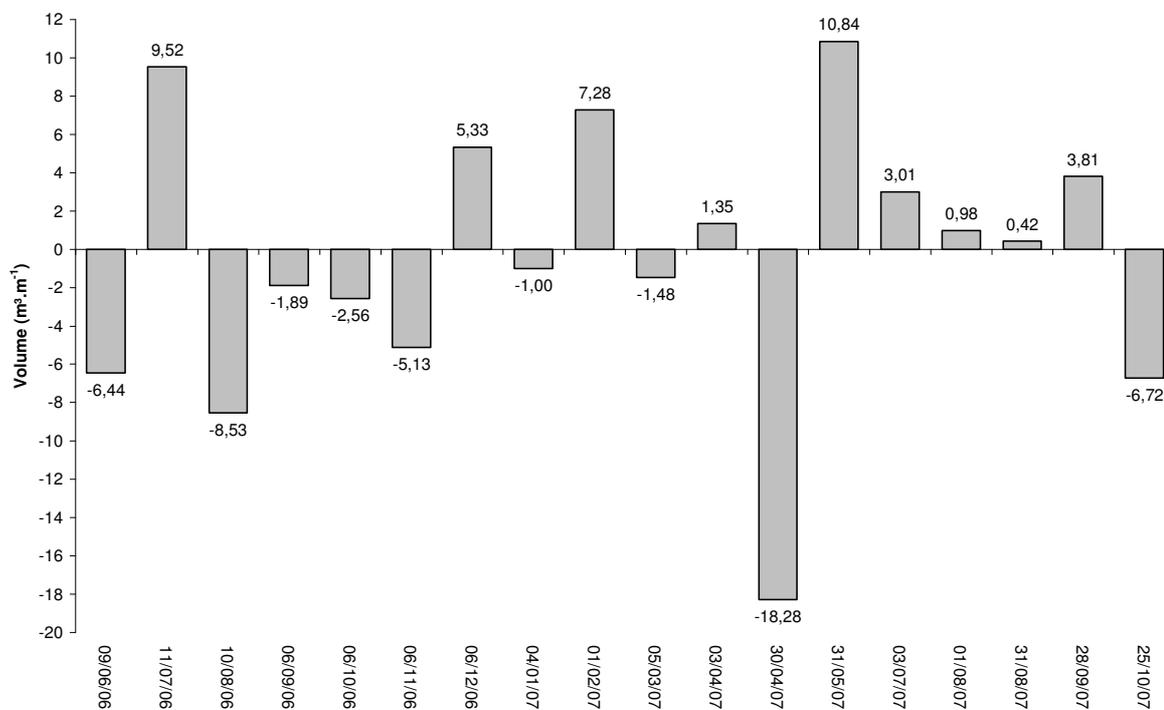


Figura 35 – Balanço sedimentar mensal do perfil PO3.

## **b) Sedimentologia**

O resultado sedimentológico do PO3 está representado na figura 36. O tamanho do grão variou de areia média a grossa, com o predomínio deste segundo.

O grau de selecionamento das amostras variou de moderadamente selecionada a bem selecionada. Os melhores graus de selecionamento foram encontrados no período seco.

A assimetria variou de positiva a negativa. Foi observado apenas duas amostras com assimetria positiva em maio e junho de 2006.

A curtose apresentou variações entre platicúrtica e muito leptocúrtica. Com o predomínio de mesocúrtica no período seco.

O valor de curtose do mês de junho de 2006 (muito leptocúrtica) indica um ambiente de grande movimentação, sendo isto corroborado pelo rebaixamento e mobilização de grande volume sedimentos observados neste mês.

As amostras do de sedimento para o período úmido refletiram em seus parâmetros sedimentares o aumento de energia deste período, em relação ao período seco, com a redução do selecionamento do grão. Isto indica a redução de competência do agente transportador, e o predomínio de distribuição leptocúrtica (indicador de ambiente de maior movimentação). Apesar deste período ter apresentado os menores valores de curtose (platicúrtica) no primeiro monitoramento de abril/07 (03/04/07) e no segundo de agosto/07 (31/08/07).

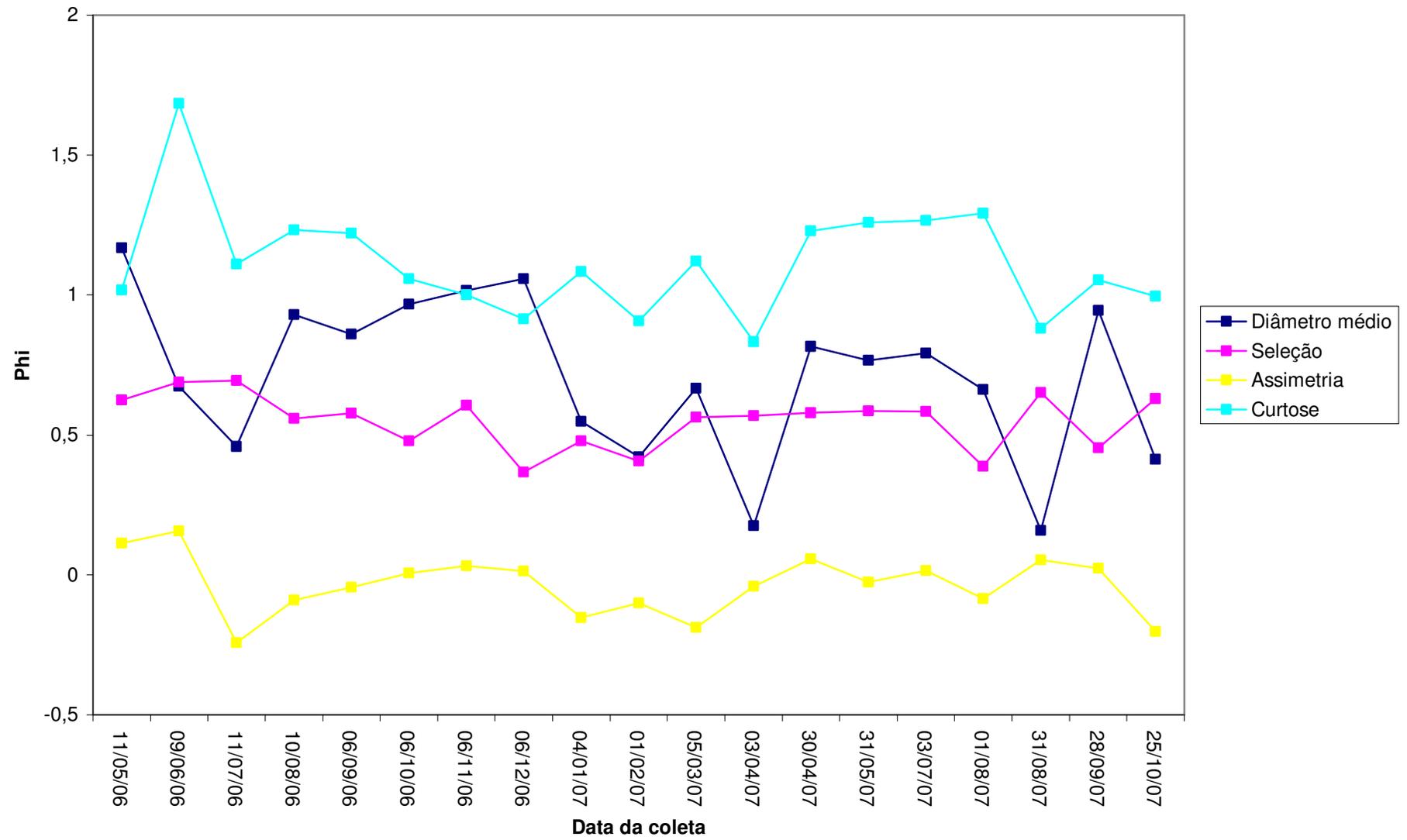


Figura 36 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da face da praia do PO3.

### 5.2.3 Perfil PO4

Este perfil está localizado em frente à agência do Banco Itaú, situado na Avenida Marcos Freire s/n. Seu Rn possui as coordenadas planas 297267 E e 9115259 N (Foto 28)



Foto 28 – Localização do PO4 – Praia do Bairro Novo, em frente à agência do Banco Itaú da Avenida Marcos Freire (Foto do autor, 25 de outubro de 2007).

#### a) Morfologia

Este perfil é o mais estável, entre os monitorados na praia do Bairro Novo, apresentando pequenas variações em sua morfologia. A sua extensão média foi de 36,00 m.

A menor altura na região da pós-praia e na praia superior foi observada em maio/06. Na praia inferior a menor altura foi observada em junho/07. A maior altura do perfil para o período monitorado foi observada em novembro/06 (Figura 37).

Este perfil apresentou a pós-praia mais larga e estável entre os perfis monitorados na praia do Bairro Novo, sendo esta suprimida em dois monitoramentos. A extensão máxima da pós-praia foi 16,86 m em fevereiro/06 (Figura 38).

Para o cálculo do volume sedimentar deste perfil foi utilizado o comprimento padrão de 28 m.

O mês de maior volume sedimentar foi novembro/06 ( $123,83 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ ) e o de menor volume foi junho/06 ( $99,26 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ ) (Figura 39). Diferentemente dos demais perfis da praia do Bairro Novo, este perfil apresentou um balanço sedimentar positivo, na ordem de  $17,59 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$  ao término do monitoramento. E excetuando-se junho/07, que apresentou um balanço sedimentar negativo ( $1,32 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ ), todos os demais apresentaram um balanço positivo em relação ao primeiro monitoramento. O volume médio de sedimentos deste perfil foi de  $113,28 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ .

A figura 40 apresenta o balanço sedimentar mensal dos perfis.

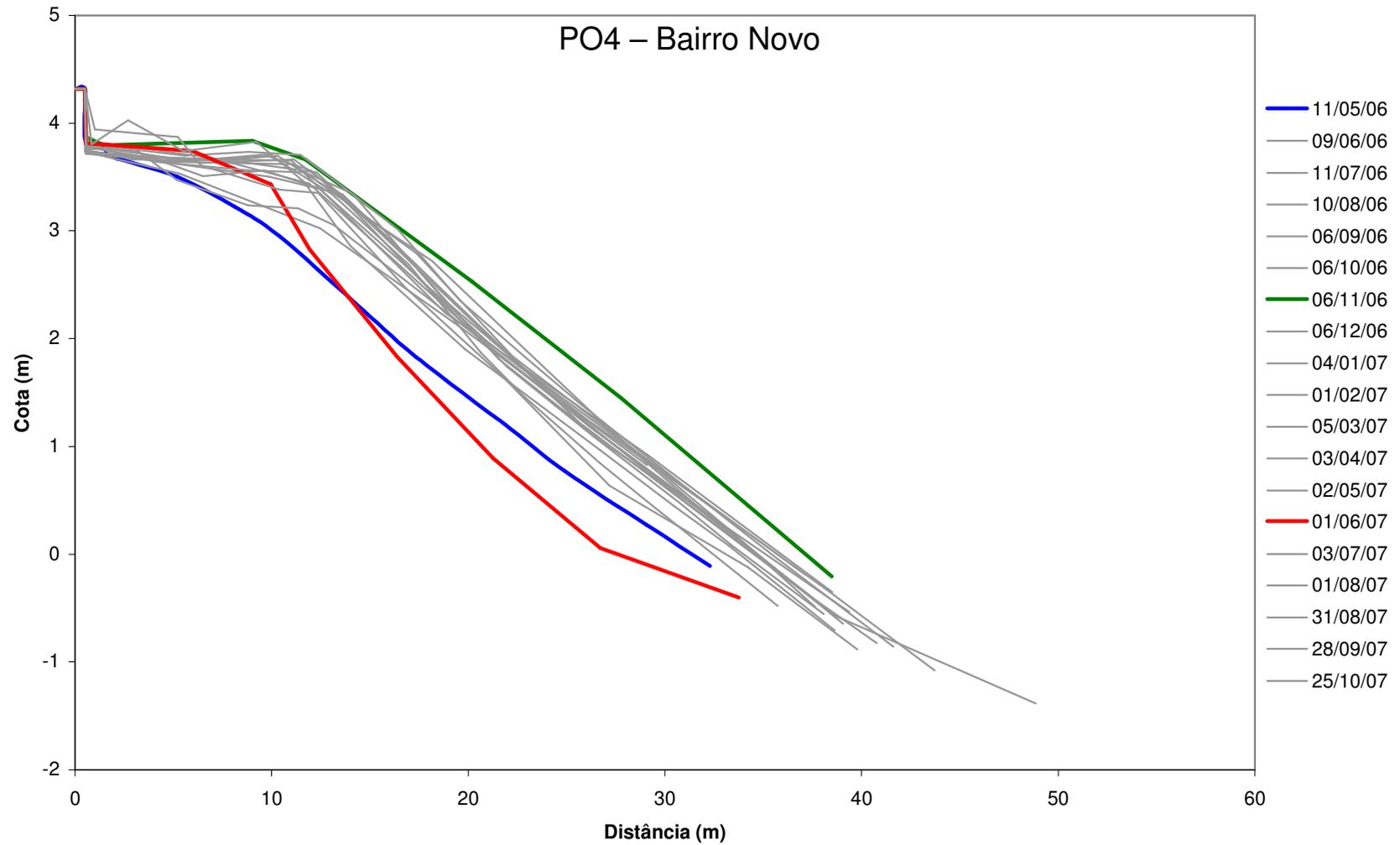


Figura 37 – Envelope dos perfis monitorados (PO4), em destaque os meses de maior altura (verde), o de menor altura da pós-praia e da praia superior (azul), e o de menor altura da praia inferior.

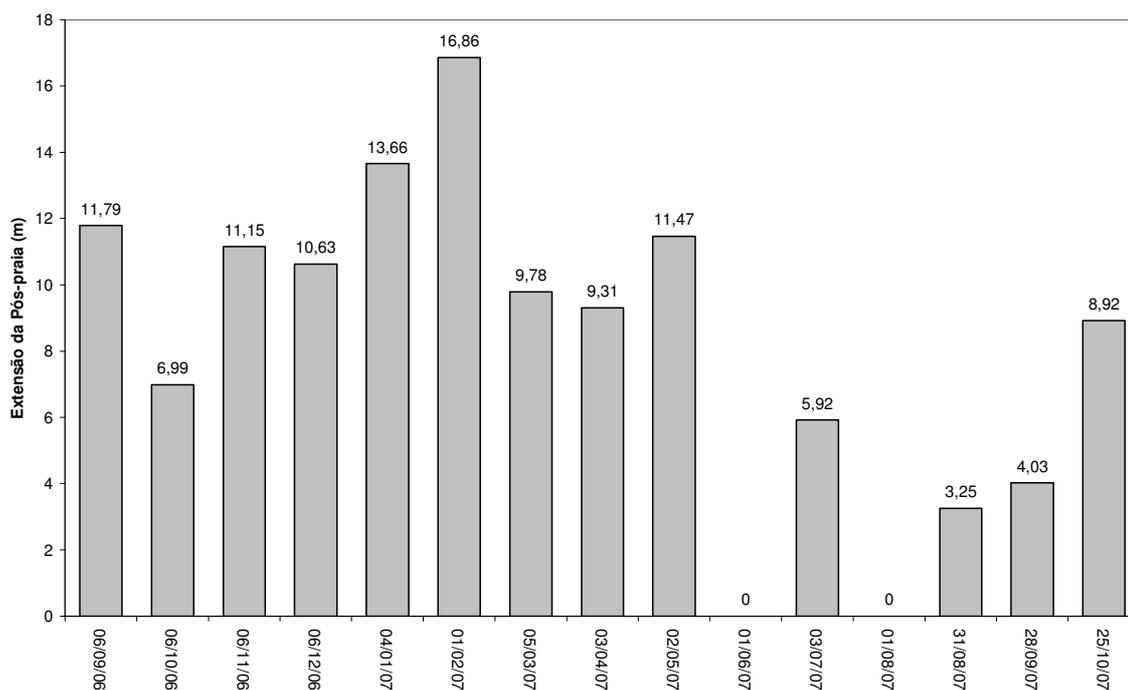


Figura 38 – Extensão da pós-praia do perfil PO4, ao longo do monitoramento.

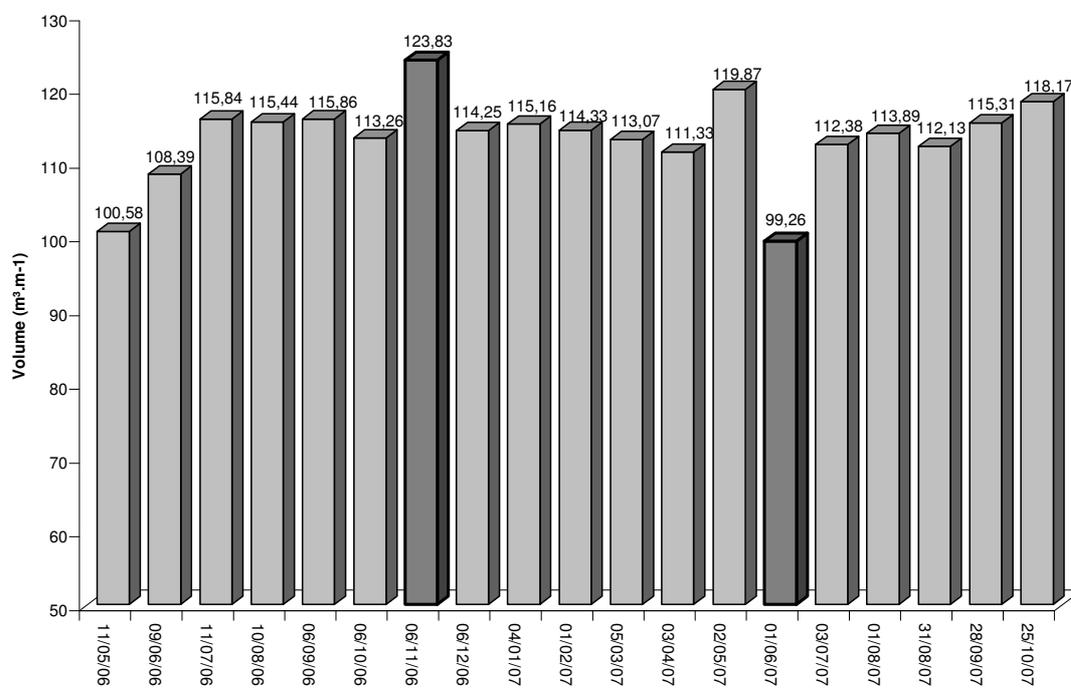


Figura 39 – Variação do volume sedimentar do perfil PO4, em destaque os meses com o maior e o menor volume.

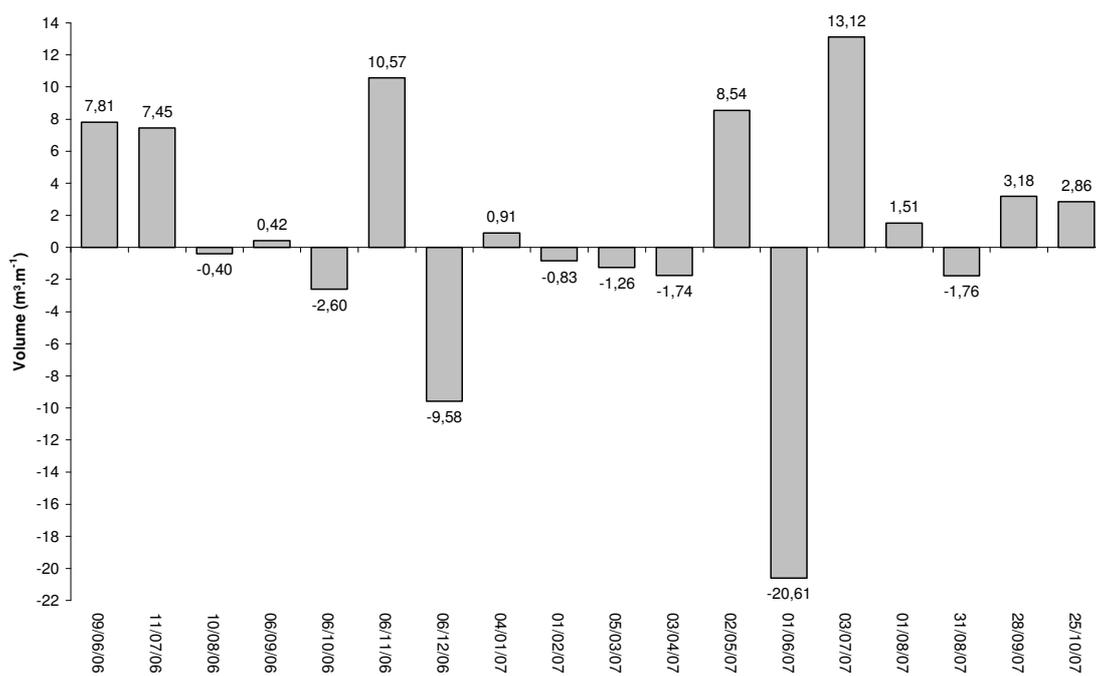


Figura 40 – Balanço sedimentar mensal do perfil PO4.

## **b) Sedimentologia**

O resultado sedimentológico do PO4 está representado na figura 41.

As amostras apresentaram o predomínio de areia grossa. Observa-se areia fina apenas em dezembro/06 e areia média na segunda coleta realizada no mês de abril/07.

O grau de selecionamento das amostras variou de pobremente selecionada a bem selecionada. Este perfil apresentou os melhores graus de selecionamento no período úmido, ao contrário do perfil anterior.

Foram observadas ainda, variações no valor da assimetria entre as coletas. A assimetria variou de muito positiva a negativa.

O mês de setembro/07 apresentou o pior selecionamento do período monitorado (pobremente selecionada) e o maior grau de assimetria (muito positiva).

A curtose apresentou variações entre platicúrtica e leptocúrtica. Apenas na coleta realizada no mês de abril/07 foi observada distribuição platicúrtica. A partir de julho/07 foi observado a redução gradativa da curtose.

Este perfil não apresentou uma diferenciação pronunciada em seus parâmetros sedimentológicos entre o período úmido e seco.

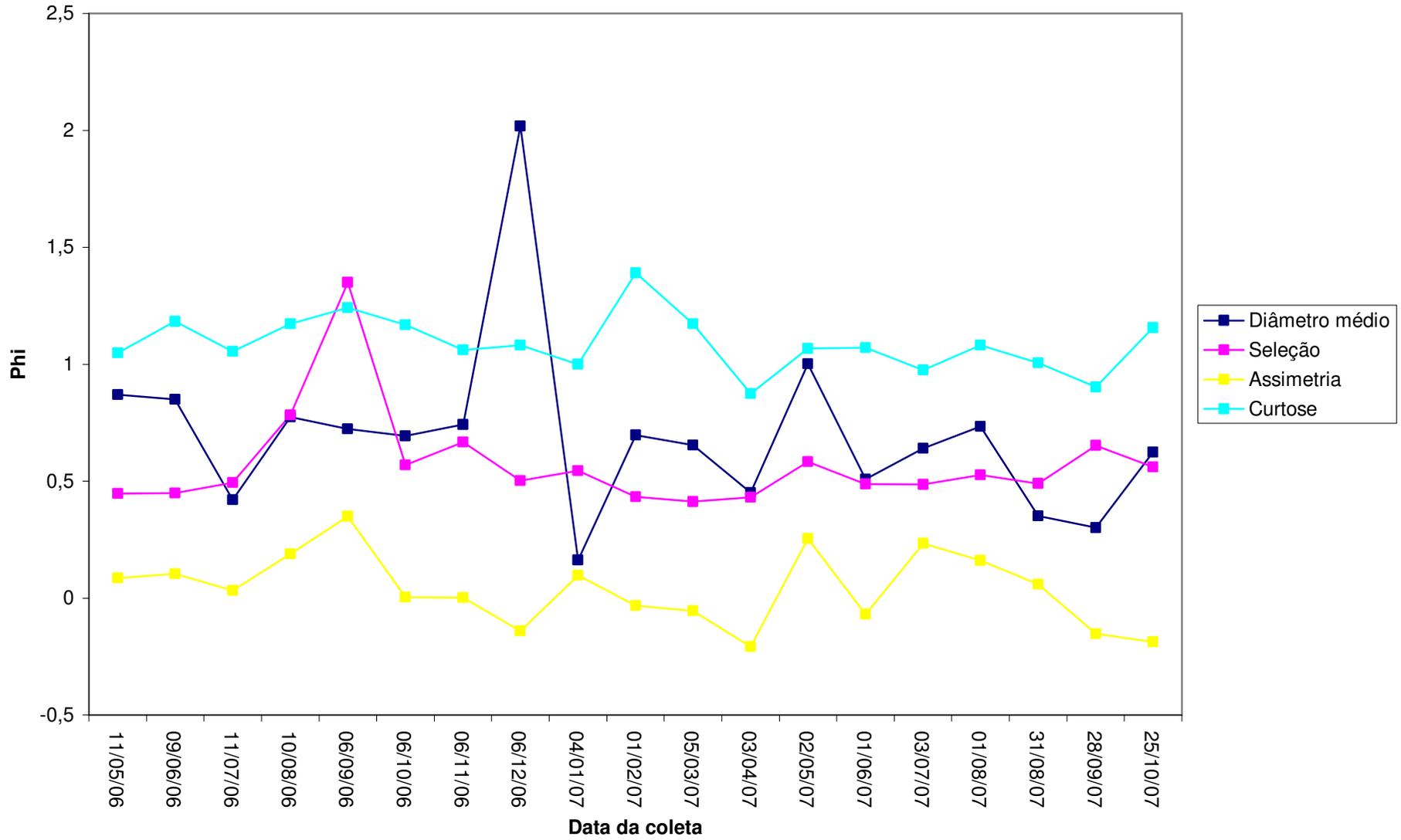


Figura 41 – Resultados dos parâmetros estatísticos dos sedimentos da face da praia do PO4.

#### 5.2.4 Perfil Praial de Equilíbrio – PPE

Estruturas submersas na antepraia, tais como quebra-mares e recifes, influenciam o campo hidrodinâmico e, conseqüentemente, os processos responsáveis pelo transporte sedimentar na região de influência da estrutura. Neste caso, a reflexão da onda na estrutura será o principal processo determinante do perfil praial de equilíbrio na região protegida (Gozález, 1999). Como a região de estudo não possui até o presente momento um mapa batimétrico detalhado, com o qual seria possível identificar a extensão e a profundidade dos recifes submersos, além de informações sobre o número de linhas de recifes presentes na antepraia e sobre o clima de ondas incidentes no local, foi realizado um ensaio com o modelo de perfil de equilíbrio, proposto por Dean, aplicado na praia do Bairro Novo. Embora este modelo não seja o mais adequado para este tipo de configuração da praia, foi a alternativa encontrada diante do acima exposto.

Os perfis praias de Equilíbrio foram calculados a partir dos perfis batimétricos 1,2 e 3 (Figura 42). O limite inferior do perfil é a profundidade de fechamento, que segundo dados da literatura é de 6,5 m para a Região Metropolitana do Recife (Assis, 2007).

Os perfis 1,2 e 3 foram realizados na porção submersa das células 21,22 e 23, respectivamente (mapa 02). Portanto próximos aos perfis PO2, PO3 e PO4.

Os perfis têm em média 708 m de extensão e foi observada a presença de uma feição, sobre a qual a profundidade é reduzida, em todos os perfis. Neste trabalho estas feições são chamadas de recifes de arenito, pelos mesmos serem feições marcantes no litoral de pernambucano. Estas feições, correlatas a recifes de arenito submersos, estão situadas em uma profundidade rasa e chegam a ser visualizados nas fotografias aéreas planas do mapa 02.

Apesar da perda do sinal da ecosonda no perfil 1, entre os 319 m e 400 m, foi possível observar a presença de um recife de arenito, caracterizado no perfil pela redução da profundidade, antes e após a perda após a perda. Isto é corroborado no mapa 02, onde pode-se observar que a perda do sinal realmente ocorreu em cima do recife de arenito.

O perfil 1 apresenta uma declividade suave com o aumento da profundidade. Neste perfil o recife está mais próximo a costa (292 m), com extensão de 160 m e 0,90 m de profundidade.

Os perfis 2 e 3 possuem declividades mais acentuadas. O recife observado no perfil 2 está localizado a 523 m da costa e possui uma extensão de 47 m e profundidade mínima de 2,4 m. No perfil 3 esta feição está a 483 m de distância da costa, tem a extensão de 86,89 m e 1,8 m de profundidade em sua porção mais rasa.

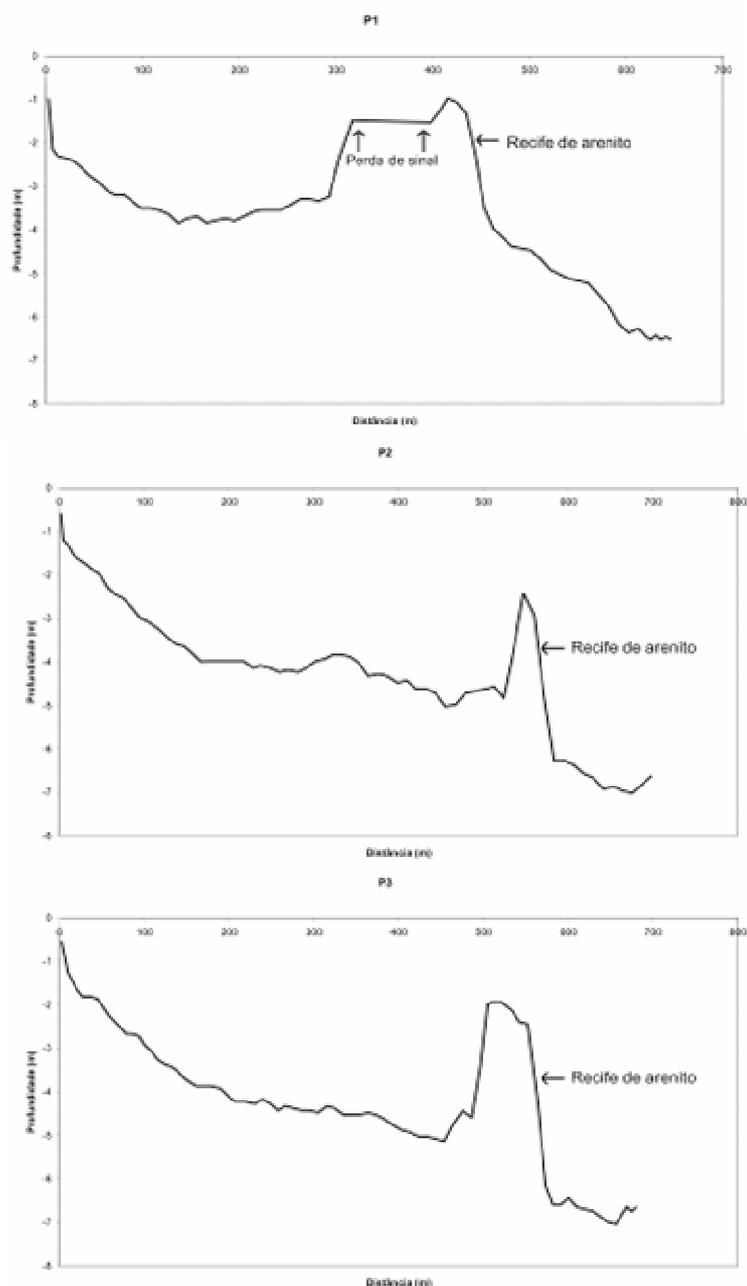
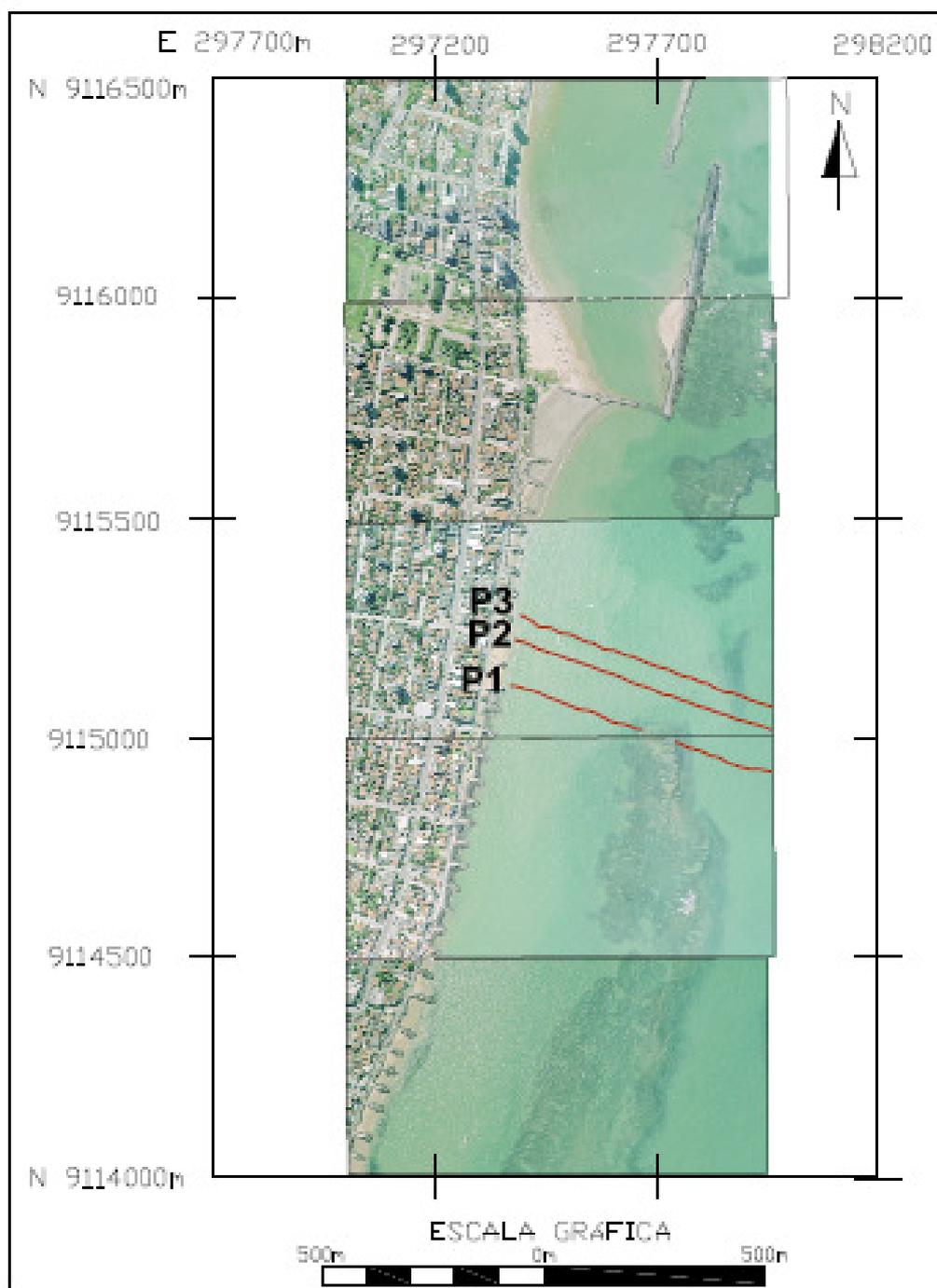


Figura 42 – Perfis batimétricos utilizados para a determinação do Perfil Praial de Equilíbrio.



<p>Coordenadas UTM            Origem da quilometragem            "Equador e Meridiano 33"            Acrescidas as constantes:            10000km e 500km, respectivamente</p>	<p><b>MAPA 02</b>            Localização dos Perfis Batimétricos,            Utilizados na determinação dos PPE da            Praia do Bairro Novo</p>
<p>Datum Horizontal            SAD-69</p>	<p>Dados: Projeto MA/unibase,            Condepe FIDEM.</p>

Foi realizada a análise granulométrica das amostras coletadas com e sem a presença de carbonato de cálcio, com o objetivo de quantificar o teor de carbonatos presente nos sedimentos e observar suas implicações sobre o modelo proposto por Dean. A tabela abaixo apresenta o teor de carbonato de cálcio e o diâmetro médio do grão para cada amostra.

Tabela 05 – Teor de  $\text{CaCO}_3$  e diâmetro médio do grão.

Amostra	Teor de $\text{CaCO}_3$ (%)	Diâmetro médio com $\text{CaCO}_3$ (mm)	Diâmetro médio sem $\text{CaCO}_3$ (mm)
A1 P1	10,96	0,8287	0,6848
A1 P2	13,74	0,3685	0,3464
A1 P3	16,06	0,3418	0,3281

Todas as amostras foram classificadas como areia grossa; e as amostras A1 do perfil 2 e perfil 3 como areia média. A classificação das amostras em relação ao tamanho do grão permaneceu a mesma nas análises feita com e sem a presença de bioclásticos, apesar da alteração do tamanho do diâmetro médio do grão.

A partir do diâmetro médio do grão e através da tabela 3 (capítulo 1), foram obtidos os seguintes valores relativos ao parâmetro escalar  $A$  apresentados abaixo (Tabela 07). O valor obtido para o coeficiente  $m$  foi de 0,57, pois corresponde à potência com melhor ajuste encontrada. Este valor equivale a uma praia com estado modal refletivo, sendo esta praia assim classificada por possui características típicas deste estado: como pequena zona de surfe, areia grossa e com a reserva de areia depositada, principalmente, na porção subaérea da praia.

Tabela 06 – Valores obtidos para o parâmetro escalar  $A$ .

Amostra	Parâmetro $A$ com $\text{CaCO}_3$	Parâmetro $A$ sem $\text{CaCO}_3$
P1 A1	0,1956	0,1826
P2 A1	0,137	0,133
P3 A1	0,133	0,129

A figura 43 apresenta a sobreposição do perfil medido e dos perfis calculados através da equação de Dean (1977).

A análise comparativa entre o perfil medido e o perfil previsto ou PPE, indica que os perfis 1,2 e 3 possuem um déficit de sedimentos, pois o perfil medido apresenta um estoque de sedimentos inferior ao perfil previsto.

O perfil 1 apresenta déficit sedimentar até aproximadamente a profundidade de 4 m, e a partir desta profundidade, próximo ao recife, o perfil está em acresção. Próximo a costa o perfil medido está mais rebaixado (1,16 m), tanto em relação ao perfil com carbonato de cálcio, como ao sem carbonato de cálcio. Este rebaixamento vai diminuindo à medida que a profundidade aumenta, até cerca dos 4 m. Na região em que o perfil está em acresção, foi observada uma elevação máxima de 1,55 para o perfil realizado com carbonato de cálcio e de 1,24 para o perfil realizado sem carbonato de cálcio.

O perfil 2 também apresenta déficit até os 4 m de profundidade e a partir desta profundidade o perfil está em equilíbrio. O maior rebaixamento deste perfil, foi observado em seus 166,00 m de extensão: 1,4 m no perfil sem  $\text{CaCO}_3$  e de 1,32 m no perfil com  $\text{CaCO}_3$ . Portanto o perfil medido está rebaixado aproximadamente 1,4 m em relação ao perfil previsto.

O perfil 3 possui o maior déficit sedimentar em toda a sua extensão. O maior rebaixamento deste perfil, observado em seus 160 m de extensão, foi de 1,52 m, tanto em relação ao perfil com  $\text{CaCO}_3$  e sem  $\text{CaCO}_3$ .

Os PPE determinados com  $\text{CaCO}_3$  apresentaram-se mais rebaixados, à medida que a profundidade aumenta, em relação ao PPE determinado sem  $\text{CaCO}_3$ .

A presença do recife de arenito submerso nos três perfis funciona como um anteparo para as ondas, reduz a sua energia e a sua atuação a forma do perfil da praia. Segundo Manso *et al* (2001), esta variável geológica produz uma suavização do relevo e menor declividade da antepraia, quando comparada às praias sem a presença do recife de arenito, e atua de modo natural na redução dos processos erosivos. Ou seja, essas estruturas funcionam como uma proteção natural para a praia. Sem a sua presença, o déficit de sedimentos dos perfis certamente seria ainda maior.

E apesar do grande acúmulo de sedimentos observado na porção submersa das células 21,22 e 23, os PPE realizados na porção submersa destas, demonstra que o local está com déficit em seu estoque de sedimentos. O que ocorre é que a linha de costa é estabilizada pelo enrocamento aderente e a praia não possui uma reserva de espaço suficiente para o desenvolvimento dos processos costeiros (os

perfis topográficos PO2, PO3 e PO4 demonstraram que a pós-praia foi suprimida em alguns dos meses monitorados), não havendo espaço para a migração natural dos sedimentos ao longo perfil e para a formação de uma pós-praia bem desenvolvida, ficando estes empilhados dando a falsa impressão de que o local tem um grande estoque sedimentar.

Para os três perfis analisados, o perfil medido encontra-se sempre rebaixado em no mínimo 1 m em relação ao perfil calculado. Este rebaixamento do perfil medido foi bastante semelhante, tanto nos perfis calculado com carbonato de cálcio como no calculado sem carbonato de cálcio em suas amostras. Portanto o teor de carbonato de cálcio presente nos sedimentos não influenciou tanto no cálculo do perfil de equilíbrio.

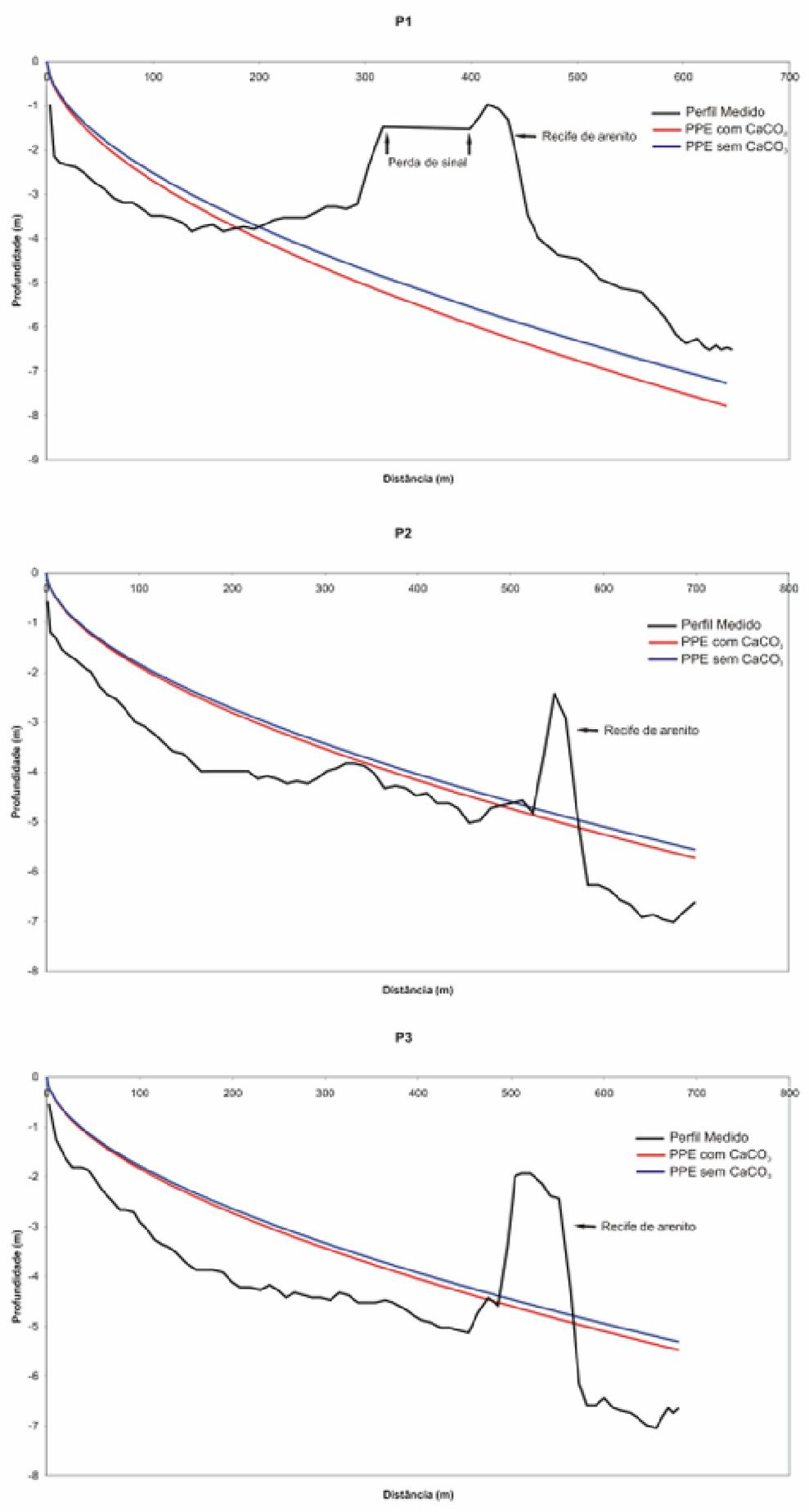


Figura 43 – Sobreposição do perfil medido e dos perfis calculados através da equação de Dean (1977)

### 5.2.5 Caracterização Sedimentar da Praia do Bairro Novo

As características sedimentares ao longo da praia do Bairro Novo foram determinadas com base na média, desvio padrão, assimetria e curtose.

Foram coletadas 20 amostras em 05 de dezembro de 2006, e 22 amostras na coleta realizada em 03 de julho de 2007.

As células que não apresentaram acumulação de sedimentos estão localizadas em sua maioria na região central da área de estudos.

No período seco (05 de dezembro de 2006), não foi possível a coleta de sedimentos em 10 células (1, 2, 11 a 16, 18 e 20), pois mesmo na baixa-mar (0,3) estas não possuíam sedimentos expostos, sendo constituídas apenas por rochas do enrocamento aderente. Na coleta seguinte realizada no período úmido (03 de julho de 2007) já foi possível a coleta de sedimentos nas células 1 e 2, mas não na célula 17, bem como nas demais em que não houve coletada anteriormente.

O tamanho médio dos grãos variou de areia muito fina a areia grossa. Em ambos períodos observa-se que nas células do extremo sul há o predomínio de sedimentos finos, em seguida há um aumento no tamanho do grão (até a célula 6). A partir desta ocorre uma redução no tamanho dos grãos das células 7 à 10. Nas células mais ao norte destas foram encontrados sedimentos mais grossos (areia média e grossa), seguidas de células com sedimentos finos no extremo norte da praia (Figura 44).

Nas células em que ocorreram alteração, no diâmetro médio do grão, entre o período seco e úmido, foi observado um aumento do diâmetro no período úmido, (exceto na célula 27 onde houve a redução de areia média para areia muito fina) o que evidencia um aumento de energia no ambiente neste período.

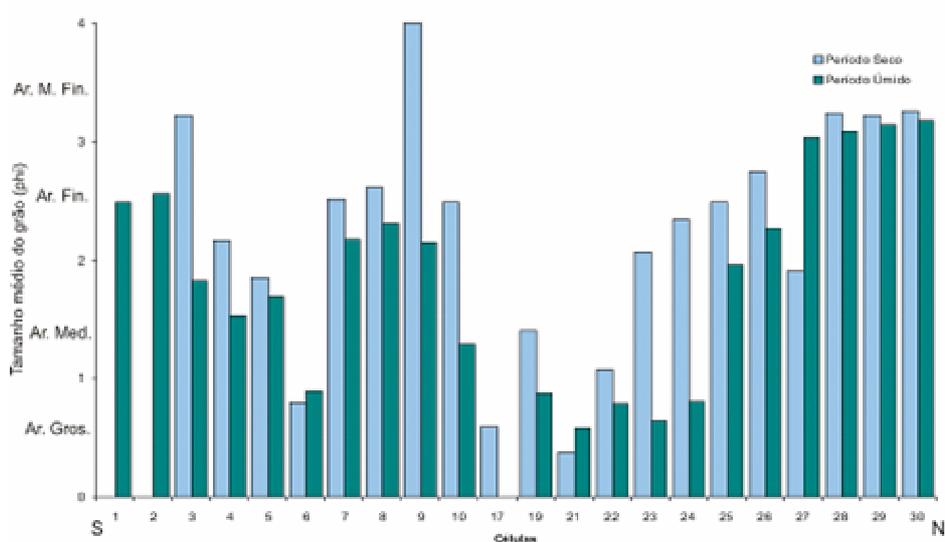


Figura 44 – Tamanho médio do grão nos dois períodos monitorados.

Quanto ao grau de seleção (Figura 43) os sedimentos foram classificados de pobremente selecionadas a bem selecionadas, com a predominância de sedimentos moderadamente selecionados.

As amostras apresentaram predominantemente uma redução do grau de selecionamento do período seco para o período úmido, demonstrando um aumento de energia e redução da competência de selecionamento do agente transportador no período.

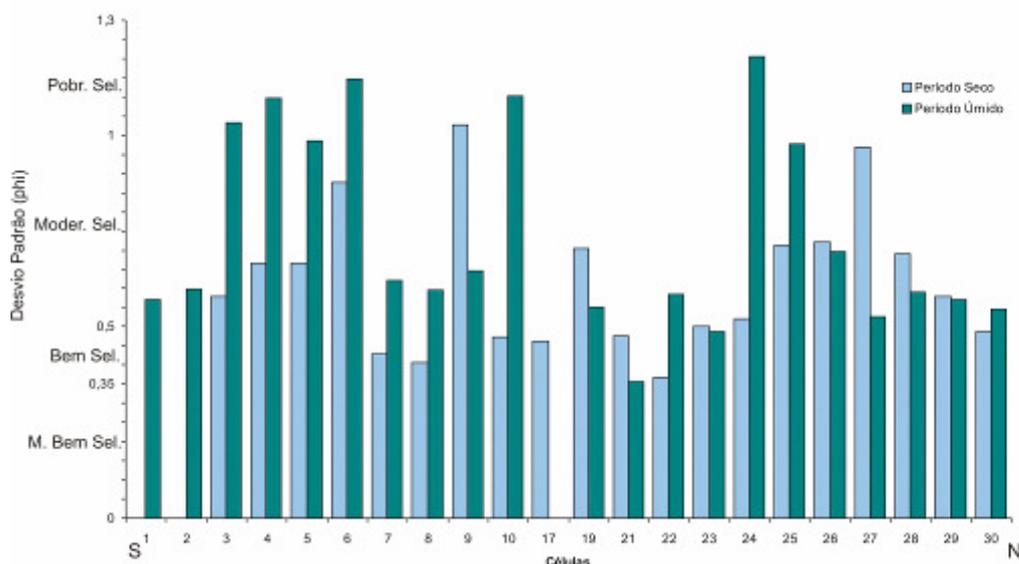


Figura 45 – Grau de seleção dos sedimentos nos dois períodos monitorados.

As distribuições da assimetria variaram de positiva a muito negativa. No período seco predominaram amostras aproximadamente simétricas, negativas e muito negativas. De modo geral, estas amostras sofreram remoção de partículas finas ou ingresso de partículas mais grossas, no período úmido seguinte, sendo estas predominantemente classificadas como negativa e muito negativa (Figura 46). Nos sedimentos de praia, as frações mais finas são retiradas pelo refluxo da onda, por isso é comum encontrarmos distribuições assimétricas negativas (MUEHE, 1995).

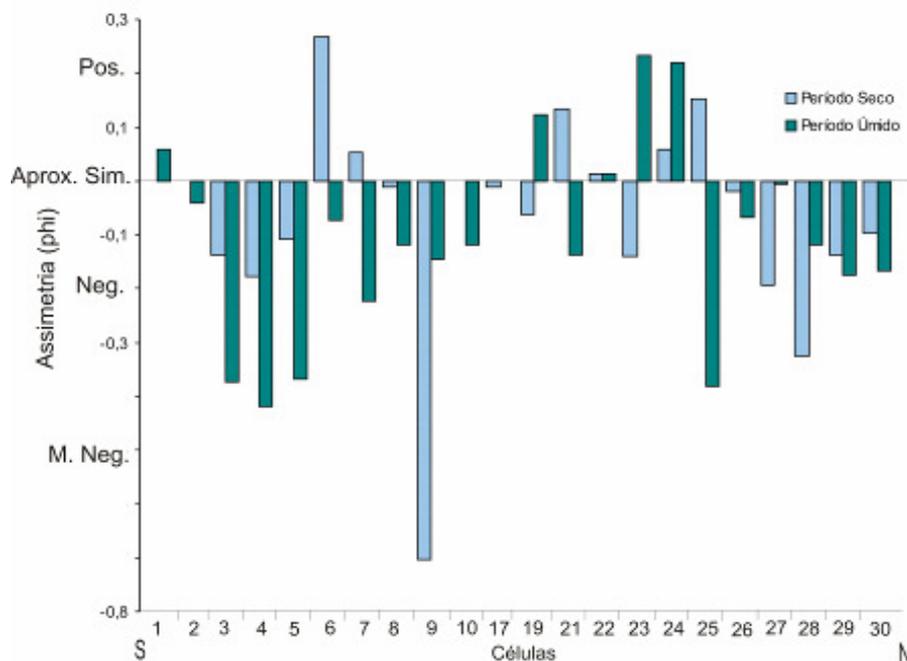


Figura 46 – Assimetria nos dois períodos monitorados.

Em relação à curtose os valores variaram de platícútica a leptocútica, não ocorrendo uma diferenciação pronunciada entre o período seco e úmido. Em ambos os períodos, predominaram distribuições leptocútica e mesocútica (Figura 47).

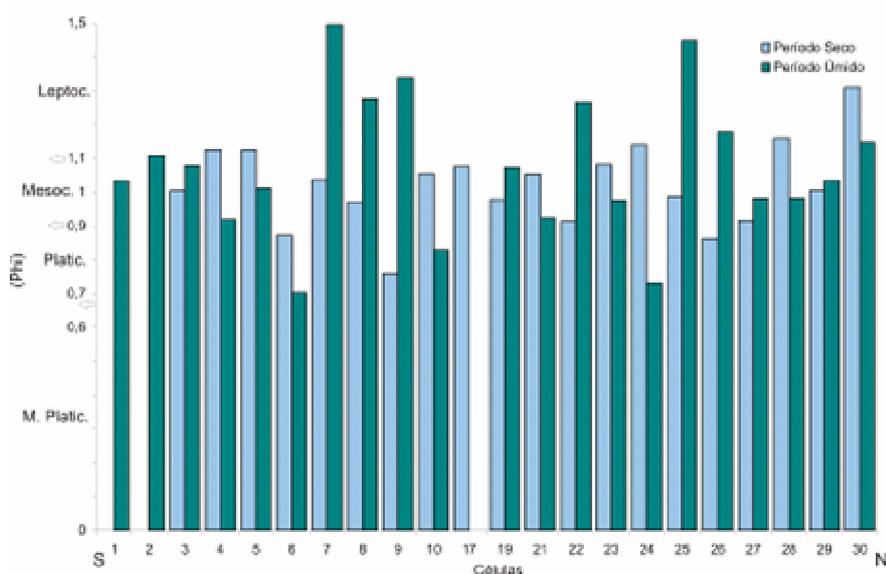


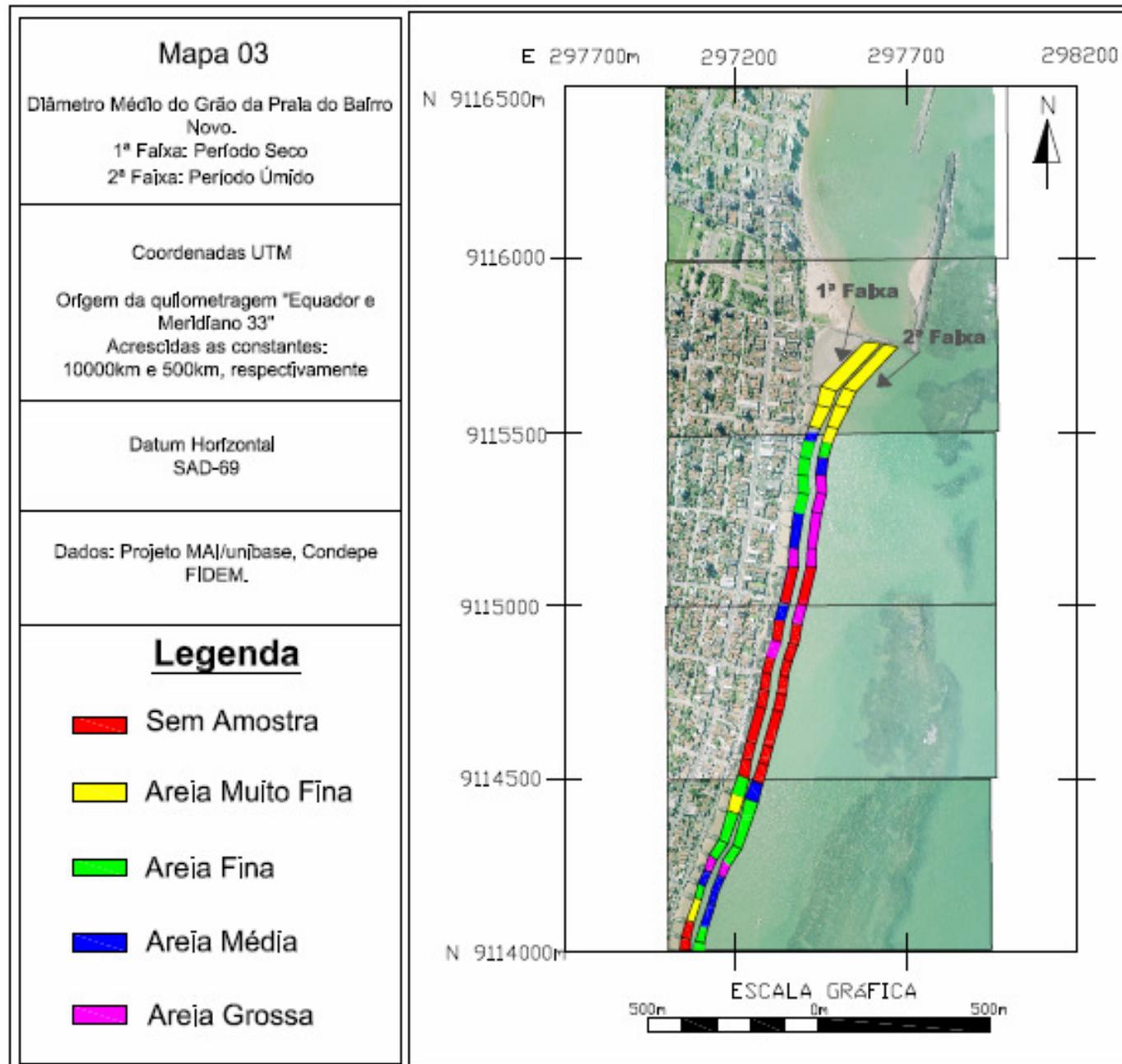
Figura 47 – Curtose nos dois períodos monitorados.

A distribuição espacial das características dos sedimentos ao longo da praia do Bairro Novo está representada no mapa 03. Vale salientar que as fotografias aéreas que foram utilizadas neste mapa foram tiradas em 2004.

As células localizadas no extremo norte da área em estudo (28,29 e 30) apresentaram as menores variações em seus parâmetros granulométricos indicando que nesta região não há grandes variações na energia do ambiente entre o período seco e úmido.

As células localizadas no setor norte (21 a 30) estão localizadas em um trecho onde há aberturas entre os recifes de arenito, o que possibilitaria a entrada de sedimentos mais grossos da plataforma interna. Sendo este o setor que apresentou predominantemente células constituídas por areia grossa e média. As células 28,29 e 30 apresentam areias muito finas em ambos os períodos, e observa-se uma grande deposição na região, principalmente na célula 30, como resultado do prolongamento do espigão 31, que impede o transporte longitudinal de sedimentos.

Das células localizadas no setor sul da praia (1 a 10), apenas as 4, 5 e 6 apresentaram grande acúmulo de sedimentos capaz de cobrir as rochas do enrocamento aderente.



### 5.2.6 Sumário dos Resultados

O PO2, localizado mais ao sul, demonstrou uma tendência erosiva durante o período monitorado, apresentando um balanço sedimentar negativo e um rebaixamento do perfil quando comparados os perfis monitorados na mesma época em 2006 com os de 2007. O mesmo ocorre com o volume sedimentar que apresentou valores menores em 2007 em relação a 2006.

Apesar das grandes variações morfológicas do perfil observadas no PO3, este possui rápida recuperação em sua forma. Quando há a recuperação do perfil, apresenta uma forma morfológica estável, na região da praia, e do volume de sedimentos perdidos por causa da influência do escoamento de água pluvial próximo ao perfil. Isto pode indicar que estes sedimentos não saem do sistema, são remobilizados para porção submersa e retornam logo em seguida ao perfil.

O PO4 foi o perfil mais estável da praia do Bairro Novo, e apresentou a região da pós-praia mais estável e desenvolvida. Foi o único com balanço sedimentar positivo.

Os perfis da praia do Bairro Novo apresentaram predominantemente areia grossa durante o monitoramento.

Os Perfis Praias de Equilíbrio determinado para os perfis 1,2 e 3 revelaram que estes perfis apresentam déficit em seu estoque de sedimentos, principalmente até a profundidade de 4m. O perfil medido encontra-se sempre rebaixado em no mínimo 1 m em relação ao perfil calculado. Os recifes de arenito submersos presentes nos perfis têm um importante papel na proteção dessas praias, atuando na redução dos processos erosivos, e certamente sem a sua presença, os perfis se encontrariam mais rebaixados.

Este rebaixamento do perfil medido foi bastante semelhante, tanto nos perfis calculado com carbonato de cálcio como no calculado sem carbonato de cálcio em suas amostras. Portanto o teor de carbonato de cálcio presente nos sedimentos não influenciou tanto no cálculo do perfil de equilíbrio.

O P3 apresentou o perfil medido mais rebaixado em relação ao perfil previsto. O maior déficit de sedimentos deste pode explicar a morfologia bastante estável e o balanço sedimentar positivo, observado durante o monitoramento dos perfis topográficos (PO4) realizados na porção subaérea da desta célula.

Foi observada uma distinção entre os sedimentos do período seco e úmido, coletados ao longo da praia do Bairro Novo. No período úmido ocorreu o aumento do tamanho do grão e a redução do grau de selecionamento dos sedimentos, em relação ao período seco. O que sugere um aumento de energia do ambiente, o que possibilitou a chegada de grãos mais grossos, e conseqüentemente, a redução da competência de selecionamento do agente transportador no período.

As células com maior volume sedimentar são constituídas por areia média e areia grossa. As células com menor acúmulo sedimentar são formadas predominantemente por sedimentos finos (areia fina e areia muito fina).

Na porção central da praia do Bairro Novo, está localizada a maioria das células que não apresentam deposição de sedimentos. No setor norte estão localizadas as células que possuem os sedimentos de composição mais grossa. Neste trecho há aberturas entre os recifes de arenito, o que possibilitaria a entrada de sedimentos mais grossos da plataforma interna.

## 6 CONCLUSÕES

Embora as praias do Carmo e do Bairro Novo sejam protegidas por obras de engenharia costeira estas apresentaram erosão durante o monitoramento. E as praias não apresentam um perfil praiial típico, o que há no local é apenas uma acumulação de sedimentos e não o desenvolvimento de um ambiente praiial. Estas também não desempenham com eficácia a sua função ambiental de proteção da costa, pois não há reserva de espaço para os recuos naturais da linha de costa, principalmente na praia do Bairro Novo; e de sedimentos suficientes para a manutenção do balanço sedimentar equilibrado.

Os perfis monitorados na praia do Carmo indicaram que o quebra-mar protege de forma desigual esta praia. Os perfis PO1a e PO1c foram erodidos em 2007, apresentando um menor volume sedimentar neste ano e recuo da praia superior. Os sedimentos erodidos deste perfil provavelmente estão sendo depositados no PO1b (perfil central), uma vez que este apresentou uma grande progradação da linha de costa e um balanço sedimentar positivo. Portanto a saliência, a qual está praia foi reduzida, está crescendo em sua porção central com os sedimentos oriundos da sua borda.

Os espigões da praia do Bairro Novo, também não atuam de forma homogênea ao longo desta praia. Nas células localizadas em sua porção central não há o acúmulo de sedimentos. No setor norte há o maior número de células que acumulam grandes volumes de sedimentos entre os espigões. Isto sugere que a distribuição sedimentar ao longo desta praia é resultado de outros fatores, como por exemplo, a presença ou a ausência de recifes de arenito e o ângulo de incidência da onda. Portanto, para a melhor compreensão dos fatores que controlam a deposição de sedimentos nas células da praia do Bairro Novo e da eficiência de seus espigões, sugere-se o levantamento da batimetria e da sedimentologia da plataforma adjacente, bem como o entendimento de como os recifes de arenito submersos modificam a propagação das ondas incidentes.

Mesmo tendo sido observado um grande acúmulo de sedimentos na porção subaérea das células (21,22 e 23), os perfis de equilíbrio demonstram que o local está com déficit em seu estoque de sedimentos. O que ocorre, é que a linha de

costa é estabilizada pelo enrocamento aderente e a praia não possui uma reserva de espaço suficiente para o desenvolvimento dos processos costeiros. Os perfis topográficos PO2, PO3 e PO4 (também realizados nestas células) demonstraram que a pós-praia foi suprimida em alguns dos meses monitorados, e com isso não há espaço para a migração natural dos sedimentos ao longo perfil e para a formação de uma pós-praia bem desenvolvida. Os sedimentos ficam empilhados, dando a falsa impressão de que o local tem um grande estoque sedimentar.

As maiores variações morfológicas nos perfis da praia do Carmo foram acompanhadas por variações nas características sedimentares dos grãos. Já na praia do Bairro Novo, as variações em sua morfologia não foram acompanhadas por variações em seus sedimentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, R. de C. B. **As praias e os dias**: história social das praias do Recife e de Olinda. Recife: Fundação de Cultura Cidade do Recife, 2007.

ARAÚJO, T. C. M.; SILVA, V. B.; CARVALHO, J. A. DE . Classificação da Tipologia da Orla da Cidade de Olinda-PE: delimitação e caracterização. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, p. 27-32, 2006.

\_\_\_\_\_. A plataforma continental de Pernambuco: feições indicativas de paleoníveis do mar durante o quaternário superior. In: Anais do X Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Guarapari, 2005. 1 CD – ROM.

\_\_\_\_\_; SEOANE, J. C. S.; COUTINHO, P. N. . Geomorfologia da Plataforma Continental de Pernambuco. In: ESKINAZI-LEÇA, E. et al (Orgs.). **Oceanografia - Um cenário tropical**. 1 ed. Recife: Editora Bagaço, 2004. p. 39-57.

ASSIS, H. M. B. Influência da Hidrodinâmica das Ondas no Zoneamento Litorâneo e na Faixa Costeira Emersa entre Olinda e Porto de Galinhas, PE. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

CAMARGO, M. G. SYSGRAN para Windows: Sistema de análises granulométricas. Versão 2.4. 1999.

CAPOBIANCO, M. et al. Nourishment design and evaluation: applicability of model concepts. **Coastal Engineering**. [S.l.], v. 47, p. 113-135, 2002.

CARNEIRO, M. C. de S. **Tecnologias da geoinformação no monitoramento da erosão costeira – estudo a partir de Olinda**. 209 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

COMISSÃO EUROPEIA, 2006, Luxemburgo. **Viver com a erosão costeira na Europa**: sedimentos e espaços para sustentabilidade. Serviço das publicações oficiais das comunidades Europeias. WMB Comissão Europeia

DEAN, R. G.; HEALY, T. R.; DOMMERHOLT, A. P. A “blind-folded” test of equilibrium beach profile concepts with New Zealand data. **Marine Geology**. Amsterdam, v. 109, p. 253-266, 1993.

GONZÁLEZ, M. et al. Equilibrium beach profile model for perched beaches. **Coastal Engineering**. [S.l.]. v. 36, p. 343–357, 1999

HOEFEL, F. G. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas, uma revisão bibliográfica**. Itajaí: Univali, 1998. 92 p.

LARSON, M. et al. Equilibrium beach profiles under breaking and non-breaking waves. **Coastal Engineering**. [S.l.]. v. 36, p. 59-85, 1999.

LGGM. **Estudos da erosão marinha na praia da Boa Viagem**. Relatório Técnico, Convênio ENLURB/FADE/LGGM – UFPE. Recife, 1995.

LGGM. **Monitoramento do litoral de Olinda**. Relatório Técnico 3 v., Convênio PMO/LGGM – UFPE. Recife, 1999.

LIRA, A. R. A. **Caracterização morfológica e vulnerabilidade do litoral entre as praias de Enseadinha e Maria Farinha, Paulista – PE**. 96 f. Dissertação (Mestrado em geociências) – Departamento de Oceanografia, – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1997.

MANSO, V. A. V. et al. Perfil praias de equilíbrio da praia de Sirinhaém, Pernambuco. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. [S.l.], v. 2, n. 1, p. 45-49, 2001.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: GUERRA, Antônio J. T.; CUNHA, Sandra B. (Orgs.) **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 253-308.

MULLER, J.; WÜST, R. A.J.; HEARTY P. J. Sediment transport along an artificial shoreline: "The Strand",Townsville. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. NE-Queensland; Australia. v. 66, p 204-210, 2006.

PEDROSA, F. J. de A. **Aspectos da evolução da linha de de costa e da paisagem litorânea do município de Olinda entre 1915 e 2004**: evidências do tecnógeno em Pernambuco. 2007.140 f. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar e Ambiental) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

PEREIRA, L. C. C. **Hidrodinâmica e sedimentologia da praia de Casa Caiada, PE**. 92 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1998.

READING, H. G; COLLINSON, J. D. **Clastic coast**. In: Reading, H. G. (Ed). *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*. 3ª Ed. Oxford: Blackwell Science. 1976.

RECIFE, Olinda e Paulista em alerta. **Jornal do Comércio**, Recife, 30 ago. 2007. Disponível em: <<http://www.jconline.com.br>>. Acesso em: 31 ago. 2007

STIVE, M. J. F. et al. Variability of shore and shoreline evolution. **Coastal Engineering**. [S.l.], v. 47, p. 211-235, 2002.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Edgar Blücher, 1973. 312 p.

SWALES, A. Geostatistical Estimation of short-term changes in beach morphology and sand budget. **Journal of Coastal Research**. West Palm Beach, v 18(2), p 338-351, 2002.

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

VELOSO, J. das F. **Considerações sobre a análise granulométrica de sedimentos praias**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)