

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

RENATA STELZER SABAINI

**DETERMINAÇÃO DA TAXA DE TRANSPORTE DE
SEDIMENTOS NA ZONA DE ESPRAIAMENTO DE UM
TRECHO DA PRAIA DE CAMBURI, VITÓRIA-ES**

VITÓRIA

2008

RENATA STELZER SABAINI

**DETERMINAÇÃO DA TAXA DE TRANSPORTE DE
SEDIMENTOS NA ZONA DE ESPRAIAMENTO DE UM
TRECHO DA PRAIA DE CAMBURI, VITÓRIA-ES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

Área de Concentração: *Recursos Hídricos*

Orientador: Prof. Dr. Julio Tomás Aquije Chacaltana

VITÓRIA

2008

Sabaini, Renata Stelzer

Determinação da taxa de transporte de sedimentos na zona de espraiamento de um trecho da praia de Camburi, Vitória-ES. Vitória, 2008. 114p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação Engenharia Ambiental.

1. Taxa de transporte 2. Espraiamento 3. Bagnold. 4. Mudança morfodinâmica

RENATA STELZER SABAINI

**DETERMINAÇÃO DA TAXA DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS NA
ZONA DE ESPRAIAMENTO DE UM TRECHO DA PRAIA DE
CAMBURI, VITÓRIA-ES**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: _____

Prof. Dr. Julio Tomás Aquije Chacaltana, UFES

Doutor pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Jacqueline Albino, Departamento de Ecologia e Recursos Naturais (UFES) – Examinador interno

Prof. Dr. Guilherme Borges Fernandez, Instituto de Geografia (UFF) – Examinador externo

Coordenador do PPGEE: _____

Prof. Dr. Julio T. A. Chacaltana

Vitória, Agosto 2008.

Agradecimentos

À Deus, que me deu essa grande oportunidade de continuar confiante e sempre em frente sem desistir.

Ao Prof. Dr. Julio, pelos ensinamentos passados com muita confiança de que seriam bem aplicados, e disponibilidade em ajudar e acompanhar de perto todo o processo de composição da dissertação.

À Prof.^a Dr.^a Jacqueline Albino pelo apoio desde os tempos de graduação e desempenho em cooperar na execução dos levantamentos de campo, com a disposição de tempo, material e pessoal de apoio nas atividades.

Aos amigos de laboratório, que sempre estiveram juntos, principalmente nos momentos complicados como a realização das campanhas de campo, quando poderiam estar em casa e estiveram junto comigo, obrigada pelo apoio!

Aos muitos voluntários que também participaram das campanhas, principalmente os amigos pessoais que martelaram o dedo e perderam chapéu para o mar, vocês também são lembrados com imenso carinho.

À minha família, pai, mãe e irmã, que desde sempre me apoiou nessa jornada que ainda não acabou em especial meu filho que é tão importante para mim e sabe que tudo é por ele.

Ao meu namorado que sempre presente, mesmo quando estava longe, me ajudou a continuar e a terminar, gastando seu tempo com minhas complicações para resolver, te amo muito.

À minha família de Vitória, que me acolhe há tanto tempo e sempre fez com que eu me sentisse em casa, mesmo longe dela.

Ao DERN por ter cedido seu laboratório e materiais, à FAPES que financiou o projeto e o CNPq que financiou a bolsa de estudos, o apoio financeiro sempre é muito importante, sem ele não seria possível a conclusão.

A todos vocês meu muito obrigada!!!

RESUMO

A ação das ondas no transporte de sedimentos na zona de espraiamento foi estudada. O presente trabalho calculou, através de dados experimentais, as taxas de transporte de sedimentos na zona de espraiamento de um trecho da praia de Camburi, Vitória-ES. Os resultados obtidos foram utilizados também para mostrar o desempenho do modelo energético de Bagnold em prever as taxas de transporte de nesta região. As taxas experimentais foram calculadas através da observação das mudanças morfodinâmicas na zona de espraiamento durante os 10 minutos iniciais de cinco eventos consecutivos. Foram coletados dados altura e direção das ondas incidentes. Para suprir o modelo a ser testado, dados de velocidade da onda no espraiamento e inclinação da praia também foram coletados. A velocidade medida para este estudo foi a velocidade média longitudinal de um ciclo de espraiamento. As taxas de transporte encontradas experimentalmente variaram de $-0,076 (Kg/s)/A$ a $0,079 (Kg/s)/A$ e os valores encontrados com a aplicação do modelo analítico escolhido tiveram coeficientes de correlação de $r = 0,15$; $r = 0,31$; $r = 0,41$, $r = 0,54$ e $r = 0,82$. Foram avaliadas taxas significativas de transporte de sedimentos na região em questão. O modelo representou melhor as taxas de transporte experimentais negativas do que as positivas.

ABSTRACT

The action of the waves in the transport of sediment in the swash zone was studied. The present work calculated through experimental data the taxes of transport of sediment in the swash zone of a stretch of Camburi beach, Vitória-ES. The gotten results had also been used to show the performance of the energetic model of Bagnold in foreseeing the taxes of transport of in this region. The experimental taxes had been calculated through the statement of the morfodinamics changes in the swash zone during the 10 initial minutes of five consecutive events. It was collected data to height and direction of the incident waves. To supply the model to be tested, data of speed of the wave in the swash and inclination of the beach had been also collected. The speed measured for this study was the longshore average speed of a swash cycle. The transport taxes found experimentally varied of $-0,076(Kg/s)/A$ to $0,079(Kg/s)/A$ and the values found with the application of the chosen analytical model had coefficients of correlation of $r = 0,11$; $r = 0,31$; $r = 0,41$, $r = 0,54$ and $r = 0,82$. Significant taxes of transport of sediment in the region in question had been evaluated. The model better represented the negative experimental taxes of transport of what the positive.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Sub-ambientes praias e suas delimitações. Fonte: modificado de Albino, 1999.....	20
Figura 3.2: Estados morfodinâmicos segundo a escola australiana de geomorfologia costeira. Fonte: adaptado de Wright & Short, 1984, apud Muehe, 1996.....	22
Figura 4.1: Imagem de satélite da área de estudo: Praia de Camburi, situada na Baía do Espírito Santo, Vitória –ES. Fonte: modificado por Renata Sabaini, de Embrapa, 2005.....	32
Figura 4.2: Distribuição das freqüências das alturas de ondas significativas nas proximidades do porto de Tubarão, Vitória (acima). Distribuição das freqüências dos períodos nas proximidades do porto de Tubarão, Vitória, ES (abaixo). Fonte: Adaptado de Albino (1999).	34
Figura 4.3: Batimetria da região da Baía do Espírito Santo. Fonte: Chacaltana et al, 1999.....	35
Figura 4.4: Foto mostrando as cúspides da Praia de Camburi. Fonte: Flávio Santos, 2004.....	36
Figura 4.5: Esquema da formação das células de correntes de retorno, transversais à praia. Fonte: Muehe (1993).....	36
Figura 4.6: Padrão de chegada das ondas na Baía do Espírito Santo, no qual as setas indicam o sentido e a direção do trem de ondas e as cores indicam a altura das ondas, sendo: a figura superior o padrão de entrada de ondas de NE (45° a partir do N, 0°); a figura central, o padrão de chegada das ondas de E-SE (105° a partir do N, 0°); e a figura inferior, o padrão de chegada das ondas de S-SE (170° a partir do N, 0°). Fonte: modificado de Albino et al. (2001).....	38
Figura 4.7: Mapa faciológico da Baía do Espírito Santo. Identificando material litoclástico (tons de azul), material misto (tons de verde) e material bioclástico (tons de vermelho). FONTE: ALBINO et al. (2001a).....	40

Figura 4.8: Mapa da praia de Camburi apresentando os três setores distintos quanto à presença de cúspides, com enfoque para o desenvolvimento de uma corrente de retorno no setor 2. Modificado de: Leão, 2005.....	41
Figura 5.1: Esquema representativo da disposição das balizas graduadas. A distância entre as balizas é de 0,5m.....	44
Figura 5.2: Foto da execução do trabalho de leitura do nível de sedimentos nas balizas graduadas. Foto: Sabaini, R. S., março 2008.....	45
Figura 5.3: Disposição das balizas graduadas na zona de espraiamento da praia de Camburi. Foto: Becalli, L. março 2008.....	45
Figura 5.4: Representação dos 9 perfis transversais em que foram dispostas as estacas na zona de espraiamento (em vermelho). Os pontos em verde mostram os locais em que foram realizados os perfis topográficos, as linhas não são mostradas para evitar a poluição do mapa.....	47
Figura 6.1: Morfologia do trecho da praia escolhido para determinação do transporte de sedimentos no espraiamento.....	51
Figura 6.2: Perfil transversal 1, com medições realizadas no dia 19/03/2008.....	51
Figura 6.3: Variação do nível de sedimentos nas 20 estacas dispostas na zona de espraiamento do perfil 1.....	55
Figura 6.4: Variação do nível de sedimentos nas 19 estacas dispostas na zona de espraiamento do perfil 2.....	57
Figura 6.5: Variação do nível de sedimentos nas 21 estacas dispostas na zona de espraiamento do perfil 3.....	59
Figura 6.6: Variação do nível de sedimentos nas 21 estacas dispostas na zona de espraiamento do perfil 4.....	61
Figura 6.7: Variação do nível de sedimentos nas 27 estacas dispostas na zona de espraiamento do perfil 5.....	63
Figura 6.8: Variação do nível de sedimentos nas 27 estacas dispostas na zona de espraiamento do perfil 6.....	65
Figura 6.9: Variação do nível de sedimentos nas 27 estacas dispostas na zona de espraiamento do perfil 7.....	67

Figura 6.10: Variação do nível de sedimentos nas 25 estacas dispostas na zona de espriamento do perfil 8.....	69
Figura 6.11: Variação do nível de sedimentos nas 25 estacas dispostas na zona de espriamento do perfil 9.....	71
Figura 6.12: Variação espacial do nível de sedimentos encontrado no trecho estudado no primeiro evento (14:00), a escala é apresentada em centímetros. A faixa superior em marrom não estava, no momento do evento, sendo alcançada pelas ondas e a inferior em azul encontrava-se coberta pela maré.	72
Figura 6.13: Variação espacial do nível de sedimentos encontrado no trecho estudado no segundo evento (14:50) a escala é apresentada em centímetros. A faixa superior em marrom não estava, no momento do evento, sendo alcançada pelas ondas e a inferior em azul encontrava-se coberta pela maré.	73
Figura 6.14: Variação espacial do nível de sedimentos encontrado no trecho estudado no terceiro evento (15:40), a escala é apresentada em centímetros. A faixa superior em marrom não estava, no momento do evento, sendo alcançada pelas ondas e a inferior em azul encontrava-se coberta pela maré.	74
Figura 6.15: Variação espacial do nível de sedimentos encontrado no trecho estudado no quarto evento (16:30), a escala é apresentada em centímetros. A faixa superior em marrom não estava, no momento do evento, sendo alcançada pelas ondas e a inferior em azul encontrava-se coberta pela maré.	75
Figura 6.16: Variação espacial do nível de sedimentos encontrado no trecho estudado no quinto e último evento (17:20), a escala é apresentada em centímetros. A faixa superior em marrom não estava, no momento do evento, sendo alcançada pelas ondas e a inferior em azul encontrava-se coberta pela maré.....	76
Figura 6.17: Comparação entre as taxas de transporte medidas (experimental) e estimadas analiticamente (BBB). $r= 0,15$	83
Figura 6.18: Comparação entre as taxas de transporte medidas (experimental) que apresentaram valores de ganho (positivos) e estimadas analiticamente (BBB) para os mesmos pontos. $r= 0,31$	84

Figura 6.19: Comparação entre as taxas de transporte medidas (experimental) que apresentaram valores de perda (negativos) e estimadas analiticamente (BBB) para os mesmos pontos, porém com sinal invertido. $r = 0,54$	85
Figura 6.20: Comparação entre todas as taxas de transporte medidas (experimental) e estimadas analiticamente (BBB) considerando que o modelo analítico seria capaz de prever valores erosionais (negativos) quando o experimental mostra esta tendência. $r = 0,82$	86
Figura 6.21: Comparação entre o módulo de todas as taxas de transporte medidas (experimental) e estimadas analiticamente (BBB) $r = 0,41$	87
Figura 9.1: Perfil transversal 2, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	98
Figura 9.2: Perfil transversal 3, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	98
Figura 9.3: Perfil transversal 4, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	98
Figura 9.4: Perfil transversal 5, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	99
Figura 9.5: Perfil transversal 6, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	99
Figura 9.6: Perfil transversal 7, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	99
Figura 9.7: Perfil transversal 8, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	100
Figura 9.8: Perfil transversal 9, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	100
Figura 9.9: Perfil transversal 10, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	100
Figura 9.10: Perfil transversal 11, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	101
Figura 9.11: Perfil transversal 12, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	101
Figura 9.12: Perfil transversal 13, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	101
Figura 9.13: Perfil transversal 14, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	102
Figura 9.14: Perfil transversal 15, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	102
Figura 9.15: Perfil transversal 16, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	102
Figura 9.16: Perfil transversal 17, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	103
Figura 9.17: Perfil transversal 18, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	103
Figura 9.18: Perfil transversal 19, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	103

Figura 9.19: Perfil transversal 20, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	104
Figura 9.20: Perfil transversal 21, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	104
Figura 9.21: Perfil transversal 22, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	104
Figura 9.22: Perfil transversal 23, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	105
Figura 9.23: Perfil transversal 24, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	105
Figura 9.24: Perfil transversal 25, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	105
Figura 9.25: Perfil transversal 26, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	106
Figura 9.26: Perfil transversal 27, com medições realizadas no dia 19/03/2008.	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Descrição da hidrodinâmica da zona de espraiamento em praias com formação de cúspides praias. Fonte: Adaptado de Masselink & Pattiaratchi (1998).....	24
Tabela 6.1: Dados de onda coletados durante as leituras do nível de sedimentos..	52
Tabela 6.2: Tabela indicativa dos horários de medições realizadas e coloração representativa nos gráficos.	53
Tabela 6.3: Volumes de sedimentos calculados experimentalmente em m^3/s por unidade de área.	77
Tabela 6.4: Volumes de sedimentos calculados através da equação de Bagnold (1963) em m^3/s por unidade de área. Os eventos que apresentam valores sublinhados não possuem dados de velocidade coletados em campo e por isso foram calculados a partir de uma velocidade que melhor representa os valores experimentais; por esse motivo, não são utilizados nos gráficos comparativos.	78
Tabela 6.5: Volumes de sedimentos calculados experimentalmente em Kg/s por unidade de área.	79

Tabela 6.6: Volumes de sedimentos calculados através da equação de Bagnold (1963) em Kg/s por unidade de área. Os eventos que apresentam valores sublinhados não possuem dados de velocidade coletados em campo e por isso foram calculados a partir de uma velocidade que melhor representa os valores experimentais; por esse motivo, não são utilizados nos gráficos comparativos. 80	
Tabela 6.7: Volumes de sedimentos calculados experimentalmente para cada sessão representativa dos perfis.....	81
Tabela I.1: Valores das leituras realizadas nas estacas correspondentes ao Perfil 1. $\tan \beta = 0,158$	107
Tabela I.2: Valores das leituras realizadas nas estacas correspondentes ao Perfil 2. $\tan \beta = 0,128$	108
Tabela I.3: Valores das leituras realizadas nas estacas correspondentes ao Perfil 3. $\tan \beta = 0,128$	109
Tabela I.4: Valores das leituras realizadas nas estacas correspondentes ao Perfil 4. $\tan \beta = 0,058$	110
Tabela I.5: Valores das leituras realizadas nas estacas correspondentes ao Perfil 5. $\tan \beta = 0,128$	111
Tabela I.6: Valores das leituras realizadas nas estacas correspondentes ao Perfil 6. $\tan \beta = 0,121$	112
Tabela I.7: Valores das leituras realizadas nas estacas correspondentes ao Perfil 7. $\tan \beta = 0,110$	113
Tabela I.8: Valores das leituras realizadas nas estacas correspondentes ao Perfil 8. $\tan \beta = 0,109$	114
Tabela I.9: Valores das leituras realizadas nas estacas correspondentes ao Perfil 9. $\tan \beta = 0,205$	115
Tabela I.10: Planilha de campo utilizada para leitura da velocidade longitudinal do escoamento na zona de espraiamento.	116

LISTA DE SÍMBOLOS

I_b - taxa de transporte de fundo por unidade de largura de fundo;

u - velocidade do fluido;

\mathcal{E}_b - fator de eficiência de carga de fundo;

β - declividade do leito;

ϕ - ângulo de fricção interna dos sedimentos;

c_f - fator de fricção;

ρ - massa específica do fluido.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS.....	12
LISTA DE SÍMBOLOS	14
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS.....	19
2.1. Objetivo geral	19
2.2. Objetivos específicos	19
3. ESPRAIAMENTO	20
3.1. Definições e Processos de Praia.....	20
3.2. Mobilização dos sedimentos	25
3.3. Os Modelos de transporte de sedimentos.....	26
3.4. Publicações direcionadas ao espriamento	29
4. ÁREA DE ESTUDO	32
4.1. Clima e oceanografia	32
4.1.1. Clima	32
4.1.2. Oceanografia.....	33
4.2. Alterações da praia de Camburi e sua morfodinâmica.....	38
5. METODOLOGIA	42
5.1. Experimental	42
5.1.1. Procedimentos de campo.....	42
5.1.1.1. Perfil de praia.....	42
5.1.1.2. Determinação das taxas de transporte	42
5.1.1.3. Altura e direção de onda incidente.....	48

5.2.	O Modelo de Bagnold (1963; 1966)	49
5.2.1.1.	Velocidade do escoamento	50
6.	RESULTADOS	51
6.1.	Perfil de praia	51
6.2.	Dados de onda	52
6.3.	Variação local no nível de sedimentos	53
6.3.1.	Perfil 1	54
6.3.2.	Perfil 2	56
6.3.3.	Perfil 3	58
6.3.4.	Perfil 4	60
6.3.5.	Perfil 5	62
6.3.6.	Perfil 6	64
6.3.7.	Perfil 7	66
6.3.8.	Perfil 8	68
6.3.9.	Perfil 9	70
6.4.	Variação espacial no nível de sedimentos	72
6.5.	Taxas de transporte	77
7.	DISCUSSÃO	88
8.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	91
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
I.	APÊNDICE	98

1. INTRODUÇÃO

As praias oceânicas são importantes áreas recreacionais em torno das quais se concentram importantes atividades turísticas e comerciais, envolvendo grandes quantias de recursos humanos e financeiros (HOEFEL & KLEIN, 1998). A hidrodinâmica das ondas e correntes, e os mecanismos associados ao transporte de sedimentos são muito complexos na zona costeira (ELFRINK, 1997). O presente trabalho se concentra no transporte de sedimentos de uma importante região da zona costeira, a zona de espraiamento.

Segundo Masselink & Puleo (2006) a zona de espraiamento, é a parte da praia que é alternadamente coberta pela subida (*uprush*) e descida (*backwash*) da onda, sendo a região caracterizada por fortes escoamentos não-estacionários, altos níveis de turbulência, grandes taxas de transporte e rápidas mudanças morfológicas. Devido à região ser uma zona de interface terra-mar o comportamento da água do mar na zona de espraiamento determina quantos sedimentos permanecerão na praia e quanto será transportado para a zona de surfe (BUTT et al, 2004).

As ondas viajam em água rasa e parte da sua energia é transferida aos grãos de areia e os colocam em movimento. Essa interação continuamente forma e reforma as praias e o transporte de sedimentos ao longo da costa. Quando a onda quebra, ela raramente o faz exatamente paralelo à linha de costa, geralmente a onda se aproxima em certo ângulo, e a água que escoia na praia não se move diretamente para cima na praia (o espraiamento), ela suspende grãos de sedimentos da praia e os carrega com ela. Então, os grãos se movem para cima na praia em uma pequena distância na direção das ondas. Quando a água da quebra escoia de volta, para baixo da praia (o *backwash*), os grãos escoam com a gravidade diretamente para baixo na face da praia. O movimento de espraiamento, o ciclo de *uprush* e *backwash*, pode mover os grãos apenas poucos centímetros ao longo da praia. O resultado líquido é que os grãos são carreados ao longo da costa na direção das ondas em uma série de movimentos tipo “dentes de serra” (SEGAR, 1998).

Apesar de em cada movimento da onda o grão ser carreado a uma pequena distância ao longo da praia, as ondas chegam em uma série contínua a cada poucos segundos. Como resultado os sedimentos podem ser movidos pela deriva longitudinal que possui velocidade variando de poucos metros por dia a até mesmo

tão rápido quanto 1 km por dia. Grandes quantidades de sedimentos são movidas ao longo da costa pela deriva. O volume de transporte ao longo da costa dos Estados Unidos foi estimado em alguns lugares em algumas centenas de m³ a até 5.000 m³ por dia, dependendo de fatores tais como altura e freqüência das ondas (SEGAR, 1998).

Até meados dos anos 80, as análises dos movimentos da zona de espraiamento eram essencialmente voltadas para a predição do *uprush* das ondas em praias com importantes projetos de estruturas costeiras (e.g. GUZA & THORNTON, 1982; ROOS & BATTJES, 1994). Recentemente, uma perspectiva mais consciente vem sendo desenvolvida na qual uma análise completa dos movimentos do espraiamento englobam o entendimento de todos os aspectos do escoamento da água nessa região em que a linha de costa oscila (ARCHETTI & BROCCINI, 2002).

O movimento de espraiamento na face praial é um dos principais mecanismos de transporte de sedimentos entre as zonas subaérea e subaquática da praia, e então é um fator relevante nas mudanças ocorrentes na linha de costa, ou seja, erosão e deposição (MASSELINK & HUGHES, 1998). Considerável progresso tem sido feito no entendimento da hidrodinâmica do espraiamento, porém o transporte de sedimentos da zona tem sido pobremente entendido segundo Masselink e Russell (2006).

A menor atenção dada a essa região da praia, segundo Elfrink & Baldock (2002), tem explicação na dificuldade das medições de alta qualidade em campo do transporte de sedimentos e parcialmente devido à complexidade dos processos. No entanto, os autores ainda afirmam que a hidrodinâmica e o transporte de sedimentos na zona de espraiamento são importantes por diversas razões: primeiramente, uma importante parte do transporte de sedimentos do litoral ocorre nessa região; secundariamente, o *run-up* da onda no espraiamento influencia projetos de engenharia, tendo também ligação com a erosão de dunas, e em terceiro, os processos atuantes na zona de espraiamento determinam a recuperação das praias após tempestades.

Recente, tem sido reconhecido que na zona de espraiamento se desenvolvem diversos processos únicos, que não existem mais adiante a *offshore*, e podem contribuir para um transporte extra de sedimentos, assim como também para a tensão de cisalhamento do fundo, a qual os principais modelos da zona de surfe são

baseados. Esses processos que têm sido investigados recentemente com estudos de campo incluem infiltração e exfiltração, salto hidráulico ou *bores* turbulentos. No entanto, é ainda pouco entendido quando esses processos são de grande importância no transporte de sedimentos e devem ser levados em conta, e quando podem ser negligenciados (BUTT et al, 2004).

Mesmo sabendo da importância dessa área, a zona de espraiamento tem se mostrado um campo de difícil atuação devido à percepção de que as medições em campo são difíceis de serem obtidas, especialmente durante épocas de mudanças morfológicas significativas afirmam Hughes et al. (1997). Diversos métodos têm sido utilizados para quantificação e qualificação das variáveis da zona de espraiamento; os equipamentos incluem correntômetros e dispositivos do tipo *doppler* para medições de velocidade do fluido, no entanto, cada qual tem seus benefícios e desvantagens: o último, por exemplo, consegue medições de toda a profundidade do escoamento, porém, possui altos custos e acaba por se transformar em um problema logístico devido a distribuição esparsa do equipamento na área, além de que podem aparecer problemas nos registros devido a presença de bolhas, fato freqüente na zona de espraiamento. Técnicas de sensoriamento remoto têm sido utilizadas também nessa área, no entanto, as medições são limitadas às camadas superficiais do fluido (PULEO et al, 2003). Segundo Nielsen (2002), uma outra opção comumente usada na quantificação de variáveis é a utilização de modelos numéricos desenvolvidos especificamente para essa região da praia, alguns inconvenientes ainda afligem os pesquisadores, como as medições das tensões de cisalhamento do fundo que são requeridas como dados de entrada para qualquer modelo de transporte de sedimentos sendo ainda um importante detalhe incompreendido.

Particularmente na última década muitos estudos têm se concentrado no entendimento dos processos governantes do transporte de sedimentos na zona de espraiamento. No entanto, o número limitado de estudos disponíveis sobre o transporte líquido no espraiamento, e as mudanças associadas na forma da face praiial durante muitos períodos de onda, tem tornado difícil a formulação de modelos matemáticos baseados nos processos governantes do transporte (LARSON et al. 2004).

A proposta deste estudo é avaliar o transporte de sedimentos na zona de espraiamento em um trecho da praia de Camburi na Baía do Espírito Santo com intuito de quantificar as taxas de transporte nessa área, já que a praia em questão está em constante modificação, seja por ação natural (ação de ondas e maré) ou pela ação humana (obras de engenharia), e verificar a eficácia do modelo energético proposto por Bagnold (1963) na predição do transporte. Tal estudo vem incrementar a gama de trabalhos que vem sendo desenvolvida nesta área, visando promover maior entendimento sobre os processos que estão envolvidos na dinâmica costeira.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Contribuir para a compreensão do transporte de sedimentos na zona de espraiamento de regiões costeiras.

2.2. Objetivos específicos

Determinar a taxa de transporte de sedimentos na zona de espraiamento em um trecho da praia de Camburi, Vitória-ES;

Implementar um modelo de transporte de sedimentos na região de espraiamento;

Correlacionar as taxas encontradas nas medições de campo com as determinadas através do modelo analítico e avaliar sua eficiência.

3. ESPRAIAMENTO

3.1. Definições e Processos de Praia

Sendo as praias ambientes variáveis espaço-temporalmente, qualquer tentativa de delimitar seus sub-ambientes deve levar em consideração os processos hidrodinâmicos que promovem tais mudanças. Várias nomenclaturas e definições têm sido utilizadas na região costeira, este trabalho usará a nomenclatura adotada por Hoefel (1998) que identifica as diversas regiões da praia como mostra a Figura 3.1. Um ambiente praiado oceânico típico pode ser dividido nos seguintes ambientes: Pós-praia (*backshore*), antepraia superior (*foreshore*), antepraia intermediária (*nearshore*) e antepraia inferior (*shoreface*), sendo esta última composta pela zona de espraiamento (3.1).

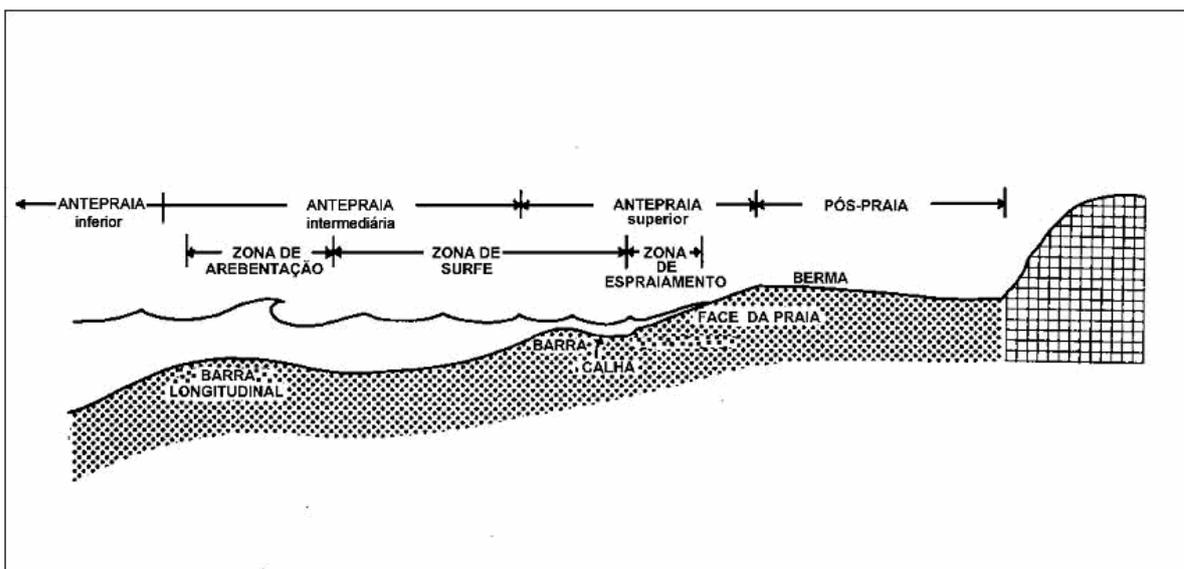


Figura 3.1: Sub-ambientes praiados e suas delimitações. Fonte: modificado de Albino, 1999.

A zona de espraiamento constitui a região da praia onde as ondas sobem e descem na face praiada, dissipando ou refletindo sua energia restante depois de viajar em direção à costa. A propagação das ondas para cima na praia é tipicamente referida como *uprush*, enquanto que o retorno da água é denominado de *backwash*, o conjunto desses dois processos compõe o ciclo de espraiamento (LARSON et al., 2004).

O berma freqüentemente age como uma barreira ao movimento do espraçamento, protegendo as feições topográficas e agindo também como suprimento de sedimentos para a face praial e zona de surfe durante períodos de erosão de praia quando se formam escarpas ou há redução da altura do berma. O processo de transporte de sedimentos na zona de espraçamento determina fortemente os processos de recuperação da zona costeira (BALDOCK et al. 2005).

Na medida em que o espraçamento da onda ascende sobre a face praial, a energia é perdida e a velocidade da água que avança decresce gradualmente até se tornar zero. É evidente que a energia do espraçamento tem como fonte a energia da entrada de onda, mas a velocidade do refluxo (*backwash*) é devida inteiramente à gravidade, e se inicia em uma condição de repouso e se movimenta com velocidade crescente até alcançar a linha d'água (EVAN, 1939).

Segundo Hugles et al. (1997) é a direção do transporte líquido de sedimentos na zona de espraçamento que determina o estado da praia, ou seja, se ela está em processo de erosão, deposição ou em equilíbrio. O movimento de subida e descida do espraçamento é a força dirigente do transporte de sedimentos no espraçamento, sendo que o *uprush* move sedimentos na direção *onshore* enquanto o *backwash* move o sedimentos na direção *offshore* (LI et al., 2002).

Um modelo da variabilidade espacial da praia e zona de surfe foi desenvolvido pela “Escola Australiana de Geomorfologia” sendo nesse modelo, reconhecidos seis estágios morfodinâmicos que variam entre dois extremos, o dissipativo e o refletivo (Figura 3.2)

Nos últimos anos, alguns pesquisadores têm testado a capacidade das equações baseadas nos princípios energéticos (HUGLES et al, 1997; MASSELINK & HUGLES, 1998) aceleração do escoamento (PULEO et al, 2003) ou mesmo as taxas de dissipação de energia turbulenta (PULEO et al, 2000) na predição das taxas de transporte na zona de espraçamento.

A principal hipótese desses últimos estudos de modelagem é que a carga de sedimentos na zona de espraçamento é localmente entranhada e que a taxa de transporte de sedimentos é correlacionada com a tensão de cisalhamento do fundo, dissipação de energia e aceleração do escoamento (JACKSON et al., 2004).

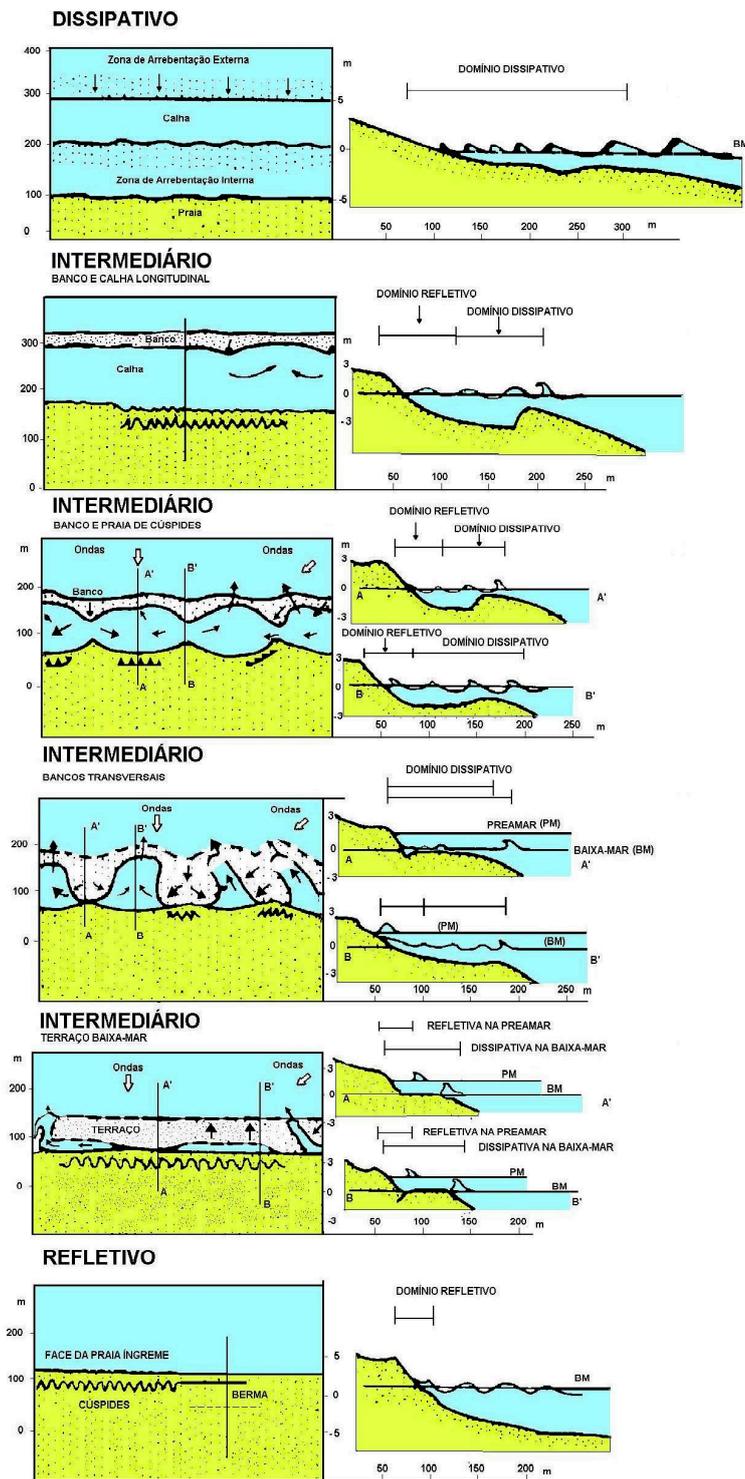


Figura 3.2: Estados morfodinâmicos segundo a escola australiana de geomorfologia costeira. Fonte: adaptado de Wright & Short, 1984, apud Muehe, 1996.

A direção do transporte líquido na zona de espraiamento é um balanço refinado entre duas quantidades opostas, porém de grande magnitude, ou seja, o que é transportado no *uprush* e no *backwash*, o que dificulta ainda mais as medições em campo (OSBORNE & ROOKER, 1999).

Segundo Pilkey & Cooper (2002), o volume de sedimentos transportado longitudinalmente pode ser estimado tanto por processos de modelagem quanto por medições feitas diretamente em campo. Ambas as metodologias possuem suas limitações; por exemplo, os modelos não incluem todos os parâmetros desejáveis para uma previsão correta do volume de sedimentos transportado, podendo ocorrer variações de mais de uma ordem de magnitude se comparados com as medições feitas em campo; por outro lado, os trabalhos em campo são limitados às condições climáticas, custo de equipamentos e estruturas a serem utilizadas. Ainda segundo os autores, existem três métodos de determinação do volume transportado em campo: i – traçadores, ii – medições diretas do movimento dos sedimentos; e iii – medições das mudanças morfodinâmicas através do tempo. Cada um desses métodos tem seus impasses e peculiaridades e os autores acreditam que existem poucas, se alguma, medição de campo direta significativa do volume de transporte longitudinal total (bruto ou líquido) de sedimentos das praias e afirmam que o sistema de acumulação e/ou movimento de sedimentos total, nunca é conhecido.

As medições em campo do transporte de sedimentos no espraiamento podem, segundo Butt & Russel (1999), ser divididas em duas principais categorias, descritas abaixo.

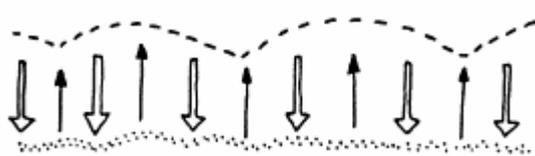
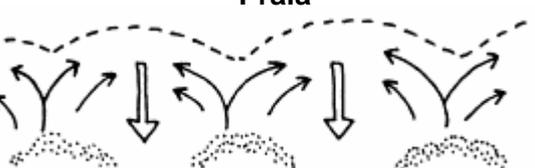
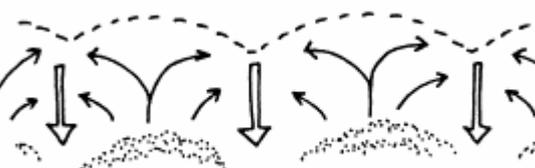
Condições de baixa energia em praias refletivas. Nesse caso, as ondas incidentes tendem a quebrar muito próximo à linha de costa e se transformam diretamente no movimento de espraiamento, isto é, a frequência de oscilação incidente na posição da linha de costa é diretamente relacionada com a altura da onda além do ponto de quebra;

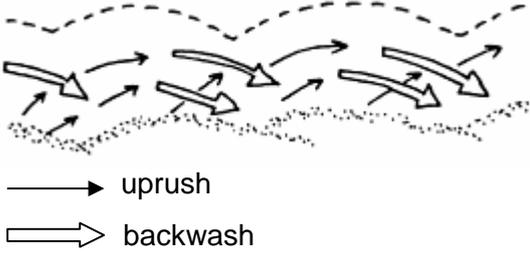
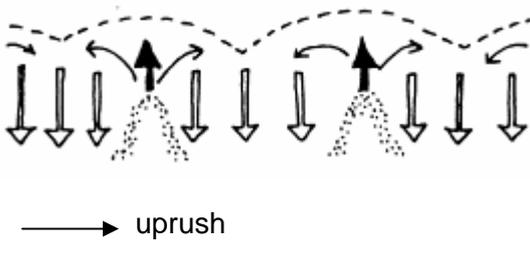
Condições de alta energia em praias relativamente planas, dissipativas, onde existe uma extensa zona de surfe, e as ondas incidentes se tornam saturadas. Neste caso existe a predominância de energia de infragravidade na linha de costa.

A hidrodinâmica da zona de espraiamento depende das condições de onda e da declividade da antepraia superior (MILES et al., 2006).

Masselink & Pattiaratchi (1998) mostram uma descrição (Tabela 3.1) da circulação de água no espraiamento para uma praia com cúspides, mesma condição encontrada na praia que foi estudada nesta dissertação, dependendo da morfologia das cúspides presentes.

Tabela 3.1: Descrição da hidrodinâmica da zona de espraiamento em praias com formação de cúspides praias. Fonte: Adaptado de Masselink & Pattiaratchi (1998).

CIRCULAÇÃO DE ÁGUA NO ESPRAIAMENTO	DESCRIÇÃO
CONDIÇÕES DE TEMPO BOM	
<p>(a)</p> <p style="text-align: center;">Praia</p>  <p>—→ uprush ⇨ backwash</p>	<p>OSCILATÓRIA</p> <p>Escoamento predominantemente bi-dimensional para cima e para baixo na praia;</p> <p>Fraco escoamento divergente na crista das cúspides;</p> <p>Fraco escoamento convergente nas cavas das cúspides.</p>
<p>(b)</p> <p style="text-align: center;">Praia</p>  <p>—→ uprush ⇨ backwash</p>	<p>DIVERGÊNICA DE CRISTA</p> <p>O <i>runup</i> do espraiamento é divergente da crista das cúspides para as cavas;</p> <p>Na cava, o escoamento se encontra para formar um <i>backwash</i> concentrado;</p> <p>Mini retornos se formam opostas às cavas das cúspides.</p>
<p>(c)</p> <p style="text-align: center;">Praia</p>  <p>—→ uprush ⇨ backwash</p>	<p>CONVERGÊNCIA DE CRISTA</p> <p>O <i>runup</i> do espraiamento entra na cava da cúspide com a frente do <i>bore</i> alinhada com o contorno da cava;</p> <p>O <i>uprush</i> se espalha lateralmente para as cristas e forma o <i>backwash</i>;</p> <p>Mini retornos podem se formar opostas às cristas das cúspides.</p>

CONDIÇÕES DE TEMPESTADE	
<p>(d) Praia</p>  <p>—→ uprush ⇨ backwash</p>	<p>SWEEPING</p> <p>O <i>runup</i> do espraçamento varre obliquamente através da face da praia;</p> <p>O <i>backwash</i> segue um arco parabólico;</p> <p>A deriva litorânea é pronunciada.</p>
<p>(e) Praia</p>  <p>—→ uprush ⇨ backwash</p>	<p>JATO DE ESPRAIAMENTO</p> <p>Na cava, um forte <i>backwash</i> retarda a chegada do espraçamento até que este seja suficientemente forte para transpor o escoamento de <i>backwash</i> e subir a praia como um jato estreito;</p> <p>O <i>runup</i> do espraçamento na forma de um jato de espraçamento escoo para fora lateralmente como em (c).</p>

3.2. Mobilização dos sedimentos

Em particular, segundo Bellotti & Brocchini (2005) a zona de espraçamento é a região em que a intensa interação de ondas geradas pelos ventos pode levar a geração e reflexão de ondas de baixa frequência, isto é, movimentos de onda com períodos típicos entre 30 e 300 segundos. Isto, por sua vez, é um poderoso agente de transporte de sedimentos já que removem da área de interesse grandes quantidades de sedimentos que são colocados em suspensão pela quebra das ondas.

O conhecimento dos mecanismos de quebra das ondas na praia é essencial para entender todos os processos costeiros. Na prática, a quebra das ondas é um poderoso agente de mistura: podem desalojar e colocar sedimentos em suspensão, que então serão carregados pelas correntes induzidas por ondas, tais como as correntes longitudinais e as correntes de retorno (LIN & LIU, 1998).

Dependendo da declividade da praia e da altura e comprimento da onda incidente, esta pode quebrar basicamente de quatro maneiras (HOEFEL, 1998 e FREDSØE & DEIGAARD, 1997):

Progressiva ou deslizante (*spilling*) ocorre em praias de baixa declividade, nas quais a onda gradualmente empina-se para então deslizar pelo perfil, dissipando sua energia através da larga pista de surfe sendo, portanto, características de praias em estado dissipativo.

Mergulhante (*plunging*) ocorre em praias de declividade moderada a alta. A onda empina-se abruptamente ao aproximar-se da costa e quebra violentamente formando um tubo, dissipando sua energia sobre uma pequena porção do perfil, através de um vórtice de alta turbulência;

Ascendente (*colapsing*) ocorre em praias de declividade tão alta que a onda não chega a quebrar propriamente, ascendendo sobre a face praial e interagindo com o refluxo das ondas anteriores;

Frontal (*surging*) ocorre também em praias de abrupta declividade e é considerado um tipo intermediário entre a mergulhante e a ascendente.

Chegando à costa, as ondas geram *bores* turbulentos. A quebra da onda gera fortes movimentos turbulentos na zona de surfe, caracterizado por forte vorticidade e substancial movimento vertical. Os vórtices são então capazes de remover grandes quantidades de sedimentos (LUCCIO et al, 1998).

3.3. Os Modelos de transporte de sedimentos

Os modelos determinísticos da morfodinâmica de praia requerem uma descrição quantitativa apropriada da hidrodinâmica e dos processos de dinâmica sedimentar que controlam os gradientes espaciais e temporais na taxa de transporte líquido de sedimentos, e conseqüentemente as mudanças morfológicas (HUGHES et al, 1997).

A modelagem do transporte de sedimentos da zona de espraiamento e da morfodinâmica resultante tem sido objeto de muita pesquisa na última década. No entanto, segundo Nielsen & Callaghan (2003) muitos detalhes são ainda incompreendidos. Uma grande questão é como calcular as tensões de cisalhamento, que são requeridas como *input* para qualquer modelo de transporte de sedimentos.

Os processos costeiros incluem fatores forçantes e a resposta pelas mudanças morfodinâmicas, além da interação entre os dois. Segundo Pilkey & Cooper (2002), existem mais de trinta parâmetros que impactam ou podem impactar o volume de transporte longitudinal, alguns de importância primária, como a altura da onda e seu ângulo de aproximação da costa, outros que podem influenciar apenas localmente os transportes como a perda de sedimentos pelo *overwash*. A importância desta lista de parâmetros é que ela indica duas importantes verdades que influenciam nos modelos matemáticos que podem ser utilizados neste tipo de pesquisa:

1 – **todas as praias são diferentes**, e é aí que muitos modelos falham, pois não são capazes de representar todos os parâmetros importantes para todas as praias;

2 – **as praias são sistemas altamente complexos**, já que o número de variáveis de ocorrência aleatória é grande e as incertezas da natureza tornam o sistema complexo.

No trabalho publicado por Pilkey & Cooper (2002), que faz uma análise crítica dos métodos e interesses envolvidos com a determinação das taxas de transporte longitudinal de sedimentos em praias, os autores ressaltam a influência política no uso das aproximações teóricas na determinação dos volumes de transporte longitudinal. Agências, consultores e companhias que determinam esses volumes estão raramente num ambiente puramente acadêmico. Geralmente o trabalho é feito sob pressão para que seja encontrado um número alto ou baixo, dependendo da necessidade do cliente, e é relativamente simples manipular números em modelos cheios de incertezas.

Segundo os autores, tanto as medições de campo como os resultados da modelagem matemática são suspeitos por muitas razões. No campo um dos maiores problemas é a inabilidade das medições do transporte de areia em importantes eventos de tempestade, já os modelos são questionáveis principalmente porque o sistema costeiro é altamente complexo e as seguintes questões são levantadas:

- Aplicabilidade universal das hipóteses;
- hipóteses questionáveis;
- falta de conhecimento dos processos;
- perda de processos devido à não inclusão deles nos modelos;

- coeficientes incorretos;
- escala das observações;
- resultados não confiáveis.

Alguns esforços têm sido feitos para comparar as medições em campo do transporte de sedimentos na zona de espraiamento com modelos do tipo energéticos, nos quais o transporte é relacionado com as tensões de cisalhamento do fundo (BUTT et al, 2004).

Na zona de surfe e espraiamento, esses tipos de modelos têm sido calibrados sobre uma variedade de escalas de tempo. Calibrações instantâneas comparam medições e predições dos valores de transporte de sedimentos amostrados muitas vezes dentro de um período de onda. Calibrações onda a onda comparam valores medidos e preditos da carga total de sedimentos transportada sobre ciclos de ondas individuais ou meio ciclos, com cargas de sedimentos tipicamente medidos usando armadilhas ou integrações de medições instantâneas. Calibrações de longa escala estão relacionadas às mudanças morfológicas medidas para prever taxas de transporte líquido integrados sobre muitos ciclos de onda.

Testes prévios desses modelos na zona de espraiamento têm utilizado dados de campo de uma praia durante um limitado campo de condições hidrodinâmicas e morfológicas. A variedade de instrumentação e metodologia nos estudos prévios tem tornado difícil a verificação, enquanto diferenças nos resultados são principalmente devido a variações nas condições físicas ou nos métodos experimentais. Por exemplo, alguns pesquisadores têm utilizado armadilhas de sedimentos para capturar uma combinação de cargas de fundo e suspensa, sobre completos meio ciclos de espraiamento (ex. HUGHES et al, 1997; MASSELINK & HUGHES, 1998), enquanto alguns tem utilizado sensores (OBS) de medições das concentrações instantâneas de sedimentos (ex. PULEO et al., 2000). Velocidades de escoamento têm sido medidas em várias alturas acima do fundo usando impulsores ou correntômetros eletromagnéticos. As velocidades têm também sido medidas recentemente com velocímetros de Doppler acústico (ex. OSBORNE & ROOKER, 1999; RAUBENHEIMER, ELGAR & GUZA, 2004). Com qualquer correntômetro de campo, o problema que sempre existe é a impossibilidade de medição da última parte do *backwash*, pois a profundidade da água é reduzida abaixo da altura do

equipamento. Essa perda de *backwash* constitui perda de dados e irá variar de acordo com a altura do aparelho. A quantidade de perda é crucialmente importante para quaisquer estimativas do fluxo de sedimentos.

O modelo clássico utilizado para determinação das taxas de transporte é o modelo de Bagnold (1963), que têm sofrido diversas modificações para tentar adaptar a ele muitos dos processos observados na região em questão.

O modelo energético de Bagnold é baseado no princípio de que uma corrente escoando sobre os sedimentos produz tensão de cisalhamento no fundo e então a energia é transferida para os sedimentos (BUTT et al. 2005).

Os processos que podem ser inclusos nos modelos de transporte são infiltração, turbulência gerada no degrau da onda e *bores* turbulentos. Não são ainda bem entendidos quais processos devem ser adicionados ao modelo proposto por Bagnold e quais devem ser adicionados apenas em certas circunstâncias.

Nos últimos quinze anos, muitos trabalhos têm sido desenvolvidos nesse contexto, no entanto, quando comparados com os modelos de transporte para a zona de surfe, pode-se observar uma escassez de trabalhos devido, primariamente às dificuldades de medições em campo.

É necessário, portanto, que se tenha capacidade teórica e prática para realizar tais levantamentos com precisão para que os resultados sejam confiáveis e sem interferências externas que possam manipular tais resultados, para que uma quantificação, a mais realística possível, seja efetuada e tais dados possam ser utilizados no auxílio a órgãos governamentais, empresas privadas, ou organizações não governamentais em benefício da sociedade.

3.4. Publicações direcionadas ao espriamento

Medições das taxas de transporte de sedimentos em suspensão foram feitas por Butt & Russel (1999). Neste trabalho, realizaram-se medições das concentrações de sedimentos suspenso em três alturas acima do fundo na zona de espriamento utilizando miniaturas de OBS e correntômetro. Foram identificados dois principais mecanismos de acreção e erosão na região: suspensão de sedimentos pela

mudança repentina da velocidade de *onshore* para *offshore* e transporte *offshore* devido aos rápidos escoamentos no *backwash*.

Experimentos envolvendo os processos de turbulência ocorrentes na zona de espraiamento foram desenvolvidos por Petti & Longo (2001). Em um canal de onda foram medidas a turbulência e a elevação da superfície da água. Foram gerados três diferentes períodos de ondas regulares em um fundo suave impermeável. Percebeu-se que a energia turbulenta é muito maior durante o *uprush* do que o *backwash* sendo o fluxo de energia cinética turbulenta, direcionado essencialmente em direção à costa. Verificou-se uma eficiência de mistura da turbulência maior no fundo do que na superfície livre.

Masselink & Li (2001) verificaram a influência da infiltração ocorrente na zona de espraiamento na determinação da inclinação da face praial. Foi utilizada a modelagem numérica para conduzir as investigações. Encontrou-se que o processo de infiltração aumenta a assimetria *onshore* no escoamento do espraiamento, provocando transporte de sedimentos nessa direção e acarretando em maior inclinação da face da praia. No entanto, esses efeitos foram somente encontrados quando as taxas de infiltração são elevadas, ou seja, a taxa de infiltração durante um ciclo de onda excede 2% do volume do *uprush*.

Butt, Russell & Turner (2001) também verificaram a influência da infiltração, porém na determinação do transporte de sedimentos na face praial. Foi observado que o transporte no *uprush* é inibido pela infiltração, já o *backwash* foi favorecido pelo processo.

A inclusão dos efeitos da fricção do fundo nos modelos numéricos aplicados à zona de espraiamento foi analisada por Archetti & Brocchini (2002). Nesse trabalho foram utilizados dados numéricos e experimentais para validar e potencializar o modelo desenvolvido por Brocchini & Peregrini (1996) que inclui os efeitos de fricção de fundo até então ignorados. As evidências experimentais sugeriram que o modelo pode ser utilizado como uma ferramenta simples para determinar as características da zona de espraiamento. Foi demonstrado que o uso da força de fricção leva a um benefício no balanço da equação do *momentum* do modelo integral.

Butt et al., em 2004 verificaram a influência dos *bores* turbulentos no transporte de sedimentos na zona de espraiamento. Em seu trabalho, as altas concentrações de

sedimentos suspensos e energia cinética turbulenta foram associadas à passagem da frente dos *bores* turbulentos enquanto que o escoamento próximo ao leito foi associado à rápida aceleração *onshore*. Foram observadas pequenas quantidades de sedimentos suspenso após os picos de energia cinética turbulenta que pode sugerir que há rápida decantação atrás dos *bores*. A principal conclusão do trabalho foi que os *bores* turbulentos são de significativa importância no transporte de sedimentos nas zonas de surfe e espraiamento e não deve ser ignorado.

Comparações do transporte em diferentes tipos de praias foram realizadas por Miles et al. (2006). Os autores utilizaram medições de velocidade de correntes e concentração de sedimentos suspenso para investigar os processos de transporte de sedimentos na zona de espraiamento de duas praias diferentes, uma dissipativa e outra intermediária. Foram encontradas concentrações de sedimentos de uma ordem de magnitude maior na praia intermediária do que na praia dissipativa, sendo que o transporte máximo ocorreu aproximadamente no meio da zona de espraiamento.

Mesmo com tantos trabalhos sendo realizados no âmbito do transporte de sedimentos, a zona de espraiamento tem sido ainda pouco estudada e seus processos ainda se encontram em fase de entendimento dificultando os trabalhos nessa região. Muito esforço ainda deve ser feito para que possam ser realizadas melhores análises e o devido gerenciamento do ambiente praias em seu contexto mais amplo.

4. ÁREA DE ESTUDO

A praia de Camburi (Figura 4.1 e Figura 4.3) é aberta para SE, e possui como limites sul afloramentos do cristalino representados pela Ilha do Fato e Ponta Formosa (Morro do Colégio Sagrado Coração de Maria) e, ao norte por uma saliência dos Tabuleiros da Formação Barreiras e pelo Porto de Tubarão (Costa, 1989).



Figura 4.1: Imagem de satélite da área de estudo: Praia de Camburi, situada na Baía do Espírito Santo, Vitória –ES. Fonte: modificado por Renata Sabaini, de Embrapa, 2005.

A região escolhida é o trecho entre os segundo e terceiro espigões, em frente ao terreno da Infraero. Este local será tomado como laboratório piloto para diversos estudos de transporte de sedimentos.

4.1. *Clima e oceanografia*

4.1.1. **Clima**

A região encontra-se em zona caracterizada por chuvas tropicais de verão, com estação seca durante o outono e inverno. Porém, as duas últimas estações podem registrar precipitações frontais de descargas devidas às massas polares. A temperatura média anual é de 22 °C, ficando a média das máximas entre 28° e 30 °C, enquanto que as mínimas apresentam-se em torno de 15 °C.

Os ventos de maior frequência e maior intensidade são respectivamente os provenientes dos quadrantes NE-ENE e SE. Os primeiros estão associados aos ventos alísios, que sopram durante a maior parte do ano, enquanto que os de SE estão relacionados às frentes frias que chegam periodicamente à costa capixaba (EMCAPA 1981, apud ALBINO 1999).

4.1.2. Oceanografia

A praia de Camburi encontra-se submetida a regime de micromaré, variando entre 1,40 e 1,50 de acordo com o DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação (2004). As ondas são provenientes de dois quadrantes principais: NE-E e SE-E, com predominância do primeiro (BANDEIRA et al., 1975 apud ALBINO et al., 2001).

As ondas são geradas pelos dois sistemas de ventos existentes na região. Segundo Albino et al. (2001b), as ondas do setor sul (S-SE) estão associadas às frentes frias, desta forma sendo mais energéticas do que as do quadrante NE, porém são menos frequentes, e nem por isso são menos importantes devido à intensidade e capacidade de erosão das praias.

Segundo Albino et al. (2001b), para a área estudada, os dados obtidos sobre o clima de ondas da região pelo INPH (Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias), entre março de 79 a setembro de 80, nos arredores do Porto de Tubarão, Vitória, são mostrados na Figura 4.2.

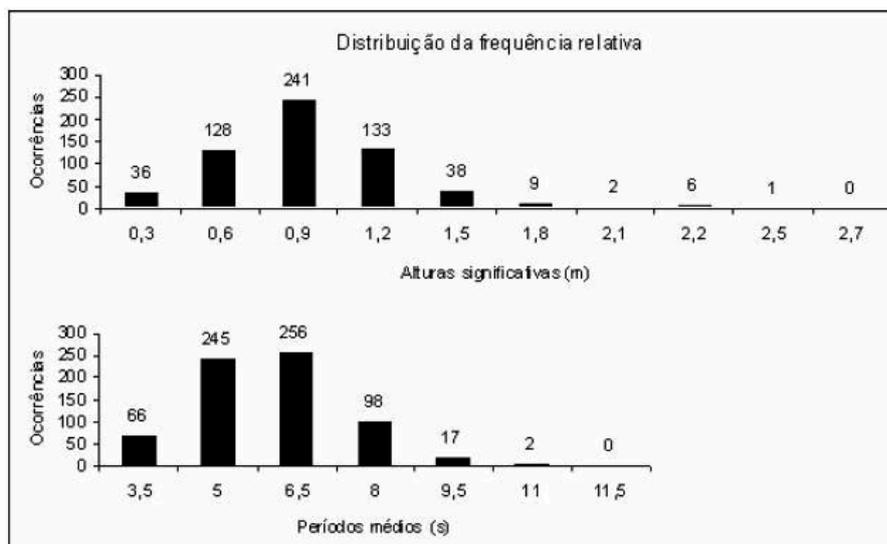


Figura 4.2: Distribuição das freqüências das alturas de ondas significativas nas proximidades do porto de Tubarão, Vitória (acima). Distribuição das freqüências dos períodos nas proximidades do porto de Tubarão, Vitória, ES (abaixo). Fonte: Adaptado de Albino (1999).

As simulações do padrão de entrada de ondas na Baía do Espírito Santo, dadas por Albino et al. (2001) permitiram observar que, por efeito de refração, as ondas sofrem a dissipação dentro da referida baía aproximadamente entre as isóbatas de 25 e 30 m, onde começam a sentir o fundo e sofrem linearmento, chegando à praia de Camburi em três direções basicamente: nordeste (NE), leste-sudeste (ESE) e sul-sudeste (SSE). A batimetria da Baía do Espírito Santo, onde está localizada a praia de Camburi é apresentada na Figura 4.3.

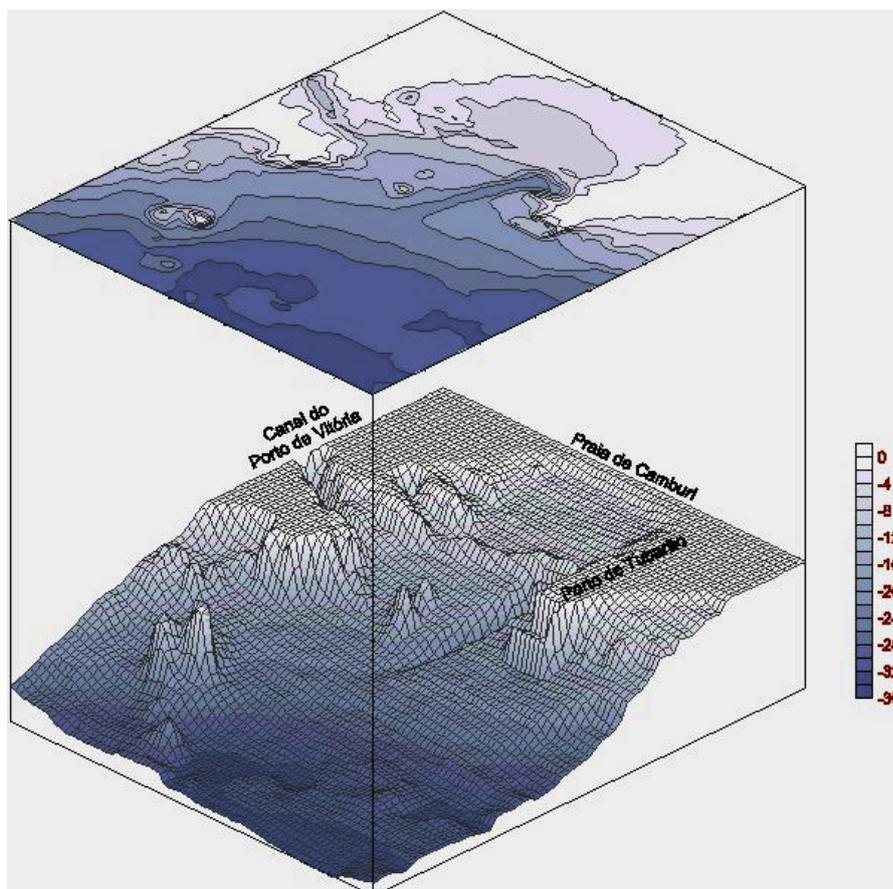


Figura 4.3: Batimetria da região da Baía do Espírito Santo. Fonte: Chacaltana et al, 1999.

Pode-se evidenciar, portanto, as ondas da área interna, e analisar apenas o padrão de chegada de ondas na baía. A partir do porto de Tubarão e na entrada da Baía do Espírito Santo, a maior dissipação e o efeito de refração das ondas são registrados. Esses efeitos são responsáveis pela diferença de tipologia encontrada ao longo da praia, que visualmente apresenta trechos com características mais dissipativas e mais refletivas. Leão (2005) observou o desenvolvimento de cúspides na porção central da praia (Figura 4.4).



Figura 4.4: Foto mostrando as cúspides da Praia de Camburi. Fonte: Flávio Santos, 2004.

As cúspides são feições praias resultantes da atuação das correntes de retorno, correntes estas geradas quando as ondas incidem paralelamente à linha de costa formando uma célula de circulação (Figura 4.5), por onde voltam as águas que ali se espraíaram. Segundo Wright & Short (1983), as correntes de retorno e os cúspides apresentam maior desenvolvimento em praias de estado morfodinâmico intermediário com barra transversal.

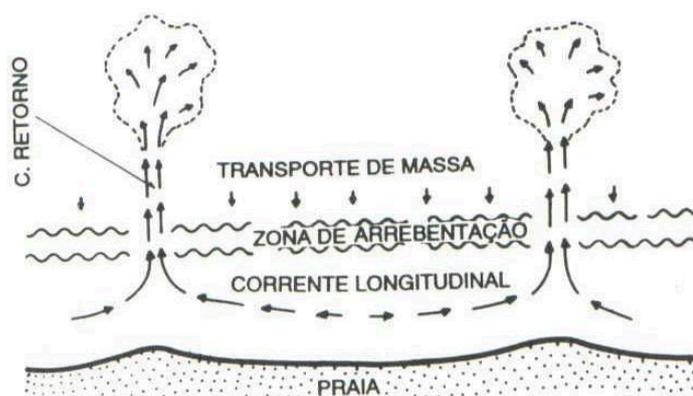


Figura 4.5: Esquema da formação das células de correntes de retorno, transversais à praia. Fonte: Muehe (1993).

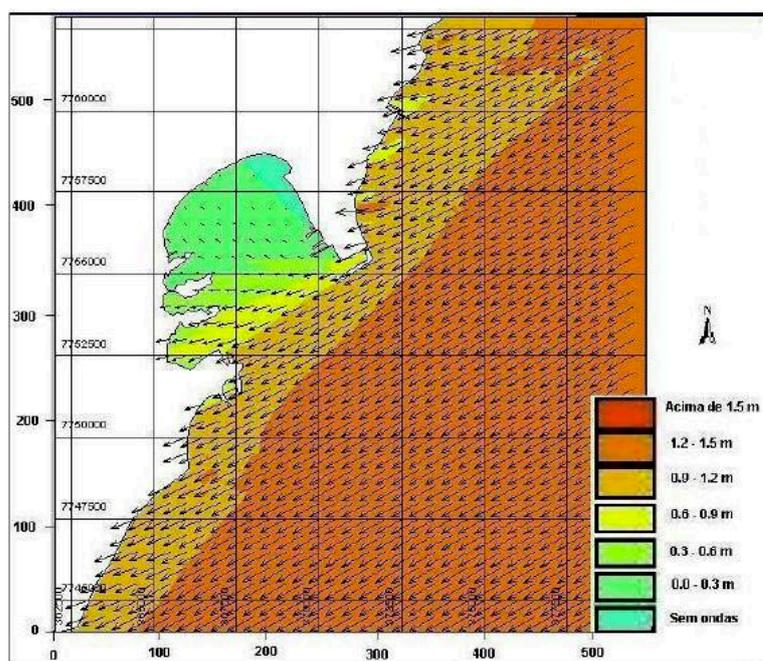
A Ponta de Tubarão protege a baía contra as ondas incidentes de NE desenvolvendo uma área com ondas inferiores a 0,3 m e, é ainda responsável pela difração das ondas que passam de NE para SE e terminando praticamente incidente

de S, dentro da baía, próximo à linha de costa (Figura 4.6 superior). Margeando a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), sob efeito do sombreamento, a zona submersa e a praia apresentam-se sem ondas (ALBINO et al., 2001).

As ondas provenientes de E-SE (105° a partir do N 0°) são ondas desenvolvidas a partir da passagem de frentes frias e apresentam-se mais altas, atingindo a praia de Camburi com alturas entre 0,4 e 1,0 m, devido a Baía do Espírito Santo ter a entrada voltada para SE, sofrendo menor dissipação dentro da referida baía (Figura 4.6 centro). A variação de altura das ondas ao longo da praia de Camburi deve-se a presença da Ilha do Socó, que causa a difração e o sombreamento entre a ilha e a praia desenvolvendo uma porção de menor energia e, à proximidade da porção adjacente a CVRD, onde, mesmo sobre a atuação destas ondas a dissipação é intensa (ALBINO et al., 2001).

As ondas de SSE (170° a partir de N 0°) são desenvolvidas por frentes frias intensas e desta forma com longos períodos e grandes alturas. De maneira geral o padrão assemelha-se ao anterior, com ondas provenientes do quadrante E- SE.

Na baía do Espírito Santo há a dissipação e difração das ondas em torno das ilhas do Frade e Boi e da Ponta de Tubarão, alcançando a praia com as alturas entre 0,2 e 0,6 m e com 90° em relação à linha de costa, conforme a Figura 4.6 inferior (Albino et al., 2001).



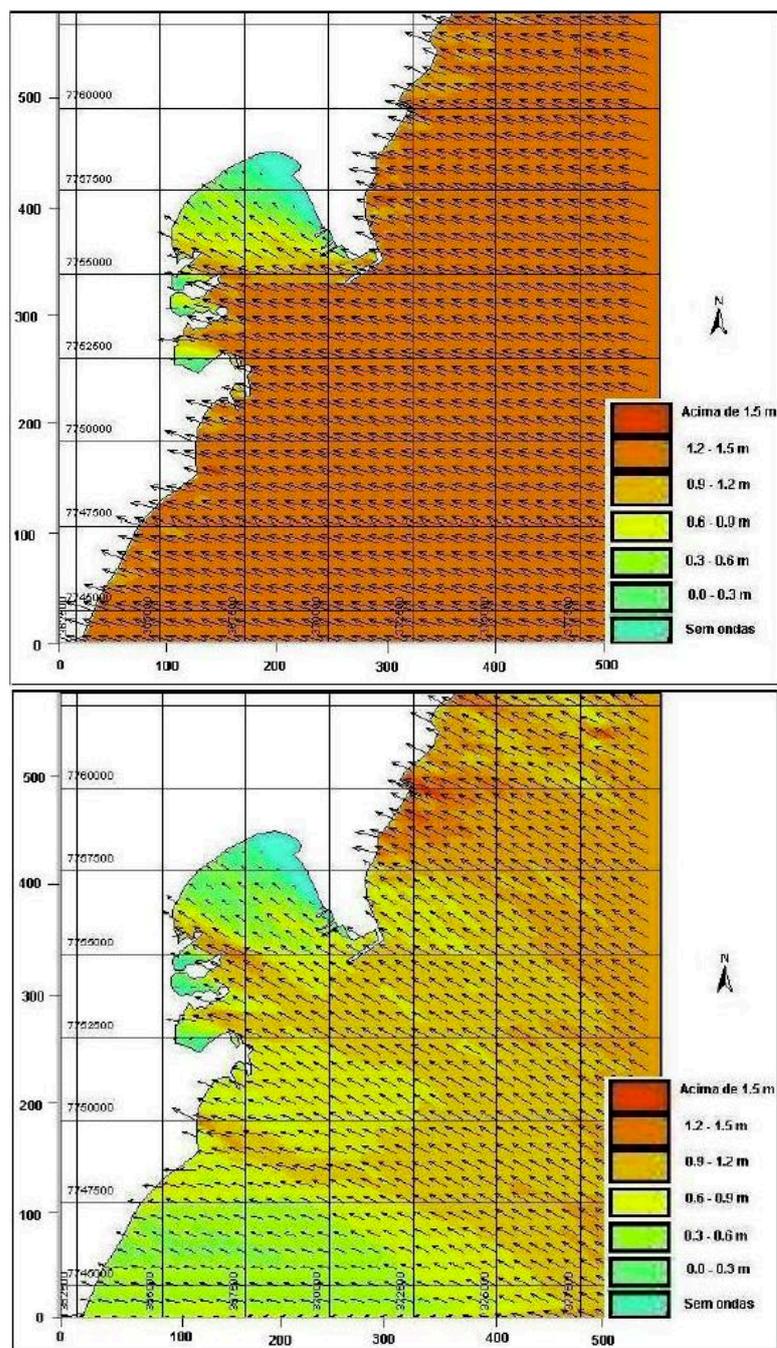


Figura 4.6: Padrão de chegada das ondas na Baía do Espírito Santo, no qual as setas indicam o sentido e a direção do trem de ondas e as cores indicam a altura das ondas, sendo: a figura superior o padrão de entrada de ondas de NE (45° a partir do N, 0°); a figura central, o padrão de chegada das ondas de E-SE (105° a partir do N, 0°); e a figura inferior, o padrão de chegada das ondas de S-SE (170° a partir do N, 0°). Fonte: modificado de Albino et al. (2001).

4.2. Alterações da praia de Camburi e sua morfodinâmica

Com a construção do Porto de Tubarão na enseada de Camburi na década de 60, as ondas incidentes da Praia de Camburi sofreram consideráveis alterações em

suas características originais o que levou a praia ao início de um processo erosivo (ARAÚJO et al. 2000). O complexo portuário alterou o padrão de chegada das ondas, intensificando a altura destas na porção central da praia e provocando um decréscimo na porção norte, como resultado da difração e refração das ondas a partir do enroncamento e de um canal dragado de 21m de profundidade, transversais à Ponta de Tubarão (MELO & GONZÁLES, 1995).

O processo erosivo intensificou-se nos últimos anos da década de 90, sendo necessária à realização de aterros na faixa litorânea e a construção de espigões transversais à praia na tentativa de solucionar a inquestionável perda de sedimentos. Em setembro 1999 foram finalizadas as obras do engordamento artificial da praia, com fim de solucionar o problema da falta de sedimentos, já que a construção dos três espigões não obteve resultado (ALBINO & OLIVEIRA, 2000).

Após essa intervenção a distribuição granulométrica da praia sofreu algumas alterações. Atualmente a praia é composta por areias médias e grossas com pobre a moderado grau de seleção (PASSOS, 2004; PRATA, 2005) após o engordamento artificial da praia. A tendência de refletividade da praia mantém os sedimentos na porção emersa da praia, diminuindo a necessidade de dragagem do canal de acesso dos navios ao Porto de Tubarão, mantendo o equilíbrio sedimentar do sistema Baía do Espírito Santo e Praia de Camburi.

Segundo Albino & Oliveira (2000), a granulometria das areias da praia de Camburi apresentava também a fração fina, logo após o engordamento, em Agosto de 1999, e esta fração foi sendo retirada gradativamente pelas ondas ao longo do tempo. O monitoramento atual confirma este comportamento e indica que a areia fina retirada está parcialmente sendo transportada longitudinalmente e depositada na porção final da praia e na zona submersa próxima, mostrado na Figura 4.7 (ALBINO et al. 2001b).

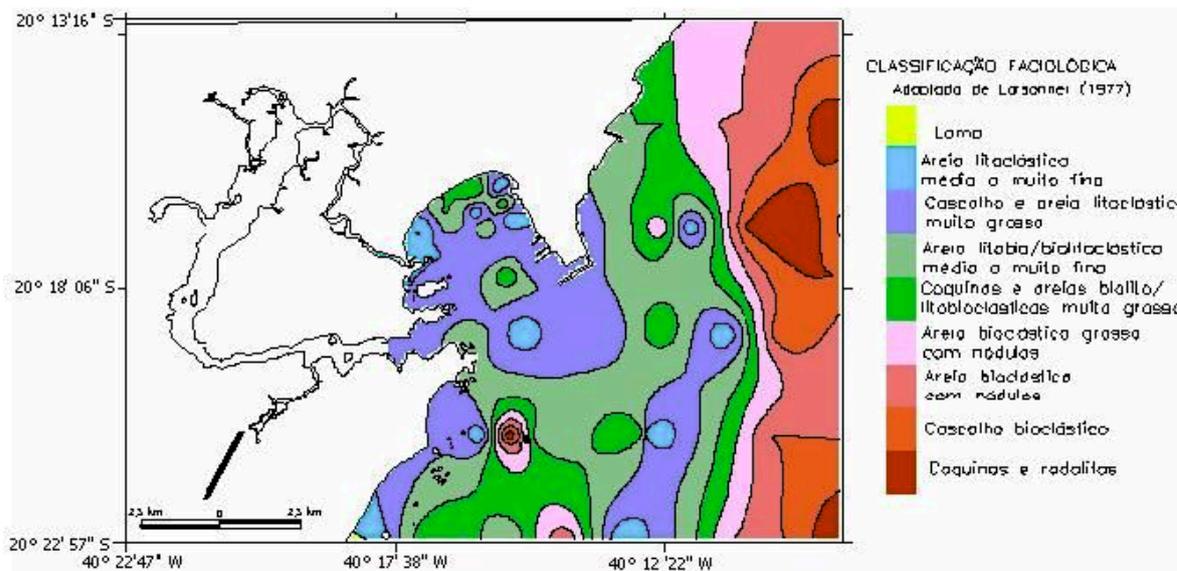


Figura 4.7: Mapa faciológico da Baía do Espírito Santo. Identificando material litoclástico (tons de azul), material misto (tons de verde) e material bioclástico (tons de vermelho). FONTE: ALBINO et al. (2001a).

A morfodinâmica atual da praia está diretamente relacionada às alterações sofridas desde a década de 60. De maneira geral o engordamento causou a maior reflexão da praia traduzida por perfis com alta declividade e areias médias.

A praia de Camburi apresenta o tipo de onda na arrebentação relacionado diretamente à declividade da antepraia. Atualmente, os primeiros 1000 metros da praia, a partir do Canal da Passagem, as ondas apresentam arrebentação mergulhante – ondas tipo tubo, conforme vocabulário de surfistas - indicando declividade moderada, enquanto que ao final da praia, as ondas apresentam arrebentação tipo deslizante (as ondas carneirinhos), onde a declividade baixa é favorecida pelo transporte longitudinal de sul para norte de sedimentos, bloqueados pela ponta de Tubarão.

Na porção central da praia as alturas das ondas variaram entre 0,40 a 1,1 m, com tipo de arrebentação ascendente a mergulhante, sugerindo declividade alta a moderada da antepraia (ALBINO et al., 2001a, 2001b).

Pode-se afirmar que, após a adaptação morfotextural da praia em função do recente engordamento, ela passou a apresentar tipologia intermediária, com presença de setores com cúspides, segundo estudo realizado por Leão em 2005 (Figura 4.8).

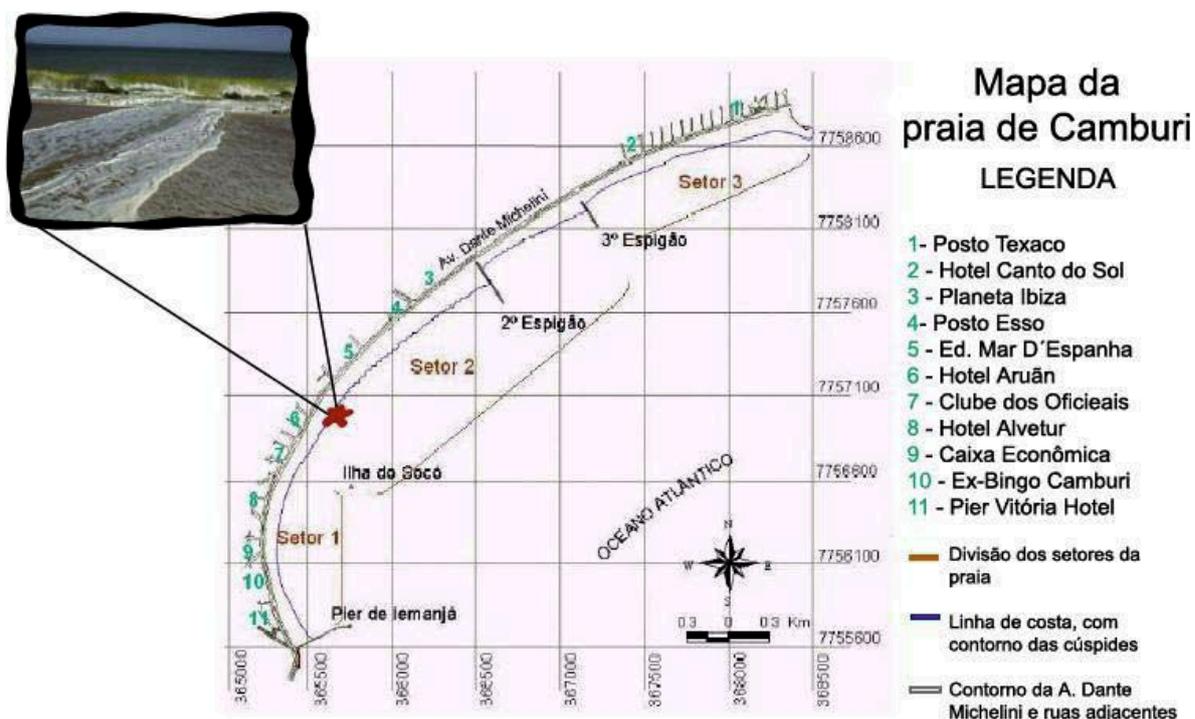


Figura 4.8: Mapa da praia de Camburi apresentando os três setores distintos quanto à presença de cúspides, com enfoque para o desenvolvimento de uma corrente de retorno no setor 2. Modificado de: Leão, 2005.

Na praia de Camburi estas correntes contribuem para o transporte de areias da praia para a antepraia. Há na praia também a atuação da corrente longitudinal, confirmada a partir do acúmulo de areias no trecho final da praia, nas adjacências de Jardim Camburi, onde se desenvolve uma antepraia inferior rasa que dissipa a energia das ondas e desenvolve o tipo morfodinâmico dissipativo (ALBINO et al., 2001).

5. METODOLOGIA

5.1. *Experimental*

As atividades experimentais de campo foram realizadas no trecho escolhido que possui 700m de extensão e situa-se entre dois espigões transversais, foram realizados três levantamentos distintos como colocados mais adiante nos procedimentos de determinação das taxas de transporte.

5.1.1. Procedimentos de campo

Os levantamentos em campo consistiram na obtenção de dados como levantamentos de perfil de praia, variações de nível de sedimentos ao longo do período escolhido e dados quantitativos para determinação das taxas de transporte, incluindo dados de onda (altura e direção das ondas incidentes) e velocidade do escoamento. Para a coleta dos dados de campo foram utilizados os seguintes equipamentos: GPS, bússola, nível e mira topográfica, estacas graduadas, trena, cronômetro e objetos para serem acompanhados em suspensão (bolas de isopor).

5.1.1.1. Perfil de praia

O levantamento topográfico foi realizado nos perfis das estações por meio de nível topográfico, começando, da queda do calçadão indo, de acordo com azimute (172 SE), seguindo a orientação da bússola até um ponto situado submerso, além do máximo recuo da onda. Foram feitas 27 perfilagens no dia 19 de março de 2008 para apontar a morfologia da praia e obtenção da inclinação da face, como mostram as Figuras 5.4 e 6.1. Esses perfis tiveram a maré corrigida de acordo com o nível de redução (NR) do DHN para o porto de Tubarão.

5.1.1.2. Determinação das taxas de transporte

Para determinação das taxas de transporte de sedimentos foi utilizada uma metodologia de nivelamento de estacas, tal procedimento se caracteriza pela

observação das mudanças morfodinâmicas ocorrentes na região ao longo de vários ciclos de onda.

O procedimento consistiu na disposição de estacas graduadas ao longo da zona de espraiamento do arco praial, como mostram a Figura 5.1, 5.2 e 5.3. Cada baliza possuía uma graduação positiva partindo do nível zero, e sendo necessária então, a leitura consecutiva do nível que os sedimentos ocupam na baliza.

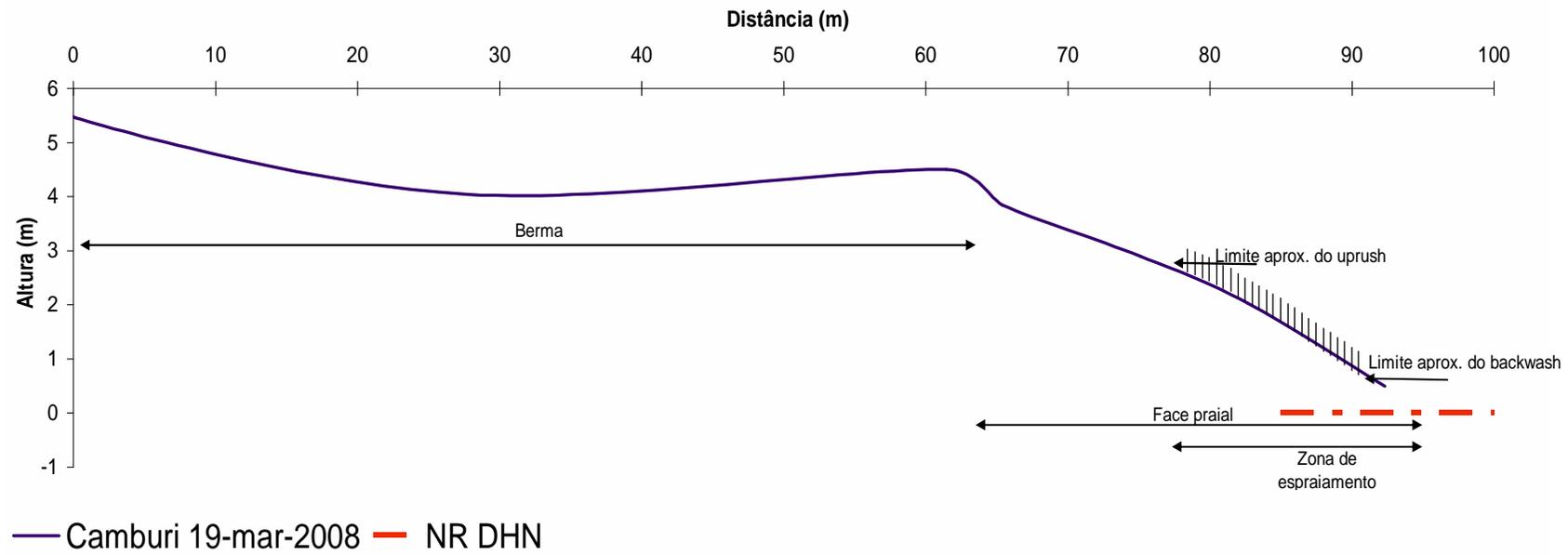


Figura 5.1: Esquema representativo da disposição das balizas graduadas. A distância entre as balizas é de 0,5m.



Figura 5.2: Foto da execução do trabalho de leitura do nível de sedimentos nas balizas graduadas. Foto: Sabaini, R. S., março 2008.



Figura 5.3: Disposição das balizas graduadas na zona de espraçamento da praia de Camburi. Foto: Becalli, L. março 2008.

Foram realizadas três campanhas de campo na área proposta, sendo utilizado apenas alguns dados adquiridos nos campos como descrito abaixo.

19 de março de 2007 - Na realização desta primeira campanha as balizas foram dispostas no arco praiial distantes 150 m longitudinalmente, sendo em cada perfil transversal colocadas quatro balizas distantes cerca de 4 metros umas das outras, de modo a abranger toda a região de espraiamento. A leitura foi realizada de hora em hora durante 11 horas consecutivas. Com a análise dos dados obtidos desta campanha pode-se constatar que as leituras indicavam a movimentação do espraiamento ocasionada pela maré, ficando ocluso o transporte provocado pelas ondas, objetivo principal desta dissertação, por esse motivo os dados desta campanha não foram utilizados.

19 de março de 2008 - A segunda campanha, diferentemente do primeiro levantamento, consistiu na colocação em toda a faixa de espraiamento de balizas menores, de 50 centímetros de comprimento, graduadas em centímetros, além das balizas de 1,5 metros utilizadas no levantamento anterior. Não apenas 5, mas 27 perfis foram contemplados neste levantamento, o intervalo entre os perfis foi de 25m. As leituras foram feitas, no entanto, em intervalos de 20 minutos no início de 5 horas consecutivas, analisando assim o transporte de sedimentos ocasionado pela ação das ondas. Desta campanha foram utilizados os dados que forneceram a morfologia da praia.

10 de abril de 2008 - No terceiro campo viu-se a necessidade de intervalos ainda menores de medições, de 10 minutos, também no início de 5 horários consecutivos, e principalmente a leitura apenas das balizas de que se encontravam efetivamente sob ação das ondas, ou seja, as que estavam submersas, ou não eram alcançadas pelas ondas no intervalo dos 10 minutos, não eram lidas. Nesta campanha foram escolhidos 9 perfis transversais eqüidistantes uns dos outros (Figura 5.4), em intervalos de 77,8m. A disposição das balizas é mostrada na Figura 5.1.

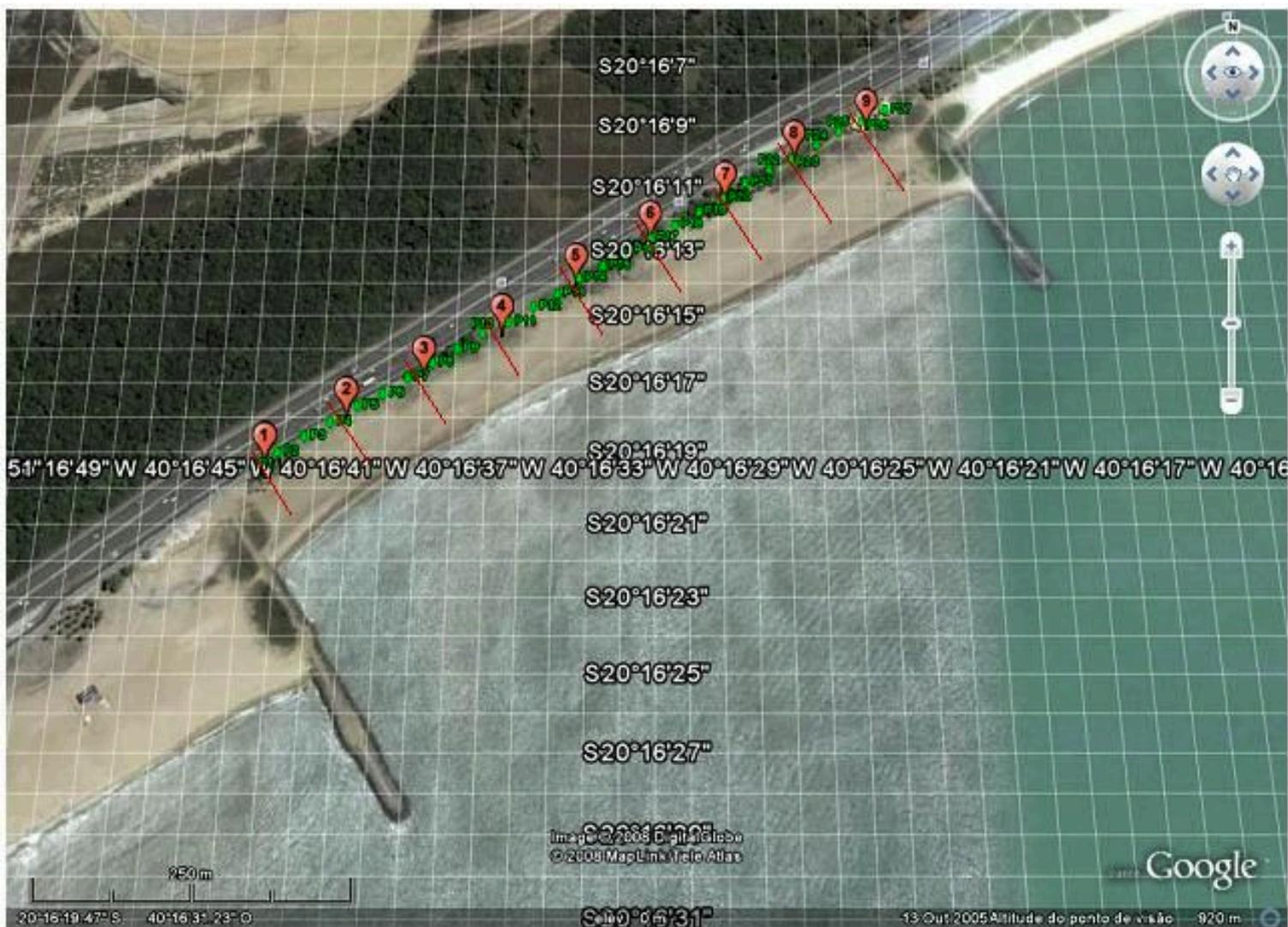


Figura 5.4: Representação dos 9 perfis transversais em que foram dispostas as estacas na zona de espraiamento (em vermelho). Os pontos em verde mostram os locais em que foram realizados os perfis topográficos, as linhas não são mostradas para evitar a poluição do mapa.

5.1.1.3. Altura e direção de onda incidente

Neste trabalho foram levantados dados de altura e direção da onda incidente na praia, pois tais parâmetros caracterizam as ondas incidentes na praia no momento da realização das leituras.

Para uma avaliação precisa dos parâmetros de onda é necessária a instalação de ondógrafos direcionais o que se tornou indisponível devido aos altos custos. Neste trabalho os parâmetros foram avaliados através de métodos visuais que freqüentemente fornecem boas estimativas.

Para tal, foi seguida a metodologia proposta por Muehe (1996) na qual a altura pode ser medida através do posicionamento de uma baliza ou mira topográfica no ponto de máximo recuo da onda, na face da praia. Uma pessoa mantém a baliza em posição vertical e o observador se posiciona na face da praia, de maneira a conseguir fazer a leitura da altura. A altura é lida na intersecção com a baliza, da linha imaginária que liga a linha do horizonte com a altura da onda na iminência de arrebentar (Muehe, 1996).

A caracterização da altura foi feita como sendo a média das alturas das ondas mais altas medidas. A medição do ângulo de incidência da onda começa com a definição da orientação geográfica da praia no trecho a ser observada. Uma vez definida a orientação geográfica da praia o observador mantém esta orientação durante todas as medições, a bússola utilizada deve possuir uma base retangular para auxílio na definição das direções.

O posicionamento da bússola deve ser feito de modo que sua base retangular gere na altura dos olhos uma linha reta horizontal. Sendo assim, a bússola ficará na vertical, posição na qual elas não funcionam. A linha reta e horizontal gerada pela base da bússola deve ser alinhada à crista da onda escolhida que se aproxima da praia. Por refração a crista da onda tende a mudar de direção e esta mudança deve ser acompanhada com a bússola até o momento da quebra da onda. Neste momento, vira-se novamente a bússola para a horizontal (posição em que funciona) e faz-se a leitura da orientação geográfica da crista da onda na quebra. A diferença entre a orientação da praia e a orientação da crista da onda na arrebentação é o ângulo de incidência da onda. Devido às diversas manipulações da bússola, essa é uma das medições que carregam mais erros (SOARES, 2005).

5.2. O Modelo de Bagnold (1963; 1966)

Um modelo de transporte de sedimentos utilizado neste trabalho é o modelo de aproximação energética proposto por Bagnold (1963; 1966), com modificações posteriores sugeridas por Bowen (1980) e Bailard (1981).

A taxa de transporte de fundo por unidade de largura de fundo (Equação 1) é proporcional a potência do fluido (ω), que por sua vez é relacionada com a massa específica do fluido (ρ) (Kg/m^3) e o fator de fricção (c_f). Bagnold também derivou um modelo similar para levar em consideração o transporte de sedimentos em suspensão que contém um termo relacionado à auto-suspensão.

$$I_b = \frac{0,5\varepsilon_b \rho c_f u^2 |u|}{\tan \phi - \tan \beta}$$

Equação 1

Onde u (m/s) é a velocidade longitudinal do escoamento, ε_b é o fator de eficiência de carga de fundo (tipicamente 0,1), β é a declividade do leito obtida nos levantamentos de campo e ϕ é o ângulo de fricção interna dos sedimentos (cerca de 30°) em que a tangente tipicamente varia em torno de 0,6. Esse modelo é referido como BBB. Os dados obtidos em campo para execução do modelo analítico são: a inclinação da face praial e a velocidade do escoamento.

A Equação 1 sugerida por Bagnold (1963; 1966) e utilizada neste trabalho não inclui o termo de auto-suspensão para sedimentos em suspensão pois, segundo Butt et al (2004) não são encontradas diferenças significantes nas performances entre a equação 1, que leva em consideração u^3 e a equação que inclui o termo de auto-suspensão, que utiliza u^4 .

Na publicação de Haas & Hanes (2004), fica evidente que tal equação tende a reduzir a taxa de transporte de sedimentos com o aumento do diâmetro de grãos. A hidrodinâmica, especialmente a corrente longitudinal, é completamente sensível ao diâmetro do grão através da declividade da praia e do fator de fricção, sob a hipótese de que o fundo é razoavelmente plano e as formas de fundo não contribuem significativamente para a resistência do escoamento. Com o aumento do diâmetro do grão, a inclinação da praia também aumenta. Como a praia vai ficando mais refletiva, as ondas quebram mais próximas à linha de costa. Para qualquer

condição de onda dada, as ondas quebram através de uma curta distância na praia refletiva. Isso resulta em uma forte tensão de radiação e então fortes correntes longitudinais. A redução na corrente longitudinal reduz o transporte na equação de BBB que é altamente sensível a essa redução, então o transporte decai significativamente. Em adição ao fator de fricção, a equação é também função da velocidade de decantação, no caso do transporte de carga suspensa. Como a velocidade de decantação aumenta devido aos grãos maiores, o transporte de sedimentos suspenso diminui. Com essa equação, o transporte longitudinal é claramente reduzido para casos de sedimentos grossos. A redução, devido à velocidade de decantação e a corrente longitudinal, são muito mais prevaletentes que o aumento devido à tensão de cisalhamento do fundo.

5.2.1.1. Velocidade do escoamento

A velocidade foi determinada a partir do simples procedimento de acompanhamento de objetos em suspensão (técnica do derivador). Foram lançados objetos flutuantes (bolas de isopor) na zona de espraiamento, sendo seu percurso acompanhado da cronometragem do tempo e determinação da distância percorrida paralelamente à linha da costa. A escolha de bolas de isopor e não laranjas ou esferas com a mesma densidade do fluido é explicada pela pequena profundidade do escoamento, de alguns centímetros, assim, objetos mais densos tendem a ficar presos no leito, o que não ocorre com o isopor.

Duas pessoas estavam posicionadas paralelamente à linha de costa, a bola de isopor é então lançada pela pessoa 1 e neste instante o cronômetro é acionado. A bola faz então um movimento parabólico enquanto a pessoa 2 acompanha seu movimento estando sempre na mesma direção do lançador (pessoa 1). Quando a bola alcança a pessoa 2 o cronômetro é parado. A partir daí foram anotadas distância e tempo percorridos pela bola de isopor.

Com esses dados é possível calcular empiricamente a velocidade média do escoamento longitudinal. É recomendado que devam ser feitas no mínimo três medições (FONTOURA, 2004).

6. RESULTADOS

6.1. Perfil de praia

A morfologia obtida das medições no trecho da praia é mostrada na Figura 6.1.

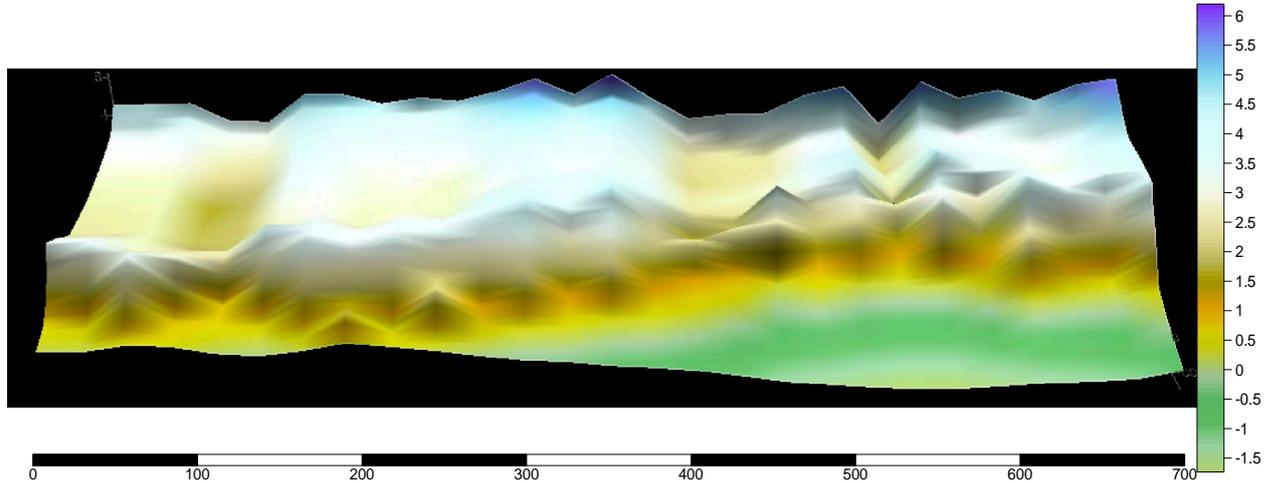


Figura 6.1: Morfologia do trecho da praia escolhido para determinação do transporte de sedimentos no espraimento.

Tal morfologia é resultado da junção dos 27 perfis praias realizados no dia 19/03/08, um representativo é colocado abaixo na Figura 6.2. No Apêndice são mostrados todos os perfis levantados.

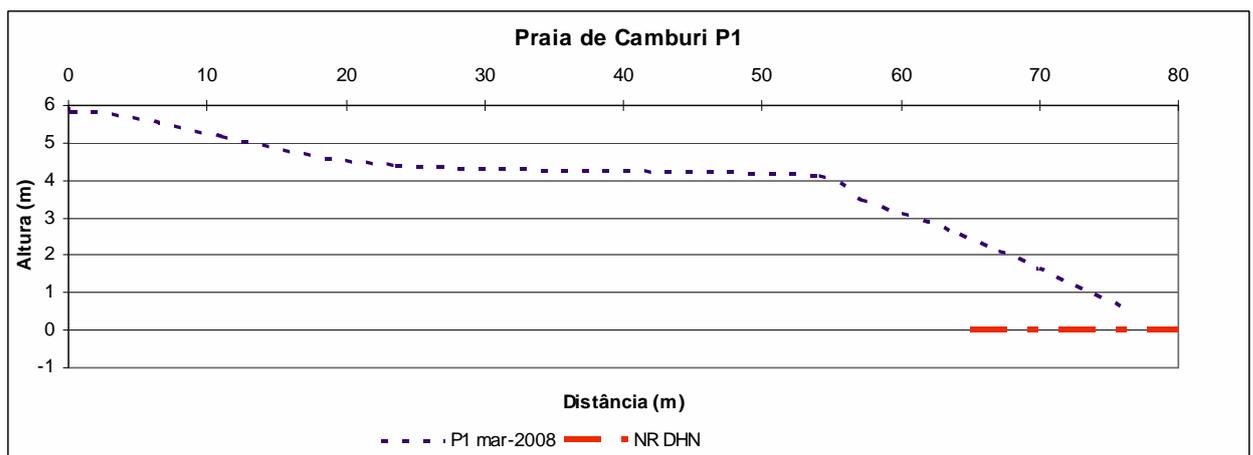


Figura 6.2: Perfil transversal 1, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

A partir dos dados morfológicos foi possível determinar a inclinação da face praial. A inclinação encontrada em cada perfil indica praia do tipo intermediária, como observado visualmente também pela presença de cúspides praias. Tal configuração morfológica é indicativa de forte transporte transversal, porém é notável também, o aumento do comprimento da praia nos trechos próximos ao terceiro espigão (à direita da Figura 6.1), tal aumento é um forte indício da direção do transporte longitudinal, que carrega os sedimentos ao longo da praia, de sul (esquerda) para norte (direita). O acúmulo de sedimentos nas proximidades deste espigão evidencia tal transporte.

6.2. Dados de onda

Os dados de onda coletados na amostragem estão apresentados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1: Dados de onda coletados durante as leituras do nível de sedimentos.

HORA DA LEITURA	ALTURA (m)	PERÍODO (s)	ÂNGULO DE INCIDÊNCIA (°)
EVENTO 1 14:00	0,70	8,8	2
EVENTO 2 14:50	0,95	8,5	2
EVENTO 3 15:40	0,72	11	0
EVENTO 4 16:30	1,00	9,4	0
EVENTO 5 17:20	1,10	11,7	2

6.3. *Variação local no nível de sedimentos*

Os primeiros resultados obtidos são relacionados à variação do nível de sedimentos nas balizas ao longo do período em que a praia foi estudada. Os gráficos abaixo mostram essas variações para cada perfil de praia analisado na campanha de 10 de abril de 2008. Cada gráfico contém a variação ao longo do período de medições indicados por coloração diferenciada (Tabela 6.2). A Tabela 6.2 também mostra a área da sessão representativa de cada perfil transversal escolhido (a área em branco indica que não foram feitas medições do espraiamento no perfil no horário indicado).

Tabela 6.2: Tabela indicativa dos horários de medições realizadas e coloração representativa nos gráficos.

EVENTO	INÍCIO	TÉRMINO	ÁREA DA SESSÃO REPRESENTATIVA DOS PERFIS (m ²)									COR
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	
1	14:00	14:10	389,0	466,8	583,5	544,6	739,1	778,0	778,0	778,0	661,3	
2	14:50	15:00	350,1	622,4	505,7	505,7	661,3	739,1	700,2	661,3	661,3	
3	15:40	15:50	505,7	622,4	739,1	583,5	894,7	778,0	700,2	622,4	622,4	
4	16:30	16:40	544,6	661,3	700,2	583,5	855,8	778,0	739,1	622,4	583,5	
5	17:20	17:30	427,9	544,6	427,9	350,1	778,0	739,1	778,0	700,2		

É importante salientar que a maré no dia das medições estava baixa às 11:51 com altura de 0,2 e alta às 18:24 com altura de 1,2. Temos então, medições realizadas no período de enchente.

6.3.1. Perfil 1

Figura 6.3

14:00 – O gráfico representativo do perfil 1, quando analisado a cada hora de medição, mostra, para o primeiro evento, alto acúmulo de sedimentos nas balizas mais próximas ao mar. Com o início da subida da maré não havia alcance nas balizas localizadas mais acima na face da praia. Nesta hora o espraçamento alcançou comprimento de 5 metros.

14:50 – No evento 2 de medição é observada perda de sedimentos nas balizas centrais, de 6 a 11, mostra-se assim o movimento da subida da maré, alcançando balizas superiores. O comprimento do espraçamento neste momento era de 4,5 metros.

15:40 – No evento 3 de medição há pequena variação no nível do sedimentos não tendo um padrão significativo para ganho ou perda, no entanto a subida da maré já permitia maior alcance do espraçamento, chegando a alcançar 6,5 metros.

16:30 – Na medição do quarto evento, o espraçamento alcançou o máximo para este perfil, com 7 metros de comprimento, abrangendo grande faixa da face praial. Nas primeiras balizas, de 2 a 6, há perda de sedimentos, ocorrendo uma alternância desta tendência a partir da baliza 8 até a 14, onde agora passa haver acréscimo no volume de sedimentos.

17:20 – No último evento de medição, quinta hora, ocorre o mesmo que na quarta hora, no entanto, a perda nas balizas superiores de 2 a 7 é maior que na hora anterior e o acúmulo nas balizas de 8 a 12 é menor. Neste horário, o espraçamento alcançou 5,5 metros de comprimento.

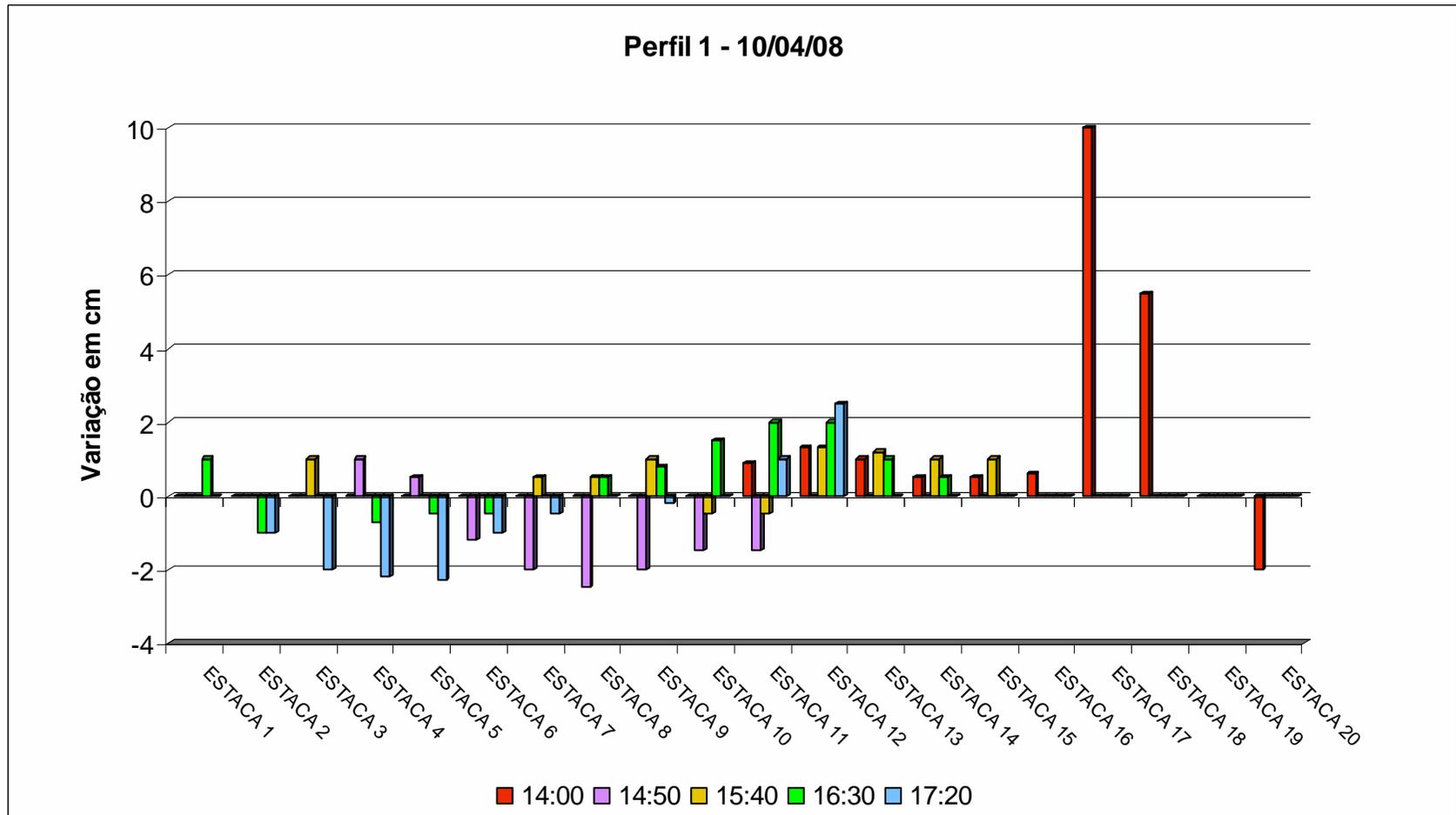


Figura 6.3: Variação do nível de sedimentos nas 20 estacas dispostas na zona de espraiamento do perfil 1.

6.3.2. Perfil 2

Figura 6.4

14:00 – Observou-se grande variação de sedimentos, perda de volume, nas balizas inferiores de 10 a 19, com exceção da baliza 18, mostrando a atuação do espraçamento ainda não alcançando áreas mais altas. O comprimento do espraçamento neste intervalo foi de 6 metros.

14:50 – maior perda de sedimentos nas balizas centrais, de 5 a 11, porém com pouco volume, tendo como exceção a baliza 9. Comprimento para o intervalo foi de 8 metros.

15:40 – ganho de volume mais significativo nas balizas inferiores, de 9 a 17 e perda de 2 a 8. Com o aumento da maré é possível observar também o maior alcance da água no *uprush* a partir deste momento. O comprimento da zona de espraçamento era de 8 metros.

16:30 – observou-se um ganho de sedimentos em praticamente todas as balizas, com exceção da baliza 12, no entanto, este ganho foi pouco expressivo quando comparado aos outros eventos. O comprimento observado neste instante foi de 8,5 metros, máximo para este perfil.

15:20 – na última leitura foi possível observar um aumento expressivo do volume de sedimentos nas balizas de 1 a 7, havendo então uma reversão para a tendência contrária de perda de volume nas balizas de 10 a 13. Comprimento de 7 metros.

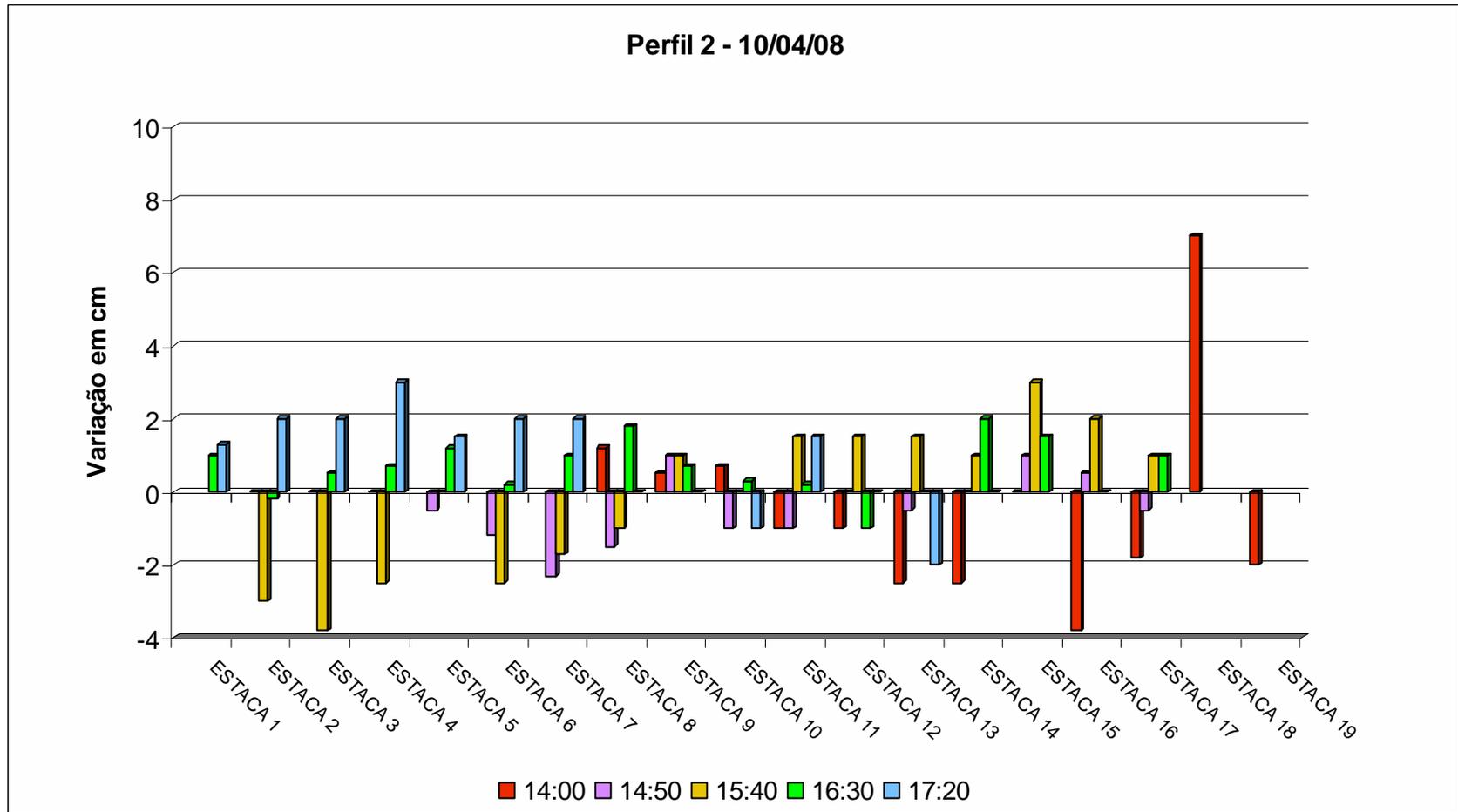


Figura 6.4: Variação do nível de sedimentos nas 19 estacas dispostas na zona de espraiamento do perfil 2.

6.3.3. Perfil 3

Figura 6.5

14:00 – Este perfil mostrou perda pouco volumosa nas balizas de 7 a 16 e um ganho pouco expressivo nas balizas de 17 a 21. o espraçamento apresentava 7,5 metros de comprimento.

14:50 – Neste evento é possível visualizar um nítido e expressivo ganho de volume de sedimentos nas balizas inferiores de 11 a 21 e pouca perda nas balizas 9 e 10. Comprimento de 6,5 metros no espraçamento.

15:40 – A situação se inverte neste instante e há uma perda acentuada nas balizas inferiores de 13 a 19 e ganho pouco expressivo nas balizas de 1 a 11. Chega-se neste momento ao alcance máximo da zona de espraçamento deste perfil, de 9,5 metros.

16:30 – É visível um ganho em quase todas as balizas neste horário de leitura, com exceção das balizas 15 e 17. Ocorre leve redução na faixa de espraçamento para 9 metros.

17:20 – O ganho nas balizas superiores é grande, até a baliza 10, as inferiores estão neste momento cobertas pela subida da maré, o que reduz o comprimento de abrangência do espraçamento significativamente para 5,5 metros.

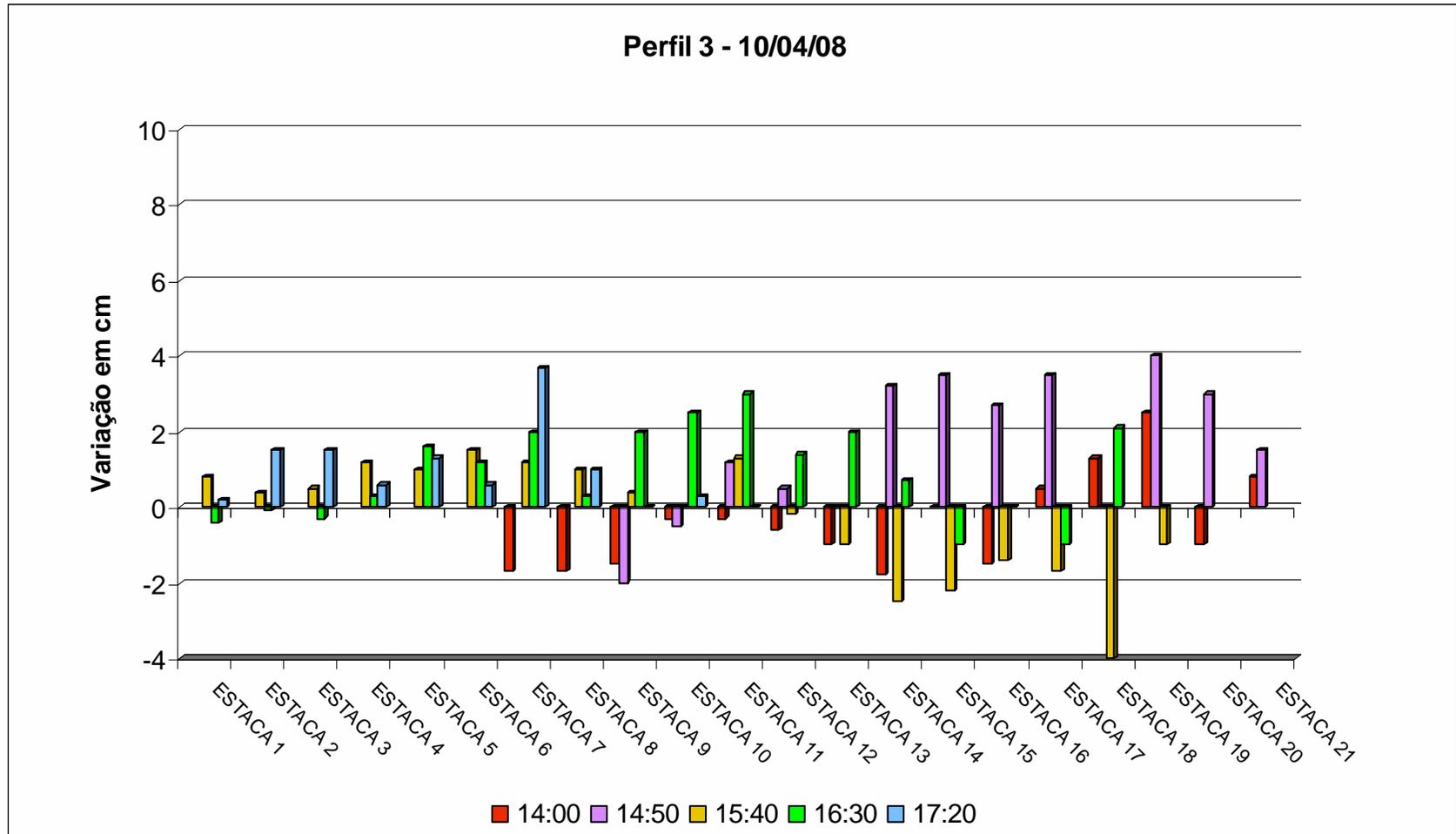


Figura 6.5: Variação do nível de sedimentos nas 21 estacas dispostas na zona de espraiamento do perfil 3.

6.3.4. Perfil 4

Figura 6.6

14:00 – É possível observar no primeiro horário de leitura, que há um aumento no nível de sedimentos nas balizas mais próximas ao máximo recuo da onda, no entanto, este aumento é pouco expressivo com valores máximos pouco acima de 2cm. Comprimento do espraçamento de 7m.

14:50 – A tendência de perda de sedimentos neste evento é notada, porém há em apenas uma estaca (17) um aumento fora desse padrão, em torno de 8cm. As estacas de 1 a 7 não foram alcançadas pelas ondas neste momento. Comprimento do espraçamento de 6,5m.

15:40 – As estacas centrais (9 a 15) mostram grande variação no nível de sedimentos, chegando a uma máximo de quase 6cm. Há uma variação pouco significativa nas estacas superiores, de 1 a 7. A partir desta hora o espraçamento alcança seu máximo para este perfil, com 7,5m de comprimento.

16:30 – É nítida a perda de sedimentos em todo o espraçamento, com níveis alcançando mais de 4cm na estaca 12. Observa-se também que as maiores perdas estão concentradas nas mesmas estacas onde houve maior acréscimo na hora anterior, de 9 a 15. O espraçamento neste horário ainda está no máximo de 7,5m.

17:20 – A variação do sedimentos concentra-se neste evento nas estacas superiores, com leves perdas de 1 a 3 e um aumento de nível em 5 e 6, em todas as outras estacas não houve variação. Comprimento mínimo do espraçamento neste momento, com apenas 4,5m.

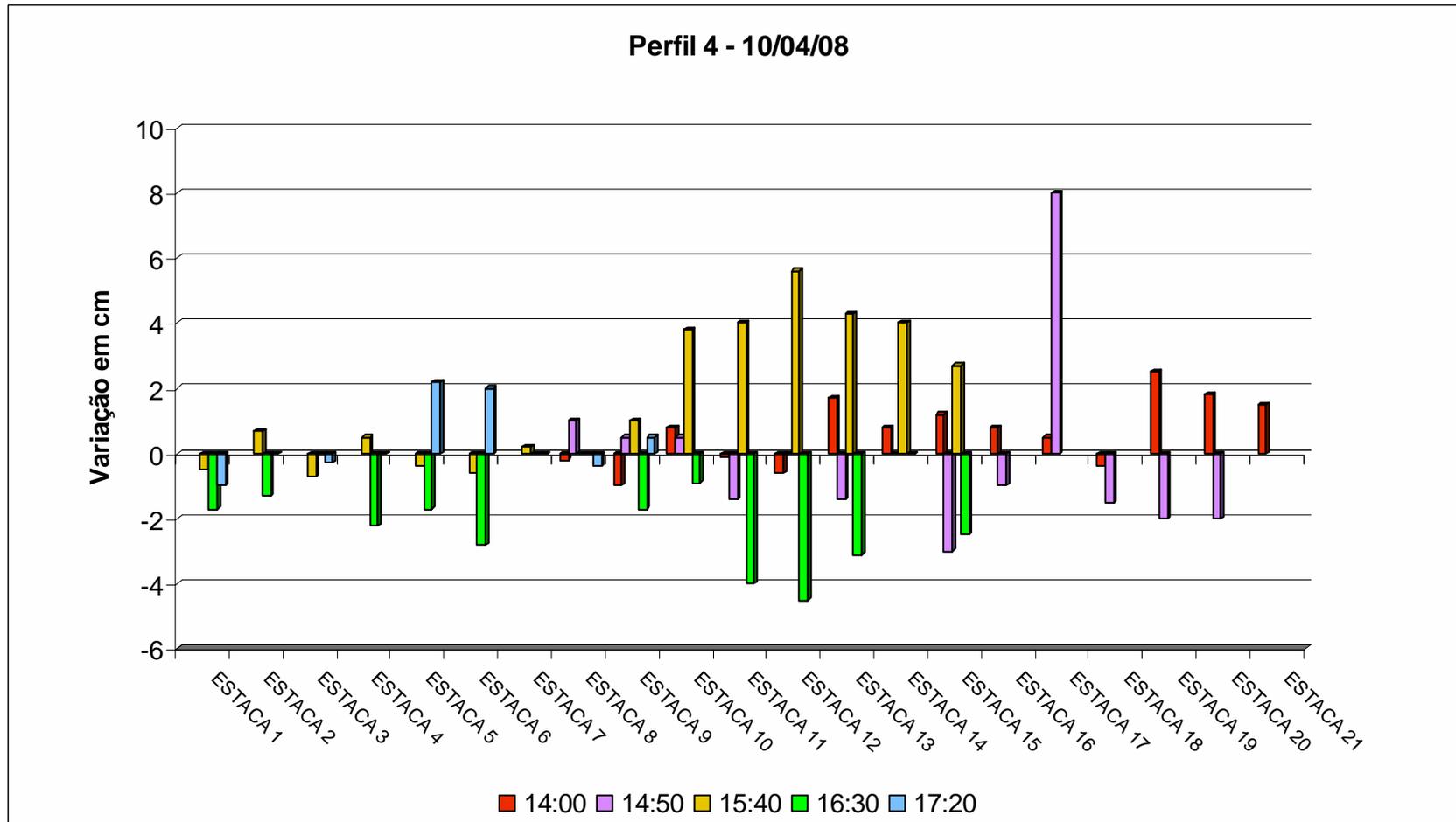


Figura 6.6: Variação do nível de sedimentos nas 21 estacas dispostas na zona de espraiamento do perfil 4.

6.3.5. Perfil 5

Este perfil é o que apresentou maior comprimento e variação da zona de espraiamento, é também o perfil central da praia (Figura 6.7).

14:00 – No primeiro momento de leitura as variações de nível de sedimentos não seguem uma tendência, já que há aumento de nível na baliza mais próxima ao máximo recuo (27), redução das seguintes (21 a 25), novo aumento nas estacas de 15 a 20, estando a partir daí havendo perda pouco expressiva nas superiores, de 11 a 13. Observa-se grande comprimento do espraiamento, de 9,5m.

14:50 – Nota-se o acúmulo de sedimentos nas balizas mais próximas ao máximo recuo, de 15 a 25, invertendo-se a partir daí para uma perda de sedimentos nas estacas superiores, de 9 a 12. O comprimento do espraiamento é de 8,5 metros.

15:40 – O mesmo padrão de distribuição da curva é mantido neste horário, porém com um deslocamento para as balizas mais superiores. Há, portanto, um acréscimo de sedimentos nas estacas inferiores de 9 a 25, e as primeiras balizas, ou seja, aquelas que estão mais acima da face da praia, seguem com perda de sedimentos, de 3 a 8. Ocorre neste momento o ápice do comprimento da zona de espraiamento, alcançando 11,5m.

16:30 – Os ganhos e perdas de sedimentos são menos expressivos, porém ainda são mantidas perdas nas estacas acima, 4 a 12, e ganho nas que estão mais abaixo, 14 a 24. O comprimento do espraiamento é de 11m.

17:20 – Neste horário, há aumento no nível de sedimentos em praticamente todas as estacas, com exceção da estaca 16 em que ocorreu perda de 2cm. Há uma redução do comprimento da zona de espraiamento para 10m.

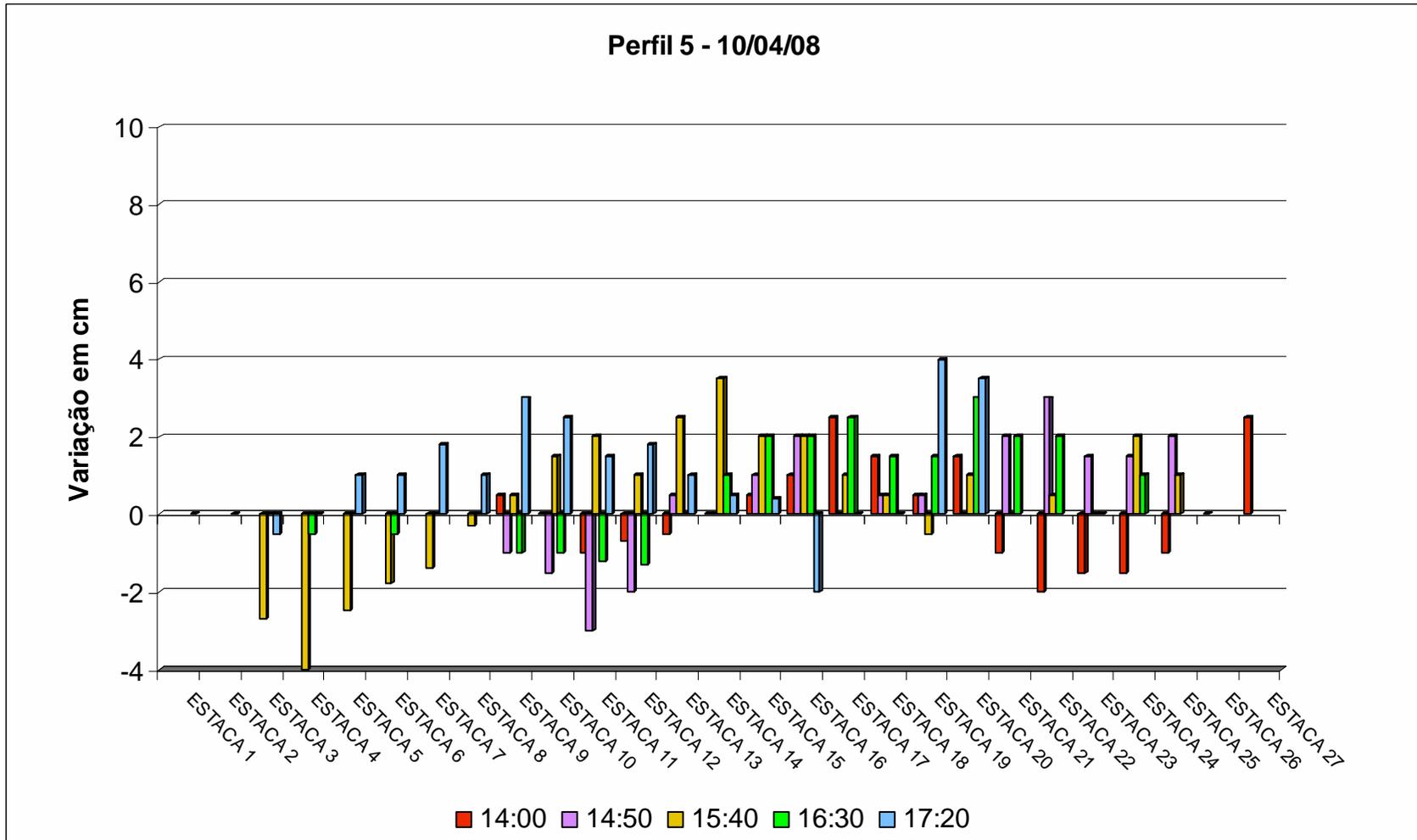


Figura 6.7: Variação do nível de sedimentos nas 27 estacas dispostas na zona de espraiamento do perfil 5.

6.3.6. Perfil 6

Figura 6.8

14:00 – Há no primeiro momento de leitura uma perda acentuada de sedimentos deste perfil, concentrada principalmente nas estacas de 11 a 23. Já neste primeiro instante o comprimento da região é de 10 metros.

14:50 – A inversão de perda para ganho de sedimentos é vista no gráfico da Figura 6.7. O acréscimo no nível de sedimentos nas estacas de 15 a 23 é notado, e o comprimento do espraçamento é reduzido em 0,5m.

15:40 – Perda nas estacas superiores (5 a 10) e ganho nas estacas próximas ao máximo recuo (19 a 24), o comprimento da zona de espraçamento é de 10m.

16:30 – Os ganhos e perdas são menos expressivos neste instante, o ganho é maior de 3cm apenas na estaca 21. O comprimento se mantém inalterado em 10m.

17:20 – As perdas são maiores que os ganhos de sedimentos e estão concentradas nas estacas de 2 a 7. Os ganhos são vistos apenas nas estacas 12, e 14 a 16. 9,5m é o comprimento da zona de espraçamento.

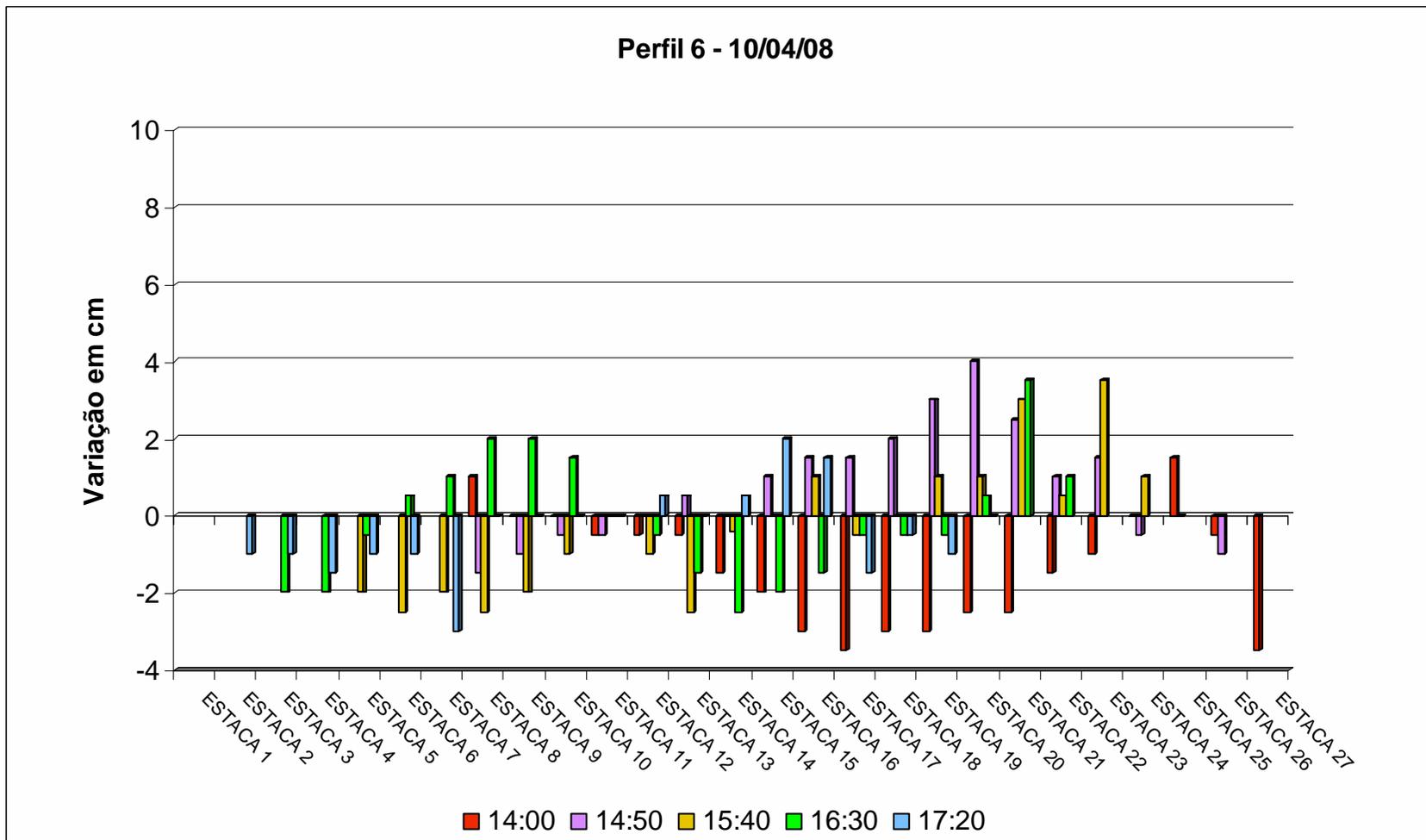


Figura 6.8: Variação do nível de sedimentos nas 27 estacas dispostas na zona de espraiamento do perfil 6.

6.3.7. Perfil 7

Figura 6.9

14:00 – Observa-se ganho expressivo em quase todas as estacas, ultrapassando 4cm o nível de sedimentos nas estacas 20 e 21. O comprimento é de 10.

14:50 – Há mudança do ganho para a perda, praticamente todas as estacas perdem mais que 2cm de sedimentos. As poucas exceções são as estacas 16, 24 e 25, esta última com ganho de mais de 4cm. São 9 metros de comprimento do espraçamento.

15:40 – O ganho acentuado de sedimentos nas estacas centrais, 6 a 18, aumentando progressivamente. Não há perda neste momento, e o comprimento de atuação do espraçamento mantém-se em 9m.

16:30 – As variações são menos significativas para esta hora de leitura, o nível máximo é de 2cm tanto para ganho quanto para perda de sedimentos. Os espraçamento chega a alcançar as zona mais superior na face da praia e seu comprimento é de 9,5m.

17:20 – As primeiras estacas quase não sofrem alteração no nível de sedimentos, o que é compatível com as baixas velocidades que são encontradas neste ponto. As regiões central e inferior do espraçamento sofrem maiores variações, com perdas de 10 a 15 e ganho de 17 a 20. O comprimento máximo de 10m é alcançado neste horário.

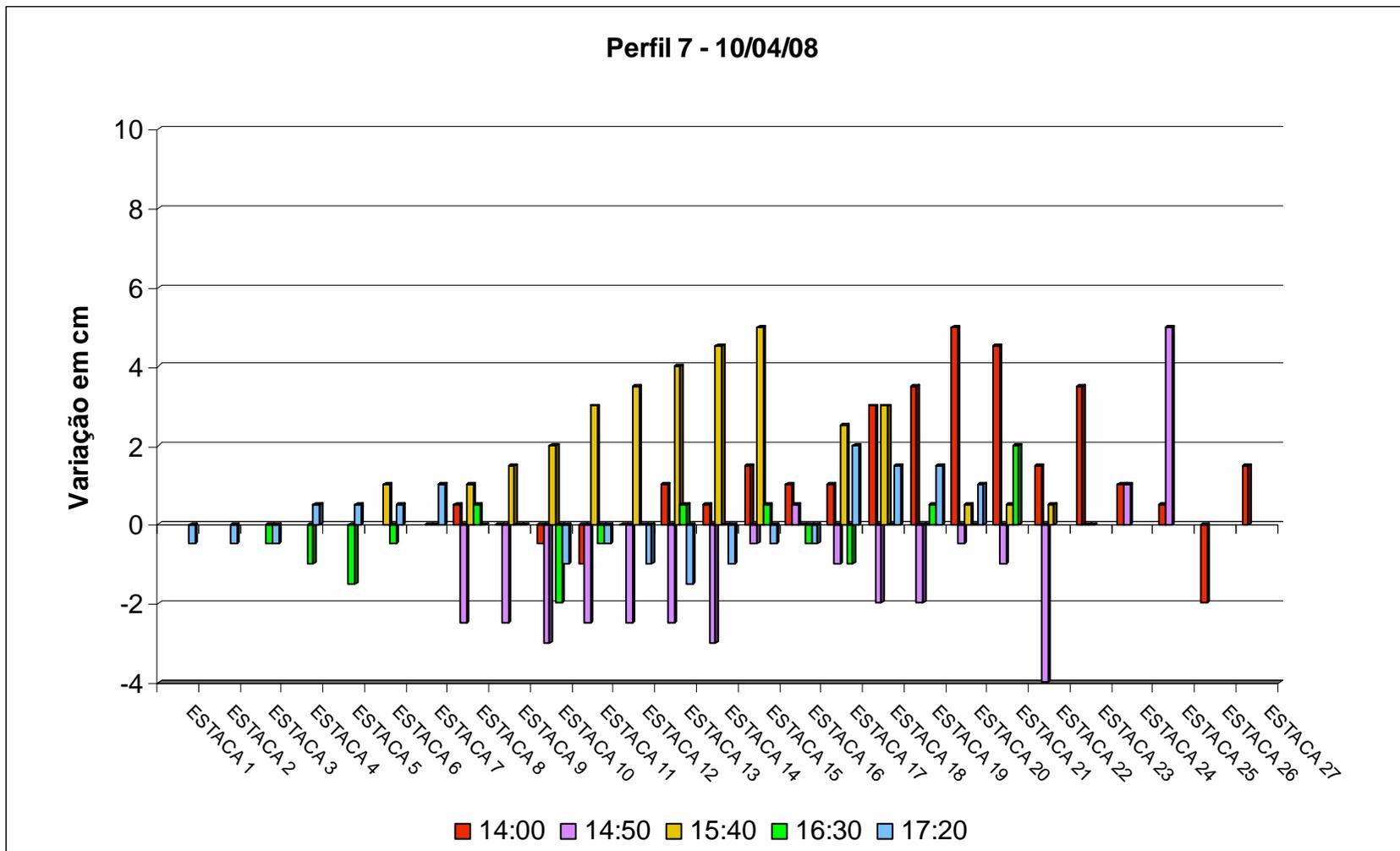


Figura 6.9: Variação do nível de sedimentos nas 27 estacas dispostas na zona de espraiamento do perfil 7.

6.3.8. Perfil 8

Figura 6.10

14:00 – Praticamente apenas ganho de sedimentos é registrado no primeiro horário de leitura e o comprimento da zona de espraiamento é de 10m.

14:50 – As reduções nos níveis de sedimentos são agora mais presentes, porém, ainda há ganho nas estacas de 13 a 16. Maior nível de perda é alcançado na estaca 22, com 3cm. O comprimento cai 1,5m estando agora em 8,5m de atuação do espraiamento.

15:40 – Aumentos e reduções de nível estão intercalados neste horário de leitura. As estacas superiores sofrem perdas (6 a 9), 11 e 12 mostram pequeno ganho de 1cm cada estaca, há então, alternância para nova perda em 13 a 16, voltando então para o ganho na estacas de 17 a 21. O comprimento continua reduzindo, agora para 8m.

16:30 – Apesar das pequenas variações, as perdas são superiores aos ganhos de sedimentos, estes concentrados próximo ao máximo recuo da onda. As variações não ultrapassam 2cm em nenhum instante, e o comprimento permanece constante em 8m.

17:20 – Aumentos no nível são mostrados nas estacas superiores, de 2 a 9, passando então para a redução a partir de então em todo o restante do conjunto de estacas disposto mais abaixo. O comprimento é de 9m neste instante.

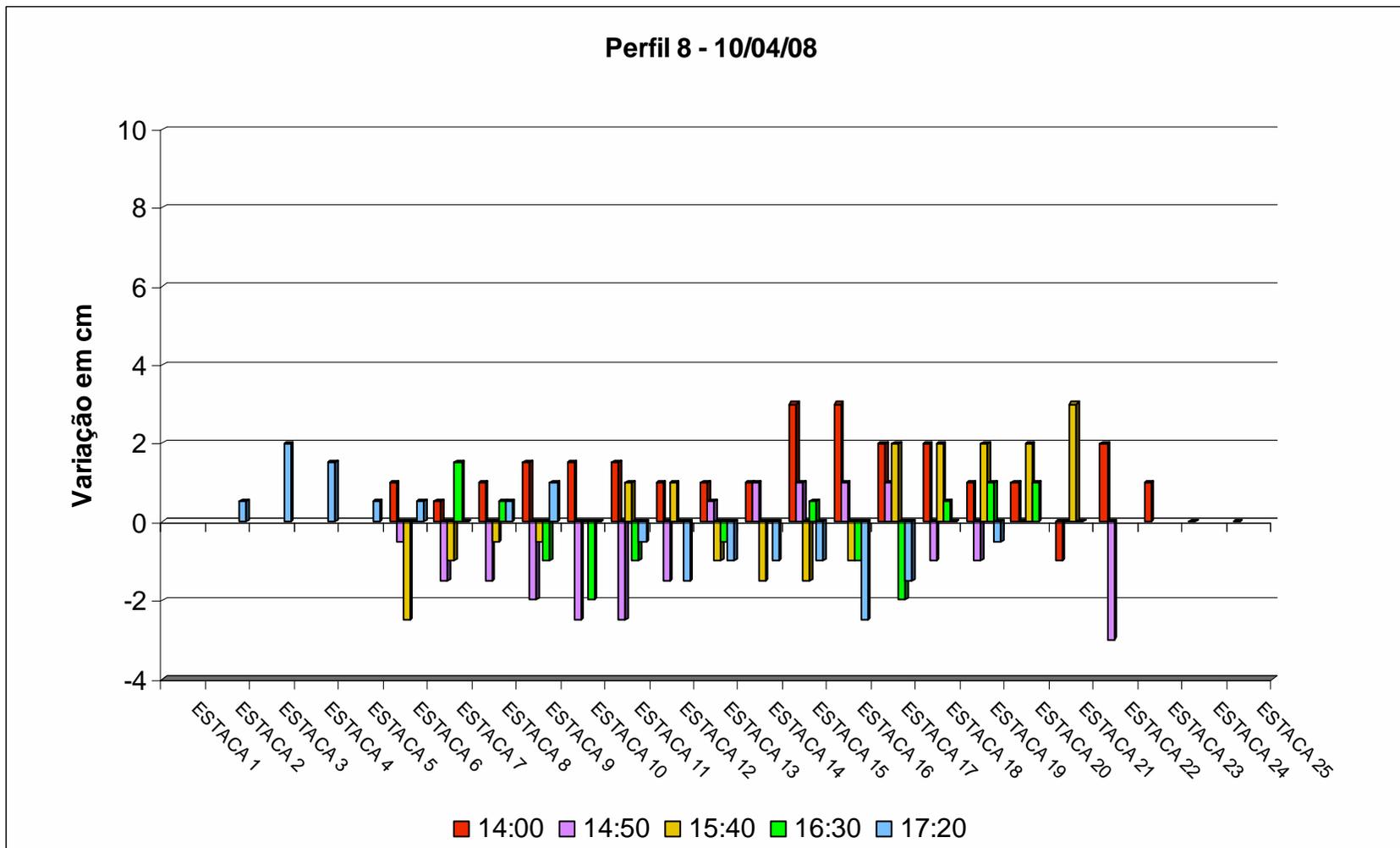


Figura 6.10: Variação do nível de sedimentos nas 25 estacas dispostas na zona de espraiamento do perfil 8.

6.3.9. Perfil 9

Figura 6.11

14:00 – As variações são grandes próximo ao máximo recuo, ganho é observado nas suas últimas estacas e perda de 17 a 22. Seguindo na direção do topo do berma, as variações são menos expressivas e o máximo do *uprush* não alcança apenas a estaca 9. O comprimento de ação do espraioamento é de 8,5m.

14:50 – Como está sendo freqüentemente observado as estacas superiores, neste caso de 7 a 13 sofrem pouca alteração no nível de sedimentos, não ultrapassando 1cm, a partir daí, de 14 a 18 a redução no nível de sedimentos é mais significativa chegando a 3cm. Mais próximo ao máximo recuo, ou seja, no início do espraioamento, há ganho de sedimentos. O comprimento é de 8,5m.

15:40 – Neste momento os ganhos são muito mais expressivos que as perdas, chegando a uma máximo de 6cm na estaca 20. O comprimento do espraioamento diminui para 8m.

16:30 – O único ganho significativo ocorre na estaca 15 de 5cm. Mais acima no espraioamento, ocorrem alternados ganhos e perdas bem menos expressivos, com máximo de 2cm. A menor extensão do espraioamento ocorre neste horário, de 7,5m.

17:20 – A leitura deste último horário não foi realizada.

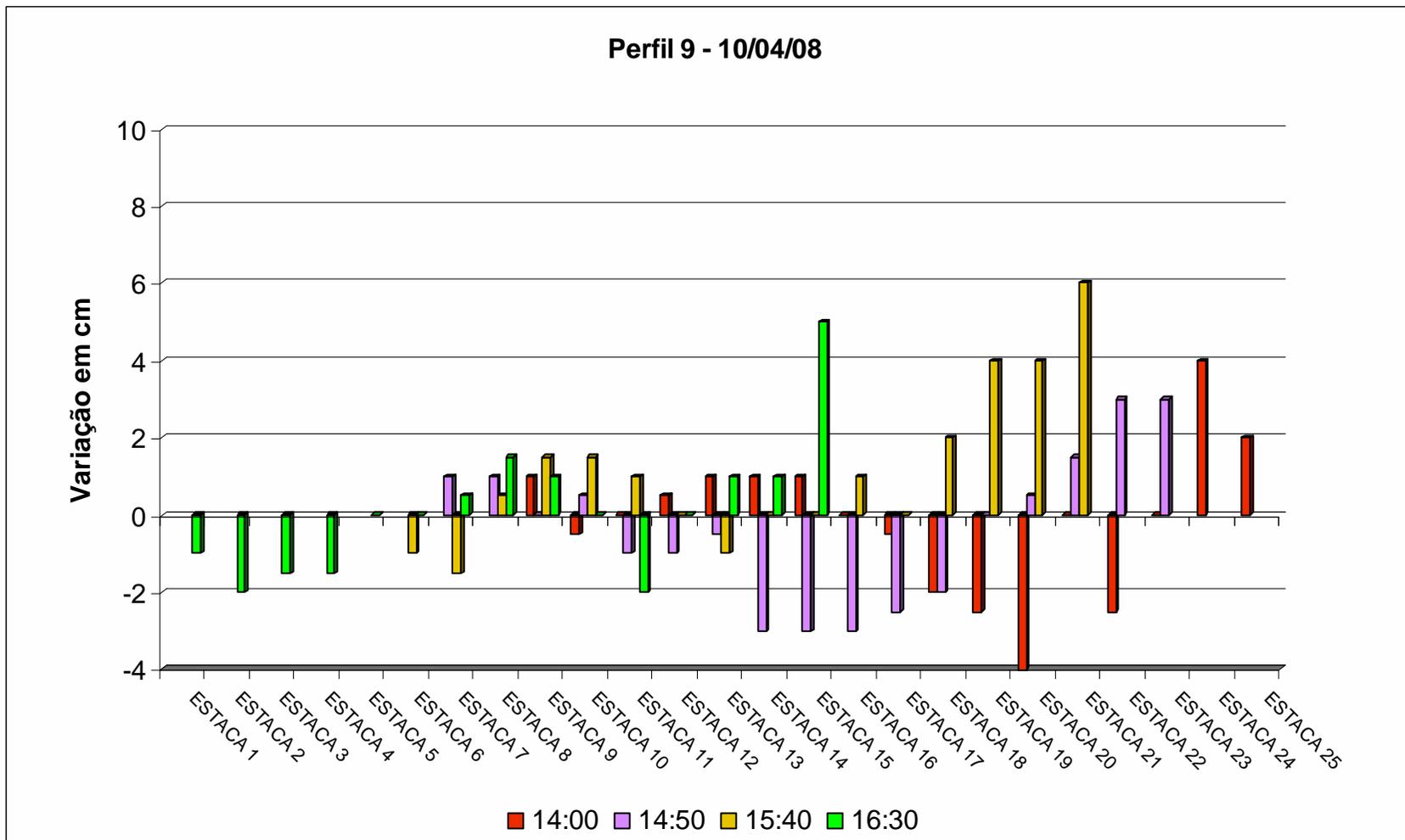


Figura 6.11: Variação do nível de sedimentos nas 25 estacas dispostas na zona de espraiamento do perfil 9.

6.4. *Variação espacial no nível de sedimentos*

Os mapas que mostram a variação espacial do nível de sedimentos em todo o trecho estudado são mostrados nas Figuras 6.12 a 6.16.

Quando observando todo o trecho da praia estudado, e não apenas cada perfil transversal separadamente, é possível observar para a primeira hora de leitura (Figura 6.12) que os principais locais de acúmulo de sedimentos (azul) se encontravam nas extremidades da praia (entre 0 e 150m e entre 500 e 700m), amplamente distribuídos próximo ao píer norte e concentrados em um ponto próximo ao píer sul; e o setor de perda mais relevante estava na região central (entre 300 e 500m).

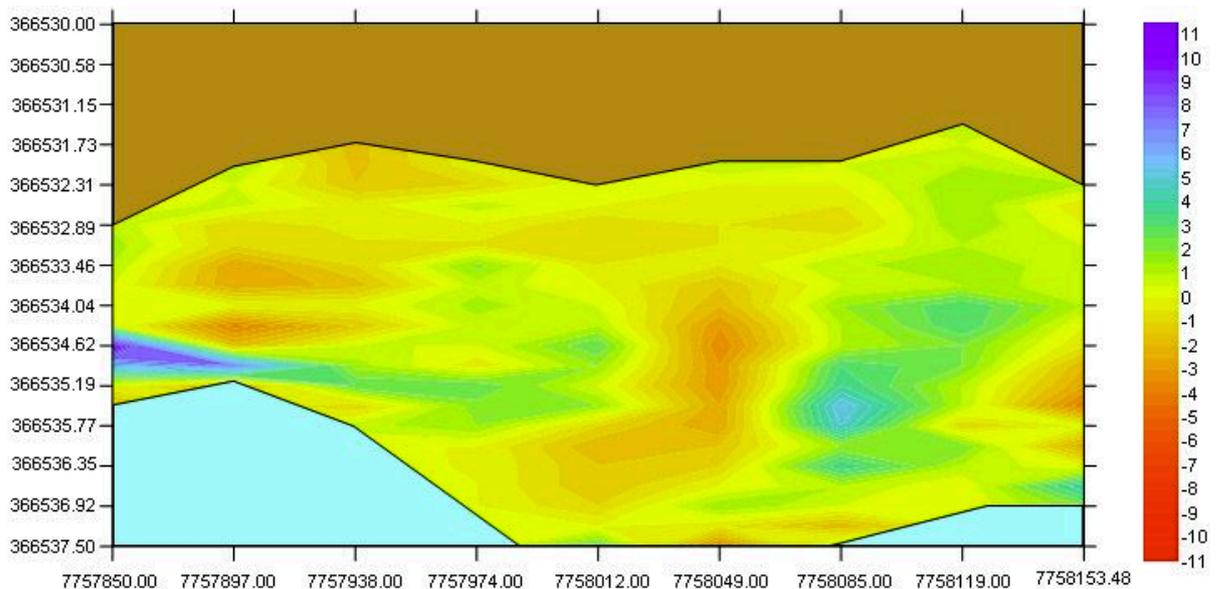


Figura 6.12: Variação espacial do nível de sedimentos encontrado no trecho estudado no primeiro evento (14:00), a escala é apresentada em centímetros. A faixa superior em marrom não estava, no momento do evento, sendo alcançada pelas ondas e a inferior em azul encontrava-se coberta pela maré.

A Figura 6.13 representa o mesmo trecho, porém às 14:50 e neste horário já é possível observar uma drástica mudança nos locais de perda e ganho de sedimentos. Aqui, os perfis próximos ao espigão norte (entre 450 e 700m) tendem a perder sedimentos, e não mais ganhar. A tendência de ganho é agora voltada aos perfis centrais (entre 200 e 450m). É possível observar também a nítida perda de sedimentos nas áreas da faixa superior da face praial em todo o trecho e o ganho é concentrado da metade horizontal até a linha de máximo recuo da onda.

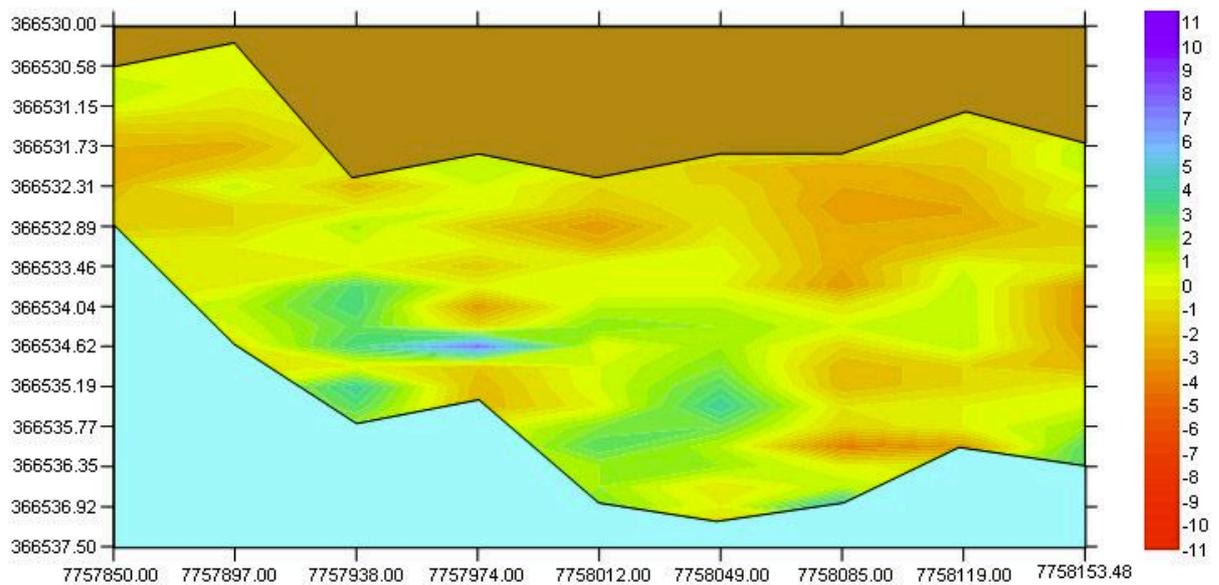


Figura 6.13: Variação espacial do nível de sedimentos encontrado no trecho estudado no segundo evento (14:50) a escala é apresentada em centímetros. A faixa superior em marrom não estava, no momento do evento, sendo alcançada pelas ondas e a inferior em azul encontrava-se coberta pela maré.

Na Figura 6.14 o ganho de sedimentos no trecho é localizado nas regiões centrais horizontais dos perfis, paralelas à linha de costa, e próximo ao píer norte, estando a faixa superior da face praial apresentando maiores níveis de perdas de sedimentos.

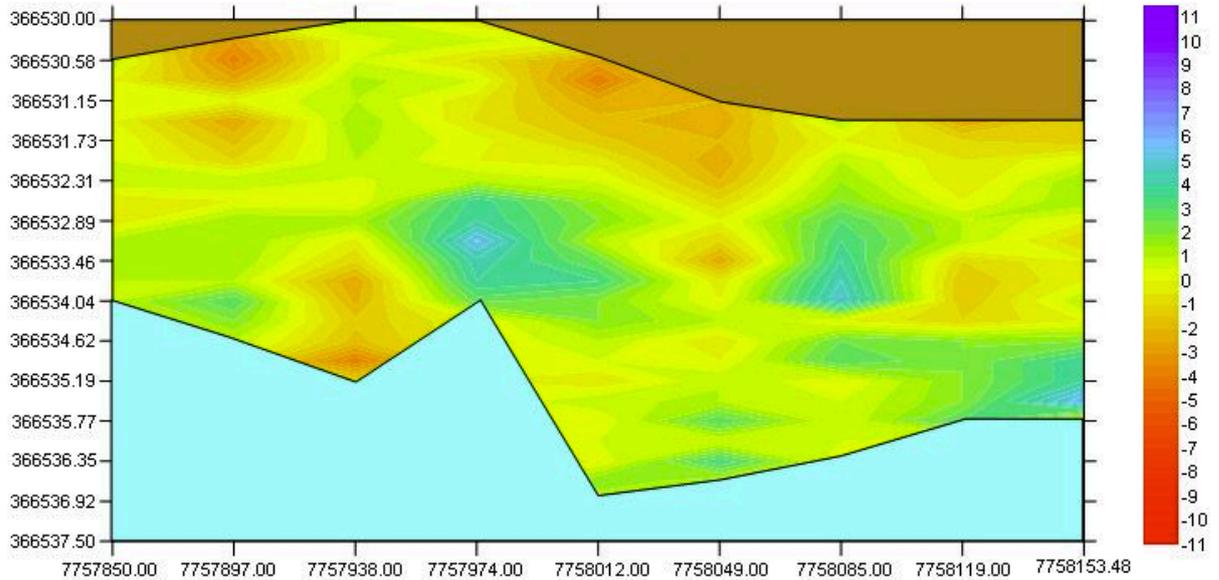


Figura 6.14: Variação espacial do nível de sedimentos encontrado no trecho estudado no terceiro evento (15:40), a escala é apresentada em centímetros. A faixa superior em marrom não estava, no momento do evento, sendo alcançada pelas ondas e a inferior em azul encontrava-se coberta pela maré.

Já é possível observar no horário de 16:30 (Figura 6.15) que as variações são menos acentuadas que nos horários anteriores. É possível notar ainda que a faixa mais próxima ao espigão sul (0 a 200m) apresenta ganho de sedimentos enquanto a faixa central vertical (250 a 350m) mostra ganho mais próximo a linha do máximo recuo e perda na faixa superior da face da praia. O trecho próximo ao espigão norte apresenta ganhos e perdas alternados em seu espraiamento.

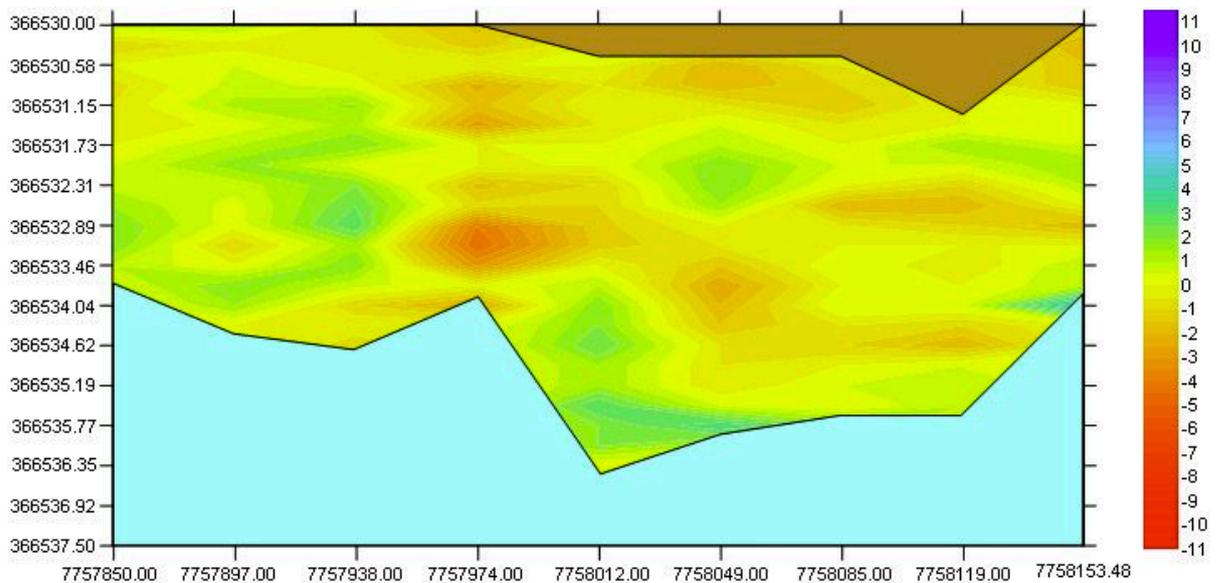


Figura 6.15: Variação espacial do nível de sedimentos encontrado no trecho estudado no quarto evento (16:30), a escala é apresentada em centímetros. A faixa superior em marrom não estava, no momento do evento, sendo alcançada pelas ondas e a inferior em azul encontrava-se coberta pela maré.

No evento 5, último horário de leitura 17:20, mostrado na Figura 6.16, as variações no nível de sedimentos são concentradas na faixa central horizontal do espriamento até o perfil 5, do espigão sul até o centro do trecho estudado e as perdas são mais bem observadas a partir de 400m até o espigão norte.

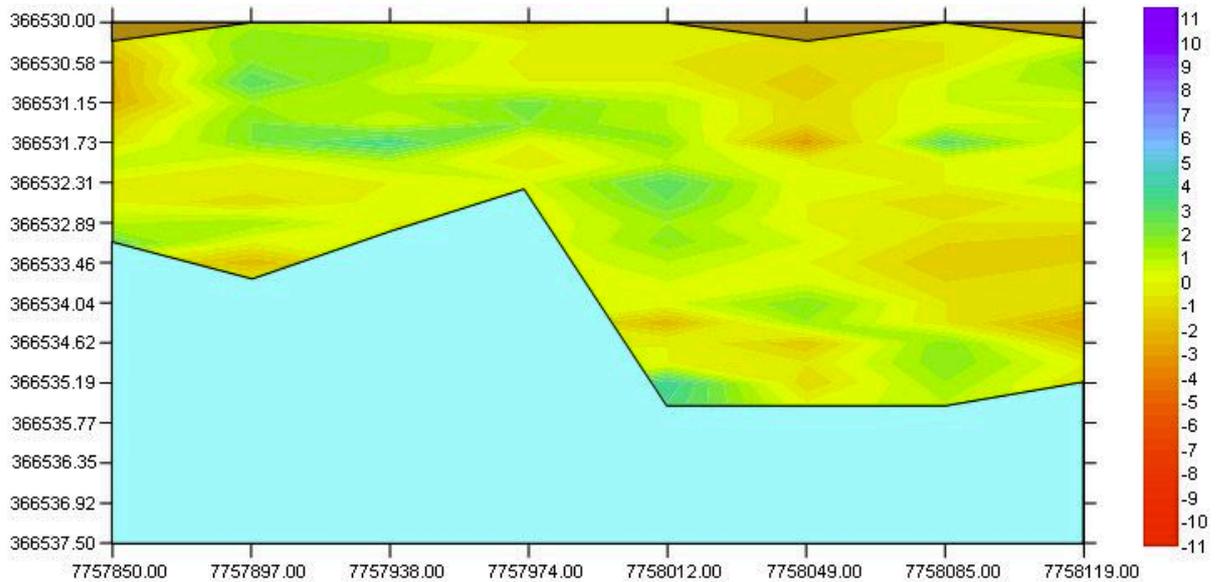


Figura 6.16: Variação espacial do nível de sedimentos encontrado no trecho estudado no quinto e último evento (17:20), a escala é apresentada em centímetros. A faixa superior em marrom não estava, no momento do evento, sendo alcançada pelas ondas e a inferior em azul encontrava-se coberta pela maré.

6.5. Taxas de transporte

As taxas de transporte determinadas indicam intenso movimento de sedimentos na zona de espraiamento do trecho estudado. Os volumes encontrados por unidade de área são mostrados nas Tabela 6.3 a Tabela 6.6.

A Tabela 6.3 mostra o volume de sedimentos movimentado, ou seja, a taxa de transporte, calculados através dos dados coletados experimentalmente. Nesta tabela os volumes são apresentados em m^3 , e por unidade de área, já que o modelo analítico utilizado provê resultados por unidade de área.

Tabela 6.3: Volumes de sedimentos calculados experimentalmente em m^3/s por unidade de área.

TAXA ($m^3/s/A$) (10^{-5})						
PERFIL	EVENTO 1	EVENTO 2	EVENTO 3	EVENTO 4	EVENTO 5	TOTAL
1	3,050	-1,704	0,833	0,786	-0,864	2,101
2	-0,722	-0,625	-0,208	1,069	1,464	0,978
3	-0,700	2,641	-0,412	1,509	1,621	4,659
4	1,107	-0,295	2,733	-2,933	0,556	1,168
5	0,114	0,686	0,565	0,985	1,708	4,058
6	-2,208	1,184	-0,500	-0,167	-0,614	-2,305
7	2,167	-2,130	3,009	-0,307	0,083	2,822
8	2,000	-1,225	0,365	-0,260	-0,278	0,602
9	-0,147	-0,539	1,875	0,238	—	1,427
TOTAL	4,660	-2,006	8,260	0,919	3,677	

A Tabela 6.4 mostra a taxa de transporte de sedimentos calculados através do modelo analítico BBB citado na metodologia, nas mesmas unidades apresentadas na Tabela 6.3.

Tabela 6.4: Volumes de sedimentos calculados através da equação de Bagnold (1963) em m³/s por unidade de área. Os eventos que estão em branco não possuem dados de velocidade coletados em campo e, por esse motivo, não são utilizados nos gráficos comparativos.

TAXA (m ³ /s)/A (10 ⁻⁵)					
PERFIL	EVENTO 1	EVENTO 2	EVENTO 3	EVENTO 4	EVENTO 5
1	2.287	-0.969			
2		-1.365		2.158	2.507
3		2.058	-1.168	1.582	
4	0.911		1.180	-4.595	
5		1.273	1.821	0.418	0.540
6	-1.793		-1.343	-0.531	-1.557
7		-1.796	1.014	-0.815	
8		-0.418	0.385		
9	-0.651	-0.559		0.867	—
TOTAL	<i>0,754</i>	<i>-1,776</i>	<i>1,889</i>	<i>-0.916</i>	<i>1,490</i>

A Tabela 6.5 mostra o volume de sedimentos movimentado, ou seja, a taxa de transporte, calculados através dos dados coletados experimentalmente. Nesta tabela os volumes são apresentados em Kg por unidade de área, já que o modelo analítico utilizado provê resultados em Kg.

Tabela 6.5: Volumes de sedimentos calculados experimentalmente em Kg/s por unidade de área.

TAXA (Kg/s)/A						
PERFIL	EVENTO 1	EVENTO 2	EVENTO 3	EVENTO 4	EVENTO 5	TOTAL
1	0,079	-0,044	0,022	0,020	-0,022	0,055
2	-0,019	-0,016	-0,005	0,028	0,038	0,026
3	-0,018	0,069	-0,011	0,039	0,042	0,121
4	0,029	-0,008	0,071	-0,076	0,014	0,030
5	0,003	0,018	0,015	0,026	0,044	0,102
6	-0,057	0,031	-0,013	-0,004	-0,016	-0,059
7	0,056	-0,055	0,078	-0,008	0,002	0,073
8	0,052	-0,032	0,009	-0,007	-0,007	0,015
9	-0,004	-0,014	0,049	0,006	—	0,037
TOTAL	0,121	-0,052	0,215	0,024	0,096	

A Tabela 6.6 mostra a taxa de transporte de sedimentos calculada através do modelo analítico BBB citado na metodologia, nas mesmas unidades apresentadas na Tabela 6.5.

Tabela 6.6: Volumes de sedimentos calculados através da equação de Bagnold (1963) em Kg/s por unidade de área. Os eventos em branco não possuem dados de velocidade coletados em campo e, por esse motivo, não são utilizados nos gráficos comparativos.

TAXA (Kg/s)/A					
PERFIL	EVENTO 1	EVENTO 2	EVENTO 3	EVENTO 4	EVENTO 5
1	0.059	-0.025			
2		-0.035		0.056	0.065
3		0.054	-0.030	0.041	
4	0.024		0.031	-0.119	
5		0.033	0.047	0.011	0.014
6	-0.047		-0.035	-0.014	-0.040
7		-0.047	0.026	-0.021	
8		-0.011	0.010		
9	-0.017	-0.015		0.023	
TOTAL	<i>0.019</i>	<i>-0.049</i>	<i>0.049</i>	<i>-0.023</i>	<i>0.039</i>

Na Tabela 6.6 são mostrados os volumes movimentados em m^3/dia para cada sessão, sendo as áreas das sessões indicadas na Tabela 6.2.

Tabela 6.7: Volumes de sedimentos calculados experimentalmente para cada sessão representativa dos perfis.

VOLUME m^3/dia					
PERFIL	EVENTO 1	EVENTO 2	EVENTO 3	EVENTO 4	EVENTO 5
1	1019,52	-509,76	362,88	371,52	-319,68
2	-293,76	-345,6	-112,32	613,44	691,2
3	-354,24	1157,76	-267,84	-915,84	596,16
4	518,4	-129,6	1373,76	-1477,44	164,16
5	69,12	388,8	440,64	725,76	1149,12
6	-1477,44	760,32	-336,96	-112,32	-388,8
7	1460,16	-1287,36	1823,04	-198,72	51,84
8	1339,2	-699,84	198,72	-138,24	-172,8
9	-86,4	-311,04	1010,88	120,96	
TOTAL	2194,56	-976,32	4492,80	-1010,88	1771,20

Os gráficos abaixo são expressos em unidades de $(\text{Kg/s})/A$ pois os valores apresentados são algumas ordens de grandeza maiores que na unidade de $(\text{m}^3/\text{s})/A$. Como os valores encontrados são muito baixos a visualização dos resultados é melhor.

Quando é plotado o gráfico comparativo entre as taxas de transporte calculadas experimentalmente *versus* as estimadas através da equação BBB (Figura 6.17) é possível observar que o modelo analítico mostra taxas de transporte sempre positivas, visto que a velocidade medida foi a velocidade média do ciclo de espraçamento e a inclinação da praia é considerada positiva. Por esse motivo, o teste de correlação linear mostra valores muito baixos para este gráfico, de 0,15. A curva experimental é mais sinuosa do que a curva apresentada pelo modelo

analítico, chegando esta, em alguns pontos, a indicar valores quase duas vezes menores (quando ambos os valores são positivos) que os calculados experimentalmente.

A Figura 6.18 mostra os casos em que as taxas de transporte de sedimentos calculadas experimentalmente foram positivas e compara com os mesmos casos calculados pela equação BBB. Foram 14 casos registrados sendo 35% destes (5 casos) muito bem representados pelo modelo analítico. Nos outros 9 casos o modelo segue a tendência da curva porém extrapola os valores em alguns e atenua em outros. Para este tipo de comparação, o teste de correlação linear utilizado obteve valores de 0,31 para estas curvas, 2 vezes maiores que os obtidos anteriormente.

Quando os valores encontrados no experimento são negativos e os comparamos com os valores de BBB para estes mesmos pontos, porém com sinal também negativo (Figura 6.19), o coeficiente de correlação sobe para 0,54. Pode-se afirmar então que, se a equação determinasse quais valores são de perda de sedimentos, estes estariam mais bem correlacionados com os dados experimentais do que quando há ganho no espraçamento.

O gráfico que mostra todos os pontos comparados, incluindo positivos e negativos, admitindo valores negativos para BBB quando o experimental também o é (Figura 6.20) parece estar bem aproximado. O coeficiente de correlação para este gráfico é o melhor encontrado (0,82).

Por último, quando consideramos o módulo das taxas de transporte medidas experimentalmente e plotamos *versus* as taxas obtidas pelo modelo analítico sugerido neste trabalho encontramos valores de correlação de 0,41, valor este aqueles encontrados para os casos em que se consideram apenas as taxas positivas e os que consideram apenas as negativas.

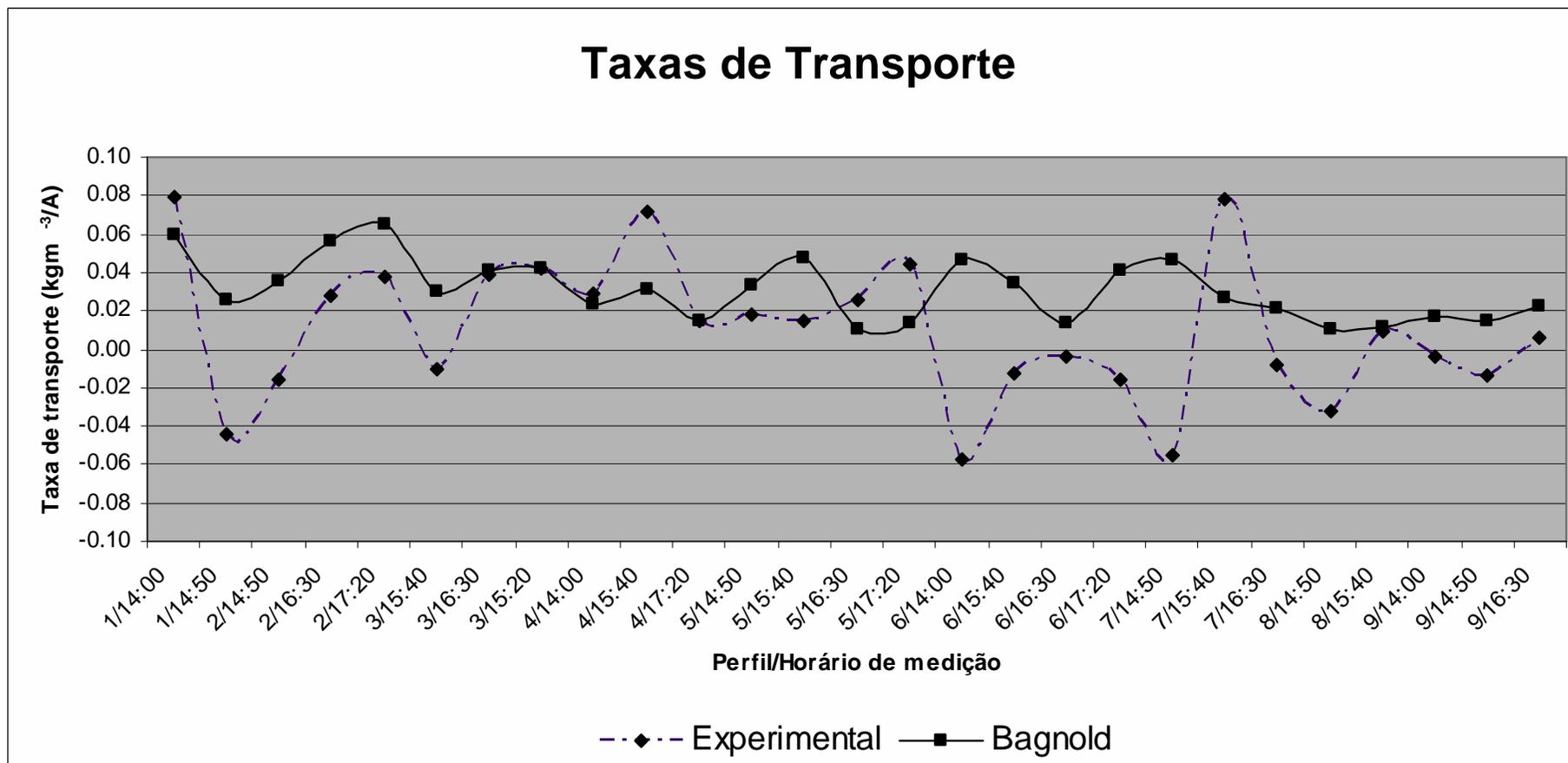


Figura 6.17: Comparação entre as taxas de transporte medidas (experimental) e estimadas analiticamente (BBB). $r = 0,15$.

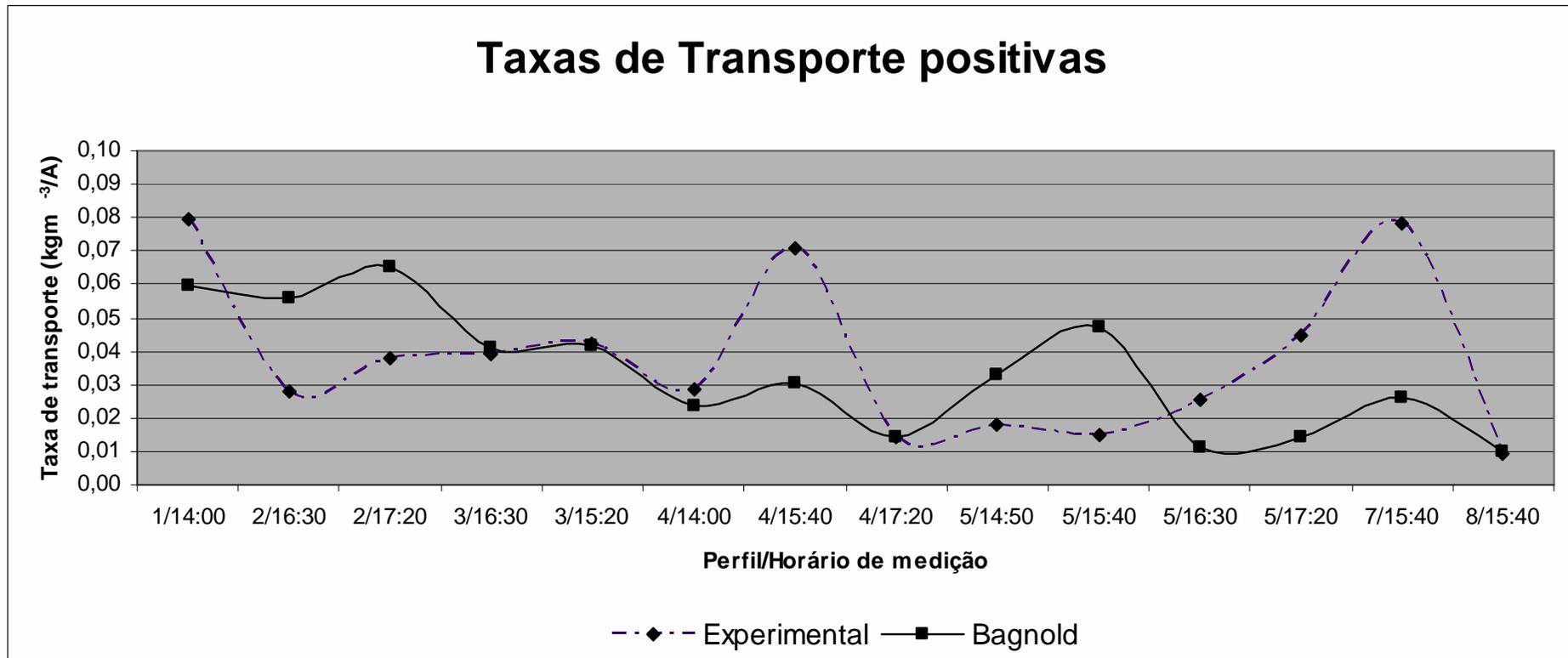


Figura 6.18: Comparação entre as taxas de transporte medidas (experimental) que apresentaram valores de ganho (positivos) e estimadas analiticamente (BBB) para os mesmos pontos. $r= 0,31$.

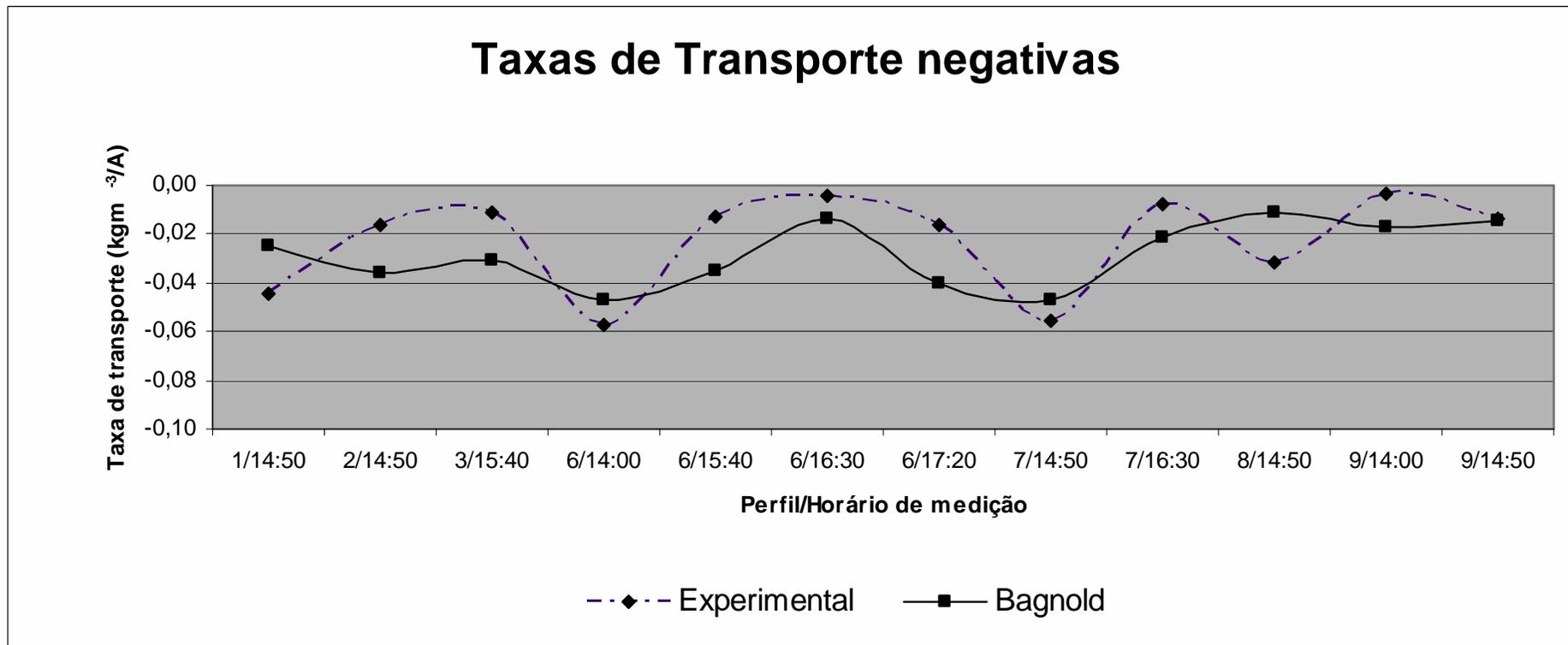


Figura 6.19: Comparação entre as taxas de transporte medidas (experimental) que apresentaram valores de perda (negativos) e estimadas analiticamente (BBB) para os mesmos pontos, porém com sinal invertido. $r=0,54$.

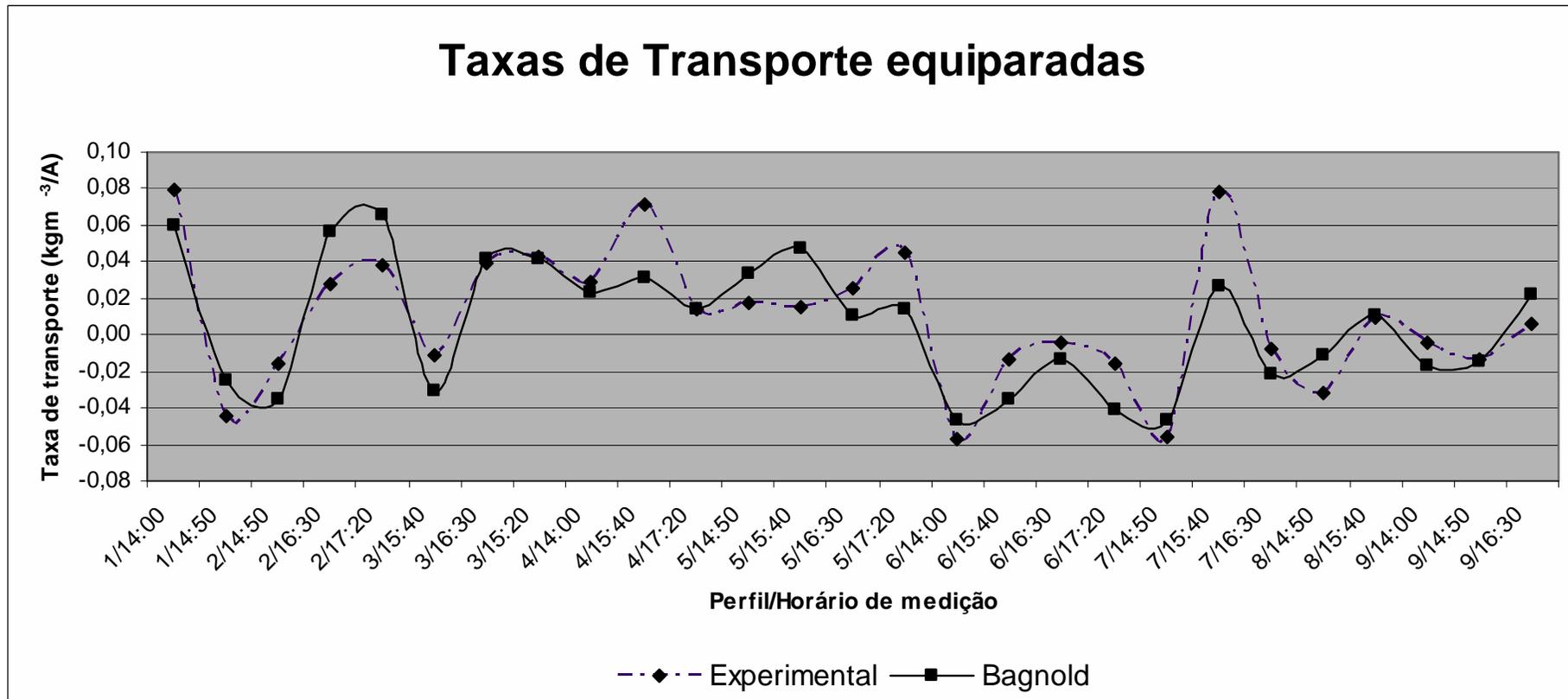


Figura 6.20: Comparação entre todas as taxas de transporte medidas (experimental) e estimadas analiticamente (BBB) considerando que o modelo analítico seria capaz de prever valores erosionais (negativos) quando o experimental mostra esta tendência. $r = 0,82$.

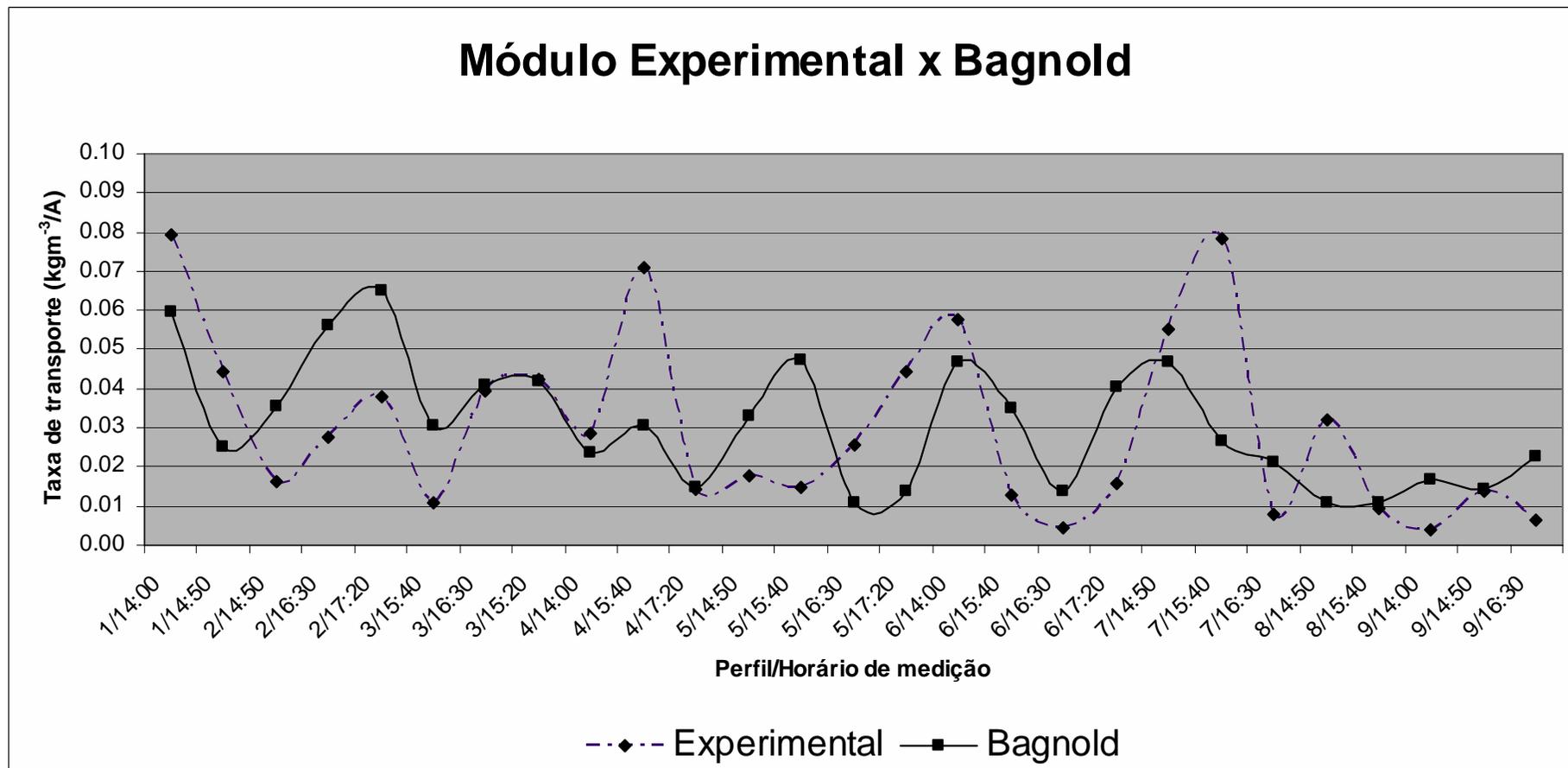


Figura 6.21: Comparação entre o módulo de todas as taxas de transporte medidas (experimental) e estimadas analiticamente (BBB) $r = 0,41$.

7. DISCUSSÃO

O presente trabalho calculou através de dados experimentais as taxas de transporte de sedimentos na zona de espraiamento de um trecho da praia de Camburi, Vitória-ES. Os resultados obtidos foram utilizados também para mostrar o desempenho do modelo energético de Bagnold em prever as taxas de transporte de nesta região. As taxas experimentais foram calculadas através da observação das mudanças morfodinâmicas na zona de espraiamento durante cinco horários consecutivos. Foram coletados dados de velocidade da onda no espraiamento e inclinação da praia para suprir o modelo a ser testado. A velocidade medida para este estudo foi a velocidade média de um ciclo de espraiamento. Os coeficientes de correlação linear encontrados neste trabalho variam entre $r = 0,15$ na pior hipótese, de que a equação escolhida mostra sempre valores positivos enquanto dos dados experimentais mostram tanto ganho quanto perda; e $r = 0,82$ na melhor hipótese, supondo que os dados negativos experimentais também seriam negativos no modelo analítico.

Medições detalhadas da velocidade do escoamento e carga de sedimentos total foram obtidas, por Hughes et al (1997) na zona de espraiamento de uma praia refletiva, na hipótese de que o perfil de velocidade é homogêneo. A quantidade de sedimentos transportada por um único *uprush* foi tipicamente duas ou três ordens de magnitude maior que o transporte líquido por ciclo de espraiamento, o que confirma que o transporte de sedimentos nesta região é uma diferença pequena entre duas quantidades grande a serem medidas, *uprush* e *backwash*. O modelo de BBB foi testado contra os dados de campo. Suas medições sugeriram que o transporte de sedimentos na zona de espraiamento ocorre sob condições de escoamento laminar (*sheet flow*) e a validade o uso da equação de transporte de fundo de BBB para modelar transporte de sedimentos e morfodinâmica da face praial se torna incerta.

Utilizando transdutores de pressão, correntômetros eletromagnéticos e Mini OBS, Evans et al (2003) fizeram medições em vários níveis da coluna d'água na zona de espraiamento, assumindo então que o perfil da velocidade não é homogêneo. O transporte de sedimentos na zona de espraiamento de Perranporth, segundo os autores, pode ser modelado sem incluir turbulência e infiltração explicitamente e as mudanças morfológicas podem ser amplamente estimadas usando o modelo instantâneo de BBB. Os coeficientes de correlação encontrados pelos autores

quando utilizaram velocidades médias no tempo foram de 0,85 para o *uprush* e 0,97 para o *backwash*, portanto superiores aos encontrados em todas as hipóteses deste trabalho.

Butt et al, 2004, testaram o desempenho do modelo energético de Bagnold na zona de espraiamento usando dados de uma praia dissipativa e outra refletiva em variáveis condições hidrodinâmicas. Os resultados indicam que o modelo de BBB, baseado nas tensões de cisalhamento por si só, é menos real em praias refletivas com maior inclinação, quando o coeficiente de correlação encontrado foi de 0,49 do que em praias mais suaves, dissipativas, com coeficiente de correlação de 0,76. Um método quantitativo é necessário ser desenvolvido para identificar o ponto em que o modelo começa a se tornar irreal e então as modificações que devem levar em consideração processos tais como *bore* turbulência se tornam apropriadas.

No trabalho de Masselink & Hughes (1998), mediram a velocidade do escoamento do espraiamento próximo ao fundo e a carga total de sedimentos durante o *uprush* e o *backwash*, um par de medidores de escoamento foi posicionado aproximadamente na posição média do espraiamento. O modelo de Bagnold prediz o transporte de sedimentos razoavelmente bem. Os coeficientes de correlação encontrados para cálculos com velocidades médias foram de $R^2=0,51$ no *uprush* e $R^2=0,76$ no *backwash*. Os coeficientes de calibração do modelo foram duas vezes maiores no *uprush* que no *backwash*. Os autores encontraram valores mais bem aproximados para cálculos com velocidades instantâneas.

Em seu trabalho de análise da taxa de transporte longitudinal de sedimentos na zona de surfe da praia de Camburi, Soares (2005) encontrou valores entre 0 e 900g/s por unidade de área com valores mais altos mais próximos ao leito, porém em apenas 4 casos a autora encontrou taxas superiores a 100 g/s/A. Os resultados apresentados nesta pesquisa estão entre $-76 (g/s)/A$ até $79 (g/s)/A$ (Tabela 6.5), sendo os valores negativos indicando perda de sedimentos. Tais valores estão entre os mais freqüentemente encontrados por Soares (2005).

Devemos observar, portanto, a indefinição do sinal no modelo analítico proposto para este trabalho, o de Bagnold (1963), pois, não há influência do sinal associado à tangente do ângulo de inclinação da praia para este caso como há nos trabalhos citados acima, em que está se avaliando o transporte separadamente, *uprush* e

backwash. A velocidade medida em campo, que poderia ser outro fator que identificaria os casos de perda e ganho, apresentou sempre o mesmo comportamento, ou seja, se mostrou sempre no mesmo sentido, não sendo um indicativo do sinal associado às perdas e ganhos encontrados experimentalmente.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O método de determinação experimental das taxas de transporte se mostrou bem eficiente, sendo possível determinar períodos de ganho e de perda no espraiamento do trecho estudado durante as medições.

As magnitudes encontradas para ambos os métodos, experimental e numérico, são da mesma ordem o que justifica a necessidade de mais estudos para avaliar o desempenho do modelo aqui proposto em relação à outras áreas e condições hidrodinâmicas e ver a influência da sazonalidade nas taxas de transporte durante períodos variáveis para.

Da maneira que o modelo BBB foi utilizado neste trabalho não é possível de terminar se há ganho ou perda de sedimentos, apenas que há um transporte líquido na região. São necessárias, portanto, mais pesquisa nesta área para tentar identificar qual parâmetro será capaz de definir o sinal do modelo aqui utilizado. Visto que a tangente do ângulo de inclinação da praia e a velocidade do escoamento não mostram influência sobre o sinal da equação.

Quando os resultados do modelo analítico são mostrados em comparação aos dados experimentais, o coeficiente de correlação linear encontrado é muito baixo, $r = 0,15$, indicando que quase não há correlação entre os dados. O modelo utilizado respondeu melhor aos eventos em que ocorreram perdas de sedimentos ($r = 0,54$), no entanto, esses dados de BBB tiveram seu sinal alterado para negativo para que fossem feitas as comparações com as perdas mostradas em campo. Quando comparamos os dados modelados analiticamente com o módulo dos dados experimentais a correlação encontrada foi de $r = 0,41$.

Mais pesquisas ainda precisam ser realizadas para determinar com maior precisão os fatores determinantes do transporte de sedimentos na zona de espraiamento e fornecer então melhores condições de gestão da zona costeira, principalmente na previsão de taxas de transporte que podem ser de significativa importância na dinâmica do ambiente.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBINO, J. **Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das Praias de Bicanga a Povoação, ES.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar. Instituto de Geociências USP. 1999.
2. ALBINO^a, J.; OLIVEIRA, R.; MAIA, L. P.; ALENCASTRE, K.. **Processos atuais de sedimentação marinha e praias do litoral de Vitória, ES.** Relatório n. 198.2506/ 2000 FACITEC & Prefeitura Municipal de Vitória. 2001.
3. ALBINO^b, J; PAIVA, D. S.; MACHADO, G. M. Geomorfologia, tipologia, vulnerabilidade erosiva e ocupação urbana das praias do litoral do Espírito Santo, Brasil. **Revista Geografica nº 2**, junho, p.63-69, UFES. Vitória 2001.
4. ARAÚJO, R. F. de; ALBINO, J.; OLIVEIRA, R. **Varição Temporal da Granulometria das Areias da Praia De Camburi - Vitória, ES.** In: II SEPES Seminário de Extensão e Pesquisa do Espírito Santo, Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, p. 17, 2000.
5. ARCHETTI, R. & BROCCINI, M. An integral swash zone model with friction: an experimental and numerical investigation. **Coastal Engineering.** v. 45, p. 89 -110, 2002.
6. BAGNOLD, R. A. Mechanics of marine sedimentation. In: HILL, M. N. (ed.), **The Sea**, 3. New York: Wiley Interscience, p. 507-528, 1963.
7. BAILARD, J. A. An energetics total load sediment transport model for a plane sloping beach. **Journal of Geophysical Research.** v. 86, p. 10938 – 10954. 1981.
8. BALDOCK, T. E. et al. Swash overtopping and sediment overwash on a truncated beach. **Coastal Engineering.** v. 52, p. 633 – 645, 2005.
9. BELLOTTI, G. & BROCCINI, M. Swash zone boundary conditions for long-wave models. **Coastal Engineering.** v. 52. p. 971 – 976. 2005.
10. BOWEN, A. Simple models of nearshore sedimentation; beach profiles and longshore bars. **The Coastline of Canada.** Pap. 80-10, p. 1 – 11. 1980.

11. BROCCINI, M. & PEREGRINE, D. H. Integral flow properties of the swash zone and averaging. **Journal of Fluid Mechanical**. v. 317, p. 241– 273. 1996.
12. BUTT, T. et al. The application of Bagnold-Tipe Sediment Transport Models in the Swash Zone. **Journal of Coastal Research**. v. 21. n. 5. p. 887-895. 2005
13. BUTT, T et al. The influence of bore turbulence on sediment transport in the swash and inner surf zones. **Continental Shelf Research**. v. 24. p. 757-771. 2004.
14. BUTT, T. & RUSSEL, P. Suspended sediment transport mechanisms in high-energy swash. **Marine Geology**. v. 161, p. 361 – 375, 1999.
15. BUTT, T. RUSSELL, P. & TURNER, I. The influence of swash infiltration–exfiltration on beach face sediment transport: onshore or offshore? **Coastal Engineering**. v. 42. p. 35 – 52, 2001.
16. CHACALTANA, J. T. A.; FRACALOSSO, R.; RIGO, D.; ROSMAN, P. C. C.; FALCONER, R. A.; TEIXEIRA, E. C. Implantação e Calibração do Modelo Divast para a Baía do Espírito Santo. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Belo Horizonte. CD, p. 1-14. 1999.
17. COSTA, B. R. **Expansão urbana da área norte de Vitória**. Espírito Santo. Ed. Cultural, 1989.
18. DHN. **Tábuas de Marés**. Terminal de Barra do Riacho. p.36. Diretoria de Hidrografia e Navegação, Marinha do Brasil. Rio de Janeiro, 2004.
19. ELFRINK, B. **Longshore sediment transport in the swash zone**. PhD Thesis. Series papers no. 63. Institute of Hydrodynamics and Hydraulic Engineering (ISVA). Technical University of Denmark ISSN 0107-1092, 153 pp. 1997.
20. ELFRINK, B e BALDOCK, T. Hydrodynamics and sediment transport in the swash zone: a review and perspectives. **Coastal Engineering**. v. 45. p. 149-167. 2002.
21. EVAN, O. F. Sorting and transportation of material in the swash and backwash. **Journal of Sedimentary Petrology**. Oklahoma, v. 9, n. 1, p. 28-31. Apr., 1939.

22. EVANS, D. et al. Application of Bagnold's model in the swash zone using field data. **Coastal Sediments '03, ASCE**. 2003.
23. FONTOURA, J. A. S. **Hidrodinâmica costeira e quantificação do transporte longitudinal de sedimentos não-coesivos na zona de surfe das praias adjacentes aos molhes da barra do Rio Grande, RS, Brasil**. Tese de Doutorado – Programa de pós-graduação em engenharia de recursos hídricos e saneamento ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 273p. 2004.
24. FREDSE, F. & DEIGAARD, R. **Mechanics of coastal sediment transport. Advanced Series on Ocean Engineering**, Institute of Hydrodynamics and Hydraulic Engineering – Technical University Denmark. Singapore, New Jersey, London, Hong Kong: ed. World Scientific. v. 3. 1997.
25. GUZA, R. T. & THORNTON, E. B. Swash oscillations on a natural beach. **Journal of Geophysical Research**. v. 87, p. 483-492. 1982.
26. HASS, K. & HANES, D. Process based modeling of total longshore sediment transport. **Journal of Coastal Research**. v. 20, P. 853 – 861. 2004.
27. HOEFEL, F. **Morfodinâmica das praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica**. Univali, Itajaí – PR. 93 p. 1998.
28. HOEFEL, F. G. & KLEIN, A. H. Beach Safety Issue at Oceanic Beaches of Central Northern Coast of Santa Catarina, Brazil: magnitude and nature. **Journal of Coastal Research**. v. 26, (ICS'98 Proceeding). Fort Lauderdale: Florida. 1998.
29. HUGLES, M. G. et al. Flow velocity and sediment transport in the swash zone of a steep beach. **Marine Geology**. v. 138. p. 91-103. 1997.
30. JACKSON, N. L. et al. The role of bore collapse and local shear stresses on the spatial distribution of sediment load in the uprush of an intermediate-state beach. **Marine Geology**. v. 203. p. 109 – 118. 2004.
31. LARSON, M. et al. Swash-zone sediment transport and foreshore evolution: field experiments and mathematical modeling. **Marine Geology**. v. 212. p. 61-79. 2004.

32. LEÃO, C. **Variação especial e temporal das cúspides da praia de Camburi, Vitória-ES.** Monografia de graduação em Oceanografia. Departamento de Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Vitória, 2005.
33. LIN, P. & LIU, P. A numerical study of breaking waves in the surf zone. **Journal of Fluid Mechanical.** V. 359, p. 239 – 364, 1998.
34. LUCCIO, P. A. et al, The motion of cobbles in the swash zone on an impermeable slope. **Coastal Engineering.** v. 33. p. 41 – 60, 1998.
35. MASSELINK, G & RUSSELL, P. Flow velocities, sediment transport and morphological change in the swash zone of two contrasting beaches. **Marine Geology.** v. 227. p. 227-240. 2006.
36. MASSELINK, G. & HUGHES, M. Field Investigation of Sediment Transport in Swash Zone. **Continental Shelf Research.** v. 18. p. 1179-1799. 1998.
37. MASSELINK, G. & LI, L. The role of swash infiltration in determining the beachface gradient: a numerical study. **Marine Geology.** 2001.
38. MASSELINK, G. & PATTIARATCHI, C. B. Morphological evolution of beach cusps and associated swash circulation patterns. **Marine Geology.** v. 146, p. 93-113, 1998.
39. MASSELINK, G. & PULEO, J. A. Swash-zone morphodynamics. **Continental Shelf Research.** v. 26. p. 661-680. 2006.
40. MELLO, E. & GONZALES, J. de A. **Coastal Erosion at Camburi Beach (Vitória, Brazil) and its Possible Relation to Port Works.** Proceedings of the COPEDEC IV International Conference on Coastal and Port Engineering in Development Countries. Vol I:397-411. September, Rio de Janeiro, RJ. 1995.
41. MILES, J. et al. Swash zone sediment dynamics: A comparison of a dissipative and an intermediate beach. **Marine Geology.** v. 231. p. 181 – 200. 2006.
42. MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da (orgs) **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos.** Ed. Bertrand Brasil. 1993.

43. MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: Cunha, D. S. e Guerra, T. J. A. (Org) **Geomorfologia: Técnicas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1996.
44. NIELSEN, P. Shear stress and sediment transport calculations for swash zone modelling. **Coastal Engineering**. V. 45, p. 53 – 60. 2002.
45. NIELSEN, P., & CALLAGHAN, D. P. Shear stress and sediment transport calculations for sheet flow under waves. **Coastal Engineering**, Vol. 47, 347-354. 2003.
46. OSBORNE, P. D. & ROOKER, G. A. Sand re-suspension events in a high energy infragravity swash zone. **Journal of Coastal Research**. v. 15, p. 74–86. 1999.
47. PASSOS, R. C. S. **Variação Morfotextural da Praia de Camburi, Vitória – ES, Após engordamento artificial**. Monografia de graduação em Oceanografia. Departamento de Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Vitória, 2004.
48. PETTI, M. & LONGO, S. Turbulence experiments in the swash zone. **Coastal Engineering**. v. 43, p. 1 – 24, 2001.
49. PILKEY, O. H. & COOPER, J. A. Longshore Transport Volumes: A Critical View. Proceedings of Journal of Coastal Research. SI 36. p. 572-580. 2002.
50. PRATA, P, M. **VARIAÇÃO TEXTURAL DOS SEDIMENTOS DA PRAIA DE CAMBURI, VITÓRIA – ES APÓS O ENGORDAMENTO ARTIFICIAL**. Monografia de graduação em Oceanografia. Departamento de Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Vitória, 2005.
51. PULEO, J. A. et al. Fluid acceleration effects on suspended sediment transport in the swash zone. **Journal of Geophysical Research**. v. 108, 3350, 2003.
52. PULEO, J. A. Swash zone sediment suspension and transport and the importance of bore-generated turbulence. **Journal of Geophysical Research**. v. 105 (C7), 17021– 17044, 2000.

53. RAUBENHEIMER, B. ELGAR, S. & GUZA, R. T. observations of swash zone velocities: a note on friction coefficients. **Journal of Geophysical Research**. v. 109, 2004.
54. RAUBENHEIMER, B. et al. Swash on a gently sloping beach, **Journal of Geophysical Research**. v. 100, p. 8751-8760, 1995.
55. ROOS, A. & BATTJES, J.A., Characteristics of flow in run-up of periodic waves. Proc. 15th Intl. **Conf. Coastal Eng. - ASCE 1**, pp. 781– 795. 1994.
56. SEGAR, D. A. **Introduction to Ocean Sciences**. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company. p. 306 a 311. 1998.
57. SOARES, S. B. **Avaliação experimental da taxa longitudinal de transporte de sedimentos e sua previsão usando formulações globais na zona de surfe da praia de Camburi Vitória-ES**. Dissertação de mestrado – Programa de pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo. 113p. 2005.
58. WRIGHT, L.D. & SHORT, A. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology** 56, 93–118. 1983.

I. APÊNDICE

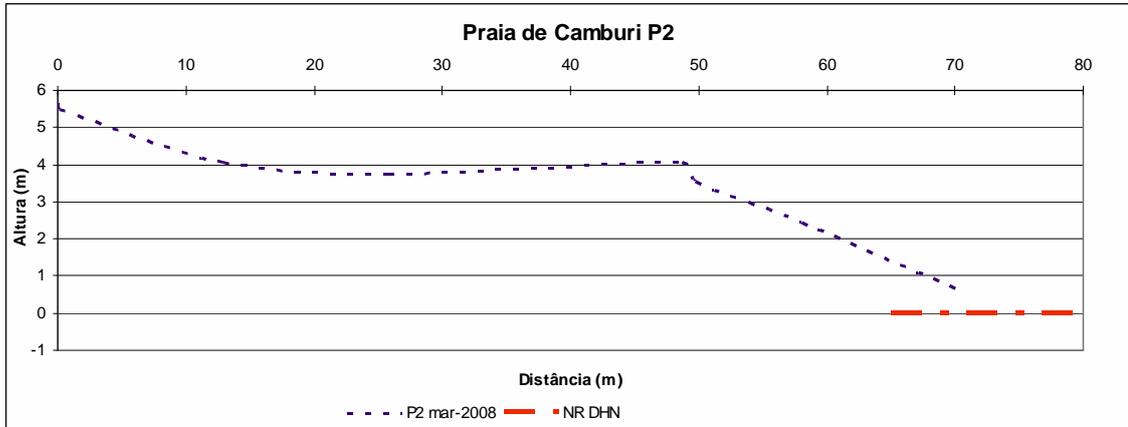


Figura 9.1: Perfil transversal 2, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

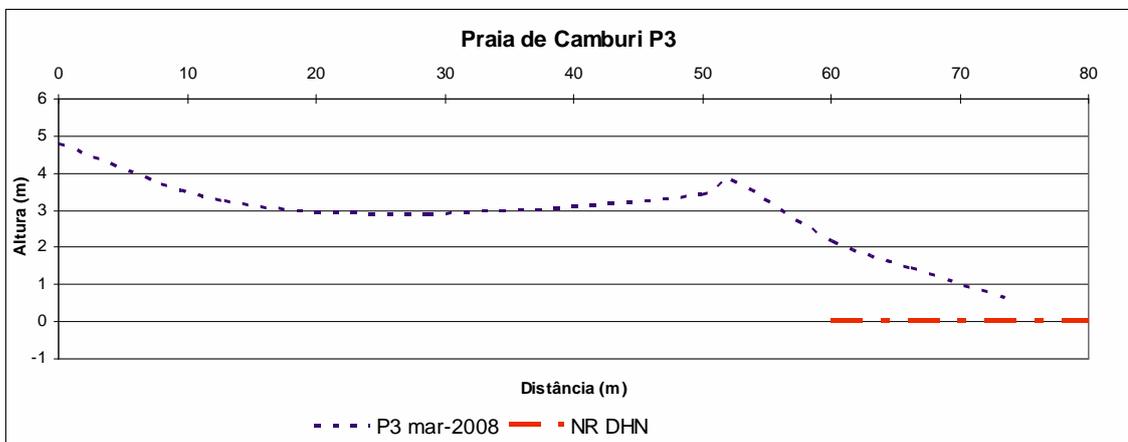


Figura 9.2: Perfil transversal 3, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

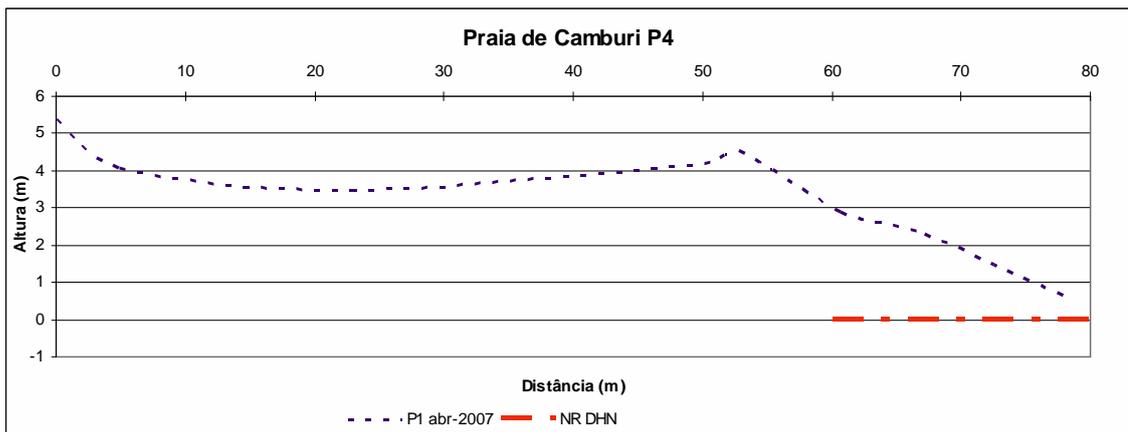


Figura 9.3: Perfil transversal 4, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

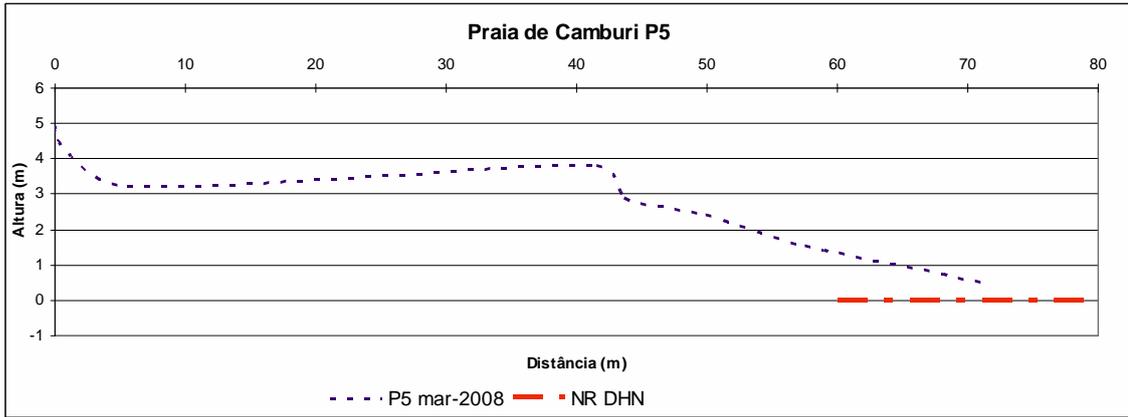


Figura 9.4: Perfil transversal 5, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

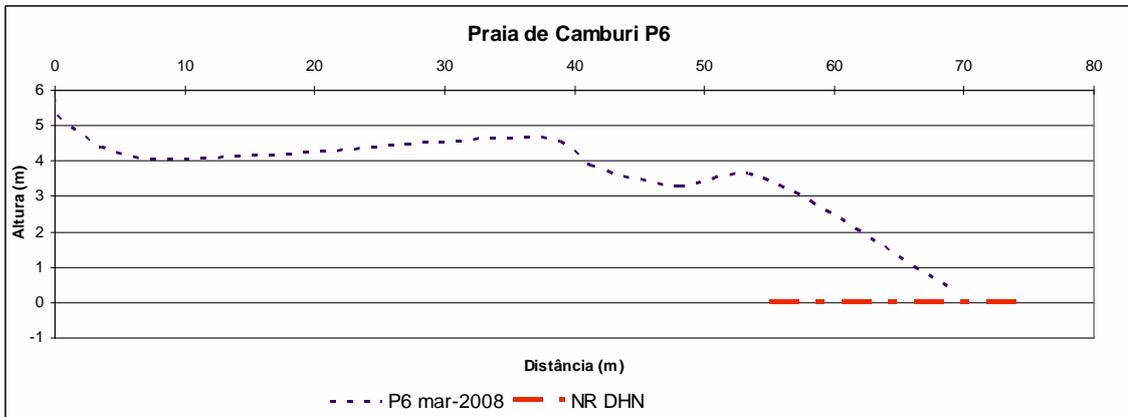


Figura 9.5: Perfil transversal 6, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

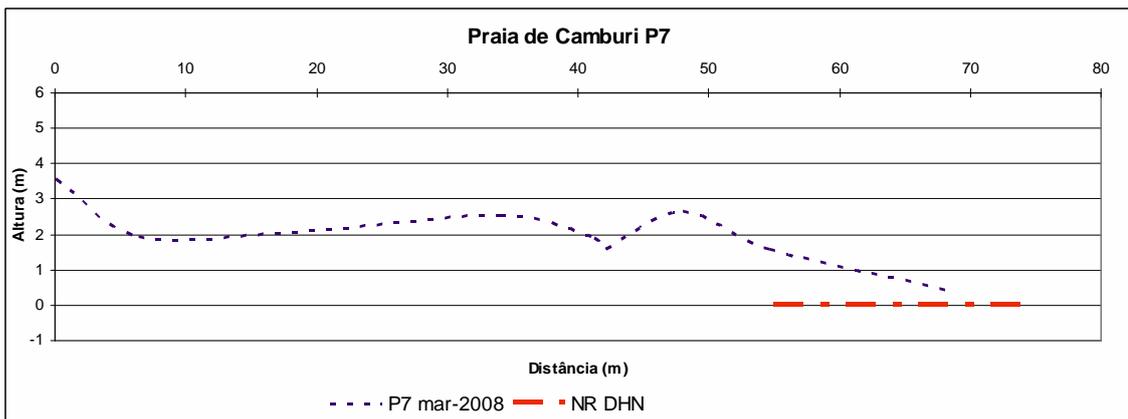


Figura 9.6: Perfil transversal 7, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

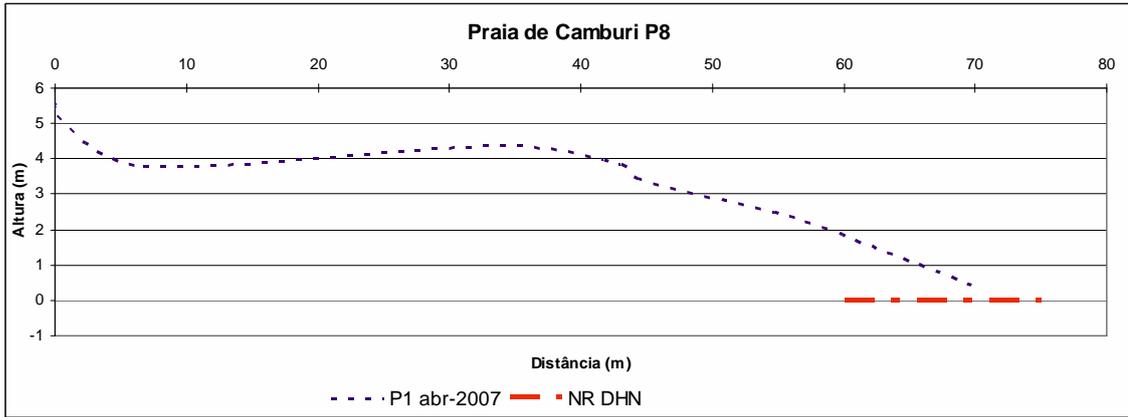


Figura 9.7: Perfil transversal 8, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

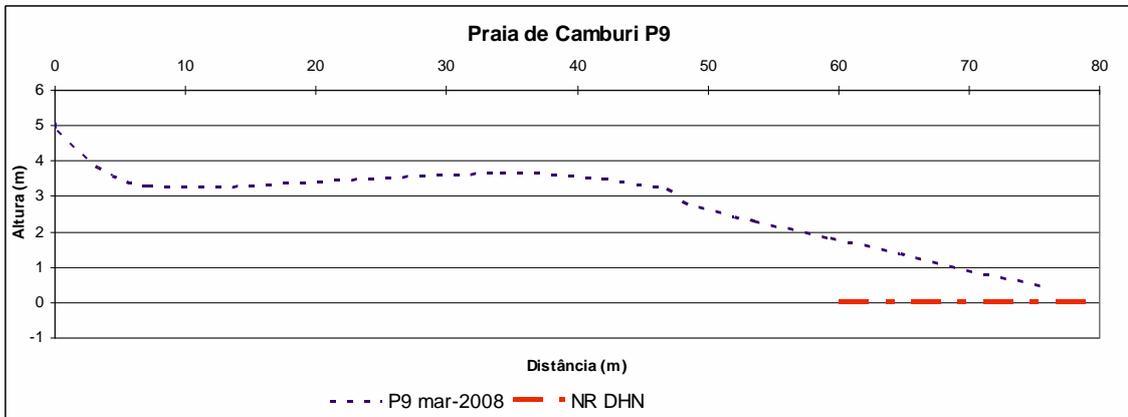


Figura 9.8: Perfil transversal 9, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

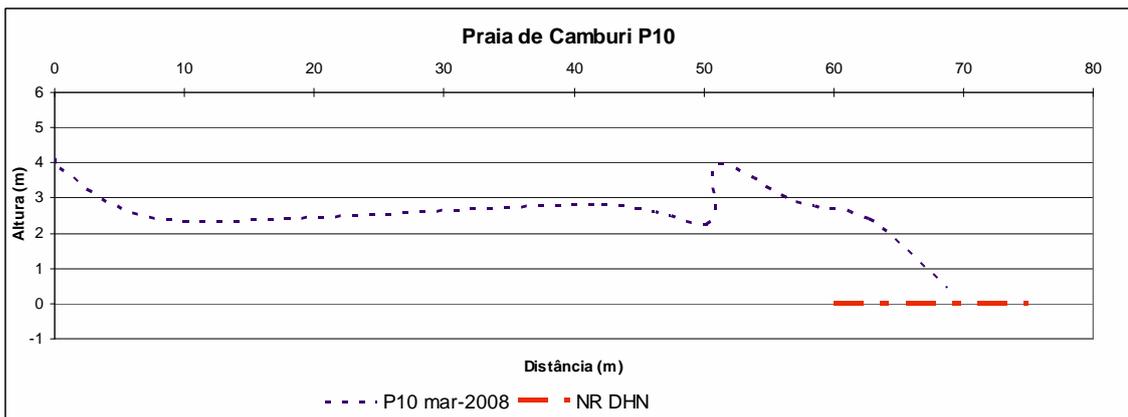


Figura 9.9: Perfil transversal 10, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

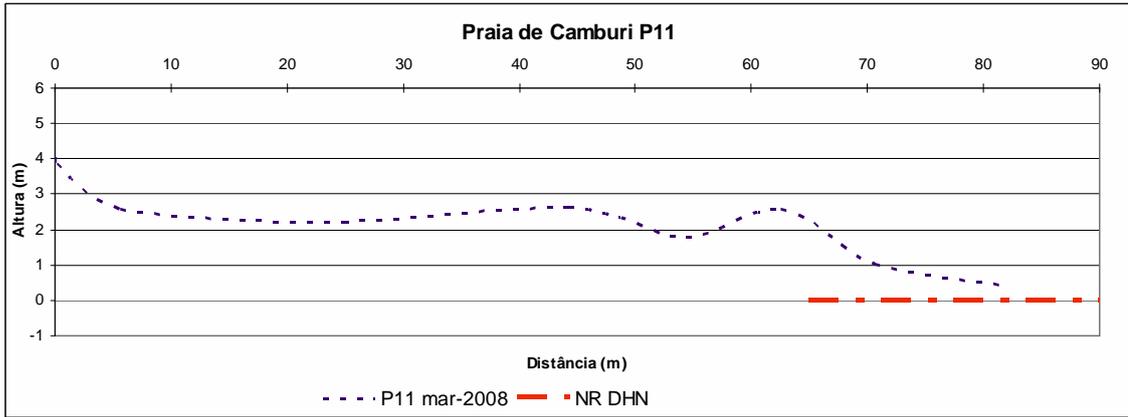


Figura 9.10: Perfil transversal 11, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

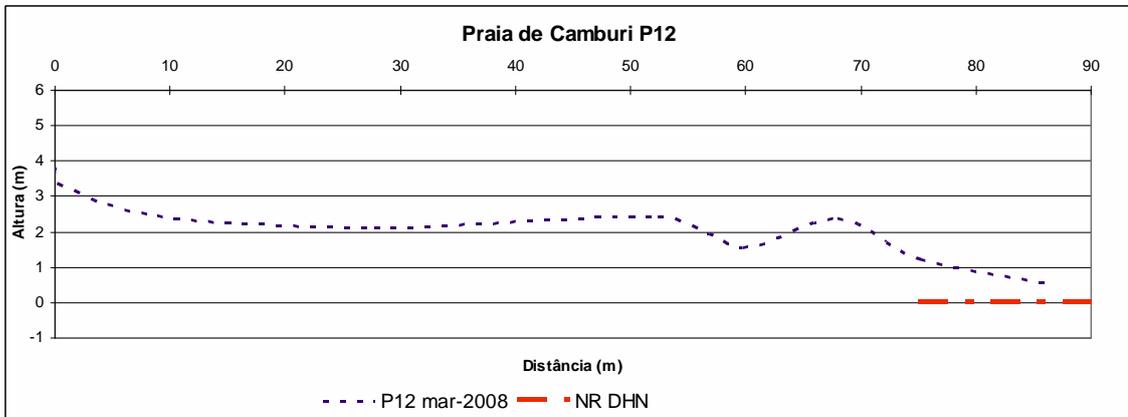


Figura 9.11: Perfil transversal 12, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

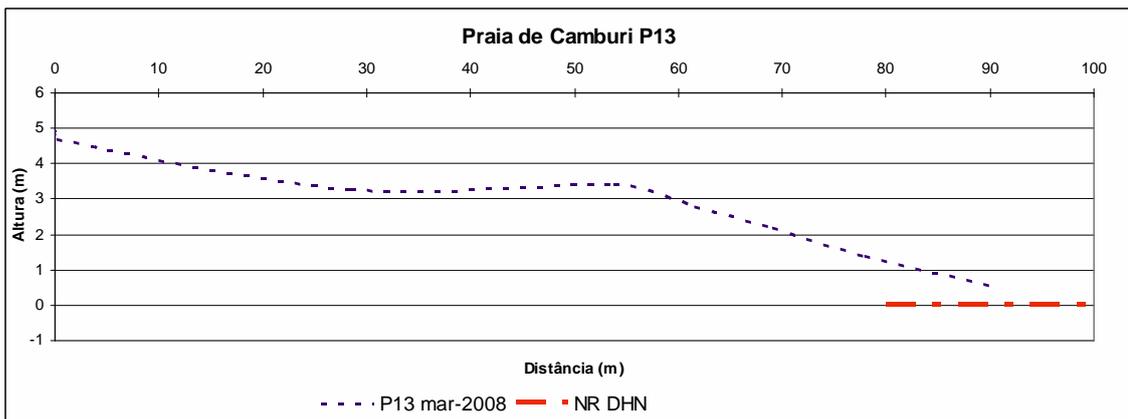


Figura 9.12: Perfil transversal 13, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

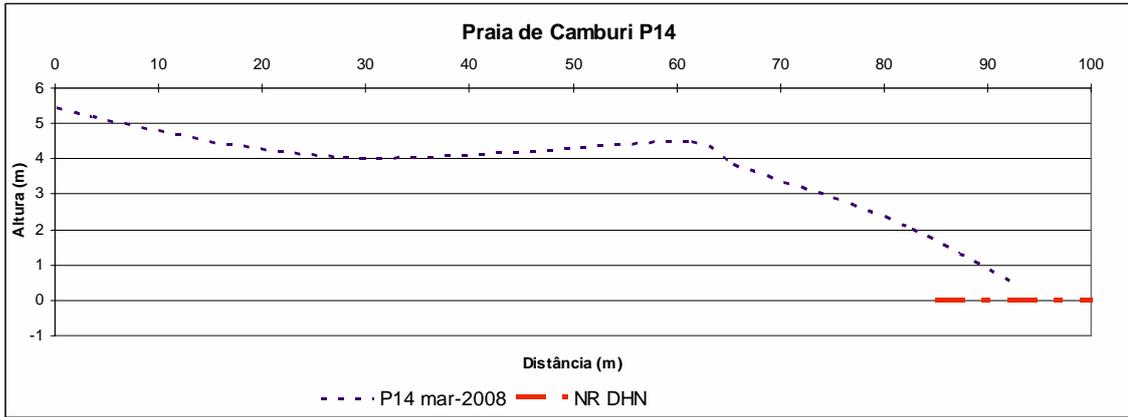


Figura 9.13: Perfil transversal 14, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

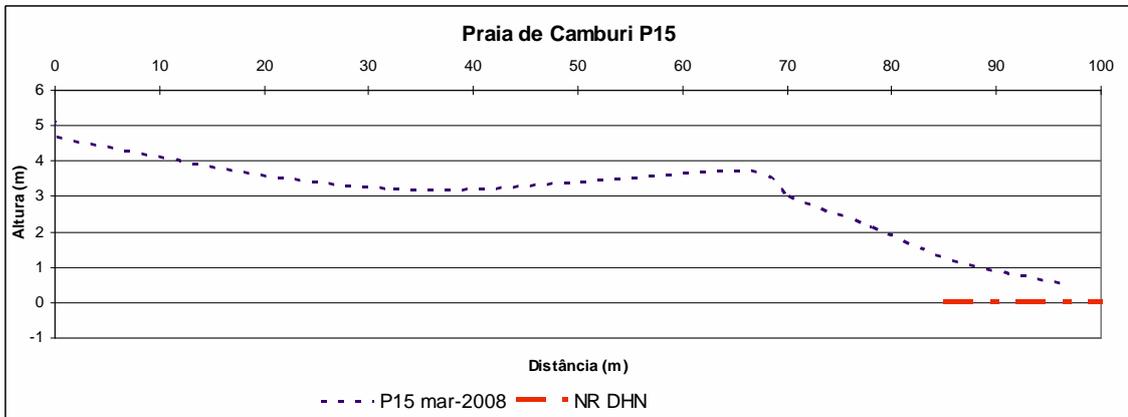


Figura 9.14: Perfil transversal 15, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

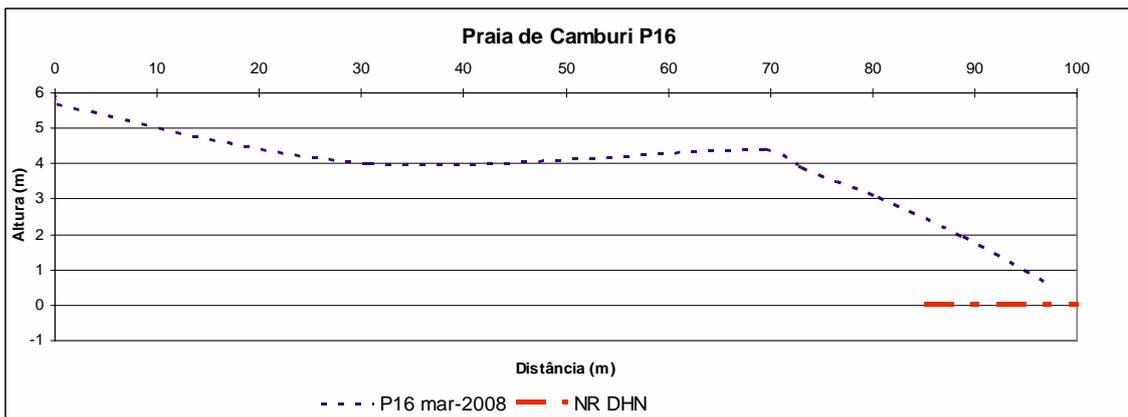


Figura 9.15: Perfil transversal 16, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

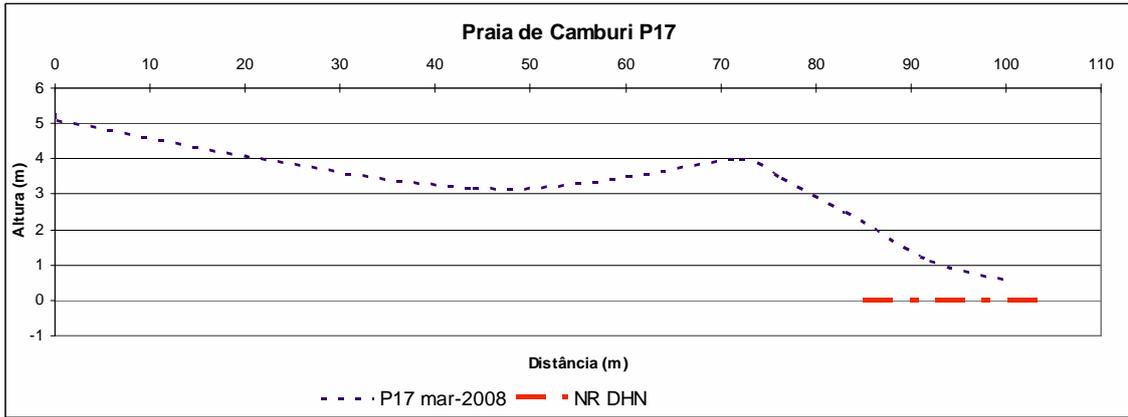


Figura 9.16: Perfil transversal 17, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

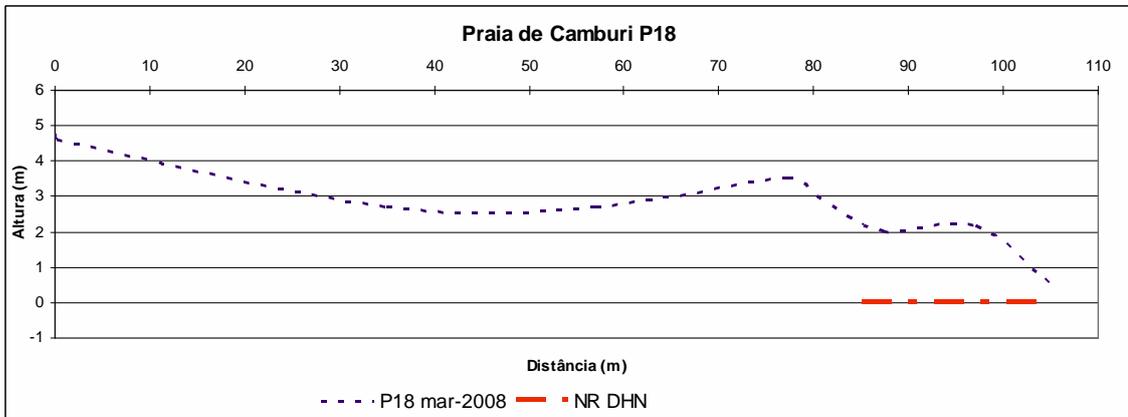


Figura 9.17: Perfil transversal 18, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

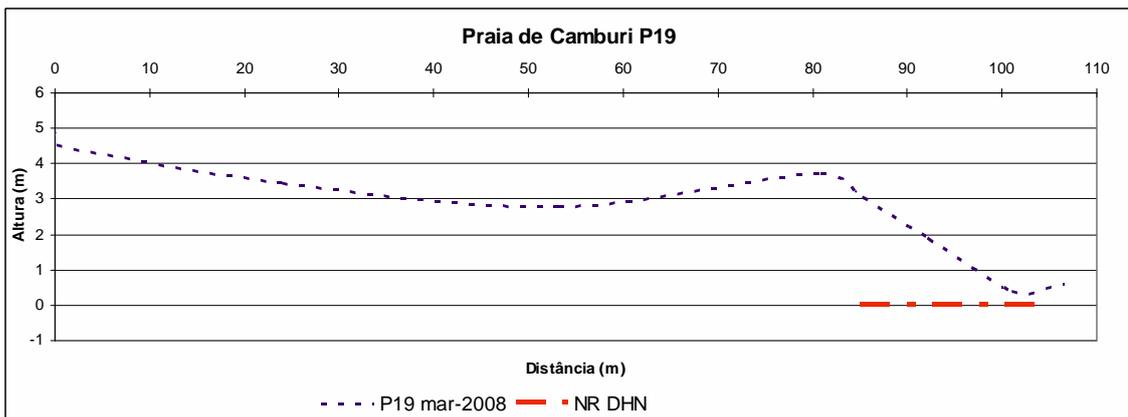


Figura 9.18: Perfil transversal 19, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

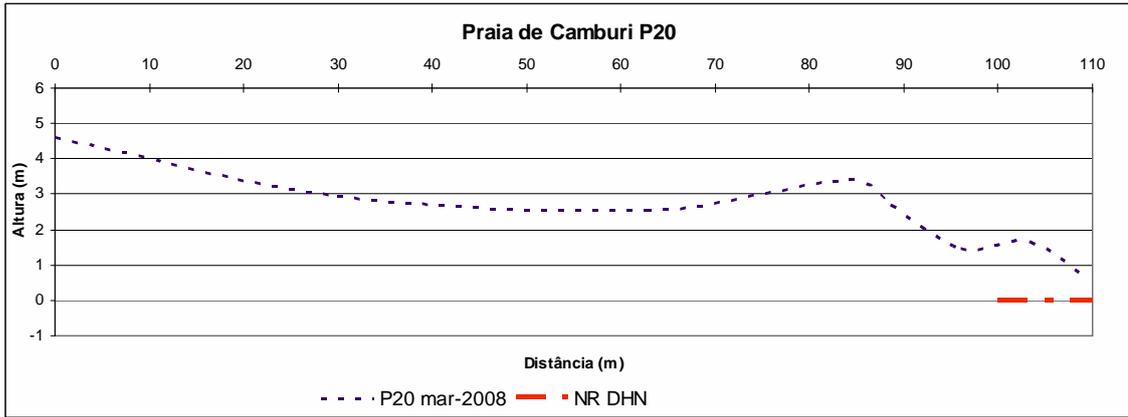


Figura 9.19: Perfil transversal 20, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

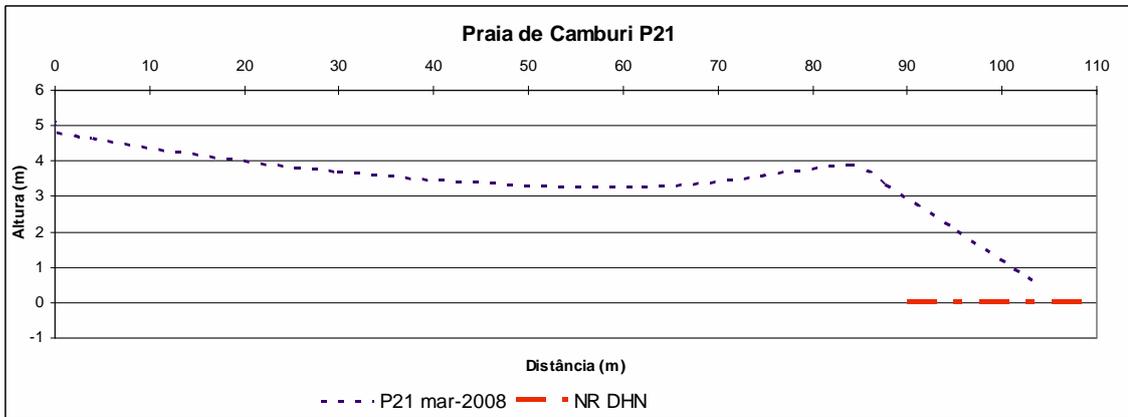


Figura 9.20: Perfil transversal 21, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

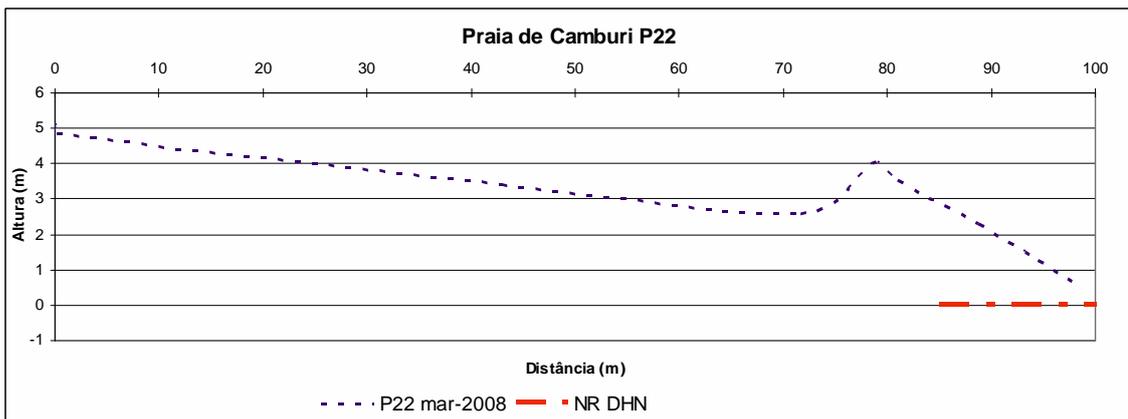


Figura 9.21: Perfil transversal 22, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

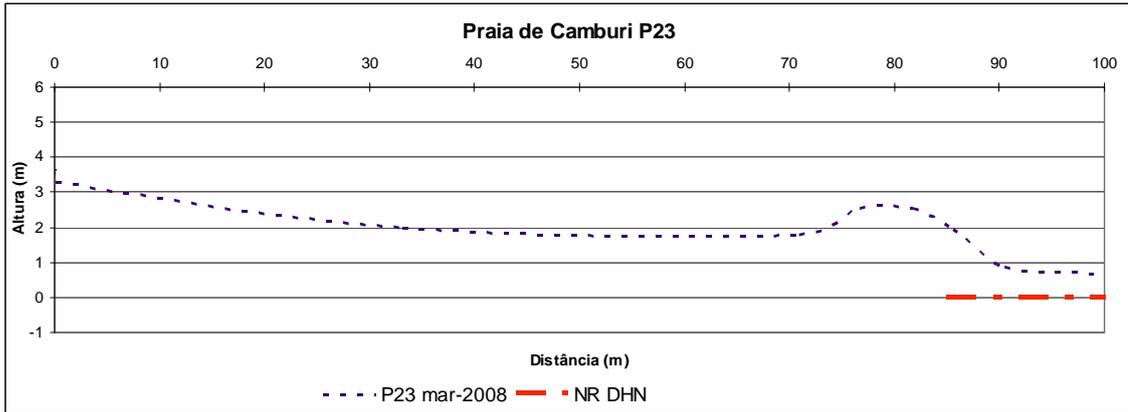


Figura 9.22: Perfil transversal 23, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

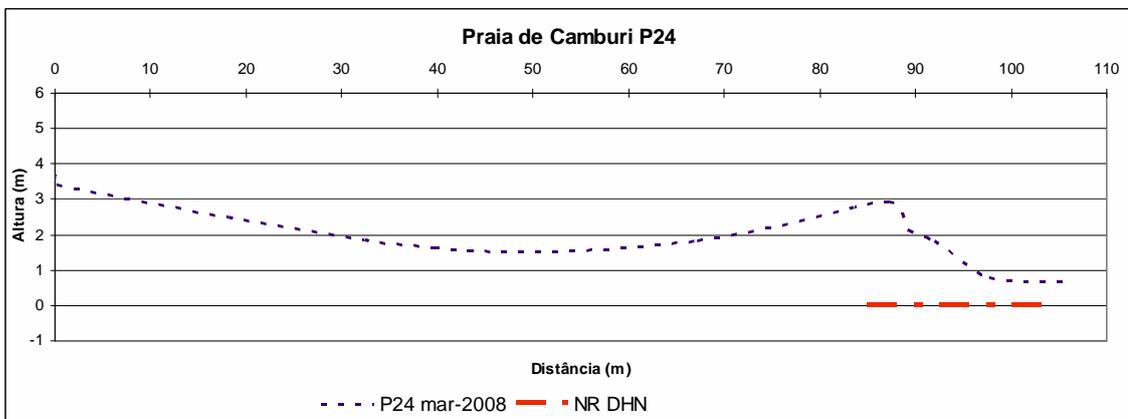


Figura 9.23: Perfil transversal 24, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

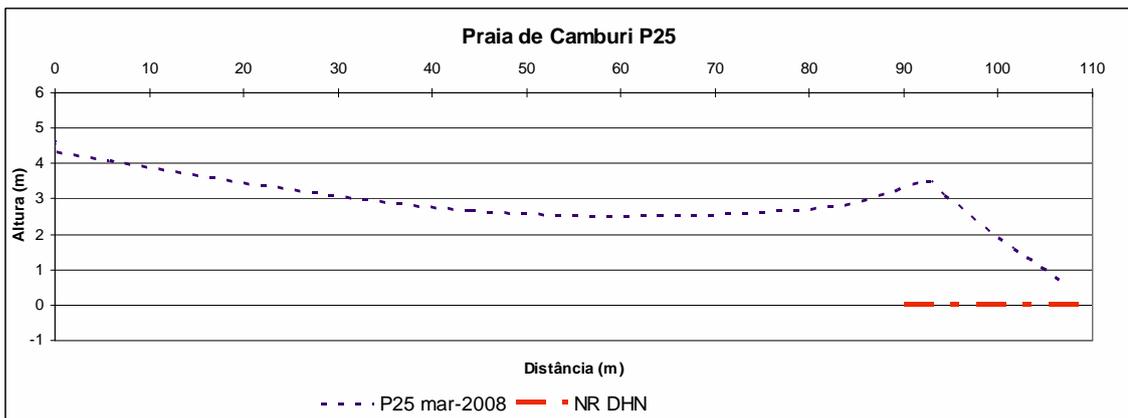


Figura 9.24: Perfil transversal 25, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

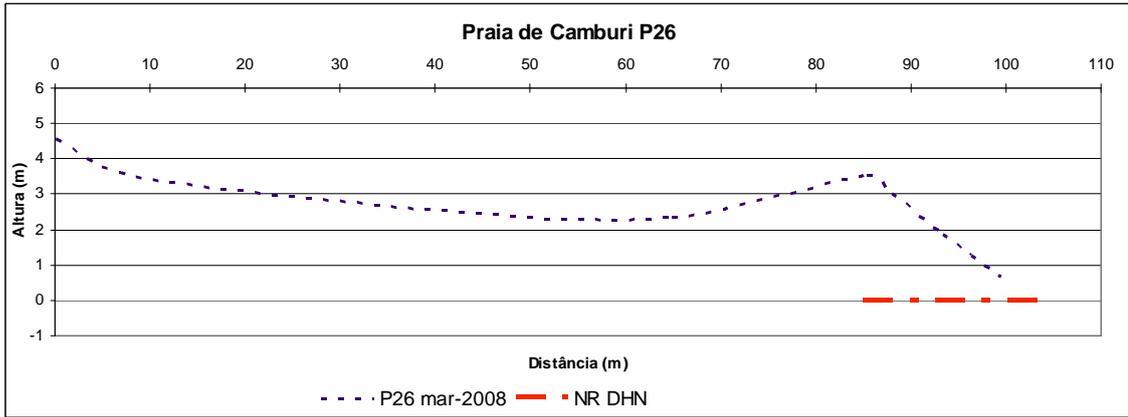


Figura 9.25: Perfil transversal 26, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

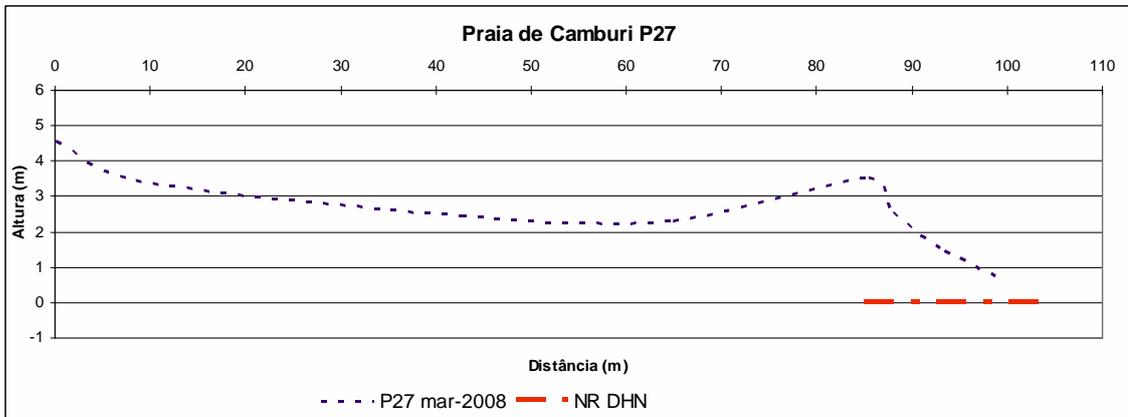


Figura 9.26: Perfil transversal 27, com medições realizadas no dia 19/03/2008.

Tabela I.10: Planilha de campo utilizada para leitura da velocidade longitudinal do escoamento na zona de espraiamento.

VELOCIDADE LONGITUDINAL																			
		PERFIL 1		PERFIL 2		PERFIL 3		PERFIL 4		PERFIL 5		PERFIL 6		PERFIL 7		PERFIL 8		PERFIL 9	
LEITURA	HORA INICIAL	Distância (m)	Tempo (s)																
1 ^a	14:00	3,2	12,6					1,6	8			3,2	13,2					3,2	20
2 ^a	14:50	4	21	2,4	11	0,8	3,2			3,2	15			0,8	3,3	2,4	16,1	4	26,3
3 ^a	15:40					2,4	11,6	2,4	11	2,4	10	2,4	11	0,8	4	0,8	5,5	1,6	9,1
4 ^a	16:30			1,6	6,3	0,8	3,5	2,4	7	2,4	16,3	2,4	15	1,6	8,6				
5 ^a	17:20			1,6	6					1,6	10	1,6	7						