

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



**MORFODINÂMICA DA BARRA DE MARÉ EFÉMERA
DA LAGOA DE SANTO ANDRÉ**

Ana Rita Monteiro Pires

MESTRADO EM GEOLOGIA DO AMBIENTE, RISCOS
GEOLÓGICOS E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

2011

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



**MORFODINÂMICA DA BARRA DE MARÉ EFÉMERA
DA LAGOA DE SANTO ANDRÉ**

Ana Rita Monteiro Pires

MESTRADO EM GEOLOGIA DO AMBIENTE, RISCOS
GEOLÓGICOS E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

Dissertação orientada por: Professora Doutora Maria da
Conceição Pombo de Freitas

2011

Aos SETE da minha vida

Aqui nesta praia onde
Não há nenhum vestígio de impureza,
Aqui onde há somente
Ondas tombando ininterruptamente,
Puro espaço elucida unidade,
Aqui o tempo apaixonadamente,
Encontra a própria liberdade.

Sophia de Mello Breyner Andresen

Índice

Índice de Figuras	5
Índice de Tabelas.....	11
Resumo.....	13
Abstract	15
Agradecimentos	17
1. Introdução	21
2. Objectivos.....	25
3. Enquadramentos da área em estudo.....	27
3.1. Enquadramento geográfico e características gerais	27
3.2. Enquadramento Geológico	33
3.3. Plataforma continental	35
3.4. Enquadramento Climático.....	37
3.4.1. Agentes climáticos.....	37
3.4.1.1. Temperatura.....	38
3.4.1.2. Vento	39
3.4.1.3. Precipitação.....	41
3.4.1.4. Classificação climática	42
3.4.2. Agentes oceânicos.....	43
3.4.2.1. Marés.....	44
3.4.2.2. Agitação marítima	45
4. Metodologia	51
4.1. Qualidade da água.....	52
4.1.1. Corpo lagunar	53
4.1.2. Barra de maré e mar	54
4.2. Velocidade de correntes	55
4.3. Erosão das margens do canal.....	55
4.4. Cota do plano de água lagunar	56
4.5. Batimetria.....	57

4.6.	Topografia	57
4.6.1.	Processamento dos dados.....	60
5.	Resultados e discussão.....	63
5.1.	Barreira.....	63
5.2.	Barra de maré.....	65
5.2.1.	Monitorização da abertura artificial da barra de maré no ano de 2009.....	70
5.3.	Parâmetros físico-químicos da água	75
	Salinidade e condutividade	77
	Oxigénio Dissolvido (O.D.).....	78
	pH.....	79
	Eh.....	80
	Temperatura.....	81
	Turbidez.....	82
5.3.1.	Antes da abertura artificial da barra de maré (26.02.2009)	83
5.3.2.	Durante a abertura artificial da barra de maré (9 e 10.03.2009).....	88
5.3.3.	Após a abertura artificial da barra de maré (11.03.2009 a 20.03.2009).....	95
5.3.4.	Após o encerramento natural da barra de maré (09.04.2009 a 23.03.2010).....	99
5.3.5.	Discussão dos resultados	112
5.4.	Cota do plano de água lagunar	129
5.4.1.	Situação de barra aberta.....	131
5.4.2.	Situação de barra fechada.....	140
5.5.	Levantamentos topo-hidrográficos.....	142
5.5.1.	Diferenças entre MDEs.....	157
5.5.2.	Perfis topográficos	167
5.5.3.	Estabilidade da barra de maré	174
5.6.	Eficiência e longevidade da barra de maré	184
6.	Conclusões	189
	Referências bibliográficas	195
	Anexo I - Registo Fotográfico.....	i
	Anexo II - Monitorização da abertura artificial da barra de maré.....	ix
	Anexo III - Parâmetros físico-químicos da água.....	xv

Anexo IV - Cota do plano de água lagunar.....xxxv

Anexo V – Levantamento topo-hidrográfico.....xliii

Índice de Figuras

Figura 3-1: A - Localização do arco litoral Tróia-Sines em Portugal Continental; B – Localização da Lagoa de Santo André no arco litoral Tróia-Sines; C – Lagoa de Santo André e sistemas fluviais afluentes.	28
Figura 3-2: A – Modelo evolutivo de uma laguna: 1 – estado juvenil, 2 - estado intermédio, 3 – estado maturo (adaptado de Zenkovitch, 1959); B – Poços da Lagoa de Santo André segmentados por cúspides arenosas bem desenvolvidas com zona de sombra a sul.....	29
Figura 3-3: Modelo Digital de Elevação (MDE) da Lagoa de Santo André, efectuado através do levantamento batimétrico elaborado pelo INAG em 2002, obtido no ArcMap, sobre a World Imagery-ESRI 2011, utilizando a krigagem como método de interpolação espacial.	32
Figura 3-4: Modelo Digital de Elevação (MDE) da Lagoa de Santo André, efectuado através da informação topo-batimétrica adquirida nos dias 25 e 26 de Fevereiro de 2009, obtido no ArcMap, sobre a World Imagery-ESRI 2011, utilizando a krigagem como método de interpolação espacial.	32
Figura 3-5: Enquadramento geológico da bacia hidrográfica da Lagoa de Santo André, adaptado da folha 7 da Carta Geológica de Portugal à escala 1/200 000, S.G.P.	33
Figura 3-6: Corte geológico esquemático (A-B), adaptado da folha 7 da Carta Geológica de Portugal à escala 1/200 000, S.G.P.....	35
Figura 3-7: Mapa batimétrico da plataforma continental com a identificação das principais unidades geomorfológicas (adaptado de Vanney & Mougénout, 1981).....	36
Figura 3-8: Variação diária da temperatura máxima e mínima do ar, bem como o registo da temperatura do ar às 12h de cada dia, registada pela estação meteorológica de Sines, desde Janeiro de 2009 a Março de 2010.	38
Figura 3-9: Regime de ventos registado pela estação meteorológica de Sines, durante o ano de 2009.....	40
Figura 3-10: Variação da precipitação e temperaturas médias mensais durante o período de Janeiro de 2009 e Março de 2010, referentes ao posto udométrico de Monte Velho e à estação meteorológica de Sines, respectivamente.	41
Figura 3-11: Variação da maré registada pelo marégrafo de Sines, entre o período de Janeiro de 2009 e Março de 2010.	45
Figura 3-12: Dados de ondulação ao largo referentes às alturas médias diárias das ondas registados pela bóia ondógrafo de Sines, durante o período de Janeiro de 2009 a Março de 2010.....	48
Figura 3-13: Dados de ondulação ao largo referentes aos períodos médios diários das ondas registados pela bóia ondógrafo de Sines, durante o período de Janeiro de 2009 a Março de 2010.....	49
Figura 3-14: Dados de ondulação ao largo referentes à direcção média diária das ondas registadas pela bóia ondógrafo de Sines, durante o período de Janeiro de 2009 a Março de 2010.....	49

Figura 4-1: MDE da 1ª Campanha de campo da Lagoa de Santo André, efectuado utilizando A – TIN; B – IDW; e C – Krigagem como método de interpolação espacial.	60
Figura 4-2: Representação dos perfis com os respectivos pontos utilizados para a interpolação dos novos pontos, sob o MDE da 4ª campanha de campo (27 de Março de 2009).	61
Figura 5-1: Localização dos perfis topográficos transversais à barreira na Lagoa de Santo André, efectuados durante os dias 25 e 26 de Fevereiro de 2009 e diferenciação das diferentes zonas da barreira com características distintas.	63
Figura 5-2: Perfis topográficos transversais à barreira efectuados nos dias 25 e 26 de Fevereiro de 2009, com direcção aproximadamente WNW-ESE, sobreelevados 5x, sendo o perfil A, o perfil mais a N e o perfil D, o perfil mais a S.	64
Figura 5-3: Perfil longitudinal à barreira imediatamente antes da abertura artificial da barra de maré, sobreelevado 5X; posição das estacas numeradas para a monitorização da taxa de erosão das margens do canal e secção da barra de maré 1 hora após a abertura artificial. As estacas SNRSUL e SNRNORTE correspondem ao limite do canal inicial pela qual começaram a escoar as águas aprisionadas.	71
Figura 5-4: Variação da cota do plano de água lagunar através da leitura de estacas graduadas, estação total e DGPS e da maré oceânica registada pelo marégrafo de Sines, durante os dias 9 e 10 de Março de 2009.	74
Figura 5-5: Variação da velocidade superficial de fluxo na barra (valores negativos indicam o sentido laguna-mar e valores positivos o sentido mar-laguna), da cota do plano de água medida com a estação total, da taxa de erosão da margem N e S do canal, da largura do canal e da maré oceânica registada pelo marégrafo de Sines, durante os dias 9 e 10 de Março de 2009.	74
Figura 5-6: Localização das estações de amostragem para a monitorização da qualidade da água e diferenciação das diferentes zonas em função das características físico-químicas do corpo aquoso, realizada em ArcMap.	76
Figura 5-7: Profundidades máximas da observação do disco de Sechi no corpo aquoso da Lagoa de Santo André, representativas da máxima penetração da luz e respectivas profundidades de cada estação de amostragem, registadas durante a campanha de campo SA1 realizada no dia 26 de Fevereiro de 2009.	86
Figura 5-8: Variação vertical dos parâmetros físico-químicos da água na Lagoa de Santo André durante a campanha de campo SA1 realizada no dia 26 de Fevereiro de 2009, 12 dias antes da abertura artificial da barra de maré.	87
Figura 5-9: Variação dos parâmetros físico-químicos da água (salinidade, condutividade, O.D., saturação de O.D., temperatura, pH e Eh) na barra de maré e no mar e da maré oceânica registada pela bóia ondógrafo de Sines, durante os dias 9 e 10 de Março de 2009.	92
Figura 5-10: Variação vertical dos parâmetros físico-químicos da água na estação 2 da Lagoa de Santo André durante a campanha de campo SA2 realizada no dia 9 de Março de 2009, 2 horas após a abertura artificial da barra de maré.	93
Figura 5-11: Profundidade máxima da observação do disco de Sechi no corpo aquoso da Lagoa de Santo André, representativa da máxima penetração da luz e respectiva profundidade da	

estação 2, registada durante a campanha de campo SA2 realizada no dia 9 de Março de 2009.	93
Figura 5-12: Variação vertical dos parâmetros físico-químicos da água na Lagoa de Santo André durante a campanha de campo SA3 realizada no dia 10 de Março de 2009, 1 dia após a abertura artificial da barra de maré.....	94
Figura 5-13: Profundidade máxima da observação do disco de Secchi no corpo aquoso da Lagoa de Santo André, representativa da máxima penetração da luz e respectiva profundidade da estação 3, registada durante a campanha de campo SA3 realizada no dia 10 de Março de 2009.	94
Figura 5-14: Variação vertical dos parâmetros físico-químicos da água na Lagoa de Santo André durante a campanha de campo SA4 realizada no dia 11 de Março de 2009, 2 dias após a abertura artificial da barra de maré.....	97
Figura 5-15: Profundidades máximas da observação do disco de Secchi no corpo aquoso da Lagoa de Santo André, representativas da máxima penetração da luz e respectivas profundidades de cada estação de amostragem, registadas durante a campanha de campo SA4 realizada no dia 11 de Março de 2009.....	98
Figura 5-16: Variação vertical dos parâmetros físico-químicos da água na Lagoa de Santo André durante a campanha de campo SA5 realizada no dia 20 de Março de 2009, 11 dias após a abertura artificial da barra de maré.....	98
Figura 5-17: Profundidades máximas da observação do disco de Secchi no corpo aquoso da Lagoa de Santo André, representativas da máxima penetração da luz e respectivas profundidades de cada estação de amostragem, registadas durante a campanha de campo SA5 realizada no dia 20 de Março de 2009.....	99
Figura 5-18: Variação vertical dos parâmetros físico-químicos da água na Lagoa de Santo André durante a campanha de campo SA6 realizada no dia 9 de Abril de 2009, 3 dias após o encerramento natural da barra de maré.	102
Figura 5-19: Profundidades máximas da observação do disco de Secchi no corpo aquoso da Lagoa de Santo André, representativas da máxima penetração da luz e respectivas profundidades de cada estação de amostragem, registadas durante a campanha de campo SA6 realizada no dia 9 de Abril de 2009.....	103
Figura 5-20: Profundidades máximas da observação do disco de Secchi no corpo aquoso da Lagoa de Santo André, representativas da máxima penetração da luz e respectivas profundidades de cada estação de amostragem, registadas durante a campanha de campo SA7 realizada no dia 10 de Julho de 2009.....	104
Figura 5-21: Variação vertical dos parâmetros físico-químicos da água na Lagoa de Santo André durante a campanha de campo SA7 realizada no dia 10 de Julho de 2009, 95 dias após o encerramento natural da barra de maré.	104
Figura 5-22: Profundidades máximas da observação do disco de Secchi no corpo aquoso da Lagoa de Santo André, representativas da máxima penetração da luz e respectivas profundidades de cada estação de amostragem, registadas durante a campanha de campo SA8 realizada no dia 9 de Novembro de 2009.	107

Figura 5-23: Variação vertical dos parâmetros físico-químicos da água na Lagoa de Santo André durante a campanha de campo SA8 realizada no dia 9 de Novembro de 2009, 217 dias após o encerramento natural da barra de maré.	107
Figura 5-24: Profundidades máximas da observação do disco de Secchi no corpo aquoso da Lagoa de Santo André, representativas da máxima penetração da luz e respectivas profundidades de cada estação de amostragem, registadas durante a campanha de campo SA9 realizada no dia 23 de Março de 2010.	111
Figura 5-25: Variação vertical dos parâmetros físico-químicos da água na Lagoa de Santo André durante a campanha de campo SA9 realizada no dia 23 de Março de 2010, 351 dias após o encerramento natural da barra de maré.	111
Figura 5-26: Distribuição espacial da salinidade (‰) à superfície e junto ao fundo na campanha SA1 (26.02.2009), nas estações de monitorização.	113
Figura 5-27: Distribuição espacial da saturação de O.D. (%) à superfície e junto ao fundo na campanha SA1 (26.02.2009), nas estações de monitorização.	113
Figura 5-28: Distribuição espacial da salinidade (‰) à superfície e junto ao fundo na campanha SA3 (10.03.2009), nas estações de monitorização.	115
Figura 5-29: Distribuição espacial da saturação de O.D. (%) à superfície e junto ao fundo na campanha SA3 (10.03.2009), nas estações de monitorização.	115
Figura 5-30: Distribuição espacial da salinidade (‰) à superfície e junto ao fundo na campanha SA4 (11.03.2009), nas estações de monitorização.	116
Figura 5-31: Distribuição espacial da saturação em O.D. (%) à superfície e junto ao fundo na campanha SA4 (11.03.2009), nas estações de monitorização.	116
Figura 5-32: Distribuição espacial da salinidade (‰) à superfície e junto ao fundo na campanha SA5 (20.03.2009), nas estações de monitorização.	118
Figura 5-33: Distribuição espacial da saturação em O.D. (%) à superfície e junto ao fundo na campanha SA5 (20.03.2009), nas estações de monitorização.	118
Figura 5-34: Distribuição espacial da salinidade (‰) à superfície e junto ao fundo na campanha SA6 (09.04.2009), nas estações de monitorização.	119
Figura 5-35: Distribuição espacial da saturação em O.D. (%) à superfície e junto ao fundo na campanha SA6 (09.04.2009), nas estações de monitorização.	119
Figura 5-36: Distribuição espacial da salinidade (‰) à superfície e junto ao fundo na campanha SA7 (10.07.2009), nas estações de monitorização.	120
Figura 5-37: Distribuição espacial da saturação em O.D. (%) à superfície e junto ao fundo na campanha SA7 (10.07.2009), nas estações de monitorização.	121
Figura 5-38: Distribuição espacial da salinidade (‰) à superfície e junto ao fundo na campanha SA8 (09.11.2009), nas estações de monitorização.	121
Figura 5-39: Distribuição espacial da saturação em O.D. (%) à superfície e junto ao fundo na campanha SA8 (09.11.2009), nas estações de monitorização.	122
Figura 5-40: Distribuição espacial da salinidade (‰) à superfície e junto ao fundo na campanha SA9 (23.03.2010), nas estações de monitorização.	123

Figura 5-41: Distribuição espacial da saturação em O.D. (%) à superfície e junto ao fundo na campanha SA9 (23.03.2010), nas estações de monitorização.....	123
Figura 5-42: Evolução da salinidade à superfície e junto ao fundo nas diferentes campanhas efectuadas na Lagoa de Santo André em ausência e presença de barra de maré, nas distintas zonas da laguna. Note-se que o eixo horizontal correspondente às datas das campanhas não se encontra à escala, havendo uma escala desde Fevereiro de 2009 até ao encerramento natural da barra e outra desde o encerramento até Março de 2010.	126
Figura 5-43: Evolução da saturação em O.D. à superfície e junto ao fundo nas diferentes campanhas efectuadas na Lagoa de Santo André em ausência e presença de barra de maré, nas distintas zonas da laguna. Note-se que o eixo horizontal correspondente às datas das campanhas não se encontra à escala, havendo uma escala desde Fevereiro de 2009 até ao encerramento natural da barra e outra desde o encerramento até Março de 2010.....	127
Figura 5-44: Evolução do pH à superfície e junto ao fundo nas diferentes campanhas efectuadas na Lagoa de Santo André em ausência e presença de barra de maré, nas distintas zonas da laguna. Note-se que o eixo horizontal correspondente às datas das campanhas não se encontra à escala, havendo uma escala desde Fevereiro de 2009 até ao encerramento natural da barra e outra desde o encerramento até Março de 2010.	127
Figura 5-45: Evolução da temperatura à superfície e junto ao fundo nas diferentes campanhas efectuadas na Lagoa de Santo André em ausência e presença de barra de maré, nas distintas zonas da laguna. Note-se que o eixo horizontal correspondente às datas das campanhas não se encontra à escala, havendo uma escala desde Fevereiro de 2009 até ao encerramento natural da barra e outra desde o encerramento até Março de 2010.	128
Figura 5-46: Evolução das profundidades nas diferentes campanhas efectuadas na Lagoa de Santo André em ausência e presença de barra de maré, nas distintas zonas da laguna. Note-se que o eixo horizontal correspondente às datas das campanhas não se encontra à escala, havendo uma escala desde Fevereiro de 2009 até ao encerramento natural da barra e outra desde o encerramento até Março de 2010.	128
Figura 5-47: Variação da cota do plano de água lagunar medido com a estação total e com o 1º transdutor de pressão e da maré oceânica registada pelo marégrafo de Sines, de 9 a 13 de Março de 2009 na Lagoa de Santo André.	132
Figura 5-48: Variação da cota do plano de água lagunar medido com o 1º e 2º transdutor de pressão e da maré oceânica registada pelo marégrafo de Sines, de 13 a 20 de Março de 2009 na Lagoa de Santo André.	133
Figura 5-49: Variação da cota do plano de água lagunar medido com o 1º e 2º transdutor de pressão e da maré oceânica registada pelo marégrafo de Sines, de 21 a 31 de Março de 2009 na Lagoa de Santo André.	134
Figura 5-50: Variação da cota do plano de água lagunar medido com o 1º e 2º transdutor de pressão e da maré oceânica registada pelo marégrafo de Sines, de 31 de Março a 9 de Abril de 2009 na Lagoa de Santo André.	135
Figura 5-51: Variação das durações das enchentes e das vazantes lagunares entre os dias 10 de Março e 5 de Abril de 2009 na Lagoa de Santo André.....	136

Figura 5-52: Dados obtidos através da análise da maré lagunar para as 4 campanhas de campo realizadas em situação de barra aberta na Lagoa de Santo André: A – Duração da enchente e vazante lagunar; B – Velocidades médias no canal para a enchente e vazante; C – Prismas de maré calculados durante a enchente e vazante.	139
Figura 5-53: Variação da temperatura média mensal registada pela estação meteorológica de Sines e da cota do plano de água lagunar, desde Janeiro de 2009 a Março de 2010 para a Lagoa de Santo André.....	141
Figura 5-54: Variação da precipitação mensal registada pelo posto udométrico de Monte Velho e da cota do plano de água lagunar, desde Janeiro de 2009 a Janeiro de 2010 na Lagoa de Santo André.....	142
Figura 5-55: Modelos digitais de elevação construídos em ArcMap através da krigagem, utilizando a informação altimétrica da área mais próxima da barra de maré na Lagoa de Santo André, da 1ª à 6ª campanha de campo.	149
Figura 5-56: Modelos digitais de elevação construídos em ArcMap através da krigagem, utilizando a informação altimétrica da área mais próxima da barra de maré na Lagoa de Santo André, da 7ª à 12ª campanha de campo.	151
Figura 5-57: Modelos digitais de elevação construídos em ArcMap através da krigagem, utilizando a informação altimétrica da área mais próxima da barra de maré na Lagoa de Santo André, da 13ª à 17ª campanha de campo.	153
Figura 5-58: Agentes oceânicos entre 1 de Março e 14 de Abril de 2009. A – Amplitude de maré máxima diária (marégrafo de Sines); B – Altura média diária das ondas ao largo (Bóia ondógrafo de Sines); C – Direcção média diária das ondas ao largo (Bóia ondógrafo de Sines). Os dados a azul indicam a situação de barra fechada e os dados a verde a situação de barra aberta.	155
Figura 5-59: Altura média diária das ondas ao largo registadas pela bóia ondógrafo de Sines, durante: A – Período de Verão (Maio a Outubro de 2009); B – Período de Inverno (Outubro de 2009 a Março de 2010).	156
Figura 5-60: Cartas de diferenças entre os MDEs de campanhas de campo sucessivas da área mais próxima da barra de maré da Lagoa de Santo André, desde a 1ª até à 7ª campanha de campo.....	161
Figura 5-61: Cartas de diferenças entre os MDEs de campanhas de campo sucessivas da área mais próxima da barra de maré da Lagoa de Santo André, desde a 7ª até à 13ª campanha de campo.....	163
Figura 5-62: Cartas de diferenças entre os MDEs de campanhas de campo sucessivas da área mais próxima da barra de maré da Lagoa de Santo André, desde a 13ª até à 17ª campanha de campo.....	165
Figura 5-63: Evolução do perfil transversal à barra de maré da Lagoa de Santo André, desde antes da sua abertura artificial até ao seu fecho natural (25 de Fevereiro de 2009 a 8 de Maio de 2009).	171

Figura 5-64: Evolução do perfil longitudinal à barra de maré da Lagoa de Santo André, desde antes da sua abertura artificial até ao seu fecho natural (25 de Fevereiro de 2009 a 8 de Maio de 2009).	171
Figura 5-65: Evolução do perfil transversal à barra de maré da Lagoa de Santo André, durante a época de Verão (8 de Maio de 2009 a 14 de Outubro de 2009) e o perfil realizado antes da abertura artificial (25.02.2009).	172
Figura 5-66: Evolução do perfil longitudinal à barra de maré da Lagoa de Santo André, durante a época de Verão (8 de Maio de 2009 a 14 de Outubro de 2009) e o perfil realizado antes da abertura artificial (25.02.2009).	172
Figura 5-67: Evolução do perfil transversal à barra de maré da Lagoa de Santo André, durante a época invernal (14 de Outubro de 2009 a 17 de Março de 2010) e o perfil realizado antes da abertura artificial (25.02.2009).	173
Figura 5-68: Evolução do perfil longitudinal à barra de maré da Lagoa de Santo André, durante a época invernal (14 de Outubro de 2009 a 17 de Março de 2010) e o perfil realizado antes da abertura artificial (25.02.2009).	173
Figura 5-69: Gráfico logarítmico que correlaciona o prisma de maré medido em pés cúbicos e a área mínima da secção do canal medida em pés quadrados e respectiva representação dos valores obtidos para a Lagoa de Santo André durante as campanhas realizadas em situação de barra aberta, com áreas mínimas de secção medidas abaixo do NMM (círculos a cinzento) e áreas mínimas de secção medidas abaixo da cota média (círculos a preto), juntamente com as equações propostas por O'Brien (1969) e Jarrett (1976).	178
Figura 5-70: Perfil transversal à barra de maré realizado durante a 4ª campanha de campo (27.03.2009) e respectivas áreas mínimas de secção do canal medidas abaixo do NMM e abaixo da altura média a que a água oceânica entrou na laguna durante o período de enchente (4h20m).	179
Figura 5-71: Prismas de maré e respectivas áreas de secção medidas abaixo da altura média durante a vazante e a enchente para a Lagoa de Santo André durante as 4 campanhas de campo realizadas em situação de barra aberta.	182
Figura 5-72: Gráfico que correlaciona a cota do plano de água lagunar e os dias de barra aberta para os anos compreendidos entre 1998 e 2011 na Lagoa de Santo André (adaptado de Cruces <i>et al.</i> 2009).	186
Figura 5-73: Gráfico que correlaciona a cota do plano de água lagunar e a precipitação registada durante o ano lagunar, durante o período compreendido entre 1999 e 2010 na Lagoa de Santo André.....	186

Índice de Tabelas

Tabela 3-1: Temperaturas mínimas, máximas e médias mensais registadas pela estação meteorológica de Sines no período de Janeiro de 2009 a Março de 2010.....	39
--	----

Tabela 3-2: Frequência F (%) e velocidade média Vm (km/h) de ocorrência do vento para cada um dos rumos principais e de calmas (C) durante o período de Janeiro 2009 a Março de 2010, registados na estação meteorológica de Sines.	41
Tabela 3-3: Variação da precipitação (mm) do posto udométrico de Monte Velho durante o ano de 2009 e os três primeiros meses de 2010.	42
Tabela 3-4: Critérios para a classificação do clima (SMN, 1950).	43
Tabela 3-5: Dados de ondulação (altura, período e direcção) registados pela bóia ondógrafo de Sines, durante o ano de 2009.....	47
Tabela 4-1: Pontos de referência na Lagoa de Santo André.	51
Tabela 4-2: Campanhas de monitorização na Lagoa de Santo André e respectivas tarefas realizadas.....	52
Tabela 4-3: Variáveis medidas, equipamento utilizado e métodos de análise usados na medição dos parâmetros físico-químicos da água.....	53
Tabela 4-4: Campanhas de monitorização da qualidade da água e respectivas estações de amostragem.	54
Tabela 5-1: Compilação das aberturas da barra de maré da Lagoa de Santo André desde 1680 até 2011.	66
Tabela 5-2: Classificação da salinidade proposta por Cowardin <i>et al.</i> (1985).	78
Tabela 5-3: Classificação dos ambientes consoante os valores de pH, de acordo com a proposta de Teodorovich.	80
Tabela 5-4: Valores de V e velocidades médias de enchente e vazante calculados a partir de fórmulas empíricas para as 4 campanhas de campo em situação de barra aberta para a Lagoa de Santo André.....	138
Tabela 5-5: Variação da temperatura mensal, precipitação e cota do plano de água lagunar desde Janeiro de 2009 a Março de 2010 para a Lagoa de Santo André.	141
Tabela 5-6: Volumes totais, de acumulação e erosão calculados para cada MDE e respectivas diferenças entre levantamentos topo-hidrográficos sucessivos, durante o ano de monitorização na Lagoa de Santo André. Note-se que a última diferença de volume corresponde à diferença entre a primeira campanha (SA1) e a última campanha (SA17).....	159
Tabela 5-7: Valores de prismas de maré e da área mínima da secção do canal da barra medidos abaixo do NMM durante a vazante e a enchente para todas as campanhas realizadas em situação de barra aberta, assim como os valores da área mínima da secção medidos abaixo da altura média. As datas sublinhadas a cinzento correspondem às campanhas de campo realizadas em marés vivas.....	177
Tabela 5-8: Valores e sentidos de deriva litoral residual obtidos por Gama (2004), a partir de dois modelos matemáticos distintos.	183
Tabela 5-9: Valores obtidos para a razão de Bruun (1978) utilizando para a deriva litoral os valores obtidos por Gama (2004), durante as 4 campanhas de campo.	184
Tabela 5-10: Representação da precipitação do ano lagunar, respectiva cota do plano de água lagunar e dias de barra activa para os diferentes anos de monitorização (1998 a 2011) (adaptado de Cruces <i>et al.</i> 2009).	187

Resumo

Na presente dissertação procedeu-se ao estudo, a micro escala temporal, do ambiente lagunar da Lagoa de Santo André, que se situa no arco litoral Tróia-Sines na costa oeste Portuguesa. Os ambientes costeiros, nomeadamente aqueles que têm barras de maré associadas, encontram-se sujeitos a uma constante variação das condições hidrodinâmicas e sedimentares e, conseqüentemente, a uma rápida evolução morfológica. Anualmente é aberta, de modo artificial, uma barra de maré na barreira que isola a Lagoa de Santo André do oceano, com o intuito de renovar a água lagunar e melhorar a sua qualidade ambiental e todo o ecossistema que lhe está associado. Desta forma, o principal objectivo deste trabalho foi a caracterização do comportamento morfodinâmico desta barra de maré desde o momento da abertura artificial, a 9 de Março de 2009, até ao seu encerramento natural, a 6 de Abril de 2009, e posterior recuperação da barreira arenosa até à reabertura a Março de 2010, completando um ciclo completo de vida.

Para a monitorização deste sistema costeiro foram, então, realizadas um total de 18 campanhas de campo, durante aproximadamente um ano, desde 25 de Fevereiro de 2009 a 23 de Março de 2010.

Com a finalidade de acompanhar todas as modificações morfológicas ocorridas no sistema barreira / barra de maré, realizaram-se levantamentos topo-hidrográficos antes e durante a abertura artificial da barra, durante a sua evolução e após o encerramento natural, com recurso a estação total e DGPS e levantamentos batimétricos no canal da barra e nos fundos oceânicos e lagunares adjacentes, antes, durante e após a abertura artificial, com sonda acústica e DGPS. Durante a abertura artificial da barra de maré foram monitorizadas as características físico-químicas no canal da barra e no mar, a velocidade superficial de fluxo, a taxa de erosão das margens do canal e as variações da cota do plano de água lagunar. A análise da evolução da barra demonstra que o intenso fluxo da descarga inicial de águas salobras promove o alargamento e aprofundamento do canal e o transporte de quantidade apreciável de sedimentos que se vão depositar na embocadura do canal, formando um delta de vazante que, posteriormente, se encosta a terra e adquire a dinâmica e configuração de uma barra de espalho. Esta, por sua vez, desenvolve-se e o seu contínuo crescimento promove, novamente, o isolamento da laguna com o oceano. Estas alterações ocorrem sem

divagação apreciável do canal, o que demonstra a predominância dos processos transversais no transporte sedimentar.

Foram, igualmente, analisadas as características físico-químicas do corpo de água lagunar de modo a avaliar a sua interação com o mar, a capacidade de renovação do espaço lagunar em função das marés e de compreender as suas variações sazonais. Em situação de barra fechada, onde a cota do plano de água lagunar é elevada, o corpo de água lagunar tem tendência a estratificar, evidenciando evolução fortemente condicionada pelos agentes meteorológicos da região. Por outro lado, em condições de barra aberta, a coluna de água, fortemente condicionada pela maré oceânica, tende a homogeneizar com velocidades de renovação discrepantes nos diversos corpos existentes no seu interior, que apresentam maior ou menor confinamento.

Estudou-se o comportamento morfodinâmico desta barra de maré efémera, as suas relações com os agentes forçadores que condicionam a eficiência e longevidade da barra e as implicações da sua abertura artificial, podendo, os resultados aqui apresentados, ser extrapolados e utilizados noutros sistemas lagunares. O conhecimento da estabilidade das barras de maré é extremamente necessário e implica um estudo de monitorização constante, de modo a compreender o seu funcionamento.

Palavras-chave: Lagoa de Santo André, abertura artificial, barra de maré efémera, morfodinâmica da barra, qualidade da água

Abstract

In this dissertation it is presented a study, at micro time scale, of the environment of the Santo André lagoon, which is located in the Tróia-Sines littoral arc on the west coast of Portugal. Coastal environments, particularly those with associated tidal inlets, are subject to constant sedimentary and hydrodynamics changing conditions and rapid morphological evolution. The barrier that separates the Santo André lagoon from the ocean is breached artificially through a tidal inlet in order to promote water exchange and improve the lagoonal environment and ecosystems quality. Thus, the main objective of this work was to characterize the morphodynamic behavior of the tidal inlet from the moment of the artificial opening on March 9, 2009 until its natural closure on April 6, 2009, and subsequent recovery of the sandy barrier until the reopening on March 2010, completing one live cycle.

Aiming a detailed study of this coastal environment, a monitoring plan was carried out with 18 field campaigns, during almost a year, from February 25, 2009 to March 23, 2010.

In order to analyze the morphodynamic evolution of the barrier/tidal inlet, topobathymetric surveys, before and during the artificial breaching, during its evolution and after the natural closure, were performed using a total station and a DGPS. Bathymetric surveys were also carried out in the lagoon/inlet area and adjacent nearshore, before, during and immediately after the inlet breaching, with an echo-sounder and a DGPS. During the artificial breaching, the physical and chemical water parameters in the inlet channel and in the sea, the current velocities, the erosion rate of the channel and the variations of lagoonal water level were monitored. The inlet evolution demonstrated that the initial flux of the brackish water promotes the extension and deepening of the channel and a significant sediment transport, that will form an ebb delta facing the channel, which presented shoreward migration and partly changed into a linear swash-bar. The swash-bar further extended and accreted significantly, approaching the coast and isolating the lagoon from the ocean. These changes occur without appreciable longshore migration, essentially through wave-driven cross-shore sediment transfer.

The physical and chemical lagoonal water parameters were also analyzed to evaluate their interaction with the sea, the renewal capacity as a function of the tidal and their seasonal variations. In the closed-inlet situation, the lagoon water level is high, the lagoon water body

tends to stratify, showing an evolution affected by meteorological conditions. In the open-inlet condition, the water is affected by ocean tides and tends to homogenize with different renewal speeds in its different bodies, which are more or less confined.

We studied this ephemeral tidal inlet morphodynamics behavior, their relationships with agents that affect the tidal inlet efficiency and longevity, and the implications of the artificially breaching. The results can be extrapolated and used in other lagoonal systems. Knowledge of the tidal inlet stability is necessary and requires a constant monitoring plan in order to understand its functioning.

Keywords: Santo André Lagoon, artificial opening, ephemeral tidal inlet, morphodynamics, water quality

Agradecimentos

A realização desta tese não teria sido possível sem a minha participação como Bolseira de Investigação Científica no projecto DETI (**D**ynamics of **E**phemeral **T**idal **I**nlets), que me facultou todos os meios necessários para a execução das diversas campanhas de campo e do trabalho de gabinete.

Sem dúvida que a cooperação e o apoio de diversas pessoas e instituições foi crucial para a concretização desta dissertação e, por isso, gostaria de expressar o meu sincero agradecimento a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a sua concretização, esperando não esquecer ninguém.

Em primeiro lugar, queria agradecer à Professora Conceição Freitas, orientadora desta tese de mestrado, por ser uma inspiração constante e por me ter transmitido o gosto pela área da Geologia Costeira. A sua dedicação e exigência, bem como os seus ensinamentos e revisão cuidada foram fundamentais para o enriquecimento deste trabalho. Obrigada por me dar toda a liberdade nas escolhas e caminhos a seguir.

Ao Professor César Andrade pela valiosa experiência e sabedoria e apoio científico que me proporcionou uma contínua aprendizagem e pelo contagiante entusiasmo que me levou a experiências profissionais extremamente gratificantes. Assim como ao Professor Rui Taborda a constante disponibilidade para me tirar dúvidas e sugerir diversas reflexões que foram fruto de diversificadas discussões, contribuindo para o melhoramento deste trabalho.

À Administração do Porto de Sines pela cedência dos dados referentes à estação meteorológica, à bóia ondógrafo e ao marégrafo de Sines, bem como à CCDR Alentejo pela cedência dos dados do posto udométrico de Monte Velho. Agradeço também à Arquitecta Ana Vidal do Instituto de Conservação da Natureza e Biodiversidade (Reserva Natural das Lagoas de Santo André e da Sancha) pelo apoio prestado no desenrolar deste projecto e ao Sr. João pelas viagens divertidas e activas no seu barco que permitiram realizar inúmeras campanhas de campo, juntamente com as suas gaivotas de estimação.

Queria agradecer a todos aqueles que comigo participaram nas inúmeras campanhas de campo, percorrendo incansáveis quilómetros na praia de Santo André em dias de sol e chuva, como foi o caso do Tiago Silva, Marco Alves, Cristiano Ribeiro, Frederico Ribeiro, Miguel Abreu, Regina Alves. Agradecendo igualmente a pura amizade da Regina.

Queria também expressar o meu sincero agradecimento ao excelente grupo de trabalho na qual estou inserida, o ProCost, dos quais fazem parte Anabela Cruces, Alexandra Oliveira, Pedro Costa, Rute Ramos, Sandra Moreira, Tânia Ferreira, Tiago Silva e Vera Lopes. Para além da participação nas campanhas de campo, a sua incansável boa disposição, incentivo constante e ajuda permanente permitiram que crescesse pessoal e cientificamente num ambiente motivador e super animado, onde a palavra companheirismo sobressai. Em especial, gostaria de agradecer à Anabela pelas longas discussões e conversas sobre todos os temas, do qual o seu conhecimento científico é bastante proveitoso e à Rute pelo acompanhamento em todo este meu percurso, partilhando comigo todos os meus devaneios e medos, tornando-se uma amiga sempre pronta a ajudar.

Às meninas do Latex, em especial à Ana Maria Silva pela ajuda sobre temas de oceanografia e pelo fornecimento de explicações e programas de MatLab que foram imprescindíveis para a realização deste trabalho. À Mónica Ribeiro, colega de mestrado, pelo acompanhamento total durante esta etapa e pela amizade e incentivo.

Aos meus amigos da “margem sul” pelos divertidos momentos de descontração e amizade.

À Felipa Oliveira, Filipa Mesquita, Sara Custóias e Sofia Gomes pela longa amizade e cumplicidade e por saber que estão sempre sempre lá, num apoio absoluto sem nunca pedir nada em troca.

A todos os meus amigos, em especial ao André Vinhas e à Inês Andrade por serem os amigos que qualquer pessoa gostaria de ter, partilhando todas as experiências, alegrias/tristezas e apoiando sempre numa amizade incondicional.

E por último, quero agradecer aos pilares da minha vida, à minha família toda, principalmente aos meus avós, tios e primos sem os quais eu não existiria hoje como pessoa que sou. O mais profundo e sincero agradecimento aos meus pais, às minhas irmãs Sónia e Catarina, ao meu cunhado Paulo, ao meu namorado Noel e ao meu mais que tudo sobrinho Tomás. A todos vocês dedico a realização desta tese. As suas constantes preocupações e interesses no sucesso do meu trabalho, o amor e apoio permanente, por tudo aquilo que dificilmente consigo expressar por palavras. Aos meus pais que me ensinaram e me darem tudo e dos quais me orgulho por serem quem são. Por largarem tudo pela nossa felicidade e pela concretização dos nossos sonhos São a minha inspiração! À Sónia, Catarina e Paulo por estarem sempre comigo, por sermos inseparáveis e por tudo aquilo que sabem. Ao meu

pequeno Tomás que, apesar de ainda não se aperceber, enche-me de felicidade todos os dias, sendo a minha estrelinha especial. Ao Noel por tudo, pela ajuda preciosa na elaboração de muitas imagens, por ser uma presença constante, por me acompanhar nos bons e maus momentos e por tudo aquilo que uma vida vivida a dois implica.

Obrigada a todos!

1. Introdução

O trabalho apresentado nesta dissertação foi desenvolvido no âmbito do projecto DETI (Dynamics of Ephemeral Tidal Inlets), financiado pela FCT (PTDC/MAR/65585/2006), cujo principal objectivo é a caracterização e quantificação das relações entre prisma de maré e parâmetros morfológicos da barra e a sistematização das transformações morfodinâmicas experimentadas por sistemas de barreira/barra de maré divagantes e não-divagantes durante um ciclo de vida completo, utilizando uma metodologia multidisciplinar assente na monitorização e aquisição de dados de campo em barras de maré de pequena dimensão e evolução rápida. As áreas-piloto deste projecto são as lagoas de Albufeira e Santo André; contudo, apenas a Lagoa de Santo André foi abordada durante esta dissertação.

As zonas costeiras são, sem dúvida, os lugares de mais rápida evolução na terra e explicar as suas modificações constantes, está a tornar-se um factor cada vez mais importante e imprescindível a fim de gerir os recursos costeiros de forma sustentável.

As lagoas costeiras ocorrem em cerca de 12 % da extensão do litoral mundial. Um inventário efectuado pela UNESCO lista cerca de 450 lagoas (em maré alta a área de superfície mínima é 1 km²) na costa de todo o mundo (Bird, 2008). Segundo Freitas & Ferreira (2004), as lagoas costeiras são zonas deprimidas, abaixo do nível médio do preia-mar de águas vivas, com comunicação efémera ou permanente com o mar, do qual estão protegidas por um tipo qualquer de barreira. São, pois, ambientes dinâmicos de grande valor económico, ecológico e de beleza paisagística inegável que se desenvolvem na interface dos sistemas hidrológicos continental e marinho. Estas massas de água costeiras são bastante importantes pois fornecem um ambiente com características únicas que estão sujeitas a uma rápida evolução morfológica e a uma grande variedade de condições sedimentares e hidrodinâmicas, representando, por isso, um ambiente de enorme “stress” devido às condições extremas que aí prevalecem.

Em Portugal continental, existem diversas lagoas costeiras, como por exemplo a Lagoa de Óbidos, a Lagoa de Albufeira, a Lagoa de Melides e a Lagoa de Santo André, que têm vindo a ser alvos de estudo desde há muito tempo e a diferentes escalas temporais por diversos autores. Apesar da sua diversidade, quer nas características fisiográficas quer na pressão sobre elas exercida por parte do Homem, todas estas lagoas têm em comum

problemas ambientais com causas diversas, principalmente o assoreamento e a poluição (Freitas, 1995). Os estudos destes sistemas costeiros são ainda insuficientes para o completo conhecimento da complexidade que os caracteriza, pelo que é de extrema utilidade avaliar e compreender correctamente todos os processos que lhe estão associados, para a concretização de uma gestão e uso sustentáveis.

Por estas razões, esta dissertação centra-se no estudo do ambiente lagunar de Santo André, a uma escala micro-temporal, onde se investigam os fenómenos, processos e transformações de curta duração. A laguna de Santo André encontra-se situada num contexto mesotidal, de alta energia, dominado pelas ondas. Este sistema lagunar encontra-se isolado do oceano por um cordão arenoso de largura e desenvolvimento variáveis, sendo, em geral, a ligação ao mar estabelecida artificialmente através de um pequeno canal (barra de maré) que permanece aberto durante aproximadamente um mês. Segundo Escoffier (1977), algumas barras de maré são permanentes e mantêm-se abertas com pequenas modificações e outras são temporárias/efémeras, sendo fechadas por forças naturais, como é o caso desta laguna. Esta abertura, embora sazonal, é de extrema importância para este tipo de ambiente, pois possibilita uma manutenção das qualidades físico-químicas da água da laguna e de todo o ecossistema que lhe está associado, permitindo a manutenção dos níveis de salinidade, temperatura e nutrientes necessários para a reprodução e crescimento de várias espécies, impedindo a sua eutrofização. A evolução desta barra de maré é um processo bastante complexo, que se desenvolve ao longo do tempo através de um conjunto de etapas, promovendo uma série de modificações no sistema lagunar e litoral próximo.

Estes procedimentos são bastante comuns nas lagunas do litoral Português, mas normalmente são efectuados sem serem baseados em estudos científicos, nomeadamente no que diz respeito aos factores hidrodinâmicos e morfodinâmicos, não resultando, muitas vezes, numa opção de gestão bem sucedida. As abordagens efectuadas, totalmente dispersas e sem uma sistematização correcta dos dados, são claramente insuficientes para o conhecimento da interdependência existente entre as lagunas e o mar, as trocas de água e os níveis hidrodinâmicos, que são controlados pelo sistema litoral e principalmente pela eficiência da vida útil das barras de maré. Neste sentido, uma abordagem de escala temporal curta destes sistemas extremamente vulneráveis é de crucial importância para a compreensão dos fenómenos actuais e dos processos que aí operam, pois serve de base para interpretar os

acontecimentos do passado e para responder de forma mais eficiente a questões que possam ocorrer no futuro.

Assim, nesta dissertação será apresentado, no Capítulo 1, uma pequena introdução do tema abordado durante este trabalho e no Capítulo 2 os principais objectivos. Com o Capítulo 3 pretende-se apresentar um breve enquadramento da área em estudo – Lagoa de Santo André – sob o ponto de vista geográfico, das suas características principais, geológico e climatológico. Segue-se o Capítulo 4 onde se descrevem as metodologias utilizadas durante a realização deste estudo, tanto a nível do trabalho de campo, como posterior análise e interpretação em gabinete. No Capítulo 5 apresentam-se todos os resultados obtidos durante um ano de monitorização (25 de Fevereiro de 2009 a 23 de Março de 2010) neste sistema lagunar, no que diz respeito às modificações ocorridas pela abertura artificial da barra de maré a 9 de Março de 2009 até ao seu fecho natural a 6 de Abril de 2009 e posterior recuperação até nova reabertura. Explicam-se e interpretam-se os resultados obtidos com: a qualidade da água através da análise dos parâmetros físico-químicos da água; as modificações morfodinâmicas através da realização de levantamentos topo-batimétricos, da medição das velocidades superficiais de fluxo, do cálculo da taxa de erosão das margens do canal e do controlo da cota do plano de água lagunar; e a resposta da costa e da laguna às aberturas artificiais. Para finalizar, são apresentadas as principais conclusões no Capítulo 6.

2. Objectivos

As lagunas costeiras são ambientes dinâmicos com elevado valor ecológico, económico, cultural e social e a sua qualidade ambiental é função da actividade (essencialmente a sua eficiência e longevidade) de barras de maré. Apesar da importância dessas vias de troca de massa com o oceano, o conhecimento científico sobre a sua estabilidade, organização e transformações morfodinâmicas sazonais, dimensões, geometria e eficiência, assenta em observações não sistemáticas, qualitativas e modelos empíricos de funcionamento. Em Portugal, vulgarizam-se as operações de abertura artificial de barras de maré determinadas pelas autoridades com jurisdição sobre o litoral, mas são efectuadas na ausência de fundamentação científica, nomeadamente sobre as condicionantes morfo e hidrodinâmicas e sedimentares que lhe regulam a eficácia e impactos, pelo que nem sempre são bem sucedidas.

Deste modo, o estudo aqui apresentado tem como principal objectivo a compreensão da morfodinâmica da barra de maré da Lagoa de Santo André (não-divagante) no contexto do troço litoral em que está inserido, caracterizando e quantificando as relações entre prisma de maré e os parâmetros morfológicos da barra e sistematizando as transformações morfodinâmicas experimentadas pelo sistema barreira/barra de maré durante um ciclo de vida completo. Pretende-se caracterizar as variações sofridas por esta desde a sua abertura artificial até à sua recuperação após o encerramento natural, durante um ciclo anual de monitorização. Insere-se num objectivo mais vasto que inclui a avaliação da importância dos factores forçadores no comportamento evolutivo da barra de maré e a influência desta na qualidade do hidrossoma lagunar.

O programa de monitorização, que decorreu entre Fevereiro de 2009 e Março de 2010, incluiu componentes referentes à variação da cota do plano de água lagunar através da leitura directa de estacas graduadas, estação total e DGPS; determinação da velocidade superficial de fluxo no canal da barra de maré durante as primeiras 48 horas após a abertura artificial; medição da taxa de erosão das margens do canal da barra neste intervalo de tempo; e caracterização da evolução morfológica através da realização de levantamentos topobatimétricos com posterior processamento de informação cartográfica através de ferramentas computacionais (SIGs).

3. Enquadramentos da área em estudo

3.1. Enquadramento geográfico e características gerais

A Lagoa de Santo André constitui um sistema lagunar localizado na costa ocidental portuguesa, no arco litoral de Tróia-Sines, litoral SW alentejano, cerca de 17 km a norte de Sines e 80 km a sul de Lisboa (Figura 3-1 A e B). Pertence ao concelho de Santiago do Cacém e distrito de Setúbal. O arco Tróia-Sines constitui um troço litoral arenoso que se estende por cerca de 65 km desde o estuário do Sado, a norte, ao Cabo de Sines, a sul (Figura 3-1 B), sendo a sua largura variável entre os 60 e 180 m. Este arco encontra-se limitado a norte pela Serra da Arrábida que constitui uma barreira física, continental, orientada segundo WSW-ENE por cerca de 25 km de extensão; e a oeste pela plataforma continental com 10 a 25 km de largura, na qual se entalha o canhão submarino de Setúbal que dista cerca de 6 km da linha de costa (Gama, 1996 e 2004). A cobertura topográfica da Lagoa e parte da sua bacia hidrográfica é efectuada pela Carta Militar de Portugal nº 505 de Santo André (1988), à escala 1/25 000, editada pelos Serviços Cartográficos do Exército. Juntamente com a Lagoa da Sancha, foi classificada como Área Protegida, formando a Reserva Natural das Lagoas de Santo André e da Sancha, através do Decreto-Lei nº10/2000, de 22 de Agosto. Esta classificação teve como principal objectivo a conservação do elevado valor ecológico destas duas zonas húmidas e das suas áreas envolventes, nomeadamente o complexo dunar, a faixa marítima adjacente que alberga uma fauna marinha característica e enquanto áreas importantes para a reprodução, invernada e migração de aves (ICNB, 2005).

O espaço lagunar encontra-se isolado do oceano por um extenso cordão arenoso, formando uma barreira contínua ancorada em terra por ambas as extremidades, com uma orientação de aproximadamente N15°E. Esta barreira soldada pode ocasionalmente romper de forma natural através de galgamentos que têm lugar em épocas de temporal; contudo, a periodicidade desses acontecimentos é incompatível com a necessidade de renovação da massa de água, pelo que é aberta artificial e regularmente desde o séc. XVII uma barra de maré (Cruces, 2001), de modo a promover a requalificação do espaço lagunar. Normalmente, a abertura da barra de maré é executada com periodicidade anual durante o Equinócio da

Primavera, quando o desnível entre as cotas do plano de água no interior da laguna e do baixamar no oceano é máximo (marés vivas).

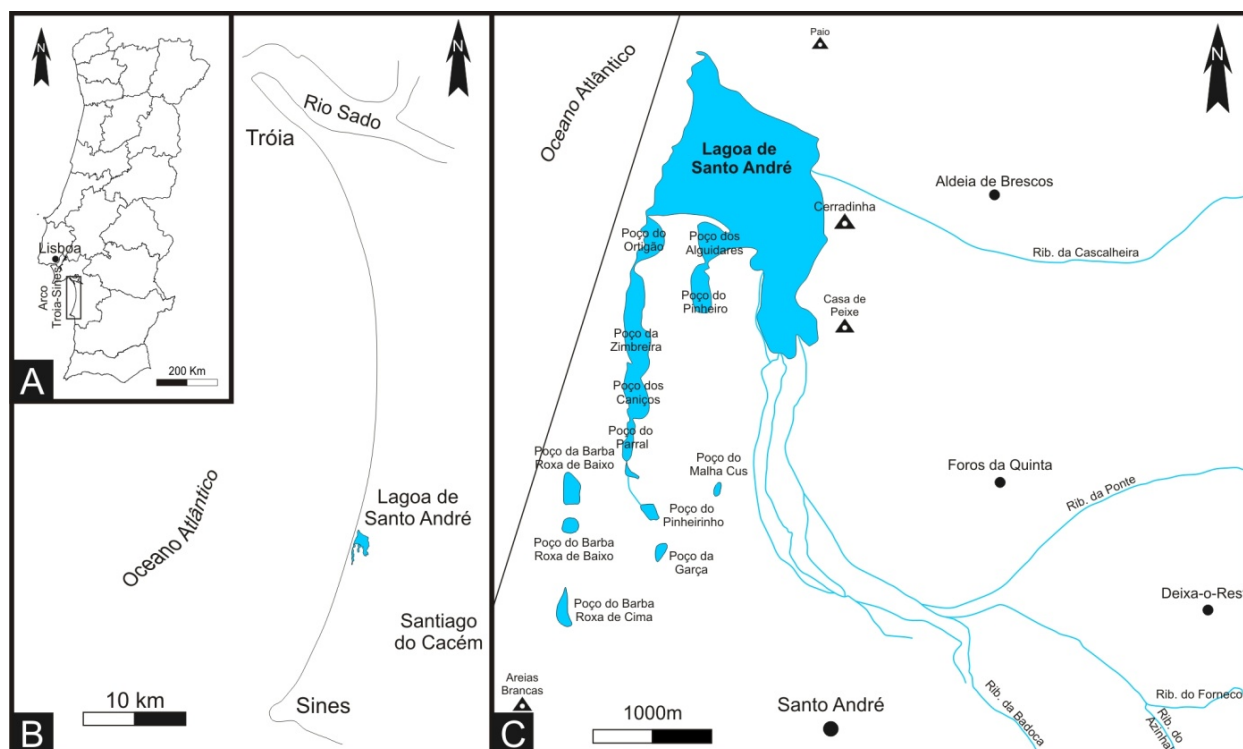


Figura 3-1: A - Localização do arco litoral Tróia-Sines em Portugal Continental; B – Localização da Lagoa de Santo André no arco litoral Tróia-Sines; C – Lagoa de Santo André e sistemas fluviais afluentes.

A laguna em estudo apresenta uma morfologia bastante complexa, sendo constituída por um corpo lagunar principal e por outros dois corpos de menores dimensões (Figura 3-1 C). O corpo de água lagunar principal, de dimensões máximas de 2 km na direcção N-S e 1,5 km na direcção E-W, ostenta o maior *fetch*, de 2,5 km na direcção NW-SE (Cruces, 2001). Os dois prolongamentos secundários, alongados na direcção N-S, são localmente designados por “Poços” e comunicam entre si e com o corpo principal através de canais estreitos e pouco profundos, o que lhes confere um certo confinamento. O maior destes estende-se ao longo da face interna da barreira (a W) e subdivide-se no Poço do Ortigão, Poço da Zimbreira, Poço dos Caniços e Poço do Parral, enquanto o de menores dimensões se localiza mais no interior (a E) e subdivide-se no Poço dos Alguidares e no Poço do Pinheiro (Figura 3-1 C). Os dois corpos

alongados apresentam-se segmentados por cúspides arenosas bem desenvolvidas que separam troços de forma elipsoidal (Figura 3-2 B). As cúspides são assimétricas, com zonas de sombra a sul, o que indica predominância de ventos do quadrante norte (Cruces, 2001), podendo ser comprovado, igualmente, no item 3.4.1.2. do capítulo 3. Este tipo de acumulações arenosas já foi descrito por vários autores (e.g. Price, 1947; Fisher, 1955; Zenkovich, 1959; Barnes, 1980; Bird, 1994, 2008). Quando uma barreira se desenvolve e encerra uma laguna, as ondas do mar são inexistentes e os efeitos da salinidade e as mudanças do nível da maré são reduzidos (Bird, 2008). Em situação de barra fechada, a acção do vento sobre o corpo de água lagunar gera ondas e correntes que estão relacionadas com a direcção e força dos ventos locais. Estas ondas e correntes transportam material ao longo das margens lagunares, depositando-o em zonas com pequenas irregularidades, formando cúspides. Com o seu crescimento, criam-se zonas de sombra que protegem a região costeira adjacente das ondas predominantes; contudo, ventos de direcção contrária podem transportar sedimentos para dentro dessa zona. Quanto menor a diferença entre a acção das ondas nas duas direcções opostas, mais rapidamente as cúspides se tornam simétricas. O contínuo desenvolvimento destas formas de acumulação para o interior do espaço lagunar pode transformar uma laguna inicialmente comprida e estreita numa série de pequenos corpos lagunares arredondados ou ovais ligados por canais estreitos que em fases mais avançadas podem ficar completamente isolados (Figura 3-2 A). Este processo foi, igualmente, descrito por Freitas (1995) para a Lagoa de Albufeira, e por Cruces (2001) para a Lagoa de Melides e de Santo André.

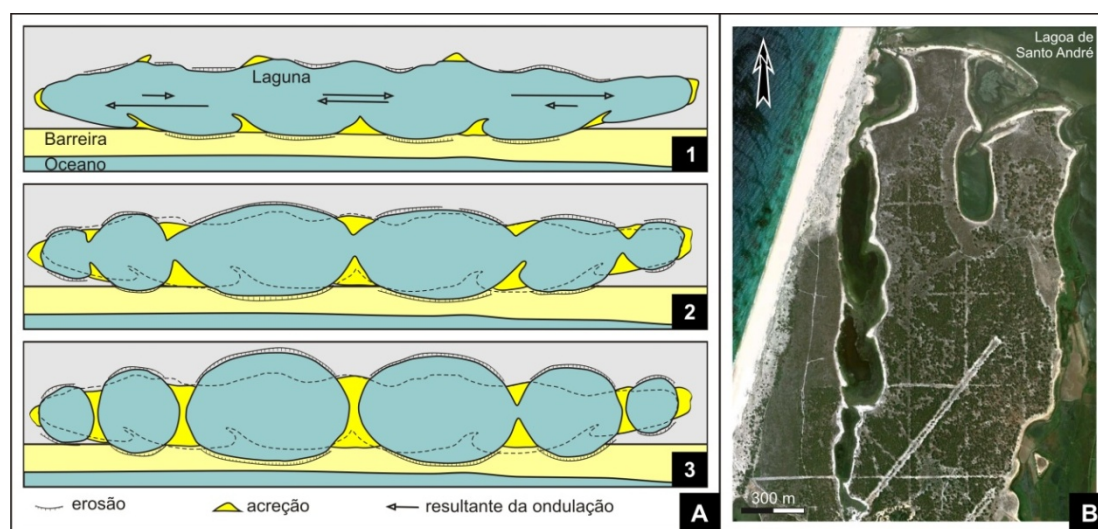


Figura 3-2: A – Modelo evolutivo de uma laguna: 1 – estado juvenil, 2 - estado intermédio, 3 – estado maturo (adaptado de Zenkovitch, 1959); B – Poços da Lagoa de Santo André segmentados por cúspides arenosas bem desenvolvidas com zona de sombra a sul.

A Lagoa de Santo André é alimentada por uma rede de drenagem com uma área de aproximadamente 145 km², dispondo de uma bacia hidrográfica com forma aproximadamente triangular, limitada a N pela bacia hidrográfica da Lagoa de Melides, a E pela do Rio Sado e a S pela da Lagoa da Sancha (Cruces, 2001). Os principais tributários da Lagoa de Santo André nascem na Serra de Grândola e são, de N para S, as ribeiras da Cascalheira, da Ponte, do Forneco, do Azinhal e da Badoca (Figura 3-1 C). Contudo, a confluência das águas para o espelho de água lagunar faz-se através de dois vales: o vale da ribeira da Cascalheira, situado a norte e o vale que recolhe as águas provenientes dos outros quatro cursos de água, a sul (Figura 3-1 C).

A área molhada ocupada por esta laguna varia no espaço e no tempo em função da cota do plano de água lagunar, abrangendo entre 1,7 e 2,5 km². A cota do plano de água lagunar depende, em situação de barra aberta, da propagação da maré dentro do espaço lagunar e em situação de barra fechada, da precipitação, da evaporação e dos galgamentos da barreira arenosa. Actualmente existem três levantamentos batimétricos da Lagoa de Santo André: um levantamento das profundidades da laguna efectuado com o auxílio de uma sonda acústica digital em Fevereiro de 1985 (Cancela da Fonseca, 1989); um levantamento batimétrico realizado pelo INAG entre 17 de Maio e 12 de Julho de 2002 (Figura 3-3), seguindo a metodologia estipulada para a monitorização batimétrica das massas de água (Mariano *et al.*, 2002, *in* Mariano *et al.*, 2004); e um levantamento topo-batimétrico (Figura 3-4), onde a batimetria foi efectuada por uma equipa da Universidade do Algarve, e os levantamentos topo-batimétricos da zona da barreira e nas margens da laguna foram realizados pelo Centro de Geologia da FCUL (no âmbito do projecto DETI), nos dias 25 e 26 de Fevereiro de 2009 (ver item 4.5 do capítulo 4). Segundo este último e mais recente levantamento topo-batimétrico, é possível verificar que no sector mais a NW se desenvolve para sul o canal principal a uma cota de aproximadamente -3 m NMM, através do qual se efectua a maior parte do escoamento das águas quando a comunicação com o mar é estabelecida e para norte um canal secundário mais estreito e menos profundo, com cerca de -1,5 m NMM (Figura 3-4). Estes dois canais contornam duas pequenas ilhas que ficam submersas quando a cota do plano de água lagunar é bastante elevada. O restante espaço lagunar apresenta-se relativamente homogéneo com cotas mínimas de -1 m relativamente ao NMM. Os Poços apresentam um decréscimo das suas profundidades à medida que se afastam do corpo lagunar principal, ou seja, apresentam um gradiente para sul, à excepção do Poço do Pinheiro que ostenta cotas mínimas de

aproximadamente -2,5 m NMM, sendo o Poço mais profundo (Figura 3-4). A profundidade máxima da laguna coincide, portanto, com o canal principal e com o Poço do Pinheiro, podendo alcançar 6 m de profundidade. A título de exemplo, no dia 25 de Fevereiro de 2009 a cota do plano de água lagunar encontrava-se a 2,85 m NMM, o que significa que as profundidades máximas observadas foram de aproximadamente 5,85 m no canal principal e 5,35 m no Poço do Pinheiro, enquanto no restante espaço lagunar as profundidades rondavam os 2/3 m. Visualizando a batimetria efectuada em 2002 pelo INAG é possível verificar que o espaço lagunar se encontrava muito mais homogéneo com o canal principal muito mais bem definido com um traçado suave desde a zona vestibular até próximo do Poço dos Alguidares, revelando menores profundidades que as encontradas em 2009 (Figura 3-3). O canal principal não excedia os -2 m NMM de cota mínima e o corpo lagunar principal variava entre 0,5 e 1 m NMM, enquanto os Poços da laguna apresentavam aproximadamente as mesmas profundidades. Estas características foram igualmente encontradas por Cancela da Fonseca (1989) e Matos (1991). O primeiro autor descreve a existência de um canal cerca de 2 m mais profundo que o restante espaço lagunar, que se encontra com profundidades quase constantes a montante das duas ilhas e o registo das maiores profundidades na zona onde normalmente se efectua a abertura da barra de maré e no segundo sistema de Poços laterais. O segundo autor, que efectuou um registo das profundidades da laguna, descreve que esta corresponde a uma superfície plana, apenas sulcada por dois canais que contornam o eixo formado pelas duas ilhas, tendo o canal principal uma profundidade máxima de 4 m e o secundário uma profundidade de 1,5 m. Revela, ainda, que quando se verificam as profundidades máximas de 4 m no canal sul e no Poço do Pinheiro, os restantes Poços apresentam profundidades máximas de 2-2,5 m, semelhantes às observadas no centro da laguna.

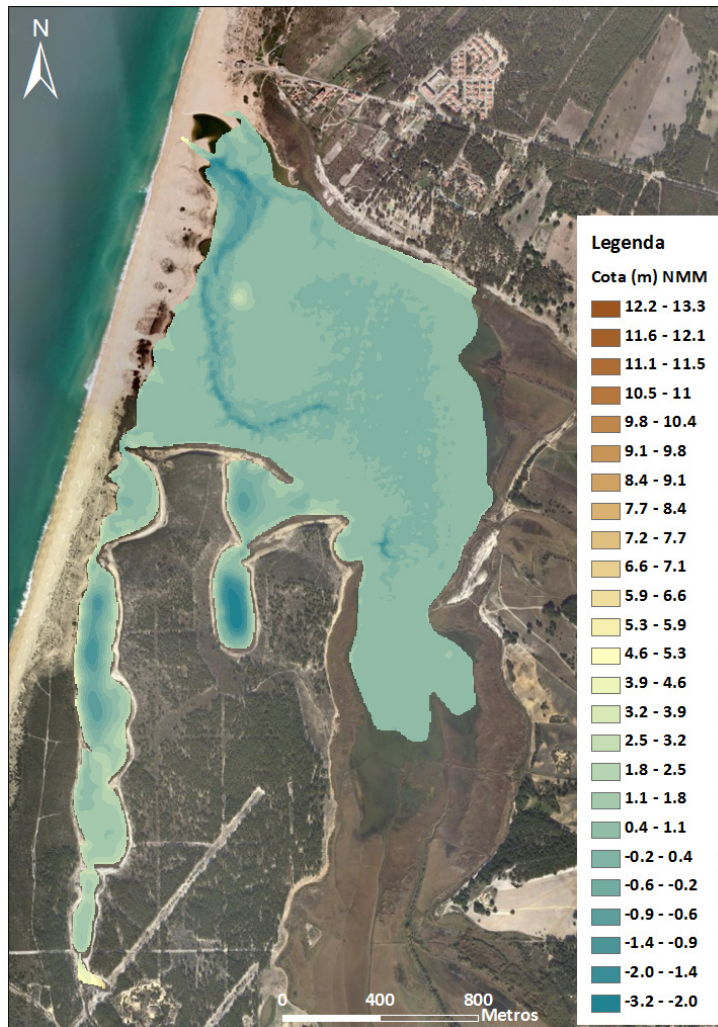


Figura 3-3: Modelo Digital de Elevação (MDE) da Lagoa de Santo André, efectuado através do levantamento batimétrico elaborado pelo INAG em 2002, obtido no ArcMap, sobre a World Imagery-ESRI 2011, utilizando a krigagem como método de interpolação espacial.

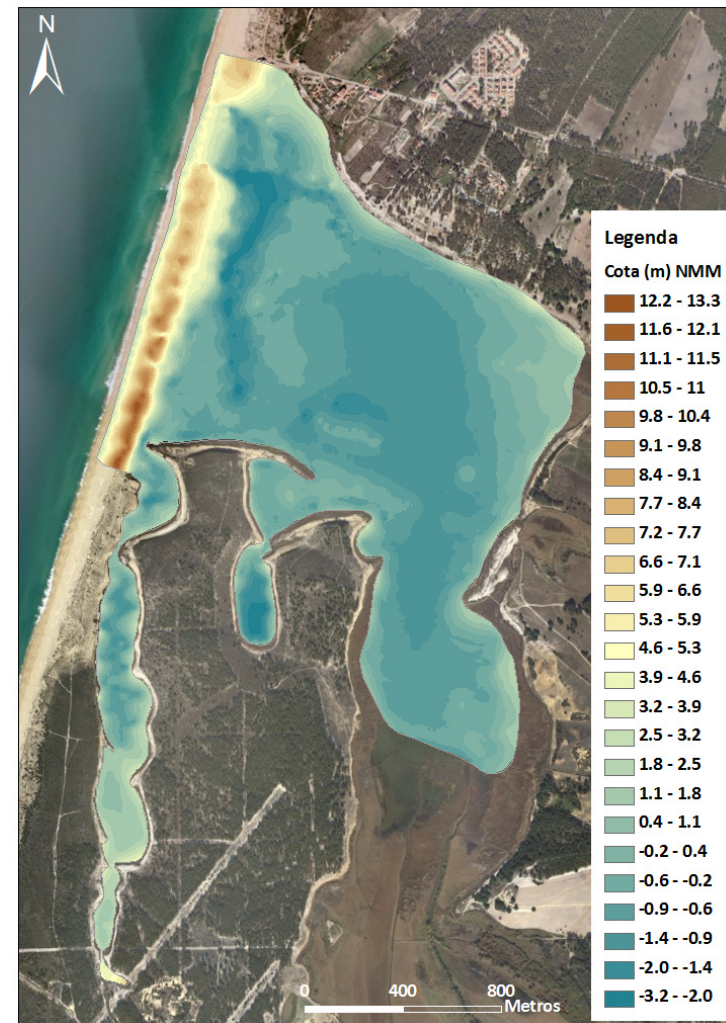


Figura 3-4: Modelo Digital de Elevação (MDE) da Lagoa de Santo André, efectuado através da informação topo-batimétrica adquirida nos dias 25 e 26 de Fevereiro de 2009, obtido no ArcMap, sobre a World Imagery-ESRI 2011, utilizando a krigagem como método de interpolação espacial.

3.2. Enquadramento Geológico

O substrato geológico na região da Lagoa de Santo André é constituído essencialmente por formações do Cenozóico, embora a sua bacia hidrográfica englobe terrenos que vão desde o Paleozóico até ao Quaternário (Figura 3-5).

As formações paleozóicas, localizadas no bordo Este da bacia hidrográfica, representam as litologias de idade mais antiga, compreendidas entre o Devónico superior e o Carbónico (Oliveira, 1984). Estes terrenos englobam a Formação Filito-Quartzítica de idade Fameniana e o Complexo Vulcano-Sedimentar do Tournaisiano-Viseano superior, pertencentes à Faixa Piritosa Ibérica. A Formação Filito-Quartzítica é essencialmente constituída por filitos, siltitos, quartzitos e quartzovaques, enquanto o Complexo Vulcano-Sedimentar apresenta

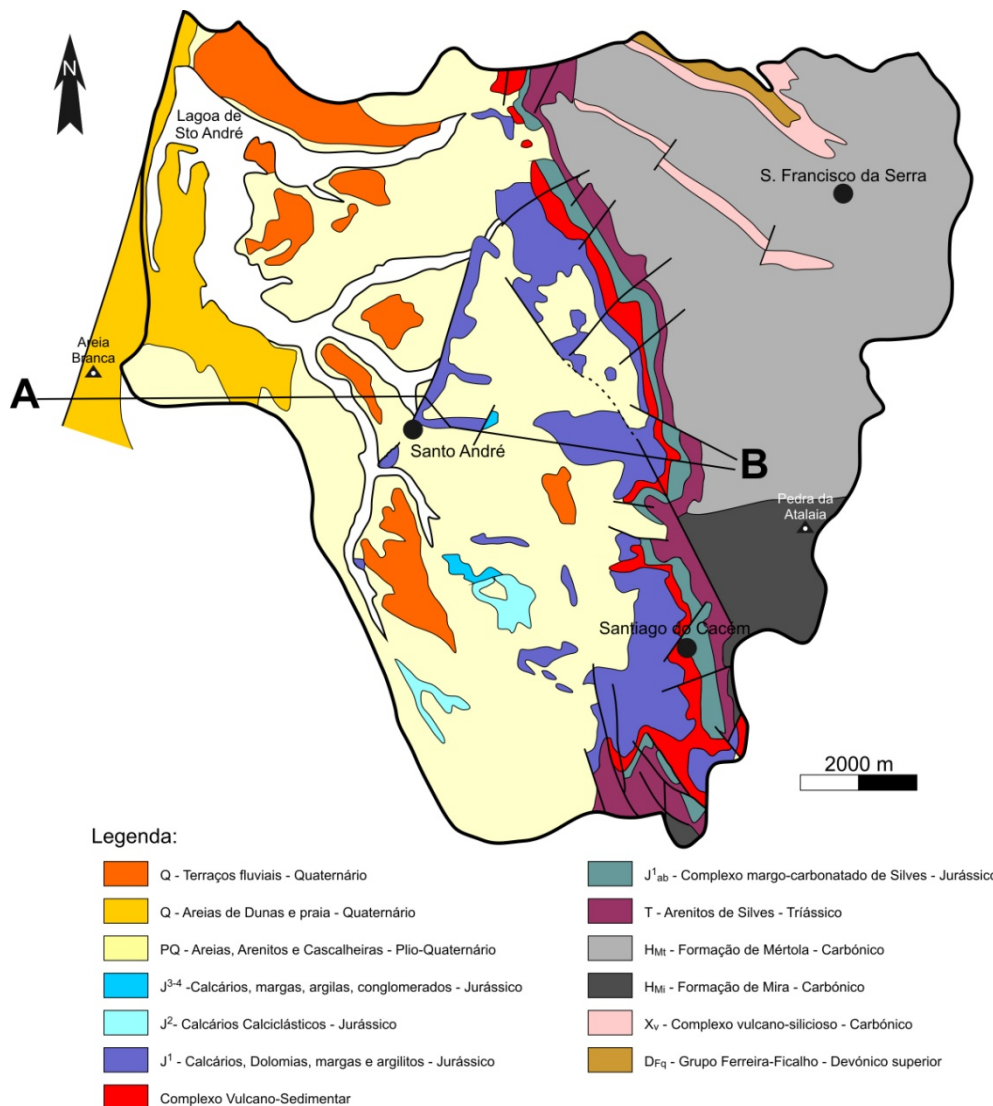


Figura 3-5: Enquadramento geológico da bacia hidrográfica da Lagoa de Santo André, adaptado da folha 7 da Carta Geológica de Portugal à escala 1/200 000, S.G.P.

grande variedade litológica com variações laterais (e.g. rochas vulcânicas ácidas e básicas, jaspes, chertes, xistos negros, xistos borra de vinho, tufitos, quartzitos, xistos argilosos, siltitos e quartzovaques) (Oliveira, 1984). Para além destas, as linhas de água que drenam para a Lagoa de Santo André passam sobre a Formação de Mértola (Viseano superior) que corresponde a uma sequência turbidítica constituída por intercalações de grauvaques, pelitos e alguns conglomerados e a Formação de Mira (Namuriano) que à semelhança da anterior apresenta características turbidíticas, sendo a característica mais marcante a dominância de turbiditos finamente estratificados com baixa relação areia/argila (Oliveira, 1984).

O Mesozóico existente nesta área inclui-se na denominada Bacia Sedimentar de Santiago do Cacém. Nesta bacia, a sucessão inicia-se com os Arenitos de Silves (Triássico), que assentam em discordância sobre as formações Paleozóicas, sucedendo-lhe o Complexo margo-carbonatado de Silves (Figura 3-5 e 3-6), de idade que pode ir do Triássico ao Jurássico inferior - Hetangiano (juntos constituem o denominado Grés de Silves, descrito por Palain, 1976 e o actual grupo do “Grés de Silves” de Rocha, 1996). Sobre o complexo anteriormente referido sobrepõe-se uma série vulcano-sedimentar de natureza básica (Figura 3-5 e 3-6). Seguem-se formações do Jurássico inferior a superior, constituídas essencialmente por material carbonatado, margas, argilas e conglomerados, com raras rochas vulcânicas, algumas das quais associadas, muito possivelmente, ao Maciço Ígneo de Sines (Oliveira, 1984).

No que se refere aos terrenos de idade cenozóica, surgem apenas formações do Pliocénico à actualidade, não aflorando na área da bacia hidrográfica grande parte do Terciário (Figura 3-5). O Plio-Plistocénico é caracterizado essencialmente pela presença de material detrítico de origem fluvial e fluvio-marinha (Silva e Fraga, 1980-81). Estes depósitos assentam em discontinuidade sobre as formações carbonatadas jurássicas, sendo constituídas, em regra, por areias alaranjadas e avermelhadas e grandes calhaus rolados, de origem diversa (e.g. seixos de quartzo, xisto, arenitos vermelhos do Triássico), bem como argilas e concreções carbonatadas (Oliveira, 1984; Inverno *et al.*, 1993).

Por último, os depósitos quaternários encontram-se representados na área de estudo por antigas praias, terraços fluviais, dunas consolidadas e tufos calcários (Oliveira, 1984) (Figura 3-5 e 3-6). Observam-se, igualmente, dunas de areias médias a finas, atribuídas ao Holocénico, depósitos de areia de praia constituídas por areias finas a muito grosseiras com fragmentos de conchas e aluviões modernos (Oliveira, 1984).

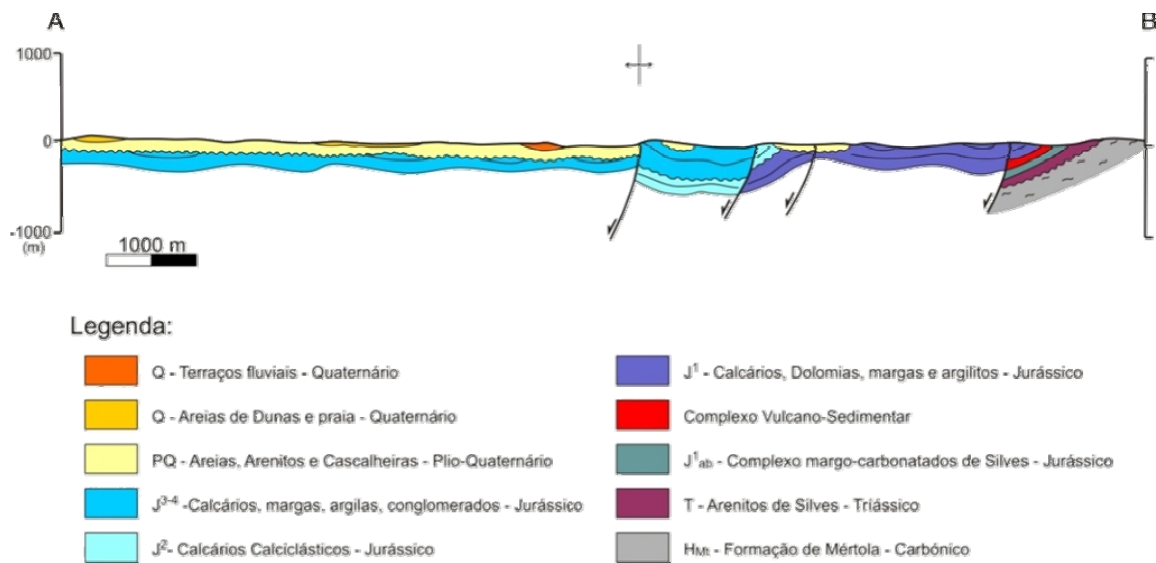


Figura 3-6: Corte geológico esquemático (A-B), adaptado da folha 7 da Carta Geológica de Portugal à escala 1/200 000, S.G.P.

3.3. Plataforma continental

A plataforma continental é denominada por Plataforma Continental do Norte Alentejano (Vanney & Mougout, 1981 e Quevauviller & Moita, 1986) e é enquadrada a N pela Serra da Arrábida, a NE pela restinga de Tróia, a E pela costa da Galé e a SE pelo maciço subvulcânico de Sines (Cruces, 2001). As suas grandes unidades morfológicas (Figura 3-7) descritas por Quevauviller & Moita (1986) são:

- o delta submarino do estuário do Sado, posicionado na sua embocadura;
- o canhão submarino de Setúbal (acidente morfológico mais importante desta plataforma), cuja cabeceira se situa a cerca de 70 m de profundidade e a cerca de 6 km do litoral na direcção da antiga embocadura da ribeira da Comporta (Moreira, 1985), dividindo a plataforma continental em dois sectores (sector sul e sector norte);
 - o canhão submarino de Sesimbra de orientação geral NE-SW que, juntamente com o canhão de Lisboa, constitui um dos tributários da margem direita do canhão de Setúbal;
 - outros três sectores resultantes da segmentação da plataforma pelos vales submarinos: uma margem estreita adjacente ao bordo sul da Serra da Arrábida com declives fortes (A); a plataforma ligeiramente inclinada entre o delta submarino do estuário do Sado e o

canhão de Setúbal (B); e a plataforma a sul do canhão de Setúbal com largura entre os 15 e 20 km (C), limitada a oeste pela ruptura de declive da isóbata dos 200 m (Cruces, 2001 e Gama, 1996, 2004).

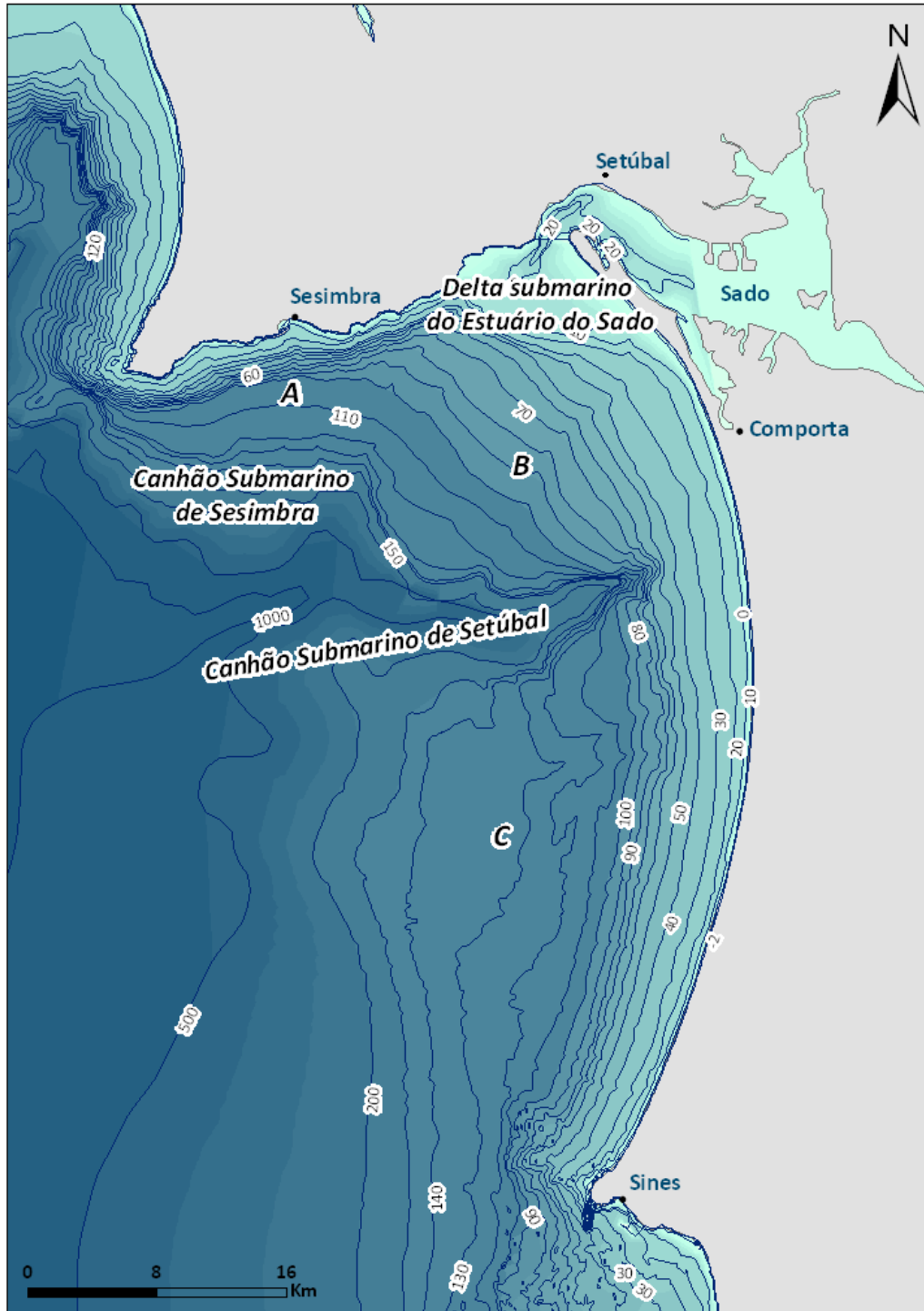


Figura 3-7: Mapa batimétrico da plataforma continental com a identificação das principais unidades geomorfológicas (adaptado de Vanney & Mougénout, 1981).

3.4. Enquadramento Climático

Os agentes climáticos, como a temperatura, precipitação, evaporação, vento e agitação marítima condicionam fortemente os ambientes lagunares costeiros, induzindo modificações periódicas nomeadamente nos parâmetros físico-químicos do corpo aquoso, no volume das contribuições externas de materiais das bacias hidrográficas e nas características do clima de agitação (Freitas, 1995; Cruces, 2001).

O clima da Reserva, onde se enquadra a Lagoa de Santo André, é influenciado pelo regime de circulação atmosférica que afecta a globalidade da faixa costeira do sul de Portugal continental, ao qual se associam factores regionais como a proximidade ao Atlântico, assim como factores topográficos de índole local (Beja, 2005). A faixa litoral alentejana onde se situa a Lagoa de Santo André possui um clima mediterrânico com forte influência marinha moderadora (Bernardo, 1990).

O clima de uma dada região deve ser caracterizado por intermédio da sua *normal climática* que consiste em valores médios mensais de diversas estações meteorológicas calculados para períodos de 30 anos de observações (Miranda, 2001). Contudo, a análise aqui apresentada corresponde exclusivamente ao período em estudo (Janeiro de 2009 a Março de 2010), mais propriamente o ano de 2009, sendo posteriormente comparado com descrições efectuadas por outros autores com séries de dados contínuas durante diversos anos.

3.4.1. Agentes climáticos

Para a caracterização climática da área em estudo e no período correspondente a Janeiro de 2009 – Março de 2010 analisaram-se dados fornecidos pela Administração do Porto de Sines (APS) e pela CCDR Alentejo, referentes à estação meteorológica de Sines (temperatura e vento) e ao posto udométrico de Monte Velho (precipitação), respectivamente. O posto udométrico de Monte Velho situa-se dentro da bacia hidrográfica da Lagoa de Santo André e juntamente com a estação de Sines traduzem o quadro climático da faixa mais junto ao mar e de menor altitude, apesar desta última se encontrar mais afastada, podendo apresentar ligeiras diferenças do clima registado na laguna.

3.4.1.1. Temperatura

A Figura 3-8 representa a variação dos valores diários máximos e mínimos da temperatura do ar, bem como o valor da temperatura medido ao meio-dia. Estes registos revelam que as temperaturas oscilam com regularidade durante todo o período de análise, observando-se temperaturas máximas absolutas superiores a 30 °C durante o Verão de 2009, não se verificando temperaturas inferiores a 15 °C, as mínimas absolutas, de 1 °C, ocorreram durante o Inverno de 2009, rondando os 15 °C de máxima (Figura 3-8). Na Primavera de 2009 registaram-se maiores amplitudes térmicas (aproximadamente entre os 13 e os 25 °C, medidas ao meio-dia), comparativamente às registadas durante o Outono, onde as temperaturas medidas ao meio-dia oscilavam aproximadamente entre os 15 e os 21 °C (Figura 3-8).

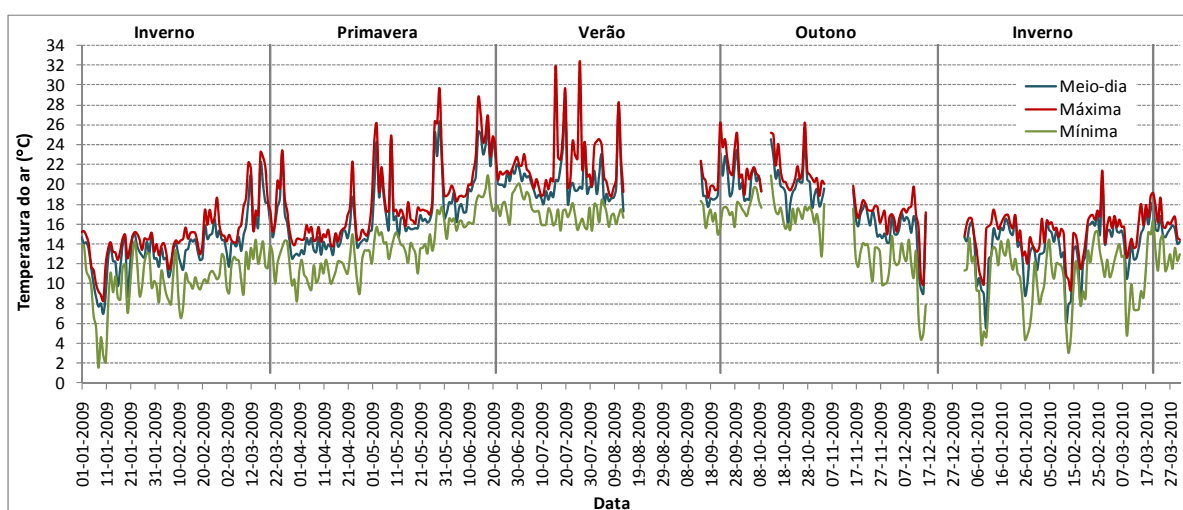


Figura 3-8: Variação diária da temperatura máxima e mínima do ar, bem como o registo da temperatura do ar às 12h de cada dia, registada pela estação meteorológica de Sines, desde Janeiro de 2009 a Março de 2010.

A temperatura média anual do ar registada na estação de Sines no ano de 2009 foi de 16,2 °C, verificando-se os valores mais baixos nos meses de Janeiro e Fevereiro e os valores mais altos nos meses entre Junho e Outubro (Tabela 3-1 e Figura 3-10). A amplitude máxima de variação anual (ano de 2009), ou seja, a diferença entre a máxima do mês mais quente (23,6 °C em Junho) e a mínima do mês mais frio (5,9 °C em Janeiro) foi de 17,7 °C e a amplitude média da variação anual, isto é, a diferença entre a média do mês mais quente (19,3 °C em Junho) e do mês mais frio (11,6 °C em Janeiro) foi de 7,7 °C (Tabela 3-1).

Comparativamente ao estudo efectuado por Cancela da Fonseca (1989), Bernardo (1990), Matos (1991) e Cruces (2001) com séries de registos das estações meteorológicas de Monte Velho, Santiago do Cacém e Sines, o ano de 2009 foi um ano típico relativamente à temperatura do ar. Contudo, a amplitude média anual foi ligeiramente inferior comparativamente aos valores encontrados por Cruces (2001), entre 9,1 e 10 °C e à descrita por Bernardo (1990), cerca de 8,5 °C.

Tabela 3-1: Temperaturas mínimas, máximas e médias mensais registadas pela estação meteorológica de Sines no período de Janeiro de 2009 a Março de 2010.

Mês	Mínima	Máxima	Média
Janeiro 2009	5.9	14.7	11.6
Fevereiro 2009	10.1	14.5	12.6
Março 2009	11.4	18.0	14.6
Abril 2009	12.2	17.9	13.7
Mai 2009	14.3	21.2	16.4
Junho 2009	16.6	23.6	19.3
Julho 2009	17.6	21.3	19.1
Agosto 2009	17.6	21.1	19.0
Setembro 2009	17.4	21.4	19.1
Outubro 2009	17.8	22.8	19.2
Novembro 2009	13.4	19.0	15.9
Dezembro 2009	7.5	16.5	13.8
Janeiro 2010	7.7	15.7	12.8
Fevereiro 2010	7.1	16.2	13.0
Março 2010	9.6	17.5	14.0
Média ano 2009	13.5	19.3	16.2

3.4.1.2. Vento

Os rumos médios dos ventos, respeitantes ao ano de 2009, indicam uma clara predominância dos ventos de N e NW, apresentando uma frequência relativa de quase 60 % (Figura 3-9); todos os outros rumos apresentaram frequências inferiores a 10 % (Figura 3-9). Os ventos do quadrante SW apenas intervêm no período de Inverno. As velocidades médias foram superiores a 20 km/h nos rumos de N, NW, S e SW (Tabela 3-2). A frequência das calmarias (velocidades inferiores a 1 km/h) não ultrapassou 1 %.

Entre Fevereiro e Setembro de 2009, os ventos de N e NW adquiriram crucial importância, com frequências a atingirem os 55,9 % em Julho, enquanto nos meses de Dezembro de 2009 e Fevereiro de 2010, predominam os rumos de SE e SW, respectivamente. Os rumos de S e SW atingem a sua velocidade média máxima nos meses de Outono e Inverno, variando entre os 16,8 e 31,8 km/h, à excepção do mês de Novembro, onde os ventos com rumos de N atingem velocidades médias máximas de 44 km/h (Tabela 3-2). A velocidade média anual dos ventos no ano de 2009 foi de 15,4 km/h.

Segundo Gomes (1992) no arco litoral Tróia-Sines predominam os ventos do quadrante Norte (N e NW), como é típico da faixa costeira ocidental e como foi possível verificar durante o ano de 2009. O mesmo autor descreve que os ventos de W, SW e S são os que se seguem em termos de dominância; contudo, a estação meteorológica de Sines registou, durante o ano de 2009, uma maior ocorrência dos ventos de SW, S e SE. O rumo e a velocidade do vento variam ao longo do ano, verificando-se, no período entre Abril e Setembro, um acentuar dos ventos do quadrante N e nos meses de Junho, Julho e Agosto os ventos do sector oriental quase não se fazem sentir (Gama, 2004).

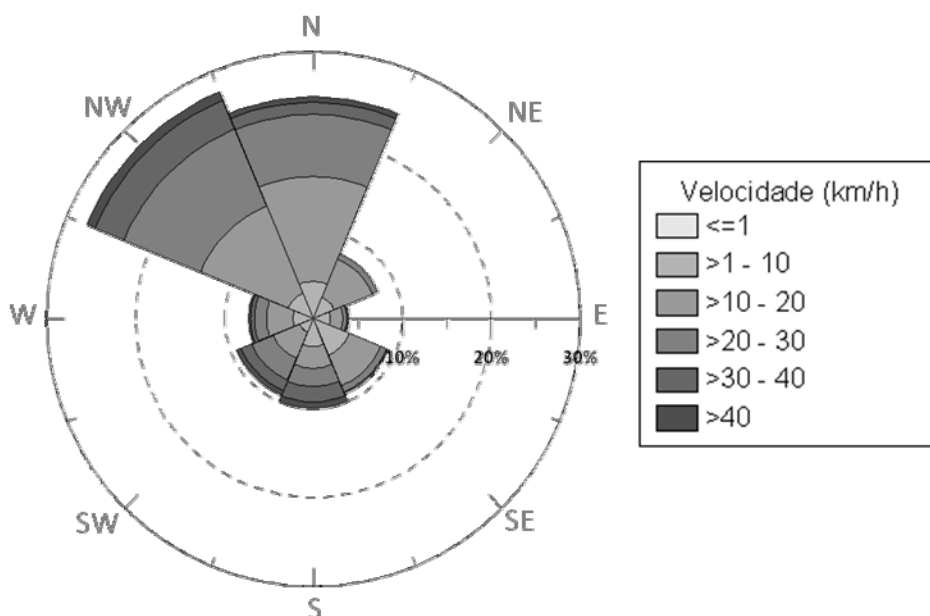


Figura 3-9: Regime de ventos registado pela estação meteorológica de Sines, durante o ano de 2009.

Tabela 3-2: Frequência F (%) e velocidade média Vm (km/h) de ocorrência do vento para cada um dos rumos principais e de calmas (C) durante o período de Janeiro 2009 a Março de 2010, registados na estação meteorológica de Sines.

Mês	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		C
	Vm	F	Vm	F	Vm	F	Vm	F	Vm	F	Vm	F	Vm	F	Vm	F	F
Janeiro 2009	19.3	17.9	13.3	13.6	10.1	4.5	9.5	5.0	26.6	11.9	22.2	18.7	20.0	9.0	27.0	19.3	0.1
Fevereiro 2009	14.7	28.3	12.7	12.3	10.2	7.5	8.5	9.6	17.7	4.7	23.4	12.5	19.9	6.9	17.4	17.6	0.6
Março 2009	20.9	31.1	12.3	8.7	17.8	9.5	13.2	13.3	10.1	4.5	13.6	4.1	11.6	6.0	25.8	22.8	0.2
Abril 2009	18.5	25.4	10.7	6.2	5.4	1.0	6.9	1.1	13.3	1.4	17.8	6.5	17.3	12.1	22.5	46.1	0.1
Maio 2009	20.0	25.8	14.4	4.2	15.9	3.7	13.2	9.3	17.5	12.3	15.5	9.3	10.0	4.4	20.7	30.8	0.2
Junho 2009	16.9	20.2	11.3	3.4	7.7	1.7	8.3	5.9	16.9	13.7	14.7	9.4	13.1	15.1	15.6	30.5	0.2
Julho 2009	17.9	31.7	9.8	2.1	3.7	0.3	7.7	1.7	15.0	4.8	13.3	2.3	9.1	1.2	22.4	55.9	0.0
Agosto 2009	15.1	29.3	4.2	1.6	6.3	0.3	9.0	6.1	9.1	7.5	6.4	1.9	7.5	4.0	20.8	49.0	0.4
Setembro 2009	65.6	30.5	11.9	4.9	8.6	3.4	8.0	11.1	7.2	10.6	7.3	4.4	8.6	4.3	17.7	30.2	0.7
Outubro 2009	11.0	21.6	10.2	6.7	5.7	2.7	9.1	17.8	16.8	18.7	19.1	11.2	11.4	6.4	14.2	14.3	0.7
Novembro 2009	44.0	34.4	12.3	16.2	7.7	1.9	11.9	11.7	25.2	15.0	18.9	6.7	18.9	4.7	21.7	9.3	0.0
Dezembro 2009	16.1	18.7	13.7	15.5	12.0	8.9	15.4	24.6	25.6	13.9	22.7	5.1	16.7	5.1	21.3	8.1	0.1
Janeiro 2010	22.8	21.2	17.3	15.5	17.8	4.1	15.4	12.1	24.3	16.6	26.7	11.0	25.0	8.9	23.4	10.6	0.0
Fevereiro 2010	20.8	6.4	15.6	8.1	18.7	13.9	18.4	13.5	31.8	11.2	30.7	21.3	23.2	12.9	25.3	12.6	0.1
Março 2010	16.8	22.0	14.0	13.7	14.8	9.1	17.5	13.7	25.2	14.5	19.5	8.6	18.7	8.6	19.8	9.4	0.5
Total 2009	22.7	24.9	12.5	7.9	12.7	4.0	11.6	9.1	20.3	10.0	21.0	9.3	16.1	7.2	21.1	27.5	0.3

3.4.1.3. Precipitação

Durante o período de análise é possível observar que as maiores concentrações de precipitação ocorrem nos meses de Dezembro de 2009, Janeiro, Fevereiro e Março de 2010, com precipitações que variam entre 110,7 e 210,2 mm (Tabela 3-3). Os meses com valores mínimos de precipitação são Julho, Agosto e Setembro de 2009, associados a temperaturas médias mensais mais elevadas, com cerca de 19 °C (Figura 3-10).

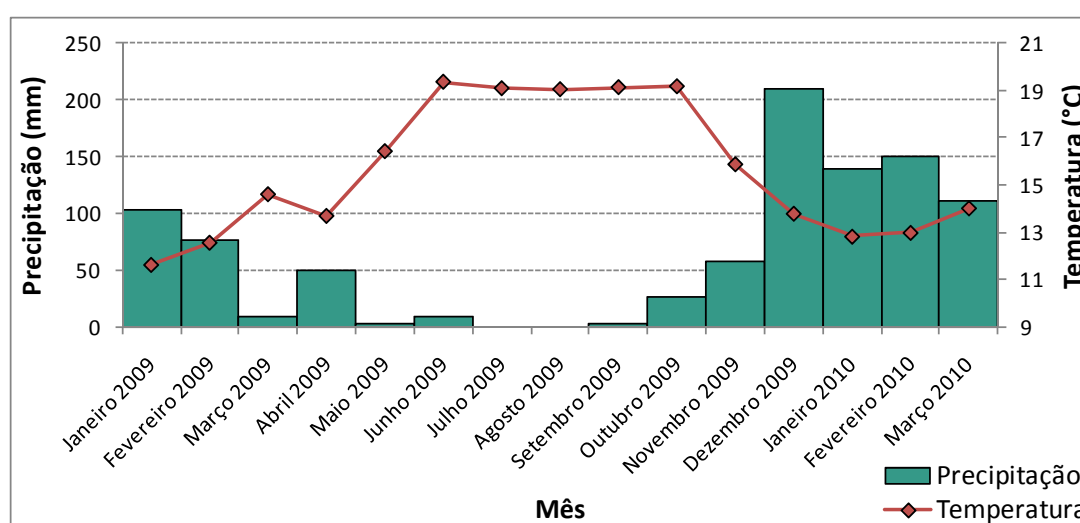


Figura 3-10: Variação da precipitação e temperaturas médias mensais durante o período de Janeiro de 2009 e Março de 2010, referentes ao posto udométrico de Monte Velho e à estação meteorológica de Sines, respectivamente.

O somatório da precipitação no ano de 2009 foi de 546,1 mm, valor da mesma ordem de grandeza dos apresentados por Bernardo (1990) para a série de dados entre 1973 e 1978 e Cruces (2001) para a série de dados de 1990 a 2001 para a estação de Monte Velho (precipitação média anual de 514,1 mm e 523 mm, respectivamente).

Tabela 3-3: Variação da precipitação (mm) do posto udométrico de Monte Velho durante o ano de 2009 e os três primeiros meses de 2010.

Mês	Precipitação (mm)	
Janeiro 2009	102.8	
Fevereiro 2009	76.6	
Março 2009	9.2	
Abril 2009	50.1	
Mai 2009	2.8	
Junho 2009	8.3	
Julho 2009	0.0	
Agosto 2009	0.0	
Setembro 2009	2.2	
Outubro 2009	26.5	
Novembro 2009	57.4	
Dezembro 2009	210.2	546.1
Janeiro 2010	138.6	
Fevereiro 2010	150.1	
Março 2010	110.7	

3.4.1.4. Classificação climática

O clima de determinada região pode ser classificado com base em diversos critérios, podendo utilizar-se a temperatura média anual do ar, a amplitude média da variação anual da temperatura do ar e a precipitação anual (S.M.N., 1950). Face aos valores apresentados (ano de 2009), o clima da região estudada pode ser definido como *temperado oceânico e moderadamente chuvoso* (Tabela 3-4). Esta classificação foi igualmente obtida por Cancela da Fonseca (1989), Bernardo (1990) e Cruces (2001) em estudos anteriores para o mesmo sistema costeiro.

Tabela 3-4: Critérios para a classificação do clima (SMN, 1950).

Temperatura média anual	Classificação	Amplitude média da variação anual da temperatura	Classificação	Precipitação anual	Classificação
> 20 °C	quente	> 20 °C	continental	< 125 mm	desértico
10 - 20 °C	temperado	10 - 20 °C	moderado	125 - 250 mm	árido
0 - 10 °C	frio	< 10 °C	oceânico	250 - 500 mm	semi-árido
< 0 °C	glacial			500 - 1000 mm	moderadamente chuvoso
				1000 - 2000 mm	chuvoso
				> 2000 mm	excessivamente chuvoso

Existem diversos sistemas de classificação climática, sendo a mais conhecida a classificação proposta por Köppen, que define 5 regiões climáticas principais (designadas pelas letras de A a E) e diversas sub-regiões (Miranda, 2001). Segundo esta classificação, o clima da região Estremadura-Ribatejo-Alto Alentejo, onde se insere a Lagoa de Santo André, é temperado, sem quedas regulares de neve, com Verão seco e chuva abundante no Inverno, correspondendo à forma climática **Csb**. **C** corresponde ao *clima mesotérmico* (ou temperado) *húmido* - a temperatura média do ar no mês mais frio do ano está compreendida entre 0 e 18 °C; **s** corresponde à *estação seca no verão* – a quantidade de precipitação no mês mais seco do semestre quente é inferior a 1/3 da do mês mais chuvoso do semestre frio, e inferior a 40 mm; **b** corresponde ao *verão pouco quente mas extenso* – a temperatura média do ar no mês mais quente do ano é inferior a 22 °C, e há mais de quatro meses em que a temperatura média do ar é superior a 10 °C, donde resulta que a semi-soma das temperaturas médias do ar em Maio e Setembro é superior a 10 °C (S.M.N., 1950).

3.4.2. Agentes oceânicos

Os agentes oceânicos têm uma importância fundamental na modelação do litoral, principalmente no que diz respeito às transferências sedimentares (transversais e longilitorais), complementadas pela intermitência das marés.

Na maior parte do ano, período em que a barra de maré da Lagoa de Santo André se encontra encerrada, o efeito da maré não se faz sentir no interior do sistema lagunar, à excepção dos eventos tempestivos, quando ocorre galgamento da barreira arenosa por ondas

de maior altura, induzindo entrada de água salina no espaço lagunar e acréscimo, em termos altimétricos do cordão arenoso. Por outro lado, em períodos em que a barra de maré se encontra activa, as correntes de maré são responsáveis por importantes trocas entre a laguna e o oceano, promovendo remobilização de quantidade apreciável de sedimentos na região vestibular das lagunas e modificação das características físico-químicas do corpo de água lagunar (Cruces, 2001).

O conhecimento do clima de agitação marítima que caracteriza a região estudada tem crucial importância na compreensão dos processos morfológicos e sedimentares que ali operam. Segundo Andrade (1990), as ondas são o principal meio de transferência de energia para o litoral e dessa transferência resulta também o transporte de volumes apreciáveis de areia. Segundo o mesmo autor, a agitação marítima junto à costa depende do estado do mar ao largo que, por sua vez, é determinado pela distribuição, persistência, dimensões e localização das áreas de geração dos temporais, da batimetria junto ao litoral e da configuração da linha de costa, que é capaz de filtrar e difractar selectivamente alguns componentes de espectro direccional incidente.

3.4.2.1. Marés

Ao longo da costa oeste de Portugal continental, as marés são marcadamente do tipo semi-diurno regular (Instituto Hidrográfico, 2006), isto é, com dois preia-mares e dois baixamares diários, com período de 12 horas e 25 minutos. Segundo a Carta Hidrográfica da Lagoa de Santo André ao Cabo Sardão, à escala 1 / 75 000 (1995), o máximo preia-mar (PM) registado pela bóia de Sines é de 3,8 m (ZH), com PM de águas vivas a rondar os 3,3 m (ZH) e em águas mortas os 2,6 m (ZH) e o mínimo baixa-mar (BM) atinge os 0,1m (ZH), com BM em águas vivas de 1,3 m (ZH) e em águas mortas de 0,6 m (ZH).

Durante o período em estudo, o marégrafo de Sines registou amplitudes de maré máximas de 3,68 m e mínimas de 0,64 m, com cota máxima de 4,29 m - ZH (PM), e mínima de 0,16 m - ZH (BM) (Figura 3-11). Esta zona, à semelhança da restante faixa costeira portuguesa, é do tipo mesotidal (amplitudes de maré de 2 a 4 m) segundo a classificação de Davies (1964) e mesotidal elevado (amplitudes de maré de 2 a 3,5 m) segundo a classificação modificada de Davies, proposta por Hayes (1979).

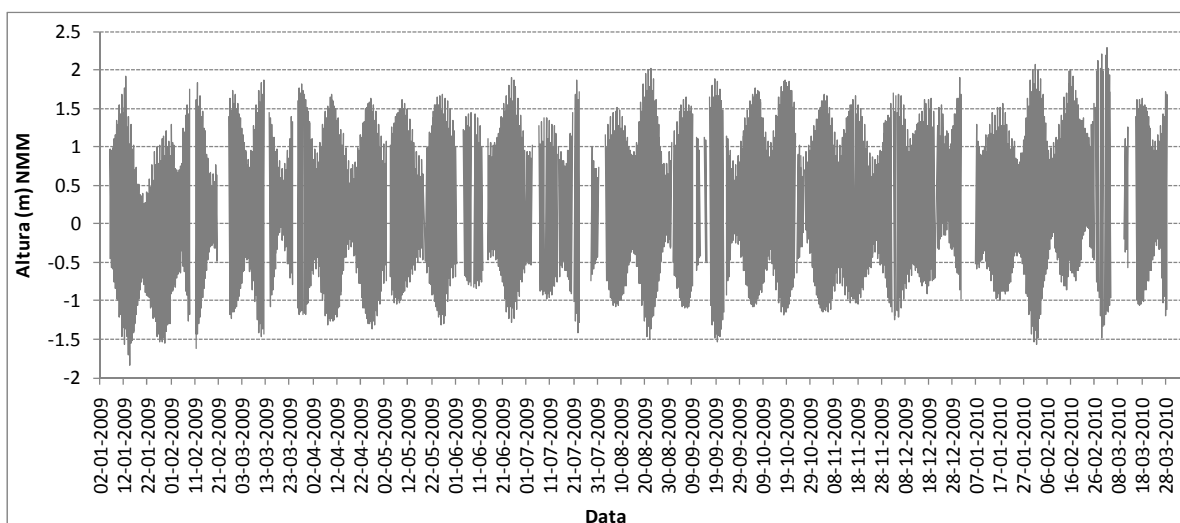


Figura 3-11: Variação da maré registada pelo marégrafo de Sines, entre o período de Janeiro de 2009 e Março de 2010.

3.4.2.2. Agitação marítima

A costa ocidental portuguesa está exposta à ondulação gerada no Atlântico Norte e, consequentemente, é caracterizada por componentes de geração distantes com alturas e períodos, em geral, superiores aos que ocorreriam por simples acção do vento local. A altura das ondas é superior a 1 m, durante cerca de 95 % do ano e superior a 4 m, durante 5 % do ano (IH, 2006). Segundo Pires (1985) e IH (2006), as condições de agitação marítima características da costa Ocidental são:

- *Mar de noroeste*, associado a ventos dominantes de N e NW, que ocorre em cerca de 80 % do ano, correspondendo às condições de agitação mais frequentes. No Inverno, são típicos estados do mar com cerca de 2,5 m de altura e 9 s de período, a N do Cabo Raso, diminuindo ambos os parâmetros para S do Cabo Espichel (2 m, 8 s). No Verão, são característicos os estados de mar com 1 a 1,5 m de altura e 7 a 8 s de período.

- *Mar de sudoeste*, encontra-se associado a depressões frontais junto à costa, ocorrendo principalmente no Inverno, com altura de ondas de 3 a 4 m e períodos de 9 a 10 s, mas não é raro atingirem os 7 m. No Verão, o mar de SW é pouco frequente, não excedendo os 3 m de altura.

- *Temporal de oeste* ocorre quando a frente polar desce até às latitudes de Portugal, formando no Atlântico Norte áreas de geração com ventos de SW. É característico do período

de Inverno, ocorrendo cerca de uma vez por ano, num período que pode durar 8 dias ou mais. Este tipo de condições gera uma agitação marítima que normalmente atinge os 7 e 8 m de altura com períodos da ordem dos 16 s.

- *Mar de fora*, que ocorre em situações de vento fraco ou dos quadrantes de terra, promove ondulação proveniente de áreas de geração distante com diferentes direcções, sendo as mais frequentes de NW e W. A agitação marítima nestas condições tem caracteristicamente 1,5 a 2 m de altura e cerca de 14 s de período.

- *Mar banzeiro*, que se encontra associado a ventos fracos ou do quadrante de terra. A agitação é geralmente de NW ou WNW com cerca de 0,5 m de altura, ocorrendo em 4 % do ano na parte N e 10 % do ano na parte S da costa ocidental.

O arco litoral Tróia-Sines apresenta características geomorfológicas e fisiográficas bastante peculiares, promovendo a refração da ondulação actuante ao largo, podendo esta atingir o litoral com direcções completamente distintas das iniciais (Cruces, 2001).

Abecassis (1987 e 1994) defende para o arco litoral Tróia-Sines um modelo de circulação sedimentar aberto, com transferências sedimentares longilitorais de reduzida magnitude, sendo as trocas transversais entre a praia emersa e os fundos adjacentes as principais responsáveis pelo transporte sedimentar. O mesmo autor refere que as ondas atingem as praias com direcções praticamente perpendiculares à linha de costa, resultando um transporte longilitoral praticamente nulo. A presença do Cabo Espichel e a configuração dos fundos promovem uma rotação do rumo da ondulação incidente ao largo, de forma que os rumos incidentes no sector norte do arco atingem a costa com direcções entre sul e oeste (Silveira, 2006). Este regime provoca no troço superior transporte sedimentar de sul para norte, que se vai atenuando à medida que se caminha para sul até atingir um certo ponto, cuja localização pode oscilar no tempo (Gomes, 1992), onde o transporte é praticamente nulo, predominando os transportes transversais (Cruces, 2001). A sul deste ponto, os rumos de largo atingem a costa praticamente inalterados. Assim, o efeito de abrigo induzido pela presença do Cabo Espichel juntamente com a batimetria, provocam uma incidência quase perpendicular da agitação na região central do arco, onde o transporte sólido longilitoral será praticamente inexistente, no sector norte ocorre essencialmente transporte para norte e no troço sul do arco ocorre transporte direccionado para sul. Segundo Silveira (2006), o transporte de sedimentos para norte está patente na acumulação verificada na ponta de Tróia e no banco do

Cambalhão, contudo, o transporte sedimentar para sul, não tem expressão no padrão evolutivo do troço sul do arco, não havendo evidências de acumulação. Em suma, independentemente do rumo de agitação ao largo, a zona terminal da restinga de Tróia apresenta transporte sedimentar para norte e no restante troço do arco, com a ondulação dominante de N durante a maior parte ano, o transporte longitudinal é praticamente nulo, dominando as trocas transversais (Abecassis, 1987).

Um estudo recente efectuado para o arco litoral Tróia-Sines (Jacob *et al.*, 2009) confirma a importância que o efeito de abrigo do Cabo Espichel, bem como a influência do canhão submarino de Setúbal induzem sobre a ondulação dominante de NW-WNW. Aqueles autores referem, ainda, que quando ocorrem ondas com direcções de SW, estes efeitos deixam de existir e o todo o arco fica directamente expostos às ondas incidentes.

Analisando os dados de agitação marítima registados pela bóia ondógrafo de Sines a cada 10 minutos (dados ao largo), verificou-se que, durante o ano de 2009, 53 % da ondulação ocorreu com alturas entre 1 e 2 m e 45 % com período entre 5 e 7 segundos e 31 % entre 7 e 9 segundos (Tabela 3-5). A gama de direcções mais frequentes da agitação marítima ao largo foi de NW e W, sendo praticamente nulas as ocorrências de ondas ao largo com direcções entre W e S (Tabela 3-5).

Tabela 3-5: Dados de ondulação (altura, período e direcção) registados pela bóia ondógrafo de Sines, durante o ano de 2009.

Altura (m)	< 1 m	1-2 m	2-3 m	3-4 m	> 4 m	Média (m)			
Frequência (%) ano 2009	20.2	53.0	16.6	6.0	4.3	1.73			
Período (s)	< 5 s	5-7 s	7-9 s	> 9 s	Média (s)				
Frequência (%) ano 2009	11.7	45.2	30.7	12.5	6.90				
Direcção	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Média
Frequência (%) ano 2009	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	19.57	79.96	NW

Constatou-se que os valores máximos da altura média diária das ondas foram atingidos nos meses de Inverno (Janeiro e Novembro de 2009 e Janeiro e Fevereiro de 2010), atingindo 5,20 m e 12 s de período médio diário, com rumos médios diários de noroeste e oeste, no mês de Janeiro de 2009 (Figura 3-12 e 3-13). A altura da onda máxima observada, de 7,87 m, ocorreu no dia 25 de Janeiro de 2009, por volta das 22h30, com um período de 11,7 s. A média da altura e o período das ondas obtida durante o ano de 2009 foi de 1,73 m e 6,9 s, respectivamente (Tabela 3-5). A direcção média das ondas ao largo foi de NW (Figura 3-14).

Tal como verificado durante o ano de 2009 e de acordo com Costa *et al.* (2001, *in* Gama, 2004), o clima de agitação marítima de Sines caracteriza-se por 50 % das observações corresponderem a alturas de onda entre 1 e 2 m, perfazendo cerca de 72 % juntamente com as ondas com alturas inferiores a 1 m. Os períodos médios apontam para uma predominância da classe dos 5 aos 9 s (68 %) e a direcção média da agitação é claramente do octante NW ao longo do ano, havendo um aumento da importância dos octantes de W e SW essencialmente no período de “Inverno marítimo” (período compreendido entre Outubro e Março).

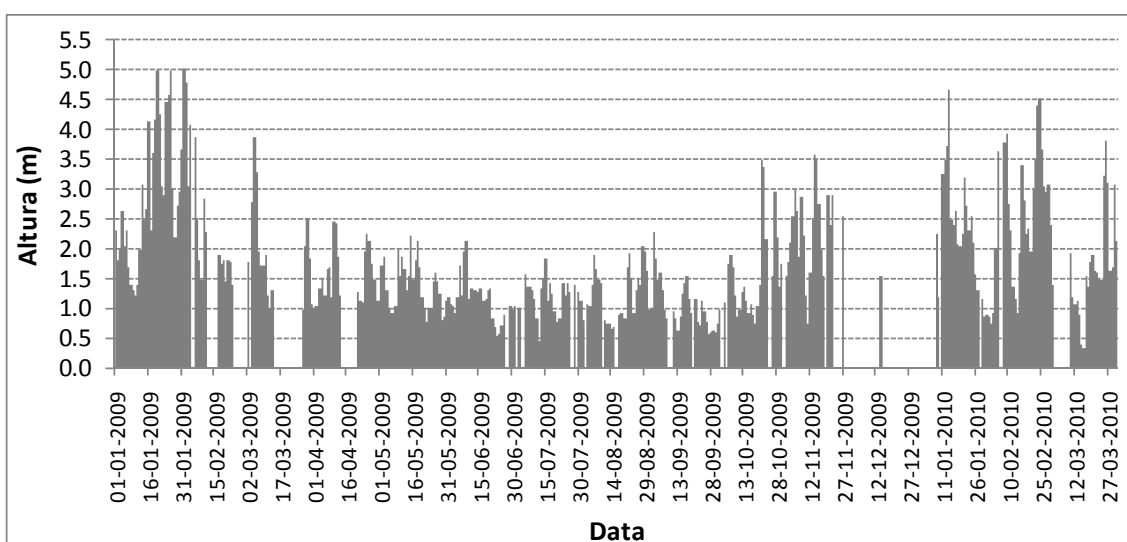


Figura 3-12: Dados de ondulação ao largo referentes às alturas médias diárias das ondas registados pela bóia ondógrafo de Sines, durante o período de Janeiro de 2009 a Março de 2010.

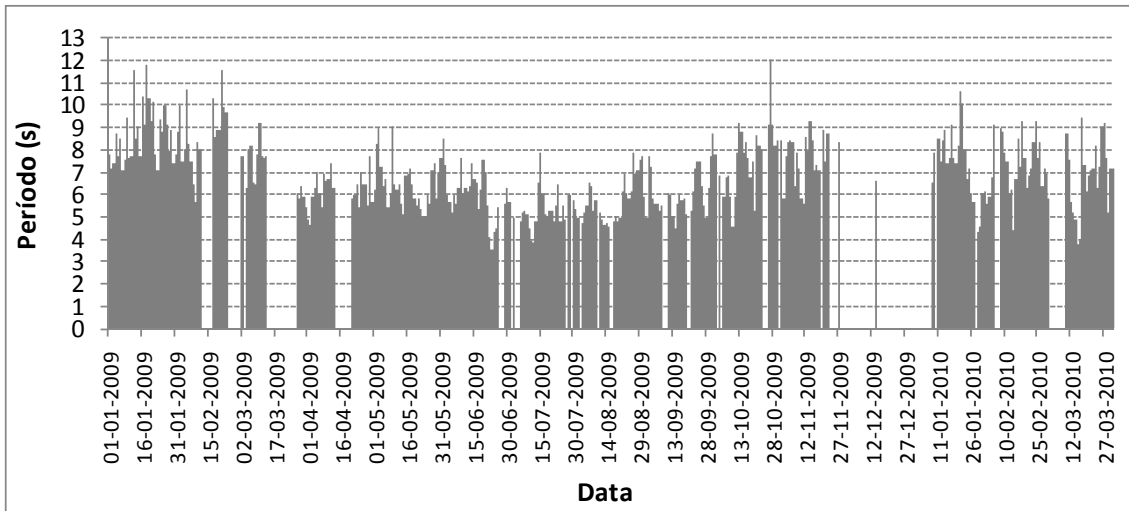


Figura 3-13: Dados de ondulação ao largo referentes aos períodos médios diários das ondas registados pela bóia ondógrafo de Sines, durante o período de Janeiro de 2009 a Março de 2010.

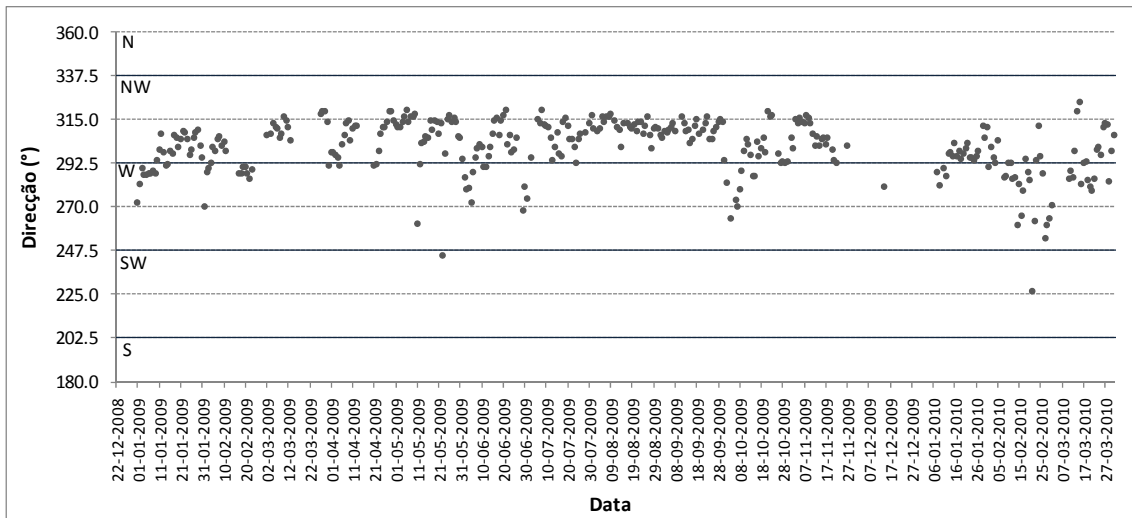


Figura 3-14: Dados de ondulação ao largo referentes à direcção média diária das ondas registadas pela bóia ondógrafo de Sines, durante o período de Janeiro de 2009 a Março de 2010.

4. Metodologia

Para a concretização do objectivo anteriormente exposto efectuou-se a monitorização deste sistema costeiro através da realização de um conjunto de 18 campanhas de campo desde 25 de Fevereiro de 2009 a 23 de Março de 2010. Os trabalhos de campo efectuados compreenderam a realização da análise da qualidade da água lagunar através do registo de parâmetros físico-químicos feito em estações previamente estabelecidas; levantamentos batimétricos no interior da laguna e na zona litoral adjacente; levantamentos topohidrográficos nas margens da laguna, na barreira arenosa e na barra de maré; medição da velocidade de correntes no canal da barra; controlo da erosão das margens do canal da barra de maré pelo forte fluxo de descarga inicial após a abertura da barra; monitorização dos parâmetros físico-químicos da água da barra de maré e do mar durante as primeiras 24 horas após a abertura da mesma; e controlo da cota do espelho de água lagunar quer em período de barra aberta, quer em período de barra fechada. Para a realização dos levantamentos topobatimétricos foi indispensável cotar, previamente no terreno, pontos de referência (Tabela 4-1), cuja localização se encontra representada na Figura 1 do Anexo V. Para uma melhor visualização das tarefas realizadas em cada campanha de campo, a Tabela 4-2 contém a síntese dos trabalhos efectuados.

Tabela 4-1: Pontos de referência na Lagoa de Santo André.

Referência	Nacional		UTM		Z (NNM)	ZH
	X datum 73	Y datum 73	X ED50	Y ED50		
DETI1	-58247.629	-172453.193	517894.611	4218577.016	5.81	7.81
DETI2	-58244.309	-172455.316	517897.948	4218574.921	5.58	7.58
DETI3	-58267.080	-172363.150	517874.327	4218666.836	8.99	10.99

Tabela 4-2: Campanhas de monitorização na Lagoa de Santo André e respectivas tarefas realizadas.

Dia	LAGUNA				BARREIRA	BARRA				MAR		
	QUALIDADE DA ÁGUA	BATIMETRIA	TRANSDUTOR		TOPOGRAFIA MARGENS	TOPOGRAFIA	QUALIDADE DA ÁGUA	TOPOGRAFIA	VELOCIDADE CORRENTE		BATIMETRIA	QUALIDADE DA ÁGUA
			1	2					Correntómetro (ADCP)	Flutuadores		
Campanha 1	25-02-2009				x	x						
	26-02-2009	SA1	x		x	x			x			
	27-02-2009										x	
Abertura artificial da barra de maré (9 de Março de 2009 às 16h20m)												
Campanha 2	09-03-2009	SA2		x			x	x	x		x	x
	10-03-2009	SA3		x			x	x	x		x	x
	11-03-2009	SA4	x	x			x		x	x		
Campanha 3	20-03-2009	SA5	x	x	x		x		x			
Campanha 4	27-03-2009			x	x		x		x			
Campanha 5	03-04-2009			x	x		x		x			
Encerramento natural da barra de maré (6 de Abril de 2009)												
Campanha 6	09-04-2009	SA6		x	x		x					
Campanha 7	08-05-2009						x					
Campanha 8	05-06-2009						x					
Campanha 9	10-07-2009	SA7					x					
Campanha 10	14-08-2009						x					
Campanha 11	09-09-2009						x					
Campanha 12	14-10-2009						x					
Campanha 13	09-11-2009	SA8					x					
Campanha 14	14-12-2009						x					
Campanha 15	19-01-2010						x					
Campanha 16	18-02-2010						x					
Campanha 17	17-03-2010						x					
Campanha 18	23-03-2010	SA9										

4.1. Qualidade da água

A qualidade da água foi avaliada através do registo de diversos parâmetros físico-químicos: temperatura (°C), salinidade (‰), condutividade (mS/cm), saturação em oxigénio dissolvido (%), oxigénio dissolvido (mg/L), pH, Eh (mV), penetração da luz (Disco de Secchi) e turbidez (NTU). Os parâmetros físico-químicos da água foram medidos no corpo lagunar, na barra de maré e no mar, com o intuito de avaliar a interação entre o sistema lagunar e o mar e a capacidade de renovação do corpo aquoso em função das marés. Na Tabela 4-3 figura o equipamento utilizado e o método de análise relativo a cada parâmetro analisado.

Tabela 4-3: Variáveis medidas, equipamento utilizado e métodos de análise usados na medição dos parâmetros físico-químicos da água.

Parâmetros (Unidades)	Equipamento/Método	Local de análise
Temperatura (°C)	Condutivímetro WTW LF191 Condutivímetro WTW cond 197i Eléctrodo LA 1/T	<i>in situ</i>
Salinidade (‰)		
Condutividade (mS/cm)		
Oxigénio dissolvido (mg/L)	WTW Oxi 197i Eléctrodo Cell Ox 325	
Saturação de O.D. (%)		
pH	WTW Ph 197i pH electrode SenTix 41 Eléctrodo SenTix ORP	
Eh (mV)		
Penetração da luz (m)	Disco de Secchi	<i>in situ</i>
Turbidez (NTU)	Turbidímetro TPS WP-88	

4.1.1. Corpo lagunar

A análise da qualidade da água do corpo lagunar da Lagoa de Santo André foi efectuada através do registo de parâmetros físico-químicos, durante aproximadamente um ano de monitorização (26 de Fevereiro de 2009 a 23 de Março de 2010), com o intuito de avaliar a sua interacção com o mar, a capacidade de renovação do corpo aquoso em função das marés e de compreender as suas variações sazonais.

As medições dos parâmetros físico-químicos no corpo lagunar foram efectuadas em 25 estações previamente estabelecidas na laguna, durante 9 campanhas de campo (SA1 a SA9) (Tabela 4-2 e 4-4). A rede de amostragem foi a mesma que a utilizada por Cruces (2001), com o acréscimo de algumas estações em determinados locais (Figura 5-6).

A análise da qualidade da água na laguna foi realizada *in situ* a partir de uma pequena embarcação, coincidindo com o período de preia-mar diurno em situação de barra aberta, de modo a possibilitar a navegação da embarcação no interior do espaço lagunar. Contudo, a reduzida espessura de coluna de água registada durante algumas campanhas de campo, impossibilitou o acesso a determinados pontos de amostragem. Em cada estação, as medições foram efectuadas desde a superfície até ao fundo e sempre que possível em perfis verticais com análises de meio em meio metro.

Foram, portanto, realizadas 9 campanhas de campo, quatro em período de barra aberta, SA2 a SA5, e cinco em período de barra fechada, SA1 e SA6 a SA9 (Tabela 4-4). A primeira campanha de campo (SA1) foi realizada no dia 26 de Fevereiro de 2009 com o intuito de analisar a qualidade da água antes da abertura artificial da barra de maré.

Durante as campanhas de campo nem sempre foi possível registar todos os parâmetros físico-químicos da água: durante a campanha SA2 (09.03.2009) e SA3 (10.03.2009) não foram analisados os parâmetros pH e Eh, e a turbidez da água medida com o turbidímetro só foi registada a partir da campanha efectuada após o encerramento natural da barra de maré (SA6 – 09.04.2009).

Tabela 4-4: Campanhas de monitorização da qualidade da água e respectivas estações de amostragem.

Campanha	Data	Barra de maré	Estações de amostragem
SA1	26-02-2009	Fechada	1,2,3,4,5,7,8,9,10,13,15,16,17
SA2	09-03-2009	Aberta	2
SA3	10-03-2009	Aberta	2,3,7A,11,14,16,16A,
SA4	11-03-2009	Aberta	2,3,7,7A,9,9A,10,11,13,16,
SA5	20-03-2009	Aberta	B,2,3,4,7,8,11,16,
SA6	09-04-2009	Fechada	B,2,3,5,7,8,9,9A,10,10A,11,13,13A,14,16
SA7	10-07-2009	Fechada	B,2,3,4,4A,5,7,8,9,9A,10,11,13,13A,14,16
SA8	09-11-2009	Fechada	B,2,3,4,5,7,8,9,10,13,15,16,17,19
SA9	23-03-2009	Fechada	B,2,4,7,8,9,10,13,15,17,22,23

4.1.2. Barra de maré e mar

A observação da qualidade da água na barra de maré e no mar foi efectuada em período diurno e nocturno, durante cerca de 27 horas. As medições efectuaram-se de hora em hora, com início às 15h25m do dia 9 de Março de 2009, uma hora antes da abertura artificial da barra de maré, finalizando-se às 18h00m do dia 10 de Março de 2009. A leitura dos diversos parâmetros físico-químicos foi efectuada *in situ*, mas após recolha de água com um recipiente a partir da margem norte da barra de maré e na praia próxima (Figura 1 – Anexo I).

4.2. Velocidade de correntes

A medição da velocidade superficial do fluxo de água na barra foi realizada com recurso a flutuadores, tendo sido utilizadas laranjas para este efeito. Para tal, foram lançados os flutuadores para o centro do canal (Figura 2 – Anexo I), medindo-se o tempo que estes demoravam a percorrer uma distância conhecida (geralmente uma distância de 25 ou 50 m), previamente marcada no terreno. A monitorização da velocidade da corrente foi efectuada imediatamente após a abertura artificial da barra de maré, a cada 30 minutos, com início às 16h30m do dia 9 de Março de 2009 e terminando às 18h30m do dia 10 de Março de 2009, completando um período de 26 horas.

Os dados recolhidos no campo foram posteriormente utilizados para calcular as velocidades de fluxo no canal através na expressão:

$$v = \frac{d}{t}$$

onde v é a velocidade expressa em m/s, d a distância medida em metros (m) e t o tempo expresso em segundos (s).

4.3. Erosão das margens do canal

A taxa de erosão das margens do canal da barra, pelo forte fluxo de descarga após a abertura artificial da barra de maré, foi estimada na margem sul e norte da barra de maré. Para o efeito, foram colocadas 30 estacas num perfil perpendicular à barra, distanciadas de 5 em 5 metros (Figura 3 A – Anexo I). As estacas numeradas de 1 a 19 ficaram situadas na margem sul do canal e as estacas numeradas de 20 a 30 ficaram colocadas na margem norte. Aquando da abertura da barra, o canal situava-se entre as estacas SNRSUL e SNRNORTE (ver item 5.2.1 do capítulo 5), distanciando cerca de 14 m entre elas. Quando ocorria a queda de uma estaca (Figura 3 B – Anexo I) registava-se o número da estaca e a hora exacta. Posteriormente, com os dados recolhidos no campo, foi possível calcular a taxa de erosão para cada margem, através da expressão:

$$T = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

onde T é a taxa de erosão expressa em m/h, Δx é a distância entre estacas expressa em m e Δt a diferença de tempo entre a queda de cada estaca em horas.

4.4. Cota do plano de água lagunar

As variações da cota do plano de água lagunar, como consequência da propagação da maré oceânica para o interior da laguna, foram acompanhadas através de leituras efectuadas de meia em meia hora em estacas graduadas, através de estação total (Zeiss Re50) e DGPS (Leica GPS900), durante as primeiras 24 horas após a abertura da barra de maré (Figura 4 – Anexo I). A medição da cota do plano de água lagunar através de estacas graduadas teve início às 16h30m do dia 9 de Março de 2009, finalizando-se no dia seguinte por volta das 19h00m. A medição da cota do plano de água lagunar com recurso à estação total teve início às 15h00m do dia 9 de Março de 2009, terminando às 18h00m do dia 10 de Março. Por último, o acompanhamento efectuado pelo DGPS efectuou-se desde as 12h30m do dia 9 de Março até às 12h00m do dia seguinte.

Monitorizaram-se igualmente, de forma contínua as variações da cota do espelho de água lagunar, na zona vestibular da Lagoa de Santo André. Dados do plano lagunar entre 10 de Março e 9 de Abril de 2009 foram obtidos com um transdutor de pressão LevelTROLL 500 (transdutor 1) e entre 20 de Março e 9 de Abril de 2009 foram obtidos com o transdutor 1 e com um transdutor de pressão MiniTROLL (transdutor 2). Estes equipamentos foram posicionados junto à estação 16 e junto à estação 2, respectivamente (Figura 1 – Anexo IV).

O acompanhamento das flutuações do espelho de água lagunar, em situação de barra fechada, foi obtido por medição da cota do plano de água lagunar com recurso ao DGPS RTK (Leica GPS900) em cada campanha de campo de levantamentos topohidrográficos (Tabela 4-2).

4.5. Batimetria

Efectuaram-se três campanhas hidrográficas levadas a cabo pelo Centro de Investigação dos Ambientes Costeiros e Marinhos da Universidade do Algarve (CIACOMAR/CIMA/UALG), antes, durante e após a abertura artificial da barra de maré. A campanha realizada antes da abertura da barra foi efectuada nos dias 26 e 27 de Fevereiro de 2009 e teve como principal objectivo o levantamento da batimetria no interior da Lagoa no primeiro dia e o levantamento da batimetria na zona costeira adjacente (mar) no segundo dia. A segunda campanha realizou-se no dia 11 de Março de 2009 (2 dias após a abertura da barra) e, devido às fortes condições de agitação verificadas em preia-mar e ao campo de correntes gerado na embocadura, as medições confinaram-se ao delta de enchente e ao canal principal da barra, não se efectuando medições no delta de vazante. A terceira campanha foi realizada no dia 20 de Março de 2009 (11 dias após a abertura da barra) e efectuou-se o levantamento batimétrico do canal da barra, do delta de enchente e dos fundos lagunares próximos do delta.

Todos os levantamentos batimétricos foram realizados com recurso a uma estação base de DGPS RTK colocada num ponto de referência (Figura 5 A – Anexo I) e com uma estação móvel acoplada a uma eco-sonda (Figura 5 B – Anexo I), onde se procedeu à inserção dos *offsets* verticais da altura da antena e posição do transdutor relativo à superfície livre do plano de água no software *Hypack® 2008* (Coastal Oceanography Inc.). Através deste software, o GPS e a eco-sonda foram sincronizados a 1 Hz, permitindo a correcção de maré em tempo real e a navegação assistida ao longo dos transectos previamente planeados (Pacheco e Almeida, 2009).

4.6. Topografia

Com o intuito de analisar o comportamento sazonal da barra de maré, bem como o acompanhamento da evolução posterior de recuperação do cordão arenoso na posição da “cicatriz” da barra, foram efectuados levantamentos topográficos de alta precisão. Foram realizados levantamentos na barreira/barra de maré e nas zonas adjacentes antes e durante a abertura artificial da barra de maré (a 9 de Março de 2009), durante a sua evolução e encerramento natural (a 6 de Abril de 2009) e, posteriormente até completar um ciclo anual.

Executaram-se um total de dezassete campanhas de campo espaçadas de uma semana em situação de barra aberta e de um mês em situação de barra fechada, durante doze meses consecutivos (de 25 de Fevereiro de 2009 a 17 de Março de 2010).

Toda a informação topográfica foi conseguida com recurso a Estação Total (Zeiss Re50 e Leica TC4 700) e a DGPS RTK (Leica GPS900) (Figura 6 – Anexo I), utilizando pontos de referência previamente cotados no campo (Tabela 4-1). Uma vez que a estação total foi utilizada na medida de ângulos e distâncias, o processamento dos dados recolhidos foi feito recorrendo ao programa *MatLab R2007a*, a partir do qual se obtiveram valores das coordenadas de cada ponto medido e a correspondente cota absoluta.

É de referir que no decurso da primeira campanha de campo (25 a 27 de Fevereiro de 2009), o levantamento das margens da Lagoa foi realizado através de um outro DGPS RTK (Leica GRX 1200), tendo-se efectuado vários perfis na área envolvente ao plano de água lagunar. A topo-batimetria medida durante estes dias (12 dias antes da abertura da barra de maré) foi realizada com intuito de estabelecer a topografia de referência a ser utilizada posteriormente no modelo hidrodinâmico a desenvolver no LNEC.

Juntamente com os levantamentos batimétricos, toda a informação altimétrica foi processada em ambiente ArcMap, tendo sido construídos 17 Modelos Digitais de Elevação (MDEs), utilizando a *krigagem* como método de interpolação espacial. Apesar de terem sido testados outros métodos de interpolação espacial, como a TIN (*Triangular Irregular Networks*), onde cada ponto é ligado por uma série de arestas de modo a formar uma malha de triângulos contíguos, e o IDW (inverso da potência da distância), onde a influência de cada uma das amostras no valor estimado de um ponto é determinada pelo inverso da sua distância ao ponto elevada a uma potência da distância, a *krigagem* foi o método que demonstrou superfícies de interpolação mais suavizadas e realistas.

A utilização da TIN é bastante eficaz e demonstra superfícies de interpolação muito apelativas, podendo ser um método de interpolação espacial com bastante potencial para este estudo; contudo, em zonas com menos pontos, a representação da superfície topográfica afasta-se da realidade observada em campo (Figura 4-1 A).

O IDW implementa explicitamente o pressuposto de que as coisas mais próximas entre si são mais parecidas do que as mais distantes e é um método interpolador que é exacto, ou seja, poucas decisões podem ser tomadas acerca dos parâmetros do modelo. Pode ser adequado para uma visualização ou interpretação preliminar da superfície, contudo, tal como

acontece com os dados topo-batimétricos da Lagoa de Santo André, pode produzir um efeito de “bulls eyes” ao redor da localização de determinados pontos (Figura 4-1 B). Este método funcionaria melhor se os pontos amostrais estivessem igualmente distribuídos pela área, sem estarem concentrados em determinados locais, tal como acontece neste trabalho.

Por sua vez, a *krigagem* pressupõe que as médias locais não são necessariamente próximas da média da população, usando-se apenas os pontos vizinhos para a estimação. A *krigagem* resolve de forma mais eficiente estas deficiências porque, grosso modo, depende de modelos matemáticos e estatísticos. Além disto, se conhecermos a natureza dos dados e o tipo de amostragem, é passível de se ajustar uma curva teórica ao variograma experimental, seleccionando de forma criteriosa os parâmetros inerentes, diminuindo, desta forma, os erros de interpolação. É, portanto, um método cujos valores nos locais amostrados são reproduzidos com maior precisão, tendendo a fornecer uma superfície contínua de dados suavizados, minimizando os contrastes (Figura 4-1 C). Elabora superfícies de interpolação mais realistas para este caso concreto. Contudo, existem sempre erros associados que, na maioria dos casos, provêm do limitado número de pontos em determinadas zonas, ou seja, em zonas cujo levantamento topo-batimétrico não foi bem executado. Este tipo de problemas acarreta a interpolação de pontos, principalmente na zona do canal onde as fortes correntes de marés impossibilitaram a realização de levantamentos, através da análise pormenorizada dos dados existentes nessas zonas e de fotografias tiradas nos dias dos próprios levantamentos.

Assim, para uma melhor interpolação dos dados na construção de cada MDE, aos dados altimétricos de determinada campanha juntou-se a informação topo-batimétrica da campanha anterior das zonas sem grandes modificações morfológicas e que não coincidiram com a informação adquirida durante a respectiva campanha. Devido essencialmente às fortes correntes e grandes profundidades registadas no canal da barra de maré, foi, por vezes, difícil realizar levantamentos nestas áreas, pelo que foi necessário efectuar interpolações de pontos nas campanhas realizadas em situação de barra aberta.

Com base nos MDEs criados, realizaram-se perfis topográficos longitudinais (d direcção aproximadamente NNE-SSW) e transversais (d direcção aproximadamente ESE-WNW) à barreira.

As cartas de diferenças foram efectuadas utilizando os pares de levantamentos sucessivos da área mais próxima do canal de maré (MDEs), através das ferramentas do *raster calculator* do programa ArcGis. A comparação foi efectuada para a área comum a todos os

MDEs de forma a manter constante um domínio global e não retirar significado à quantificação e mapeamento das diferenças volumétricas e morfológicas do sistema.

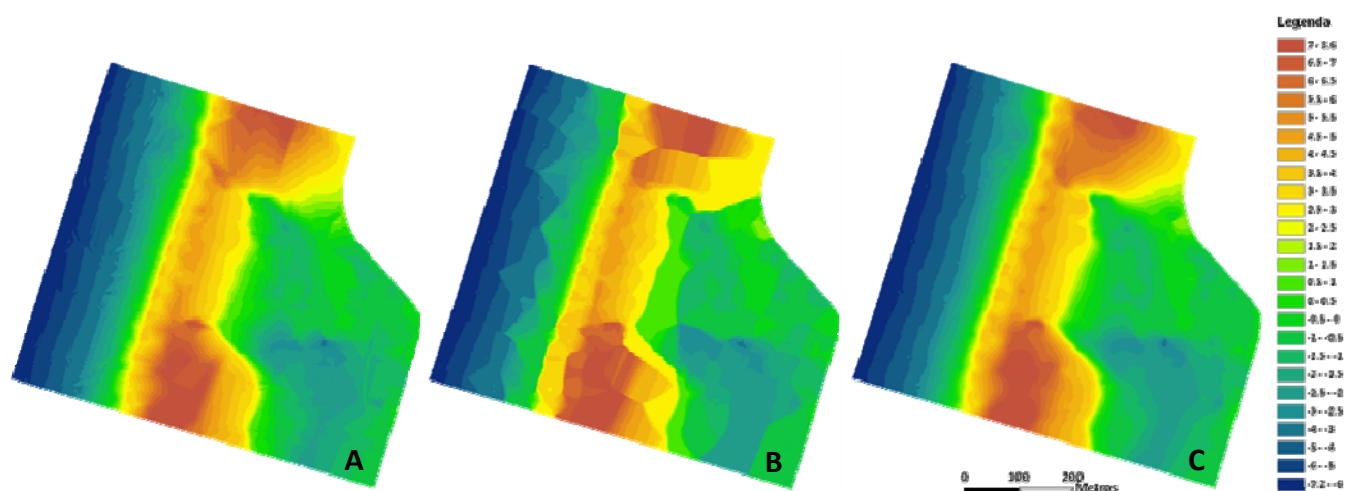


Figura 4-1: MDE da 1ª Campanha de campo da Lagoa de Santo André, efectuado utilizando A – TIN; B – IDW; e C – Krigagem como método de interpolação espacial.

4.6.1. Processamento dos dados

Como já foi referido anteriormente, para uma melhor interpolação dos dados e para a obtenção de resultados mais próximos da realidade observada em campo, foram efectuadas interpolações de pontos em todas as campanhas realizadas em situação de barra aberta (da 2ª à 5ª campanha de campo).

Assim, utilizando o ArcMap para esse efeito, traçaram-se perfis em cada campanha em zonas com falta de dados, mas que passavam simultaneamente por pontos adquiridos no terreno. A partir dessas linhas criadas definiram-se pontos espaçados de 10 em 10 metros, pontos esses que tinham associado uma coordenada X e Y e cuja cota foi interpolada através dos dados já existentes. Exportaram-se para o Excel os pontos adquiridos no campo que passavam pelos perfis anteriormente criados e definiu-se a linha de tendência que melhor se ajustava à realidade observada em campo. A partir da equação da recta, obtiveram-se valores das cotas para os pontos interpolados, juntando-se assim estes à informação de cada campanha.

A título de exemplo, na quarta campanha de campo (27 de Março de 2009) foram interpolados pontos em vários perfis no centro do canal (Figura 4-2). Para cada perfil utilizaram-se os pontos já existentes do levantamento topo-hidrográfico (representados com bolas da mesma cor do perfil) e exportaram-se para o Excel com o intuito de definir a equação da recta a ser utilizada, posteriormente, para cada perfil.

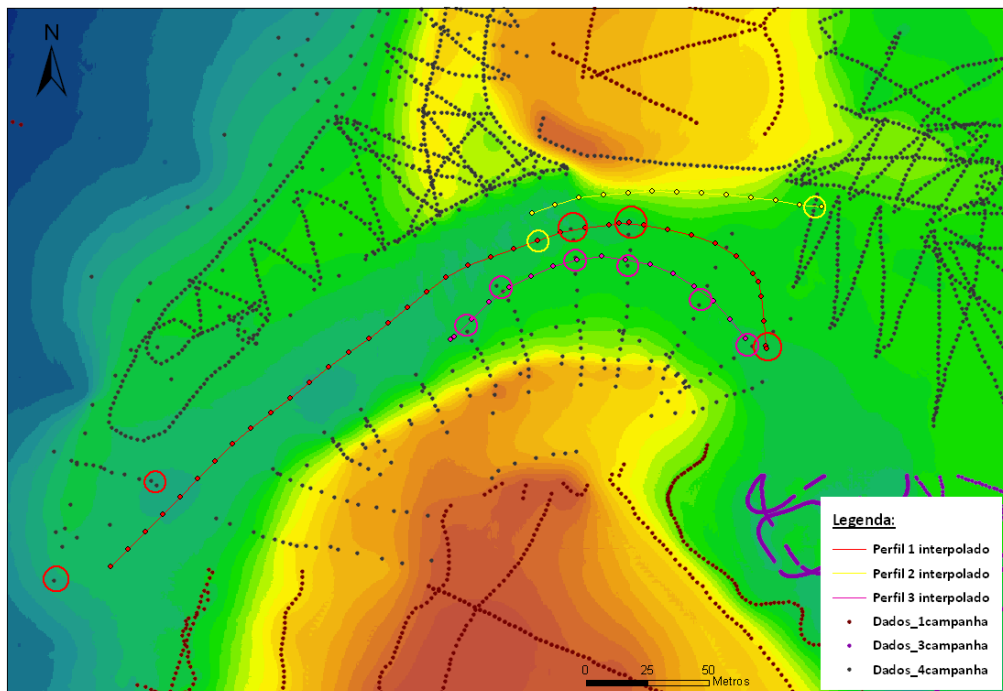


Figura 4-2: Representação dos perfis com os respectivos pontos utilizados para a interpolação dos novos pontos, sob o MDE da 4ª campanha de campo (27 de Março de 2009).

5. Resultados e discussão

5.1. Barreira

A laguna de Santo André encontra-se separada do oceano Atlântico por uma extensa barreira arenosa contínua ao longo de cerca de 4 km, entre a praia de Santo André, a norte, e a praia de Monte Velho, a sul. A zona mais a sul desta barreira arenosa apresenta-se escalonada por bermas múltiplas até à duna frontal embrionária que se encontra fortemente vegetada, assistindo-se progressivamente ao desaparecimento da continuidade dessa duna à medida que caminhamos para N (Figura 5-1, rectângulo laranja). O sector mais a norte, em que a praia é menos robusta, apresenta edifícios dunares menos desenvolvidos e pouco vegetados, exibindo estruturas alongadas de galgamento (Figura 5-1, rectângulo verde). A transição entre estas duas zonas faz-se aproximadamente no alinhamento do Poço do Ortigão. A extensão da barreira que anualmente é afectada pela abertura da barra de maré (zona da praia de Santo André) tem uma extensão de aproximadamente 250 m (Figura 5-1, rectângulo azul), estando sujeita a um rejuvenescimento geomorfológico frequente, o que lhe confere um perfil extremamente simples. Com o intuito de visualizar a morfologia da barreira antes da abertura da barra de maré, foram realizados quatro perfis transversais à barreira (durante a 1ª campanha de campo – 25 e 26 de Fevereiro de 2009), com uma orientação aproximadamente WNW-ESE (Figura 5-1).

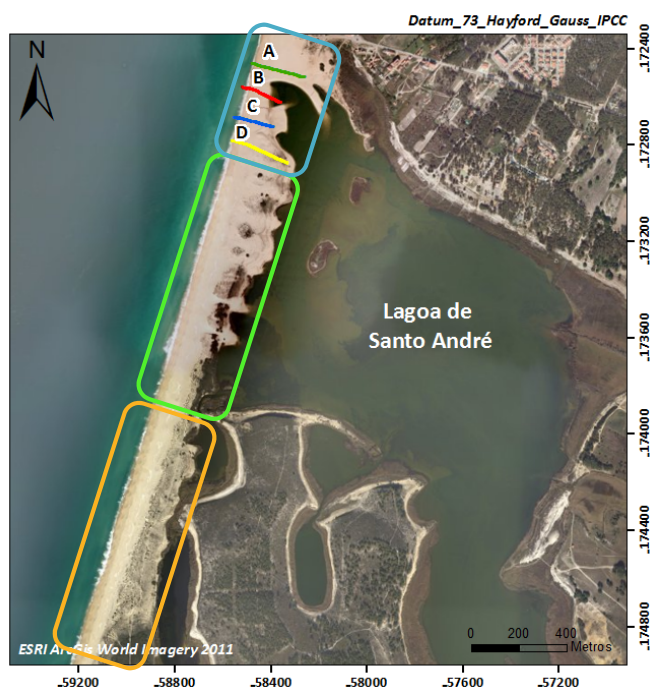


Figura 5-1: Localização dos perfis topográficos transversais à barreira na Lagoa de Santo André, efectuados durante os dias 25 e 26 de Fevereiro de 2009 e diferenciação das diferentes zonas da barreira com características distintas.

Os perfis mostram uma face de praia muito inclinada (cerca de 6° de inclinação), adjacentes a um conjunto de duas bermas, nos perfis mais a N (A a C), constituindo a segunda berma o raso de barreira (Figura 5-2). No perfil mais a sul (Perfil D), a berma confina com uma duna frontal que termina a E numa praia lagunar (Figura 5-2). A primeira crista de berma encontra-se aproximadamente a uma cota de 3,7 m (NMM) nos perfis A e D, mas mais baixa nos perfis B e C (3 m NMM) e a segunda crista de berma varia entre 4,7 m (NMM) no perfil B e 6,3 m (NMM) no perfil A (Figura 5-2).

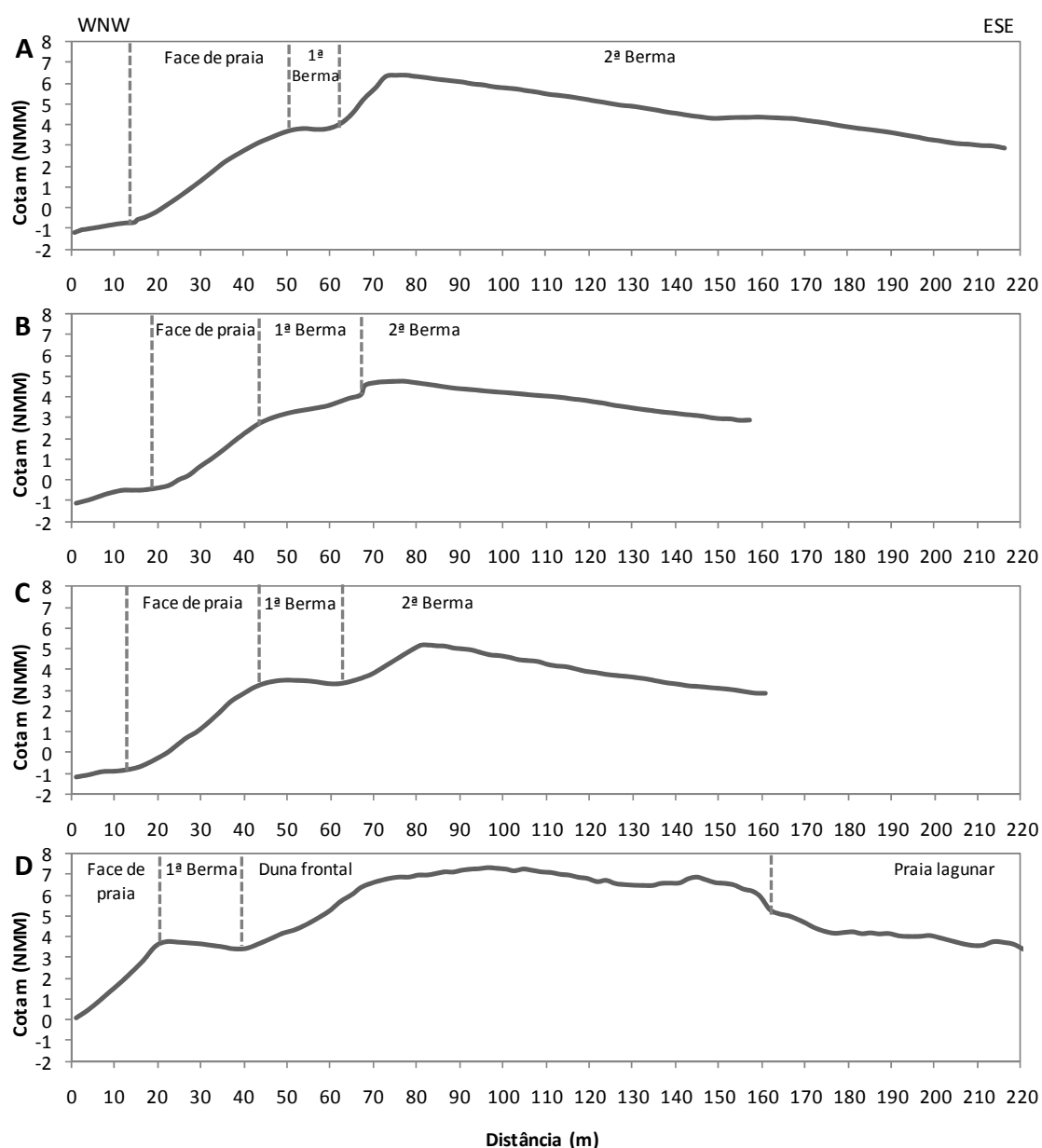


Figura 5-2: Perfis topográficos transversais à barreira efectuados nos dias 25 e 26 de Fevereiro de 2009, com direcção aproximadamente WNW-ESE, sobre elevados 5x, sendo o perfil A, o perfil mais a N e o perfil D, o perfil mais a S.

5.2. Barra de maré

A barreira arenosa da Lagoa de Santo André pode esporadicamente romper de forma natural durante temporais violentos, associados a cotas de plano de água lagunar bastante elevadas. Todavia, a periodicidade destes eventos não permite uma eficaz renovação da massa de água lagunar e a manutenção de níveis que possibilitem a utilização agrícola das terras húmidas adjacentes. Segundo Freitas (1995) e Cruces (2001), vários autores (Barnes, 1980; Cacela da Fonseca, 1989; Bernardo, 1990) salientam a importância do processo de intercâmbio entre os sistemas lagunares e o mar no controle da eutrofização, travando o processo natural de evolução para um sistema límnico, com rápida transformação em pântano. Deste modo, é importante o estabelecimento temporário da comunicação entre a laguna e o oceano, através da abertura artificial de uma barra de maré na barreira. Desde a época pré-colonial que, algumas lagunas costeiras do litoral de Long Island (E.U.A.), como a Lagoa de Mecox e a Lagoa de Georgica, em Nova Iorque, são abertas manualmente, criando temporariamente uma barra de maré artificial transversal à barreira (Bokuniewicz *et al.*, 2011). Os mesmos autores referem que estas operações são efectuadas para reduzir o nível de água no interior da laguna e evitar inundações nas propriedades próximas, permitindo, do mesmo modo, a introdução de água salgada no seu interior e controlar a pesca local.

A abertura artificial da barra de maré da Lagoa de Santo André é executada com periodicidade anual, no equinócio da Primavera, quando o desnível entre a cota do plano de água lagunar e a estufa do baixa-mar é máximo, permitindo o escoamento de grande parte da água salobra aprisionada. Antigamente, a abertura da barra de maré era efectuada à custa da força humana e animal (Figura 7 – Anexo I); actualmente, utilizam-se meios mecânicos para esse fim (Figura 8 – Anexo I), através da remoção de areia do lado interno da barreira.

A operação de abertura da barra de maré corresponde, assim, à escavação de uma vala transversal à barreira, na zona mais estreita e baixa da praia, com cota de rasto escassamente inferior à do espelho de água lagunar (Pires *et al.*, 2009). Os trabalhos de abertura da barra iniciam-se com a escavação da vala desde o raso lagunar até ao oceano, deixando um pequeno dique no interior que inibe a escorrência das águas lagunares (Figura 9 A – Anexo I). A ligação, propriamente dita, entre a laguna e o mar dá-se finalmente com o rompimento desse dique, permitindo, assim, a libertação das águas lagunares (Figura 9 B – Anexo I). As fortes correntes registadas na primeira descarga são responsáveis pelo

alargamento e aprofundamento desse sulco previamente rasgado, originando-se uma barra de maré única, que evolui naturalmente, através de um conjunto de diferentes estádios, até fechar pouco tempo depois. Segundo Cruces (2001) o forte fluxo de escoamento das águas aprisionadas é responsável pelo transporte de grande quantidade de sedimentos e de nutrientes, contribuindo de forma significativa para o enriquecimento das zonas marinhas adjacentes (Figura 10 A – Anexo I). A barra de maré apresenta, portanto, uma evolução morfológica bastante rápida e encontra-se sujeita a constantes variações das condições hidrodinâmicas e sedimentares.

A necessidade de renovação da massa de água e de enxugo dos terrenos alagados nas margens lagunares para utilização agrícola (pastagem) tem obrigado a população a proceder à abertura de uma barra de maré a fim de restabelecer a comunicação entre o meio lagunar e o oceano. Este fenómeno, anterior a 1680, foi compilado por Cruces (2001) e actualizado por nós através de um registo sistemático das aberturas e dos períodos em que a barra permaneceu aberta (Tabela 5-1 a 5-1d).

Tabela 5-1: Compilação das aberturas da barra de maré da Lagoa de Santo André desde 1680 até 2011.

Ano	Abertura	Data da Abertura	Dias barra aberta	Observações	Referência bibliográfica
~1680	artificial	?	?	Devia ser aberta com licença camarária	Padre António Macedo e Silva, 1869
~1747	artificial	Março	6, 7 e 8 meses	"...este se rompe quasi todos os annos, à custa de grande trabalho, e despeza dos moradores, no mez de Março,...fica huma barra capaz de entrarem, não só barcas do alto, mas ainda navios de alto bórdo;..."	Padre Luiz Cardoso, 1747
~1758	artificial	Primavera	?	"... trabalho de homens e bois lhe abrem um medão de areia que há entre ella e o mar..."	Pinheiro da Silva in Memórias Paroquiais (Santo André), 1758
fins séc. XVIII	natural artificial	?	?	"... do Oceano, do qual só se divide por um grosso medo de areia q'o pezo das aguas hu'as vezes rompe, outras os Lavradores, quando ella lhe submerge seus campos vizinhos,..."	Murzello (fins séc. XVIII), in Memórias sobre a antiga Mirobriga, 1931
1760/67	Não ocorreu	-	-	-	Santiago-Vereações desde 30-9-1761 a 7-3-1768 in Agropromotora, 1984
1768	artificial	?	?	"toda suja de lismo", principio de corrupção, com algum cheiro. Resolveu a camâra proceder à abertura..."	Santiago-Vereações desde 30-9-1761 a 7-3-1768 in Agropromotora, 1984
1811	artificial	?	?	foi deliberado que "fosse ao mar a alagoa do Concelho"	Santiago-Vereações desde 1-10-1808 a 6-6-1818 in Agropromotora, 1984
~1822	artificial	?	?	"... que annualmente he preciso rompela para se esvaziar no Oceano, ... ficando em consequencia disto huma suficiente Barra para poderem entrar Barcos do Alto:..."	José Joaquim Leal, 1822
1830	artificial	?	?	por deliberação de 24-2-1830, impôs a Câmara que se "avisassem todos os proprietários de Santo André que têm terras debaixo da lagoa e mais peritos para concorrerem à Câmara, no dia 27 de Fevereiro, a fim de se tractar a aberta da lagoa"	Deliberação camarária de 24-2-1830 in Agropromotora, 1984

Tabela 5-1a: Continuação da compilação das aberturas da barra de maré da Lagoa de Santo André desde 1680 até 2011.

Ano	Abertura	Data da Abertura	Dias barra aberta	Observações	Referência bibliográfica
~1850	natural artificial	?	?	"... do mar, com quem todos os annos se communica natural ou artificialmente, ..."	Paulo Perestrello da Camara, 1850
~1860	artificial	Março ou Abril		"...esgotamento praticado por uma abertura que se faz no medão de areia que a separa do mar,..." - a largura do cordão deve ser aproximadamente 30 m: "...o mar a uns trinta metros de distância..."	Relatório sobre a cultura do arroz, 1860
~1862	artificial	Março		"A lagôa não pôde ser aberta antes de 15 de março de cada anno,... permitido aos proprietários...para a conservar aberta até 15 de maio."	Padre António Macedo e Silva, 1869
~1866	natural artificial	?	?	"É todos os annos sangrada no mar, ou pela mesma força da água quando está muito cheia, ou pelos trabalhos dos proprietários das Lezirias e paúes proximos, mandando romper o medão, ..."	Padre António Macedo e Silva, 1866
~1872	artificial	?	?	"...a descarga d'esta lagôa faz-se por meio de um canal aberto artificialmente...bem depressa obstruído pelas areias que os ventos e as vagas arrojam para o mesmo canal."	Ribeiro, 1872
~1873	artificial	?	?	"... dividida do Oceano por uma lingua de areia...que se arromba todos os annos, fazendo desaguar a lagoa..."	Pinho Leal, 1873
~1877	-	?	?	"...separada do Oceano por um braço de areia, que se rompe todos os annos..."	Manoel Pinheiro Chagas, 1877
~1943	artificial	?	?	"A descarga para o Oceano executa-se por um canal aberto artificialmente, mas o trabalho do Homem é insano porque constantemente as areias tentam obstruí-lo."	José de Oliveira Boléo, 1943
~1945?	natural artificial	?	?	"...acabando as águas por escoar-se naturalmente para o mar ou tendo que ser feitas escoar através de cortes na duna, por trabalhos dos proprietários..."	Grande Enciclopédia Portuguesa e Brasileira, ~1945
~1952	artificial	?	?	só comunica com o mar artificialmente	Ministério da Marinha, 1952
~1967	artificial	fim de Abril	15-30 dias	"...é aberta, uma vez por ano, regra geral no fim da época das chuvas, ou seja no fim de Abril...a lagoa permanece aberta entre 15 a 30 dias... O período de encerramento compreende cerca de 20 dias..."	Schroeder-Lanz et al ., 1967
1977	Provável artificial	Fevereiro	?	-	Agropromotora, 1984
1978	artificial	Maio	?	-	Cancela da Fonseca,1989 e Cancela da Fonseca et al ., 1993
	Provável	Maio	?	-	Agropomotora,1984
1979	artificial	Maio/Junho	?	-	Cancela da Fonseca,1989 e Cancela da Fonseca et al ., 1993
	Não ocorreu	-	-	Informação Câmara Municipal de Santiago do Cacém	Costa et al ., 1985
	artificial artificial	Maio Abril/Maio	? ?	Abertura registada Abertura verificada	Agropromotora, 1984 Agropromotora, 1984
1980	artificial	Maio/Junho	?	-	Cancela da Fonseca,1989 e Cancela da Fonseca et al ., 1993
	artificial	Abril	?	-	Agropromotora, 1984
1981	Não ocorreu	-	-	-	Cancela da Fonseca,1989 e Cancela da Fonseca et al ., 1993
	artificial	?	?	Aberta por períodos curtos	Agropromotora, 1984
1982	Não ocorreu	-	-	-	Cancela da Fonseca,1989 e Cancela da Fonseca et al ., 1993
	artificial	?	?	Aberta por períodos curtos	Agropromotora, 1984

Tabela 5-1b: Continuação da compilação das aberturas da barra de maré da Lagoa de Santo André desde 1680 até 2011.

Ano	Abertura	Data da Abertura	Dias barra aberta	Observações	Referência bibliográfica
1983	artificial	Julho	?	Não resultou, renovação insignificante, conduzindo a extrema degradação no Verão	Cancela da Fonseca, 1989 e Cancela da Fonseca <i>et al.</i> , 1993
	artificial	Pós Maio	?	-	Agropromotora, 1984
1984	artificial	Março	?	Pouco prolongada	Cancela da Fonseca <i>et al.</i> , 1987 e Costa <i>et al.</i> , 1985
	artificial	?	15 dias	-	Bernardo, 1990
	artificial	?	15 dias	Canal pouco profundo; não ficou sujeita a um verdadeiro regime de marés. Substituição da água lagunar gradual sem ocorrer "lavagem de fundo". Sem remoção de grande quantidade de sedimentos e macrófitas. Em Julho-Agosto ocorre crise distrófica com grande incremento de produção após a abertura.	Cancela da Fonseca, 1989
	artificial	?	?	-	Costa <i>et al.</i> , 1985 e Bernardo, 1990
1985	artificial	Março/Abril	?	-	Cancela da Fonseca <i>et al.</i> , 1993
	artificial	7 de Março	+22 dias	29 de Março ainda aberta	Bernardo <i>et al.</i> , 1985
	artificial	Março	?	Elevada exportação de nutrientes, grande renovação da massa de água	Bernardo <i>et al.</i> , 1985
	artificial	?	30 a 45 dias	Formação de um canal profundo, ficando sujeita ao regime de marés com grande remoção de macrófitas e detritos para o exterior	Costa <i>et al.</i> , 1985
	artificial	?	?	-	Cancela da Fonseca, 1989
1986	artificial	?	?	-	Cancela da Fonseca <i>et al.</i> , 1993
	artificial	?	30 a 45 dias	Formação de um canal profundo, ficando sujeita ao regime de marés; com grande remoção de macrófitas e detritos para o exterior	Cancela da Fonseca, 1989
	artificial	4 de Abril	?	-	Bernardo, 1990 e
	artificial	?	?	Antes da abertura, intensa estratificação; após a abertura intensa mortalidade de peixes	Cancela da Fonseca, 1989 Bernardo, 1990
1987	artificial	?	?	-	Cancela da Fonseca <i>et al.</i> , 1993
	artificial	24 de Março	30 a 45 dias	Formação de um canal profundo, ficando sujeita ao regime de marés com grande remoção de macrófitas e detritos para o exterior	Cancela da Fonseca, 1989
1988	artificial	?	?	-	Bernardo, 1990
	artificial	13 ou 14 Março	30 a 45 dias	Formação de um canal profundo, ficando sujeita ao regime de marés com grande remoção de macrófitas e detritos para o exterior	Cancela da Fonseca <i>et al.</i> , 1993
1989	artificial	28 de Abril	20 dias	Aberta pelas 13h00m durante o B.M., o canal inicial com cerca de 2,5 m ficou com 20 m. Encerrou a 18 de Maio	Cancela da Fonseca <i>et al.</i> , 1993
1990	-	?	?	"...não comunica usualmente com o mar."	Matos, 1991
1992	artificial	?	1 dia	Pequena quantidade de água na laguna no fim do Inverno; não foi possível estabelecer uma ligação durável com o mar. O nível da água ficou mais elevado do que é habitual durante a Primavera e o Verão	Ministério de Defesa Nacional - Marinha, 1990
					Catry, 1993

Tabela 5-1c: Continuação da compilação das aberturas da barra de maré da Lagoa de Santo André desde 1680 até 2011.

Ano	Abertura	Data da Abertura	Dias barra aberta	Observações	Referência bibliográfica
1997	artificial natural	2 de Abril 27/28 Dezembro	?	- -	Dário Cardoso (informação verbal) Informação dada pelos Pescadores locais
1998	artificial	24 de Março	27 dias	Abriu pelas 13h00m. Formação de canal profundo com cerca de 100 m de largura (inicialmente com 3 m) ficando sujeita ao regime de marés com renovação completa da massa de água. Encerrou dia 20 de Abril. Mortalidade de peixes.	Cruces, 2001
1999	artificial	28 de Março 13 de Abril 14 de Abril (2x)	2 dias horas horas	Abriu pelas 15h30m. Formação de canal pouco profundo com ~50 m de largura. Sem renovação completa da água lagunar, entrada de cunha salina junto ao fundo do canal de enchente. Encerrou na madrugada de 31 de Março reabertura reaberturas	Cruces, 2001
2000	artificial	5 de Abril	2 dias	Abriu pelas 19h30m. Formação de canal pouco profundo com ~30 m de largura. Sem renovação completa da água lagunar. Encerrou dia 7 de Abril pelas 18h durante o P.M.	Cruces, 2001
2001	artificial	12 de Fevereiro	62 dias	Abriu pelas 7h30m. Velocidade de escoamento muito elevada conduzindo à formação de um canal profundo e bastante largo (no dia seguinte tinha cerca de 200 m – estimativa visual). No oceano observava-se uma pluma turbida de enormes dimensões. No final do dia, pelas 18h só tinha entrado água salgada até à estação 2 (zona vestibular). No dia seguinte a cunha salina tinha atingido todo o corpo lagunar principal, excepto as zonas das confluências dos afluentes (Cascalheira e afluentes sul) e os Poços, que mantinham água doce/salobra à superfície (corpo lagunar principal) ou na totalidade do perfil (Poços). Não houve renovação completa da massa de água, excepto no corpo lagunar principal: doze dias após o encerramento os Poços apresentavam águas doces ou salobras com maior renovação nos Poços dos Alguidares, Ortigão e em menor escala no do Pinheiro. Aos Poços mais interiores não chegou a água salgada. Encerrou dia 15 de Abril	Dados inéditos cedidos por Cruces
2002	artificial	28 de Março	10 dias	Não se formou um canal muito largo e não ocorreu renovação completa do corpo aquoso. Em campanha de monitorização efectuada 11 dias após o encerramento da barra a água apresentava características salobras e nos Poços mais internos (Pinheiro e Ortigão) permanecia o ambiente anóxico junto ao fundo. Encerrou dia 7 de Abril.	Dados inéditos cedidos por Cruces
2003	artificial	18 de Março	82 dias	Formação de um canal muito largo e profundo. Encerrou dia 8 de Junho.	Dados inéditos cedidos por Cruces
2004	artificial	5 de Abril	25 dias	Formação de um canal largo e profundo com largura aproximada entre 60-70 m (estimativa visual). Boa renovação do corpo lagunar principal, pois em Agosto a água tinha características salinas idênticas às da água marinha. Encerrou dia 30 de Abril.	Dados inéditos cedidos por Cruces
2005	artificial	7 de Abril	15 dias	Formação de um canal largo e profundo com largura aproximada de 50 m (estimativa visual). Encerrou dia 22 de Abril.	Dados inéditos cedidos por Cruces

Tabela 5-1d: Continuação da Compilação das aberturas da barra de maré da Lagoa de Santo André desde 1680 até 2011.

Ano	Abertura	Data da Abertura	Dias barra aberta	Observações	Referência bibliográfica
2006	artificial	28 de Março	42 dias	Encerrou dia 9 de Maio.	Dados inéditos cedidos por Cruces
2007	artificial	18 de Março	52 dias	Formação um canal largo e profundo com largura aproximada de 100 m (estimativa visual). Encerrou dia 9 de Maio.	Dados inéditos cedidos por Cruces
2008	artificial	4 de Abril	5 dias	Encerrou dia 9 de Abril.	Dados inéditos cedidos por Cruces
2009	artificial	9 de Março	28 dias	Abriu pelas 16h20m. Velocidade de escoamento muito elevada conduzindo à formação de um canal profundo e largo (com -1,5 m NMM e cerca de 50 m de largura dois dias após a abertura, aumentando para 110 m 25 dias após a abertura). Ao fim de 48 horas assistiu-se à completa renovação do corpo lagunar principal à excepção da região mais a montante que apresentou uma renovação mais lenta. O Poço dos Alguidares acompanhou o ritmo do corpo principal; no entanto a entrada de água marinha no Poço do Ortigão foi bastante mais lenta. Encerrou dia 6 de Abril.	Pires, 2011
2010	artificial	28 de Março	72 dias	Abriu pelas 7h30m. Formação de um canal largo e profundo com largura de 55 m (no dia seguinte). Encerrou dia 6 de Junho.	Dados inéditos
2011	artificial	18 de Março	56 dias	Encerrou dia 13 de Maio	Dados inéditos

? – ausência de informação

5.2.1. Monitorização da abertura artificial da barra de maré no ano de 2009

A abertura artificial da barra de maré na Lagoa de Santo André foi realizada com o auxílio de meios mecânicos no dia 9 de Março de 2009 (Figura 10 B – Anexo I), por volta das 16h20m. Antecedeu amplitudes máximas de maré de 3,3 m (11.03.2009) com agitação de NW e com ondulação da ordem dos 1,22-1,89 m de altura (Porto de Sines). O encerramento natural ocorreu a 6 de Abril de 2009, ficando o canal activo durante aproximadamente um mês (28 dias).

Durante as primeiras 24 horas após a abertura artificial da barra de maré, foram efectuadas diversas medições na barra que permitiram caracterizar e acompanhar a sua evolução, entre as quais se destacam a velocidade de fluxo, a taxa de erosão das margens do canal e a variação da cota do plano de água lagunar (medições estas efectuadas a cada 30 minutos).

Imediatamente antes da abertura da barra de maré (15h09m), o plano de água no interior da laguna encontrava-se a uma cota de 2,75 m (NMM), valor medido com a estação total (Figura 5-4 e Tabela 1 – Anexo II). A partir do momento em que se estabelece a ligação entre a laguna e o mar, a contínua descida da maré oceânica, permite que a cota do espelho de água lagunar também diminua, concomitantemente com o aumento da velocidade de escoamento, verificando-se uma descida mais acentuada na altura da inversão da maré.

A abertura artificial da barra iniciou-se com o escoamento das águas lagunares através de um canal com uma largura de aproximadamente 13,5 m (entre as estacas SNRSUL e SNRNORTE), o qual foi rapidamente alargado e aprofundado devido ao forte fluxo de vazante (Figura 5-3).

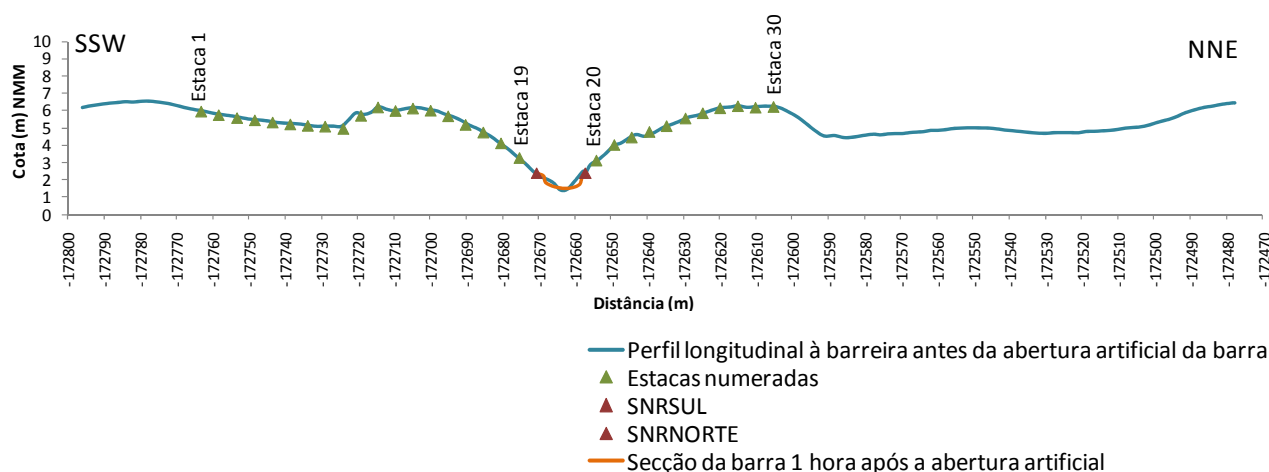


Figura 5-3: Perfil longitudinal à barreira imediatamente antes da abertura artificial da barra de maré, sobreelevado 5X; posição das estacas numeradas para a monitorização da taxa de erosão das margens do canal e secção da barra de maré 1 hora após a abertura artificial. As estacas SNRSUL e SNRNORTE correspondem ao limite do canal inicial pela qual começaram a escoar as águas aprisionadas.

Durante a primeira vazante lagunar, que durou aproximadamente 19 horas e meia (desde a abertura às 16h20m do dia 9 de Março até às 12h00m do dia 10 de Março), a velocidade de saída de água atingiu a sua velocidade máxima às 21h30m (6 m/s), sendo que no pico do baixa-mar (-1,13 m (NMM) às 19h20m-19h45m, Porto de Sines) a velocidade registada foi de 5 m/s (Figura 5-5 e Tabela 2 – Anexo II), apresentando nesta altura um desnível de 3,79 m entre a cota do espelho de água lagunar (2,66 m NMM) e a maré oceânica (-1,13 m NMM). Apenas duas horas após o início do escoamento, a taxa de erosão na margem N atingiu cerca de 5,49 m/h (18h34m do dia 9 de Março), enquanto na margem S, esta foi praticamente nula

(Figura 5-5 e Tabela 3 – Anexo II), apresentando o canal, nesta altura, uma largura de aproximadamente 17,4 m (Figura 5-5 e Tabela 4 – Anexo II).

Neste período de descarga inicial, em que o fluxo está visivelmente turbulento, observa-se a formação de ondas estacionárias (Figura 11 A – Anexo I) típicas de alto regime de fluxo ou regime de fluxo superior, originando formas de leito do tipo anti-duna com cerca de 60 cm de altura, alternando em condições energéticas ainda mais elevadas com rebentação no sentido contrário ao do fluxo (depressões/elevações). Esta rebentação cinge-se inicialmente à boca da barra mas, ao longo do tempo e com o aumento da velocidade, a rebentação migra para montante.

A monitorização realizada na Lagoa de Georgica (Nova Iorque, E.U.A.) em 2008 por Bokuniewicz *et al.* (2011) demonstra que após a abertura da barra de maré, a água lagunar foi fortemente ejetada, atingindo uma velocidade de 3,7 m/s, decrescendo para 0,5 m/s em 21 horas e para 0,13 m/s em 46 horas. Estas velocidades são substancialmente mais pequenas que as encontradas na Lagoa de Santo André devido, essencialmente, à dimensão da Lagoa de Georgica (aproximadamente 1,73 km²), podendo ser comprovado pela duração da operação de abertura que durou cerca de 2 horas, onde foi escavada uma vala com aproximadamente 6 m de largura com a ajuda de uma retroescavadora, enquanto em Santo André, esta operação demorou aproximadamente uma semana. Na Lagoa de Mecox, Smith and Zarillo (1988, *in* Bokuniewicz *et al.*, 2011) mediram velocidades superficiais de correntes a atingirem os 2,7 m/s dois dias após a sua abertura artificial.

Com o aumento da velocidade de fluxo de escoamento da água lagunar, as taxas de erosão das margens, tanto a norte como a sul, aumentaram para 5,77 m/h e 1,27 m/h (21h00m/22h00m do dia 9 de Março), respectivamente (Figura 5-5 e Tabela 3 – Anexo II). A máxima taxa de erosão registada na margem S dá-se por volta das 22h54m onde se atingiram valores na ordem dos 4,69 m/h, enquanto a margem N ostentava uma ligeira diminuição, apresentando valores de 4,17 m/h (22h04m). Neste momento, o canal atingiu uma largura de aproximadamente 37,3 m (Figura 5-5 e Tabela 4 – Anexo II).

Por volta das 00h25m/00h30m as ondas do mar começaram a entrar na barra, mas as velocidades elevadas do fluxo de saída não permitiram a entrada de água oceânica no interior da laguna. Uma hora após ser atingido o pico do preia-mar oceânico (1,73 m (NMM) às 01h24m-01h54m, Porto de Sines), o fluxo atinge uma velocidade mínima de 0,57 m/s (Figura 5-5 e Tabela 2 – Anexo II). Por volta das 07h17m a largura do canal atingiu cerca de 47,3 m

(Figura 5-5 e Tabela 4 – Anexo II). Após o preia-mar e com a contínua descida da maré oceânica, a velocidade superficial de fluxo torna a aumentar, atingindo a sua velocidade máxima (4,31 m/s) no pico do baixa-mar (-1,41 m (NMM) às 08h00m, Porto de Sines).

A contínua descida do plano de água lagunar induziu uma diminuição da cota até aos 0,73 m (NMM), medida nas estacas graduadas, 0,78 m (NMM), medida pela estação total (11h00m de 10 de Março) e 0,79 m (NMM), medida pelo DGPS (11h16m) (Figura 5-4 e Tabela 1 – Anexo II). As medições efectuadas com a estação total diferem 0,05 m da leitura directa das estacas graduadas e 0,01 m da medição com o DGPS.

A inversão da maré oceânica proporcionou uma diminuição da velocidade de fluxo de escoamento de água lagunar, e por volta das 12h00m do dia 10 de Março dá-se a inversão do sentido do fluxo (com cerca de 3 horas e meia de desfasamento do preia-mar oceânico), indicando que, pela primeira vez desde a sua abertura, estava a ocorrer a entrada de água marinha para o interior da laguna. Esta entrada de água durou cerca de 3h30m (até às 15h30m do mesmo dia), altura em que ocorreu a segunda vazante lagunar, com uma velocidade média de aproximadamente 2,9 m/s, chegando ainda a atingir os 5 m/s no início da vazante (Figura 5-5). A entrada de água no interior da laguna provocou, por conseguinte, a subida da cota do plano de água lagunar até aos 1,33 m (NMM) (valor medido às 15h30m através da leitura das estacas graduadas) e 1,40 m (NMM) (valor medido às 14h00m com a estação total). Após este período, a cota do plano de água lagunar voltou a diminuir até cerca de 1,08 m (NMM) às 18h00m, altura em que se realizou a última medição com a estação total e até aos 0,84 m (NMM) por volta das 19h10m, altura em que se realizou a última leitura da estaca graduada (Figura 5-4 e Tabela 1 – Anexo II).

Em geral, as medições das cotas do plano de água lagunar através do DGPS estiveram em concordância com as medições efectuadas com a estação total, diferindo em média cerca de 0,01 m. Contudo, as medições realizadas pela leitura directa de estacas graduadas revelaram valores cerca de 0,08 m abaixo dos valores medidos pelos outros dois métodos. Este erro pode estar associado à falta de rigor ao pintar a escala nas estacas de madeira; à diversidade de pessoas que realizaram esta tarefa, não sendo sempre o mesmo operador a fazer a leitura; e à existência de ondulação que não permitia uma correcta leitura do nível nas estacas.

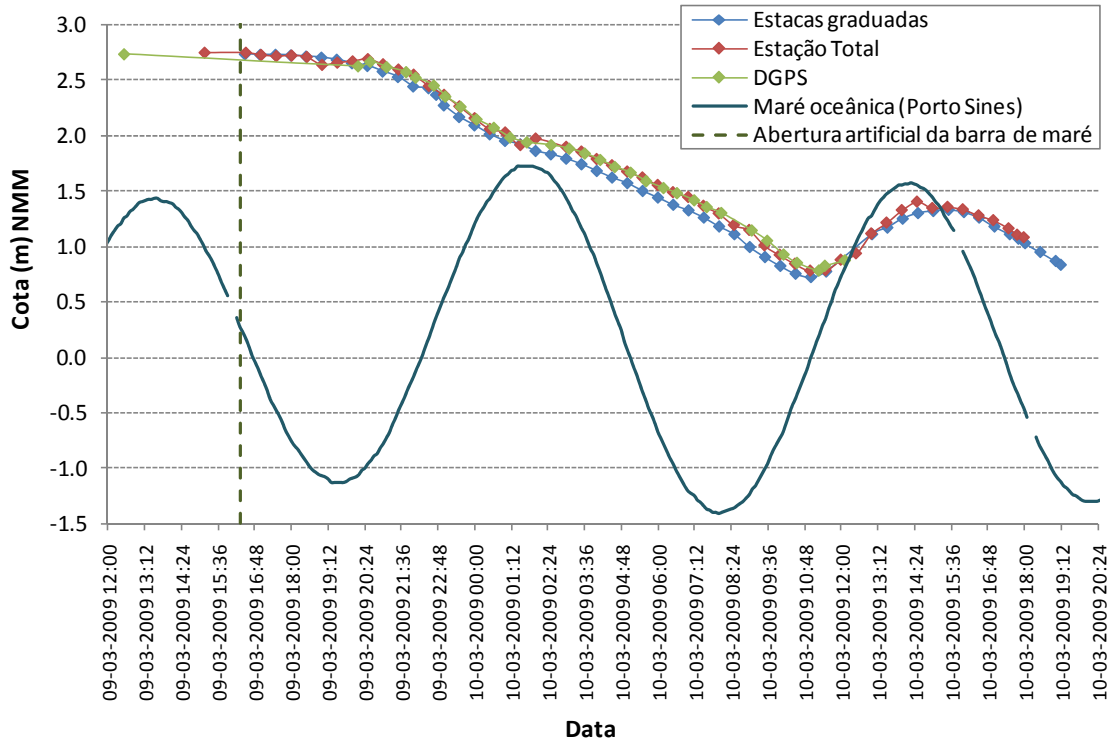


Figura 5-4: Variação da cota do plano de água lagunar através da leitura de estacas graduadas, estação total e DGPS e da maré oceânica registada pelo marégrafo de Sines, durante os dias 9 e 10 de Março de 2009.

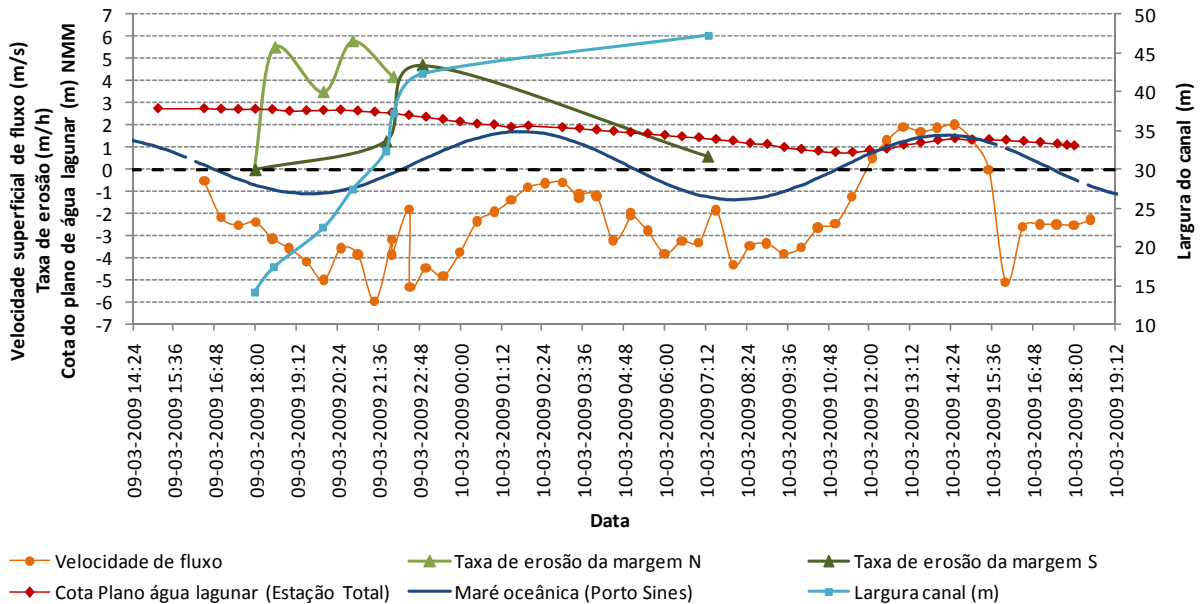


Figura 5-5: Variação da velocidade superficial de fluxo na barra (valores negativos indicam o sentido laguna-mar e valores positivos o sentido mar-laguna), da cota do plano de água medida com a estação total, da taxa de erosão da margem N e S do canal, da largura do canal e da maré oceânica registada pelo marégrafo de Sines, durante os dias 9 e 10 de Março de 2009.

5.3. Parâmetros físico-químicos da água

As características físico-químicas do corpo aquoso lagunar são essencialmente controladas pelos factores climáticos e pelas trocas estabelecidas com a água do mar em período de barra aberta ou através de galgamentos oceânicos da barreira arenosa. Para além da precipitação que, directamente ou através das linhas de água, promove a introdução de água doce no sistema, também a temperatura, com influência directa na evaporação, e o vento, que através da acção sobre a superfície da massa de água promove a mistura da coluna de água, desempenham um papel importante nas características físico-químicas do corpo de água lagunar, que são assim marcadamente sazonais.

Mackenzie *et al.* (1995) referem que a maior parte das lagunas costeiras com profundidades superiores a 2 m encontram-se estratificadas a maior parte do ano, desenvolvendo uma zona superficial menos densa denominada de *Epilimnion* e uma zona inferior mais densa constituindo o *Hipolimnion*. Estas zonas encontram-se separadas por uma zona de transição – *Metalimnion* – onde se registam as variações bruscas dos parâmetros físico-químicos da massa de água.

As condições de barra fechada favorecem normalmente o desenvolvimento de estratificação da massa de água, com expressão na distribuição vertical dos parâmetros físico-químicos. Contudo, se a profundidade for reduzida ou se ocorrerem ventos intensos, podem desencadear-se condições de turbulência suficientes para induzir a homogeneização da coluna de água (Freitas *et al.*, 2002). Com a barra aberta, a massa de água é de modo geral homogeneizada.

A Lagoa de Santo André, devido à sua complexa morfologia com um corpo lagunar principal, uma faixa mais próxima dos principais tributários e zonas confinadas, apresenta um padrão evolutivo dependente da posição dentro do sistema. Assim, de acordo com Cruces (2001), foi possível diferenciar no espaço lagunar três zonas principais: o corpo lagunar principal (Zona I), a zona com maior influência dos tributários (Zona II) e a zona dos Poços (Zona III) (Figura 5-6), porque, embora façam parte do mesmo sistema lagunar, apresentam um comportamento diferenciado, com zonas de maior influência marinha (Zona I), continental (Zona II) ou com maior grau de confinamento (Zona III); os Poços da Zona IIIA apresentam, embora que deficiente, comunicação com a Zona I e II e os Poços da Zona IIIB não comunicam com a Zona I e II e comunicam deficientemente com a Zona IIIA.

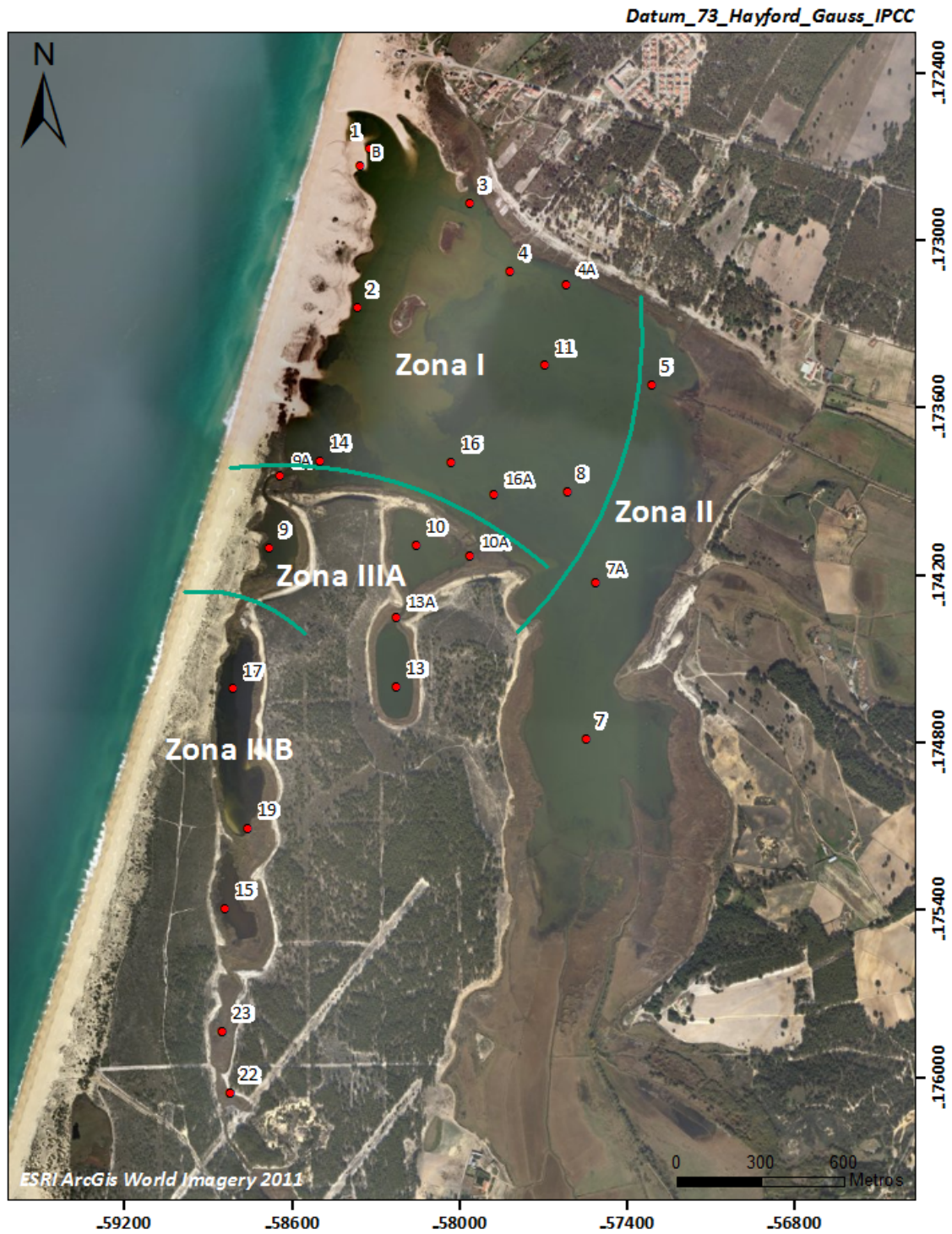


Figura 5-6: Localização das estações de amostragem para a monitorização da qualidade da água e diferenciação das diferentes zonas em função das características físico-químicas do corpo aquoso, realizada em ArcMap.

Salinidade e condutividade

A salinidade é definida como a massa total de sais dissolvidos por kilograma de água depois de todo o carbonato ter sido convertido em óxido, todos os brometos e iodetos terem sido substituídos pelo cloro e toda a matéria orgânica ter sido oxidada (Ivanoff, 1972, *in* Cruces, 2001). É um parâmetro que não pode ser medido, mas é deduzido através da *clorinidade* ou da *condutividade eléctrica*. A condutividade da água constitui uma medida da capacidade de determinada solução conduzir a corrente eléctrica, dependendo do número de iões por unidade de volume da solução e representa o somatório das contribuições de todos os iões presentes (Willard *et al.*, 1974, *in* Matos, 1991).

O parâmetro salinidade é bastante importante, sendo utilizado por vários autores para classificar os diversos domínios ambientais nos sistemas lagunares. De acordo com a salinidade à superfície, Barnes (1980) considera quatro zonas fundamentais, podendo, cada corpo lagunar, possuir desde uma, no caso de lagunas de pequena a média dimensão, até três dessas zonas, no caso de lagunas de maiores dimensões, embora que esporadicamente:

- Zona de água doce;
- Zona de água salobra;
- Zona de água do mar;
- Zona hipersalina.

A evolução temporal da salinidade é controlada pela precipitação, pela temperatura e pela entrada de água oceânica na laguna (quer por galgamentos da barreira arenosa, quer pela barra de maré). Os dois primeiros factores estão directamente relacionados com as condições meteorológicas da região, em que o aumento da temperatura, em épocas secas, promove os fenómenos de evaporação, favorecendo o aumento da salinidade; e o aumento da precipitação, em épocas invernosas, provoca adição de água doce, induzindo a sua diminuição. A entrada de água oceânica através dos galgamentos do cordão arenoso ou pela abertura artificial ou natural da barra de maré, favorecem o aumento da salinidade no corpo lagunar, sendo este aumento tanto maior quanto maior for o volume de água salgada misturada no sistema. A conjugação destes factores pode ser responsável pela estratificação da coluna de água.

Existem diversas classificações para a salinidade; contudo, considerando o teor em sais dissolvidos (salinidade), é utilizada a classificação proposta por Cowardin *et al.* (1985) para ambientes estuarinos e lagunares (Tabela 5-2), igualmente utilizada por Cruces (2001).

Tabela 5-2: Classificação da salinidade proposta por Cowardin *et al.* (1985).

Classificação		Salinidade (‰)
Hiperhalina		>40
Euhalina		30 - 40
Salobra	Polihalina	18 - 30
	Mesohalina	5 - 18
	Oligohalina	0.5 - 5
Doce		0 - 0.5

Oxigênio Dissolvido (O.D.)

A concentração de oxigênio dissolvido é uma das variáveis mais importantes para a determinação das características químicas e biológicas da água, sendo essencial ao metabolismo respiratório da maior parte dos organismos aquáticos. A dinâmica da distribuição do oxigênio é marcada por um equilíbrio entre as entradas da atmosfera e da fotossíntese e as perdas devidas às oxidações químicas e bióticas (Wetzel, 1993). A presença/ausência de organismos fotossintéticos, a capacidade de penetração da luz, a turbulência da água, a quantidade de matéria orgânica em decomposição, a temperatura e a salinidade são os principais factores que controlam a quantidade deste parâmetro na coluna de água (Cruces, 2001). Segundo Beer (1983), *in* Freitas (1995), a percentagem de saturação em O.D. pode ser calculada através do conhecimento do valor do O.D. medido (*DO*) e da concentração de saturação (*DO_s*), através da expressão:

$$\%Saturação = \frac{DO}{DO_s} \times 100$$

Assim, a água pode estar em equilíbrio com a atmosfera, definindo-se como saturada (valores próximos de 100 %), sobressaturada quando os valores são superiores a 100 %, e subsaturada se as percentagens obtidas forem inferiores a 100 %.

O teor de oxigénio dissolvido é, igualmente, variável ao longo do ano e na coluna de água. Em corpos aquosos estratificados, registam-se, normalmente, valores de O.D. mais baixos no *hipolimnion* do que no *epilimnion* e no *metalimnion*, uma vez que é mais junto à superfície que o consumo de oxigénio é compensado pelos processos de circulação e de fotossíntese. A perda de oxigénio verificada no *hipolimnion* dá-se essencialmente pela oxidação biológica da matéria orgânica. Embora a respiração vegetal e animal possa consumir grandes quantidades de O.D., o maior consumo é feito pela decomposição bacteriana da matéria orgânica que sofre decomposição (Wetzel, 1993). A decomposição das macrófitas após a estação de crescimento, no fim do Verão quando as temperaturas são ainda elevadas, pode ser tão intensa que provoca redução do conteúdo de oxigénio até próximo da anoxia (Wetzel, 1993). A zona de transição entre a massa aquosa superior oxigenada e a inferior que pode ser anóxica denomina-se *oxiclina* (Cruces, 2001). A actividade biológica e os gases resultantes do processo respiração/fotossíntese induzem variações diárias nos níveis de O.D. e consequentemente no pH (Barnes, 1980).

pH

O pH representa a concentração de iões hidrogénio (H^+) presentes numa solução; contudo, a sua quantidade é em número bastante reduzido, pelo que é definido como o simétrico do logaritmo decimal da concentração de hidrogeniões, expresso em mol/L (Chang, 1994, in Abreu *et al.*, 2010):

$$pH = -\log[H^+]$$

As alterações do pH são, de um modo geral, consequência da presença de CO_2 na água, uma vez que a interacção desta molécula com a água vai originar um ácido fraco – ácido carbónico (H_2CO_3) – que se decompõe rapidamente em hidrogénio (H^+) e bicarbonato (HCO_3^-). O dióxido de carbono pode ser proveniente da atmosfera, através da dissolução do CO_2 atmosférico pela chuva, da alteração das rochas, da acção dos organismos ou mesmo da

decomposição da matéria orgânica (Cruces, 2001). O processo de fotossíntese efectuado pelas plantas aquáticas ou outros organismos fotossintéticos promove um aumento dos níveis de pH, pois são utilizadas grandes quantidades de dióxido de carbono. Daí que, durante o dia, quando a fotossíntese atinge o seu máximo, o pH pode assumir níveis mais altos, enquanto durante a noite, o pH atinge valores mais baixos. O processo de decomposição faz baixar o pH, pois ocorre aumento das concentrações de CO₂.

Através do pH são distinguidos vários tipos de ambientes, pelo que, na representação dos dados, utilizou-se a classificação proposta por Teodorovich (Tabela 5-3), já usada por Freitas (1989; 1995) na Lagoa de Óbidos e Albufeira, respectivamente, por Matos (1991) na Lagoa de Santo André e por Cruces (2001) na Lagoa de Melides e Santo André.

Tabela 5-3: Classificação dos ambientes consoante os valores de pH, de acordo com a proposta de Teodorovich.

Ambiente	pH
Fortemente alcalino	> 9
Alcalino	9 – 8
Fracamente alcalino	8 – 7.2
Neutro	7.2 – 6.6
Ligeiramente ácido	6.6 – 5.5
Ácido	5.5 – 2.1

Eh

O Eh é um parâmetro que mede a capacidade de um determinado ambiente fornecer electrões a um agente oxidante (reduzindo-o) ou em retirar electrões a um agente redutor (oxidando-o), tal como o pH de um ambiente mede a sua capacidade de fornecer hidrogeniões a uma base ou de os retirar a um ácido (Krauskopf & Bird, 1995, *in* Cruces, 2001). A matéria orgânica funciona como forte redutor, uma vez que reduz o oxigénio e liberta CO₂. Num ambiente, quando o oxigénio é inexistente ou foi totalmente consumido, a oxidação da matéria orgânica dá-se através de um conjunto de reacções que representam estados de Eh mais baixos. À medida que a concentração de oxigénio se aproxima de zero e surgem as

condições de anoxia, o Eh diminui bruscamente (Wetzel, 1993). Assim, a disponibilidade de oxigénio dissolvido é directamente proporcional aos valores de Eh.

Temperatura

A temperatura de um corpo aquoso lagunar é um parâmetro físico que pode ser considerado como um balanço térmico entre os fenómenos de radiação e de difusão da massa de água. A maior fonte de calor é a radiação solar absorvida directamente pela água, existindo também alguma transferência de calor do ar atmosférico e dos sedimentos; contudo, em profundidades reduzidas, esta transferência é diminuta quando comparada com a absorção directa (Wetzel, 1993). Os sistemas lagunares perdem algum calor por condução específica para a atmosfera e, em menor quantidade, para os sedimentos, mas também por evaporação; no entanto, como a condutividade térmica da água é bastante baixa, a perda de calor é predominantemente um fenómeno de superfície, restrito aos primeiros centímetros de água (Freitas, 1995). A retenção de calor está ligada a factores que influenciam a sua distribuição dentro do sistema, como o trabalho físico realizado pela energia eólica, correntes e outros movimentos da água, morfometria da bacia e perdas de água pelo sistema (Wetzel, 1993). A absorção de energia luminosa aumenta de modo notório com a presença de matéria orgânica dissolvida.

Quando as diferenças de temperatura geram camadas de água com diferentes densidades, formando uma barreira física que impede que se misturem, o calor não se distribui uniformemente na coluna de água, criando condições de estratificação térmica. Quando existe estratificação térmica, denomina-se *termoclina* à zona de transição entre a massa de água superficial e a massa de água mais profunda.

Os perfis verticais de temperatura experimentam alterações sazonais consoante as condições meteorológicas verificadas nas diferentes estações do ano que ostentam temperaturas do ar variáveis, sendo mais elevadas durante o Verão e mais baixas no Inverno. No período mais quente do ano, a camada superficial da massa de água adquire uma temperatura nitidamente superior relativamente à subjacente e, conseqüentemente, formam-se correntes de convecção na massa de água superior que, no entanto, não provocam a mistura com a água mais fria. Estabelece-se, portanto, um gradiente de temperatura desde a

superfície até ao fundo do corpo de água. Daí que, segundo Wetzel (1993), durante o Verão o perfil vertical típico da temperatura é caracterizado pela existência de um estrato superior de água mais ou menos uniformemente aquecida que circula, bastante turbulenta (*epilimnion*), flutuando sobre uma camada mais fria e relativamente inalterada (*hipolimnion*). O estrato entre o *epilimnion* e o *hipolimnion* (*metalimnion*) caracteriza-se por uma forte descontinuidade térmica. No fim do Verão, as descidas da temperatura do ar têm como consequência um arrefecimento das águas, verificando-se uma diminuição no estrato de descontinuidade térmica, que vai progressivamente descendo em profundidade até se desvanecer completamente, promovendo a mistura de toda a massa de água, pelo que a temperatura do *epilimnion* decresce até um valor próximo da existente no *hipolimnion*. Durante o período invernos, é típico observar-se uma estratificação térmica invertida, em que a água mais fria se sobrepõe à água mais quente. Com o contínuo aquecimento da temperatura do ar com a chegada da Primavera, começam a gerar-se, novamente, condições para a formação da estratificação térmica com temperaturas mais elevadas à superfície. Naturalmente cada sistema possui um padrão específico de estratificação em função das suas características e particularidades.

Turbidez

A turbidez é um parâmetro físico que avalia a capacidade de penetração da luz num corpo de água e pode ser registada recorrendo a um turbidímetro ou a um disco de Secchi. O aumento da turbidez da água pode ser devido ao aumento de partículas sólidas em suspensão de natureza variada, que dificultam a passagem de luz. A presença de vegetação abundante junto ao fundo pode, também, ser um factor limitador da propagação da luz na coluna de água, interferindo nos valores de turbidez.

O estudo dos parâmetros físico-químicos da água é bastante importante e necessário para a análise e controlo do estado das massas de água superficiais (Rios, Lagos, Águas de Transição e Águas Costeiras) e subterrâneas. A Directiva Quadro da Água (DQA), no anexo V, define elementos de qualidade para a classificação do estado ecológico de águas superficiais através de indicadores de qualidade biológica, hidromorfológica e físico-química (como por exemplo: as condições térmicas, as condições de oxigenação, a transparência, a salinidade e as condições relativas aos nutrientes para Águas de Transição e Costeiras). São, pois, estabelecidas condições hidromorfológicas e físico-químicas específicas que representem os valores dos elementos de qualidade para cada tipo de massa de água superficial num estado ecológico que varia entre Excelente, Bom e Razoável (Decreto-Lei nº77/2006). Para a conservação dos ecossistemas aquáticos, o quadro normativo da DQA impõe frequências de monitorização que tenham em conta a variabilidade dos parâmetros resultante tanto das condições naturais como das condições antropogénicas. Os momentos para a realização da monitorização são seleccionados de modo a minimizar o impacte das variações sazonais nos resultados, garantindo assim que estes reflectam as alterações registadas na massa de água, em resultado de pressões antropogénicas. Para atingir esse objectivo deve-se, quando necessário, realizar a monitorização suplementar em estações diferentes do ano (Decreto-lei nº 77/2006).

5.3.1. Antes da abertura artificial da barra de maré (26.02.2009)

Durante a campanha de 26 de Fevereiro de 2009 (Campanha SA1) foram avaliadas 13 estações (Tabela 4-4) e a cota do plano de água lagunar era de 2,73 m (NMM). As profundidades máximas registadas foram, então, obtidas no canal (estação 2) e no Poço do Pinheiro (estação 13), com 3,90 e 4,0 m, respectivamente. As condições máximas de penetração da luz não ultrapassaram os 2,6 m de profundidade nas estações observadas, coincidindo com o fundo lagunar apenas nas estações 4 e 10 (Figura 5-7). As zonas com profundidades mais elevadas, como é o caso dos Poços do Pinheiro (estação 13) e da Zimbreira (estação 17) e o canal principal (estação 2), a penetração da luz ficou reduzida aos primeiros metros da coluna de água, indicando haver maior turbidez junto ao fundo devido, essencialmente, a uma maior concentração de partículas em suspensão na água (Figura 5-7).

Antes da abertura artificial da barra de maré (Março de 2009), a laguna continha uma massa de água estratificada, encontrando-se diferenças entre o corpo de água lagunar principal e a zona dos poços (Figura 5-8). No corpo de água principal (Zona I), a estratificação da coluna de água com a diferenciação das três zonas de características distintas (*epilimnion*, *metalimnion* e *hipolimnion*) só foi detectável em locais onde a profundidade ultrapassou os 2,8 m (estação 2 e 8). A zona mais superficial (*epilimnion*), até aos 2,5-3 m de profundidade, apresentava-se homogénea com salinidades e condutividades entre 6,5 e 6,8 ‰ e 11,2 e 11,6 mS/cm, respectivamente (água mesohalina), com O.D. a variar entre 8,70 e 10,19 mg/L, a saturação em O.D. entre 85 e 98,2 % (subsaturada a saturada) e o pH com valores de ambientes alcalinos (8,50 e 8,63) (Figura 5-8 e Tabela 3 – Anexo III). Entre os 2,5 e os 3,5 m de profundidade é visível um patamar que se caracteriza por modificações bruscas dos referidos parâmetros (*metalimnion*), estando muito bem definido pela *oxiclina*. Neste estrato, passa-se para valores de 9,7 ‰ e 16,6 mS/cm de salinidade e condutividade, respectivamente (água mesohalina) e uma diminuição acentuada no O.D. e na saturação de O.D., atingindo valores próximos da anoxia (0,25 mg/L e 2,4 %, respectivamente) (Figura 5-8 e Tabela 3 – Anexo III). O pH desce para valores típicos de ambientes fracamente alcalinos (7,48). Apenas no canal (estação 2), onde a profundidade atingida é máxima, é visível o *hipolimnion* com valores de saturação de O.D. e O.D. de 1,3 % e 0,12 mg/L, respectivamente e valores de pH de 7,38, coincidindo com o baixo potencial redox (Eh) que varia de 163,6 (aos 2,5 m de profundidade na estação 1) a 67,3 mV (aos 3,9 m na estação 2) (Tabela 3 – Anexo III).

As estações 5 e 7, situadas na faixa com maior influência dos tributários, apresentaram um comportamento análogo às do corpo de água principal com menor profundidade. A coluna de água encontrava-se homogénea, com valores de salinidade e condutividade típicos de águas mesohalinas (6,3 e 6,6 ‰ e 11,0 e 11,5 mS/cm, respectivamente), valores de O.D. e saturação de O.D. de 8,10-9,80 mg/L e 80,5-91 %, respectivamente e valores de pH típicos de ambientes alcalinos, entre os 8,13 e 8,50 (Figura 5-8 e Tabela 3 – Anexo III).

O comportamento nos poços é ligeiramente divergente, revelando características que dependem da maior ou menor conexão com o corpo lagunar principal. Os Poços do Ortigão (estação 9), dos Alguidares (estação 10) e também do Pinheiro (estação 13) reflectem uma maior influência de trocas estabelecidas com o corpo lagunar principal, como consequência da sua maior proximidade. No entanto, o estrato superficial que existia nos poços era de menor espessura (1,5-2 m) do que o verificado na Zona I (Figura 5-8). Esta menor espessura pode ter

sido consequência de estes, por constituírem zonas confinadas, se encontrarem mais protegidos do vento, facto que inibe uma maior turbulência das águas superficiais e, por sua vez, a homogeneização da massa de água. Até aos 2 m de profundidade esta massa de água apresentava características análogas às encontradas no estrato superficial do corpo de água principal, com salinidades e condutividades típicas de ambientes mesohalinos (6,6 - 6,9 ‰ e 11,4-11,9 mS/cm, respectivamente), O.D. e saturação de O.D. típicas de águas subsaturadas a saturadas (8,16-9,90 mg/L e 80-98,8 %, respectivamente), pH alcalinos (8,31-8,50) e Eh de ambientes oxidantes (124,7-114,2 mV à superfície e 26,6 mV junto ao fundo; 1,5 m) (Tabela 3 – Anexo III). A massa de água que separava a zona mais superficial da zona mais profunda (*metalimnion*), bem marcada pela *haloclina* e *oxclina*, caracterizava-se por uma descida brusca nos valores de O.D., saturação de O.D. e pH e uma subida nos valores de salinidade e condutividade. Assim, no *hipolimnion*, a água atingiu valores de salinidade e condutividade que variavam entre 9,3 e 14,5 ‰ e entre 15,8 e 24,2 mS/cm, respectivamente, valores baixos de O.D. (anoxia) e saturação de O.D. (0,28-0,05 mg/L e 2,9-0,4 %, respectivamente) e valores de pH que passavam de fracamente alcalinos para neutros (7,24-7,38 para 7,17-6,98), coincidindo com valores de Eh bastante reduzidos, característicos de ambientes redutores (-225 a -322 mV) (Figura 5-8 e Tabela 3 – Anexo III).

Os Poços da Zimbreira (estação 17) e dos Caniços (estação 15), que se encontram ainda mais afastados do corpo de água principal, apresentavam uma massa de água relativamente homogénea de acordo com os valores de salinidade e condutividade (9,1-10,5 ‰ e 15,6-17,8 mS/cm, respectivamente), que, apesar de serem valores mais elevados que os descritos anteriormente, continuam a ser característicos de águas mesohalinas (Figura 5-8 e Tabela 3 – Anexo III). Por sua vez, os valores de O.D. e saturação de O.D., reflectiam-se num perfil vertical estratificado, com valores mais elevados à superfície (7,10-9,50 mg/L, 68-93 %, respectivamente) e mais baixos junto ao fundo em condições claramente anóxicas (0,50 mg/L e 5,3 %, respectivamente). Deste modo, o *epilimnion* encontrava-se subsaturado a saturado e o *hipolimnion* subsaturado, em condições de extrema anoxia. Note-se que foi no Poço dos Caniços que se encontraram os valores mais baixos de pH, típicos de ambientes fracamente alcalinos à superfície (7,57) e de ambientes neutros junto ao fundo (7,17). Os valores mais elevados de pH encontraram-se, portanto, na Zona I e nas áreas que se encontravam em contacto directo com esta (Zona II e Zona IIIA), enquanto nas zonas mais afastadas do corpo principal (Zona IIIB), os níveis de pH chegaram a atingir valores típicos de ambientes neutros. O

potencial redox (Eh) variou entre 51,5 e 117,2 mV à superfície e 28,5 e 117,1 mV no fundo (Tabela 3 – Anexo III).

A temperatura de toda a massa de água lagunar era bastante homogênea, sendo mais elevada à superfície (entre 14 e 15,3 °C), essencialmente devido à temperatura atmosférica, e ligeiramente mais baixa em profundidade, entre 13,7 e 15,2 °C (Figura 5-8 e Tabela 3 – Anexo III). Estes perfis verticais de temperatura são típicos da Primavera, com o contínuo aumento da temperatura do ar que promove o início da formação de estratificação térmica, revelando temperaturas mais elevadas à superfície. No entanto, nos Poços do Ortigão (estação 9) e da Zimbreira (estação 17), a temperatura é mais elevada em profundidade, visto que as temperaturas atmosféricas mais baixas promoveram o seu arrefecimento enquanto em profundidade se mantiveram as temperaturas ligeiramente superiores.

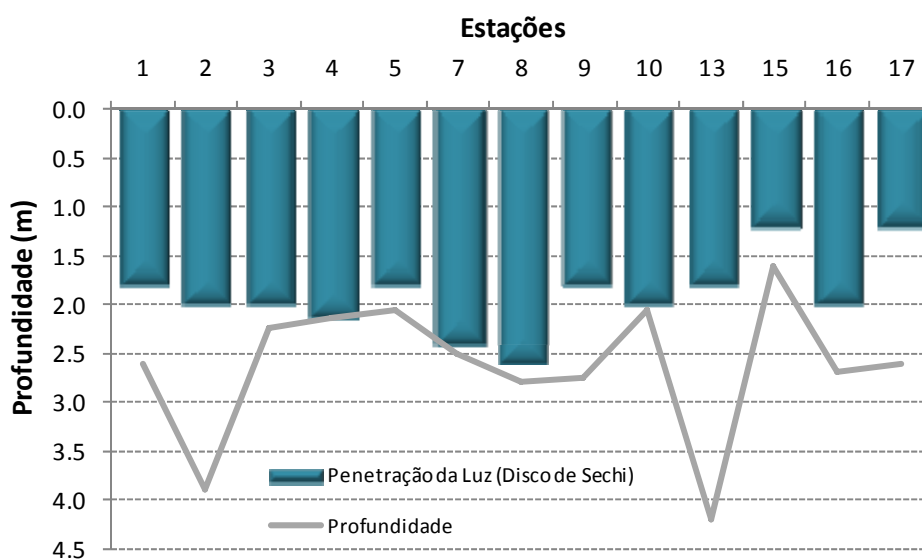


Figura 5-7: Profundidades máximas da observação do disco de Sechi no corpo aquoso da Lagoa de Santo André, representativas da máxima penetração da luz e respectivas profundidades de cada estação de amostragem, registadas durante a campanha de campo SA1 realizada no dia 26 de Fevereiro de 2009.

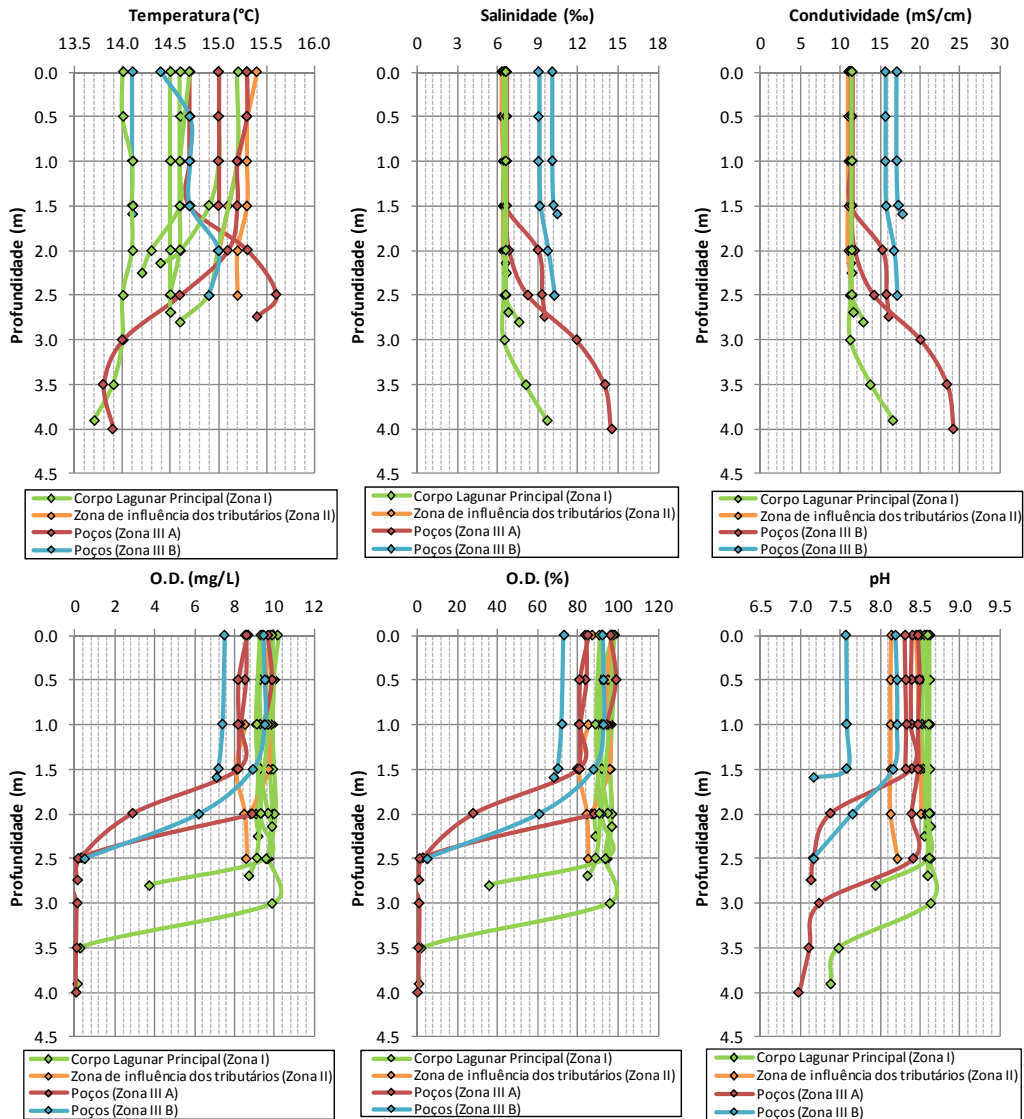


Figura 5-8: Variação vertical dos parâmetros físico-químicos da água na Lagoa de Santo André durante a campanha de campo SA1 realizada no dia 26 de Fevereiro de 2009, 12 dias antes da abertura artificial da barra de maré.

5.3.2. Durante a abertura artificial da barra de maré (9 e 10.03.2009)

A abertura da barra de maré da Lagoa de Santo André ocorreu no dia 9 de Março de 2009, por volta das 16h20m. Durante a abertura efectuou-se a observação das características da água na barra de maré e no mar durante aproximadamente 26 horas e, sempre que possível, de hora a hora (Figura 5-9 e Tabela 1 e 2 – Anexo III).

Durante a primeira descarga de água lagunar, que demorou cerca de 19h30m, a monitorização dos parâmetros físico-químicos indicaram a saída de águas lagunares com valores de salinidade e condutividade na ordem dos 5,9-6,4 ‰ e 10,5-11,3 mS/cm, respectivamente (Figura 5-9 e Tabela 1 e 2 – Anexo III). Por volta das 18h00m, cerca de 1 hora e 40 minutos após a abertura artificial da barra, a água na barra de maré tinha valores de salinidade de 6,4 ‰, condutividade de 11,33 mS/cm, O.D. de 7,87 mg/L, saturação em O.D. de 75,5 % e pH de 8.18 (Tabela 1 – Anexo III). Estas características (águas mesohalinas, subsaturadas e alcalinas) são idênticas às águas superficiais do corpo de água lagunar principal 12 dias antes da abertura da barra (26.02.2009), verificando-se, portanto, que a primeira descarga lagunar corresponde à saída das águas superficiais aprisionadas no interior da laguna.

Cerca de 2 horas após a abertura da barra, efectuaram-se medições dos parâmetros físico-químicos da água na estação 2, no canal principal (SA2), verificando-se que o corpo aquoso se encontrava praticamente homogéneo (Figura 5-10). A profundidade máxima observada era de 3,5 m, aproximadamente menos 0,4 m de coluna de água (igualmente verificado pela medição da cota do plano de água com a estação total; ver Tabela 1 – Anexo II), com valores de salinidade e condutividade de 6,4-6,5 ‰ e 11,2 mS/cm, respectivamente (Tabela 3 – Anexo III), não se registando a estratificação verificada 12 dias antes. O perfil de oxigénio revelou concentrações máximas entre 1 e 2 m (9,9-10,1 mg/L e 99-100 %), características de águas saturadas, assistindo-se a ligeira diminuição em profundidade, sendo os valores junto ao fundo de 8,9 mg/L e 87 % (Figura 5-10 e Tabela 3 – Anexo III), não se registando os valores anóxicos como na campanha anterior. Uma vez que a água que saiu inicialmente corresponde aos 0,4 m superficiais, a ausência dos valores próximos de zero para o oxigénio dissolvido e os valores mais elevados de salinidade junto ao fundo deverão ter sido consequência da turbulência que se gerou com a saída de água ou mesmo pela água proveniente de montante que se encontrava mais oxigenada e menos salina (zona II) que promoveu a mistura com o resto da coluna de água. A temperatura variava de 16 °C à

superfície e 14,5 °C junto ao fundo (Figura 5-10) e as variações da penetração da luz não excederam os 1,8 m de profundidade (Figura 5-11).

Como seria de esperar, a influência desta descarga inicial fez-se sentir nas águas oceânicas da praia a N da barra, registando-se uma importante diminuição da salinidade, principalmente durante o primeiro baixa-mar oceânico (Figura 5-9), que passou de 35,3 ‰ (águas euhalinas) para 9,5 ‰ (águas mesohalinas) e da condutividade que desceu de valores de 54,2 mS/cm para 16,3 mS/cm (Tabela 2 – Anexo III), até ao início do preia-mar oceânico (às 19h48m 09.03.2009, Porto de Sines). Durante o primeiro preia-mar oceânico que se seguiu à abertura artificial da barra, as elevadas velocidades de fluxo registadas no canal da barra inibiram a entrada de água salina no sistema lagunar, não se verificando, portanto, alterações nas características da água na barra de maré. Contudo, é possível verificar que no mar, a salinidade e a condutividade tornam a subir para valores característicos de águas euhalinas (35,4 ‰ e 55,1 mS/cm, respectivamente) e que no baixa-mar oceânico seguinte, os valores descem para 11,8 ‰ e 20 mS/cm (águas mesohalinas) (Figura 5-9 e Tabela 2 – Anexo III).

Por volta das 12h00m do dia 10 de Março, ocorreu a inversão do sentido de escoamento, embora corresponda ao segundo preia-mar oceânico registado após a abertura da barra, foi apenas neste período que se assistiu efectivamente à entrada de água oceânica no sistema lagunar. Verificou-se, portanto, a entrada de água salgada e límpida do mar, conduzindo a um significativo aumento da salinidade (17,1 ‰), da condutividade (28,10 mS/cm), de O.D. (6,17 mg/L) e saturação em O.D. (65,4 %) na água da barra de maré. Às 15h00m desse mesmo dia, três horas após a inversão do sentido de escoamento, a salinidade na barra atingiu valores de 35,0 ‰ e a condutividade aumentou para 53,90 mS/cm (Figura 5-9 e Tabela 1 – Anexo III), valores típicos de águas euhalinas. No entanto, a subida da maré também contribuiu para a recuperação da água no mar na praia a N da barra até valores de parâmetros físico-químicos habituais - salinidade com cerca de 35 ‰ e condutividade de 53,8 mS/cm (Tabela 2 – Anexo III).

Com o intuito de verificar a influência desta primeira enchente na água lagunar, avaliaram-se 7 estações (SA3), tendo sido a monitorização efectuada entre as 14h20m e as 16h00m do dia 10 de Março (PM oceânico, 14h00m – 14h18m, Porto Sines). Durante esta campanha de campo foi possível averiguar que a região vestibular do canal de enchente (estação 2) apresentava características reveladoras de uma maior influência marinha, encontrando-se homogénea em toda a sua profundidade, com valores de salinidade de 32,4-

33 ‰, condutividade de 50,7-51,5 mS/cm, O.D. de 8,25-8,50 mg/L e saturação O.D. de 98,8-102 % (Figura 5-12 e Tabela 3 – Anexo III). No restante espaço do corpo lagunar principal, a massa de água à superfície (0 a 0,5 m de profundidade) revelou características idênticas às registadas em barra fechada, águas mesohalinas com valores de salinidade a variar entre 6,0 e 9,0 ‰ e valores de condutividade a variar entre 10,4 e 14,5 mS/cm (Tabela 3 – Anexo III). No entanto, os valores de O.D. (10,20-12,0 mg/L) e saturação de O.D. (125-131 %) encontravam-se ligeiramente superiores, típicos de águas sobressaturadas. Em profundidade (abaixo dos 0,5 m), os parâmetros físico-químicos registados aproximavam-se das características das águas oceânicas, com salinidades a variar entre 29 e 32,9 ‰ (polihalinas a euhalinas), condutividade entre os 47,0 e 51,4 mS/cm, O.D. entre 8,10 e 9,10 mg/L e saturação de O.D. entre 98 e 110 % (saturada), o que significa que a água oceânica entrou e removeu o estrato inferior. A medição da variação da penetração da luz só foi efectuada na estação 3, verificando-se praticamente o fundo, pois apenas se registaram 10 cm de diferença entre o fundo e a profundidade da penetração da luz (Figura 5-13). O perfil da temperatura também se encontrava estratificado com valores mais elevados à superfície (17,7-19,4 °C) e águas mais frias junto ao fundo (14,7-15,8 °C), características de águas oceânicas (Figura 5-12 e Tabela 3 – Anexo III). No entanto, na região mais interna do corpo de água lagunar (estação 7 – Zona II), as características físico-químicas das águas são indicadoras de um grau de renovação menos eficiente, apresentando valores máximos de 25,7 ‰ de salinidade, 41,2 mS/cm de condutividade, 7,60 mg/L de O.D. e 89 % de saturação em O.D. (Figura 5-12 e Tabela 3 – Anexo III).

Quando se dá novamente a inversão no sentido de escoamento das águas (a partir das 16h00m do dia 10 de Março), ou seja, quando o fluxo passa a ser da laguna para o mar, as águas que escoam são uma mistura da água oceânica com as águas lagunares, pelo que a água na barra de maré apresenta características intermédias das duas. Apesar de serem poucas as medições efectuadas durante a segunda vazante, é possível verificar que a salinidade, a condutividade, o O.D. e a saturação em O.D. apresentavam valores de 12,5 ‰, 21 mS/cm, 7,93 mg/L e 83,1 %, respectivamente (Tabela 1 – Anexo III). Neste processo, verifica-se, novamente, a influência destas águas nas características dos parâmetros físico-químicos da água no mar, ocorrendo uma descida nos valores de salinidade e condutividade para valores de 23,0 ‰ e 26,9 mS/cm, respectivamente (Figura 5-9 e Tabela 2 – Anexo III).

Durante estas 26 horas de monitorização, a temperatura da água oscilou acompanhando, essencialmente, as variações diurnas e nocturnas, estando as águas lagunares

na zona da barra de maré cerca de 1 °C acima das águas oceânicas. Assim, desde a abertura artificial da barra, a temperatura das águas foi diminuindo progressivamente, atingindo o mínimo por volta das 02h00m do dia 10 de Março (14,3 °C na barra e 13,8 °C no mar), voltando a aumentar até sensivelmente às 11h00m (16,3 °C na barra e 15,6 °C no mar), altura em que ocorre nova diminuição devido à entrada de água oceânica dentro da laguna (Figura 5-9 e Tabela 1 e 2 – Anexo III). Quando o sentido do fluxo volta a ser da laguna para o oceano, é visível um novo aumento da temperatura das águas na barra e no mar, atingindo um máximo de 18,3 °C na barra e 16,8 °C no mar, por volta das 17h00m do dia 10 de Março (Tabela 1 e 2 – Anexo III).

Os valores de pH na água do mar mantiveram-se aproximadamente constantes ao longo do tempo, ocorrendo uma ligeira diminuição do pH na água na barra de maré durante o segundo preia-mar, passando de valores de aproximadamente 8,2 para cerca de 7,9 (Figura 5-9 e Tabela 1 – Anexo III). Os valores de Eh na água da barra registaram um progressivo aumento, passando de valores iniciais de 129 mV (às 15h24m no dia 9 de Março) para 255 mV (às 18h30 do dia 10 de Março), ocorrendo um acompanhamento desses valores nas características da água do mar, à excepção do segundo baixa-mar em que ocorre uma descida brusca para 101 mV (Figura 5-9 e Tabela 1 e 2 – Anexo III).

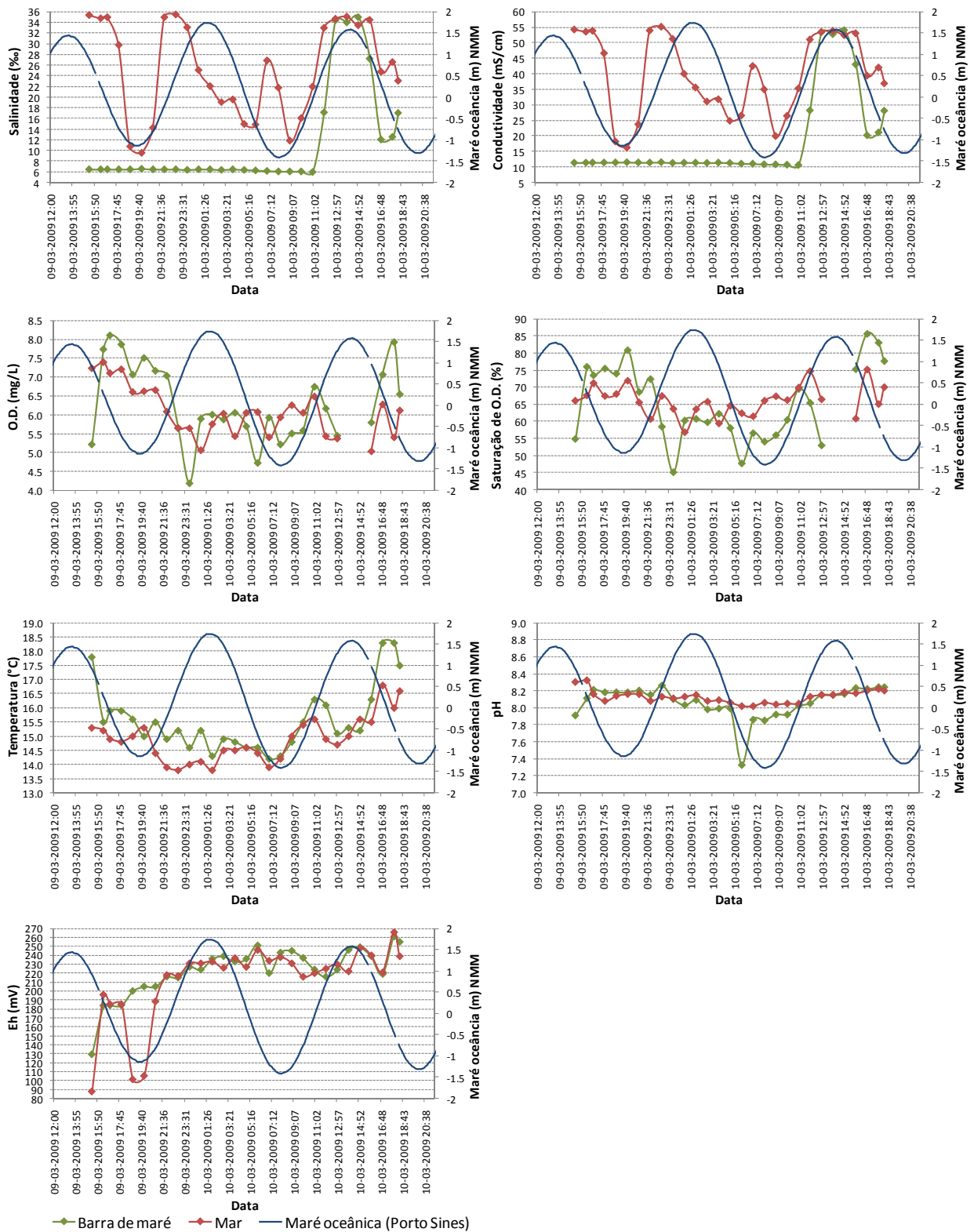


Figura 5-9: Variação dos parâmetros físico-químicos da água (salinidade, condutividade, O.D., saturação de O.D., temperatura, pH e Eh) na barra de maré e no mar e da maré oceânica registada pela bóia ondógrafo de Sines, durante os dias 9 e 10 de Março de 2009.

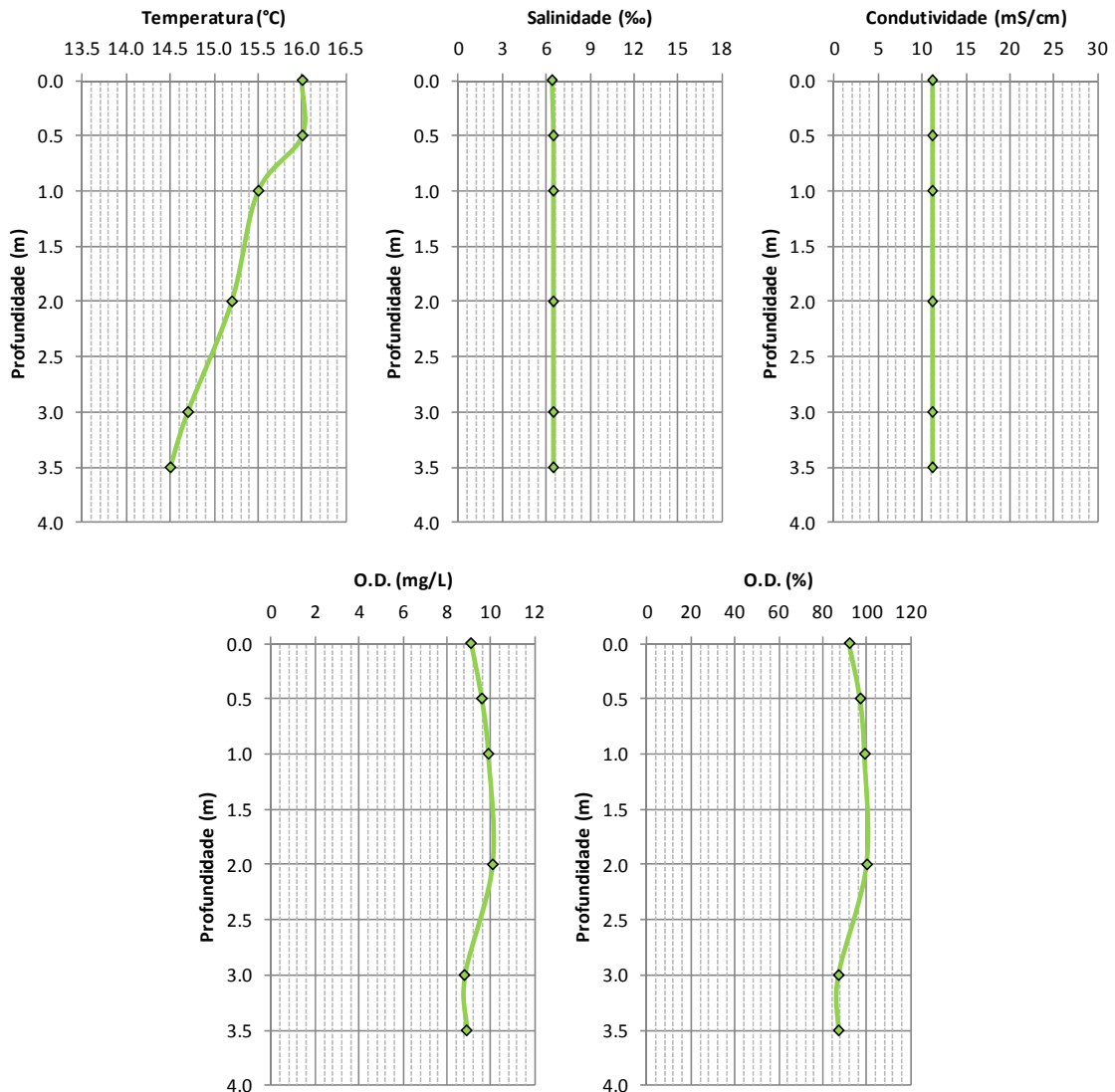


Figura 5-10: Variação vertical dos parâmetros físico-químicos da água na estação 2 da Lagoa de Santo André durante a campanha de campo SA2 realizada no dia 9 de Março de 2009, 2 horas após a abertura artificial da barra de maré.

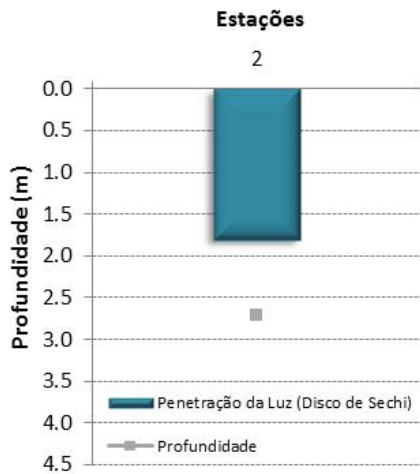


Figura 5-11: Profundidade máxima da observação do disco de Sechi no corpo aquoso da Lagoa de Santo André, representativa da máxima penetração da luz e respectiva profundidade da estação 2, registada durante a campanha de campo SA2 realizada no dia 9 de Março de 2009.

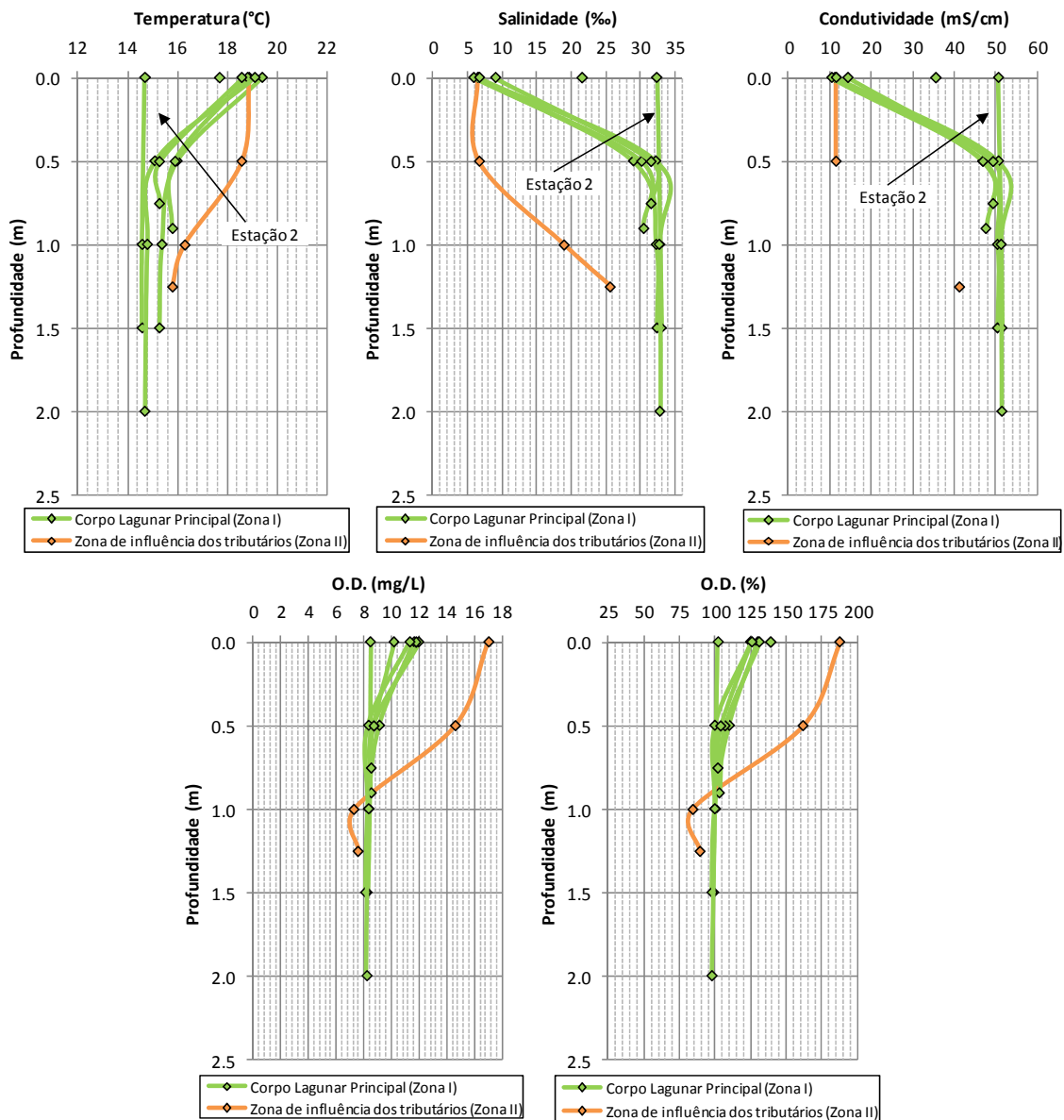


Figura 5-12: Variação vertical dos parâmetros físico-químicos da água na Lagoa de Santo André durante a campanha de campo SA3 realizada no dia 10 de Março de 2009, 1 dia após a abertura artificial da barra de maré.

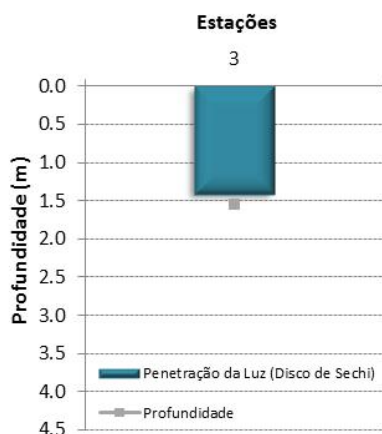


Figura 5-13: Profundidade máxima da observação do disco de Secchi no corpo aquoso da Lagoa de Santo André, representativa da máxima penetração da luz e respectiva profundidade da estação 3, registada durante a campanha de campo SA3 realizada no dia 10 de Março de 2009.

5.3.3. Após a abertura artificial da barra de maré (11.03.2009 a 20.03.2009)

No dia 11 de Março de 2009, dois dias após a abertura artificial da barra de maré, realizou-se a monitorização da qualidade da água deste espaço lagunar com o registo dos diferentes parâmetros em 10 estações de amostragem (SA4). Durante esta campanha assistiu-se à completa renovação da massa de água no interior do corpo de água lagunar principal (Zona I - estações 2, 3, 11 e 16). A massa aquosa adquiriu salinidade e condutividade idêntica à do oceano (35,1-35,8 ‰ e 54,0-55,1 mS/cm, respectivamente) em toda a espessura, caracterizando-se por águas euhalinas (Figura 5-14 e Tabela 3 – Anexo III). A contínua entrada de água salina oxigenada, promoveu a homogeneização da coluna de água e um ligeiro incremento do O.D. e da saturação de O.D., revelando valores de 8,30-8,60 mg/L e 100,1-105 % (saturada), respectivamente (Tabela 3 – Anexo III). As temperaturas registadas variavam entre 14,6 e 16,9 °C e o pH registava valores entre 8,22 e 8,30 (águas alcalinas) (Figura 5-14 e Tabela 3 – Anexo III), desaparecendo as características fracamente alcalinas registadas nas águas do fundo antes da abertura da barra de maré (estação 2 e 8). O Eh variou entre 178-207 mV à superfície e 200-212 mV junto ao fundo (Tabela 3 – Anexo III), tendo-se verificado aumento deste parâmetro quer nas águas superficiais quer nas águas do fundo, comparativamente aos valores registados para os mesmos níveis na campanha anterior à abertura da barra. O carácter mais oxidante registado na presente campanha vem igualmente confirmar a renovação das águas lagunares.

A Zona II (estação 7 e 7A), embora com uma coluna de água ligeiramente estratificada, apresentava semelhanças ao corpo de água lagunar principal (salinidade de 27,9 ‰ à superfície e 34,7 ‰ junto ao fundo; condutividade de 43,6 mS/cm à superfície e 53,4 mS/cm junto ao fundo; O.D. entre 7,80 e 7,99 mg/L junto ao fundo e entre 8,0 e 8,76 à superfície; saturação em O.D. de 99 % junto ao fundo e entre 103 e 112 % à superfície e pH mais homogéneo a variar entre 8,13 e 8,22) - águas polihalinas a euhalinas, saturadas e alcalinas (Figura 5-14 e Tabela 3 – Anexo III).

No Poço dos Alguidares (estação 10), as modificações verificadas nos parâmetros físico-químicos acompanharam, de certo modo, o ritmo do corpo lagunar principal (Zona I) e da Zona II (temperatura: 16,4 °C junto ao fundo e 20,4 °C à superfície; salinidade: 28,7 ‰ à superfície (polihalina) e 34,6 ‰ junto ao fundo (euhalina); condutividade: 44,3 mS/cm à superfície e 53,3 mS/cm junto ao fundo; O.D.: 7,70 mg/L à superfície e 8,30 mg/L no fundo;

saturação O.D.: 101,0 à superfície e 103,3 % junto ao fundo (saturada); pH: 8,16 à superfície e 8,22 junto ao fundo (água alcalina); Eh: 144 mV à superfície) (Tabela 3 – Anexo III). Contudo, a entrada de água marinha nos Poços do Ortigão (estação 9) e do Pinheiro (estação 13) foi muito mais lenta, pelo facto de estes se situarem em zonas mais confinadas. A água encontrava-se estratificada com valores de temperatura mais elevados (19,6-20,7 °C), valores de salinidade (10-13,3 ‰ - mesohalinas), condutividade (17-22,4 mS/cm), O.D. (1-5,40 mg/L) e saturação de O.D. (12,7-63 % - subsaturada) mais baixos à superfície (Figura 5-14 e Tabela 3 – Anexo III). Os valores de pH variavam entre 7,21 e 7,54, característicos de ambientes fracamente alcalinos e o Eh variava entre 117 e 201 mV. A massa de água mais profunda registava valores de temperatura entre os 15,5 e 17,5 °C, valores de salinidade e condutividade entre 19,9 e 27,1 ‰ (polihalinas) e 32,4 e 47,4 mS/cm, respectivamente e valores de O.D. e saturação de O.D. entre 2,60 e 4,50 mg/L e 30 e 54,1 % (subsaturada), respectivamente (Figura 5-14 e Tabela 3 – Anexo III). O pH apresentava valores típicos de ambientes neutros e alcalinos (7,03-8,01) e o Eh variava entre 124 e 163mV (Tabela 3 – Anexo III). Estas características sugerem a exportação da massa aquosa superficial das zonas confinadas após a abertura da barra de maré, deixando à superfície as anteriores águas profundas, anóxicas. A posterior entrada de água salina, mais densa, fez-se preferencialmente junto ao fundo, introduzindo aí oxigénio. Esta situação é bem observada na estação 13, onde o perfil de oxigénio estava invertido relativamente ao habitual (Figura 5-14).

A turbidez era muito baixa em todas as estações, visualizando-se sempre o fundo, excepto no Poço do Pinheiro (estação 13), onde a penetração da luz solar só alcançava metade da coluna de água (0,90 m) (Figura 5-15).

Quando a espessura de água é pequena, os processos de mistura são eficientes, promovendo a homogeneização completa da massa de água, registando-se no fundo valores idênticos aos da superfície. Durante a campanha de campo realizada no dia 20 de Março (SA5), 11 dias após a abertura artificial da barra, efectuaram-se medições em 8 estações da Zona I e II e a profundidade máxima atingida foi de 1,75 m, o que levou à existência de uma coluna de água bastante homogénea (Figura 5-16), com valores de salinidade de 31,0-33,3 ‰ – euhalinas, condutividade de 41,3-51,9 mS/cm, O.D. de 6,90-14,0 mg/L e de saturação de O.D. de 86-181 %, saturadas a sobressaturadas (Figura 5-16 e Tabela 3 – Anexo III). A temperatura registada variou entre 19,3 °C em zonas onde a coluna de água não excedeu os 0,2 m (estação 11) e 15 °C em zonas com profundidades mais elevadas, devendo-se essencialmente à hora a

que a temperatura foi medida em cada estação, uma vez que as temperaturas mais baixas foram obtidas durante manhã e as mais altas por volta das 12h. O pH revelou valores típicos de ambientes alcalinos (8,14-8,50) e o Eh variou entre 136mV e 233mV. A estação 7, uma vez que se encontra mais distante do canal de maré e mais próxima das descargas de água doce provenientes das ribeiras, registou valores mais baixos de salinidade (27,3 ‰, polihalina), podendo ser reflexo de uma ligeira componente de mistura com águas doces fluviais, O.D. de 5,10 mg/L, saturação de O.D. de 63,7 % (subsaturada), pH típico de ambientes fracamente alcalinos (7,74) e de Eh de 181 mV. A penetração da luz solar dá-se em toda a profundidade, em todas as estações, visualizando-se sempre o fundo (Figura 5-17).

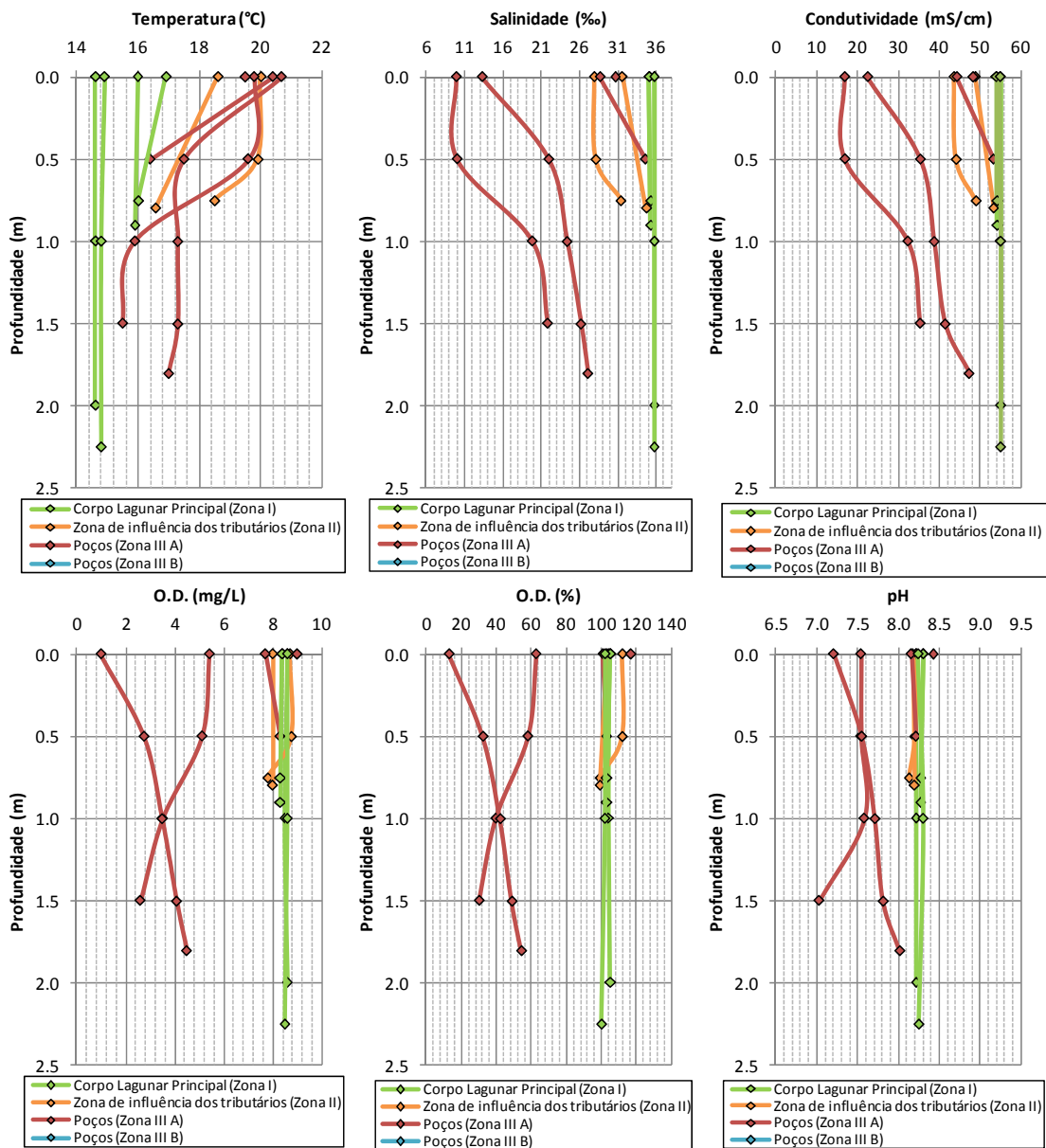


Figura 5-14: Variação vertical dos parâmetros físico-químicos da água na Lagoa de Santo André durante a campanha de campo SA4 realizada no dia 11 de Março de 2009, 2 dias após a abertura artificial da barra de maré.

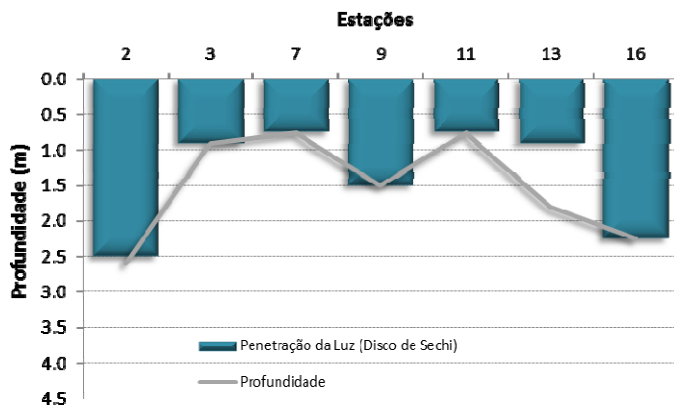


Figura 5-15: Profundidades máximas da observação do disco de Sechi no corpo aquoso da Lagoa de Santo André, representativas da máxima penetração da luz e respectivas profundidades de cada estação de amostragem, registadas durante a campanha de campo SA4 realizada no dia 11 de Março de 2009.

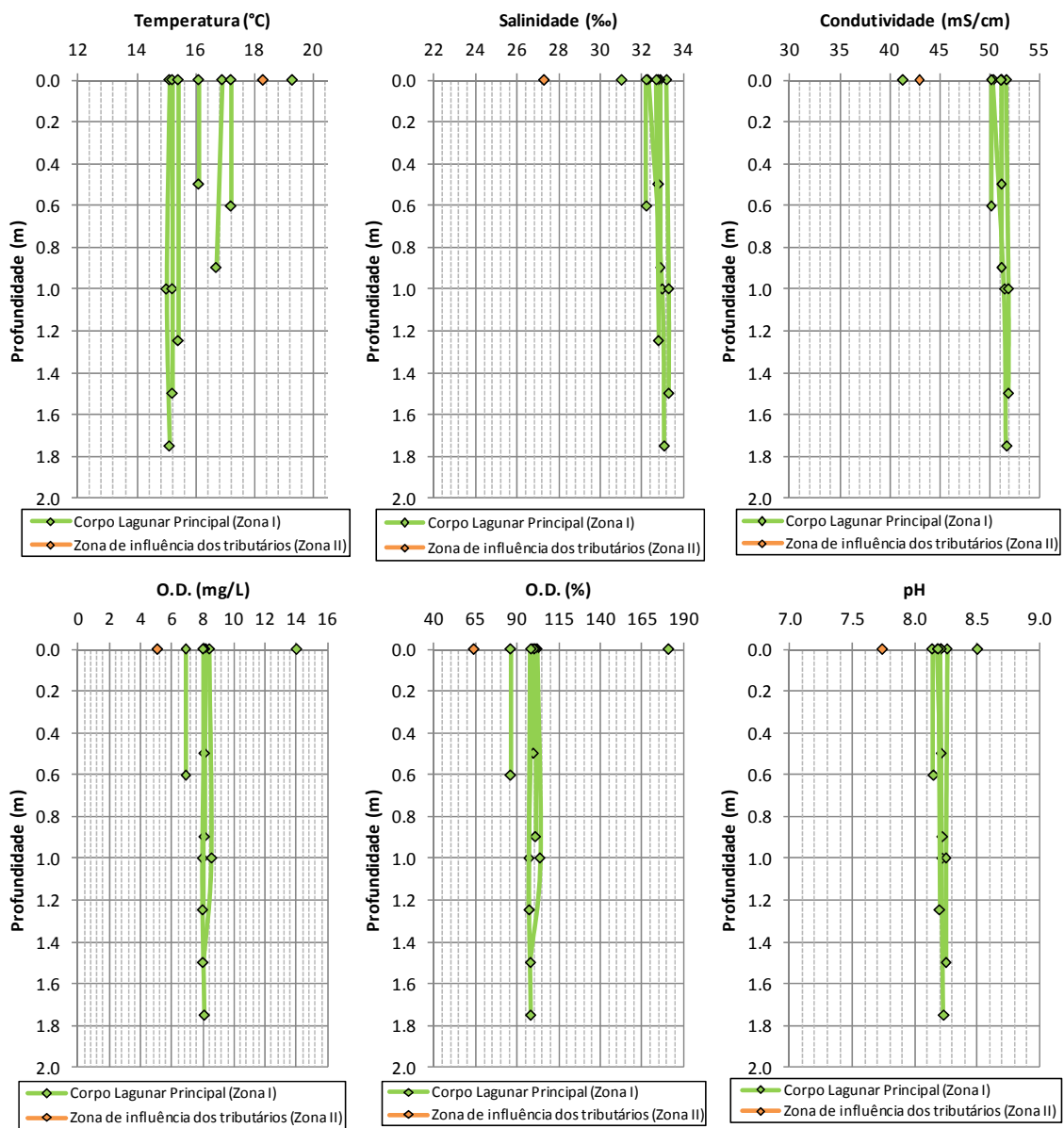


Figura 5-16: Variação vertical dos parâmetros físico-químicos da água na Lagoa de Santo André durante a campanha de campo SA5 realizada no dia 20 de Março de 2009, 11 dias após a abertura artificial da barra de maré.

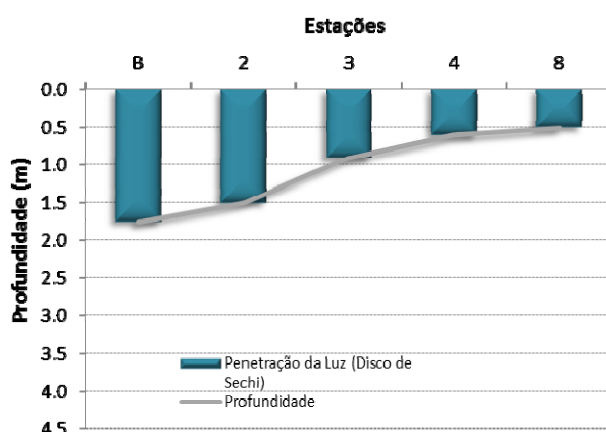


Figura 5-17: Profundidades máximas da observação do disco de Secchi no corpo aquoso da Lagoa de Santo André, representativas da máxima penetração da luz e respectivas profundidades de cada estação de amostragem, registadas durante a campanha de campo SA5 realizada no dia 20 de Março de 2009.

5.3.4. Após o encerramento natural da barra de maré (09.04.2009 a 23.03.2010)

No dia 9 de Abril de 2009 (SA6), três dias após o encerramento natural da barra de maré que ocorreu a 6 de Abril de 2009 (28 dias de barra activa), efectuaram-se medições em 15 estações e a coluna de água lagunar não excedia os 2 m de profundidade.

A Zona I apresentava-se, de uma forma geral, homogénea (Figura 5-18) com características idênticas às encontradas na água do mar: temperatura – 16,9 °C; salinidade – 33,5 ‰; condutividade – 52,1 mS/cm (medições efectuadas por volta das 15h00m do dia 9 de Abril de 2009). A massa de água encontrava-se, portanto, com valores de temperatura que variavam entre os 13,3 e os 18,3 °C; euhalina, com valores de salinidade e condutividade a variar entre 31,4 e 32,6 ‰ e 49,3 e 51 mS/cm, respectivamente; alcalina, com valores de pH entre 8,17 e 8,64; oxidante (Eh entre 178 e 207 mV) e límpida, com valores de turbidez a variar entre 0,8 e 3,0 NTU (Figura 5-18 e Tabela 3 – Anexo III). A saturação em O.D. e o O.D. apresentavam valores que variavam entre 57 e 104 % e 4,90 e 8,30 mg/L, respectivamente, indicando a presença de águas subsaturadas a saturadas.

A massa de água correspondente à Zona II apresentava valores de temperatura entre 13,9 e 16,7 °C, salinidade típica de águas polihalinas a euhalinas (29,5 a 32,1 ‰), condutividade a variar entre 46,8 e 50,4 mS/cm, pH típico de ambientes alcalinos (8,35 a 8,56) e O.D. e saturação de O.D. a variar entre 4,10 e 5,70 mg/L e 49 e 71 %, respectivamente, característico de águas subsaturadas. O Eh variava entre 199 e 202 mV e a turbidez era

substancialmente mais elevada que no restante corpo lagunar (2,5-19 NTU) (Figura 5-18 e Tabela 3 – Anexo III).

Nas zonas mais confinadas (Zona IIIA), tanto nos poços a oeste (estações 9 e 9A) como nos poços a este (estações 10, 10A, 13 e 13A), a massa de água encontrava-se estratificada (Figura 5-18). A zona mais superficial, ou seja, os primeiros 0,5-1 m de profundidade apresentava águas com temperaturas na ordem dos 15,7 a 20,5 °C, características mesohalinas a polihalinas (salinidade: 14,3-24,2 ‰, condutividade: 23,9-39,5 mS/cm), teores de O.D. e saturação em O.D. indicadores de águas subsaturadas a saturadas (4,60-8,10 mg/L e 56-99 %, respectivamente), alcalinas (pH a variar entre 8,80 e 8,35) e baixos valores de turbidez (1,3-5,4 NTU) (Figura 5-18 e Tabela 3 – Anexo III). Em profundidade registava-se um incremento na temperatura (19,5-24 °C), excepto no canal da restinga do Poço dos Alguidares (10A) e na entrada do Poço do Pinheiro (13A), onde se verificava uma diminuição da temperatura (14,7-15,9 °C). Os parâmetros da salinidade e da condutividade também aumentavam para valores entre 18 e 30,9 ‰ e 28,5 e 48,5 mS/cm, respectivamente, típico de águas polihalinas a euhalinas (Figura 5-18 e Tabela 3 – Anexo III). Relativamente à saturação em O.D. e ao O.D., as zonas confinadas revelaram características opostas. Enquanto os Poços a leste passavam para valores mais baixos (41 % e 3,4 mg/L, respectivamente), atingindo-se mesmo anoxia no Poço do Pinheiro (0,5 % e 0,04 mg/L), a oeste (Poço do Ortigão) verificou-se um aumento dos valores (129-210 % e 9,60-15,30 mg/L), atingindo-se concentrações sobressaturadas (Figura 5-18 e Tabela 3 – Anexo III). O diferente comportamento neste último poço sugere a existência de características que podem ter favorecido o desenvolvimento de importante comunidade fitoplanctónica (responsável pelos elevados teores de oxigénio diurnos – fotossíntese) mesmo junto ao fundo, uma vez que os níveis de turbidez eram baixos no resto da coluna de água (1,3-2,6 NTU) e ligeiramente mais elevados junto ao fundo (10 NTU), permitindo, mesmo assim, a penetração da luz solar em toda a coluna de água. Pelo contrário, no Poço do Pinheiro, os valores mais elevados de turbidez ocorrem associados a um aumento da temperatura, salinidade/condutividade e a uma diminuição do O.D., da percentagem de O.D. e do pH (6,88 - neutro). A ausência de oxigénio junto ao fundo deve-se à contínua degradação da matéria orgânica dos sedimentos vasosos e à reduzida taxa de renovação induzida pela actividade do vento na superfície do espelho de água.

As variações em profundidade do potencial redox (Eh) não são significativas, encontrando-se os valores dentro da mesma ordem de grandeza (187 a 243 mV). A penetração

da luz solar dá-se em toda a coluna de água, em todas as estações, revelando valores de turbidez baixos (0,8-4,2 NTU), excepto na estação 13, onde a penetração da luz solar não foi para além dos 0,9 m, em concordância com os elevados valores de turbidez registados pelo turbidímetro (11 NTU). O elevado valor de turbidez registado na estação 7 (19 NTU) deveu-se ao facto de a sonda ter levantado material do fundo, uma vez que estávamos perante uma coluna de água bastante pequena, que não ultrapassava os 0,5 m de profundidade, permitindo a penetração da luz solar em toda a profundidade (Figura 5-19).

Na campanha de campo realizada noventa e cinco dias após o encerramento (SA7 – 10.07.2009) efectuaram-se medições em 16 estações de amostragem e a profundidade máxima observada foi 1,4 m no canal principal (estação 2) e 2,1 m no Poço do Pinheiro (estação 13) (Figura 5-20). Durante esta campanha, a Zona I apresentava-se idêntica à campanha de campo anterior, não se registando grandes alterações na qualidade da água e a Zona II apresentava um comportamento homólogo ao do corpo lagunar principal. A massa de água encontrava-se homogénea com valores de temperatura elevados (22,1-27,5 °C) e salinidade e condutividade ligeiramente mais baixos, mas ainda assim típicas de águas euhalinas (30-31,7 ‰ e 46,6-48,6 mS/cm), incluindo as estações que se encontram mais afastadas da zona da embocadura (estações 5 e 7) (Figura 5-21 e Tabela 3 – Anexo III). A água apresentava-se com valores de O.D. e percentagem de O.D. entre 4,40 e 14 mg/L e entre 62 e 176 % (subsaturada a sobressaturada), respectivamente, alcalina (pH entre 8,59 e 8,95), à excepção da estação 4A que possui um pH fortemente alcalino (9,03) (Figura 5-21 e Tabela 3 – Anexo III) e límpida (1,5 e 7,7 NTU), visualizando-se sempre o fundo (Figura 5-20). As variações do potencial redox (Eh) à superfície não são significativas encontrando-se os valores dentro da mesma ordem de grandeza (147-175 mV) (Tabela 3 – Anexo III).

Na entrada do Poço do Ortigão (estação 9A) e no próprio Poço do Ortigão (9), a massa de água encontrava-se relativamente homogénea, revelando uma renovação bastante mais lenta que o corpo lagunar principal. Apresentava valores de temperatura entre 25,8 e 28,2 °C, valores de salinidade e condutividade característicos de águas polihalinas (23,5-29,5 ‰ e 37,4-45,5 mS/cm, respectivamente), saturação em O.D. e O.D. indicadores de águas saturadas a sobressaturadas (92-136 % e 7,60-11,10 mg/L, respectivamente) (Figura 5-21 e Tabela 3 – Anexo III) e pH indicador de águas alcalinas (8,46-8,91). As variações de potencial redox à superfície apresentavam valores da mesma ordem de grandeza que no corpo lagunar principal (157-175 mV). A penetração da luz solar dava-se em toda a coluna de água (Figura 5-20),

comprovando-se pela baixa turbidez registada (4,0-5,0 NTU). A elevada turbidez registada junto ao fundo na estação 9A (19 NTU) deverá ter sido consequência do levantamento de material por parte do aparelho, uma vez que a penetração da luz solar se dá em toda a profundidade.

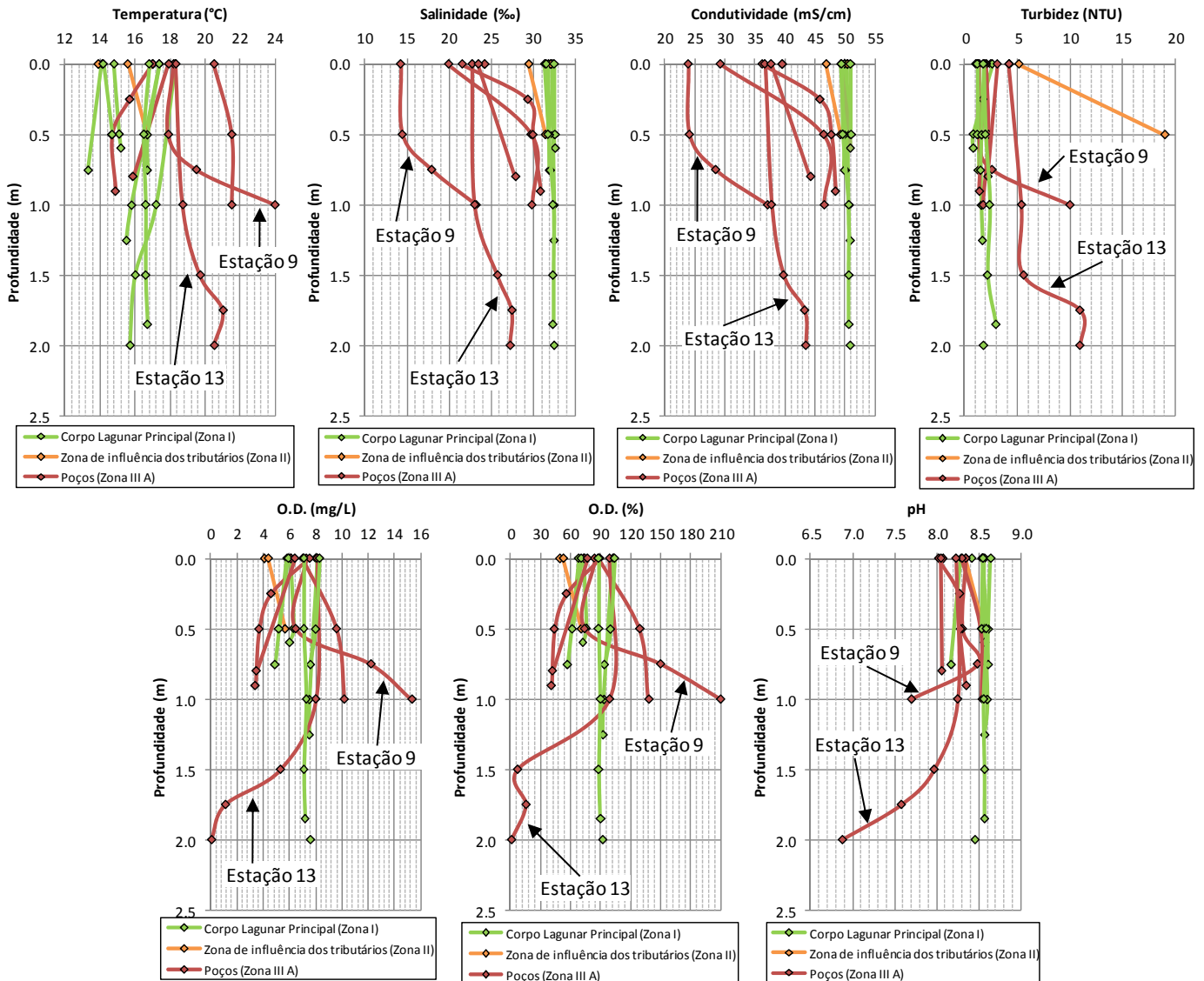


Figura 5-18: Variação vertical dos parâmetros físico-químicos da água na Lagoa de Santo André durante a campanha de campo SA6 realizada no dia 9 de Abril de 2009, 3 dias após o encerramento natural da barra de maré.

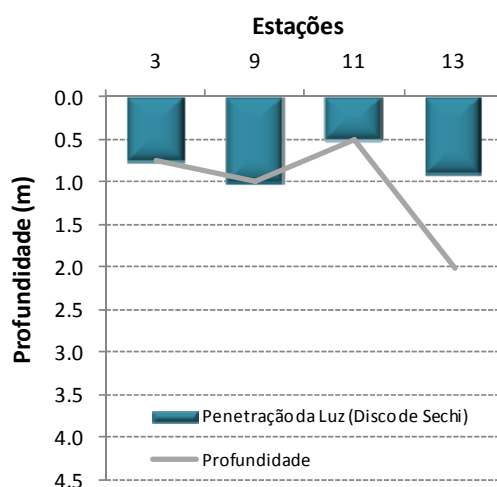


Figura 5-19: Profundidades máximas da observação do disco de Secchi no corpo aquoso da Lagoa de Santo André, representativas da máxima penetração da luz e respectivas profundidades de cada estação de amostragem, registadas durante a campanha de campo SA6 realizada no dia 9 de Abril de 2009.

No Poço dos Alguidares (estação 10), a coluna de água encontrava-se com características idênticas às encontradas na estação 9, à excepção do pH que era indicador de águas fortemente alcalinas (9,17). Contudo, no Poço do Pinheiro (estação 13 e 13A), a massa de água encontrava-se ligeiramente distinta apresentando valores de temperatura que variavam entre 26,1 e 27 °C à superfície e entre 25,5 e 25,6 °C no fundo, salinidades e condutividades baixas, características de águas polihalinas (superfície: 20,9-22,9 ‰ e 26,6-33,7 mS/cm; fundo: 21,2-25,6 ‰ e 34,1-39,8 mS/cm, respectivamente), percentagem de O.D. e O.D. característicos de águas subsaturadas (superfície: 82-86 % e 5,70-6,20 mg/L; fundo: 40-55 % e 3,30-4,0 mg/L, respectivamente) e pH indicadores de águas alcalinas à superfície (8,07-8,09) a fracamente alcalinas junto ao fundo (7,91-8,15) (Figura 5-21 e Tabela 3 – Anexo III). A penetração da luz solar não excedeu os 0,70 m (Figura 5-20), com valores elevados de turbidez de 11 e 10 NTU junto ao fundo. As variações em profundidade do potencial redox (Eh) não são significativas, encontrando-se os valores dentro da mesma ordem de grandeza (193-222 mV).

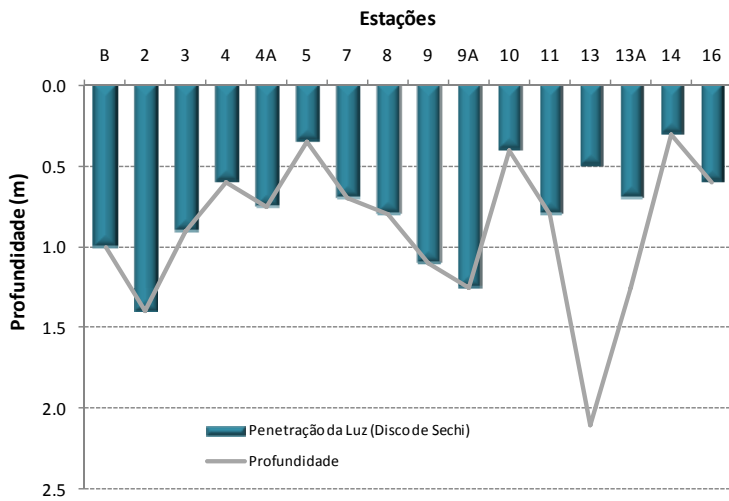


Figura 5-20: Profundidades máximas da observação do disco de Sechi no corpo aquoso da Lagoa de Santo André, representativas da máxima penetração da luz e respectivas profundidades de cada estação de amostragem, registadas durante a campanha de campo SA7 realizada no dia 10 de Julho de 2009.

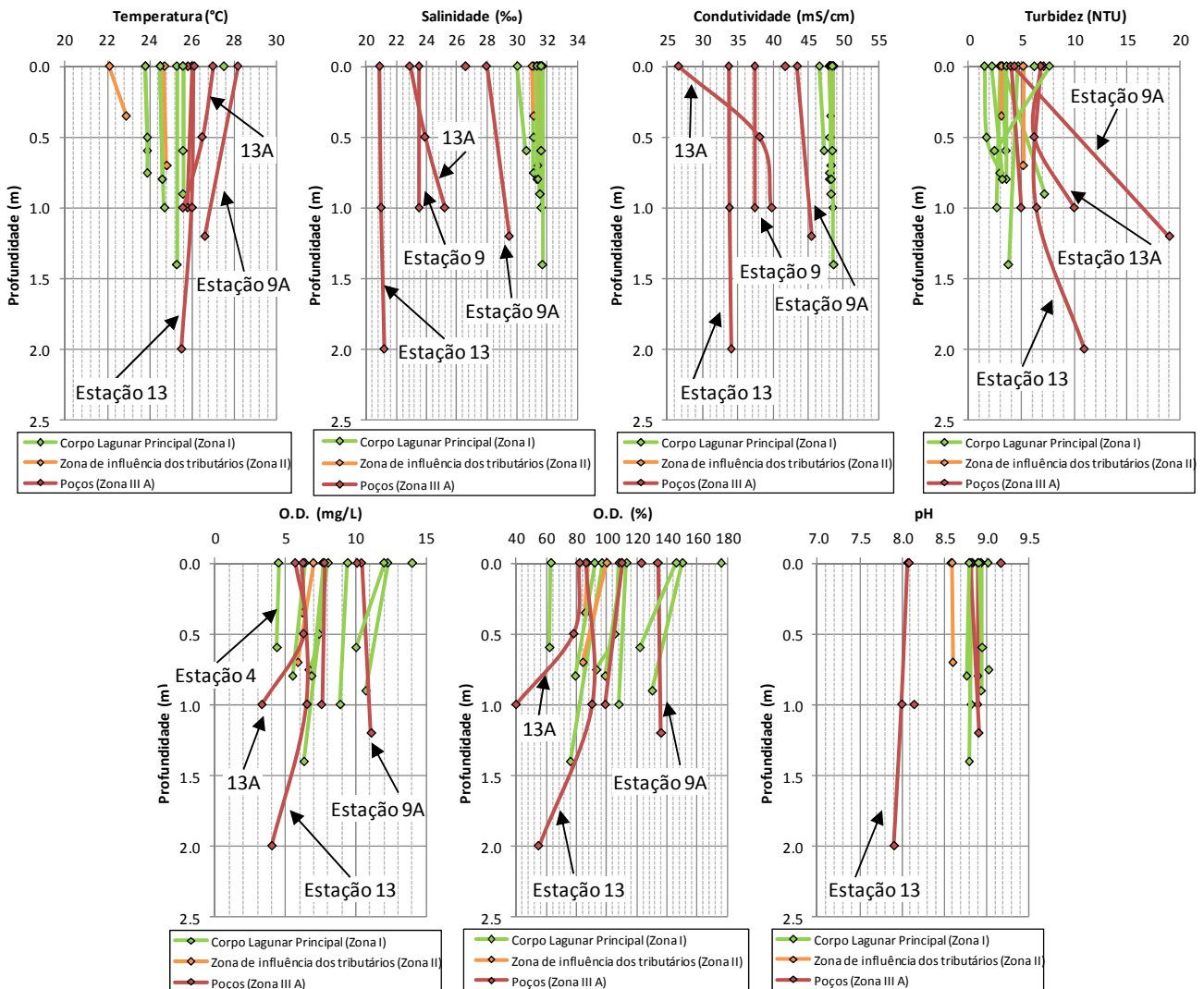


Figura 5-21: Variação vertical dos parâmetros físico-químicos da água na Lagoa de Santo André durante a campanha de campo SA7 realizada no dia 10 de Julho de 2009, 95 dias após o encerramento natural da barra de maré.

A campanha de campo SA8 foi realizada no dia 9 de Novembro de 2009 e efectuaram-se medições em 14 estações de amostragem, encontrando-se no canal principal e no Poço do Pinheiro as profundidades máximas observadas, com 1,9 e 2,1 m, respectivamente (Figura 5-22). Assim, cerca de 7 meses após o encerramento natural da barra de maré é visível que toda a massa de água da laguna se encontrava homogénea no que diz respeito aos parâmetros físico-químicos em profundidade, à excepção dos Poços do Ortigão e do Pinheiro que se encontravam estratificados. No entanto, a distribuição espacial dos diferentes parâmetros manifestava-se de forma distinta nas várias zonas da laguna.

A Zona I e a Zona II apresentavam as mesmas características que na campanha anterior, com salinidade a variar entre 30,0 e 30,7 ‰ (euhalina), condutividade entre 47 e 48,1 mS/cm, O.D. entre 9,90 e 13,20 mg/L, saturação em O.D. entre 101 e 139 % (saturada a sobressaturada), pH entre 8,53 e 8,81 (alcalino) (Figura 5-23 e Tabela 3 – Anexo III) e Eh entre 160 e 227 mV. A temperatura da massa de água era, como seria de esperar, mais baixa que na campanha anterior (17,1-18,2 °C), uma vez que esta campanha de campo foi realizada durante o mês de Novembro e a temperatura atmosférica do ar era substancialmente mais baixa (ver Figura 3-8). Apesar dos baixos valores de turbidez (5,6-7,7 NTU), a água encontrava-se muito menos límpida, não se visualizando o fundo no canal principal do corpo de água lagunar (estação 2), pois a penetração da luz não se fazia para além dos 1,3 m de profundidade (Figura 5-22).

A Zona IIIA ostentava uma menor renovação, com valores mais baixos que no corpo lagunar principal. A temperatura variava entre 17,4 e 18,5 °C e a salinidade e a condutividade encontravam-se típicas de águas polihalinas entre 24,0 e 29,3 ‰ e 38,5 e 46,1 mS/cm, respectivamente, à excepção da estação 9A que em profundidade aumentava para 30,0 ‰ e 47,1 mS/cm característica de águas euhalinas (Figura 5-23 e Tabela 3 – Anexo III). O perfil de O.D. e saturação em O.D. encontrava-se estratificado apenas nos Poços do Ortigão e do Pinheiro, uma vez que no Poço dos Alguidares a profundidade não ultrapassava os 0,5 m. Assim, o Poço do Ortigão apresentava valores de 9,20 mg/L e 96 % à superfície, atingindo valores próximos de anoxia junto ao fundo (0,60 mg/L e 5 %), o Poço do Pinheiro continha valores de 16,5 mg/L e 173 % à superfície e 11 mg/L e 115 % junto ao fundo e o Poço dos Alguidares demonstrava valores entre os 13 e 14 mg/L e os 138 e 149 %, típicos de águas sobressaturadas (Figura 5-21 e Tabela 3 – Anexo II). Comparativamente à campanha anterior verifica-se, na generalidade, um aumento nos valores de O.D. e percentagem de O.D., à

excepção da diminuição destes valores junto ao fundo no Poço do Ortigão. O perfil de pH encontrava-se homogéneo, com valores a variar entre 8,46 e 8,70, típico de águas alcalinas, à excepção da entrada do Poço do Ortigão (estação 9A) e do respectivo Poço (estação 9) que apresentavam perfis estratificados e opostos. A estação 9A apresentava valores de 7,91, típico de ambientes fracamente alcalinos à superfície e 8,66, típico de ambientes alcalinos junto ao fundo e a estação 9 continha valores de pH típico de ambientes alcalinos à superfície (8,15) e valores típicos de ambientes fracamente alcalinos junto ao fundo (7,90). A penetração da luz só se fez sentir em toda a profundidade na estação 9A e 10, apesar dos elevados valores de turbidez (6-25 NTU), não ultrapassando os 0,9 m na estação 9 e 13, associados aos elevados valores de turbidez (6,4 – 16,5 NTU) (Figura 5-22 e 5-23).

A Zona IIIB, não foi alvo de registo em todas as campanhas de campo decorridas desde a abertura artificial da barra de maré devido à diminuta profundidade que dificultou o acesso por parte da embarcação, pelo que só é possível comparar com a campanha de campo realizada antes da abertura (26.02.2009). É notório que devido à sua diminuta profundidade os processos de evaporação promoveram um ligeiro aumento na salinidade, condutividade e pH e o próprio vento que gera turbulência e promove entrada de oxigénio atmosférico na coluna de água fez aumentar o O.D. e a saturação de O.D., induzindo a homogeneização da massa de água. Contudo, os aumentos registados nestes parâmetros podem, igualmente, ser indicadores de alguma renovação da massa de água, fruto da abertura artificial da barra de maré. Os valores de salinidade e condutividade apresentavam-se típicos de águas mesohalinas (12,1 ‰ e 20,3 mS/cm) à excepção da estação 15 que apresentava valores típicos de águas polihalinas (21,9 ‰ e 35,5 mS/cm), os valores de O.D. e saturação de O.D. eram característicos de águas subsaturadas a saturadas (8,60-9,30 mg/L e 87,3-95 %, respectivamente), o pH registava valores de ambientes alcalinos (8,32-8,43) (Figura 5-23 e Tabela 3 – Anexo III) e o Eh variava entre 107 e 152 mV. A penetração da luz solar fazia-se sentir em toda a profundidade da coluna de água, acompanhada pelos valores baixos de turbidez (1,2-3,7 NTU) (Figura 5-22 e 5-23).

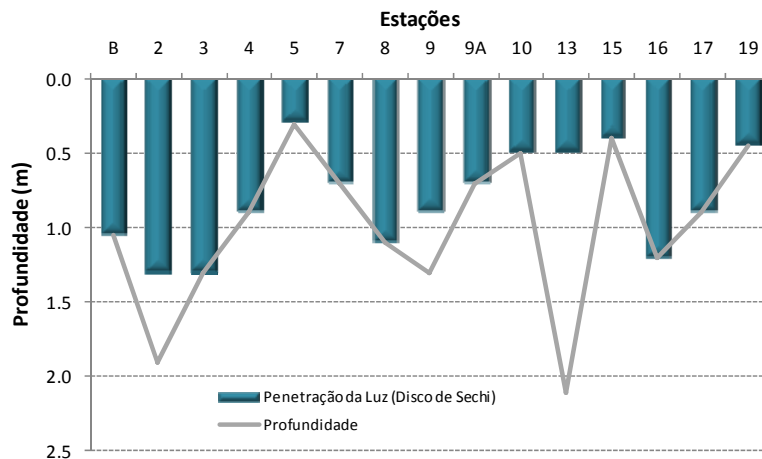


Figura 5-22: Profundidades máximas da observação do disco de Secchi no corpo aquoso da Lagoa de Santo André, representativas da máxima penetração da luz e respectivas profundidades de cada estação de amostragem, registadas durante a campanha de campo SA8 realizada no dia 9 de Novembro de 2009.

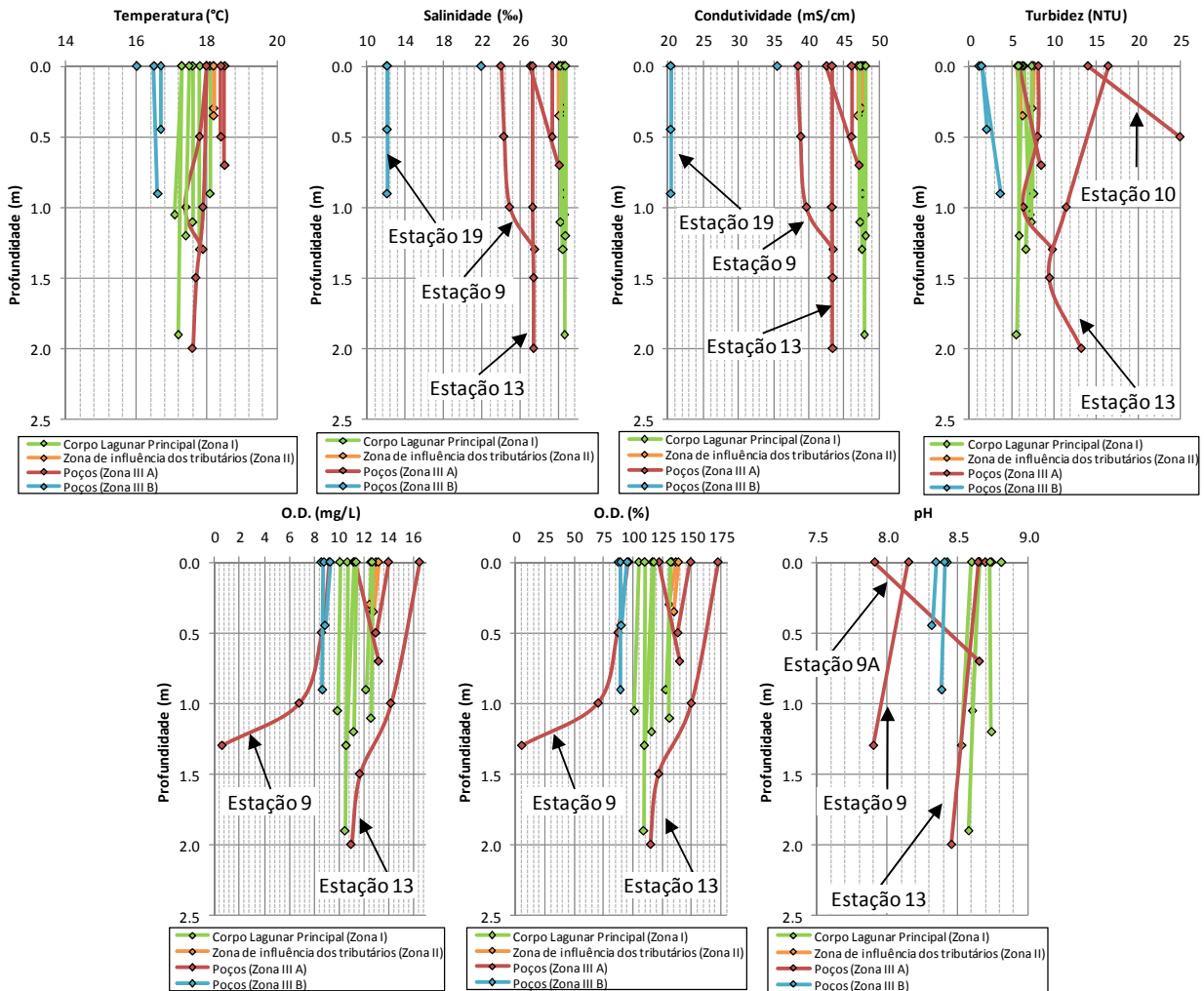


Figura 5-23: Variação vertical dos parâmetros físico-químicos da água na Lagoa de Santo André durante a campanha de campo SA8 realizada no dia 9 de Novembro de 2009, 217 dias após o encerramento natural da barra de maré.

A última campanha de campo, SA9, (23.03.2010) foi efectuada imediatamente antes da reabertura da barra de maré que ocorreu a 28 de Março de 2010, após uma época invernal bastante pluviosa (ver Figura 3-10) e fizeram-se registos em 12 estações de amostragem. As profundidades eram substancialmente maiores que as observadas na campanha de 26 de Fevereiro de 2009 (SA1), antes da abertura de 2009, com valores de profundidades máximas de 5,50 m no Poço do Pinheiro, 5,40 m no canal principal, 5,20 m junto à antiga barra de maré e 5,0 m no Poço do Zimbreira (Tabela 3 – Anexo III). A penetração da luz solar não se fez sentir para além dos 2 m de profundidade, à excepção da zona mais a sul do Poço do Parral (estação 22 e 23) que, devido à sua reduzida profundidade, permitiu a penetração da luz em toda a coluna de água (Figura 5-24). Apesar das elevadas profundidades, a Zona I e a Zona II não apresentavam estratificação nos perfis da temperatura, salinidade e condutividade como era visível na campanha SA1, encontrando-se estratificados apenas os perfis de O.D. e saturação de O.D., enquanto o restante espaço lagunar revelava estratificação em todos os parâmetros físico-químicos medidos (Figura 5-25). Este facto deve-se aos ventos fortes registados durante os meses iniciais de 2010 (ver Tabela 3-2) que promoveram a turbulência das águas e, conseqüentemente, a sua homogeneização.

O corpo lagunar principal e a zona de maior influência dos tributários continham, portanto, uma massa de água homogénea com valores de salinidade e condutividade consideravelmente mais baixos e a variar entre 2,5 e 3,6 ‰ e 4,5 e 5,3 mS/cm, típica de águas oligohalinas, Eh entre 231 e 252 mV e a turbidez entre 1,5 e 10,1 NTU (Figura 5-25 e Tabela 3 – Anexo III). A estratificação da coluna de água nos perfis de O.D. e saturação de O.D. evidenciava a existência de uma zona superficial (*epilimnion*) até aos 3-3,5 m de profundidade com valores típicos de águas subsaturadas a saturadas (8,10 – 10,10 mg/L e 85-109 %, respectivamente), à excepção da estação 7 cuja zona superficial não ultrapassava os 2 m de profundidade e os valores variavam entre 9,90 – 10 mg/L e 106-108 %, características de águas saturadas (Figura 5-25 e Tabela 3 – Anexo III). A zona mais profunda é caracterizada por modificações bruscas nos referidos parâmetros (*metalimnion*), estando bem definida pela *oxiclina* na estação 8 e 7, não se chegando a visualizar o *hipolimnion*. Neste estrato, assistiu-se à diminuição do O.D. e saturação de O.D. para valores de 2,50-8,30 mg/L e 26-85,6 %, respectivamente, típicos de águas subsaturadas. O pH variou entre 8,23 e 8,41 à superfície, típico de ambientes alcalinos e 7,85 e 8,12 junto ao fundo, típico de ambientes fracamente alcalinos a alcalinos (Figura 5-25 e Tabela 3 – Anexo III).

Os Poços mais próximos e com maior influência do corpo lagunar principal (Zona IIIA) revelavam, como já foi dito anteriormente, uma coluna de água estratificada, no entanto, o estrato superior era de menor espessura que o encontrado na Zona I, tal como se verificou na campanha SA1. Junto à superfície, as temperaturas eram superiores, variando entre 19,0 e 19,5 °C, diminuindo em profundidade até aos 14,8-16,4 °C (aproximadamente aos 4 m de profundidade); contudo, as elevadas profundidades observadas no Poço do Pinheiro (5,5 m), revelaram um ligeiro aumento da temperatura (15,7 °C) (Figura 5-25 e Tabela 3 – Anexo III), possivelmente devido à elevada decomposição de matéria orgânica que se concentrava junto ao fundo. Tal como na campanha SA1, os perfis verticais de temperatura revelavam características dos perfis típicos da temperatura na passagem da Primavera para o Verão. Até aos 3,5 m de profundidade (*epilimnion*), a coluna de água evidenciava salinidades e condutividades características de águas oligohalinas (2,5-3,4 ‰ e 4,5-6,2 mS/cm, respectivamente), tal como encontrado nas Zonas I e II. No entanto, o *epilimnion* dos perfis de O.D. e saturação de O.D. no Poço do Ortigão e do Pinheiro era mais reduzido, com profundidades até aos 1,5-2 m e no Poço dos Alguidares o estrato superficial desenvolvia-se até aos 3 m de profundidade, revelando valores típicos de águas saturadas (8,70-10,20 mg/L e 92 e 112 %). O *metalimnion*, que se encontrava bem marcado pela *oxiclina* e *haloclina*, caracterizava-se por uma descida brusca nos valores de O.D. e saturação de O.D. (0,12-0,33 mg/L e 1,2-3,3 %, respectivamente) e uma subida nos valores de salinidade e condutividade, passando para águas típicas mesohalinas (5,0-17,6 ‰ e 9,0-29,4 mS/cm, respectivamente). O *hipolimnion*, apenas visível no Poço do Pinheiro, apresentava uma massa de água típica de águas polihalinas e subsaturadas, atingindo mesmo valores de anoxia (25,6 ‰ e 41,1 mS/cm; 0,03 mg/L e 0,3 %) (Figura 5-25 e Tabela 3 – Anexo III). Tal como nas Zonas I e II, o pH variava de valores típicos de ambientes alcalinos à superfície (8,31-8,48) a valores típicos de ambientes fracamente alcalinos junto ao fundo (7,40-7,76). O perfil de turbidez revelava-se relativamente homogéneo (1,2-4,0 NTU), à excepção de dois picos de turbidez verificados aos 4 m no Poço do Ortigão (70 NTU) e aos 4,5 m no Poço do Pinheiro (13 NTU) (Figura 5-25 e Tabela 3 – Anexo III). A turbidez verificada junto ao fundo no Poço do Ortigão terá sido originada, possivelmente, pela remobilização e suspensão dos sedimentos por parte das sondas.

Os Poços que se encontram mais confinados (Zona IIIB) apresentavam-se igualmente estratificados, todavia, no que diz respeito ao perfil de temperatura, salinidade, condutividade e turbidez, o estrato superior da coluna de água ostentava profundidades distintas em todas as

estações. Assim, na estação 22 o estrato superior estava confinado aos primeiros 0,5 m; na estação 23 aos primeiros 1,5 m; na estação 15 a massa de água superficial estendia-se até aos 2 m de profundidade e na estação 17, o *epilimnion* encontrava-se confinado aos primeiros 2,5 m de profundidade. Devido às reduzidas profundidades registadas nas duas primeiras estações, só na estação 15 e 17 é que foi possível visualizar o *hipolimnion*. Deste modo, a massa de água superficial exibia características típicas de águas oligohalinas, com valores de salinidade e condutividade a variar entre 2,9 e 3,7 ‰ e 5,2 e 6,8 mS/cm, respectivamente, valores de temperatura entre 17,5 e 19,8 °C e valores de turbidez a variar entre 1,1 e 5,2 NTU (Figura 5-25 e Tabela 3 – Anexo III). No *metalimnion* assistiu-se à diminuição da temperatura (16,1-18,2 °C) e ao aumento da salinidade e condutividade que atingiram valores entre 4,5 e 6,2 ‰ e 7,8 e 10,7 mS/cm, respectivamente, características de águas mesohalinas (Figura 5-25 e Tabela 3 – Anexo III). O estrato de água mais profundo, correspondente ao *hipolimnion*, atingiu temperaturas na ordem dos 15,6 °C, salinidades de 10,3 ‰ (águas mesohalinas) e condutividades com valores de 17,6 mS/cm. Os valores de turbidez também aumentaram em profundidade, verificando-se os maiores valores aos 2 m na estação 23 (23 NTU), aos 1 m na estação 22 (15 NTU), aos 3,5 m na estação 17 (28 NTU) e aos 2,5 m na estação 15 (22 NTU), diminuindo até junto ao fundo nas duas últimas estações (0,5 NTU e 15 NTU, respectivamente). Nos perfis de O.D. e saturação de O.D., o estrato superficial restringe-se aos primeiros 0,5-1 m, verificando-se a *oxiclina* muito bem marcada até aos 2,5-3 m. O *epilimnion* era, portanto, caracterizado por valores de O.D. e saturação de O.D. típico de águas subsaturadas (7,50-8,50 mg/L e 81-91 %, respectivamente), com valores mais baixos na estação 22 (4,97-5,60 mg/L e 54,5-62 %), descendo bruscamente para valores entre 0,08 e 0,53 mg/L e 1 e 4,7 % no *metalimnion*, chegando a atingir, no *hipolimnion*, valores muito próximos de anoxia (0,02-0,12 mg/L e 0,2 e 1,2 %). O pH variou de valores típicos de ambientes alcalinos a fracamente alcalinos à superfície (7,69-8,08) para valores típicos de ambientes fracamente alcalinos a neutros (7,55-6,88) (Figura 5-25 e Tabela 3 – Anexo III).

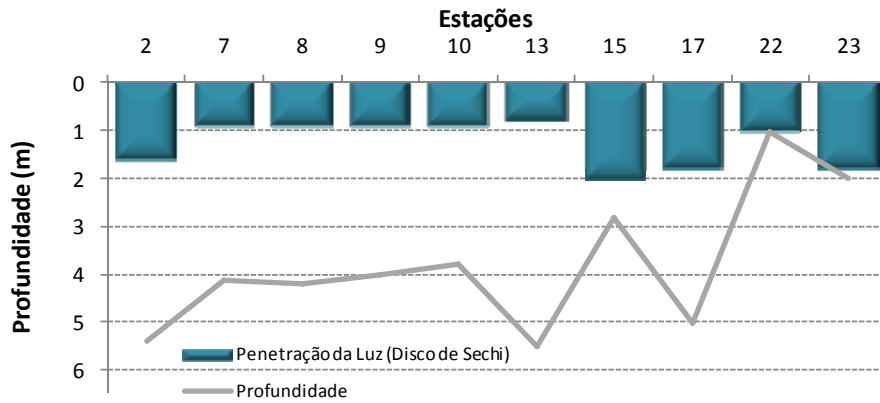


Figura 5-24: Profundidades máximas da observação do disco de Secchi no corpo aquoso da Lagoa de Santo André, representativas da máxima penetração da luz e respectivas profundidades de cada estação de amostragem, registadas durante a campanha de campo SA9 realizada no dia 23 de Março de 2010.

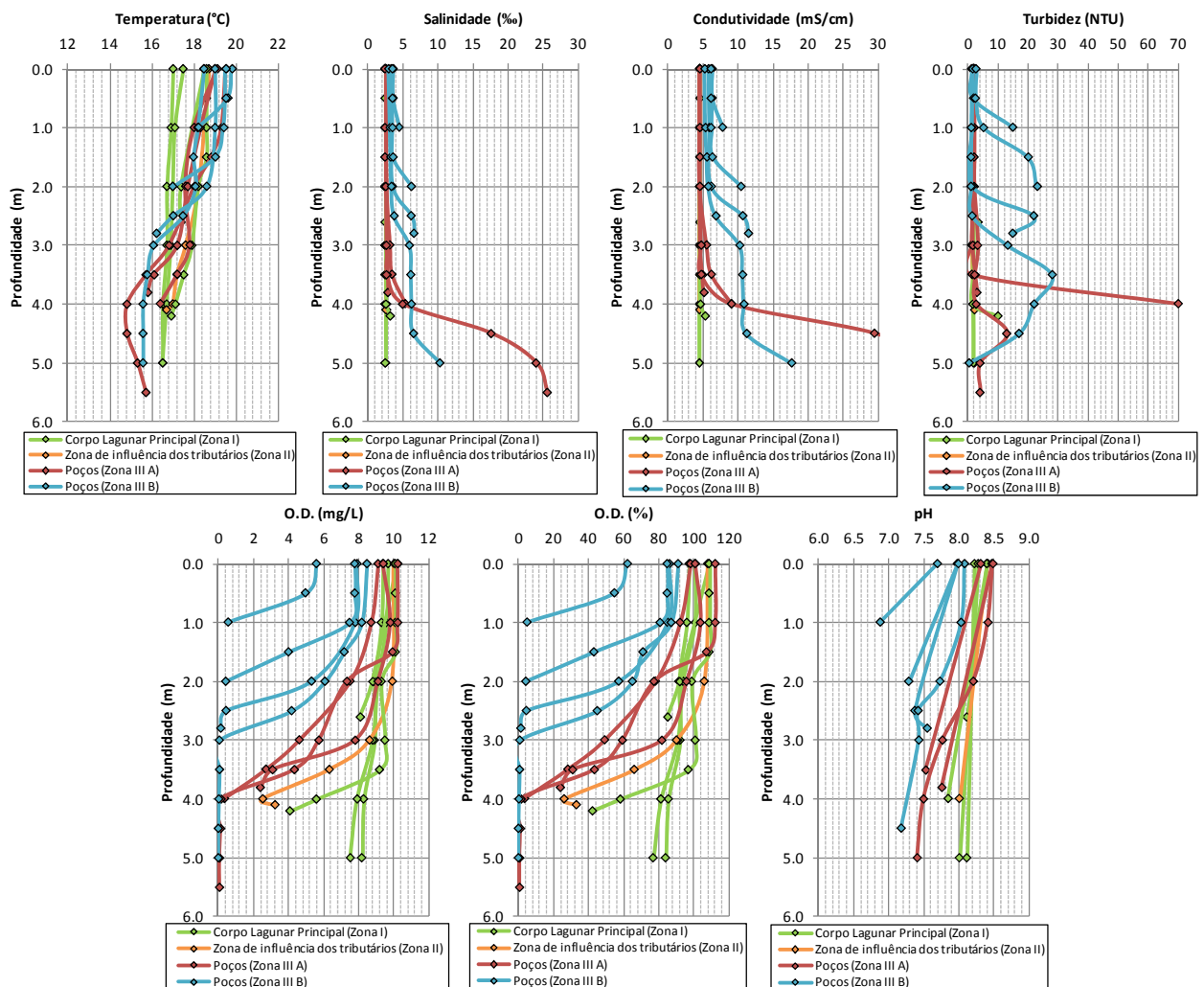


Figura 5-25: Variação vertical dos parâmetros físico-químicos da água na Lagoa de Santo André durante a campanha de campo SA9 realizada no dia 23 de Março de 2010, 351 dias após o encerramento natural da barra de maré.

5.3.5. Discussão dos resultados

As características hidrológicas do corpo aquoso da Lagoa de Santo André são função da dualidade barra aberta/barra fechada e da sazonalidade da temperatura e precipitação. Durante o período de 26 de Fevereiro a 9 de Abril de 2009 a precipitação foi bastante rara (ver Figura 3-10), pelo que a influência das descargas de água doce por parte do sistema fluvial foi diminuta. Assim, as características do corpo lagunar após a abertura da barra de maré (9 de Março 2009 pelas 16h20m) resultaram das trocas estabelecidas com o sistema marinho através do canal de maré. A morfologia complexa desta laguna é responsável pelo ritmo de renovação diferenciado observado nas diferentes zonas. No período de barra fechada, em que a permeabilidade da barreira é praticamente nula, o dinamismo lagunar depende essencialmente da actividade fluvial, associada ao regime climático. As condições de estratificação ocorrem com frequência normalmente no fim do Outono/Inverno variando, no entanto, de ano para ano a intensidade e as suas consequências. Estas situações foram igualmente registadas em diversos estudos efectuados nesta laguna por vários autores, como por exemplo Bernardo (1990), Matos (1991) e Cruces (2001).

Antes da abertura artificial da barra de maré (Figura 5-26 e Figura 5-27), em situação de barra fechada e condições de elevado plano de água lagunar (profundidade máxima 4 m), ocorre estratificação nas zonas mais profundas (canal e Poços) em relação à generalidade dos parâmetros físico-químicos analisados. Ao aumento da salinidade em profundidade associa-se um decréscimo da temperatura e, por vezes, do oxigénio dissolvido, podendo mesmo definir-se regiões anóxicas, localizadas junto ao fundo (Figura 5-26 e 5-27). Nos locais de baixa profundidade, a estratificação é inibida ou destruída quando ocorre homogeneização resultante de turbulência provocada por ventos fortes.

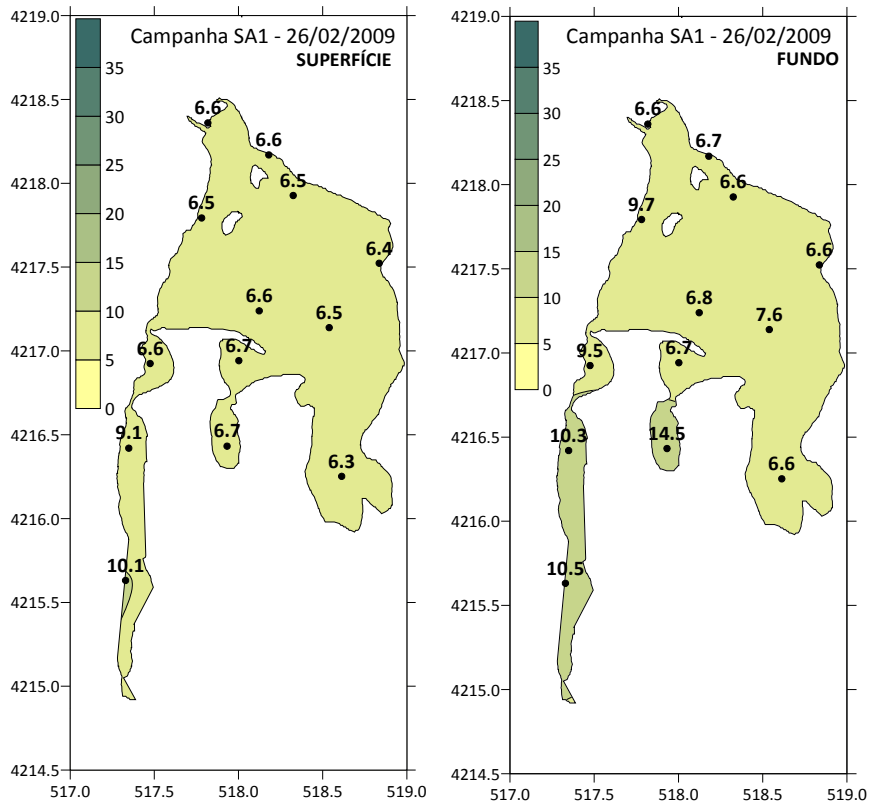


Figura 5-26: Distribuição espacial da salinidade (%) à superfície e junto ao fundo na campanha SA1 (26.02.2009), nas estações de monitorização.

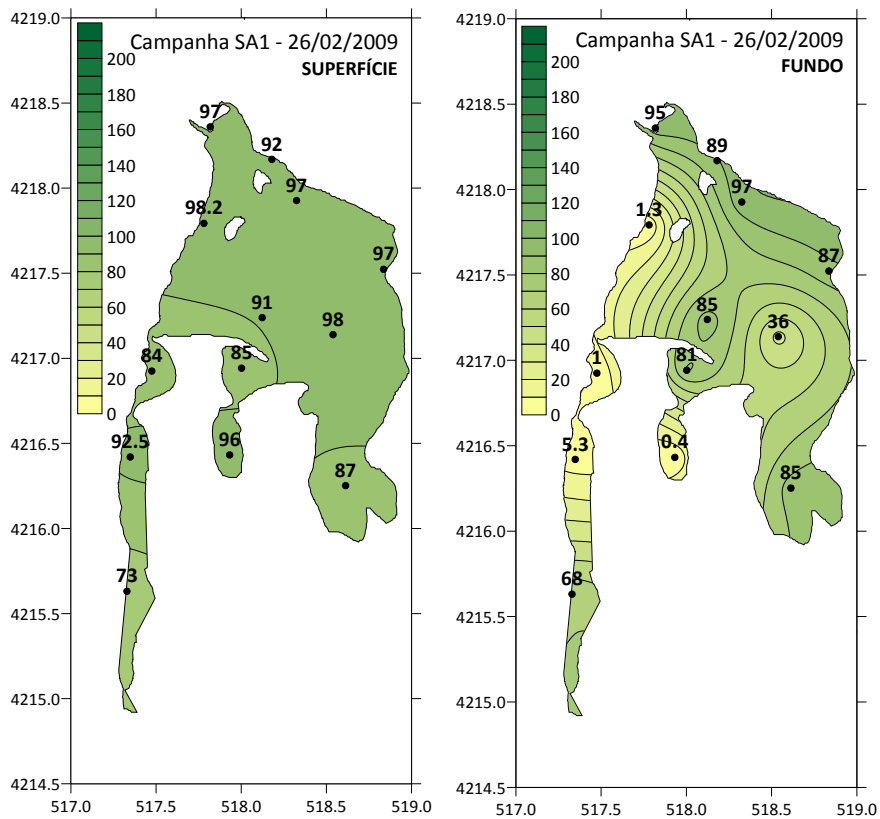


Figura 5-27: Distribuição espacial da saturação de O.D. (%) à superfície e junto ao fundo na campanha SA1 (26.02.2009), nas estações de monitorização.

A abertura da barra promoveu a exportação de grande volume da água lagunar (cerca de 5×10^6 m³ de água durante a primeira vazante) e, em menos de 24 horas (dia 10 de Março – campanha SA3), assistiu-se à parcial renovação da massa de água no interior do corpo lagunar principal, principalmente junto ao fundo e à superfície ao longo do canal principal de escoamento (Figura 5-28 e 5-29). As características da massa aquosa permitem dizer que a entrada de água marinha ocorreu preferencialmente junto ao fundo, induzindo a estratificação da massa aquosa e promovendo a existência de um gradiente vertical e horizontal de salinidade, que se acentuava na região mais distante da barra (estação 7) (Figura 5-28). A estratificação no corpo de água lagunar principal deve-se ao facto de a água oceânica ser mais densa que a água salobra, pelo que esta, ao entrar no interior da laguna, vai posicionar-se na parte mais profunda da coluna de água. A reduzida cota do plano de água lagunar impossibilitou a entrada da embarcação nos Poços, pelo que não se podem fazer considerações sobre a renovação da massa de água nas zonas confinadas, um dia após a abertura da barra. No entanto, a comunicação destas zonas com o espaço lagunar principal, através de canais estreitos e pouco profundos, sugere trocas lentas com este, pelo que a renovação das zonas confinadas poderá ser inferior à encontrada na Zona II.

Ao fim de 48 horas (dia 11 de Março de 2009 – campanha SA4) após abertura artificial da barra de maré, assistiu-se à completa renovação da massa de água do corpo lagunar principal (Zona I) e da região mais a montante (Zona II), como se pode visualizar na Figura 5-30 e 5-31. Na Zona II, os valores mais baixos de salinidade podem ser consequência da contínua mistura com água doce proveniente das ribeiras; contudo, os elevados valores comparativamente aos da primeira campanha, sugerem uma renovação igualmente eficiente (Figura 5-30). No Poço dos Alguidares (menos profundo e de conexão mais eficiente com a Zona I), a renovação era já mais acentuada, enquanto nos Poços mais profundos (Ortigão e Pinheiro), a entrada de água marinha, circulando preferencialmente junto ao fundo, transferiu a água salobra (menos densa) para a superfície, acentuando-se a estratificação halina (Figura 5-30). Tal como descrito anteriormente, também Cruces (2001) e Freitas *et al.* (2002) referem a completa renovação da massa de água no interior do corpo lagunar principal em menos de 48 horas após a abertura artificial da barra de maré. De maneira semelhante a este ano, em 1998, o Poço dos Alguidares acompanhou o ritmo do corpo principal, sendo a entrada de água marinha no Poço do Ortigão bastante mais lenta.

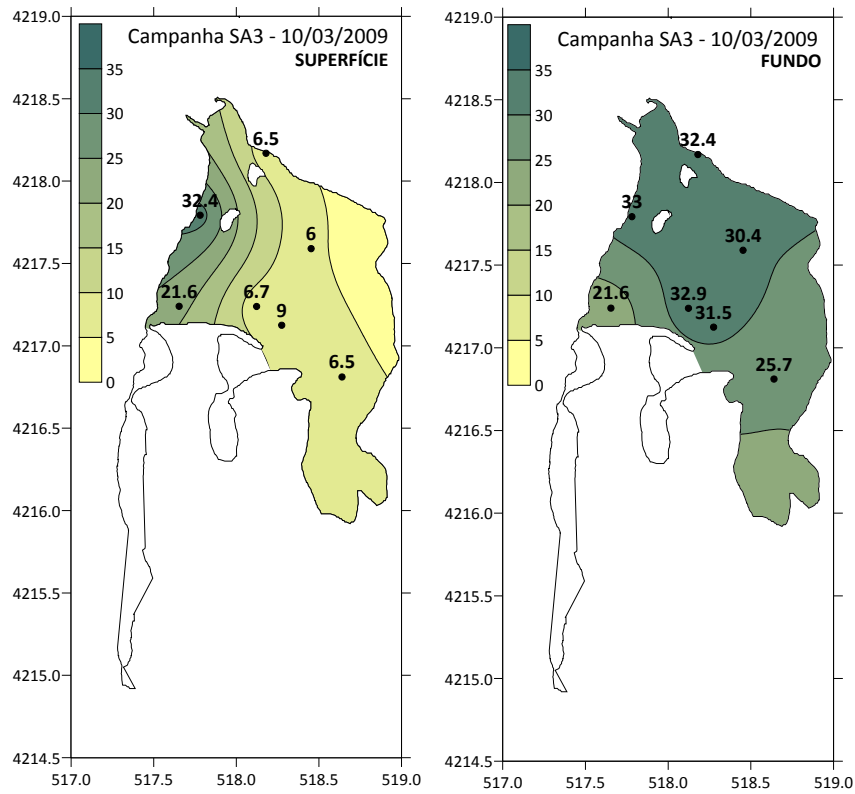


Figura 5-28: Distribuição espacial da salinidade (‰) à superfície e junto ao fundo na campanha SA3 (10.03.2009), nas estações de monitorização.

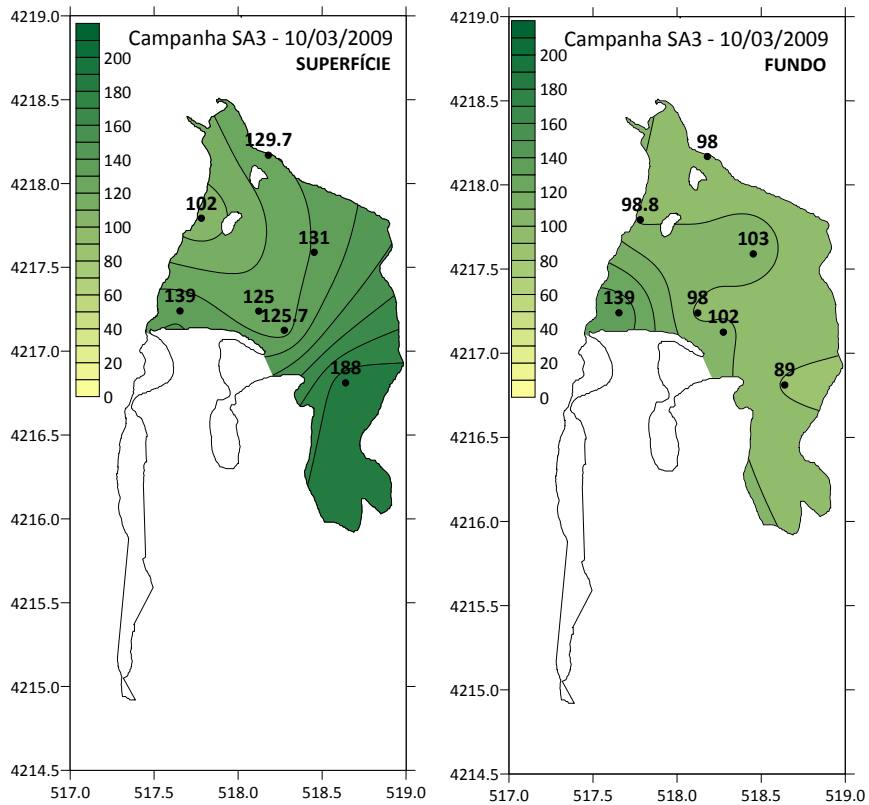


Figura 5-29: Distribuição espacial da saturação de O₂ (%) à superfície e junto ao fundo na campanha SA3 (10.03.2009), nas estações de monitorização.

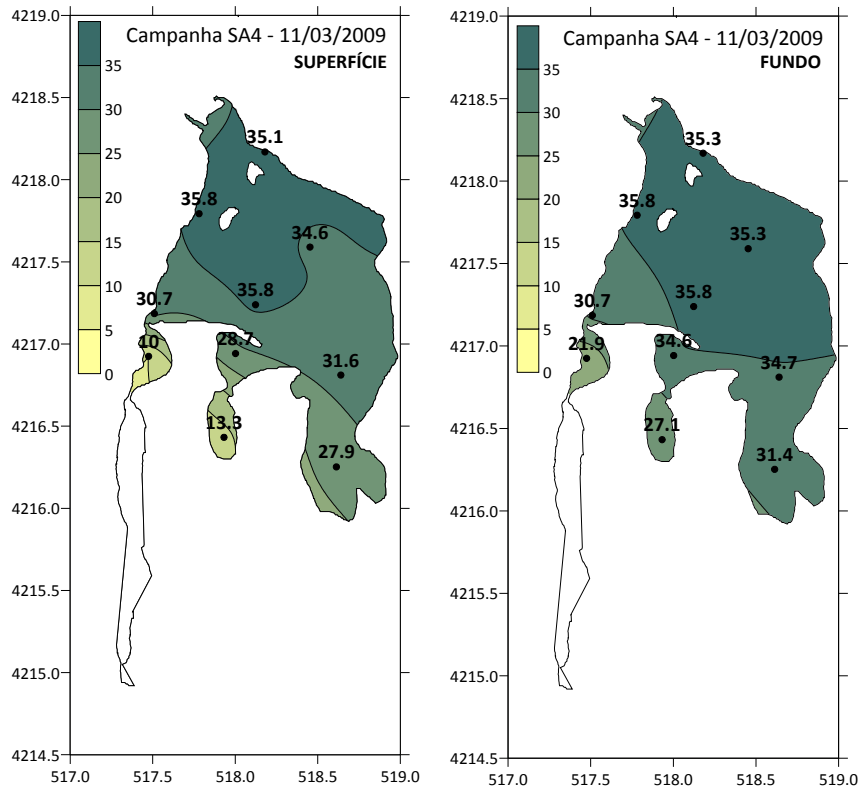


Figura 5-30: Distribuição espacial da salinidade (%) à superfície e junto ao fundo na campanha SA4 (11.03.2009), nas estações de monitorização.

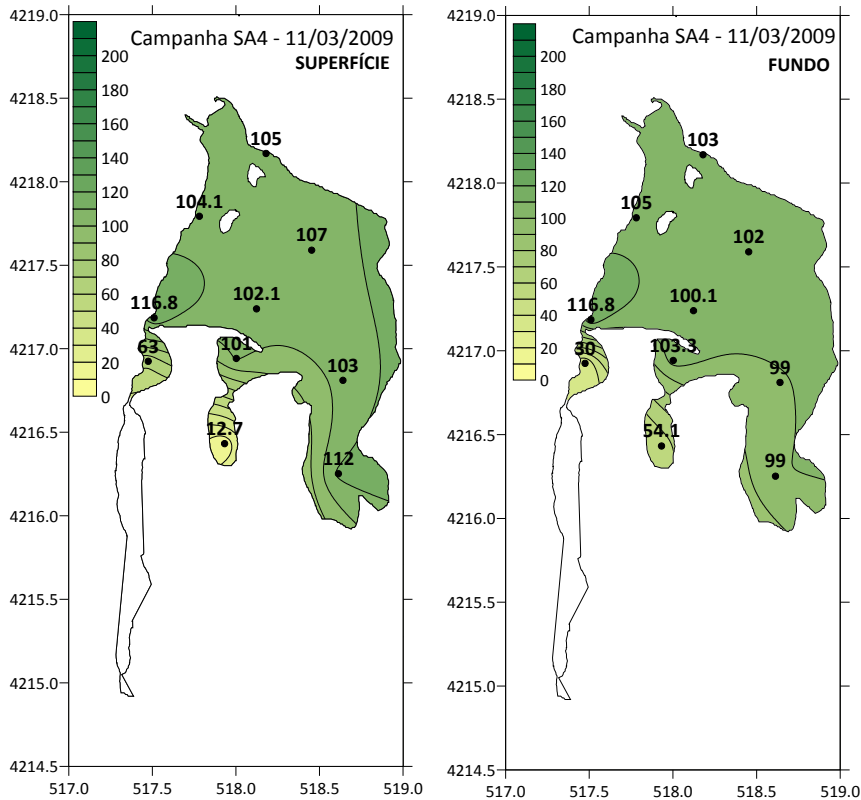


Figura 5-31: Distribuição espacial da saturação em O.D. (%) à superfície e junto ao fundo na campanha SA4 (11.03.2009), nas estações de monitorização.

Ao fim de 11 dias (20 de Março 2009 – campanha SA5), as trocas com o sistema marinho mantiveram as características observadas após as 48 horas na Zona I, mantendo-se a massa aquosa completamente homogénea em termos de salinidade, quer horizontalmente, quer em profundidade (Figura 5-32 e 5-33). Mais uma vez, a região mais a montante (Zona II) revelava mistura com água doce, características que se devem ter mantido até à data do encerramento natural da barra de maré (6 de Abril 2009).

Três dias após o encerramento natural da barra de maré (9 de Abril 2009 – campanha SA6), as características da Zona I mantiveram-se homogéneas e idênticas às registadas na campanha antes do encerramento da barra (Figura 5-34 e 5-35). Na Zona II, verificou-se uma menor influência da entrada de água doce e os valores de salinidade aproximaram-se dos valores observados na Zona I (Figura 5-34). Nos Poços mais profundos (Ortigão e Pinheiro) manteve-se a estratificação, apesar de ter ocorrido um ligeiro aumento da salinidade (Figura 5-34), indicador de contínua, mas extremamente lenta, renovação dessa massa de água. Importa realçar que a entrada de água marinha, nestas regiões mais confinadas (principalmente no Poço do Pinheiro), foi responsável pela transferência de oxigénio para as águas mais profundas (Figura 5-35). No entanto, este foi rapidamente consumido pela contínua mineralização da matéria orgânica, iniciando-se a depleção do oxigénio dissolvido da massa de água em direcção à superfície.

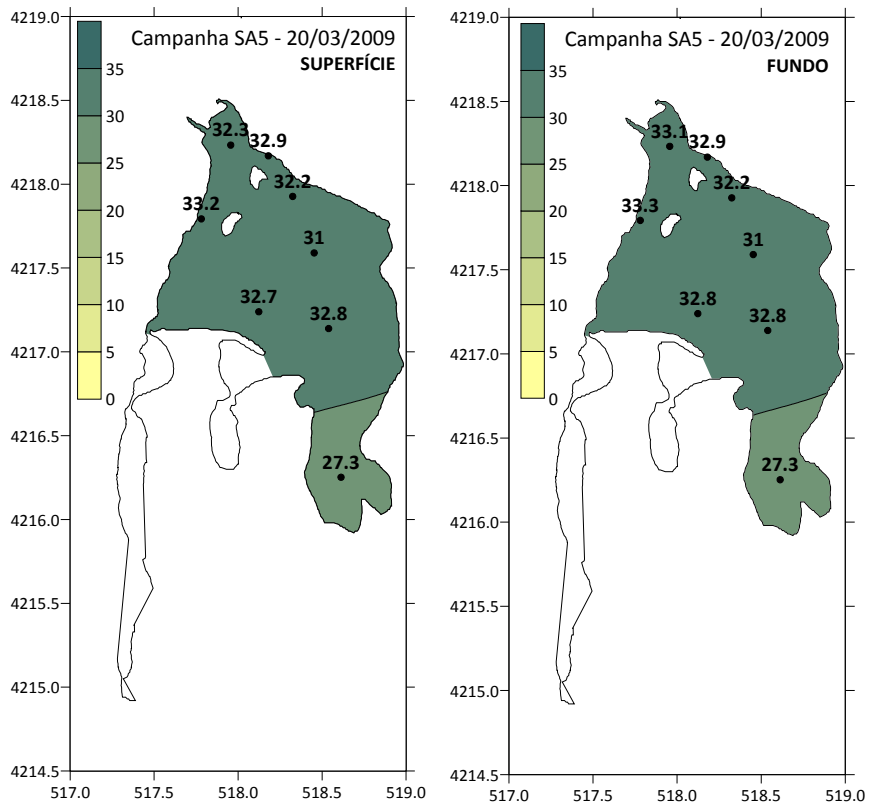


Figura 5-32: Distribuição espacial da salinidade (‰) à superfície e junto ao fundo na campanha SA5 (20.03.2009), nas estações de monitorização.

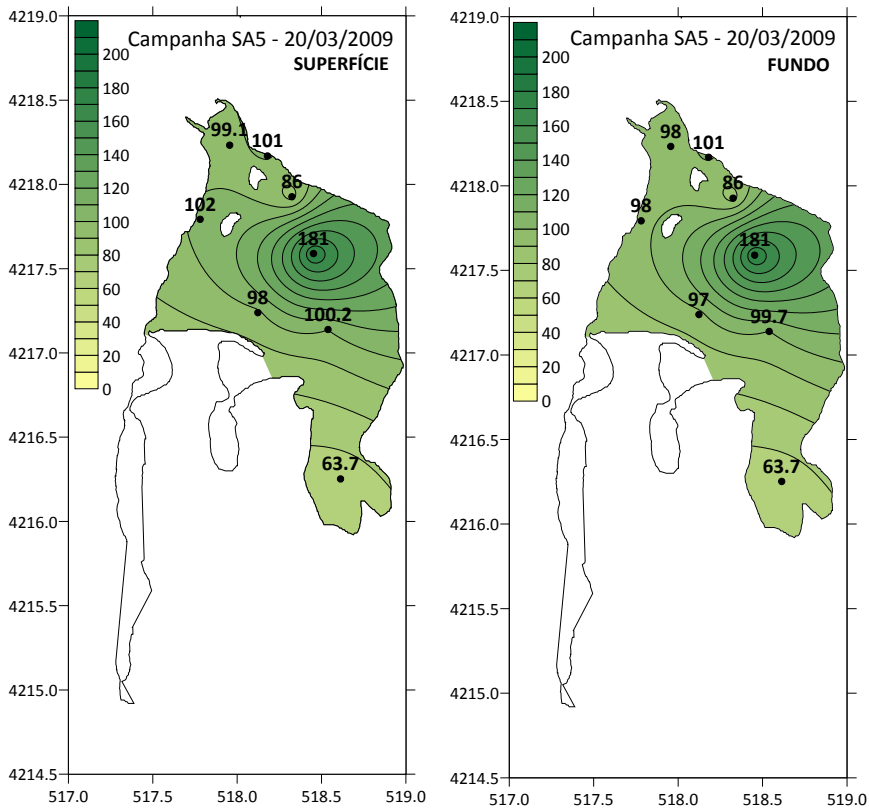


Figura 5-33: Distribuição espacial da saturação em O.D. (%) à superfície e junto ao fundo na campanha SA5 (20.03.2009), nas estações de monitorização.

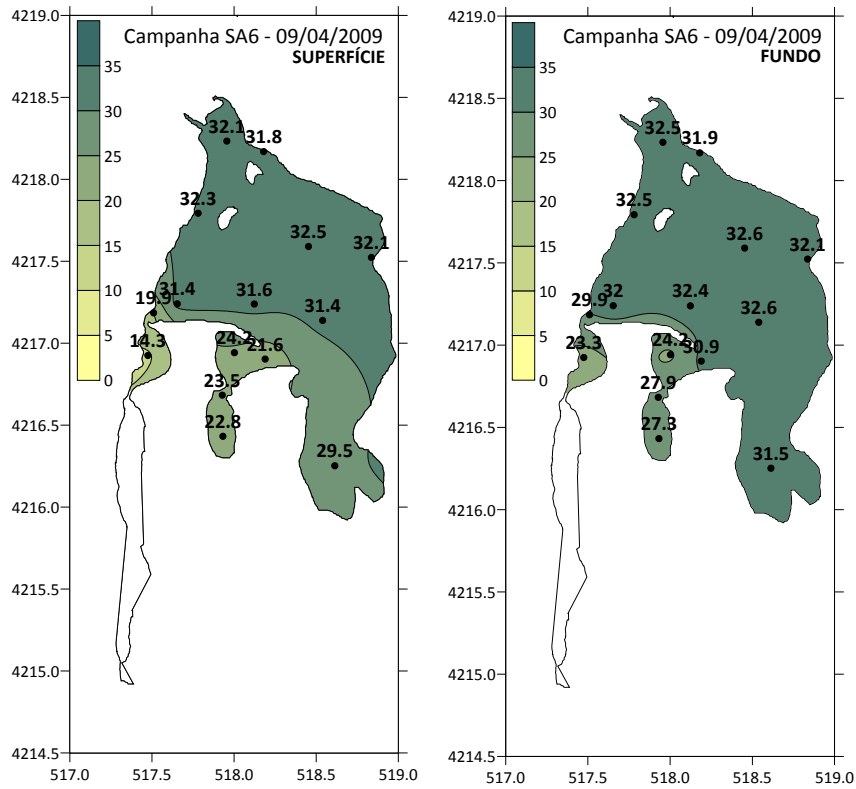


Figura 5-34: Distribuição espacial da salinidade (%) à superfície e junto ao fundo na campanha SA6 (09.04.2009), nas estações de monitorização.

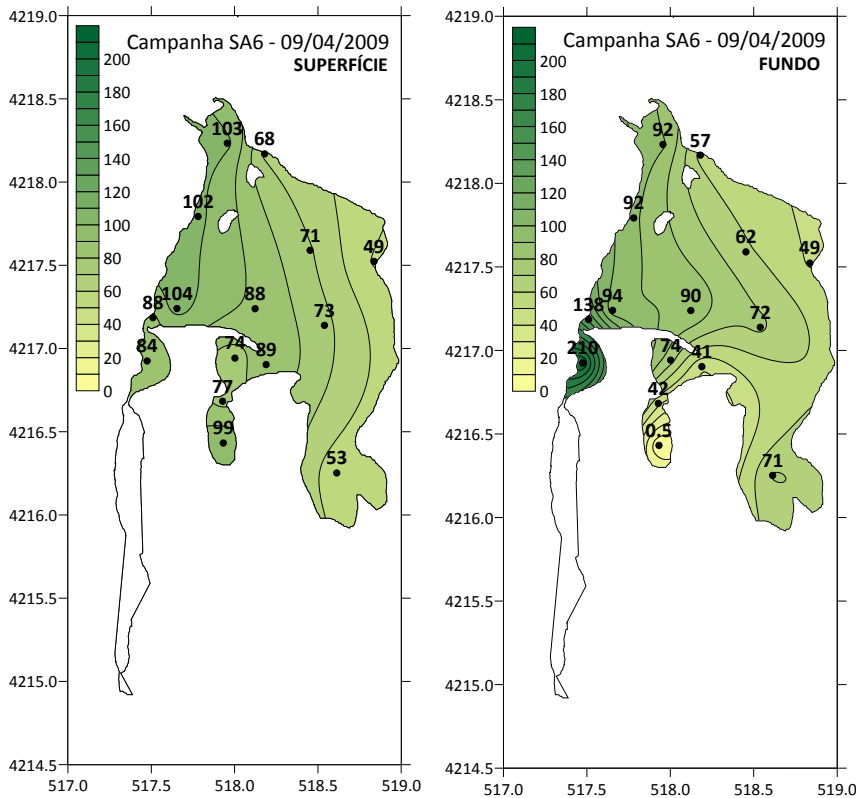


Figura 5-35: Distribuição espacial da saturação em O.D. (%) à superfície e junto ao fundo na campanha SA6 (09.04.2009), nas estações de monitorização.

Noventa e cinco dias após o encerramento da barra (Campanha SA7 – 10.07.2009), as características das Zonas I e II mantiveram-se homogêneas com valores semelhantes aos registados na campanha anterior (Figura 5-36 e 5-37). O Poço do Ortigão encontrava-se relativamente homogêneo, não revelando a estratificação encontrada 3 dias após o encerramento da barra, apresentando um aumento nos valores dos parâmetros físico-químicos, indicador de contínua renovação. Contudo, os Poços a leste manifestaram uma ligeira diminuição nos valores de salinidade, apresentando-se ligeiramente estratificados (Figura 5-36 e 5-37).

No mês de Novembro (campanha SA8 – 09.11.2009), cerca de 7 meses após o encerramento da barra, a massa de água lagunar permanecia homogênea em profundidade com valores de salinidade ligeiramente inferiores, indicando a entrada de água doce no sistema (Figura 5-38). O Poço do Ortigão ostentava valores de O.D. e saturação de O.D. próximos de anoxia junto ao fundo (Figura 5-39).

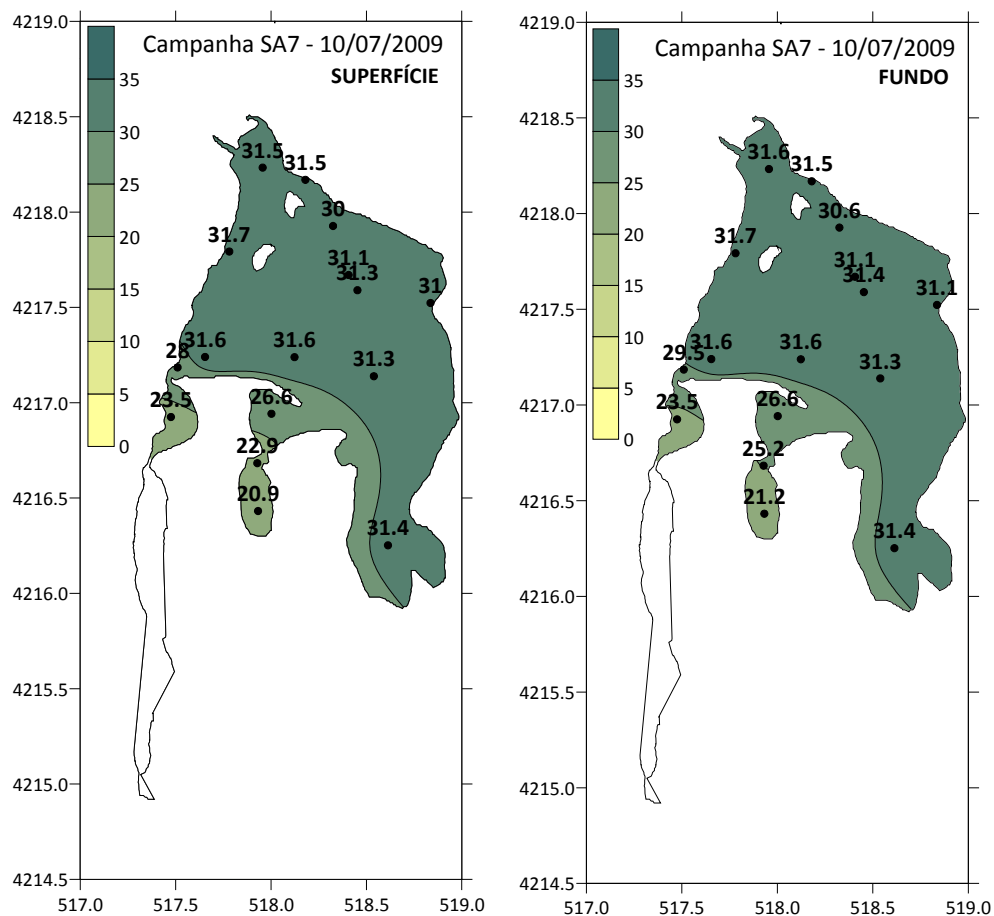


Figura 5-36: Distribuição espacial da salinidade (‰) à superfície e junto ao fundo na campanha SA7 (10.07.2009), nas estações de monitorização.

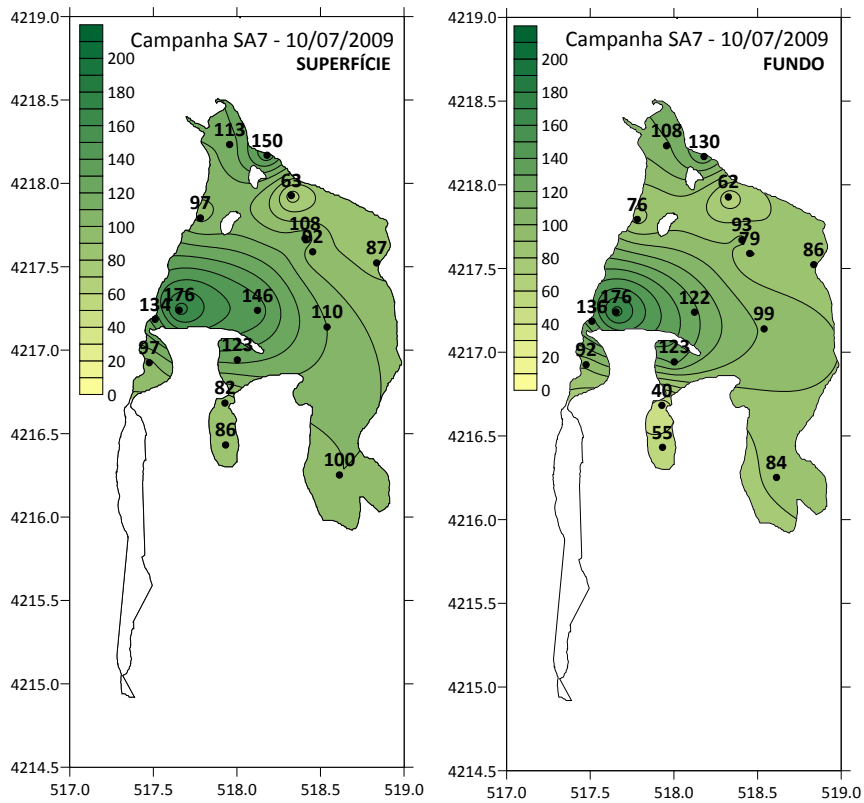


Figura 5-37: Distribuição espacial da saturação em O.D. (%) à superfície e junto ao fundo na campanha SA7 (10.07.2009), nas estações de monitorização.

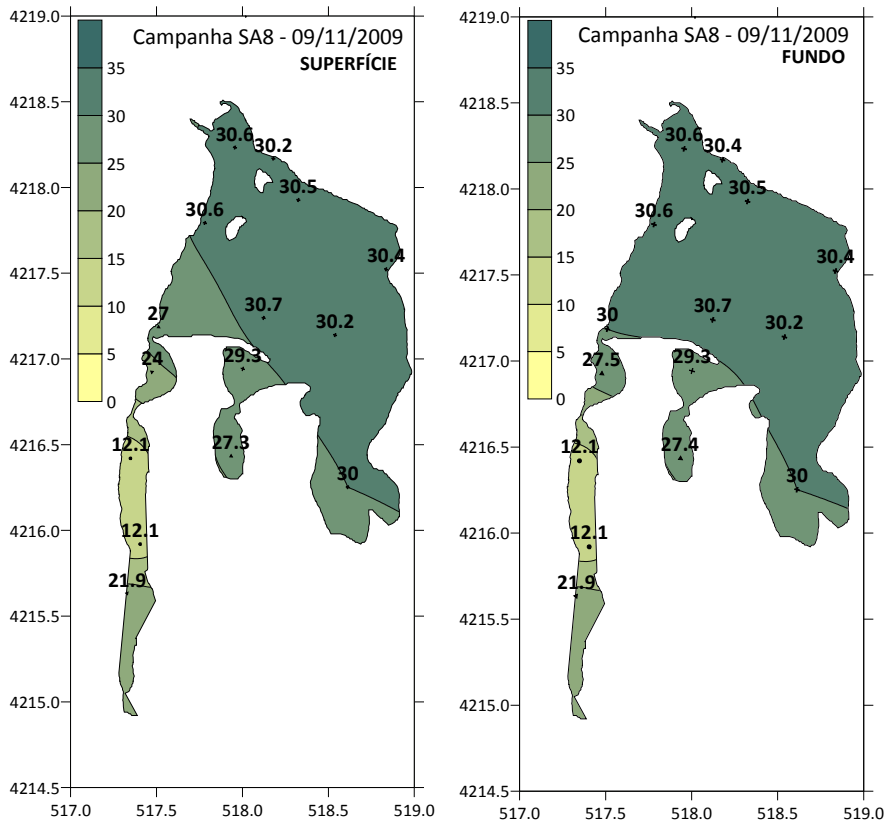


Figura 5-38: Distribuição espacial da salinidade (‰) à superfície e junto ao fundo na campanha SA8 (09.11.2009), nas estações de monitorização.

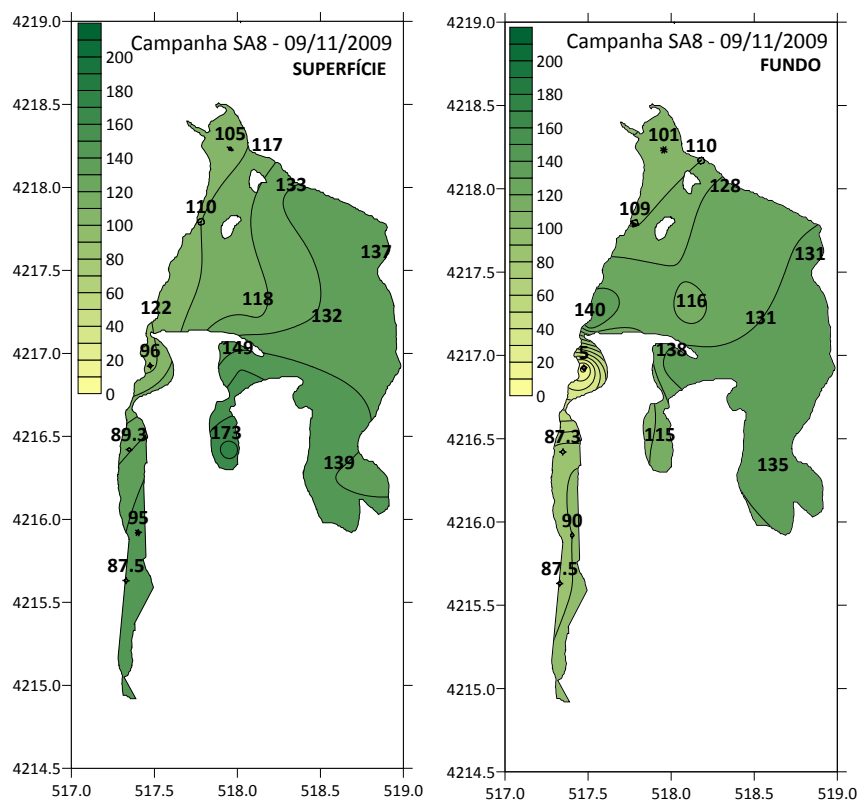


Figura 5-39: Distribuição espacial da saturação em O.D. (%) à superfície e junto ao fundo na campanha SA8 (09.11.2009), nas estações de monitorização.

Após uma época invernal bastante pluviosa (ver Figura 3-10) com a ocorrência de significativa entrada de água doce no sistema lagunar, assiste-se, na campanha efectuada antes da reabertura da barra (SA9 – 23.03.2009), a um decréscimo bastante acentuado nos valores de salinidade e condutividade (Figura 5-40). A estratificação da coluna de água era visível em todos os parâmetros e em todo o espaço lagunar, à excepção da salinidade e condutividade da Zona I que se manteve homogénea em profundidade (Figura 5-40 e 5-41). A acção dos ventos fortes registados durante os meses iniciais de 2010 no corpo de água principal promoveram a sua homogeneização, devido à elevada área de *fetch*, enquanto nos Poços, a sua menor área inibiu a actuação do vento e, por isso, a água encontrava-se estratificada. À excepção do Poço dos Alguidares, todos os Poços apresentavam valores próximos de anoxia junto ao fundo, inferiores aos verificados durante a primeira campanha (26.02.2009). Estes factos revelaram a necessidade de se realizar nova abertura da barra de maré para a renovação de toda a massa de água lagunar, porque, apesar de uma eficiente abertura na qual permitiu a renovação da água no interior do espaço lagunar, após os meses de Inverno as características físico-químicas da água alteram-se significativamente.

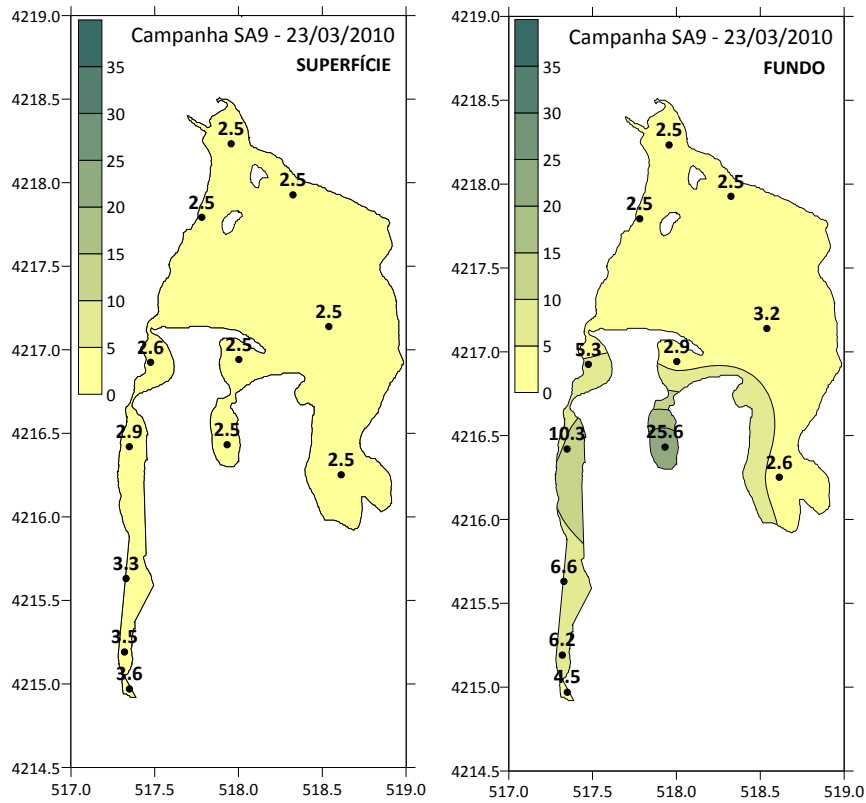


Figura 5-40: Distribuição espacial da salinidade (‰) à superfície e junto ao fundo na campanha SA9 (23.03.2010), nas estações de monitorização.

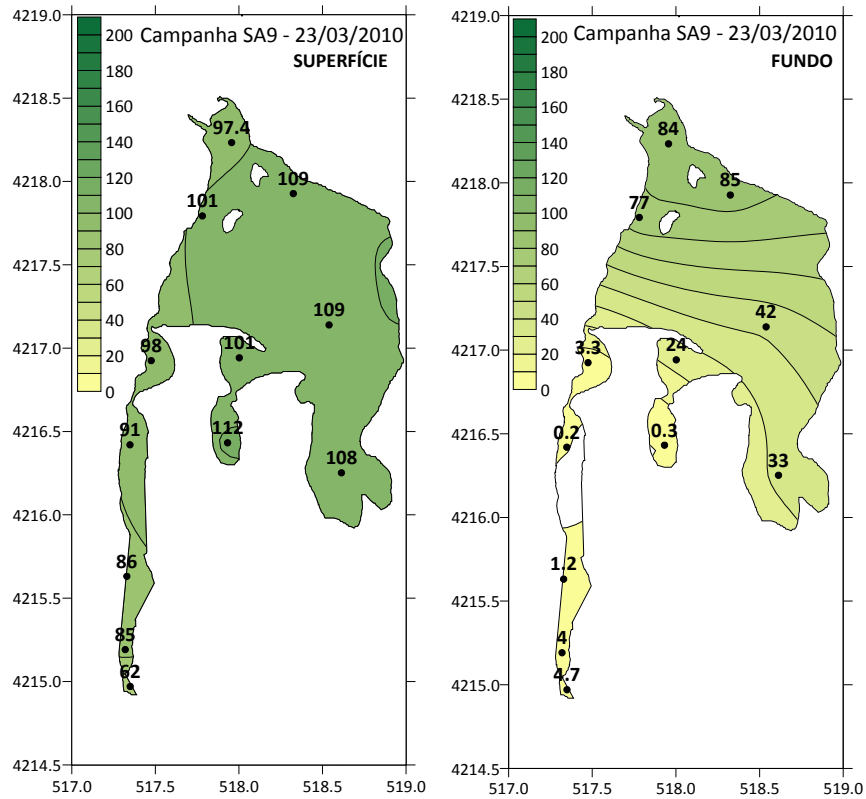


Figura 5-41: Distribuição espacial da saturação em O.D. (%) à superfície e junto ao fundo na campanha SA9 (23.03.2010), nas estações de monitorização.

Em suma, durante o período em que a barra permaneceu activa, a salinidade manteve valores entre 30 e 35 ‰ na Zona I e entre 25 e 32 ‰ na Zona II, devido, possivelmente, à mistura de água doce. Com a barra fechada, a evolução temporal da salinidade é controlada pela precipitação, pela temperatura e pela ocorrência de galgamentos oceânicos. Durante este ano de monitorização os valores de salinidade (Figura 5-42) mantiveram-se relativamente estáveis até Novembro de 2009, devido essencialmente à escassa pluviosidade registada durante esse período (à excepção do mês de Abril em que ocorreu alguma precipitação – ver Figura 3-10), decrescendo acentuadamente a partir daí, em consequência dos meses pluviosos ocorridos durante o Inverno (ver Figura 3-10). Não foram, igualmente, visíveis fenómenos de galgamento que providenciassem alterações significativas na qualidade da água da laguna, tal como registado por Bernardo (1990) em Novembro de 1984, por Cancela da Fonseca (1989) e Bernardo (1990) em Novembro/Dezembro de 1985 e Janeiro/Fevereiro de 1986 e por Cruces (2001) durante os temporais de Setembro de 1998 e entre o final de Dezembro de 1998 e início de Janeiro de 1999. Desta forma, considerou-se que a salinidade evoluiu condicionada essencialmente pelas condições atmosféricas. No Poço do Ortigão as transformações são substancialmente mais lentas, aumentando os valores de salinidade à superfície como consequência da mistura com a água salina do fundo, mas mantendo sempre valores inferiores aos da restante laguna, revelando uma evolução mais lenta (Figura 5-42). Nos meses de Verão, as elevadas temperaturas registadas, os processos de evaporação e principalmente a contínua renovação proveniente do corpo de água principal, embora bastante lenta, promoveram um aumento da salinidade na zona dos Poços. A evolução do Poço dos Alguidares mostra fortes afinidades com a Zona I, mas o Poço do Pinheiro e do Ortigão reagem de modo bastante mais lento às modificações ocorridas (Figura 5-42). Os Poços mais a sul, Poços da Zimbreira, dos Caniços e do Parral, embora apenas com medições efectuadas em barra fechada quando a cota do plano de água lagunar era elevada, apresentaram um comportamento particular, registando-se um gradiente crescente para S, reflexo da influência de água mais doce proveniente do Poço do Ortigão e da diminuta profundidade do Poço do Parral que providenciou os processos de evaporação.

O teor de oxigénio dissolvido é também bastante variável ao longo do ano e ao longo de toda a coluna de água (Figura 5-43). A abertura da barra de maré promoveu a homogeneização do corpo lagunar principal e da Zona II com valores típicos de águas saturadas (100 ‰), encontrando-se estratificadas apenas nas campanhas realizadas antes das

aberturas artificiais, atingindo mesmo valores de anoxia junto ao fundo. Pelo contrário, nos Poços, especialmente no Ortigão e no Pinheiro, a massa de água permaneceu a maior parte do tempo estratificada (Figura 5-43). Cruces (2001) refere várias possibilidades para este facto, como é o caso da ocorrência de sedimentos com elevado teor de matéria orgânica que promovem o rápido consumo de O.D. na coluna de água, a elevada profundidade e a sua posição que, por ser mais confinada com trocas deficientes com o corpo lagunar principal e por se encontrarem protegidos pelo vento, dificultam a renovação do oxigénio nas águas mais profundas, podendo ocorrer condições de anoxia extrema. Todos os registos de O.D. e saturação de O.D. foram obtidos durante o período diurno, durante o qual se processava a actividade fotossintética, não se dispondo de registos relativos ao período nocturno. Bernardo (1990) e Cruces (2001) defendem que uma das características destes sistemas aquáticos é que os valores diurnos extremamente elevados de oxigénio correspondem a intensos decréscimos nocturnos, dando origem a flutuações diárias muito marcadas.

Os maiores valores de turbidez encontram-se associados ao maior aporte fluvial de carga sólida após a ocorrência de precipitação, pelo que é nas campanhas que antecedem as aberturas da barra que a água se encontra menos límpida, com elevados valores de turbidez. A maior ou menor eficiência da abertura da barra controla a exportação das águas lagunares ricas em fitoplâncton e a taxa de renovação das águas oceânicas límpidas, presenciando-se a queda acentuada nos valores deste parâmetro nas campanhas posteriores à abertura. É, portanto, na Zona II e nos Poços que se verificam os mais valores de turbidez, devido à proximidade da Zona II aos tributários e ao maior confinamento dos Poços, que propiciam a formação de águas ricas em fitoplâncton.

As observações da evolução temporal do pH à superfície indicam a ocorrência de variações sazonais com valores mais elevados durante o Verão, associados, possivelmente, às elevadas taxas de fotossíntese, à excepção do Poço do Pinheiro que revelou uma evolução oposta (Figura 5-44). Após a abertura da barra de maré os valores de pH tendem a diminuir para valores próximos dos valores típicos da água do mar e a coluna de água mantém-se praticamente homogénea e alcalina na Zona I, mas as zonas mais confinadas permanecem, normalmente, com valores ainda mais baixos. Quando ocorre maior fluxo de água fluvial é notória uma diminuição do pH, verificando-se que na Zona II os valores de pH são quase sempre inferiores, o que reflecte, muito provavelmente, a influência de água doce no sistema. A ocorrência de estratificação generalizada na massa de água, relativamente aos restantes

parâmetros físico-químicos nos meses de Março de 2009 e Março de 2010 (antes das aberturas artificiais), promove, igualmente, estratificação nos perfis verticais do pH, ajustando-se aos restantes parâmetros.

A temperatura superficial da água lagunar reflecte o comportamento da temperatura do ar, com valores máximos no Verão e mínimos em épocas invernosas (Figura 5-45). Por norma, este parâmetro é bastante homogéneo em todo o espaço lagunar e em profundidade, à excepção dos momentos imediatamente após a abertura da barra de maré em que a entrada de água oceânica mais fria junto ao fundo, promove a estratificação e de alturas em que a espessura de água é elevada, verificando-se valores mais altos à superfície e mais baixos junto ao fundo (Figura 5-45 e 5-46). Uma estratificação inversa é observada quando a temperatura atmosférica é mais baixa que a temperatura junto ao fundo, reforçando a influência das condições térmicas do ar na parte superficial da coluna de água e à existência de matéria orgânica em decomposição que pode provocar um incremento deste parâmetro.

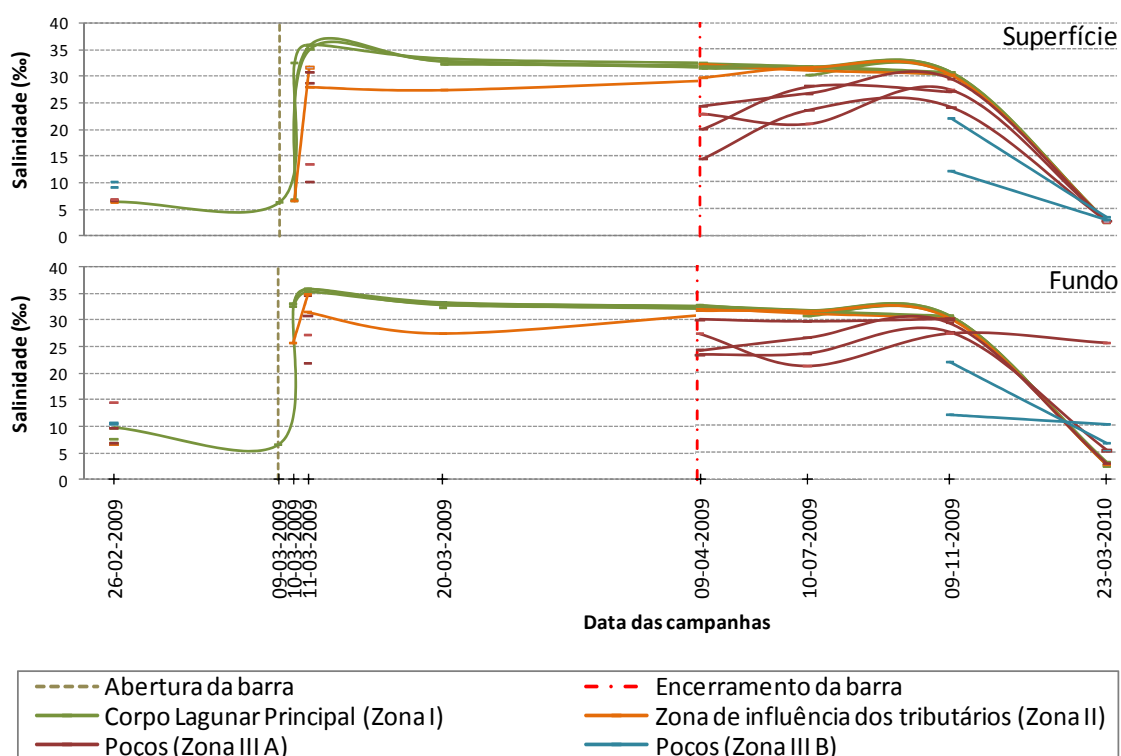


Figura 5-42: Evolução da salinidade à superfície e junto ao fundo nas diferentes campanhas efectuadas na Lagoa de Santo André em ausência e presença de barra de maré, nas distintas zonas da laguna. Note-se que o eixo horizontal correspondente às datas das campanhas não se encontra à escala, havendo uma escala desde Fevereiro de 2009 até ao encerramento natural da barra e outra desde o encerramento até Março de 2010.

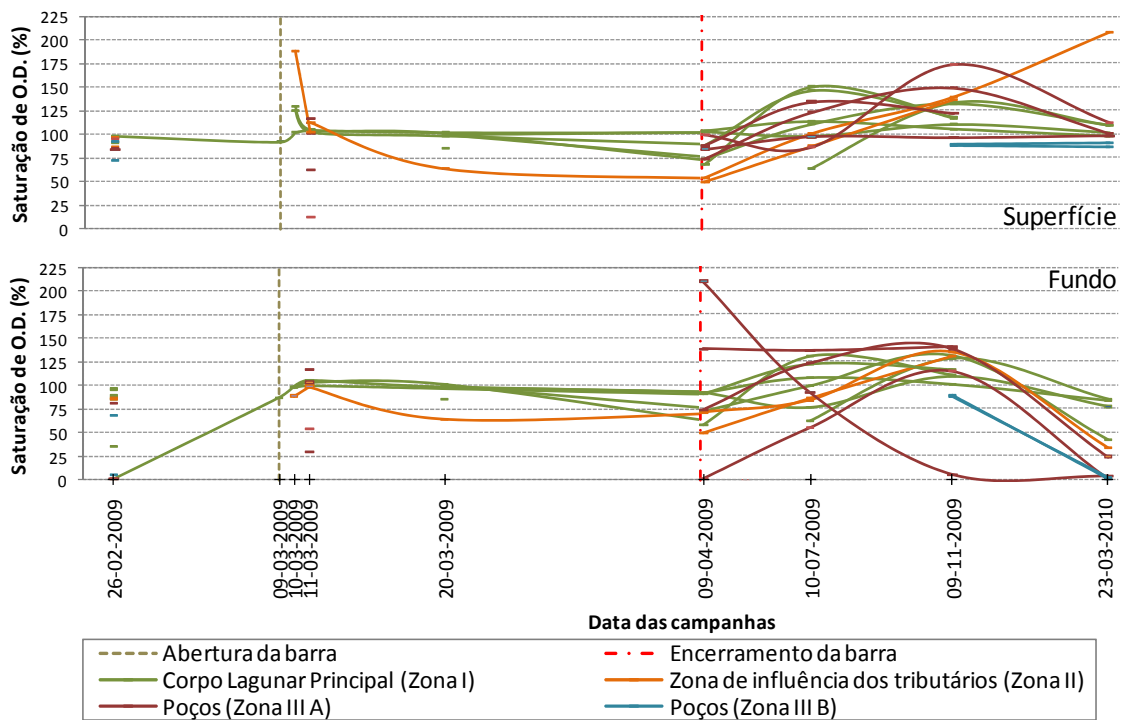


Figura 5-43: Evolução da saturação em O.D. à superfície e junto ao fundo nas diferentes campanhas efectuadas na Lagoa de Santo André em ausência e presença de barra de maré, nas distintas zonas da laguna. Note-se que o eixo horizontal correspondente às datas das campanhas não se encontra à escala, havendo uma escala desde Fevereiro de 2009 até ao encerramento natural da barra e outra desde o encerramento até Março de 2010.

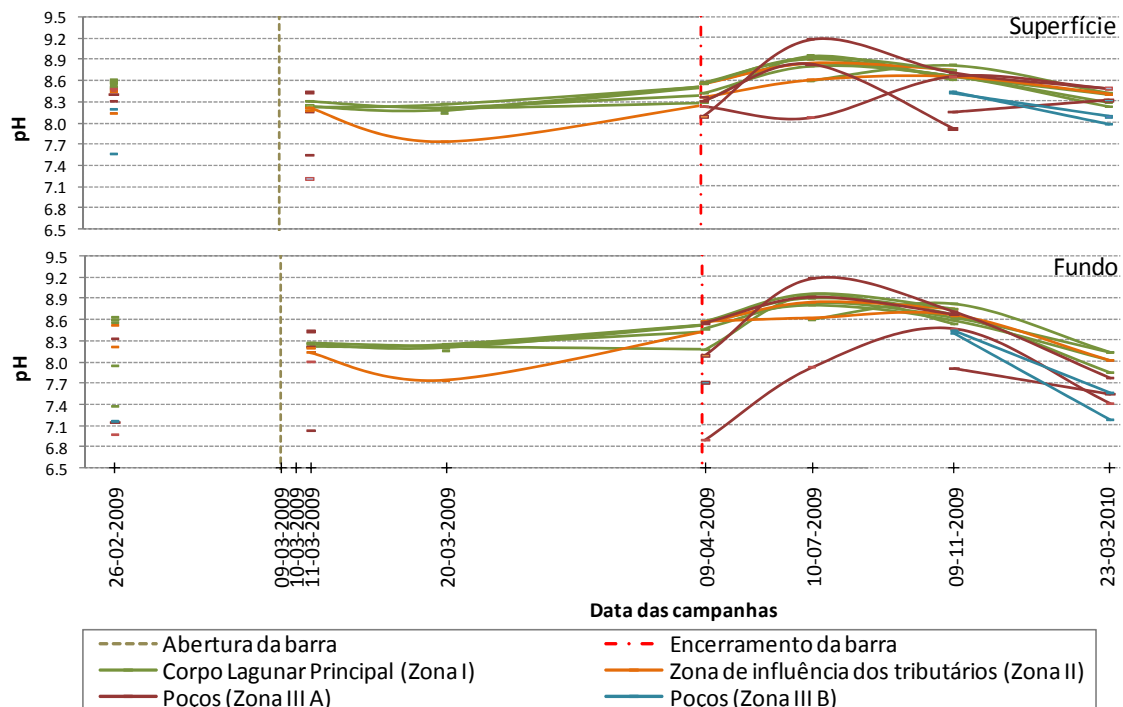


Figura 5-44: Evolução do pH à superfície e junto ao fundo nas diferentes campanhas efectuadas na Lagoa de Santo André em ausência e presença de barra de maré, nas distintas zonas da laguna. Note-se que o eixo horizontal correspondente às datas das campanhas não se encontra à escala, havendo uma escala desde Fevereiro de 2009 até ao encerramento natural da barra e outra desde o encerramento até Março de 2010.

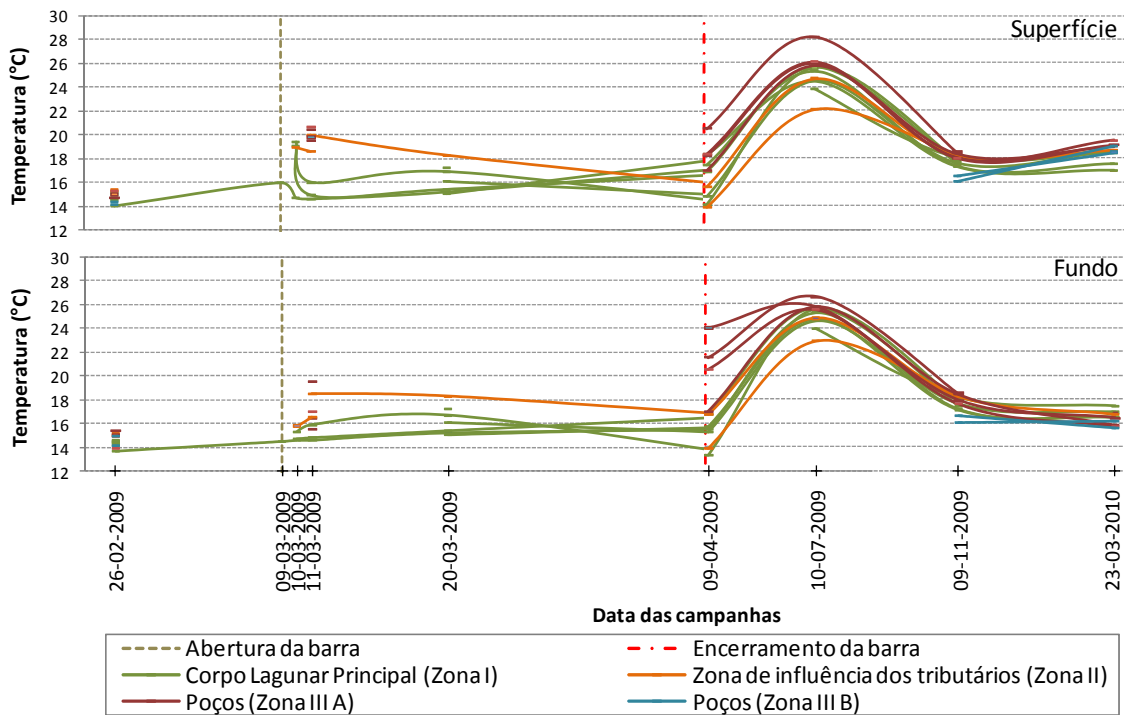


Figura 5-45: Evolução da temperatura à superfície e junto ao fundo nas diferentes campanhas efectuadas na Lagoa de Santo André em ausência e presença de barra de maré, nas distintas zonas da laguna. Note-se que o eixo horizontal correspondente às datas das campanhas não se encontra à escala, havendo uma escala desde Fevereiro de 2009 até ao encerramento natural da barra e outra desde o encerramento até Março de 2010.

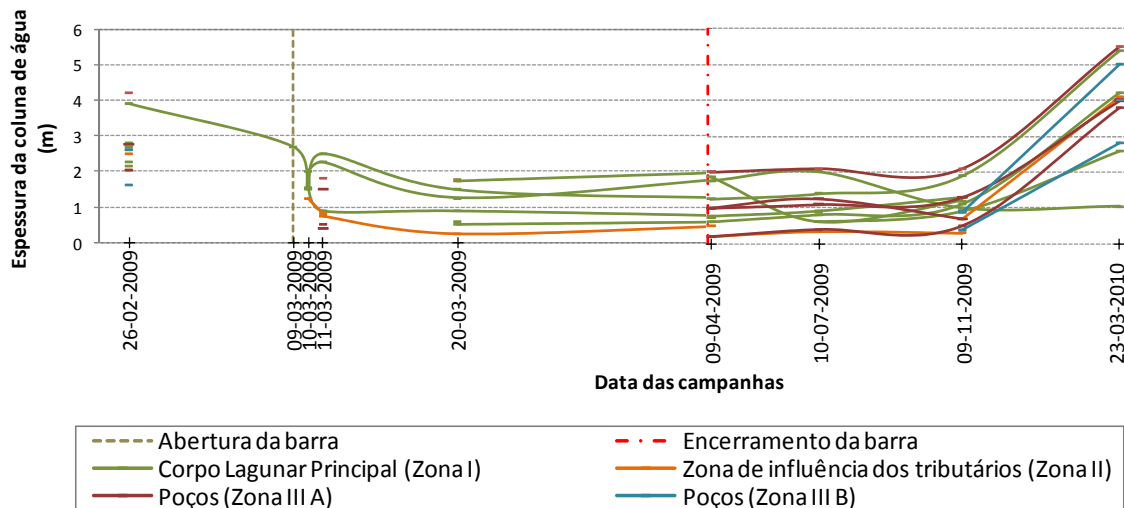


Figura 5-46: Evolução das profundidades nas diferentes campanhas efectuadas na Lagoa de Santo André em ausência e presença de barra de maré, nas distintas zonas da laguna. Note-se que o eixo horizontal correspondente às datas das campanhas não se encontra à escala, havendo uma escala desde Fevereiro de 2009 até ao encerramento natural da barra e outra desde o encerramento até Março de 2010.

5.4. Cota do plano de água lagunar

A cota do plano de água lagunar é um factor que varia ao longo do tempo, quer em situação de barra aberta, quer em situação de barra fechada. Em período em que a laguna não comunica com o oceano, a variação da cota do plano de água lagunar é função dos galgamentos oceânicos que ocorrem na barreira em situações de maior agitação marítima, da maior ou menor pluviosidade na região, reflectindo-se na quantidade de água debitada pelos seus afluentes e da temperatura que promove a evaporação. Os dois primeiros factores conduzem o aumento significativo da cota do espelho de água lagunar, enquanto as elevadas temperaturas induzem evaporação no sistema, e, por conseguinte, a diminuição do nível de água no espaço lagunar. No período em que a barra de maré está activa, a cota do plano de água lagunar é controlada pela amplitude de maré oceânica e pelo crescente assoreamento da barra que vai minimizando a propagação da maré dentro do espaço lagunar. Após o escoamento inicial das águas lagunares e alcançado o equilíbrio potencial entre os planos de água lagunar e oceânico, a barra de maré funciona como elemento responsável pelas trocas entre os dois sistemas, pela qual se propagará a maré oceânica para o interior da laguna (Cruces, 2001). A vazante e enchente vão pois influenciar o nível de água dentro do sistema lagunar. Quando a maré se propaga do oceano para regiões costeiras pouco profundas é distorcida. Segundo Boon & Byrne (1981, *in* Freitas, 1995), a distorção da maré varia entre dois membros finais:

- Distorção simétrica – ocorre quando as durações da enchente e da vazante são iguais, mas com diferentes máximos e mínimos;
- Distorção antissimétrica – ocorre quando as durações da enchente e da vazante são diferentes, mas com máximos e mínimos iguais.

As principais fontes de distorção da maré no espaço lagunar são o atrito de fundo e a interacção da maré com os canais e a bacia lagunar (Woodroffe, 2002; Freitas & Ferreira, 2004). No entanto, em canais pouco profundos, como é o caso da Lagoa de Santo André, em que a cota do canal e a cota do plano de água lagunar é superior às cotas dos baixa-mar oceânicos, a maré oceânica terá de se elevar acima da cota do plano de água lagunar para poder atravessar o canal e propagar-se para o interior, induzindo, por isso, uma amplitude

inferior à oceânica. Em consequência, as vazantes vão ser mais duradoras que as enchentes. O efeito desta distorção é particularmente evidente em sistemas costeiros onde a propagação da maré oceânica no interior do espaço lagunar se dá apenas por um pequeno canal. Segundo Rijn (1998), a deformação da maré irá, igualmente, afectar as velocidades da enchente e vazante no canal e, conseqüentemente, o transporte de sedimentos. Desta forma, a enchente e a vazante são normalmente assimétricas na sua duração, amplitude e velocidade de corrente (Aubrey & Friedrichs, 1988, *in* Freitas, 1995; Woodroffe, 2002), originando sistemas com dominância de enchente ou de vazante. Quando os ambientes são dominados pela vazante, a duração desta é inferior, mas com velocidades superiores, tendo a capacidade de ejectar mais eficazmente para o oceano os sedimentos transportados pela enchente, mantendo os canais mais desobstruídos e estáveis. Por sua vez, a dominância da enchente ocorre quando as velocidades da enchente são maiores, mas de menor duração, favorecendo o assoreamento dos canais e influenciando a sua estabilidade (Freitas, 1995; Cruces, 2001 e Freitas & Ferreira, 2004). A embocadura passa, então, a funcionar como armadilha sedimentar e a diminuição das velocidades promove o assoreamento, reduzindo as profundidades e induzindo o encerramento natural da barra de maré (Cruces, 2001). Segundo Woodroffe (2002), as velocidades das correntes de maré dependem da amplitude das marés e da topografia existente na costa, sendo espectável que as máximas velocidades ocorram no meio da maré ou antes e depois do pico da maré.

Lincoln & FitzGerald (1988, *in* Freitas, 1995) propõe medidas adimensionais (D e V) para uma melhor compreensão destes processos de assimetria de duração e velocidade:

$$D = \frac{\text{duração da enchente} - \text{duração da vazante}}{\text{duração da enchente} + \text{duração da vazante}} \times 100$$

$$V = \frac{\text{velocidade da corrente de enchente} - \text{velocidade da corrente de vazante}}{\text{velocidade da corrente de enchente} + \text{velocidade da corrente de vazante}} \times 100$$

Assim, quando a duração da enchente é superior à duração da vazante, D é positivo, sendo negativo em situação inversa e quando as velocidades de corrente na enchente são superiores às velocidades de corrente na vazante, V é positivo, sendo negativo quando ocorre dominância da vazante.

Durante este ano de monitorização não foram realizadas medições de velocidades no canal após ter sido atingindo o equilíbrio entre a maré oceânica e a maré lagunar. Apenas se efectuaram medições aquando da abertura artificial da barra de maré, durante a primeira vazante e a primeira enchente. Deste modo, foram calculadas velocidades médias de enchente e vazante através da expressão de Brunn (1978, *in* Freitas, 1995):

$$\frac{\Omega}{M} = \frac{AV \times T/2}{M} \quad \text{isto é,} \quad V = \frac{\Omega}{A \times T/2}$$

onde Ω corresponde ao prisma de maré medido em m^3 ; M a deriva litoral total expressa em m^3 /ano, V a velocidade média durante $\frac{1}{2}$ ciclo de maré em m/s, $T/2$ o semi-período de maré (s) e A a área da secção do canal expressa em m^2 .

5.4.1. Situação de barra aberta

Durante este período em que a barra de maré permaneceu activa, monitorizaram-se continuamente as variações da cota do plano de água lagunar, na zona vestibular da Lagoa de Santo André, com recurso a dois transdutores de pressão (Figura 2 – Anexo IV), cuja localização se encontra representada na Figura 1 do Anexo IV.

Quando é efectuada a abertura da laguna, as cotas do plano de água começam a variar consideravelmente, devido ao escoamento de água lagunar e à entrada de água vinda do mar, sendo estas oscilações controladas essencialmente pela amplitude de maré oceânica e pelo estado de assoreamento da barra. Imediatamente antes da abertura da laguna ao mar, o seu plano de água encontrava-se a 2,73 m (NMM) (Figura 5-47). A abertura da barra de maré a Março de 2009 foi efectuada cerca de 3 horas após o máximo do preia-mar oceânico (1,44 m (NMM), 13h30m 09.03.2009, Porto de Sines), encontrando-se, por isso, a maré oceânica num período de vazante.

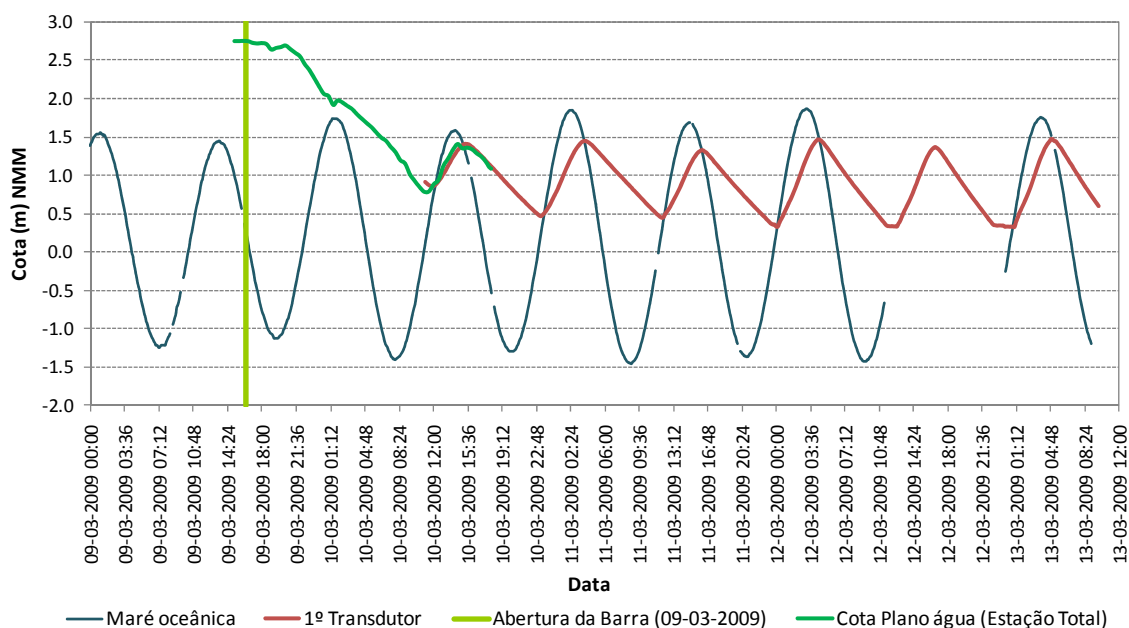


Figura 5-47: Variação da cota do plano de água lagunar medido com a estação total e com o 1º transdutor de pressão e da maré oceânica registada pelo marégrafo de Sines, de 9 a 13 de Março de 2009 na Lagoa de Santo André.

A primeira estofa de maré lagunar (vazante), que demorou cerca de 19 horas e meia, promoveu um decréscimo acentuado na cota do plano de água lagunar até um mínimo de 0,78 m (NMM) às 11h00m do dia 10 de Março de 2009 (Figura 5-47 e Tabela 1a – Anexo IV). A inversão do sentido do fluxo, ou seja, o início da primeira enchente lagunar só foi sentida às 11h do dia 10.03.2009 na segunda enchente oceânica e com desfasamento de aproximadamente 3 horas relativamente ao baixa-mar oceânico (-1,41 m (NMM) 08h00m 10.03.2009, Porto de Sines). Este período de enchente permitiu que o plano de água lagunar atingisse os 1,41 m (NMM), inferior à cota da maré oceânica, que atingiu 1,58 m (Tabela 1a – Anexo IV).

É visível que existe um patamar nos baixa-mar da maré lagunar, entre os dias 13 e 20 de Março, na qual a cota do plano de água lagunar decresce muito lentamente, com uma velocidade significativamente menor que durante o início da vazante (Figura 5-47 e 5-48). Tal deve-se, possivelmente, às configurações do canal ou dos fundos lagunares adjacentes que promoveram, durante esse período, uma menor eficiência no escoamento da água lagunar e, conseqüentemente, a velocidade da vazante fazia-se muito lentamente. Com o passar dos dias e com o aumento do assoreamento do canal, a eficiência no escoamento vai sendo cada vez

menor e, naturalmente, as velocidades de vazante vão sendo também menores. Na realidade, é visível em todo o registo dos transdutores de pressão que a cota do plano de água lagunar não desce além de uma cota que varia aproximadamente entre 0,47 e 0,30 m, cota a partir da qual a maré oceânica começa a entrar no interior da laguna (Figura 5-47 à 5-50). Efectivamente, não é a cota mínima do canal que a maré oceânica terá que atingir para conseguir entrar no interior da laguna, mas sim a cota do plano de água lagunar, de modo a que se igualem os níveis e o potencial hidráulico seja nulo.

Durante os quatro primeiros dias após a abertura da barra de maré, a amplitude de maré lagunar aumentou até 1,13 m, revelando uma amplitude menor que a da maré oceânica (3,29 m) e com um desfasamento de aproximadamente 3 horas para o início da vazante e cerca de 1 hora e 20 minutos para o início da enchente (Figura 5-47 e Tabela 1a – Anexo IV). Após este período e até à colocação do segundo transdutor, a 20 de Março de 2009 (Figura 5-48), em período de marés mortas, a amplitude da maré oceânica diminuiu até 0,64 m e a da maré lagunar até 0,23 m, o desfasamento das marés atingiu entre 1 e 2 horas para o início da enchente e entre 3 e 4 horas para o início da vazante (Tabela 1a – Anexo IV).

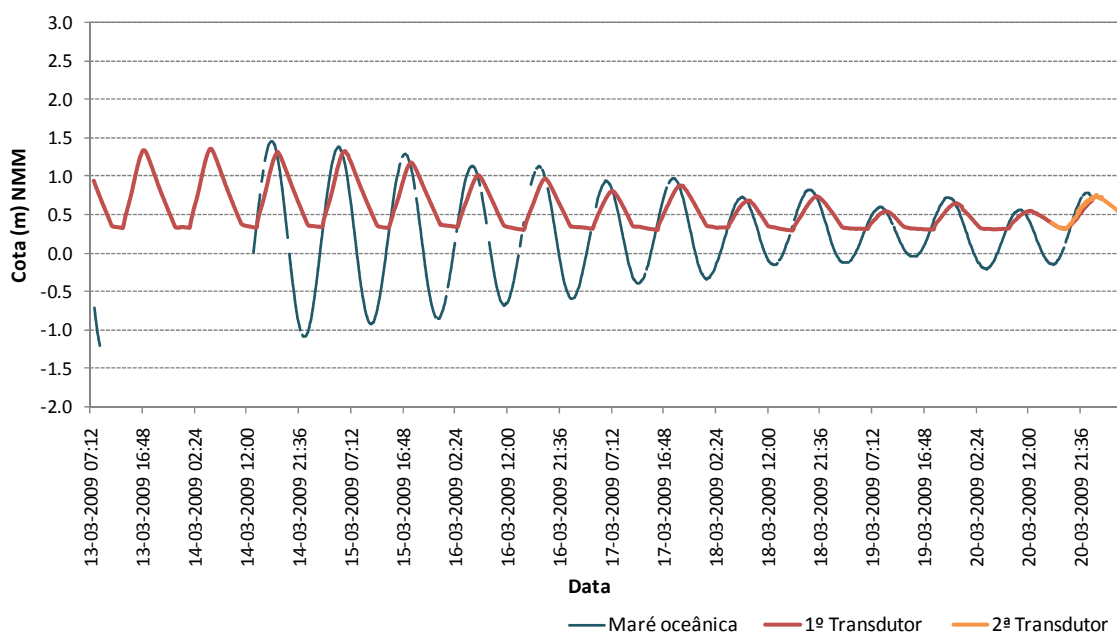


Figura 5-48: Variação da cota do plano de água lagunar medido com o 1º e 2º transdutor de pressão e da maré oceânica registada pelo marégrafo de Sines, de 13 a 20 de Março de 2009 na Lagoa de Santo André.

A colocação do segundo transdutor revelou que, até aproximadamente ao dia 29 de Março (20 dias após a abertura da barra de maré), o desfasamento de marés entre o 1º e o 2º transdutor era pequeno com apenas alguns minutos de diferença, aproximadamente 10 a 20 minutos para o início da vazante e 10 a 40 minutos para o início da enchente (Figura 5-49 e Tabela 1b – Anexo IV). Com o progressivo assoreamento da barra de maré, o escoamento da água lagunar para o oceano e a propagação da maré oceânica para dentro do espaço lagunar foi-se tornando mais difícil. Assim, o desfasamento de marés entre os dois transdutores foi aumentando progressivamente, atingindo um máximo de 2 horas no dia anterior ao encerramento natural, pois o segundo transdutor foi colocado mais próximo da barra de maré e, por isso, as variações da maré na zona do transdutor 1 eram registadas mais tarde (Figura 5-50 e Tabela 1c – Anexo IV). A amplitude de maré registada pelos transdutores foi igualmente diminuindo com a atenuação da maré oceânica no espaço lagunar, atingindo poucos centímetros no dia anterior ao encerramento da barra, cerca de 0,02 m (Tabela 1c – Anexo IV). Após o encerramento natural da barra de maré, a cota do espelho de água lagunar tendeu a estabilizar ligeiramente abaixo dos 1 m (Figura 5-50).

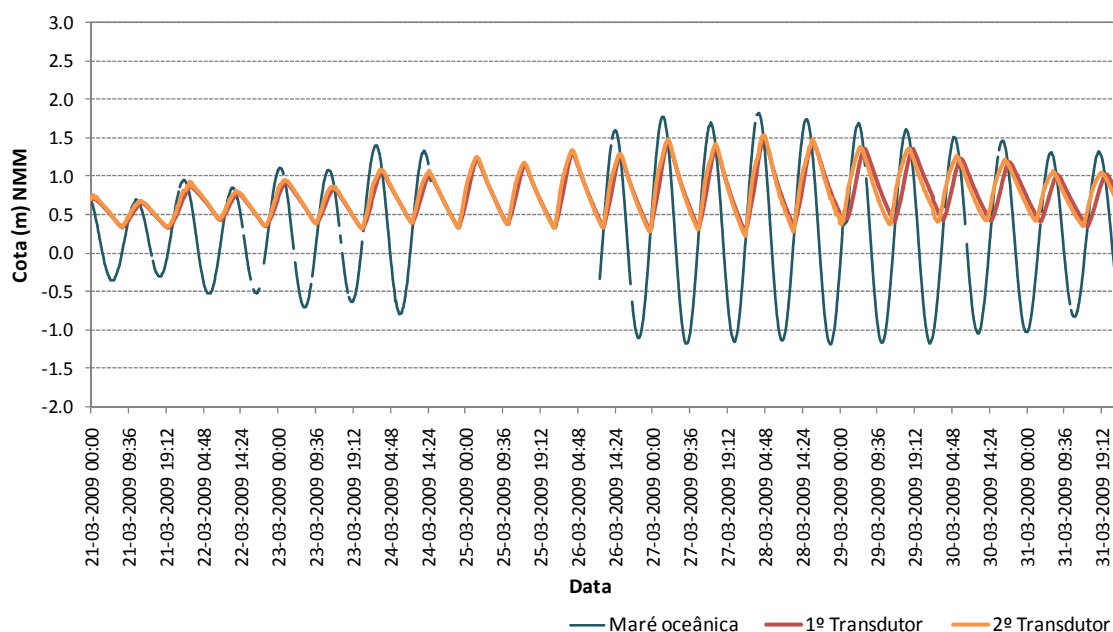


Figura 5-49: Variação da cota do plano de água lagunar medido com o 1º e 2º transdutor de pressão e da maré oceânica registada pelo marégrafo de Sines, de 21 a 31 de Março de 2009 na Lagoa de Santo André.

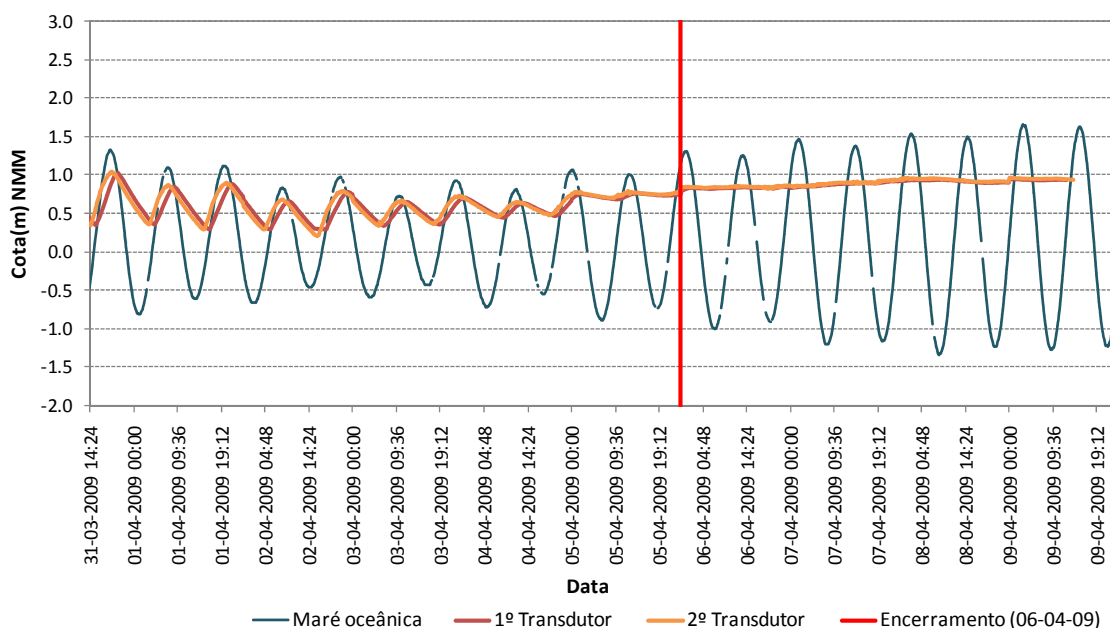


Figura 5-50: Variação da cota do plano de água lagunar medido com o 1º e 2º transdutor de pressão e da maré oceânica registada pelo marégrafo de Sines, de 31 de Março a 9 de Abril de 2009 na Lagoa de Santo André.

A análise destes resultados demonstrou, igualmente, a existência de um sistema dominado pela enchente, onde a vazante tem uma duração de aproximadamente 8 horas e a enchente cerca de 4 horas (Figura 5-51). Esta diferença é facilmente explicável pois a maré oceânica teve que ultrapassar a cota do canal da barra e, posteriormente, a cota do plano de água lagunar para induzir a maré no interior da laguna. Enquanto no oceano a maré começa a subir, dentro da laguna continua a descer até que a cota da maré oceânica ultrapasse a cota do plano de água lagunar e consiga entrar para o seu interior. Desta forma, é provocado um atraso considerável no início da enchente lagunar. Em consequência deste desfasamento, é possível distinguir quatro períodos distintos (Freitas, 1995):

- 1 - a maré sobe no mar e desce na laguna;
- 2 - a maré sobe no mar e na laguna;
- 3 - a maré desce no mar e sobe na laguna;
- 4 - a maré desce no mar e na laguna.

A passagem do período 1 para o 2 e do período 3 para o 4 surge quando a cota do plano de água lagunar e do oceano são iguais. Nos períodos 1 e 4 ocorre um declive hidráulico no sentido do mar e o sentido oposto, sentido da laguna, ocorre nos períodos 2 e 3.

O cálculo dos valores de D para este sistema lagunar comprova o domínio da enchente, registando-se um valor máximo de aproximadamente -41 % (Tabela 2 – Anexo IV). Verifica-se que os maiores valores de D ocorrem em períodos de marés vivas (Tabela 2 – Anexo IV) e, portanto, há uma relação directa de D com a amplitude de maré. Tal como Freitas (1995) registou para a Lagoa de Albufeira, o valor de D é mais negativo em marés vivas, quando o desnível entre a cota do espelho de água lagunar e a cota da baixa-mar é maior. Na Figura 5-52 A é possível verificar que as maiores diferenças entre a duração da enchente e da vazante ocorreram nas campanhas realizadas em marés vivas (11 e 27 de Março de 2009), enquanto nas campanhas realizadas em marés mortas, principalmente na campanha de 20 de Março, a duração da vazante tende a igualar a duração da enchente, sendo aproximadamente 6 horas.

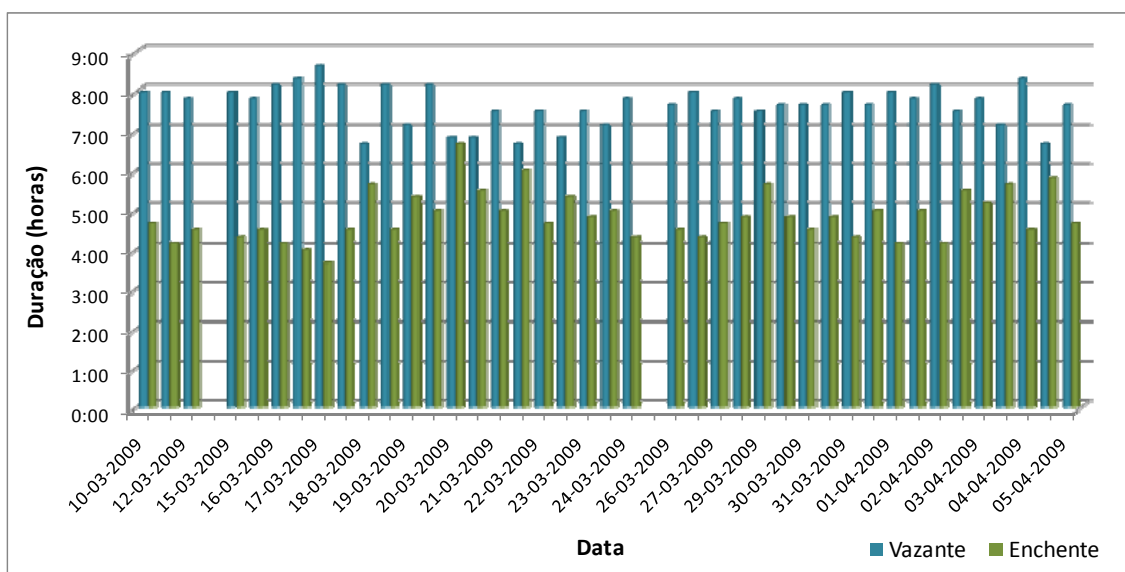


Figura 5-51: Variação das durações das enchentes e das vazantes lagunares entre os dias 10 de Março e 5 de Abril de 2009 na Lagoa de Santo André.

Para os cálculos das velocidades médias de enchente e vazante no canal da barra de maré recorreu-se à expressão de Bruun (1978). Assim, o prisma de maré (Ω) foi obtido para a enchente e vazante (através dos levantamentos topo-batimétricos e dos dados do 1º transdutor de pressão), para $T/2$ foram utilizadas as durações de enchente e vazante medidas com o 1º transdutor de pressão e para A foram usadas as áreas da secção média durante o período de enchente e vazante, respectivamente (ver item 5.5.3 do capítulo 5). Estes dados, representados na Tabela 5-4, foram apenas registados durante as 4 campanhas de campo efectuadas em situação de barra aberta (11, 20 e 27 de Março e 3 de Abril de 2009).

Como seria de esperar, as velocidades de enchente são superiores às velocidades de vazante, verificando-se velocidades menores em condições de marés mortas e velocidades mais elevadas para condições de marés vivas (Tabela 5-4 e Figura 5-52 B). As velocidades médias da vazante variam entre 0,47 m/s em marés mortas e 1,58 m/s em marés vivas, enquanto as velocidades médias de enchente variam entre 0,54 m/s e 2,51 m/s, respectivamente (Tabela 5-4 e Figura 5-52 B). Os cálculos dos valores de V para este sistema lagunar comprovam, igualmente, o domínio da enchente, sendo sempre positivos, variando de aproximadamente 7 e 19 % em marés mortas e 23 e 27 % em marés vivas (Tabela 5-4).

Na realidade, como o volume de água que entra no canal durante a enchente é igual ao volume de água que sai durante a vazante (Davis Jr & FitzGerald, 2004), e como a enchente e a vazante apresentam durações diferentes, as suas velocidades têm de ser necessariamente distintas (Figura 5-52). Na Figura 5-52 C é possível verificar que os prismas de maré são praticamente idênticos durante a enchente e vazante, apresentando diferenças bastante significativas em situação de marés vivas e marés mortas. Em condições de marés vivas o prisma de maré da Lagoa de Santo André variou, no ano de 2009, entre 2 e $2,5 \times 10^6 \text{ m}^3$, sendo aproximadamente 5 vezes inferior nos períodos de marés mortas, cerca de $5 \times 10^5 \text{ m}^3$ (Figura 5-52 C).

Em suma, a Lagoa de Santo André é um sistema lagunar com predominância da enchente (Figura 5-52). A enchente, com maior capacidade de transporte sedimentar que a vazante é, então, responsável pela introdução de areias no canal e no interior da laguna, sendo que só parte dela voltará a sair durante a vazante. Tal significa que os volumes de sedimento injectados pela enchente e depositados nos fundos próximos da embocadura excedem os volumes remobilizados e ejectados pela vazante para o oceano. Tal é comprovado com o cálculo de volumes entre campanhas sucessivas, onde predominam os processos de

acumulação em relação aos de erosão (ver item 5.5.1 do capítulo 5). A embocadura funciona como armadilha sedimentar muito eficiente e a diminuição das velocidades no canal induz o assoreamento e reduz as profundidades, promovendo o fecho natural da barra de maré, impedindo o contacto entre a laguna e o oceano.

A dominância da enchente é, naturalmente, característica destes sistemas costeiros e, tal como demonstrado aqui neste trabalho, também Freitas (1995) e Cruces (2001) revelam dados que comprovam a predominância da enchente para a Lagoa de Albufeira e para a Lagoa de Melides e Santo André, respectivamente. Do mesmo modo, Rijn (1998) defende que de um modo geral, em ciclos mesotidais, o período da enchente numa barra de maré é caracterizado por uma elevada velocidade com curta duração, enquanto no período de vazante as velocidades são pequenas, mas de elevada duração e, conseqüentemente, a capacidade de transporte induzido pelas correntes de enchente é maior que nas correntes de vazante.

Tabela 5-4: Valores de V e velocidades médias de enchente e vazante calculados a partir de fórmulas empíricas para as 4 campanhas de campo em situação de barra aberta para a Lagoa de Santo André.

	11-03-2009		20-03-2009		27-03-2009		03-04-2009	
	Vazante	Enchente	Vazante	Enchente	Vazante	Enchente	Vazante	Enchente
Cota média do plano de água (m)	0.95	0.92	0.42	0.40	0.84	0.93	0.50	0.50
Duração (h)	8:00	4:10	6:50	6:40	8:00	4:20	7:10	5:10
Área da secção média (m ²)	81	79	42	41	57	62	35.00	35
Prisma de maré (m ³)	2.37E+06	2.07E+06	4.84E+05	5.27E+05	2.60E+06	2.42E+06	6.41E+05	6.84E+05
Velocidade média (m/s)	1.02	1.75	0.47	0.54	1.58	2.51	0.71	1.05
V (%)	26.52		6.69		22.60		19.36	

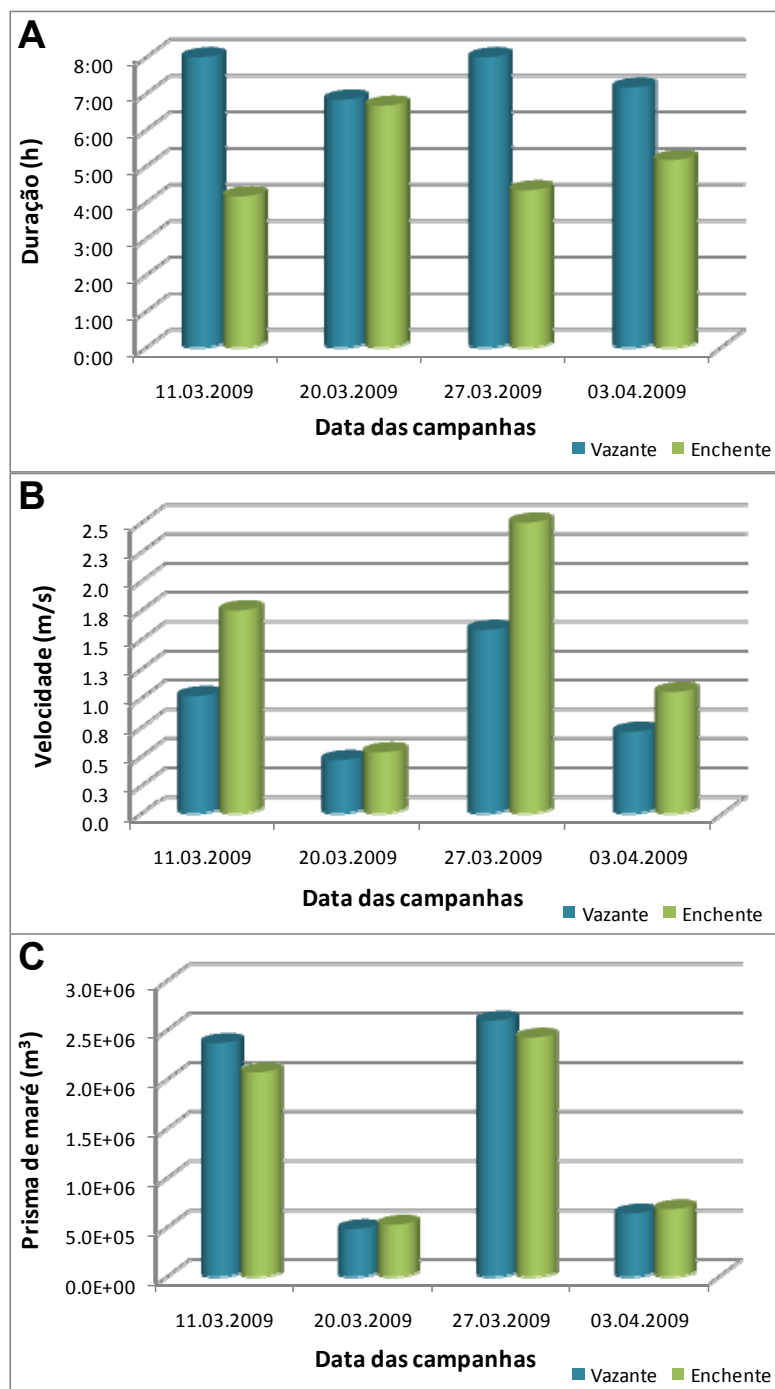


Figura 5-52: Dados obtidos através da análise da maré lagunar para as 4 campanhas de campo realizadas em situação de barra aberta na Lagoa de Santo André: A – Duração da enchente e vazante lagunar; B – Velocidades médias no canal para a enchente e vazante; C – Prismas de maré calculados durante a enchente e vazante.

5.4.2. Situação de barra fechada

No período em que a barra de maré esteve fechada, a cota do plano de água lagunar foi monitorizada junto à barreira em cada campanha de campo e a sua variação foi essencialmente condicionada pelos agentes climáticos: a temperatura e a precipitação. No período seguinte ao encerramento natural da barra de maré o nível da água subiu ligeiramente essencialmente devido à entrada de água na zona lagunar através de galgamentos oceânicos que ocorreram na barreira arenosa recentemente formada, atingindo cerca de 1,19 m (NMM) no mês de Junho (Tabela 5-5). Estes galgamentos oceânicos são típicos durante os períodos imediatamente após o encerramento natural da barra, uma vez que o banco que se solda à praia forma uma berma baixa que evolui essencialmente em altura, através da acreção de sucessivas lâminas arenosas depositadas por galgamentos oceânicos (ver item 5.5. do capítulo 5). Efectivamente, estes galgamentos oceânicos ocorrem até ao limite da acção das ondas, que nos meses de Verão são substancialmente mais baixas que nos meses de Inverno. A partir de determinado nível altimétrico estes galgamentos só são conseguidos em ocasiões excepcionais. Desta forma, nos meses de Junho, Julho e Agosto, associado a temperaturas médias mensais máximas (cerca de 19 °C), a ausência de galgamentos oceânicos e a pluviosidade fraca ou inexistente, o nível de água baixou ligeiramente (0,98 m NMM) em Agosto, em consequência dos processos de evaporação que actuaram sobre o espelho de água lagunar (Tabela 5-5 e Figura 5-53). Contudo, de uma forma geral, pode-se afirmar que após o encerramento natural da barra e durante os meses de Verão e Outono a cota do plano de água lagunar não oscilou significativamente, apresentando-se próximo de 1 m (NMM). A partir do mês de Novembro de 2009, a cota do plano de água lagunar subiu consideravelmente devido essencialmente à elevada precipitação (Figura 5-54) que directamente e através da descarga por parte dos afluentes foi responsável pela entrada de água para dentro do sistema. A maior diferença registada (2,06 m) foi na passagem do mês de Dezembro de 2009 para o mês de Janeiro de 2010, em concordância com a máxima precipitação observada, cerca de 210,2 mm no mês de Dezembro (Tabela 5-5 e Figura 5-54). Antes da reabertura da barra de maré em Março de 2010, a cota do plano de água lagunar encontrava-se a 4,69 m (NMM) cerca de 1,84 m acima do nível de água registado em Fevereiro de 2009, antes da abertura artificial a Março de 2009 (Tabela 5-5). O elevado volume de água armazenado durante a época invernal conduziu a que a abertura artificial da barra de maré, no ano de 2010, fosse bastante eficiente;

contudo, a sua monitorização já não foi alvo de estudo, pelo que não será abordada neste trabalho.

Tabela 5-5: Variação da temperatura mensal, precipitação e cota do plano de água lagunar desde Janeiro de 2009 a Março de 2010 para a Lagoa de Santo André.

Mês	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)	Cota do plano de água lagunar (m) NMM
	Mínima	Máxima	Média		
Janeiro 2009	5.9	14.7	11.6	102.8	
Fevereiro 2009	10.1	14.5	12.6	76.6	2.73
Março 2009	11.4	18.0	14.6	9.2	
Abril 2009	12.2	17.9	13.7	50.1	0.98
Mai 2009	14.3	21.2	16.4	2.8	1.13
Junho 2009	16.6	23.6	19.3	8.3	1.19
Julho 2009	17.6	21.3	19.1	0.0	1.06
Agosto 2009	17.6	21.1	19.0	0.0	0.98
Setembro 2009	17.4	21.4	19.1	2.2	1.17
Outubro 2009	17.8	22.8	19.2	26.5	1.04
Novembro 2009	13.4	19.0	15.9	57.4	1.36
Dezembro 2009	7.5	16.5	13.8	210.2	1.63
Janeiro 2010	7.7	15.7	12.8	138.6	3.69
Fevereiro 2010	7.1	16.2	13.0	150.1	3.78
Março 2010	9.6	17.5	14.0	110.7	4.69

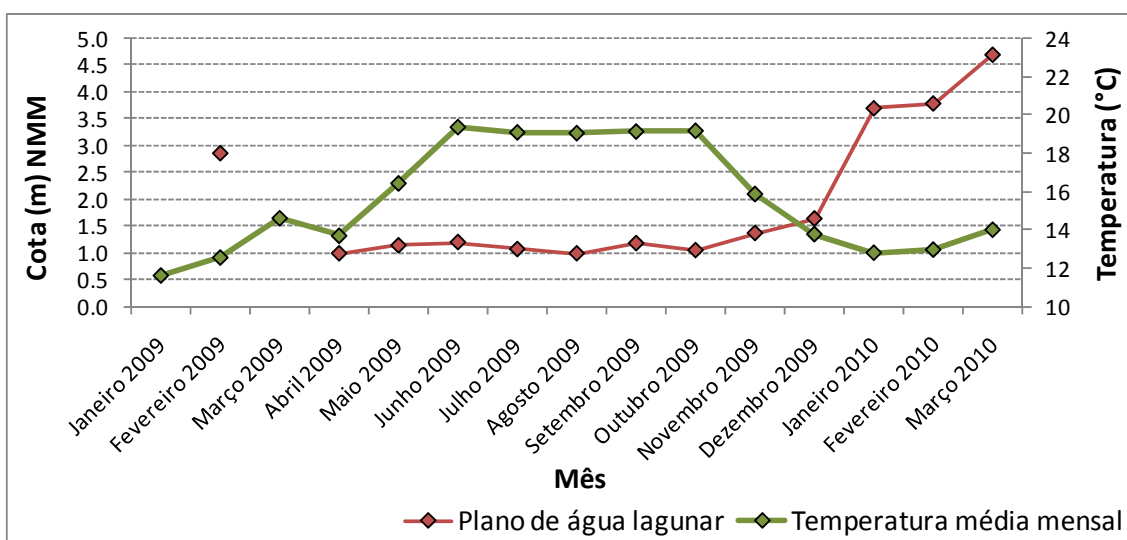


Figura 5-53: Variação da temperatura média mensal registada pela estação meteorológica de Sines e da cota do plano de água lagunar, desde Janeiro de 2009 a Março de 2010 para a Lagoa de Santo André.

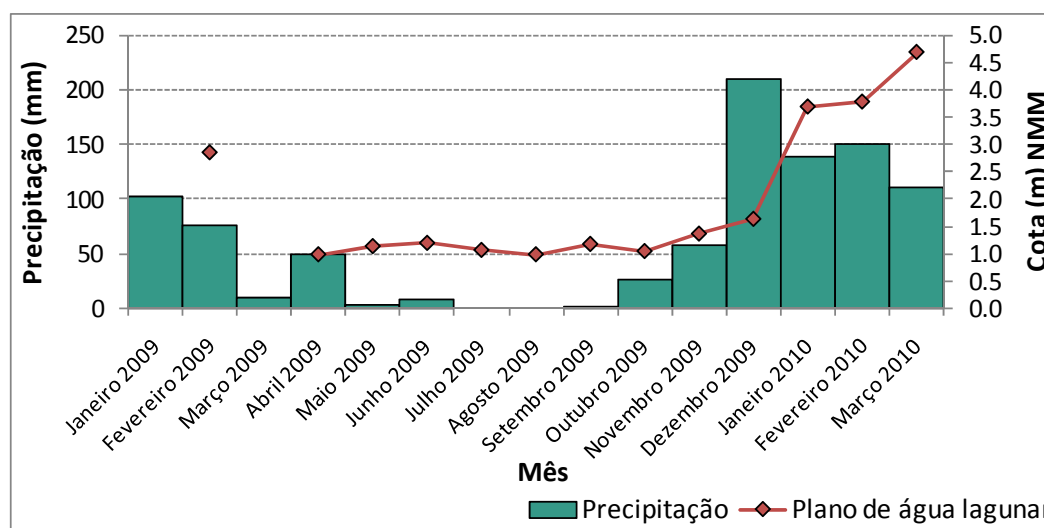


Figura 5-54:Variação da precipitação mensal registada pelo posto udométrico de Monte Velho e da cota do plano de água lagunar, desde Janeiro de 2009 a Janeiro de 2010 na Lagoa de Santo André.

5.5. Levantamentos topo-hidrográficos

A realização dos levantamentos topo-hidrográficos na zona da barra de maré foi efectuada com o intuito de caracterizar a sua evolução morfológica e posterior recuperação da barreira arenosa.

Para uma melhor análise dos resultados obtidos, seleccionou-se um polígono (utilizando o ArcMap) na zona onde ocorreu a abertura artificial da barra de maré, o qual se usou para a construção dos modelos digitais de elevação de todas as campanhas efectuadas. Sempre que possível, o levantamento topográfico abrangeu toda a zona do polígono, contudo nem sempre foi exequível, principalmente na zona do canal, devido às fortes correntes registadas que impossibilitaram a execução de um levantamento mais minucioso. Nas regiões mais exteriores, a falta de levantamentos em determinadas campanhas, exigiu a introdução de pontos levantados em campanhas anteriores, pelo que essas áreas não correspondem exactamente à realidade e, por sua vez, os volumes calculados para cada campanha são apenas uma aproximação.

A abertura artificial da barra de maré da Lagoa de Santo André é um processo bastante complexo que conduz a uma série de alterações no sistema lagunar e no sistema litoral. A sua evolução morfológica processa-se através de importantes modificações nas proximidades do canal pelo transporte significativo de areias, mas sem divagação apreciável do canal. Com o intuito de ilustrar a sequência de acontecimentos e processos que condicionaram a respectiva evolução entre os momentos de abertura e fecho, construíram-se 17 MDEs (Figura 5-55 a 5-57).

Antes da abertura artificial da barra de maré (25 de Fevereiro de 2009) é possível visualizar que a extensão da barreira que anualmente é afectada pela abertura da barra de maré tem aproximadamente 250 m. Esta zona da praia é mais baixa que as adjacentes, revelando uma superfície sub-horizontal delimitada por duas escarpas que correspondem a testemunhos de aberturas precedentes (Figura 5-55). A precipitação do ano lagunar (período que vai desde o encerramento natural até à nova reabertura artificial da barra de maré) que precedeu a abertura da barra de maré em 2009, aproximadamente 396 mm (ver item 5.6 do capítulo 5), permitiu que o nível de água lagunar atingisse uma cota de 2,73 m (NMM). Apesar de não ter sido dos anos mais chuvosos, a acumulação de água no interior da laguna possibilitou uma abertura artificial da barra bastante eficiente.

A abertura artificial no dia 9 de Março de 2009, pelas 16h20m, ocorreu num período de maré vivas, com amplitudes de maré máximas diárias de cerca de 3 m, com agitação de NW e altura de ondulação a não exceder os 2 m (Porto de Sines) (Figura 5-58). A operação de abertura da barra de maré iniciou-se, como já foi referido anteriormente, com a remoção de sedimentos com o auxílio de meios mecânicos, nomeadamente giratórias e pás mecânicas. Estes sedimentos foram depositados nas respectivas margens, a curta distância, elevando localmente a cota da berma (Figura 5-55). Após o estabelecimento da ligação entre o corpo de água lagunar e o oceano, a água acumulada na laguna foi violentamente ejectada através de um canal estreito, curto e rectilíneo, arrastando consigo grande quantidade de sedimentos. O escoamento da primeira vazante foi então responsável pelo alargamento e aprofundamento do sulco previamente rasgado, para modelar um canal com perfil em “V”, simétrico e com um único talvegue (Figura 5-55). Ambas as margens se encontravam bastante escarpadas como consequência da rápida erosão regressiva operada pelas correntes da vazante lagunar. Nas 19h30m que sucederam a abertura, a corrente de vazante promoveu erosão nos fundos lagunares próximos e na barreira, tendo estes sedimentos sido transportados para os fundos

submarinos adjacentes, onde se depositaram e formaram um delta de vazante localizado no enfiamento da embocadura (Figura 5-55) (Pires *et al.*, 2009, 2010 e 2011). No dia 11 de Março de 2009, dois dias após a abertura, é visível que o canal da barra de maré se encontrava encaixado e bem definido com as margens bastante escarpadas (Figura 11 B – Anexo I). No interior da laguna formou-se um delta de enchente, mais pequeno que o delta de vazante, a favor da actividade das correntes de enchente (Figura 5-55). Estas modificações que ocorrem durante os primeiros 2-3 dias correspondem ao Estádio 1 e ao Estádio 2 da série de estádios evolutivos estabelecidos para a Lagoa de Santo André enumerado por Freitas *et al.*, 1999, 2002 e 2006, Cruces *et al.*, 2000 e Cruces, 2001, que descrevem, igualmente, o alargamento e aprofundamento de um canal rectilíneo, simétrico e com acentuada forma em “V” e a formação do delta de vazante no enfiamento da embocadura. O Estádio 3 descrito pelos mesmos autores corresponde à aproximação do delta de vazante à praia e à sua deformação, passando a evidenciar uma forma elipsoidal com o eixo maior paralelo à linha de costa, ao crescimento de um banco de areia na margem sul (barra de meandro ligeiramente encurvada, apontando o “gancho” terminal para o interior lagunar) e erosão da margem norte em menos de uma semana. Este estádio corresponderá possivelmente a um estádio intermédio entre o MDE efectuado 2 dias após a abertura artificial da barra (11.03.2009) e o MDE efectuado 11 dias após a abertura (20.03.2009) e, por isso, não é inteiramente visível. Contudo, também é possível que nem sempre ocorram os mesmos estádios, pois existem vários factores que influenciam as diferentes aberturas da barra de maré, pelo que, estas modificações podem não ter ocorrido durante o ano de 2009.

Consoante as condições hidrodinâmicas a que estão sujeitos, os deltas de enchente e de vazante apresentam configurações distintas. Hayes (1979) defende que em condições mesotidais, como é o caso aqui apresentado, os deltas de vazante encontram-se mais bem definidos que os deltas de enchente. Todavia, Rijn (1998, *in* Cruces, 2001) refere que as barras de maré nessas condições são geralmente dominadas pela enchente e que a presença de um delta de vazante menos desenvolvido pode advir do facto de estarmos na presença de prismas de maré relativamente pequenos devido às reduzidas áreas destes sistemas lagunares. Todavia, a constante remodelação do delta de vazante por parte da actividade das ondas, também pode ser um factor que influenciará o seu tamanho e desenvolvimento.

Onze dias após a abertura da barra de maré (20 de Março de 2009) constatou-se o aumento da largura do canal, devido essencialmente ao desmantelamento das escarpas

marginais actuadas pelas ondas, tendo a secção permanecido aproximadamente simétrica, embora o fundo do canal tenha perdido a forma em “V”, passando a ter uma forma aproximadamente em “U”. Concomitantemente, o transporte de areias induzido pela acção das ondas aproximou o delta de vazante à face de praia e, na margem norte da barra, aquela estrutura adoptou a configuração e a dinâmica de uma barra de espalho (“swash bar”) progradante (Pires *et al.*, 2009, 2010 e 2011). Em consequência, o troço exterior do canal de maré deflectiu para sul (Figura 5-55 e Figura 12 A – Anexo I). O Estádio 4 descrito pelos autores acima indicados revela as mesmas transformações: ao fim de aproximadamente duas semanas, o delta de vazante encosta-se a terra, sendo remodelado sob a forma de uma barra de espalho, induzindo a deflexão do troço terminal do canal. Contudo, estes autores salientam o crescimento desta barra de espalho na margem sul do canal e, por conseguinte, deflexão do canal para norte. Esta situação é exactamente a oposta da verificada durante o ano de 2009, pois os estádios descritos por estes autores correspondem a um episódio específico das observações efectuadas no ano de 1998. A migração do delta de vazante e a aproximação deste à face de praia, encostando-se à margem norte ou sul do canal são reorganizações morfológicas que ocorrem devido, naturalmente, a diversos factores. Possivelmente, o local em que ocorre a abertura artificial da barra de maré, a batimetria, a largura da barra, a morfologia do próprio delta de vazante durante este período e principalmente as condições de agitação marítima são os factores responsáveis pela deslocação do delta para N ou para S, para formar a barra de espalho. Embora não existam, efectivamente, dados sobre a direcção das ondas neste período de migração do delta de vazante, a análise das direcções médias diárias das ondas ao largo registadas pela bóia ondógrafo de Sines, nos dias anteriores e posteriores, demonstra uma ondulação maioritariamente de NW (Figura 5-58 C).

Dezoito dias após a abertura (27 de Março de 2009), em regime de marés vivas, a interacção das correntes induzidas pelas ondas e marés conduziu à remodelação do canal para uma secção assimétrica, com o talvegue encostado a N (Figura 5-55). A contínua actividade das ondas e, possivelmente, alguma deriva litoral são responsáveis pelo crescimento contínuo do banco na margem norte e a erosão da margem sul, o que tem como consequência a extensão e a meandrização do canal, que se vão acentuando ao longo do tempo (Figura 5-55 e Figura 12 B – Anexo I), induzindo um maior confinamento ao canal. Assim, vinte e cinco dias após a abertura da barra (3 de Abril de 2009), observa-se grande desenvolvimento da barra de espalho (banco da margem N) que cresceu para sul no enfiamento da barra e, em paralelo, o

segmento externo daquele canal deflectiu ainda mais para S, tornando-se mais extenso (Figura 5-55 e Figura 13 A – Anexo I). O canal manteve a mesma configuração, mas mais sinuosa, aumentando a sua largura. O desenvolvimento da meandrização, pelo crescente assoreamento da barra, induziu um maior confinamento do canal de escoamento, minimizando a propagação da maré dentro do espaço lagunar.

O contínuo processo de modelação induzido pelas ondas, promoveu cada vez mais deposição de material no banco da margem N (em altura e extensão), impedindo que o fluxo da barra de maré erodisse essa mesma massa de areia. Este processo conduziu, portanto, a que este banco se soldasse à praia, formando uma berma baixa e curta, articulada numa face de praia, selando novamente o contacto entre o corpo de água lagunar e o oceano (Pires *et al.*, 2009, 2010 e 2011) (Figura 5-55 e Figura 13 B – Anexo I). Assim, o encerramento da barra de maré processou-se de forma natural através do bloqueio e da colmatação completa da abertura artificial, ao fim de 28 dias (6 de Abril de 2009), em marés vivas. A finalização do contacto entre a laguna e o oceano é, do mesmo modo, descrito no Estádio 5 pelos autores referidos anteriormente: o contínuo crescimento do banco da margem sul do canal permitiu que este rapidamente se soldasse à praia, formando uma berma baixa que, por acção das ondas, vai continuamente sofrendo acreção vertical e deslocamento para o interior da laguna.

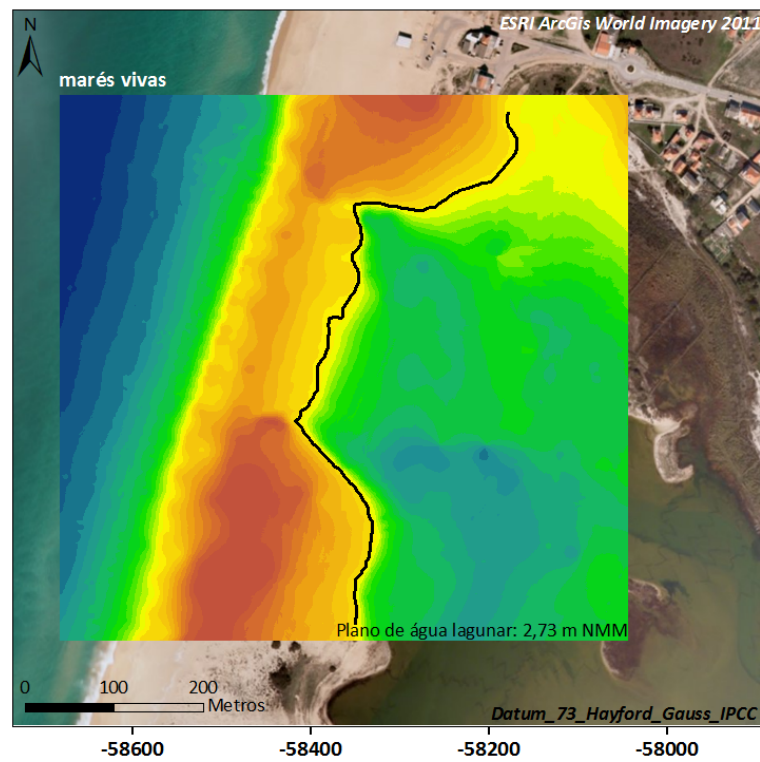
Após o encerramento natural da barra, a nova barreira evolui essencialmente em altura e deslocando-se também para o interior da laguna, através da acreção de sucessivas lâminas arenosas depositadas por galgamentos oceânicos, principalmente por ondas de maiores dimensões durante os preia-mar (Figura 5-56 a 5-57). A recuperação da barreira quase que não se fez sentir nos meses seguintes ao encerramento devido essencialmente às reduzidas alturas de ondas registadas durante este período (Figura 5-59 A), mantendo-se a secção inalterada de 8 de Maio a 14 de Outubro de 2009 (Figura 5-56). Isto acontece porque a recuperação da barreira é mais rápida quando as cotas são mais baixas e a partir de determinado nível altimétrico os galgamentos oceânicos só ocorrem em situações excepcionais, podendo-se assistir a períodos de recuperação reduzida ou mesmo inexistente. Efectivamente, a recuperação da barreira arenosa, em termos altimétricos, é conseguida até ao limite da acção das ondas, acompanhando posteriormente todas as modificações impostas ao perfil de praia pelos agentes oceânicos. Os numerosos temporais, associados a maiores alturas de onda (Figura 5-59 B), que se sucederam entre Novembro de 2009 e Janeiro de 2010 (sete a nove meses após o encerramento) promoveram o preenchimento significativo e rápido

do antigo canal (Figura 5-57). Estas características mantiveram-se inalteradas até à reabertura artificial da barra de maré, que ocorreu a 28 de Março de 2010.

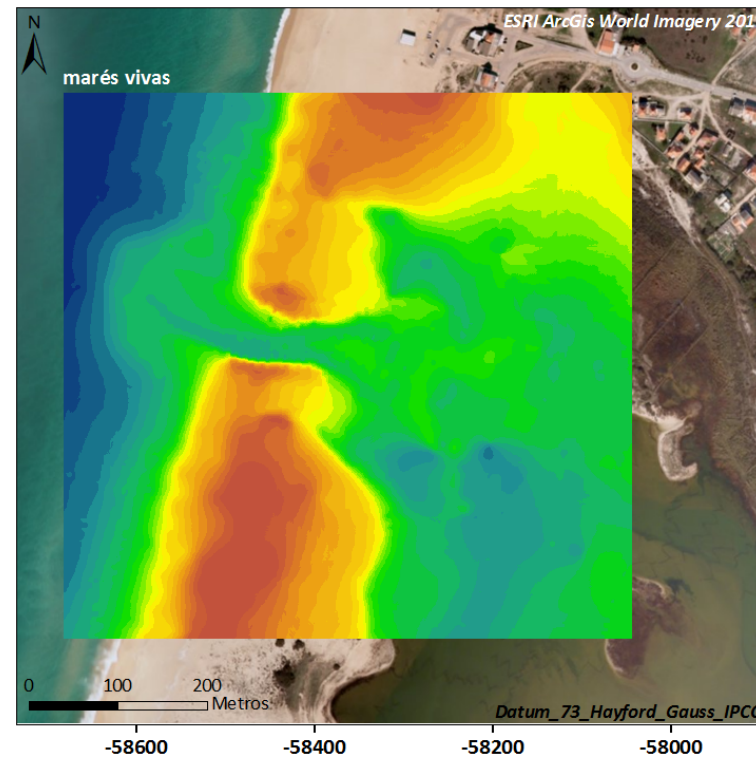
Apesar das diversas modificações e contrariamente ao que se passa, por exemplo, na Lagoa de Albufeira, a barra de maré da Lagoa de Santo André não divaga, indicando que os processos de transporte que dominam na zona são os movimentos transversais, tendo a deriva litoral um papel mais secundário e menos intenso. De facto, Ranasinghe *et al.* (1999) descreve dois possíveis mecanismos para o encerramento natural das barras de marés: um governado pelo transporte longilitoral de sedimentos (deriva litoral), o outro governado pelo transporte transversal de sedimentos. Estudos realizados na Austrália, mais propriamente na barra de Wilson, não mostraram significativo enchimento do canal ou migração da restinga, como teria sido o caso se o canal fosse fechado devido essencialmente ao transporte longilitoral, defendendo que possivelmente os processos transversais são os responsáveis pelo fecho natural desta barra de maré (Ranasinghe *et al.*, 1998 e Ranasinghe & Pattiaratchi, 1999). Os mesmos autores defendem, ainda, que condições de tempestade ou eventos de alta energia geralmente resultam no prolongamento da duração da barra aberta; no entanto, se o evento de tempestade ocorre logo após a abertura, associado ao enfraquecimento das correntes de vazante na entrada no canal, resulta um rápido encerramento na barra de maré. Em muitas barras de maré naturais (sem qualquer tipo de protecção), a formação e o desenvolvimento de restingas de areias governam a migração e o encerramento das barras costeiras e dos seus canais de maré (Tung *et al.*, 2009). A migração das barras e o desenvolvimento de restingas arenosas são bastante comuns em muitas zonas costeiras, onde as condições de agitação promovem o transporte sedimentar longilitoral, dominado por uma direcção. FitzGerald (1988) refere que, de um modo geral, a migração das barras depende de diversos factores, incluindo a magnitude da deriva litoral (em termos de quantidade sedimentar e clima de agitação), as velocidades das correntes de vazante (dependendo do prisma de maré e da profundidade do canal) e a composição do banco do canal.

De facto, na Lagoa de Santo André, o transporte sedimentar transversal é o principal responsável pelo encerramento da barra de maré, uma vez que não ocorre migração da barra; contudo, existe algum transporte longilitoral associado ao desenvolvimento da barra de espalho que após o seu crescimento promove o isolamento da laguna.

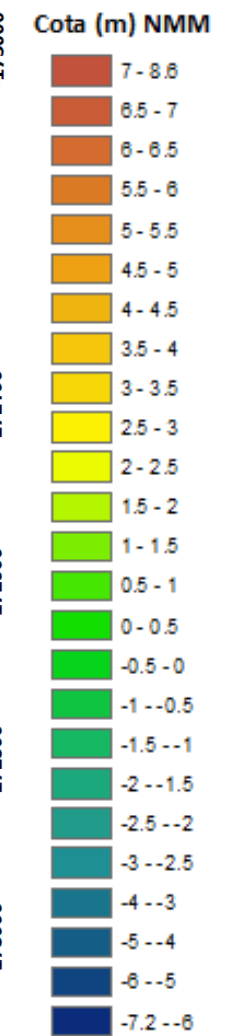
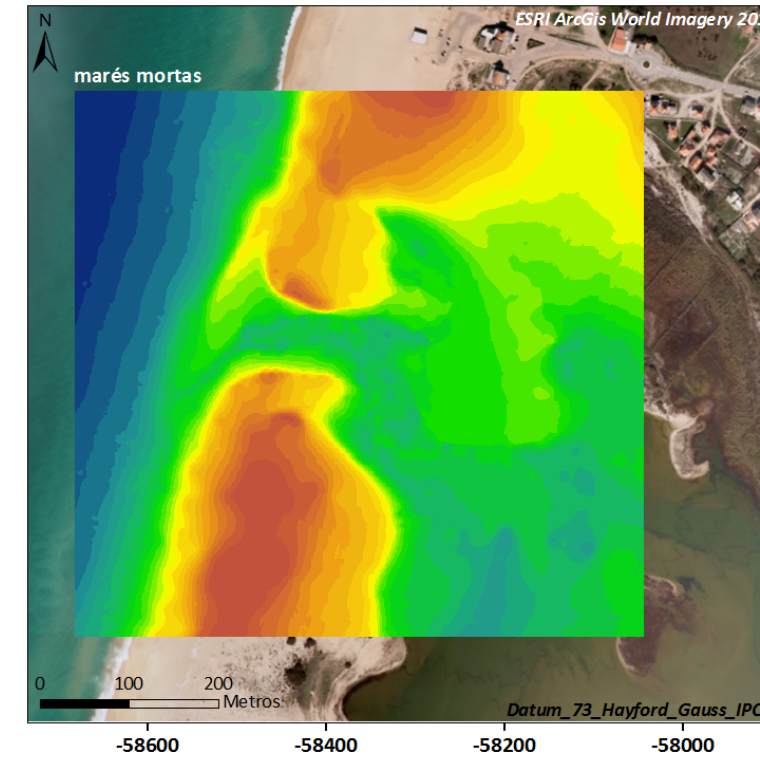
1ª Campanha – 25.02.2009 (12 dias antes da abertura artificial da barra de maré)



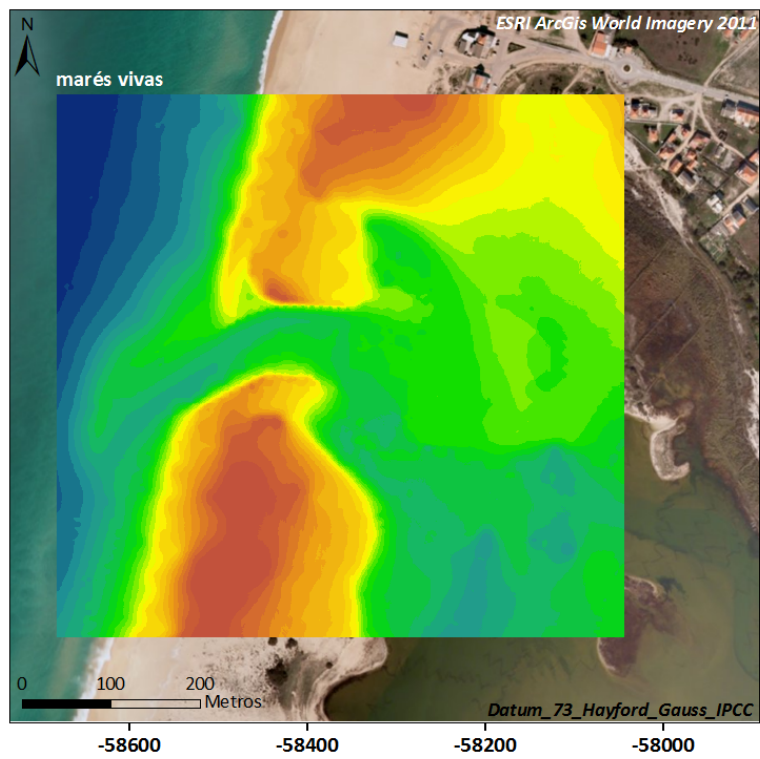
2ª Campanha – 11.03.2009 (2 dias após a abertura artificial da barra de maré)



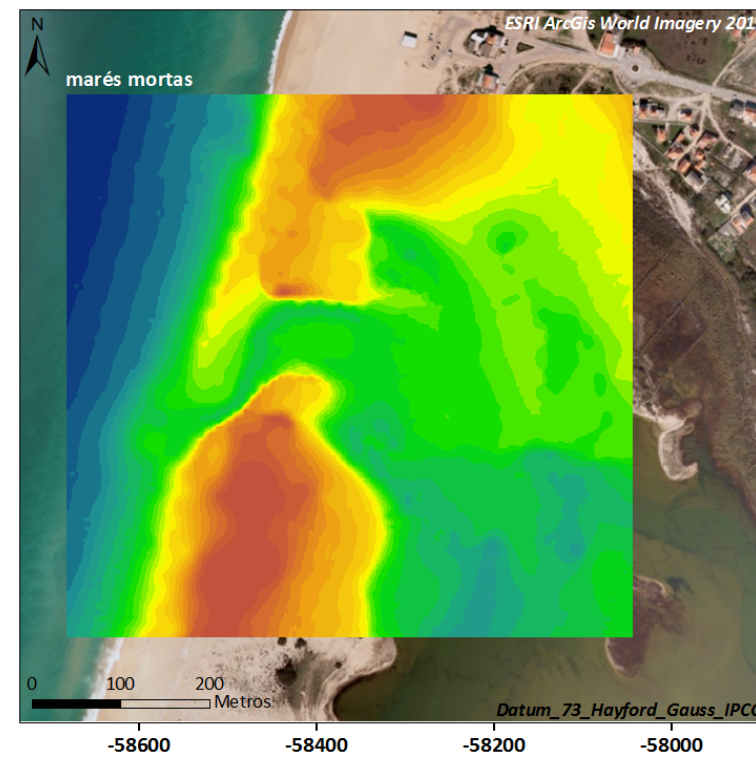
3ª Campanha – 20.03.2009 (11 dias após a abertura artificial da barra de maré)



4ª Campanha – 27.03.2009 (18 dias após a abertura artificial da barra de maré)



5ª Campanha – 03.04.2009 (25 dias após a abertura artificial da barra de maré)



6ª Campanha – 09.04.2009 (3 dias após o encerramento natural da barra de maré)

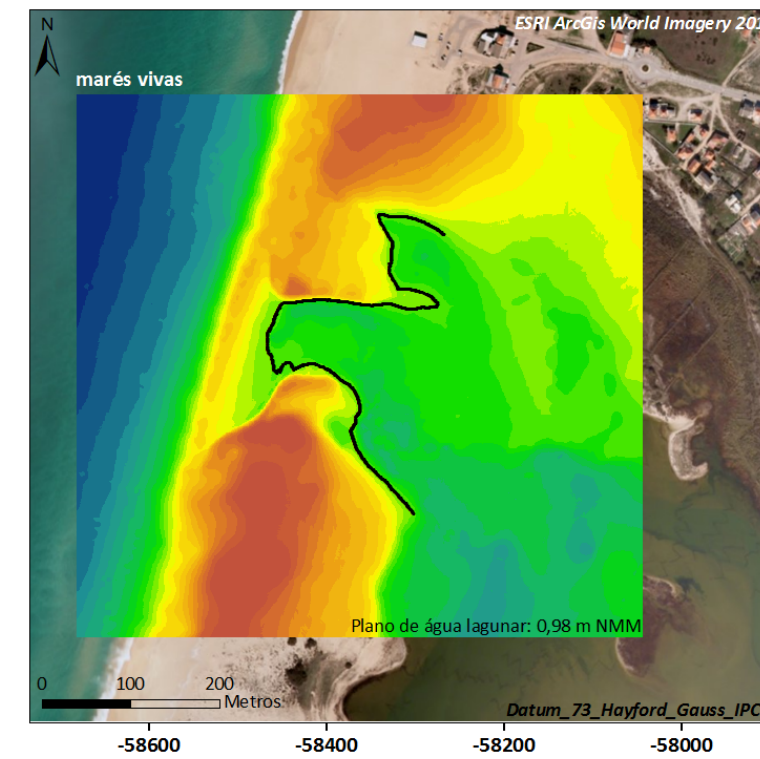
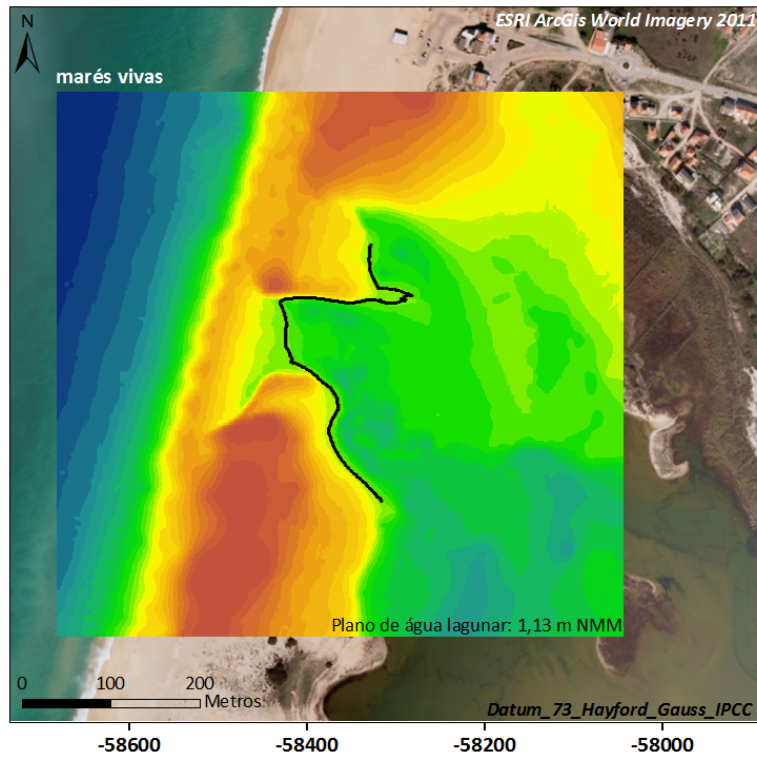
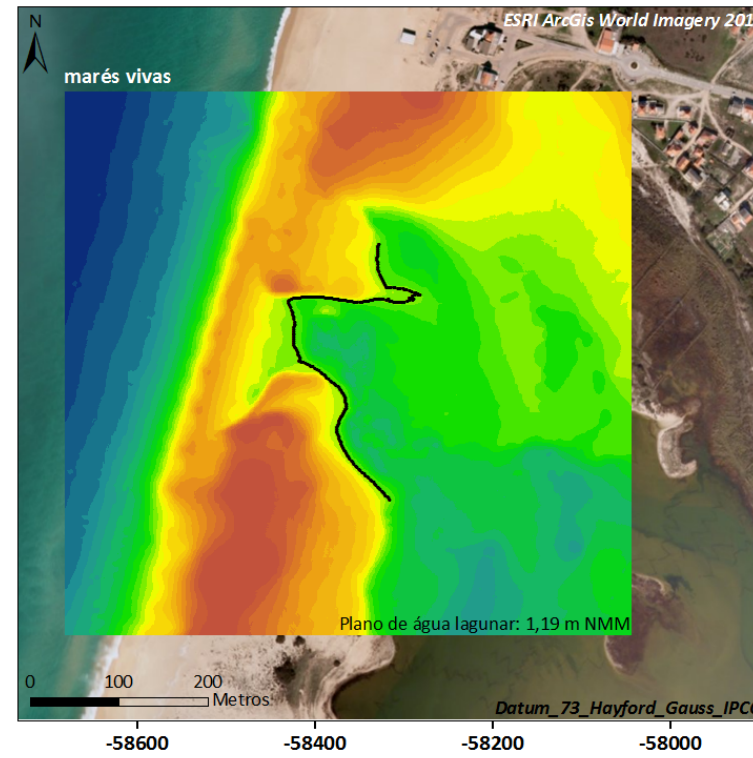


Figura 5-55: Modelos digitais de elevação construídos em ArcMap através da krigagem, utilizando a informação altimétrica da área mais próxima da barra de maré na Lagoa de Santo André, da 1ª à 6ª campanha de campo.

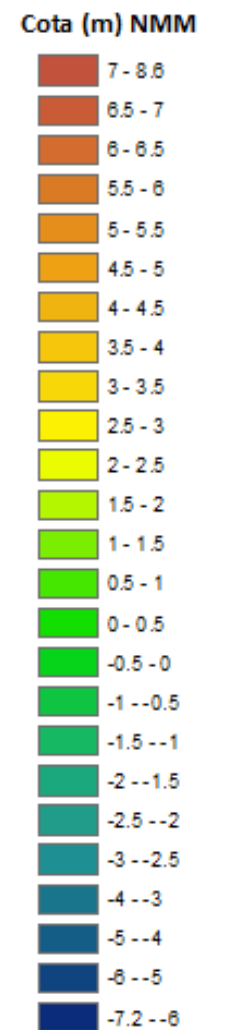
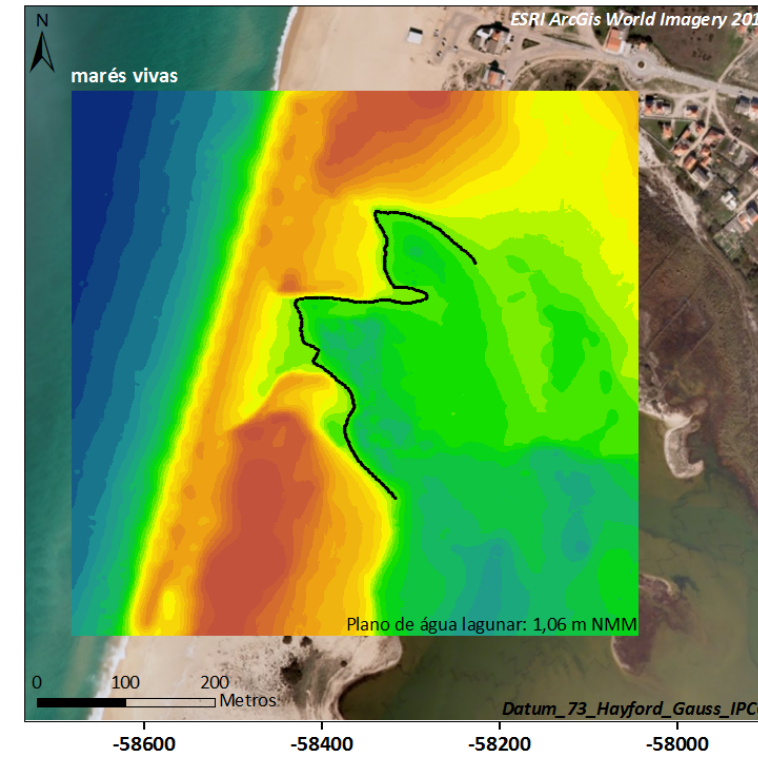
7ª Campanha – 08.05.2009 (32 dias após o encerramento natural da barra de maré)



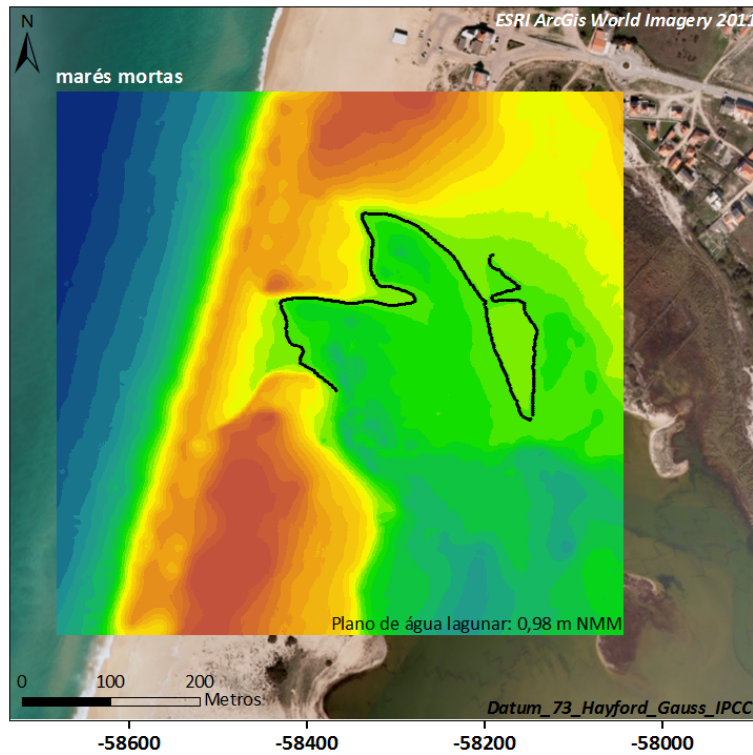
8ª Campanha – 05.06.2009 (60 dias após o encerramento natural da barra de maré)



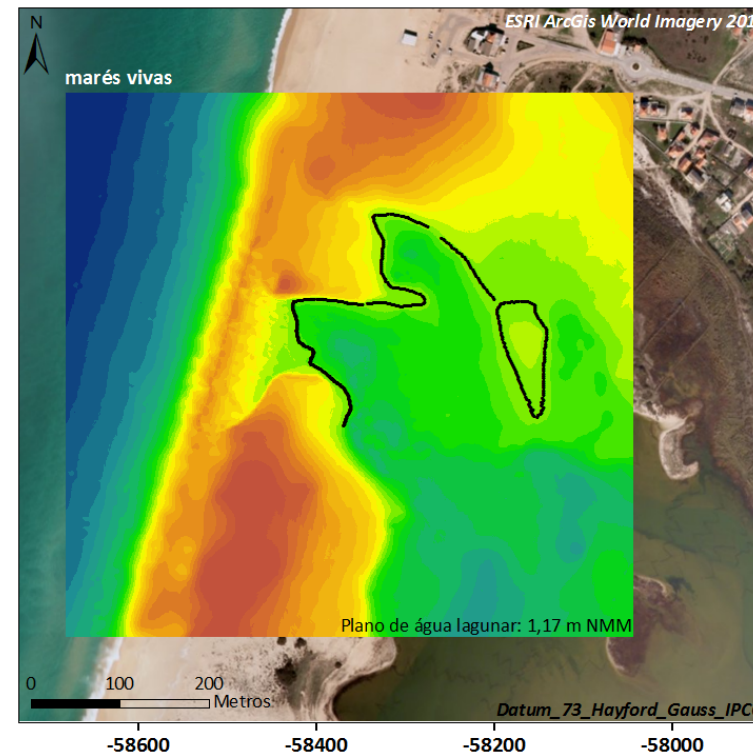
9ª Campanha – 10.07.2009 (95 dias após o encerramento natural da barra de maré)



10ª Campanha – 14.08.2009 (130 dias após o encerramento natural da barra de maré)



11ª Campanha – 09.09.2009 (156 dias após o encerramento natural da barra de maré)



12ª Campanha – 14.10.2009 (191 dias após o encerramento natural da barra de maré)

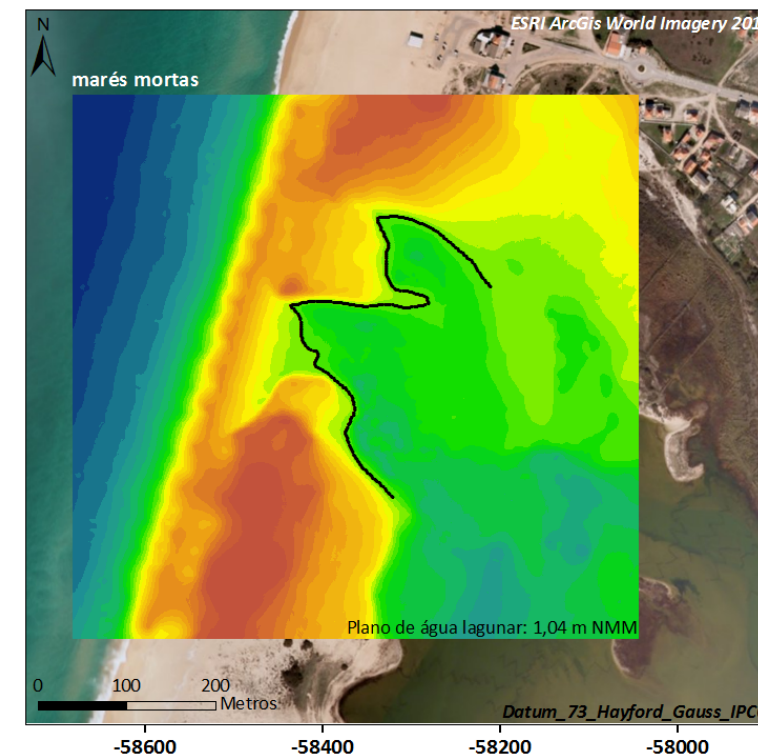
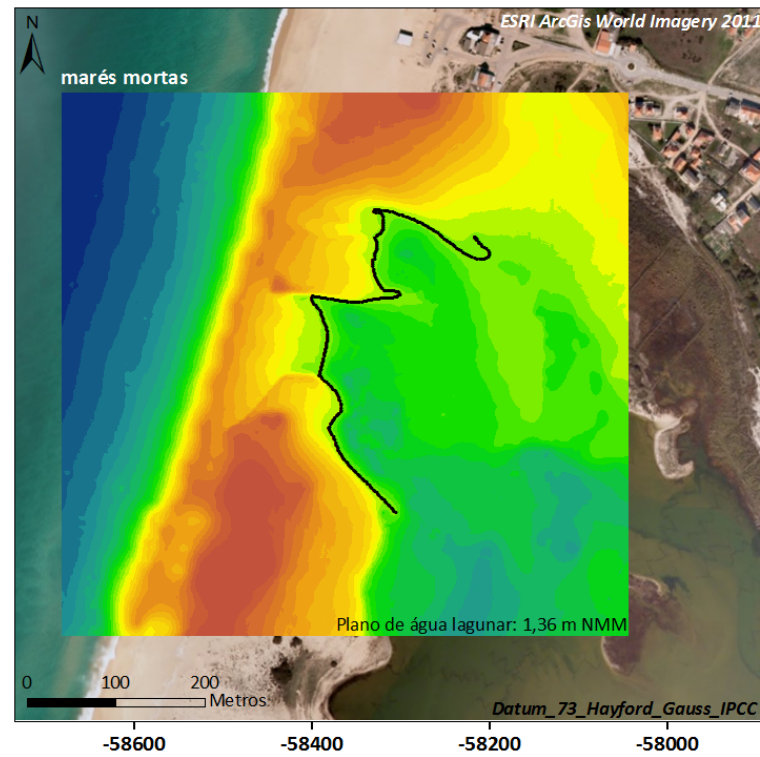
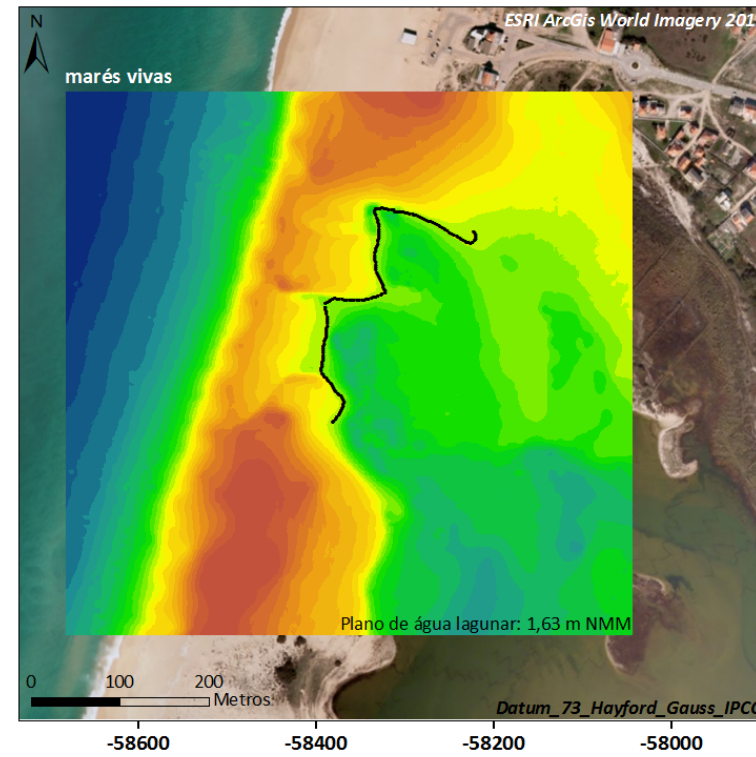


Figura 5-56: Modelos digitais de elevação construídos em ArcMap através da krigagem, utilizando a informação altimétrica da área mais próxima da barra de maré na Lagoa de Santo André, da 7ª à 12ª campanha de campo.

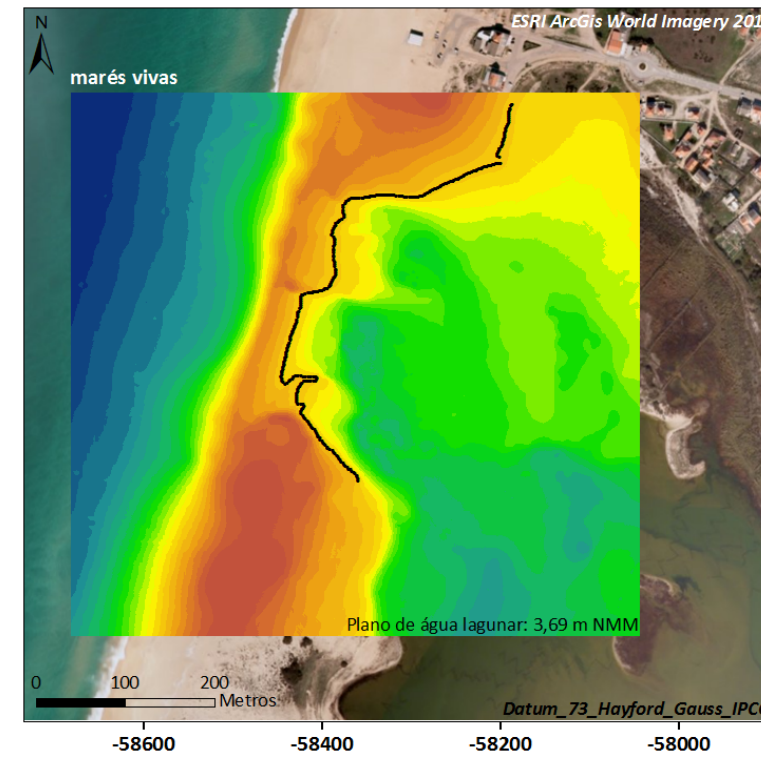
13ª Campanha – 09.11.2009 (217 dias após o encerramento natural da barra de maré)



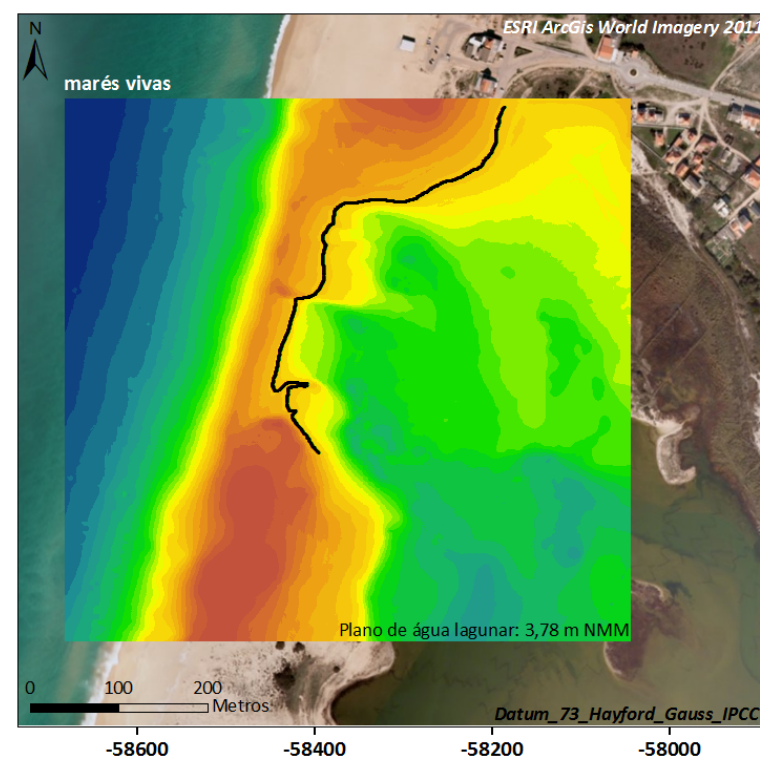
14ª Campanha – 14.12.2009 (252 dias após o encerramento natural da barra de maré)



15ª Campanha – 19.01.2010 (288 dias após o encerramento natural da barra de maré)



16ª Campanha – 18.02.2010 (318 dias após o encerramento natural da barra de maré)



17ª Campanha – 17.03.2010 (351 dias após o encerramento natural da barra de maré)

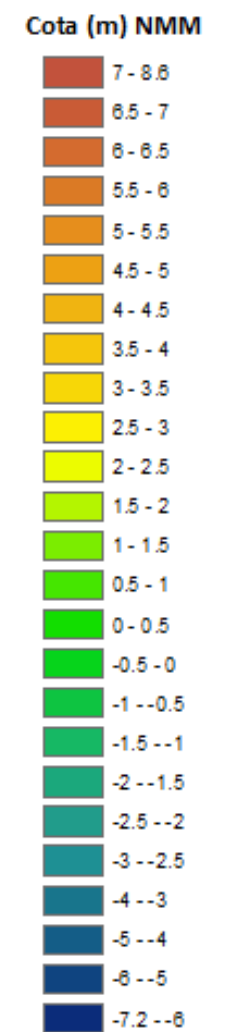
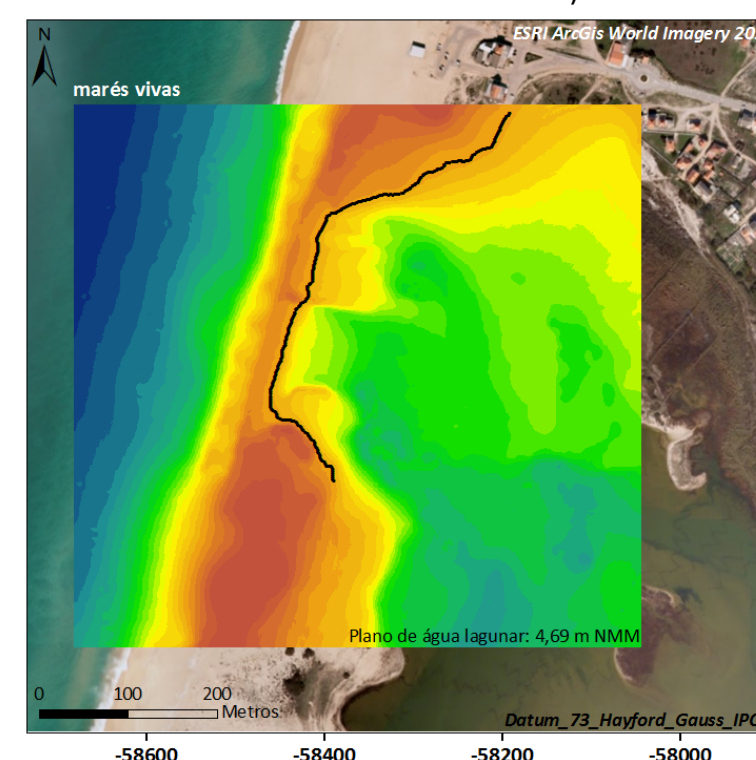


Figura 5-57: Modelos digitais de elevação construídos em ArcMap através da krigagem, utilizando a informação altimétrica da área mais próxima da barra de maré na Lagoa de Santo André, da 13ª à 17ª campanha de campo.

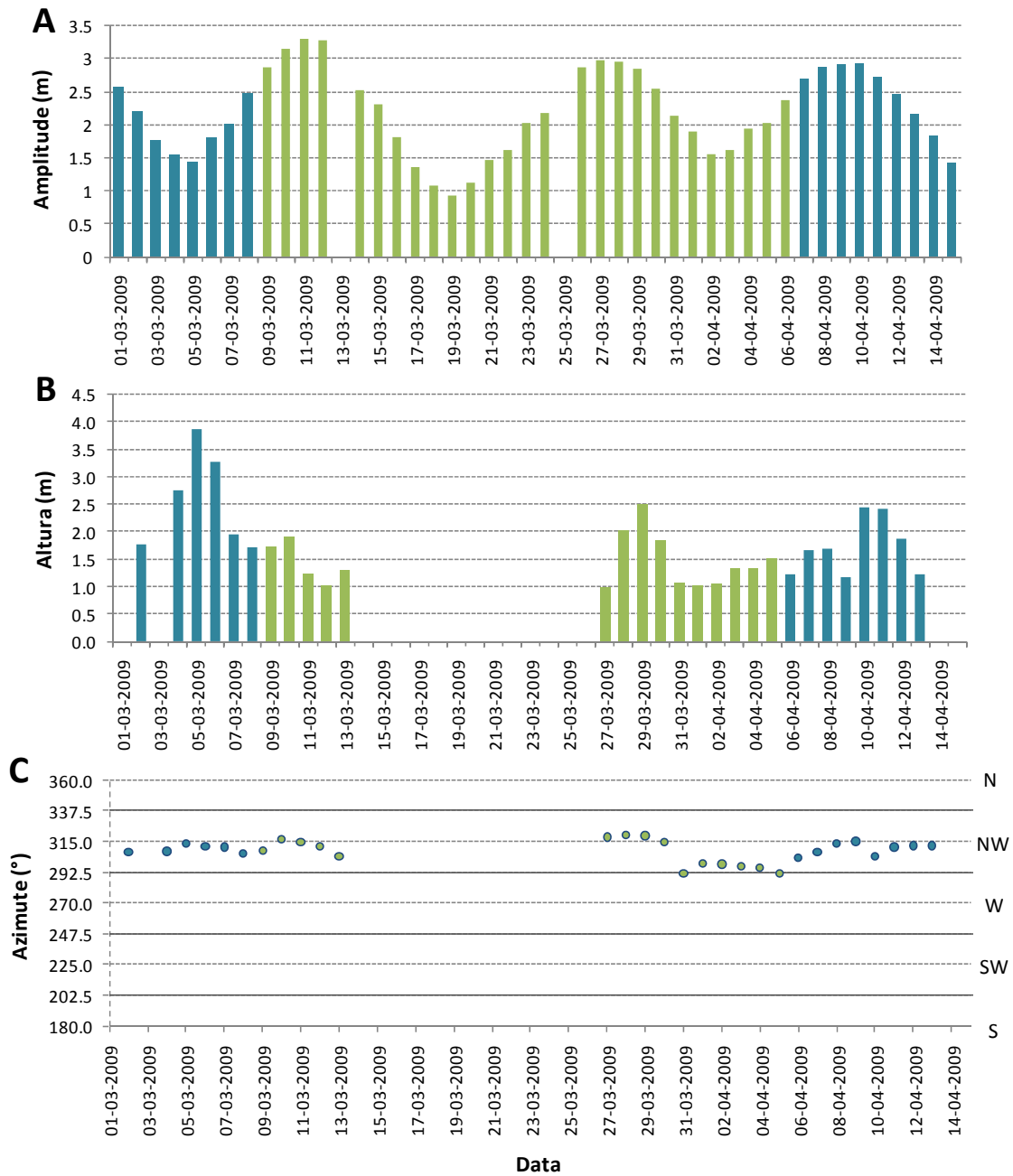


Figura 5-58: Agentes oceânicos entre 1 de Março e 14 de Abril de 2009. A – Amplitude de maré máxima diária (marégrafo de Sines); B – Altura média diária das ondas ao largo (Bóia ondógrafo de Sines); C – Direcção média diária das ondas ao largo (Bóia ondógrafo de Sines). Os dados a azul indicam a situação de barra fechada e os dados a verde a situação de barra aberta.

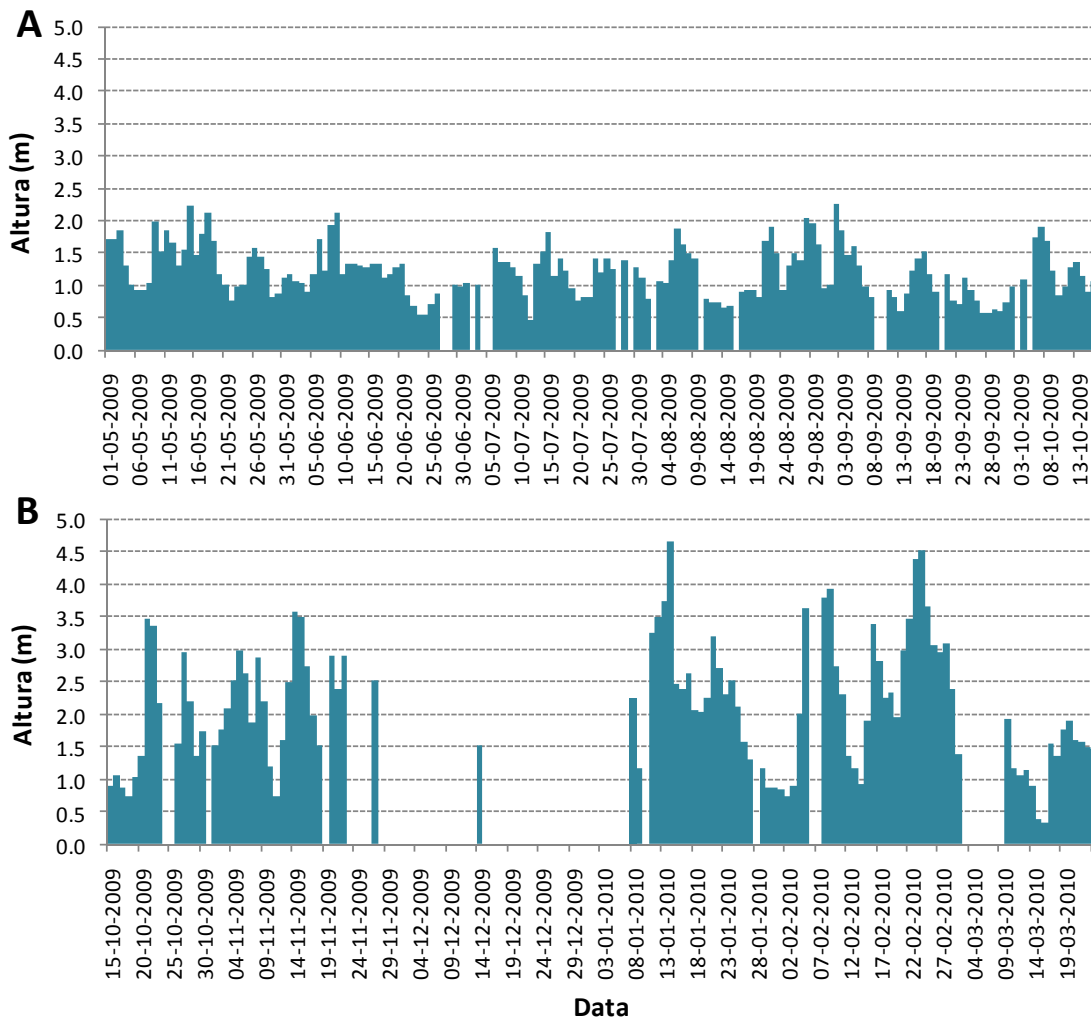


Figura 5-59: Altura média diária das ondas ao largo registadas pela bóia ondógrafo de Sines, durante: A – Período de Verão (Maio a Outubro de 2009); B – Período de Inverno (Outubro de 2009 a Março de 2010).

5.5.1. Diferenças entre MDEs

As cartas de diferenças entre levantamentos sucessivos (Figura 5-60 à 5-62) ilustram os principais processos de erosão e sedimentação que ocorreram durante este ano de monitorização. Na Figura 5-60, a carta de diferenças altimétricas entre a 1ª (25.02.2009) e a 2ª (11.03.2009) campanha de campo demonstra principalmente a erosão do canal de escoamento e a deposição de sedimentos no enfiamento da embocadura (delta de vazante) e no interior lagunar (delta de enchente), bem como a elevação das escarpas norte e sul do canal de maré devido à deposição de areias pela maquinaria aquando da abertura artificial da barra. Apesar da intensa actividade erosiva registada na zona do canal, a diferença de volume entre estes dois MDEs sugere uma predominância dos processos de sedimentação com aproximadamente mais 15600 m³ de areia na 2ª campanha (Tabela 5-6). Este facto deve-se, possivelmente, a sedimentos que provieram de zonas mais interiores da laguna, não abrangidas pelos MDEs, aquando da abertura da barra ou alguma componente transportada pela deriva litoral e pelos transportes transversais, vindos, portanto, do exterior do sistema. Posteriormente, as diferenças altimétricas entre a 2ª (11.03.2009) e a 3ª (20.03.2009) campanha revelam a contínua erosão das margens do canal, que promoveram o aumento da largura entre as escarpas, o desenvolvimento do delta de enchente e a deslocação do delta de vazante para a praia, encostando-se do lado norte do canal (Figura 5-60). Durante este período também ocorreu predominância dos processos de sedimentação com cerca de mais 36800 m³ de areia na 3ª campanha (Tabela 5-6). As maiores diferenças estão associadas ao delta de enchente e ao banco de areia que se encostou na margem norte no canal, o que, possivelmente, indica que os sedimentos advieram da deriva litoral, sendo o transporte de areias induzido pela actividade das ondas, uma componente com bastante importância. Estas diferenças sugerem, de certa forma, a dominância da enchente e a sua capacidade de transporte sedimentar bastante superior à da vazante, uma vez que toda a areia que atinge o canal é transportada para o interior lagunar e apenas parte dela é que volta a sair. A comparação das campanhas seguintes (3ª a 20.03.2009 e 4ª a 27.03.2009) ilustra a contínua erosão das escarpas do canal e a acumulação de sedimentos no banco de areia anteriormente formado que começou a crescer do lado norte (Figura 5-60), com um contínuo ganho de volume de 59000 m³ (Tabela 5-6). Da 4ª campanha (27.03.2009) para a 5ª campanha (03.04.2009) ocorre uma perda de 12600 m³ de areia dentro do sistema, representada

essencialmente por erosão das escarpas do canal e transporte de sedimentos da zona mais oceânica para junto da praia (Figura 5-60). Embora não fosse o esperado, devido aos permanentes processos de sedimentação que operaram nesta altura, o valor de erosão pode ser facilmente justificado pela falta de um levantamento topo-hidrográfico mais minucioso na parte mais oceânica durante a 5ª campanha de campo, devido às condições do mar, pelo que a erosão que aí é representada pode não corresponder à realidade. As cartas de diferenças altimétricas posteriores, até à campanha de Setembro (SA5-SA6 a SA10-SA11), revelam uma constante taxa de acumulação de sedimentos (Tabela 5-6) essencialmente na zona da barreira, devido aos agentes oceânicos que produziam o nivelamento da berma baixa, embora pouco significativas entre Maio e Outubro (Figura 5-60 e Figura 5-61). A partir do mês de Outubro e até Janeiro de 2010 (SA11-SA12 a SA14-SA15) a maior agitação marítima registada é responsável pela dominância dos processos de erosão. Apesar dos diversos galgamentos oceânicos que ocorreram nesta altura, que promoveram a deposição de sedimentos na parte mais interna da barreira arenosa, as cartas de diferenças ilustram a erosão da face de praia (Figura 5-61 e Figura 5-62) típica dos perfis de praia de Inverno (ver item 5.5.2 do capítulo 5), atingindo uma diferença de 47900 m³ de areia da 13ª campanha (09.11.2009) para a 14ª campanha (14.12.2009) (Tabela 5-6). A partir de Janeiro e até ao final da monitorização (Março de 2010), os processos de acumulação voltam a dominar, atingindo uma diferença de 22500 m³ do mês de Fevereiro para o mês de Março (Tabela 5-6). Desta forma, ao analisar as diferenças altimétricas entre a 1ª campanha realizada antes da abertura artificial de 2009 (25.02.2009) e a 17ª campanha realizada antes da reabertura de 2010 (17.03.2010), verifica-se uma acumulação significativa de sedimentos com aproximadamente mais 127200 m³, podendo este valor não corresponder exactamente à realidade. Contudo, as operações de abertura acarretam sempre entrada de sedimentos para o interior lagunar, uma vez que a areia que proporciona o encerramento natural da barra, para além da que foi inicialmente ejectada das proximidades da barra, é essencialmente de origem externa ao sistema. Esta acumulação ocorre principalmente no interior da laguna, próximo da zona onde se efectuou a abertura artificial (Figura 5-62), revelando mais uma vez a eficácia da enchente em transportar sedimentos para o interior lagunar e a menor eficiência da vazante para os expulsar.

Tabela 5-6: Volumes totais, de acumulação e erosão calculados para cada MDE e respectivas diferenças entre levantamentos topo-hidrográficos sucessivos, durante o ano de monitorização na Lagoa de Santo André. Note-se que a última diferença de volume corresponde à diferença entre a primeira campanha (SA1) e a última campanha (SA17).

Campanha	Área (m ²)	Volume total (m ³)	Acumulação (m ³)	Erosão (m ³)	Diferenças de volume (m ³)	
SA1	389512.5	3601291	49641	65254	SA2-SA1	15615
SA2	389512.5	3616905	59960	96746	SA3-SA2	36786
SA3	389512.5	3653691	24865	83793	SA4-SA3	58929
SA4	389512.5	3712620	54360	41730	SA5-SA4	-12630
SA5	389512.5	3699990	21193	46223	SA6-SA5	25031
SA6	389512.5	3725021	10497	30434	SA7-SA6	19935
SA7	389512.5	3744957	11858	13475	SA8-SA7	1616
SA8	389512.5	3746573	15516	26260	SA9-SA8	10746
SA9	389512.5	3757319	11946	16072	SA10-SA9	4126
SA10	389512.5	3761445	12437	27719	SA11-SA10	15282
SA11	389512.5	3776727	26151	21400	SA12-SA11	-4753
SA12	389512.5	3771975	42493	27444	SA13-SA12	-15047
SA13	389512.5	3756927	59770	11892	SA14-SA13	-47879
SA14	389512.5	3709048	37689	32321	SA15-SA14	-5368
SA15	389512.5	3703680	23030	25299	SA16-SA15	2268
SA16	389512.5	3705948	14187	36725	SA17-SA16	22538
SA17	389512.5	3728486	41730	168924	SA1-SA17	127196

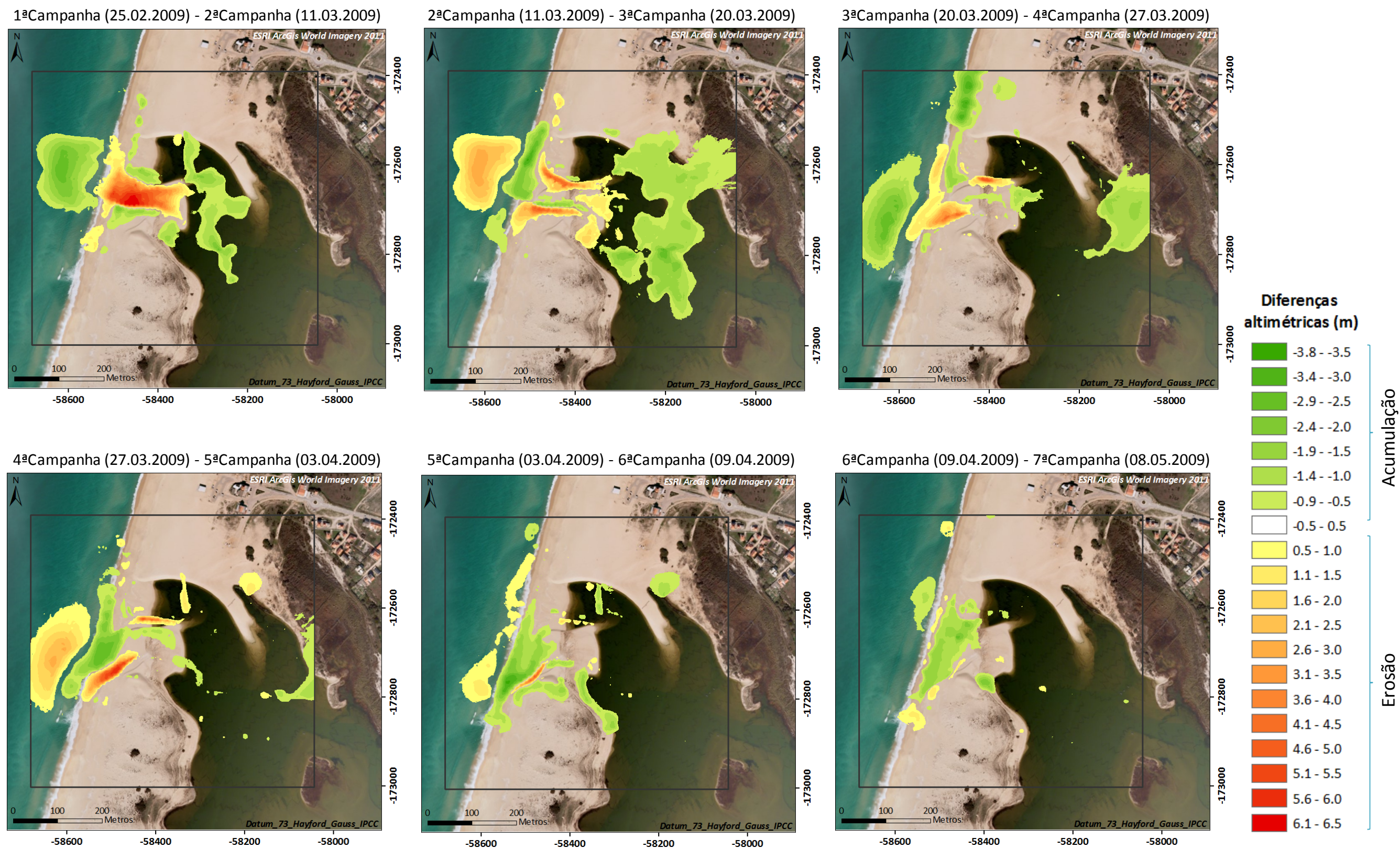


Figura 5-60: Cartas de diferenças entre os MDEs de campanhas de campo sucessivas da área mais próxima da barra de maré da Lagoa de Santo André, desde a 1ª até à 7ª campanha de campo.

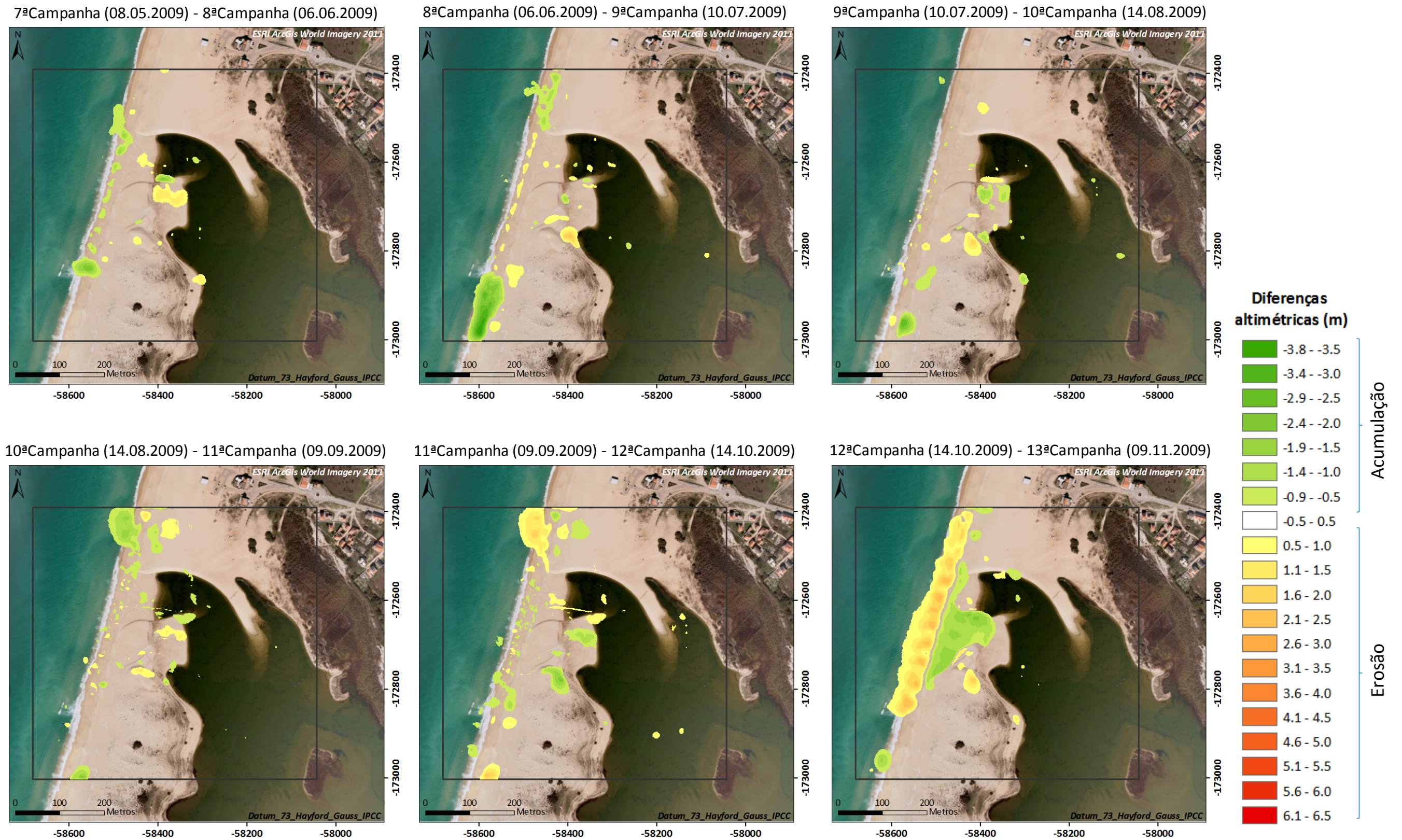
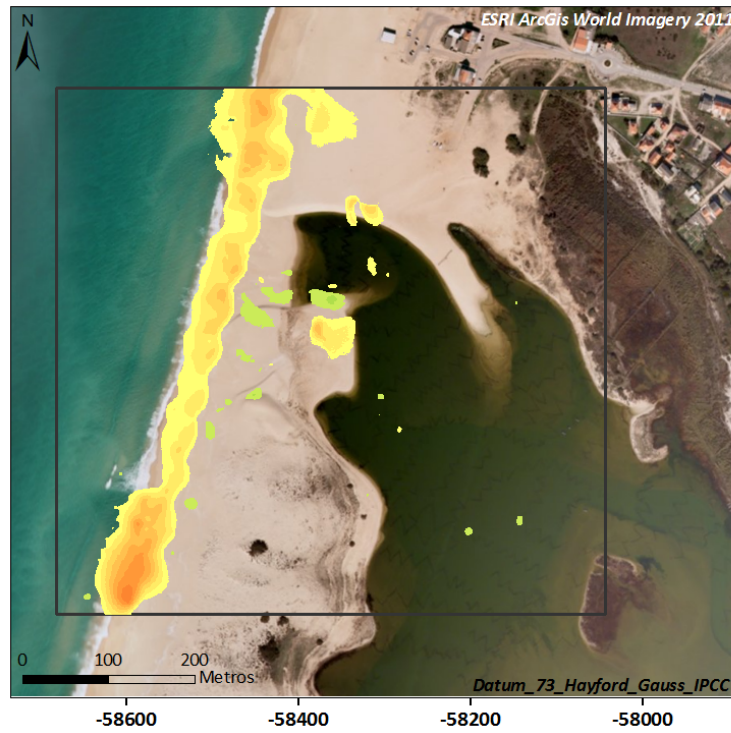
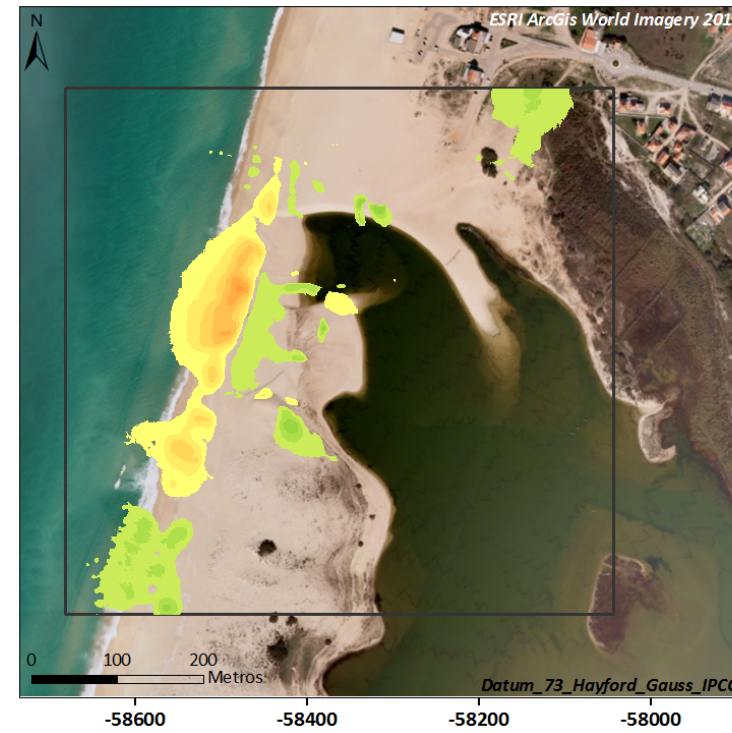


Figura 5-61: Cartas de diferenças entre os MDEs de campanhas de campo sucessivas da área mais próxima da barra de maré da Lagoa de Santo André, desde a 7ª até à 13ª campanha de campo.

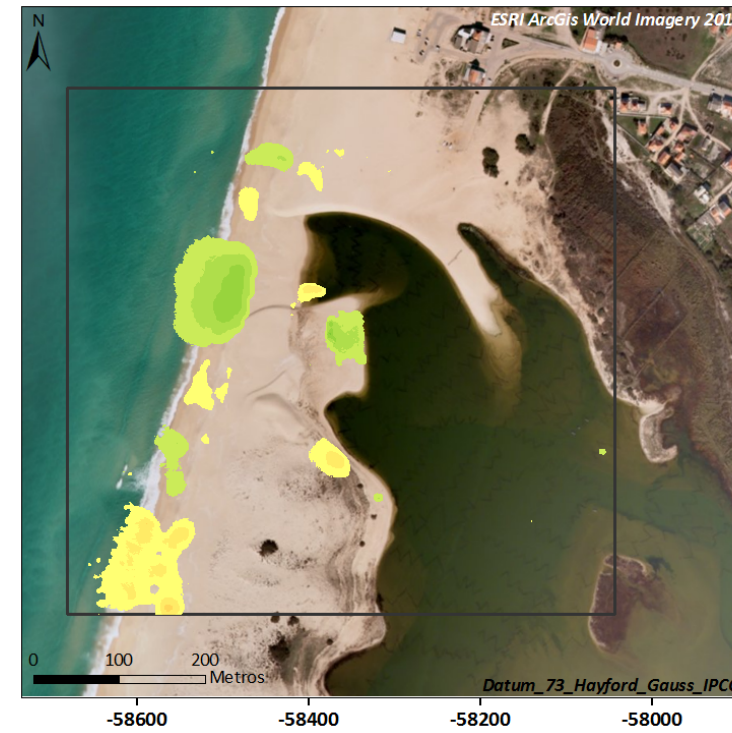
13ª Campanha (09.11.2009) - 14ª Campanha (14.12.2009)



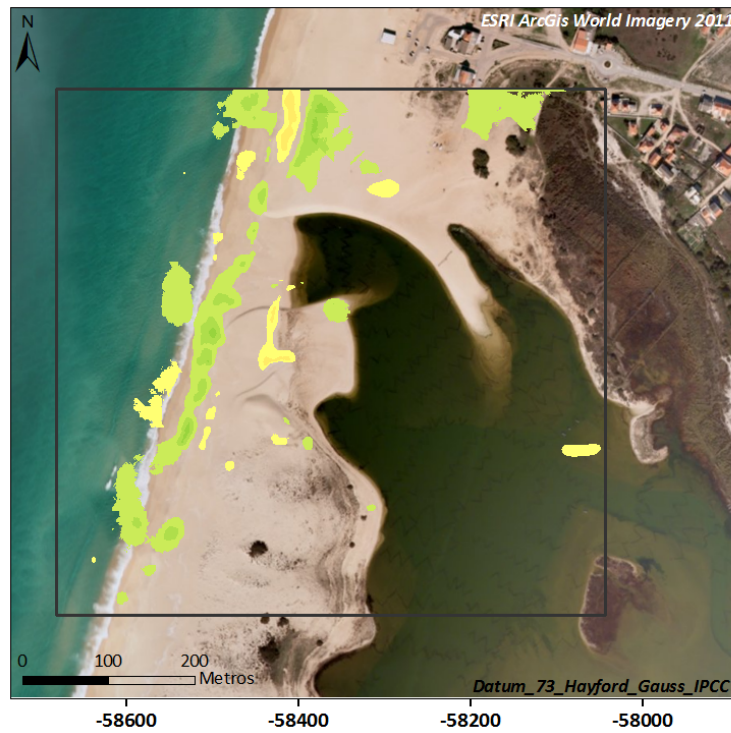
14ª Campanha (14.12.2009) - 15ª Campanha (19.01.2010)



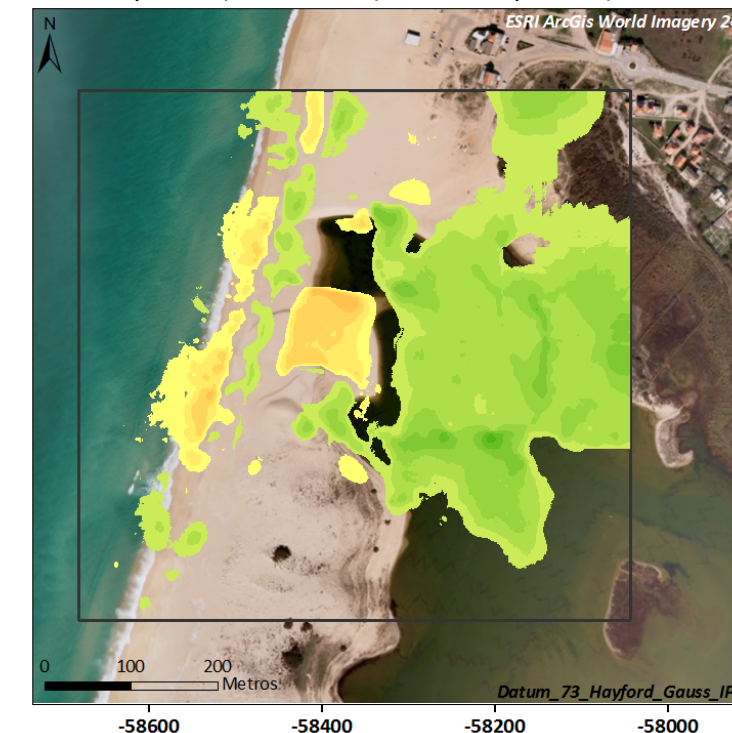
15ª Campanha (19.01.2010) - 16ª Campanha (18.02.2010)



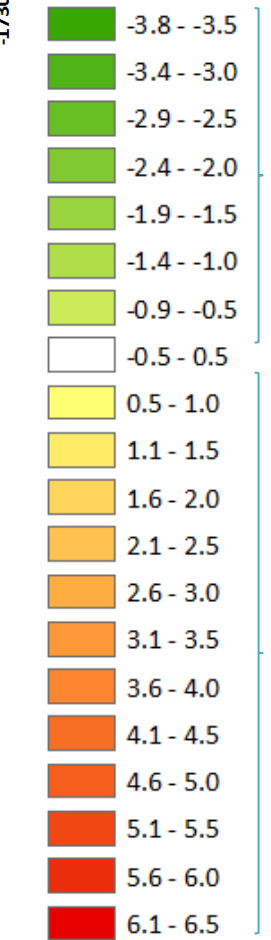
16ª Campanha (18.02.2010) - 17ª Campanha (17.03.2010)



1ª Campanha (25.02.2009) - 17ª Campanha (17.03.2010)



Diferenças altimétricas (m)



Acumulação

Erosão

Figura 5-62: Cartas de diferenças entre os MDEs de campanhas de campo sucessivas da área mais próxima da barra de maré da Lagoa de Santo André, desde a 13ª até à 17ª campanha de campo.

5.5.2. Perfis topográficos

Com o intuito de realizar um estudo mais pormenorizado sobre a evolução morfológica da barra de maré da Lagoa de Santo André desde a sua abertura artificial a Março de 2009 até à recuperação da barreira imediatamente antes da reabertura a Março de 2010, efectuaram-se dois perfis topográficos com direcções aproximadamente NNE-SSW (transversal à barra de maré) e WNW-ESE (longitudinal à barra de maré) (Figura 2 - Anexo V). Tendo em conta que foram realizados 17 perfis para cada uma das direcções (Figuras 3 e 4 – Anexo V), correspondentes a cada MDE, a elevada informação impossibilitava uma clara visualização, pelo que os perfis foram divididos em três grupos: o primeiro grupo contém os perfis topográficos desde a campanha que antecedeu a abertura da barra de maré até ao seu fecho natural (Figura 5-63 e 5-64); o segundo grupo corresponde às modificações ocorridas nos meses de Verão (Figura 5-65 e 5-66); e o terceiro grupo contém a informação referente à época invernal (Figura 5-67 e 5-68). A junção de todos os perfis topográficos realizados na barra de maré/barreira da Lagoa de Santo André durante este ano de monitorização pode ser visualizada nas Figuras 3 e 4 do Anexo V.

Os perfis topográficos efectuados antes da abertura artificial da barra (Figura 5-63 e 5-64; 25.02.2009) demonstram a situação de referência, sem a influência da maquinaria pesada utilizada para a abertura da vala que permitiu a ligação entre o corpo de água lagunar e o oceano. É facilmente perceptível a extensão de barreira que anualmente é afectada pela abertura da barra de maré, encontrando-se esta zona da praia mais baixa que as zonas adjacentes (cota máxima de 4,5 m NMM), revelando uma barreira sub-horizontal com aproximadamente 250 m de extensão horizontal delimitada por duas escarpas com cota de 6 m na vertente norte e cerca de 6,5 m na vertente sul (Figura 5-63 e 5-64; 25.02.2009). O perfil de praia é constituído por uma face de praia com uma inclinação de aproximadamente 6° adjacente a um conjunto de duas bermas, com aproximadamente 4 e 4,5 m de cota, constituindo a segunda berma o raso de barreira (Figura 5-64; 25.02.2009). Os trabalhos de remoção de areias da barreira para a abertura artificial da barra, efectuados pela maquinaria, foram responsáveis pela deposição dessas areias nas proximidades do canal, elevando localmente a cota da superfície da berma a norte em cerca de 1,5 m e a sul em cerca de 2 m (Figura 5-63; 11.03.2009). Dois dias após a abertura, devido ao forte fluxo da primeira vazante, a largura do canal tinha aumentado para 50 m e a cota do talvegue atingiu -1,5 m (NMM)

(Figura 5-63; 11.03.2009). No perfil topográfico transversal do dia 11 de Março de 2009 (Figura 5-64) é possível verificar o delta de vazante com cota máxima de aproximadamente -1,5 m (NMM) e o delta de enchente de dimensões mais reduzidas com uma cota de cerca de 0 m (NMM). Onze dias após a abertura, verificou-se aumento da largura do canal para cerca de 80 m, devido ao contínuo desmantelamento das escarpas provocado pela acção das ondas, principalmente durante os preia-mar e um ligeiro assoreamento do fundo, que elevou as cotas a valores de -1 m (NMM) (Figura 5-63; 20.03.2009). A aproximação do delta de vazante à praia provocada pelo contínuo trabalho das ondas, induziu a formação de um banco na margem N com cota máxima de cerca de 1 m (NMM) (Figura 5-64; 20.03.2009). Dezoito dias após a abertura, a interacção das correntes induzidas pelas ondas e marés conduziu à remodelação do canal para uma secção assimétrica, com talvegue encostado a norte (-1 m NMM) e menos fundo a sul (0 m NMM) (Figura 5-63; 27.03.2009). Vinte e cinco dias após a abertura, no banco da margem N constatou-se uma significativa acreção induzida pela actividade das ondas, verificando-se um aumento da cota da sua superfície em cerca de 1,5 m, passando a 2,5 m (NMM) (Figura 5-64; 03.04.2009). O canal manteve a mesma configuração, aumentando em largura cerca de 10 m na margem N e aproximadamente 20 m na margem S (Figura 5-63; 03.04.2009). O contínuo desenvolvimento deste banco da margem N, em altura e extensão, conduziu a que este suspendesse novamente o contacto da laguna com o oceano no dia 6 de Abril de 2009. Três dias após o encerramento natural, o antigo canal continuava com uma secção assimétrica com a zona mais profunda a N (-0,5 m NMM) e zona menos profunda a S (1 m NMM) (Figura 5-63; 09.04.2009) e a barreira apresentava uma cota máxima de 3,5 m (NMM), com cerca de 7° de inclinação na face de praia (Figura 5-64; 09.04.2009). Cerca de um mês após o encerramento, observou-se o preenchimento do antigo canal em cerca de 2 m a N e 0,5 m a S, ficando com uma secção aproximadamente simétrica e nivelada (Figura 5-65; 08.05.2009). Na barreira arenosa recentemente formada é possível verificar uma acreção em cerca de 1 m (4,5 m NMM) (Figura 5-66; 08.05.2009) e um ligeiro aumento da inclinação da face de praia (variando entre 8 e 9°), mantendo-se estas características praticamente inalteradas nos cinco meses seguintes (Figuras 5-65 e 5-66; 08.05.2009 a 14.10.2009).

Segundo os dados de agitação marítima registados pela Bóia ondógrafo de Sines (Figura 5-59), a partir do mês de Outubro de 2009 e até Fevereiro de 2010, a ondulação atingiu alturas mais elevadas que nos meses de Verão, alcançando uma altura máxima de cerca de 7 m em Janeiro de 2010. Durante estes meses de Inverno decorreram, portanto, numerosos

temporais, provocando a recuperação significativa da barreira arenosa na região do antigo canal. Esta recuperação é devida às ondas mais altas associadas a fases de maré mais elevadas que podem galgar a crista da berma, depositando ali o conteúdo sedimentar transportado em suspensão (Andrade, 1998). Entre Novembro de 2009 e Janeiro de 2010 (sete e nove meses após o encerramento) verificou-se o preenchimento significativo e rápido do antigo canal, que atingiu a cota de 3 m (NMM) em Dezembro e 4 m (NMM) em Janeiro (Figura 5-67; 09.11.2009 a 19.01.2010). Durante esta época de sucessivos temporais, na margem N do canal onde sempre existiu uma pequena depressão, ocorreu a entrada de água do mar para o interior da laguna, bem visível nos meses de Novembro e Dezembro de 2009 (Figura 5-67; 09.11.2009 e 14.12.2009).

Relativamente ao perfil de praia, é possível visualizar a migração da face de praia (por erosão) e da berma para o interior da laguna (Figura 5-68; 09.11.2009 a 19.01.2010), comprovando a progressiva recuperação do perfil registado antes da abertura artificial da barra de maré. Esta migração da face de praia ocorre tipicamente durante o Inverno, associado a episódios de maior agitação marítima, em que a altura das ondas incidentes é amplificada e a sua declividade aumenta substancialmente, em resposta ao aumento da intensidade dos ventos geradores. Efectivamente, o perfil de praia de Inverno caracteriza-se essencialmente pela perda de sedimentos da praia subaérea que migram para a porção submarina do perfil, pelo rebaixamento generalizado da superfície afectada pela rebentação que se torna mais extensa, menos inclinada e pouco acidentada e, eventualmente, pela adição de sedimentos à porção mais elevada da praia para formar uma berma de temporal (Andrade, 1998). Deste modo, e segundo o mesmo autor, os eventos de temporal que têm características essencialmente erosivas sobre a parte inferior da praia subaérea, podem simultaneamente construir um depósito sobre a margem externa da sua porção superior, contribuindo para a amplificação da altura da barreira arenosa. Por sua vez, o perfil de calmaria, típico dos meses de Verão, caracteriza-se por um fluxo sedimentar dirigido preferencialmente para terra e por um efeito de reajustamento dos declives, sendo o excesso de sedimentos acumulados temporariamente na praia submarina devolvido à porção intertidal do perfil de praia (Andrade, 1998). De um modo geral, a erosão ocorre rapidamente durante breves eventos de tempestade, enquanto que a reposição sedimentar em época de calmaria é um processo mais lento que se estende por períodos mais longos (Bird, 2008).

No mês de Dezembro a inclinação da face de praia era cerca de 6°, aumentando ligeiramente nos meses de Janeiro e Fevereiro de 2010 (9°). Na realidade, o transporte de sedimentos que ocorre transversalmente ao perfil de praia e a assimetria na intensidade do espraio e da ressaca da onda, promovem variações morfológicas que se traduzem na alteração do declive da face de praia (Rijn, 1998). Na campanha realizada imediatamente antes da nova abertura da barra (17.03.2010) o declive da praia atingiu novamente os 6° de inclinação. Verifica-se, portanto, que a inclinação da face de praia na zona onde ocorre a abertura da barra de maré da Lagoa de Santo André não diverge significativamente ao longo das diferentes épocas do ano, variando aproximadamente entre 6 e 9°. A partir de Janeiro de 2010, é possível visualizar um ligeiro aumento na cota da crista da berma em cerca de 0,5 m, passando a atingir cerca de 5,5 m (NMM) (Figura 5-68; 19.01.2010), mais 1 m de altura quando comparado com o perfil de praia de 25 de Fevereiro de 2009 (1ª Campanha). Estas características mantiveram-se inalteradas até à reabertura artificial da barra de maré em Março de 2010 (Figura 5-67 e 5-68; 19.01.2010 a 17.03.2010).

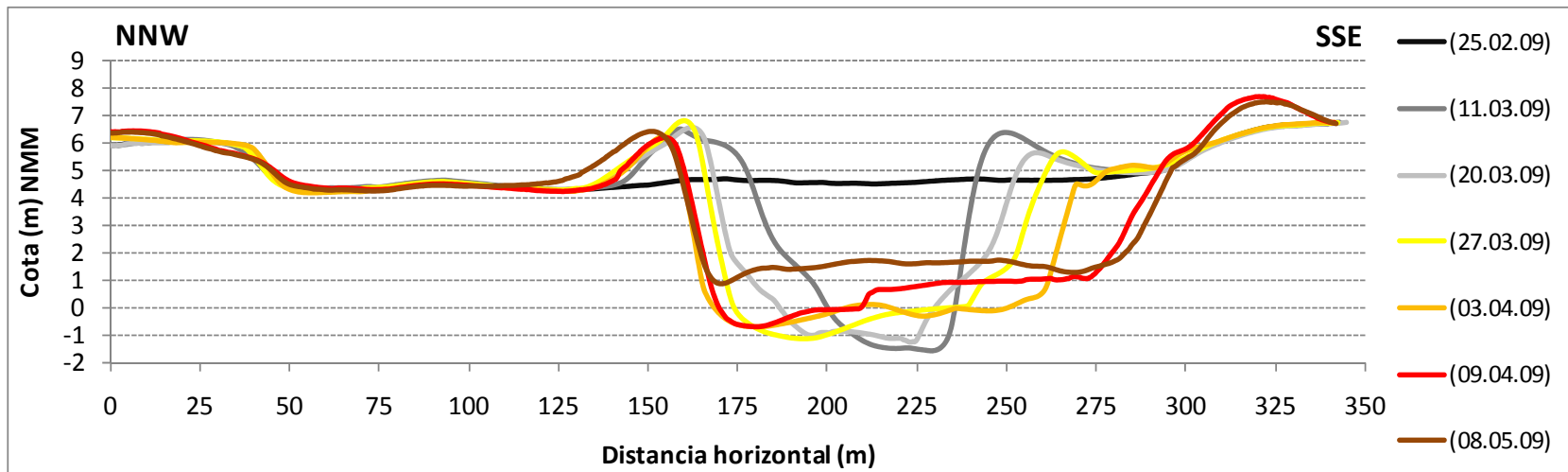


Figura 5-63: Evolução do perfil transversal à barra de maré da Lagoa de Santo André, desde antes da sua abertura artificial até ao seu fecho natural (25 de Fevereiro de 2009 a 8 de Maio de 2009).

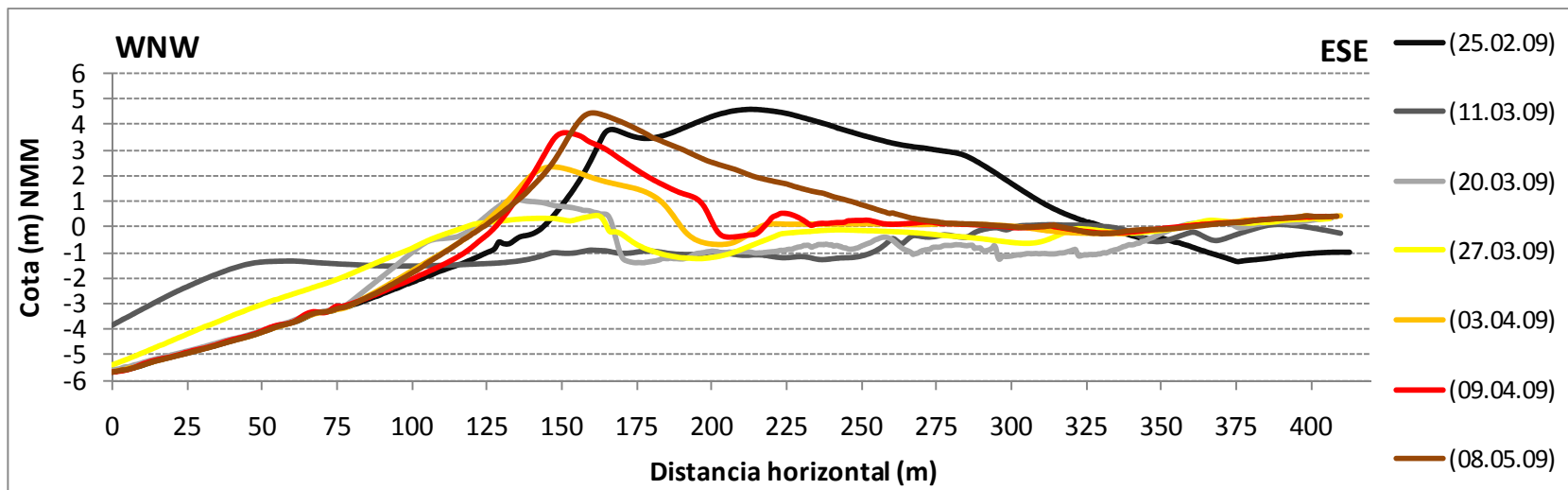


Figura 5-64: Evolução do perfil longitudinal à barra de maré da Lagoa de Santo André, desde antes da sua abertura artificial até ao seu fecho natural (25 de Fevereiro de 2009 a 8 de Maio de 2009).

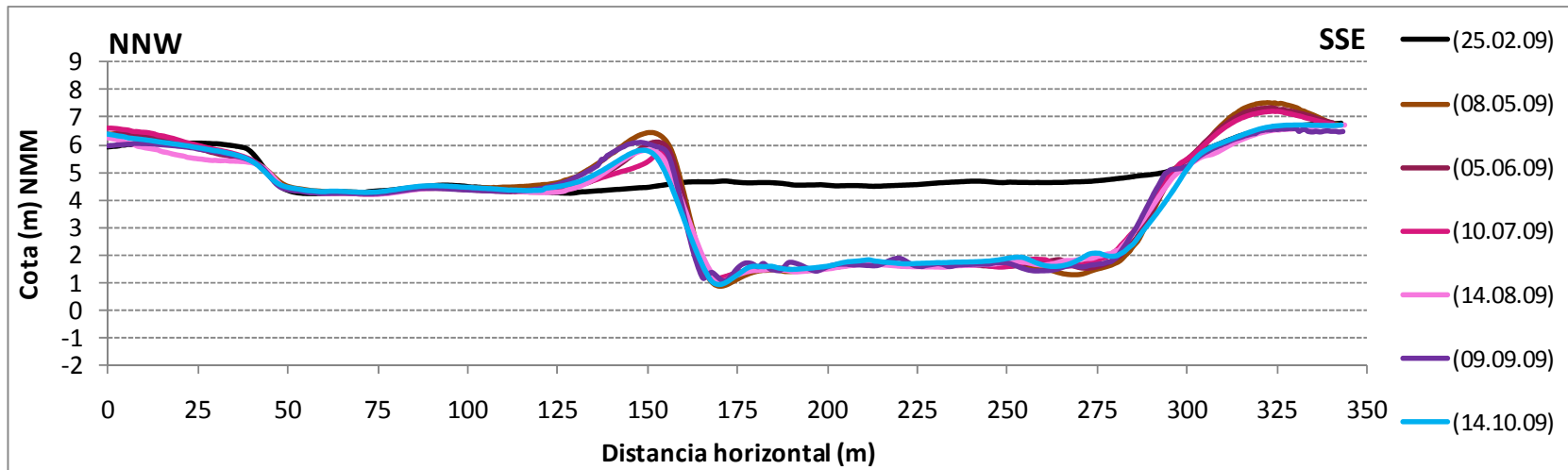


Figura 5-65: Evolução do perfil transversal à barra de maré da Lagoa de Santo André, durante a época de Verão (8 de Maio de 2009 a 14 de Outubro de 2009) e o perfil realizado antes da abertura artificial (25.02.2009).

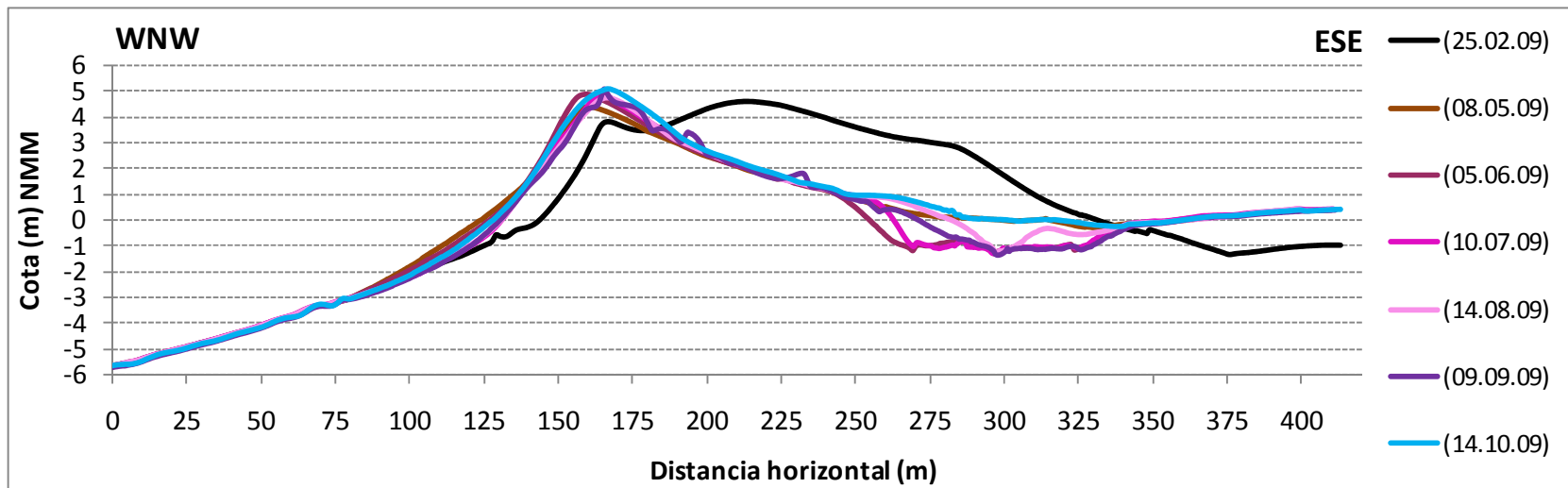


Figura 5-66: Evolução do perfil longitudinal à barra de maré da Lagoa de Santo André, durante a época de Verão (8 de Maio de 2009 a 14 de Outubro de 2009) e o perfil realizado antes da abertura artificial (25.02.2009).

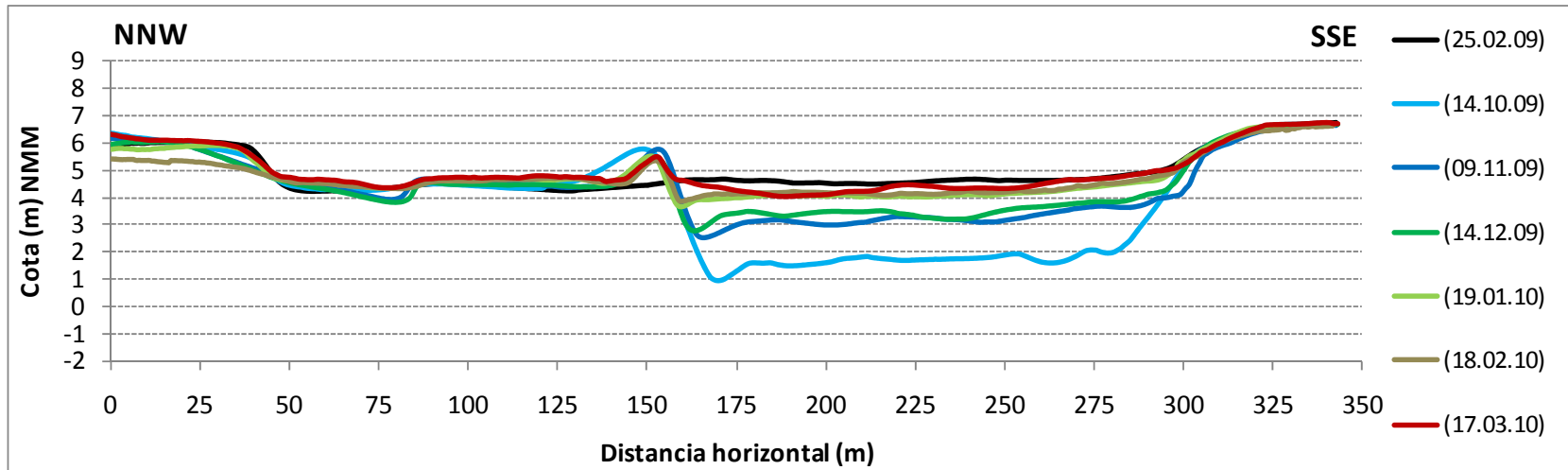


Figura 5-67: Evolução do perfil transversal à barra de maré da Lagoa de Santo André, durante a época invernososa (14 de Outubro de 2009 a 17 de Março de 2010) e o perfil realizado antes da abertura artificial (25.02.2009).

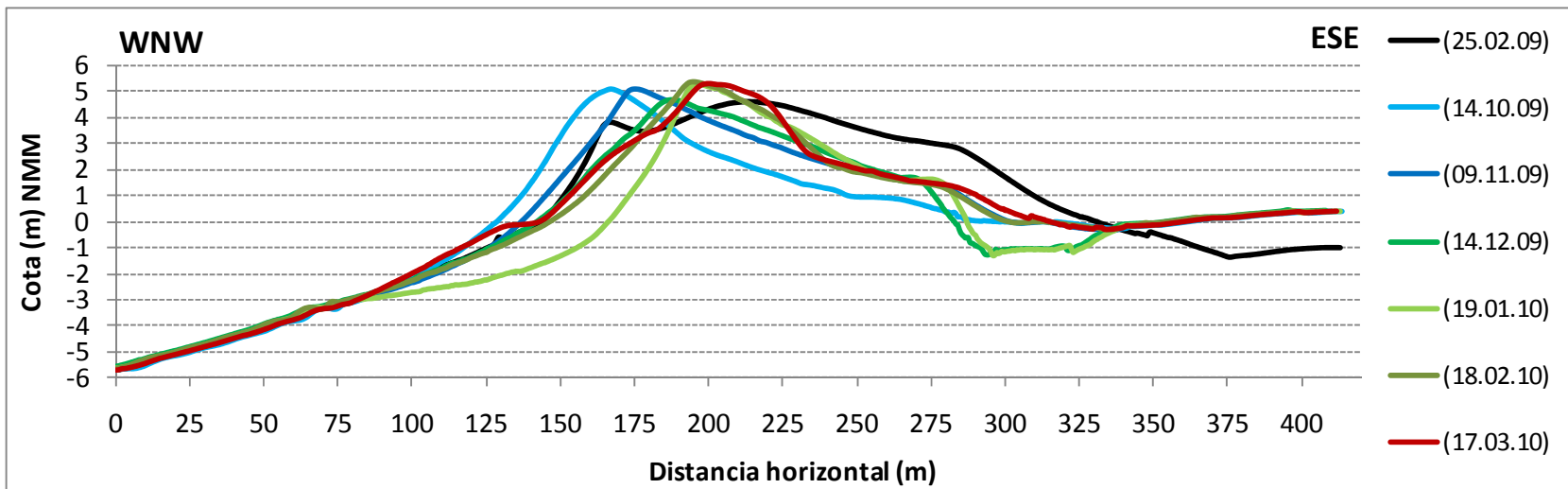


Figura 5-68: Evolução do perfil longitudinal à barra de maré da Lagoa de Santo André, durante a época invernososa (14 de Outubro de 2009 a 17 de Março de 2010) e o perfil realizado antes da abertura artificial (25.02.2009).

5.5.3. Estabilidade da barra de maré

As barras de maré exibem relações variadas e consistentes que têm permitido a vários investigadores formular diversos modelos preditivos. A estabilidade das barras de maré depende essencialmente das marés, do clima de agitação marítima, do transporte sedimentar longitudinal e transversal, de descargas fluviais e das características morfológicas da laguna. A investigação sobre a estabilização de barras de maré tem sido limitada, muitas vezes pela falta de disponibilidade de dados adequados ou mesmo pela deficiência das fórmulas já existentes quando aplicadas a barras de maré algo divergentes.

Variados autores têm proposto diversas equações que correlacionam o volume de água que passa através da barra de maré (prisma de maré) em situação de marés vivas e a área mínima da secção da barra medida abaixo do nível médio do mar. Esta relação é expressa através da equação:

$$A = CP^n$$

onde A corresponde à área mínima da secção da barra medida abaixo do nível médio do mar em m^2 , P o prisma de maré medido em condições de águas vivas e expresso em m^3 e C e n são constantes determinadas empiricamente (Hughes, 2002).

A primeira publicação que se conhece sobre a relação entre a área da secção e o prisma de maré foi efectuada por LeConte (1905) para entradas de portos na costa do Pacífico. Em 1931, O'Brien estabeleceu outra equação para esta relação utilizando barras de maré na costa do Pacífico, sendo posteriormente reformulada em 1969, através da introdução de novos dados que incluíam o estudo de 28 barras de maré: 9 na costa Atlântica, 18 na costa do Pacífico e 1 na costa do Golfo. Assim, para barras de maré estabilizadas por dois esporões, a relação entre o prisma de maré e a mínima área da secção pode ser dada pela expressão, em pés:

$$A = 4,69 \times 10^{-4} P^{0,85} \quad (\text{O'Brien, 1931})$$

Por sua vez, barras de maré sem esporões, apresentam-se melhor representadas através da expressão linear, em pés:

$$A = 2,0 \times 10^{-5}P \quad (\text{O'Brien, 1969})$$

Mais tarde, em 1971, Nayak investigou a mesma relação através de modelação para duas séries de testes: (1) sem esporões, com e sem ondas, (2) com dois esporões com e sem ondas. Para barras de maré sem esporões, a relação podia ser obtida através da expressão:

$$A = 1,89 \times 10^{-5}P$$

Os resultados obtidos por este autor estavam em concordância com os desenvolvidos por O'Brien, tal como um estudo elaborado por Johnson (1972) com barras de maré na costa do Pacífico:

$$A = 1,82 \times 10^{-5}P$$

Contudo, a maior parte destes estudos foram realizados com dados de barras de maré na costa do Pacífico. Desta forma, Jarrett (1976) efectuou um estudo mais detalhado através de dados de 59 barras de maré localizadas na costa Atlântica, 24 na costa do Golfo e 25 na costa do Pacífico. Estas barras de maré foram divididas em três categorias de acordo com a existência de dois esporões, apenas um esporão e sem qualquer tipo de protecção. Segundo as expressões propostas por Jarrett (1976) para as variadas barras de maré, utilizou-se, neste trabalho, aquela que seria a mais apropriada tendo em conta o tipo de barra aqui em causa. Assim, usou-se a expressão baseada num estudo de 50 barras de maré na costa do Atlântico sem protecção ou protegidos por apenas um esporão:

$$A = 5,37 \times 10^{-6}P^{1,07} \quad (\text{unidade em pés})$$

O mesmo autor conclui que os valores obtidos se situam com 95 % de confiança, no intervalo entre estas duas expressões, igualmente em pés:

$$A = 4,86 \times 10^{-6}P^{0,99}$$

$$A = 5,92 \times 10^{-6}P^{1,16}$$

Uma vez que as equações propostas por estes autores se encontram deduzidas para a unidade em pés, segundo Jarrett (1976) a conversão para o sistema métrico pode ser obtido através das expressões:

$$\begin{aligned} \text{pés} &= 0,3048 \text{ m} \\ \text{pés quadrados} &= 0,0929 \text{ m}^2 \\ \text{pés cúbicos} &= 0,0283 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Utilizando os MDEs construídos em situação de barra aberta durante este ano de monitorização da Lagoa de Santo André, estimou-se o prisma de maré para a vazante e enchente, bem como a área mínima da secção do canal da barra medida abaixo do NMM (Tabela 5-7). Uma vez que as equações de Nayak (1971) e Johnson (1972) são bastante semelhantes, diferindo muito ligeiramente da equação de O'Brien (1969), optou-se por representar graficamente estes valores obtidos apenas com as equações propostas por O'Brien (1969) e Jarrett (1976). Assim, juntamente com estas duas últimas equações, projectaram-se os dados obtidos num gráfico logarítmico com a área mínima da secção do eixo dos XX e o prisma de maré no eixo dos YY, com a unidade em pés (Figura 5-69). A análise dos resultados obtidos sugere que os valores adquiridos na Lagoa de Santo André se afastam significativamente das relações empíricas obtidas por estes autores, revelando que o prisma de maré de Santo André é maior do que o esperado em relação à área mínima da secção abaixo do NMM observada (Pires *et al.*, 2011). Por outras palavras e segundo a equação proposta por Jarrett (1976), para um prisma de maré de aproximadamente $2,60 \times 10^6 \text{ m}^3$ ou $9,18 \times 10^7 \text{ FT}^3$ (prisma de maré obtido durante a vazante no dia 27 de Março de 2009), seria espectável uma área mínima de secção com cerca de 165 m^2 ou 1779 FT^2 , o que não acontece na Lagoa de Santo André, pois para o mesmo prisma de maré, obtém-se uma área de cerca de 24 m^2 ou 255 FT^2 , quase 7 vezes inferior.

Na realidade, no caso aqui estudado, a maior parte da área da secção desenvolve-se acima do NMM. Este facto resulta provavelmente das características e da pequena dimensão do canal e da laguna, comparativamente aos grandes sistemas estudados por estes autores, onde a maioria da área da secção se desenvolve abaixo no NMM. Além disso, os prismas de maré estudados por Jarrett e O'Brien são pelo menos uma ordem de grandeza maiores que os de Santo André (Pires *et al.*, 2011).

Na Lagoa de Mecox (com aproximadamente 4 km²) foi obtido um prisma de maré de aproximadamente 1,12 x 10⁶ m³ após dois dias da abertura e, apesar de não terem sido efectuadas medições para a área da secção devido às fortes correntes registadas no canal, estimou-se uma área de secção de cerca de 25 m² (Smith and Zarillo, 1988, *in* Bokuniewicz *et al.*, 2011). Estes valores são relativamente próximos dos obtidos para a Lagoa de Santo André, sendo ambas, efectivamente, sistemas costeiros de dimensões relativamente pequenas.

Tabela 5-7: Valores de prismas de maré e da área mínima da secção do canal da barra medidos abaixo do NMM durante a vazante e a enchente para todas as campanhas realizadas em situação de barra aberta, assim como os valores da área mínima da secção medidos abaixo da altura média. As datas sublinhadas a cinzento correspondem às campanhas de campo realizadas em marés vivas.

	Área mínima da secção abaixo do NMM				Prisma de maré			
	Vazante m ² pés ²		Enchente m ² pés ²		Vazante m ³ pés ³		Enchente m ³ pés ³	
11.03.2009	20	218	20	218	2.37E+06	8.38E+07	2.07E+06	7.32E+07
20.03.2009	16	168	16	168	4.84E+05	1.71E+07	5.27E+05	1.86E+07
27.03.2009	24	255	24	255	2.60E+06	9.18E+07	2.42E+06	8.57E+07
03.04.2009	7	74	7	74	6.41E+05	2.27E+07	6.84E+05	2.42E+07
	Área mínima da secção abaixo da altura média				Prisma de maré			
	Vazante m ² pés ²		Enchente m ² pés ²		Vazante m ³ pés ³		Enchente m ³ pés ³	
11.03.2009	81	872	79	850	2.37E+06	8.38E+07	2.07E+06	7.32E+07
20.03.2009	42	452	41	441	4.84E+05	1.71E+07	5.27E+05	1.86E+07
27.03.2009	57	614	62	667	2.60E+06	9.18E+07	2.42E+06	8.57E+07
03.04.2009	35	377	35	377	6.41E+05	2.27E+07	6.84E+05	2.42E+07

A título de exemplo, o perfil transversal à barra de maré de direcção aproximadamente NNW-SSE (Figura 5-70), realizado durante a 4ª campanha de campo (27-03-2009), demonstra que, durante a enchente que demorou 4h20m, o prisma de maré passou pela embocadura entre a cota 0,34 m e 1,4 m, relativamente ao NMM. Portanto, a área da secção desenvolveu-se sempre acima do NMM, sendo mínima aquela que se encontra abaixo, em oposição ao que acontece nos sistemas estudados pelos autores acima identificados, uma vez que a secção que ocorre acima do NMM pode ser considerada quase desprezável em comparação com a enorme área que se encontra abaixo. Nesta barra de maré, a oscilação da cota do plano de água entre o preia-mar e o baixa-mar traduz-se em diferenças bastante consideráveis na

secção ocupada pela água. Durante o preia-mar é ocupada a totalidade da largura da barra, fazendo-se o escoamento através de uma secção máxima, enquanto durante o baixa-mar, o escoamento faz-se através de um canal mais encaixado e, portanto a área da secção ocupada pela água é bastante inferior. Em barras de maré de maiores dimensões, as larguras e as profundidades das barras são de tal modo consideráveis que as oscilações da área da secção ocupada pela água podem ser praticamente desprezadas, assumindo-se uma secção praticamente constante. Deste modo, e tendo em conta que a barra de maré aqui estudada é substancialmente mais pequena, optou-se por considerar que a área mínima da secção do canal da barra por onde escoo o prisma de maré corresponde à área desenvolvida abaixo da altura média. Isto significa que, na 4ª campanha de campo, durante as 4h20m de enchente, a água oceânica entrou na laguna a uma cota média de 0,93 m (NMM) (Tabela 5-4), correspondendo a uma área de secção de aproximadamente 62 m², bastante maior em comparação com os 24 m² se a área mínima da secção fosse considerada abaixo do NMM (Tabela 5-7).

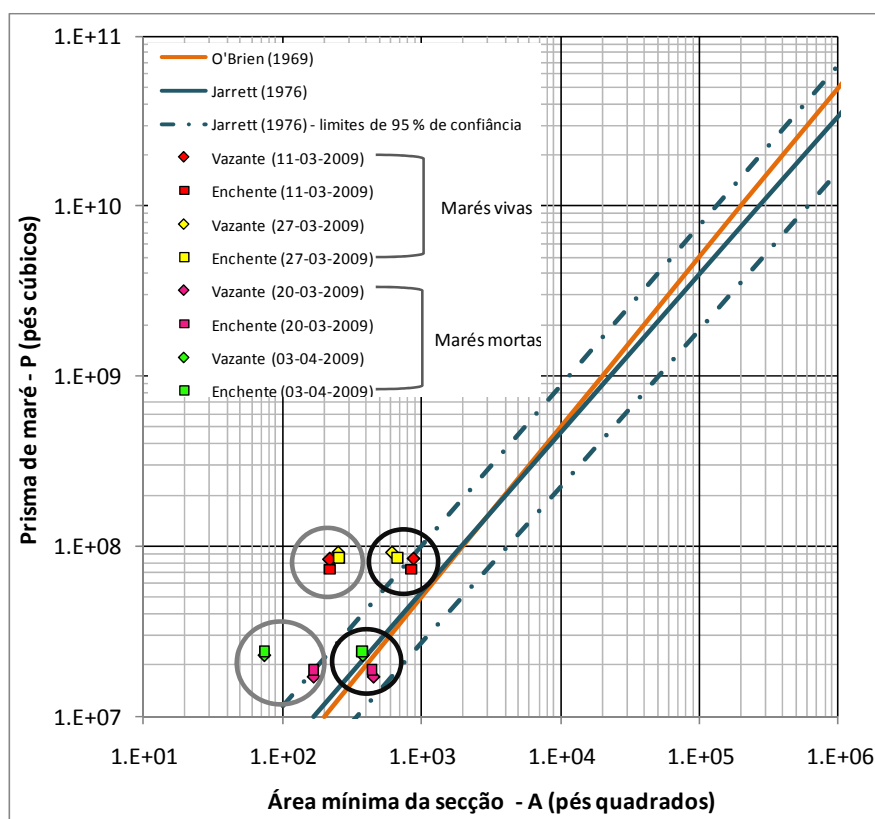


Figura 5-69: Gráfico logarítmico que correlaciona o prisma de maré medido em pés cúbicos e a área mínima da secção do canal medida em pés quadrados e respectiva representação dos valores obtidos para a Lagoa de Santo André durante as campanhas realizadas em situação de barra aberta, com áreas mínimas de secção medidas abaixo do NMM (círculos a cinzento) e áreas mínimas de secção medidas abaixo da cota média (círculos a preto), juntamente com as equações propostas por O'Brien (1969) e Jarrett (1976).

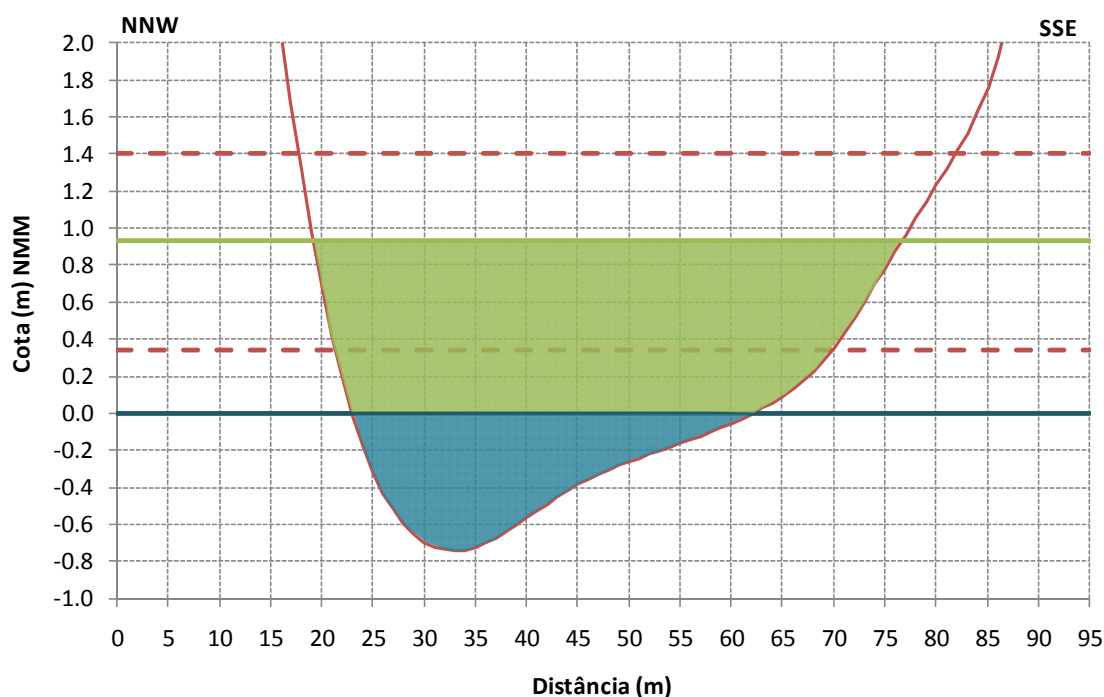


Figura 5-70: Perfil transversal à barra de maré realizado durante a 4ª campanha de campo (27.03.2009) e respectivas áreas mínimas de secção do canal medidas abaixo do NMM e abaixo da altura média a que a água oceânica entrou na laguna durante o período de enchente (4h20m).

Assim, para cada campanha de campo determinou-se a área mínima da secção desenvolvida abaixo da cota média a que o prisma de maré passava no canal, respectivamente durante a enchente e vazante e projectaram-se no gráfico juntamente com os dados anteriores (Figura 5-69). É visível que utilizando estes novos dados, os valores obtidos aproximam-se consideravelmente das equações propostas por O'Brien (1969) e Jarrett (1976), sugerindo que, e tal como descreve Hughes (2002), os resultados obtidos por estes autores continuam a ser a melhor previsão para o equilíbrio das áreas da secção em barras de maré. Todavia, para barras de maré de menores dimensões e com características distintas, será necessário adaptar alguns factores consoante o tipo de barra em estudo, como é o caso da barra de maré da Lagoa de Santo André.

Com o intuito de verificar o comportamento desta relação em situação de marés mortas, efectuou-se o mesmo procedimento e os resultados obtidos mostram as mesmas conclusões, revelando uma concordância com as equações propostas quando a área mínima da secção é considerada abaixo da cota média (Figura 5-69).

É, igualmente, importante, perceber que as dimensões das barras de maré não são estáticas, podendo o canal alargar ou ficar mais estreito em períodos relativamente curtos em resposta às alterações do prisma de maré, das variações na energia da ondulação, efeitos de tempestade, entre outros. Daí que os prismas de maré possam variar mais de 30 % de marés mortas para marés vivas, devido às diferenças de amplitude e, conseqüentemente, ocorre variação no tamanho do canal devido às diferentes fases (Davis Jr & FitzGerald, 2004). Do mesmo modo, Bruun (1978) defende que a estabilidade das barras de maré deve ser interpretada como uma estabilidade bastante dinâmica, pois existem sempre ajustes de acordo com as condições sazonais, incluindo a localização, secção e a forma do canal. A Lagoa de Santo André não é excepção, como se pode visualizar na Figura 5-71, onde os prismas de maré em situação de marés vivas são substancialmente maiores que os obtidos em condições de marés mortas, promovendo conseqüentemente áreas de secção menores em marés mortas. Contudo, é visível que da campanha de 11 de Março para a campanha de 27 de Março de 2009 (ambas em condições de marés vivas), a área de secção diminuiu de aproximadamente 80 m² para cerca de 60 m². Isto acontece devido ao progressivo assoreamento do canal, que vai promovendo o seu encerramento natural.

Na realidade, a interacção entre as correntes de maré e o transporte induzido pela actividade das ondas é responsável pela configuração do canal da barra (Bird, 1994, 2008), introduzindo maior quantidade de sedimentos no canal durante a enchente e desimpedindo-o durante a vazante, devolvendo sempre ao canal de escoamento uma secção compatível com o prisma de maré. Daí advém que o balanço da capacidade de transporte sedimentar destas forças controlam a estabilidade da barra de maré, podendo ser variáveis ao longo do tempo (Cruces, 2001). Segundo Hughes (2002), as barras de maré estáveis, onde a área de secção se mantém relativamente constante, representam o balanço dinâmico entre as correntes de maré e os sedimentos do litoral, pois os sedimentos que se movem ao longo da costa são depositados dentro da barra de maré e as correntes de maré transportam estes sedimentos para o exterior do canal. Como descrito por Kraus (1998), diversos autores defendem que, para o mesmo prisma de maré, em litorais com reduzido transporte sedimentar resultam maiores áreas de secção, porque menor será a quantidade de sedimento que é depositado no interior da barra, durante cada ciclo de maré. Rijn (1998) defende que a estabilidade das barras de maré não implica a sua permanência no mesmo local, assistindo-se, por vezes, à migração da barra na direcção do transporte longilitoral. Se as barras de maré não conseguem

acompanhar as taxas de migração, o prisma de maré pode diminuir e o canal estreitar, acabando por encerrar naturalmente devido à deriva litoral. Em Portugal continental, isto ocorre na Lagoa de Albufeira, onde a barra migra essencialmente para sul a favor da deriva litoral verificada naquela zona do arco litoral Trafaria-Espichel.

Goodwin *et al.* (1991, *in* Rijn, 1998) estabeleceu, consoante as condições energéticas de cada litoral, o prisma de maré necessário para manter a barra de maré permanentemente aberta e o prisma de maré a partir do qual a barra pode ocasionalmente encerrar:

Barra de maré sempre aberta:

Energia baixa:	prisma de maré $> 0,5 \times 10^6 \text{ m}^3$
Energia moderada:	prisma de maré $> 2 \times 10^6 \text{ m}^3$
Energia elevada:	prisma de maré $> 10 \times 10^6 \text{ m}^3$

Barra de maré ocasionalmente fechada:

Energia baixa:	prisma de maré $< 0,1 \times 10^6 \text{ m}^3$
Energia moderada:	prisma de maré $< 0,5 \times 10^6 \text{ m}^3$
Energia elevada:	prisma de maré $< 2 \times 10^6 \text{ m}^3$

Na Lagoa de Santo André, os prismas de maré variam aproximadamente entre $2,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ em marés vivas e $5 \times 10^5 \text{ m}^3$ em marés mortas (Figura 5-71), indicando que, para situações de marés vivas e energia moderada, estamos na presença de barras de maré sempre abertas, enquanto que em condições de marés mortas e energia baixa, os prismas de maré indicam uma barra de maré que pode ocasionalmente fechar.

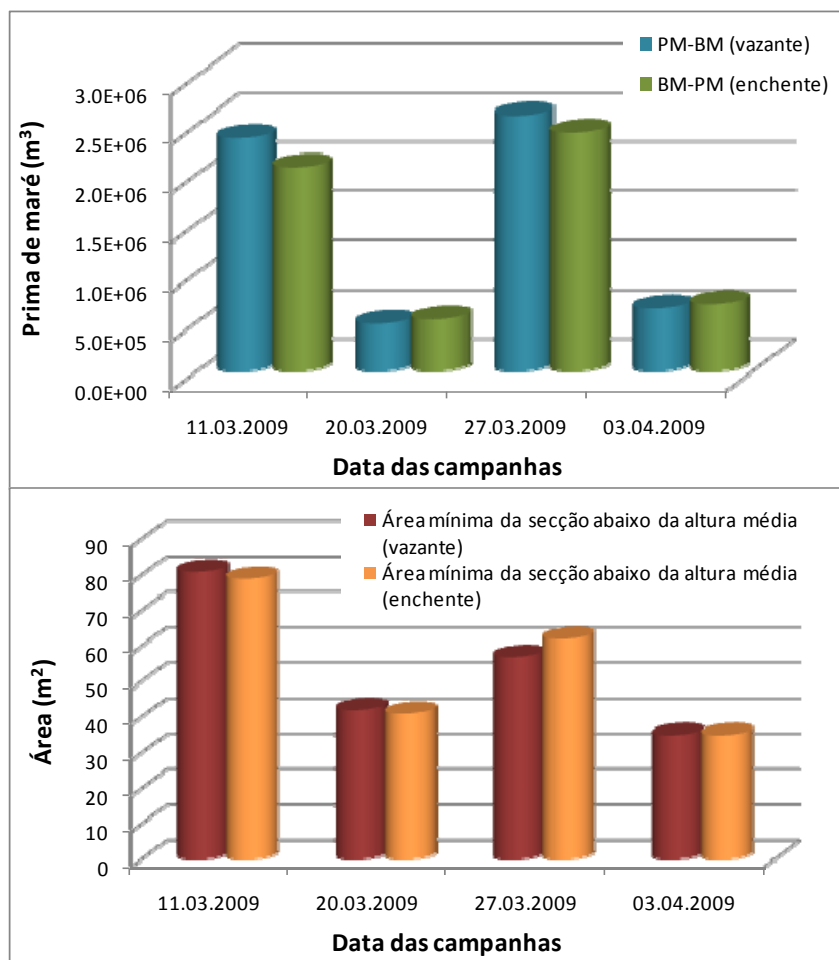


Figura 5-71: Prismas de maré e respectivas áreas de secção medidas abaixo da altura média durante a vazante e a enchente para a Lagoa de Santo André durante as 4 campanhas de campo realizadas em situação de barra aberta.

De acordo com Escoffier (1977) e Rijn (1998), Bruun & Gerritsen (1960), Bruun (1966, 1973 e 1978) propuseram a razão Ω/M_t como medida de estabilidade de barras de maré, onde Ω corresponde ao prisma de maré e M_t à deriva litoral anual. Bruun (1978) observou que:

$\Omega/M_t > 150 \rightarrow$ o canal é razoavelmente estável, tipicamente dominado pela maré e com boa capacidade de auto-limpeza; existência de pequenas barras ao largo;

$150 > \Omega/M_t > 100 \rightarrow$ o canal apresenta condições menos satisfatórias e a formação de barras ao largo torna-se mais pronunciada;

$100 > \Omega/M_t < 50 \rightarrow$ o canal tem condições de estabilidade satisfatória a fraca e a estrutura de espalho pode ser grande, mas normalmente existe um canal bem definido que a atravessa;

$50 > \Omega/M_t < 20 \rightarrow$ o canal é relativamente instável, sendo normalmente necessárias dragagens e estruturas, pois apresentam configurações em constantes mudanças;

$\Omega/M_t < 20 \rightarrow$ o canal é instável e pode fechar ocasionalmente durante eventos de maior energia; as entradas tornam-se corredores de galgamento, em vez de canais de maré permanentes.

Durante este trabalho não foram calculados valores referentes à deriva litoral (M_t) para o arco litoral Tróia-Sines pelo que, para o cálculo da razão de Bruun (1978), optou-se por utilizar os valores obtidos por Gama (2004). Esta autora utilizou dois modelos matemáticos (RCPWAVE e RSAAC) e obteve valores e sentidos de derivas distintos (Tabela 5-8). A segunda modelação numérica, que de acordo com a autora é a que se aproxima mais das condições conhecidas para o arco litoral Tróia-Sines, permitiu-lhe obter valores para a deriva litoral residual na ordem dos $10^5 \text{ m}^3/\text{ano}$, variando entre $1,7$ e $4,2 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{ano}$ para Norte. Segundo Cruces (*em escrita*), estes resultados parecem não ser concordantes com o comportamento das barras de maré efémeras das lagunas de Melides e Santo André, que uma vez abertas evoluem até ao seu encerramento natural sem divagação apreciável do canal.

Tabela 5-8: Valores e sentidos de deriva litoral residual obtidos por Gama (2004), a partir de dois modelos matemáticos distintos.

	RCPWAVE $Q_{l\text{residual}} (\text{m}^3/\text{ano})$	RSSAC $Q_{l\text{residual}} (\text{m}^3/\text{ano})$
Malha da Costa	9.1×10^4 Sul	1.1×10^5 Sul
Comporta	5.5×10^4 Norte	2.3×10^5 Norte
Torre	5.9×10^4 Norte	2.6×10^5 Norte
Raposa	9.5×10^4 Sul	4.2×10^5 Norte
Melides	7.4×10^5 Sul	3.7×10^5 Norte
Areias Brancas	1.3×10^6 Sul	1.7×10^5 Norte

Utilizando os valores obtidos por Gama (2004) para a zona de Melides (Lagoa que se situa a norte de Santo André), obtemos valores de razão de Bruun (1978) bastante pequenos (Tabela 5-9), sendo o canal da barra de maré classificado como instável que pode ocasionalmente fechar durante eventos de maior energia.

Tabela 5-9: Valores obtidos para a razão de Bruun (1978) utilizando para a deriva litoral os valores obtidos por Gama (2004), durante as 4 campanhas de campo.

	11-03-2009		20-03-2009		27-03-2009		03-04-2009	
	Vazante	Enchente	Vazante	Enchente	Vazante	Enchente	Vazante	Enchente
Prisma de maré	2.37E+06	2.07E+06	4.84E+05	5.27E+05	2.60E+06	2.42E+06	6.41E+05	6.84E+05
Ω/M_t para $M_t = 3,7 \times 10^5$	6.4	5.6	1.3	1.4	7.0	6.6	1.7	1.8

5.6. Eficiência e longevidade da barra de maré

É imprescindível identificar e avaliar a importância relativa dos factores que controlam a “vida” de uma barra de maré, de modo gerir com maior eficácia e controlo estes sistemas costeiros de grande interesse. A eficiência e a longevidade da barra de maré são, pois, condicionadas por vários factores e pela sua influência no momento da abertura, salientando-se a agitação marítima, a amplitude de maré e a cota do plano de água lagunar como os mais importantes (Cruces *et al.*, 2000, 2009).

Por estas razões, a operação de abertura, que dura alguns dias, deve ser efectuado (Freitas *et al.*, 2000 e 2011; Freitas & Ferreira, 2004; Cruces *et al.*, 2009):

- de modo a que se assegure um desnível máximo entre as estofas dos baixa-mar oceânicos e a cota do plano de água no interior lagunar, maximizando a drenagem do prisma lagunar e, por isso, a conclusão da obra coincida com a época de marés vivas. Deste modo, a escolha deve incidir nos dias de lua nova ou lua cheia (preferencialmente os primeiros) ou nos dois dias subsequentes, pois correspondem às cotas de maré mínimas (0,2 a 0,7 m ZH no litoral SW);

- de modo que coincida com épocas de mar calmo, de preferência com agitação de pequena vaga ou altura inferior a 1 m e em regime de rebentação mergulhante;

- quando se verificar uma cota elevada do plano de água lagunar;

- de modo a que o início do escoamento da água lagunar se inicie, o mais tardar, cerca de 2 horas após o preia-mar oceânico.

A conjugação favorável destes factores influenciará, pois, o sucesso da operação da abertura, apesar da primeira e a última condição serem as únicas controláveis, uma vez que as outras duas dependem das condições climáticas. Quando a abertura ocorre nas melhores condições, a barra de maré pode permanecer aberta durante um mês ou mais. Por outro lado, se a abertura da barra for pouco eficiente, as correntes de vazante podem não ser suficientemente intensas para contrabalançar o transporte de areias induzido pela actividade das ondas, particularmente quando estas se apresentam com altura elevada e rebentação progressiva, promovendo o encerramento em poucos dias ou mesmo em algumas horas (Freitas *et al.*, 2000, 2002).

Estudos efectuados por Cruces *et al.* (2000, 2009) indicam a cota do plano de água lagunar como a condicionante mais importante, pois é a única variável independente das condições oceanográficas, sendo essencialmente controlada pela precipitação e pela morfologia da bacia lagunar. É, pois, um factor que define a condição inicial e que varia de ano para ano. A Figura 5-72 demonstra a correlação obtida por estes autores, desde 1998 até 2009, entre a cota do plano de água lagunar de Santo André e os dias de barra aberta, bem como os anos de 2010 e 2011 por nós monitorizados. Verifica-se, pois, uma elevada correlação ($R = 0,71$), podendo afirmar-se que a cota do plano de água lagunar desempenha, realmente, um papel bastante importante no que diz respeito à eficiência da abertura da barra de maré. Os dados relativos a 2003 e 2005/2006 desviam-se da linha de tendência, evidenciando maior número de dias de barra aberta do que o previsto. Segundo Cruces *et al.* (2009), este desvio pode ser justificado, no primeiro caso, porque a cota do plano de água lagunar foi subestimada, já que a medição foi feita 38 dias antes da abertura da barra e, durante esse mês, a estação meteorológica de Monte Velho registou 100 mm de precipitação e, no segundo caso, o aumento da longevidade da barra pode ter resultado da calma agitação marítima registada após a abertura artificial da barra. Em contrapartida, a vida útil da barra de maré em 2001 foi menor do que a prevista, provavelmente devido à elevada agitação marítima que se fez sentir logo após a abertura da barra e maré. A cota do plano de água lagunar é, naturalmente, função da quantidade total de água acumulada no interior da laguna que, por

sua vez, é essencialmente controlada pela precipitação registada nesse ano lagunar (Tabela 5-10).

Note-se que, segundo Cruces (2001) a abertura não eficiente em 1983, 1992, 1999 e 2000 deveu-se à precipitação do ano lagunar ser próxima ou inferior a 400 mm (Tabela 5-10). A correlação obtida entre a cota do plano de água lagunar e a precipitação registada durante o ano lagunar foi de 0,74 (Figura 5-73). Estes gráficos de correlação (Figuras 5-72 e 5-73) são bastante eficientes e permitem estimar os dias que a barra de maré permanece activa na Lagoa de Santo André, em função da precipitação registada durante esse ano lagunar e, consequentemente, a cota do plano de água.

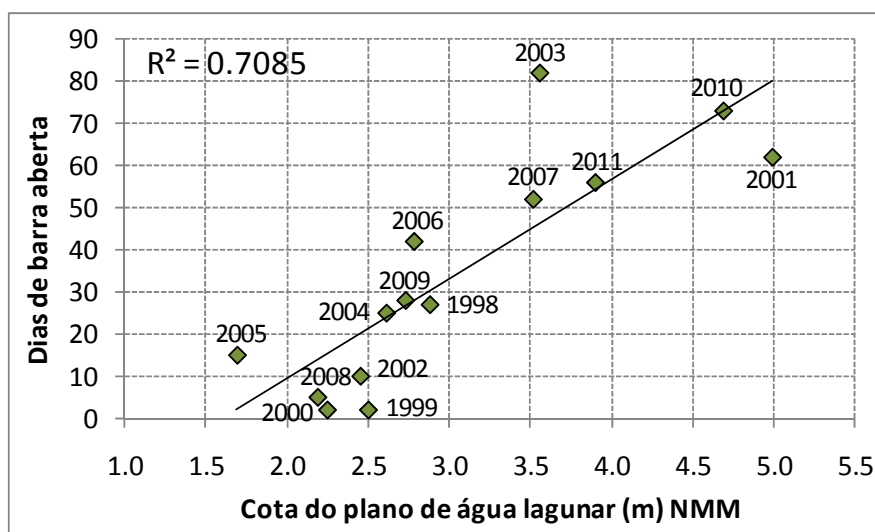


Figura 5-72: Gráfico que correlaciona a cota do plano de água lagunar e os dias de barra aberta para os anos compreendidos entre 1998 e 2011 na Lagoa de Santo André (adaptado de Cruces *et al.* 2009).

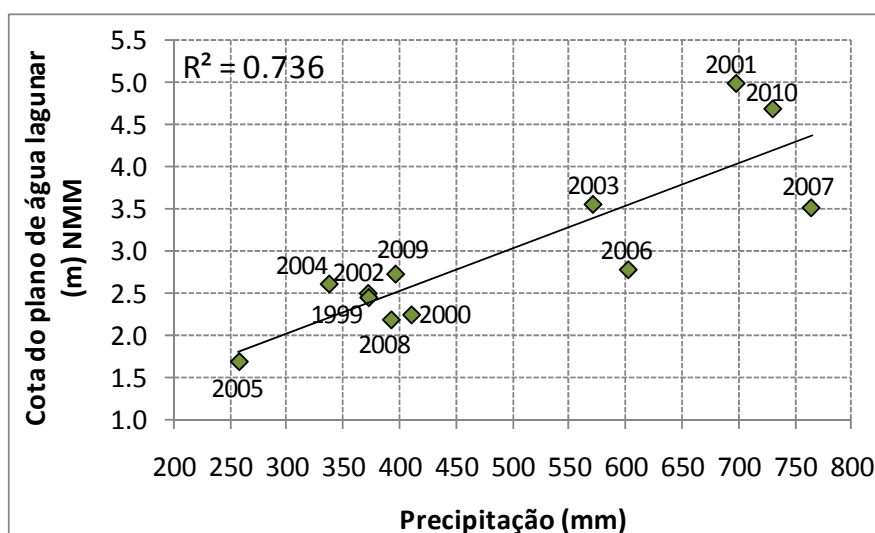


Figura 5-73: Gráfico que correlaciona a cota do plano de água lagunar e a precipitação registada durante o ano lagunar, durante o período compreendido entre 1999 e 2010 na Lagoa de Santo André.

Tabela 5-10: Representação da precipitação do ano lagunar, respectiva cota do plano de água lagunar e dias de barra activa para os diferentes anos de monitorização (1998 a 2011) (adaptado de Cruces *et al.* 2009).

Ano	Dia da medição da C.P.A.L.	Abertura	Encerramento	Dias de barra aberta	Cota do plano de água lagunar (m) NMM	Precipitação do ano lagunar (mm)
1998	22-03-1998	24-03-1998	20-04-1998	27	2.88	
1999	19-03-1999	28-03-1999	30-03-1999	2	2.5	371.8
2000	01-03-2000	05-04-2000	07-04-2000	2	2.247	410.3
2001	09-02-2001	12-02-2001	15-04-2001	62	4.992	698.2
2002	28-03-2002	28-03-2002	07-04-2002	10	2.452	372.3
2003	08-02-2003	18-03-2003	08-06-2003	82	3.557	571.2
2004	20-02-2004	05-04-2004	30-04-2004	25	2.612	337.2
2005	04-04-2005	07-04-2005	22-04-2005	15	1.692	257.4
2006	27-03-2006	28-03-2006	09-05-2006	42	2.782	602.5
2007	16-03-2007	18-03-2007	09-05-2007	52	3.517	764.7
2008	20-03-2008	04-04-2008	09-04-2008	5	2.188	392.3
2009	09-03-2009	09-03-2009	06-04-2009	28	2.73	396.1
2010	16-03-2010	28-03-2010	09-06-2010	73	4.69	730.7
2011	17-03-2011	18-03-2011	13-05-2011	56	3.9	

A abertura da barra de maré de 2009 é um exemplo de sucesso, tal como a abertura de 1998 descrita por Cruces (2001) e as verificadas nos anos de 2010 e 2011, onde estiveram reunidas condições que favoreceram a formação e manutenção de uma barra de maré com dimensões consideráveis, promovendo o processo de intercâmbio entre o oceano e a laguna. A abertura de 2009 antecedeu amplitudes máximas de maré de 3,3 m (11.03.2009), com ondulação de pequena vaga (1,22-1,89) do quadrante de NW e, em menos de 48h, foi conseguida a renovação da massa de água lagunar. Nos exemplos de aberturas de 1999 e 2000, a renovação do corpo aquoso lagunar foi fraca ou inexistente e a altura das ondas, aquando da abertura e nos dias que lhe sucederam foram superiores a 1 m com amplitudes máximas inferiores às verificadas em anos de sucesso (Cruces, 2001 e Cruces *et al.*, 2000 e 2009).

Em suma, os resultados de monitorização sugerem que a elevada ou baixa cota do plano de água lagunar, resultantes de anos chuvosos ou secos, induz barras de maré com comportamentos morfodinâmicos distintos.

6. Conclusões

Este trabalho apresenta resultados inéditos da monitorização das características morfológicas de uma pequena barra de maré durante um ciclo anual, ilustrando a sequência de acontecimentos e processos que foram induzidos pela abertura artificial da barra de maré no ano de 2009.

A Lagoa de Santo André é uma laguna costeira do arco litoral Tróia-Sines que se encontra separada do oceano por uma extensa barreira arenosa ancorada em terra em ambas as extremidades. Esta laguna apresenta características muito próprias, sendo a sua morfologia bastante complexa, constituída por um corpo lagunar principal e por outros dois corpos alongados na direcção N-S, que localmente se designam “Poços”. Estes dois corpos comunicam entre si e com o corpo lagunar principal através de canais estreitos e pouco profundos, conferindo-lhes um certo confinamento. A sua área molhada varia consoante a quantidade de água acumulada no seu interior, representada pela cota do plano de água lagunar, em consequência da maior ou menor pluviosidade registada durante o ano lagunar. As profundidades máximas são registadas no canal principal, através do qual se efectua a maior parte do escoamento das águas quando a comunicação com o mar é estabelecida e no Poço do Pinheiro, apresentando-se o restante espaço lagunar relativamente homogéneo.

É alimentada por uma rede de drenagem com uma área de aproximadamente 145 km² e os seus principais tributários nascem na Serra de Grândola e são a ribeira da Cascalheira, da Ponte, do Forneco, do Azinhal e da Badoca. Na região da Lagoa de Santo André, o substrato geológico é constituído essencialmente por formações do Cenozóico, embora a sua bacia hidrográfica englobe terrenos que vão desde o Paleozóico até ao Quaternário.

O clima desta região pode ser definido como temperado oceânico e moderadamente chuvoso, sem quedas regulares de neve, com Verões secos e chuvas abundantes durante o Inverno, correspondendo à zona climática Csb. Durante o ano de 2009, a temperatura média anual registada foi de 16,2 °C, verificando-se os valores mais baixos nos meses de Janeiro e Fevereiro e os valores mais altos nos meses de Junho a Outubro; verifica-se a clara predominância dos ventos de N e NW, apresentando uma frequência relativa de quase 60 % e o somatório da precipitação foi de cerca de 546 mm.

Ao longo da costa oeste de Portugal, tal como acontece no arco litoral onde se insere a Lagoa de Santo André, as marés são do tipo semi-diurno e do tipo mesotidal elevado com amplitudes de maré a variar entre 2 e 3,5 m. Durante o período em estudo, o marégrafo de Sines registou amplitudes máximas de 3,68 m e mínimas de 0,64 m. Nas condições de agitação marítima, cerca de 53 % da ondulação ocorreu com alturas entre 1 e 2 m e a gama de direcções mais frequentes, ao largo, foi de NW e W, sendo praticamente nulas as ocorrências de ondas com direcções entre W e S. Nos meses de Inverno, foram atingidos os valores máximos da altura média diária das ondas, com rumos médios diários de noroeste e oeste.

O cordão arenoso que isola a laguna do oceano pode ocasionalmente romper de forma natural e formar uma barra de maré única; contudo, de modo a evitar a eutrofização deste sistema, é aberta artificialmente todos os anos uma barra de maré que permite a comunicação da laguna com o mar e, conseqüentemente, a renovação da massa de água lagunar. A abertura artificial da barra de maré na Lagoa de Santo André a 9 de Março de 2009 foi efectuada com o auxílio de meios mecânicos e antecedeu amplitudes máximas de maré de 3,3 m com agitação de NW e ondulação da ordem dos 1,2-1,9 m de altura. A primeira vazante lagunar, que durou cerca de 19 horas e meia, promoveu uma descida bastante acentuada na cota do plano de água lagunar que desceu de 2,73 m para cerca de 0,78 m e a velocidade máxima atingida foi de 6 m/s. A primeira enchente, que durou cerca de 3 horas e meia, só ocorreu após o segundo preia-mar oceânico, uma vez que as velocidades elevadas do fluxo de saída inibiram a entrada de água oceânica no interior da laguna. A entrada de água na laguna ocorreu com uma velocidade média de 3 m/s, chegando a atingir 5 m/s e provocou a subida da cota do plano de água lagunar que atingiu cerca de 1,33 m.

As características físico-químicas do corpo de água lagunar são controladas pelos factores climáticos e pelas trocas estabelecidas com a água do mar, em função da dualidade barra aberta/barra fechada. Todavia, a complexa morfologia desta laguna promove um padrão evolutivo dependente da posição dentro do sistema, com comportamento diferenciado em zonas com maior influência marinha, continental ou com maior grau de confinamento, como é o caso dos Poços. Em período de barra fechada, em que a permeabilidade da barreira é praticamente nula, o dinamismo lagunar depende essencialmente da actividade fluvial, associada ao regime climático e a água lagunar encontra-se praticamente estratificada em relação à generalidade dos parâmetros medidos. Antes da abertura artificial da barra de maré em 2009, verificou-se estratificação nas zonas mais profundas (canal e Poços) em relação aos

parâmetros medidos. Em locais com menor profundidade, a turbulência provocada pelos ventos fortes, promoveu a homogeneização e inibiu a sua estratificação. A salinidade aumentava em profundidade, associando-se um decréscimo nos valores da temperatura e do oxigénio dissolvido, chegando a existir zonas anóxicas, localizadas junto ao fundo. A abertura da barra promoveu a exportação de grande volume de água lagunar e, em menos de 24 horas, assistiu-se à parcial renovação da massa de água no interior do corpo lagunar principal, principalmente junto ao fundo e à superfície ao longo do canal principal de escoamento e ao fim de 48 horas verificou-se a completa renovação da massa de água no corpo de água principal e da região mais a montante. Nos Poços menos profundos (Alguidares) e com conexão mais eficiente com o corpo lagunar principal, a renovação da massa de água fez-se de forma mais acentuada, enquanto nos Poços mais profundos (Ortigão e Pinheiro) a entrada de água marinha deu-se muito mais lentamente e preferencialmente junto ao fundo. Assim, após uma abertura eficiente, a massa de água lagunar nas Zonas I (corpo lagunar principal) e II (perto da desembocadura dos rios) apresentava-se completamente homogénea com características semelhantes às da água oceânica, com valores de salinidade a variar entre 30 e 35 ‰ na Zona I e entre 25 e 32 ‰ na Zona II e valores de percentagem oxigénio dissolvido próximos de 100 %. Após o encerramento natural, a 6 de Abril de 2009, e até Novembro, as características da massa de água mantiveram-se relativamente estáveis, devido essencialmente à escassa pluviosidade. Contudo, após uma época invernal bastante pluviosa com entrada significativa de água doce no sistema, assistiu-se, novamente, à estratificação da coluna de água, à excepção da salinidade cujos ventos fortes devem ter promovido a sua homogeneização.

A cota do plano de água lagunar varia ao longo do tempo e de modo diferenciado dependendo se a laguna se encontra em condições de barra aberta ou de barra fechada. Em situações de barra aberta a cota do plano de água lagunar é controlada pela amplitude de maré oceânica e pelo crescente assoreamento da barra que vai minimizando a propagação da maré dentro do espaço lagunar. Após a abertura artificial verificou-se um desfaseamento entre a maré oceânica e a maré lagunar com aproximadamente 3 horas para o início da vazante e cerca de 1 hora e 20 minutos para o início da enchente. Dados de dois transdutores de pressão colocados na laguna, um mais perto da barra e outro um pouco mais afastado, revelam desfaseamentos na propagação da maré no interior lagunar que inicialmente eram de 10 a 20 minutos para o início da vazante e de 10 a 40 minutos para o início da enchente, passando

para desfasamentos significativamente maiores antes do encerramento natural do canal da barra, chegando a atingir um máximo de 2 horas. Os resultados revelaram uma amplitude de maré lagunar sempre inferior à amplitude da maré oceânica e um patamar que variou entre 0,47 e 0,30 m, abaixo do qual a cota do plano de água lagunar não passa. A análise dos resultados demonstra, igualmente, um sistema claramente dominado pela enchente, com valores máximos de D de -41 % e valores de V a variar entre 7 e 19 % em marés mortas e entre 23 e 27 % em marés vivas. A enchente apresenta, portanto, uma maior capacidade de transporte sedimentar que a vazante, devido às suas elevadas velocidades, sendo responsável pela introdução de sedimentos no interior da laguna, dos quais só parte deles voltará a sair durante a vazante. Em situação de barra fechada, a cota do plano de água variou em função da maior ou menor pluviosidade registada. Nos meses de Verão e Outono, a cota do plano de água manteve-se aproximadamente constante e próximo de 1 m (NMM) e nos meses de Inverno, associados a elevada precipitação, a cota do plano de água lagunar subiu substancialmente, atingido 4,69 m (NMM) antes da reabertura da barra a Março de 2010.

A extensão da barreira que anualmente é afectada pelas sucessivas aberturas, apresenta um perfil de praia bastante simples, devido ao constante rejuvenescimento geomorfológico. A abertura artificial da barra de maré é um processo bastante complexo que provoca uma série de modificações no sistema lagunar e no sistema litoral. A evolução morfológica da barra processa-se através de importantes alterações nas proximidades do canal pelo transporte significativo de areias. Neste ano de monitorização, o período que sucedeu a abertura artificial da barra foi de curta duração, mas extremamente dinâmico em reorganização morfológica. Foi um período dominado pela corrente de maré e materializou-se pela incisão de um canal linear que atingiu uma cota de -1 m (NMM) e, posteriormente, meandrizou. Ocorreu, igualmente, a formação de um delta de vazante e um delta de enchente no enfiamento da embocadura, sendo o segundo menos desenvolvido. A evolução posterior foi dominada pela dinâmica oceânica (ondas e marés) e compreendeu dois episódios principais. O primeiro, que foi contínuo e ocorreu até ao fecho natural da barra, incluiu a aproximação e remodelação do delta de vazante para formar uma barra de espalho progradante que evoluiu até se soldar à praia, encerrando novamente o contacto da laguna com o oceano. O segundo, ocorreu após o fecho natural da barra e foi intrinsecamente descontínuo no tempo, sendo, essencialmente, dominado por acreção de sucessivas lâminas de areia na berma, promovidas pelos galgamentos oceânicos durante as épocas de maior

agitação marítima, levando ao preenchimento do antigo canal e agradação da barreira para o espaço lagunar. Apesar das diversas e importantes modificações morfológicas, a barra de maré evoluiu sem divagação longilitoral apreciável, indicando que os processos de transporte transversais de sedimentos são predominantes em relação ao transporte de sedimentos associado à deriva litoral, que é secundário e de menor intensidade.

Os cálculos de volumes de sedimentos e as cartas de diferenças efectuados entre levantamentos topográficos sucessivos revelaram a predominância dos processos de acumulação em relação aos de erosão, pois os volumes de sedimentos injectados pela enchente e depositados nos fundos próximos da embocadura excederam os volumes remobilizados e ejectados pela vazante para o oceano. Verificou-se uma acumulação significativa de cerca de 127000 m³ de sedimentos entre a campanha de campo realizada antes da abertura artificial de 2009 e a campanha de campo realizada antes da reabertura a Março de 2010.

De acordo com as equações propostas por O'Brien e Jarrett, o prisma de maré de Santo André é maior do que o esperado em relação à área mínima da secção observada. No caso aqui estudado, a maior parte da secção da área desenvolve-se acima no nível médio do mar, facto que resulta das pequenas dimensões da laguna e da barra de maré, em contraste com os enormes sistemas estudados por estes autores. Deste modo, ao utilizar-se a área média da secção em vez da área mínima desenvolvida abaixo do NMM, verificou-se que os valores obtidos se aproximam consideravelmente das equações propostas por estes autores. Na realidade, para barras de maré de menores dimensões e com características distintas, é necessários adaptar alguns factores consoante o tipo de barra em estudo; no entanto, os resultados obtidos por estes autores continuam a ser a melhor previsão para o equilíbrio das áreas da secção em barras de maré.

A eficiência e longevidade da barra de maré são controladas por diversos factores como a agitação marítima, a amplitude de maré e a cota do plano de água lagunar. A cota do plano de água lagunar, condicionada pela precipitação ocorrida no ano lagunar é, talvez, a condicionante mais importante e a correlação deste factor com os dias de barra de maré activa, entre o ano de 1998 e 2011, revelaram um valor de $R = 0,71$.

Uma contribuição relevante deste trabalho é a compilação de um conjunto coerente de dados objectivos sobre o comportamento morfodinâmico desta barra de maré efémera, das suas relações com os agentes forçadores que lhes governam a eficiência e a longevidade e

dos impactos em termos de qualidade ambiental, elementos de utilidade inquestionável para os organismos que tutelam estes espaços e aos quais compete a sua gestão e uso num contexto de sustentabilidade. Os resultados aqui apresentados são extrapoláveis e directamente utilizáveis em numerosos outros sistemas lagunares portugueses.

Referências bibliográficas

- Abecassis, F. (1987) – O regime aluvionar da costa portuguesa entre Peniche e a foz do Mira. *Ingenium-Rev. Ordem Engenheiros*, pp. 4-18;
- Abecassis, F. (1994) – Caracterização geral geomorfológica e aluvionar da Costa Continental Portuguesa. pp. 9-24;
- Abreu, M.; Alves, M.; Ribeiro, C.; Ribeiro, F. & Silva, T. (2009) – Monitorização da barra de maré da Lagoa de Santo André. Relatório da disciplina de Projecto, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Lisboa, 70 p.;
- Andrade, C. F. (1990) – O ambiente de barreira da Ria Formosa, Algarve - Portugal. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, na especialidade de Geologia do Ambiente. Lisboa, 645 p.;
- Andrade, C. (1998) – Dinâmica, erosão e conservação das zonas de praia. Expo'98. Lisboa, 88 p.;
- Barnes, R. S. K. (1980) – Coastal lagoons. Cambridge University Press, 106 p.;
- Beja, P. (coord.); Gordinho, L.; Porto, M.; Machado, J.; Santana, J.; Simões, H.; Carvalho, C.; Borralho, R. & Silva, L. (2005) – Plano de Ordenamento da Reserva Natural das Lagoas de Santo André e da Sancha. 1ª Fase – Caracterização, Parte 1: Estudos de Base – Descrição. ERENA, Ordenamento e Gestão de Recursos Naturais, Lda, 129 p.;
- Bernardo, J. M. A. O. (1990) – Dinâmica de uma Lagoa Costeira Eutrófica (Lagoa de Santo André); Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências de Lisboa para a obtenção do grau de Doutor. Lisboa, 322 p.;
- Bird, E. C. F. (1994) – Coastal lagoon processes. Capítulo 2, Physical setting and geomorphology of coastal lagoons. In: Björn Kjerfve Ed., University of South Carolina, 577 p.;
- Bird, E. (2008) – Coastal Geomorphology, An Introduction. Second Edition. University of Melbourne, Australia, 411 p.;
- Bokuniewicz, H. J.; Kraus, N. C.; Munger, S.; Slattery, M. & Coffey, R. (2011) – Monitoring Incipient Breaching at an Artificial Inlet: Georgica Pond, New York. In: Roberts, T. M.; Rosati, J. D. & Wand, P. (eds.), Proceedings, Symposium to Honour Dr. Nicholas C. Kraus, *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 59. Florida, pp. 111-117;
- Bruun, P. (1978) – Stability of tidal inlets. Theory and Engineering. Elsevier. 510 p.;

- Cancela da Fonseca, L. M. Q. (1989) – Estudo da influência da “abertura ao mar” sobre um sistema lagunar costeiro: a Lagoa de Santo André. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de Doutor em Biologia. Lisboa, 355 p.;
- Carta hidrográfica da Lagoa de St André ao Cabo Sardão, à escala 1/75 000. 2ª Edição-Maio 1995, Instituto Hidrográfico;
- Cruces, A. (2001) – Estudo micro e meso-escala temporal dos sistemas lagunares do SW alentejano (Portugal) – lagoas de Melides e Santo André. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e do Ambiente. Lisboa, 228 p.;
- Cruces, A.; Freitas, M. C. & Andrade, C. (2000) – Morphodynamics of the artificial inlets of Melides and Santo André lagoons. 3º Simpósio sobre a Margem Continental Ibérica Atlântica, Universidade do Algarve. Faro, pp. 41-42;
- Cruces, A.; Freitas, M. C. & Andrade, C. (2009) – Morphodynamics of the artificial inlet of Santo André coastal lagoon (SW Portugal) – Twelve years of monitoring.), 6º Simposium sobre a Margem Ibérica Atlântica. Oviedo, pp. 233-236;
- Davies, J. (1964) – A morphogenetic approach to world shorelines. *Zeit. Geom.*, nº8, pp. 27-42;
- Davis Jr., R. A. & FitzGerald, D. M. (2004) – *Beaches and Coasts*. Blackwell Science Lda., United Kingdom, 419 p.;
- FitzGerald, D. M. (1988) – Shoreline erosional-depositional processes associated with tidal inlets. In: *Hydrodynamics and Sediment Dynamics of Tidal Inlets. Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies 29*, pp. 186-225;
- Freitas, M. C. P. (1989) – Lagoa de Óbidos – morfossedimentogenese aplicada. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada. Lisboa, 239 p.;
- Freitas, M. C. P. (1995) – A Laguna de Albufeira (Península de Setúbal), sedimentologia, morfologia e morfodinâmica. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, na especialidade de Geologia do Ambiente. Lisboa, 337 p.;
- Freitas, M. C.; Andrade, C. & Cruces, A. (1999) – Lagoa de Santo André – Dinâmica do sistema lagunar actual. Comportamento da barra, dinâmica hidrológica e sedimentar da laguna. Evolução Holocénica do sistema lagunar. Livro guia da visita de estudo ao litoral entre S. André e V. Nova de Mil Fontes do Seminário “A zona costeira do Alentejo”, EUROCOAST, 7 p.;

- Freitas, M.C.; Cruces, A. & Andrade, C. (2000) – As lagoas de Melides e Santo André: evolução e comportamento morfodinâmico. Associação Eurocoast - Portugal “ A zona costeira do Alentejo”, pp. 27-44;
- Freitas, M. C. P.; Andrade, C. A. F. & Cruces, A. G. (2002) – Estudo Integrado do Sistema lagunar de Santo André - Monte Velho. Relatório Técnico. Vol. I – Memória Descritiva e vol. II – Anexos. CEGUL/DRA – Alentejo. Lisboa, 52 p.;
- Freitas, M. C.; Andrade, C. & Cruces, A. (2011) – Parecer - Abertura Artificial da Barra de Maré da Lagoa de Santo André. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Centro de Geologia do Departamento de Geologia. Laboratório de Processos Costeiros. Parecer não publicado. Lisboa, 7 p.;
- Freitas, M.C.; Cruces, A. & Andrade, C. (2006) – Dynamics of Santo André Coastal Lagoon. *In* Portugal: Coastal Dynamics – Dinâmica Litorais. Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos, Vol. IV. Lisboa, pp. 73-80;
- Freitas, M. C. & T. Ferreira (2004) – Lagoa de Albufeira. Geologia. Instituto de Conservação da Natureza/ Centro de Zonas Húmidas, pp. 11-52;
- Gama, C. (1996) – Caracterização do fenómeno da sobreelevação do nível do mar de origem meteorológica em Portugal Continental. Efeito amplificador deste fenómeno sobre as variações volumétricas de sedimentos nas praias da Comporta, S. Torpes, Odeceixe e Arrifana. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Geologia Dinâmica Externa. Lisboa, 138 p.;
- Gama, C. (2004) – Dinâmica de Sistemas Sedimentares do Litoral Ocidental Português a Sul do Cabo Espichel. Dissertação apresentada à Universidade de Évora para a obtenção do grau de Doutor em Geologia. Évora, 360 p.;
- Gomes, N. M. N. (1992) – Dinâmica dunar no arco Tróia-Sines (Portugal). Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada. Lisboa, 121 p.;
- Hayes, M. O. (1979) – Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime in Barrier islands from the Gulf of St. Lawrence to the Gulf of Mexico. Stephen P. Leatherman (eds), Academic Press, pp. 1- 29;
- Hughes, S. A. (2002) – Equilibrium Cross Sectional Area at Tidal Inlets. *Journal of Coastal Research*, 18 (1), West Palm Beach. Florida, pp. 160-174;
- ICNB (2005) – Áreas protegidas. Instituto da Conservação da Natureza e Biodiversidade. Acessível online em: <http://portal.icnb.pt>, consultado em 27.09.2010;
- Instituto Hidrográfico (2006) – Roteiro da Costa de Portugal Continental: do Cabo Carvoeiro ao Cabo de São Vicente. Lisboa, 70 p.;

- Inverno, C.; Manuppella G.; Zbyszewski, G.; Pais, J. & Ribeiro, M.L. (1993) – Notícia Explicativa da Carta Geológica 1:50000 42-C- Santiago do Cacém. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa;
- Jacob, J.; Gama, C.; Salgado, R.; Liu, J. & Silva, A. (2009) – Shadowing effects on Beach Morphodynamics during Storm Events on Tróia-Sines Embayed Coast, Southwest Portugal. *Journal of Coastal Research*, SI 56 (Proceedings of the 10th International Coastal Symposium). Lisbon, Portugal, pp. 73-77;
- Jarrett, J.T. (1976) – Tidal prism – inlet area relationships. U.S. Army Coast. Eng. Res. Center, Fort Belvoir, Virginia. 32 p.;
- Johnson, J. W. (1972) – Tidal Inlets on the California, Oregon, and Washington Coasts. Technical Report HEL 24-12, Hydraulic Engineering Laboratory, University of California at Berkeley. California;
- Krau, N. C. (1998) – Inlet Cross-Section Area Calculated by Process-Based Model. Proceedings of the 26th International Coastal Engineering Conference. American Society of Civil Engineers, Vol. 3. New York, pp. 3265-3278;
- LeConte, L. J. (1905) – Discussion of Notes on the Improvement of River and Harbor Outlets in the United States. Papar No. 1009 by D. A. Watts, Transactions, American Society of Civil Engineers, LV, pp. 306-308;
- Mackenzie, F. T.; Vink, S.; Wollast, R. & Chou, L. (1995) – Comparative geochemistry of marine saline lakes, capítulo 9 In: *Physics and chemistry of lakes*, Second edition. Springer-Verlag, 334 p.;
- Mariano, A. C.; Álvares, M. T. & Pimenta, M. T (2004) – Monitorização batimétrica de lagoas costeiras – Albufeira de Santo André. INAG/DSRH. Lisboa, 43 p.;
- Matos, J. M. X. (1991) – Contribuição para o estudo sedimentológico e morfológico do ambiente lagunar de Sto. André (Portugal). Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de mestre em Geologia Económica e Aplicada. Lisboa, 161 p.;
- Miranda, P. M. A. (2001) – Meteorologia e Ambiente. Fundamentos de Meteorologia, Clima e Ambiente Atmosférico. Universidade Aberta. Lisboa, 321 P.;
- Moreira, M. E. S. A. (1985) – A evolução do litoral a partir da análise da rede hidrográfica. O exemplo da ribeira da Comporta. Comunicações da 1^a Reunião do Quaternário Ibérico, Vol. I. Lisboa, pp. 297-309;
- Nayak, I. V. (1971) – Tidal Prism-Area Relationship in a Model Inlet. Technical Report HEL 24-1, Hydraulic Engineering Laboratory, University of California at Berkeley. California;

- O'Brien, M. P. (1931) – Estuary Tidal Prisms Related to Entrance Areas. *Civil Engineers*, 1(8), pp. 738-739;
- O'Brien, M. P. (1969) – Equilibrium Flow Areas of Inlets on Sandy Coasts. *Journal of the Waterways and Harbors Division. American Society of Civil Engineers*, 95 (WW1), pp. 43-52;
- Oliveira, J. T. (Coord.), Andrade, A. S., Antunes, M. T., Araújo, A., Castro, P., Carvalho, D., Carvalhosa, A., Dias, R., Feio, m., Fonseca, O., Martins, L.T., Manuppella, G., Marques, B., Munhá, J., Oliveira, V., Pais, J., Piçarra, J. M., Ramalho, M., Rocha, R., Santos, J. F., Silva, J. B., Brum da Silveira, A. & Zbyszewski, G. (1984) – Carta Geológica de Portugal, escala 1:200.000, Folha 8, Serv. Geol. Port., Lisboa., 91 p.;
- Pacheco, A. & Almeida, L. P. (2009) – Relatório Hidrográfico. Centro de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Algarve, CIACOMAR. Olhão, 10 p.;
- Palain, C. (1976) – Une série détrique terrigène le 'Gres de Silves': Trias et Lias inférieur du Portugal. *Serviços Geológicos de Portugal, Memoria (Nova Série) 25*, pp. 1-363;
- Pires, R.; Freitas, M. C.; Andrade, C.; Ramos, R.; Ferreira, Ó.; Pacheco, A.; Nahon, A.; Antunes C.; Fortunato, A. B.; Bertin, X.; Oliveira, A.; Taborda, R.; Cruces, A.; & Silva, A. (2009) – Morfodinâmica de uma barra de maré efêmera (Lagoa de Santo André, SW Portugal),. 6º Simposium sobre a Margem Ibérica Atlântica. Oviedo, pp. 217-220;
- Pires, A. R.; Freitas, M. C.; Andrade, C.; Taborda, R.; Ramos, R.; Pacheco, A.; Ferreira, Ó.; Bezerra, M. & Cruces, A. (2011) – Morphodynamics of na ephemeral tidal inlet during a life cycle (Santo André Lagoon, SW Portugal). *Journal of Coastal Research*, SI 64 (Proceedings of the 11th International Coastal Symposium). Szczecin, Poland, pp. 1565-1569;
- Pires, A. R.; Ramos, R.; Freitas, M. C.; Taborda, R.; Andrade, C.; Cruces, A.; Ferreira, Ó. & Pacheco, A. (2010) – Morfodinâmica da barra de maré efêmera da Lagoa de Santo André (SW Portugal). *Livro de Resumos. Coastal Hope. Lisboa*, pp. 84-85;
- Pires, H.O. (1985) – Alguns aspectos do clima de agitação marítima de interesse para a navegação na costa de Portugal. *Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica*, 30 p.;
- Quevauviller, P. & Moita, I. (1986) – Histoire holocene d'un systeme transgressif: la plate-forme du nord Alentejo (Portugal). *Bull. Inst. Geol. Bassin d'Aquitaine. Bordeaux*, pp. 85-95;
- Ranasinghe, R. & Pattiaratchi, C. (1999) – The seasonal closure of tidal inlets: Wilson Inlet – a case study. *Coastal Engineering* 37, pp. 37-56;
- Ranasinghe, R.; Pattiaratchi, C. & Masselink G. (1998) – Seasonal Inlet Closure: Governing Processes. *Journal of Coastal Research*, Royal Palm Beach. Florida, pp. 32-41;

- Ranasinghe, R.; Pattiaratchi, C. & Masselink, G. (1999) – A morphodynamic model to simulate the seasonal closure of tidal inlets. *Coastal Engineering* 37;
- Rijn, L. C. V. (1998) – Principles of coastal morphology. Aqua publications;
- Rocha, R. B. (coord.); Marques, B. L.; Kullberg, J. C.; Caetano, P. C.; Lopes, C.; Soares, A. F.; Duarte, L. V.; Marques, J. F. & Gomes, C. R. (1996) – The 1st and 2nd rifting phases of the Lusitanian Basin: stratigraphy, sequence analysis and sedimentary evolution. Final report C. E. C. Proj. MILUPOBAS, Lisboa;
- Serviço Meteorológico Nacional (1950) – O clima de Portugal. Fascículo VI. Estremadura, Ribatejo e Alto-Alentejo;
- Silva, J. A. & Fraga, R. (1980-81) – Sedimentos Plio-Plistocénicos da área da Sines. Caracterização geológica e geotécnica e implicações práticas no domínio das geociências aplicadas. Volume de homenagem ao professor doutor Carlos Teixeira, vol. XXII, Sociedade Geológica de Portugal. Lisboa, pp. 273-283;
- Silveira, T. (2006) – Dinâmica do extremo Noroeste da Península de Tróia à escala do ciclo de maré. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada. Lisboa, 142 p.;
- Tung, T. T. ; Walstra, D. J. R.; Graaff, J. & Stive, M. J. F. (2009) – Morphological modeling of tidal inlet migration and closure. *Journal of Coastal Research. Proceedings of the 10th International Coastal Symposium*. Lisboa, pp. 1080-1084;
- Vanney, J. R. & Mougenout, D. (1981) – La plate-forme continentale du Portugal et les provinces adjacentes: analyse geomorphologique. *Memórias dos Serviços Geológicos de Portugal*, nº28. Direcção Geral de Geologia e Minas. Lisboa, 86 p.;
- Wetzel, R. H. (1993) – Limnologia (tradução de Maria José Boavida). Fundação Calouste Gulbenkian, 919 p.;
- Woodroffe, C. D. (2002) – *Coasts. Form, process and evolution*. Cambridge University Press. 623 p.;
- Zenkovitch, V. P. (1959) – On the genesis of cusped spits along lagoon shores. *Journ. Geol.*, vol 67, pp. 269-277.

Anexo I

Registo fotográfico

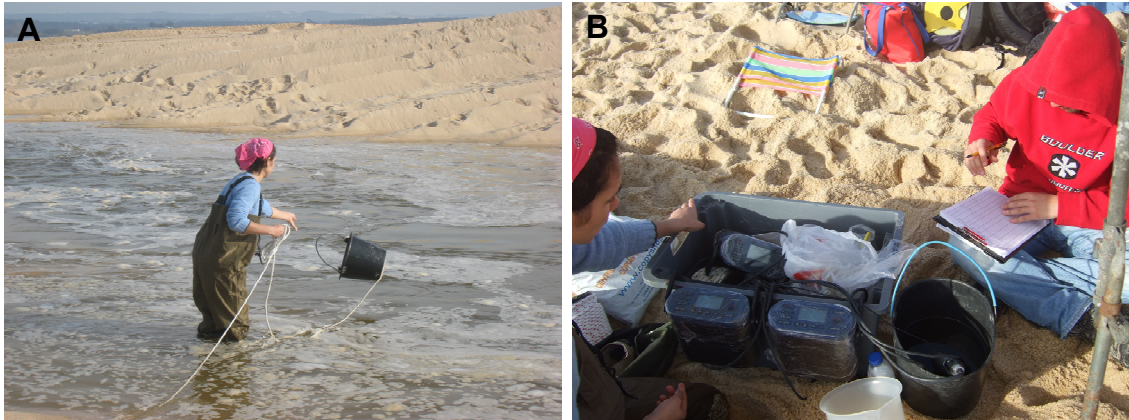


Figura 1: A - Recolha de água na barra de maré com a ajuda de um balde para posterior medição dos parâmetros físico-químicos da água; B – medição dos parâmetros físico-químicos após recolha de água com o balde (Foto de R. Regala).



Figura 2: Flutuador lançado para o centro do canal com o intuito de medir a velocidade superficial de fluxo.



Figura 3: A - Colocação das estacas numeradas num perfil perpendicular à barra de maré; B – Queda de uma estaca na margem N do canal (Foto de C. Freitas).

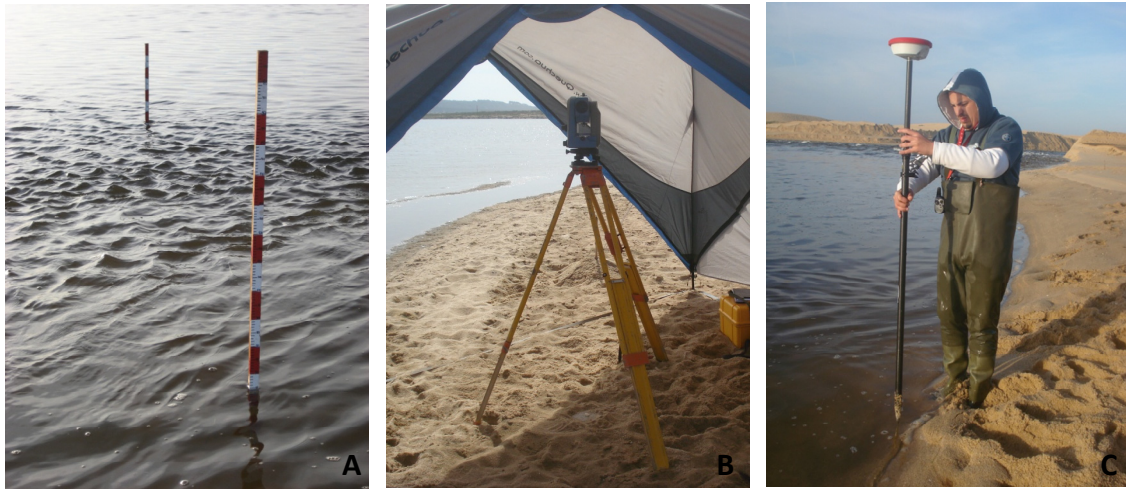


Figura 4: Medição da cota do plano de água lagunar através de A – Estacas graduadas (Foto de C. Andrade); B – Estação total (Foto de C. Freitas); C – DGPS (Foto de C. Freitas).



Figura 5: A – Estação base de DGPS RTK colocada no ponto de referência DET11 (Foto de C. Freitas); B – Estação móvel acoplada a uma eco-sonda na embarcação da Universidade do Algarve (Foto de R. Regala).

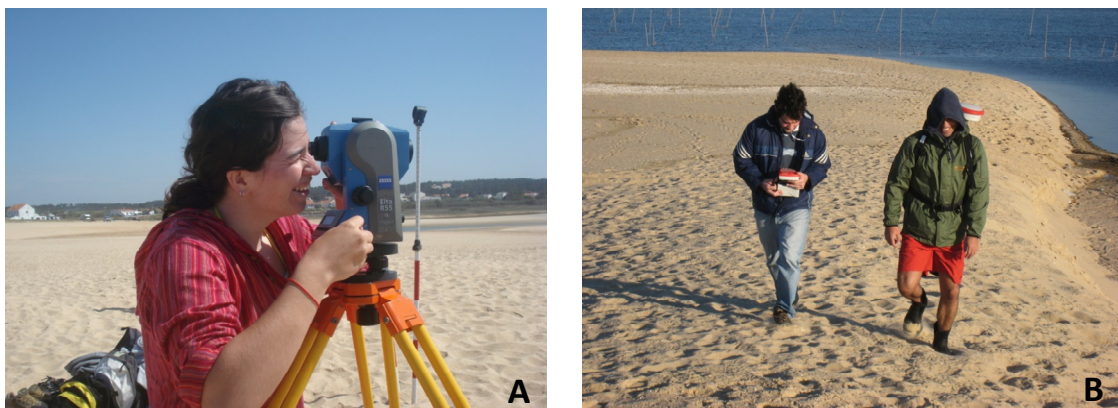


Figura 6: Levantamento topográfico efectuado com: A - Estação total (Foto de C. Freitas); B – DGPS.



Figura 7: Painel de azulejos existente na Estação de Caminhos de Ferro de Santiago do Cacém, com a representação do processo de abertura artificial da barra de maré no início do séc. XX (Foto de A. Cruces).



Figura 8: Operação de abertura artificial da barra de maré da Lagoa de Santo André em Março de 2009, com o auxílio de diversos meios mecânicos (Fotos de C. Freitas).



Figura 9: A - Operação de abertura artificial da barra de maré da Lagoa de Santo André, ainda com o dique a estagnar as águas aprisionadas no interior da laguna (Foto de J. Boieiro); B – Rompimento do dique, possibilitando a libertação das águas do interior da laguna.



Figura 10: A – Saída do forte fluxo de escoamento das águas aprisionadas imediatamente após a abertura do dique, transportando grande quantidade de sedimentos e nutrientes; B – Operação de abertura artificial da barra de maré no dia 9 de Março de 2009 com o auxílio de meios mecânicos.

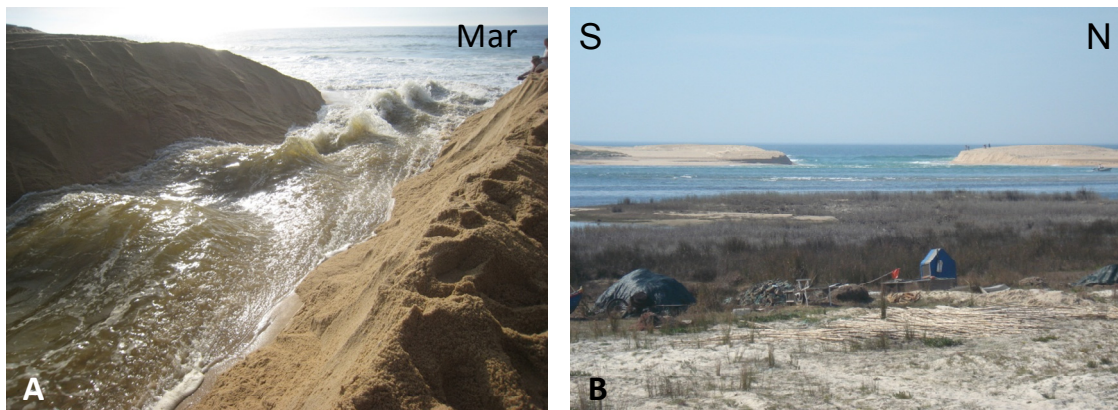


Figura 11: A – Formação de ondas estacionárias devido ao forte fluxo de escoamento inicial; B – Configuração da barra de maré a 11 de Março de 2009, dois dias após a abertura artificial, em período de enchente.



Figura 12: A – Configuração da barra de maré no dia 20 de Março de 2009, 11 dias após a abertura artificial, em período de vazante (foto de C. Freitas); B – Configuração da barra de maré no dia 27 de Março de 2009, 18 dias após a abertura artificial, em período de vazante.

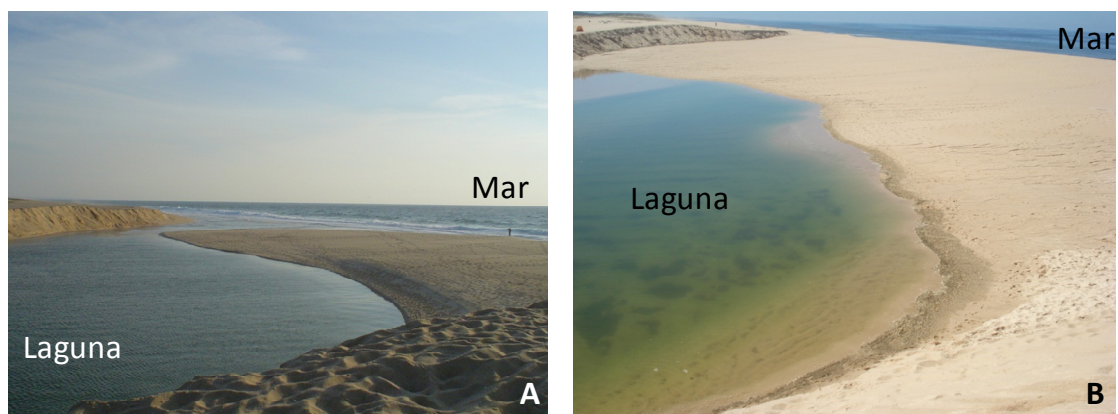


Figura 13: A – Configuração da barra de maré a 3 de Abril de 2009, 25 dias após a abertura artificial, em período de vazante (Foto de C.Freitas); B – Configuração da barreira a 9 de Abril de 2009, 3 dias após o encerramento natural da barra de maré (Foto de C. Freitas).

Anexo II

Monitorização da abertura artificial da barra de maré

Tabela 1: Monitorização da cota do plano de água lagunar através da leitura de estacas graduadas, estação total e DGPS, durante os dias 9 e 10 de Março de 2009.

Estacas graduadas		Estação Total		DGPS	
Data/hora	Cota	Data/hora	Cota	Data/hora	Cota
09-03-2009 16:30	2.73	09-03-2009 15:09	2.75	09-03-2009 12:32	2.73
09-03-2009 17:00	2.73	09-03-2009 16:30	2.75	09-03-2009 20:12	2.62
09-03-2009 17:30	2.73	09-03-2009 17:00	2.72	09-03-2009 20:35	2.66
09-03-2009 18:00	2.72	09-03-2009 17:30	2.71	09-03-2009 21:08	2.61
09-03-2009 18:30	2.71	09-03-2009 18:00	2.72	09-03-2009 21:46	2.57
09-03-2009 19:00	2.70	09-03-2009 18:30	2.71	09-03-2009 22:05	2.52
09-03-2009 19:30	2.68	09-03-2009 19:00	2.64	09-03-2009 22:40	2.45
09-03-2009 20:00	2.65	09-03-2009 19:30	2.66	09-03-2009 23:03	2.35
09-03-2009 20:30	2.63	09-03-2009 20:00	2.67	09-03-2009 23:33	2.26
09-03-2009 21:00	2.58	09-03-2009 20:30	2.69	10-03-2009 00:04	2.15
09-03-2009 21:30	2.53	09-03-2009 21:00	2.64	10-03-2009 00:38	2.07
09-03-2009 22:00	2.44	09-03-2009 21:30	2.59	10-03-2009 01:10	1.98
09-03-2009 22:30	2.43	09-03-2009 22:00	2.55	10-03-2009 01:43	1.94
09-03-2009 22:45	2.37	09-03-2009 22:30	2.45	10-03-2009 02:31	1.91
09-03-2009 23:00	2.27	09-03-2009 23:00	2.36	10-03-2009 03:06	1.88
09-03-2009 23:30	2.17	09-03-2009 23:30	2.26	10-03-2009 03:37	1.84
10-03-2009 00:00	2.09	10-03-2009 00:00	2.15	10-03-2009 04:07	1.78
10-03-2009 00:30	2.01	10-03-2009 00:30	2.06	10-03-2009 04:36	1.72
10-03-2009 01:00	1.95	10-03-2009 01:00	2.03	10-03-2009 05:07	1.67
10-03-2009 01:30	1.92	10-03-2009 01:30	1.91	10-03-2009 05:37	1.59
10-03-2009 02:00	1.86	10-03-2009 02:00	1.97	10-03-2009 06:11	1.53
10-03-2009 02:30	1.83	10-03-2009 03:00	1.90	10-03-2009 06:37	1.48
10-03-2009 03:00	1.79	10-03-2009 03:30	1.85	10-03-2009 07:11	1.42
10-03-2009 03:30	1.74	10-03-2009 04:00	1.79	10-03-2009 07:36	1.36
10-03-2009 04:00	1.68	10-03-2009 04:30	1.73	10-03-2009 08:05	1.30
10-03-2009 04:30	1.62	10-03-2009 05:00	1.67	10-03-2009 09:04	1.15
10-03-2009 05:00	1.57	10-03-2009 05:30	1.62	10-03-2009 09:35	1.05
10-03-2009 05:30	1.50	10-03-2009 06:00	1.55	10-03-2009 10:07	0.93
10-03-2009 06:00	1.44	10-03-2009 06:30	1.49	10-03-2009 10:33	0.86
10-03-2009 06:30	1.38	10-03-2009 07:00	1.44	10-03-2009 11:16	0.79
10-03-2009 07:00	1.33	10-03-2009 07:30	1.36	10-03-2009 11:28	0.83
10-03-2009 07:30	1.26	10-03-2009 08:00	1.29	10-03-2009 12:07	0.88
10-03-2009 08:00	1.18	10-03-2009 08:30	1.19		
10-03-2009 08:30	1.11	10-03-2009 09:00	1.15		
10-03-2009 09:00	1.00	10-03-2009 09:30	1.01		
10-03-2009 09:30	0.91	10-03-2009 10:00	0.92		
10-03-2009 10:00	0.83	10-03-2009 10:30	0.84		
10-03-2009 10:30	0.76	10-03-2009 11:00	0.78		
10-03-2009 11:00	0.73	10-03-2009 11:30	0.78		
10-03-2009 11:30	0.78	10-03-2009 12:00	0.88		
10-03-2009 13:00	1.11	10-03-2009 12:30	0.93		
10-03-2009 13:30	1.17	10-03-2009 13:00	1.11		
10-03-2009 14:00	1.25	10-03-2009 13:30	1.21		
10-03-2009 14:30	1.30	10-03-2009 14:00	1.32		
10-03-2009 15:00	1.32	10-03-2009 14:30	1.40		
10-03-2009 15:30	1.33	10-03-2009 15:00	1.34		
10-03-2009 16:00	1.31	10-03-2009 15:30	1.35		
10-03-2009 16:30	1.26	10-03-2009 16:00	1.33		
10-03-2009 17:00	1.18	10-03-2009 16:31	1.28		
10-03-2009 17:30	1.11	10-03-2009 17:00	1.23		
10-03-2009 17:47	1.07	10-03-2009 17:30	1.16		
10-03-2009 18:00	1.03	10-03-2009 17:47	1.10		
10-03-2009 18:30	0.95	10-03-2009 18:00	1.08		
10-03-2009 19:00	0.87				
10-03-2009 19:10	0.84				

Tabela 2: Monitorização da velocidade superficial de fluxo na barra de maré (os valores negativos indicam o sentido laguna-mar e os valores positivos indicam o sentido mar-laguna), durante os dias 9 e 10 de Março de 2009.

Hora	Distância (m)	Tempo (Segundos)	Sentido do Fluxo		Velocidade de fluxo (m/s)
			Laguna-Mar	Mar-Laguna	
09-03-2009 16:30	50	93	X		-0.54
09-03-2009 17:00	50	23	X		-2.17
09-03-2009 17:30	50	20	X		-2.50
09-03-2009 18:00	50	21	X		-2.38
09-03-2009 18:30	50	16	X		-3.13
09-03-2009 19:00	50	14	X		-3.57
09-03-2009 19:30	50	12	X		-4.17
09-03-2009 20:00	50	10	X		-5.00
09-03-2009 20:30	50	14	X		-3.57
09-03-2009 21:00	50	13	X		-3.85
09-03-2009 21:30	50	8.4	X		-5.95
09-03-2009 22:00	25	7.9	X		-3.16
09-03-2009 22:00	25	6.5	X		-3.85
09-03-2009 22:30	25	14	X		-1.79
09-03-2009 22:32	25	4.7	X		-5.32
09-03-2009 23:00	25	5.6	X		-4.46
09-03-2009 23:30	25	5.2	X		-4.81
10-03-2009 00:00	25	6.7	X		-3.73
10-03-2009 00:30	25	10.7	X		-2.34
10-03-2009 01:00	25	13	X		-1.92
10-03-2009 01:30	25	18	X		-1.39
10-03-2009 02:00	25	31.6	X		-0.79
10-03-2009 02:30	25	40	X		-0.63
10-03-2009 03:00	25	44	X		-0.57
10-03-2009 03:30	25	19	X		-1.32
10-03-2009 03:30	25	22	X		-1.14
10-03-2009 04:00	25	20.8	X		-1.20
10-03-2009 04:30	25	7.8	X		-3.21
10-03-2009 05:00	25	12	X		-2.08
10-03-2009 05:00	25	12.8	X		-1.95
10-03-2009 05:30	25	9	X		-2.78
10-03-2009 06:00	25	6.6	X		-3.79
10-03-2009 06:30	25	7.7	X		-3.25
10-03-2009 07:00	25	7.6	X		-3.29
10-03-2009 07:30	25	13.5	X		-1.85
10-03-2009 08:00	50	11.6	X		-4.31
10-03-2009 08:30	50	14.5	X		-3.45
10-03-2009 09:00	50	14.9	X		-3.36
10-03-2009 09:30	50	13.2	X		-3.79
10-03-2009 10:00	50	14.2	X		-3.52
10-03-2009 10:30	50	19	X		-2.63
10-03-2009 11:00	50	20.4	X		-2.45
10-03-2009 11:30	50	40.7	X		-1.23
10-03-2009 12:05	50	98.3		X	0.51
10-03-2009 12:30	50	38.5		X	1.30
10-03-2009 13:00	50	26.1		X	1.92
10-03-2009 13:30	50	29		X	1.72
10-03-2009 14:00	50	26.5		X	1.89
10-03-2009 14:30	50	24.6		X	2.03
10-03-2009 15:00	50	37		X	1.35
10-03-2009 15:30	50	0			0.00
10-03-2009 16:00	50	9.8	X		-5.10
10-03-2009 16:30	25	9.7	X		-2.58
10-03-2009 17:00	25	10.1	X		-2.48
10-03-2009 17:30	25	10.1	X		-2.48
10-03-2009 18:00	25	10	X		-2.50
10-03-2009 18:30	25	11	X		-2.27

Tabela 3: Monitorização da taxa de erosão da margem norte e sul do canal durante os dias 9 e 10 de Março de 2009.

Data/hora	Minutos	Estaca	Margem	Dx	Dt	Taxa erosão (m/min)	Taxa erosão (m/hora)
09-03-2009 17:59	1079	0	Norte			0.000	0.00
09-03-2009 18:34	1114	20	Norte	3.2	35	0.091	5.49
09-03-2009 20:00	1200	21	Norte	5	86	0.058	3.49
09-03-2009 20:52	1252	22	Norte	5	52	0.096	5.77
09-03-2009 22:04	1324	23	Norte	5	72	0.069	4.17
09-03-2009 17:59	1079	0	Sul			0.000	0.00
09-03-2009 21:50	1310	19	Sul	4.9	231	0.021	1.27
09-03-2009 22:54	1374	18	Sul	5	64	0.078	4.69
10-03-2009 07:17	437	17	Sul	5	503	0.010	0.60

Tabela 4: Monitorização da largura do canal durante os dias 9 e 10 de Março de 2009.

Data/hora	Largura canal (m)
09-03-2009 17:59	14.2
09-03-2009 18:34	17.4
09-03-2009 20:00	22.4
09-03-2009 20:52	27.4
09-03-2009 21:50	32.3
09-03-2009 22:04	37.3
09-03-2009 22:54	42.3
10-03-2009 07:17	47.3

Anexo III

Parâmetros físico-químicos da água

Tabela 1: Variação dos parâmetros físico-químicos da água na barra de maré, durante os dias 9 e 10 de Março. Os registos sublinhados foram medidos 45 minutos após as 16h00m, por indisponibilidade da sonda.

Hora	Temperatura °C	Salinidade (‰)	Condutividade (Ms/cm)	O.D. (mg/l)	Saturação O.D. %	pH	Eh mV
09-03-2009 15:24	17.8	6.4	11.26	5.22	54.8	7.91	129.1
09-03-2009 16:25	15.5	6.4	11.30	7.74	76.0	8.11	183.8
09-03-2009 17:00	15.9	6.4	11.32	8.11	73.5	8.21	184.0
09-03-2009 18:00	15.9	6.4	11.33	7.87	75.5	8.18	184.2
09-03-2009 19:00	15.6	6.4	11.36	7.07	74.0	8.18	200
09-03-2009 20:00	15.0	6.5	11.42	7.51	80.9	8.18	205
09-03-2009 21:00	15.5	6.4	11.35	7.17	68.6	8.20	205
09-03-2009 22:00	14.9	6.4	11.33	7.04	72.4	8.15	216
09-03-2009 23:00	15.2	6.4	11.43	5.65	58.4	8.26	215
10-03-2009 00:00	14.6	6.3	11.21	4.19	45.0	8.10	227
10-03-2009 01:00	15.2	6.4	11.27	5.90	60.2	8.03	224
10-03-2009 02:00	14.3	6.4	11.28	6.01	60.7	8.09	236
10-03-2009 03:00	14.9	6.3	11.22	5.88	59.7	7.98	239
10-03-2009 04:00	14.8	6.4	11.31	6.06	62.2	7.99	233
10-03-2009 05:00	14.6	6.3	11.21	5.70	58.0	7.99	236
10-03-2009 06:00	14.6	6.2	10.98	4.73	47.6	7.33	251
10-03-2009 07:00	14.2	6.1	10.95	5.93	56.5	7.86	220
10-03-2009 08:00	14.3	6.0	10.77	5.22	54.0	7.85	243
10-03-2009 09:00	14.8	6.0	10.73	5.51	55.9	7.92	245
10-03-2009 10:00	15.5	6.0	10.63	5.59	60.4	7.92	237
10-03-2009 11:00	16.3	5.9	10.52	6.75	69.5	8.02	224
10-03-2009 12:00	16.1	17.1	28.10	6.17	65.4	8.05	216
10-03-2009 13:00	15.1	34.4	53.30	5.45	52.9	8.15	224
10-03-2009 14:00	15.3	34.0	52.60			8.15	246
10-03-2009 15:00	15.2	35.0	53.90			8.16	249
10-03-2009 16:00	16.3	27.2	42.90	5.80	75.3	8.23	239
10-03-2009 17:00	18.3	12.0	20.10	7.07	85.7	8.22	219
10-03-2009 18:00	18.3	12.5	21.00	7.93	83.1	8.24	261
10-03-2009 18:30	17.5	17.0	28.00	6.55	77.7	8.24	255

Tabela 2: Variação dos parâmetros físico-químicos da água no mar, durante os dias 9 e 10 de Março. Os registos sublinhados foram medidos 45 minutos após as 16h00m, por indisponibilidade da sonda.

Hora	Temperatura °C	Salinidade (‰)	Condutividade (Ms/cm)	O.D. (mg/l)	Saturação O.D. %	pH	Eh mV
09-03-2009 15:24	15.3	35.3	54.2	7.23	66.0	8.30	87.4
09-03-2009 16:25	15.2	34.7	53.5	7.39	67.6	8.32	195.9
09-03-2009 17:00	14.9	34.9	53.8	7.10	71.2	8.16	185.3
09-03-2009 18:00	14.8	29.7	46.6	7.20	67.4	8.08	185.3
09-03-2009 19:00	15.0	10.7	18.3	6.60	68.0	8.14	101.0
09-03-2009 20:00	15.3	9.5	16.3	6.62	71.9	8.16	105.0
09-03-2009 21:00	14.4	14.2	23.8	6.65	65.5	8.16	188.4
09-03-2009 22:00	13.9	34.9	53.9	6.08	60.6	8.08	218
09-03-2009 23:00	13.8	35.4	55.1	5.65	67.4	8.13	217
10-03-2009 00:00	14.0	33.0	51.2	5.64	63.6	8.11	231
10-03-2009 01:00	14.1	25.0	40.0	5.06	56.7	8.13	231
10-03-2009 02:00	13.8	22.0	35.6	5.75	63.5	8.15	233
10-03-2009 03:00	14.5	19.0	31.1	6.03	65.7	8.08	226
10-03-2009 04:00	14.5	19.5	31.8	5.43	59.3	8.09	237
10-03-2009 05:00	14.6	14.9	24.9	6.05	64.5	8.06	227
10-03-2009 06:00	14.4	14.8	26.6	6.07	62.3	8.02	246
10-03-2009 07:00	13.9	26.8	42.5	5.40	61.4	8.02	234
10-03-2009 08:00	14.2	21.7	35.0	5.93	66.0	8.06	238
10-03-2009 09:00	15.0	11.8	20.0	6.25	67.3	8.04	231
10-03-2009 10:00	15.4	16.0	26.5	6.05	66.2	8.05	216
10-03-2009 11:00	15.6	21.9	35.3	6.48	69.9	8.05	220
10-03-2009 12:00	14.9	32.9	51.0	5.43	74.7	8.13	225
10-03-2009 13:00	14.7	34.6	53.4	5.37	66.4	8.15	230
10-03-2009 14:00	15.0	35.0	53.8			8.15	222
10-03-2009 15:00	15.6	33.4	52.4			8.18	248
10-03-2009 16:00	15.5	34.4	53.0	5.03	60.7	8.17	240
10-03-2009 17:00	16.8	24.7	39.4	6.27	75.2	8.20	221
10-03-2009 18:00	16.0	26.5	42.0	5.40	65.0	8.22	266
10-03-2009 18:30	16.6	23.0	36.9	6.11	70.0	8.20	239

Tabela 5: Monitorização dos parâmetros físico-químicos do corpo de água lagunar, desde 26 de Fevereiro de 2009 a 28 de Março de 2010.**Campanha SA-1, Data: 26/02/2009**

Coordenadas UTM, ED50
 Estação 1 517818
 Fundo 2.60m 4218360
 Hora: 15:15

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD	pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
		m	°C				%	classificação		
0.0	14.6	6.6	Mesohalina	11.3	9.90	97.0	8.58	Alcalino		1.8
0.5	14.6	6.6	Mesohalina	11.3	10.00	98.0	8.59	Alcalino		
1.0	14.6	6.6	Mesohalina	11.3	9.90	97.0	8.59	Alcalino		
1.5	14.6	6.6	Mesohalina	11.3	9.80	96.0	8.60	Alcalino		
2.0	14.6	6.6	Mesohalina	11.3	9.90	97.0	8.59	Alcalino		
2.5	14.5	6.6	Mesohalina	11.3	9.70	95.0	8.59	Alcalino	163.6	

Coordenadas UTM, ED50
 Estação 2 517771
 Fundo 3.90m 4217765
 Hora: 8:30

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD	pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
		m	°C				%	classificação		
0.0	14.0	6.5	Mesohalina	11.3	10.19	98.2	8.62	Alcalino		2.0
0.5	14.0	6.6	Mesohalina	11.3	9.93	95.8	8.62	Alcalino		
1.0	14.1	6.5	Mesohalina	11.3	9.86	95.3	8.62	Alcalino		
1.5	14.1	6.5	Mesohalina	11.3	9.96	96.1	8.62	Alcalino		
2.0	14.1	6.5	Mesohalina	11.3	10.03	96.9	8.62	Alcalino		
2.5	14.0	6.5	Mesohalina	11.3	9.71	93.7	8.63	Alcalino		
3.0	14.0	6.5	Mesohalina	11.3	9.91	95.8	8.63	Alcalino		
3.5	13.9	8.1	Mesohalina	13.8	0.25	2.4	7.48	Fracamente alcalino		
3.9	13.7	9.7	Mesohalina	16.6	0.12	1.3	7.38	Fracamente alcalino	67.3	

Coordenadas UTM, ED50
 Estação 3 518179
 Fundo 2.25m 4218126
 Hora: 15:00

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD	pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
		m	°C				%	classificação		
0.0	14.7	6.6	Mesohalina	11.3	9.40	92.0	8.51	Alcalino		2.0
1.0	14.6	6.6	Mesohalina	11.3	9.10	90.0	8.52	Alcalino		
1.5	14.6	6.6	Mesohalina	11.3	9.20	90.0	8.54	Alcalino		
2.0	14.3	6.6	Mesohalina	11.3	9.10	88.0	8.57	Alcalino		
2.3	14.2	6.7	Mesohalina	11.5	9.20	89.0	8.56	Alcalino	158.4	

Coordenadas UTM, ED50
 Estação 4 518327
 Fundo 2.15m 4217897
 Hora: 14:40

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD	pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
		m	°C				%	classificação		
0.0	15.0	6.5	Mesohalina	11.2	9.90	97.0	8.50	Alcalino		2.15
0.5	15.0	6.5	Mesohalina	11.2	9.30	92.0	8.51	Alcalino		
1.0	15.0	6.5	Mesohalina	11.2	9.30	92.0	8.52	Alcalino		
1.5	14.9	6.6	Mesohalina	11.3	9.30	92.0	8.53	Alcalino		
2.0	14.6	6.6	Mesohalina	11.4	9.70	95.0	8.62	Alcalino		
2.2	14.4	6.6	Mesohalina	11.4	9.90	97.0	8.63	Alcalino	157.2	

Coordenadas UTM, ED50
 Estação 5 518836
 Fundo 2.05m 4217523
 Hora: 14:15

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD	pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
		m	°C				%	classificação		
0.0	15.4	6.4	Mesohalina	11.1	9.80	97.0	8.45	Alcalino		1.8
0.5	15.3	6.4	Mesohalina	11.1	9.60	95.0	8.47	Alcalino		
1.0	15.2	6.5	Mesohalina	11.2	9.70	96.0	8.48	Alcalino		
1.5	15.1	6.5	Mesohalina	11.2	9.70	96.0	8.50	Alcalino		
2.0	15.0	6.6	Mesohalina	11.5	8.80	87.0	8.51	Alcalino	159	

Coordenadas **UTM, ED50**
Estação 7 518613
Fundo 2.5m 4216252
Hora: 13:15

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)		(m)
0.0	15.3	6.3	Mesohalina	11.0	8.70	87.0	8.14	Alcalino			2.4
0.5	15.3	6.3	Mesohalina	11.0			8.13	Alcalino			
1.0	15.3	6.4	Mesohalina	11.0	8.54	85.0	8.13	Alcalino			
1.5	15.3	6.4	Mesohalina	11.0	8.10	80.5	8.13	Alcalino			
2.0	15.2	6.4	Mesohalina	11.0	8.50	84.3	8.13	Alcalino			
2.5	15.2	6.6	Mesohalina	11.5	8.60	85.0	8.22	Alcalino	109		

Coordenadas **UTM, ED50**
Estação 8 518539
Fundo 2.8m 4217139
Hora: 13:45

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)		(m)
0.0	15.2	6.5	Mesohalina	11.3	9.90	98.0	8.56	Alcalino			2.6
1.0	15.2	6.5	Mesohalina	11.3	9.70	95.5	8.58	Alcalino			
2.0	15.0	6.6	Mesohalina	11.4	9.30	92.0	8.59	Alcalino			
2.5	14.9	6.6	Mesohalina	11.4	9.60	94.0	8.60	Alcalino			
2.8	14.6	7.6	Mesohalina	12.9	3.70	36.0	7.95	Fracamente alcalino	98.6		

Coordenadas **UTM, ED50**
Estação 9 517475
Fundo 2.75m 4216925
Hora: 9:00

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)		(m)
0.0	14.7	6.6	Mesohalina	11.4	8.57	84.0	8.40	Alcalino	124.7		1.8
0.5	14.7	6.6	Mesohalina	11.4	8.55	84.0	8.39	Alcalino			
1.0	14.7	6.6	Mesohalina	11.4	8.30	81.0	8.39	Alcalino			
1.5	14.7	6.6	Mesohalina	11.4	8.16	80.0	8.39	Alcalino			
2.0	15.3	9.0	Mesohalina	15.3	2.87	28.0	7.38	Fracamente alcalino			
2.5	15.6	9.3	Mesohalina	15.8	0.28	2.9	7.17	Neutro			
2.8	15.4	9.5	Mesohalina	16.1	0.10	1.0	7.14	Neutro	-225		

Coordenadas **UTM, ED50**
Estação 10 518002
Fundo 2.05m 4216942
Hora: 11:50

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)		(m)
0.0	15.0	6.7	Mesohalina	11.5	8.60	85.0	8.31	Alcalino			2.0
0.5	15.0	6.7	Mesohalina	11.5	8.20	81.0	8.32	Alcalino			
1.0	15.0	6.7	Mesohalina	11.5	8.20	81.0	8.33	Alcalino			
1.5	15.0	6.7	Mesohalina	11.5	8.20	81.0	8.32	Alcalino	26.6		

Coordenadas **UTM, ED50**
Estação 13 517932
Fundo 4.2m 4216432
Hora: 11:15

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)		(m)
0.0	15.3	6.7	Mesohalina	11.5	9.70	96.0	8.48	Alcalino	114.2		1.8
0.5	15.3	6.7	Mesohalina	11.5	9.90	98.8	8.50	Alcalino			
1.0	15.2	6.7	Mesohalina	11.5	9.50	94.0	8.48	Alcalino			
1.5	15.2	6.7	Mesohalina	11.5			8.48	Alcalino			
2.0	15.1	6.9	Mesohalina	11.9	8.90	88.0	8.40	Alcalino			
2.5	14.6	8.3	Mesohalina	14.3	0.15	1.4	8.42	Alcalino			
3.0	14.0	11.9	Mesohalina	20.1	0.11	1.1	7.24	Fracamente alcalino			
3.5	13.8	14.0	Mesohalina	23.4	0.08	0.8	7.11	Neutro			
4.0	13.9	14.5	Mesohalina	24.2	0.05	0.4	6.98	Neutro	-322		

Coordenadas UTM, ED50
 Estação 15 517392
 Fundo 1.60m 4215631
 Hora: 10:15

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(m)	
0.0	14.1	10.1	Mesohalina	17.1	7.50	73.0	7.57	Fracamente alcalino	117.2	1.2	
1.0	14.1	10.1	Mesohalina	17.1	7.40	72.0	7.58	Fracamente alcalino			
1.5	14.1	10.2	Mesohalina	17.3	7.20	70.0	7.58	Fracamente alcalino			
1.6	14.1	10.5	Mesohalina	17.8	7.10	68.0	7.17	Neutro	117.1		

Coordenadas UTM, ED50
 Estação 16 518122
 Fundo 2.70m 4217220
 Hora: 12:00

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(m)	
0.0	14.5	6.6	Mesohalina	11.4	9.30	91.0	8.59	Alcalino		2.0	
1.0	14.5	6.6	Mesohalina	11.4	9.10	89.0	8.60	Alcalino			
2.0	14.5	6.6	Mesohalina	11.4	9.30	91.0	8.61	Alcalino			
2.5	14.5	6.6	Mesohalina	11.4	9.10	89.0	8.61	Alcalino			
2.7	14.5	6.8	Mesohalina	11.6	8.70	85.0	8.59	Alcalino	106		

Coordenadas UTM, ED50
 Estação 17 517348
 Fundo 2.6m 4216420
 Hora: 9:45

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(m)	
0	14.4	9.1	Mesohalina	15.6	9.43	92.5	8.19	Alcalino	51.6	1.2	
0.5	14.7	9.1	Mesohalina	15.6	9.50	93.0	8.21	Alcalino			
1	14.7	9.1	Mesohalina	15.6	9.50	93.0	8.21	Alcalino			
1.5	14.7	9.2	Mesohalina	15.7	8.90	88.0	8.16	Alcalino			
2	15.0	9.8	Mesohalina	16.7	6.20	61.0	7.65	Fracamente alcalino			
2.5	14.9	10.3	Mesohalina	17.1	0.50	5.3	7.16	Neutro	28.5		

Campanha SA-2, Data: 09/03/2009

Estação 2
 Fundo 2.7m
 Hora: 18:30

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(m)	
0.0	16.0	6.4	Mesohalina	11.2	9.10	92.0				1.8	
0.5	16.0	6.5	Mesohalina	11.2	9.60	97.0					
1.0	15.5	6.5	Mesohalina	11.2	9.90	99.0					
2.0	15.2	6.5	Mesohalina	11.2	10.10	100.0					
3.0	14.7	6.5	Mesohalina	11.2	8.80	87.0					
3.5	14.5	6.5	Mesohalina	11.2	8.90	87.0					

Campanha SA-3, Data: 10/03/2009

Estação 2
 Fundo 1.5m
 Hora: 14:20

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(m)	
0.0	14.7	32.4	Euhalina	50.7	8.50	102.0					
1.0	14.6	32.8	Euhalina	51.3	8.39	100.1					
1.5	14.6	33.0	Euhalina	51.5	8.25	98.8					

Estação 3
Fundo 1.55m
Hora: 16:00

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD	pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
		m	°C				‰	classificação		
0.0	19.4	6.5	Mesohalina	11.6	11.60	129.7				1.4
0.5	16.0	29.0	Polihalina	47.0	9.10	110.0				
1.0	15.4	32.3	Euhalina	50.6	8.30	100.0				
1.5	15.3	32.4	Euhalina	50.6	8.10	98.0				

Estação 7A
Fundo 1.25m
Hora: 15:20

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD	pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
		m	°C				‰	classificação		
0.0	18.9	6.5	Mesohalina	11.3	17.00	188.0				
0.5	18.6	6.7	Mesohalina	11.6	14.60	162.0				
1.0	16.3	19.0	Polihalina		7.30	84.0				
1.3	15.8	25.7	Polihalina	41.2	7.60	89.0				

Estação 11
Fundo 0.9m
Hora: 15:45

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD	pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
		m	°C				‰	classificação		
0.0	18.8	6.0	Mesohalina	10.4	12.00	131.0				
0.5	15.9	30.1	Euhalina	47.1	8.70	107.0				
0.9	15.8	30.4	Euhalina	47.8	8.50	103.0				

Estação 14
Fundo <0.5m
Hora: 14:35

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD	pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
		m	°C				‰	classificação		
0.0	17.7	21.6	Polihalina	35.6	11.80	139.0				

Estação 16
Fundo 2m
Hora: 14:50

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD	pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
		m	°C				‰	classificação		
0.0	19.1	6.7	Mesohalina	11.7	11.30	125.0				
0.5	15.1	32.3	Euhalina	50.6	8.30	100.0				
1.0	14.8	32.8	Euhalina	51.2	8.30	100.0				
2.0	14.7	32.9	Euhalina	51.4	8.18	98.0				

Estação 16A
Fundo 0.75m
Hora: 15:00

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD	pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
		m	°C				‰	classificação		
0.0	18.6	9.0	Mesohalina	14.5	10.20	125.7				
0.5	15.3	31.5	Euhalina	49.3	8.70	104.0				
0.8	15.3	31.5	Euhalina	49.3	8.50	102.0				

Campanha SA-4, Data: 11/04/2009

Coordenadas UTM, ED50
Estação 2 517791
Fundo 2.50m 4217727
Hora: 15:00

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD	pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
		m	°C				‰	classificação		
0.0	14.6	35.8	Euhalina	55.0	8.60	104.1	8.22	Alcalino		2.0
1.0	14.6	35.8	Euhalina	55.0	8.50	103.8	8.22	Alcalino		
2.0	14.6	35.8	Euhalina	55.1	8.60	105.0	8.22	Alcalino		

Coordenadas UTM, ED50
 Estação 3 518070
 Fundo 0.90m 4218170
 Hora: 18:05

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(m)	
0.0	16.0	35.1	Euhalina	54.0	8.38	105.0	8.30	Alcalino	207	0.9	
0.9	15.9	35.3	Euhalina	54.2	8.30	103.0	8.27	Alcalino			

Coordenadas UTM, ED50
 Estação 7 518562
 Fundo 0.75m 4216328
 Hora: 17:15

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(m)	
0.0	20.0	27.9	Polihalina	43.6	8.70	112.0	8.22	Alcalino	173	0.75	
0.5	19.9	28.1	Polihalina	44.1	8.76	112.0	8.20	Alcalino			
0.8	18.5	31.4	Euhalina	48.9	7.80	99.0	8.13	Alcalino	203		

Coordenadas UTM, ED50
 Estação 7A 518679
 Fundo 0.8m 4216913
 Hora: 17:35

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(m)	
0.0	18.6	31.6	Euhalina	48.8	8.00	103.0	8.18	Alcalino			
0.8	16.6	34.7	Euhalina	53.4	7.99	99.0	8.20	Alcalino			

Coordenadas UTM, ED50
 Estação 9 517478
 Fundo 1.5m 4216916
 Hora: 15:25

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(m)	
0.0	19.8	10.0	Mesohalina	17.0	5.40	63.0	7.54	Fracamente alcalino	201	1.5	
0.5	19.6	10.1	Mesohalina	17.0	5.10	58.2	7.54	Fracamente alcalino			
1.0	15.9	19.9	Polihalina	32.4	3.50	39.6	7.58	Fracamente alcalino			
1.5	15.5	21.9	Polihalina	35.4	2.60	30.0	7.03	Neutro	163		

Coordenadas UTM, ED50
 Estação 9A 517492
 Fundo 0.4m 4217188
 Hora:

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(m)	
0.0	19.5	30.7	Euhalina	48.2	8.97	116.8	8.43	Alcalino			

Estação 10
 Fundo 0.5m
 Hora: 16:20

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(m)	
0.0	20.4	28.7	Polihalina	44.3	7.70	101.0	8.16	Alcalino	144		
0.5	16.4	34.6	Euhalina	53.3	8.30	103.3	8.22	Alcalino			

Coordenadas UTM, ED50
 Estação 11 518569
 Fundo 0.75m 4217696
 Hora: 17:50

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(m)	
0.0	16.9	35.1	Euhalina	54.0	8.38	105.0	8.30	Alcalino	207	0.75	
0.8	16.0	35.3	Euhalina	54.2	8.30	103.0	8.27	Alcalino			

Estação 13
Fundo 1.8m
Hora:

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
		m	°C			%	classificação	mS/cm	mg/L		
0.0	20.7	13.3	Mesohalina	22.4	1.00	12.7	7.21	Fracamente alcalino		117	0.9
0.5	17.5	22.0	Polihalina	35.4	2.76	32.1	7.55	Fracamente alcalino			
1.0	17.3	24.4	Polihalina	38.8	3.50	42.0	7.71	Fracamente alcalino			
1.5	17.3	26.2	Polihalina	41.5	4.09	48.7	7.81	Fracamente alcalino			
1.8	17.0	27.1	Polihalina	47.4	4.50	54.1	8.01	Alcalino		124	

Coordenadas UTM, ED50
Estação 16 518192
Fundo 2.25m 4217278
Hora: 16:05

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
		m	°C			%	classificação	mS/cm	mg/L		
0.0	14.9	35.8	Euhalina	54.9	8.60	102.1	8.24	Alcalino		178	2.25
1.0	14.8	35.8	Euhalina	55.0	8.60	102.0	8.30	Alcalino			
2.3	14.8	35.8	Euhalina	55.0	8.50	100.1	8.25	Alcalino		212	

Campanha SA-5, Data: 20/03/2009

Coordenadas UTM, ED50
Estação B 517786
Fundo 1.75m 4218297
Hora: 9:10

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
		m	°C			%	classificação	mS/cm	mg/L		
0.0	15.1	32.3	Euhalina	50.4	8.20	99.1	8.21	Alcalino		230	1.75
1.0	15.0	33.0	Euhalina	51.5	8.00	97.0	8.22	Alcalino			
1.75	15.1	33.1	Euhalina	51.7	8.10	98.0	8.23	Alcalino			

Coordenadas UTM, ED50
Estação 2 517781
Fundo 1.50m 4217793
Hora: 9:45

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
		m	°C			%	classificação	mS/cm	mg/L		
0.0	15.2	33.2	Euhalina	51.7	8.40	102.0	8.26	Alcalino		233	1.5
1.0	15.2	33.3	Euhalina	51.9	8.54	103.7	8.25	Alcalino			
1.5	15.2	33.3	Euhalina	51.9	8.00	98.0	8.25	Alcalino			

Coordenadas UTM, ED50
Estação 3 518180
Fundo 0.9m 4218169
Hora: 12:20

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
		m	°C			%	classificação	mS/cm	mg/L		
0.0	16.9	32.9	Euhalina	51.2	8.10	101.0	8.21	Alcalino		204	0.9
0.9	16.7	32.9	Euhalina	51.2	8.10	101.0	8.22	Alcalino			

Coordenadas UTM, ED50
Estação 4 518325
Fundo 0.6m 4217927
Hora: 12:10

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
		m	°C			%	classificação	mS/cm	mg/L		
0.0	17.2	32.2	Euhalina	50.2	6.90	86.0	8.14	Alcalino		136	0.60
0.6	17.2	32.2	Euhalina	50.2	6.90	86.0	8.15	Alcalino			

Coordenadas UTM, ED50
Estação 7 518642
Fundo 0.25m 4216370
Hora: 11:00

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
		m	°C			%	classificação	mS/cm	mg/L		
0.0	18.3	27.3	Polihalina	43.0	5.10	63.7	7.74	Fracamente alcalino		181	

Coordenadas UTM, ED50
 Estação 8 518537
 Fundo 0.5m 4217139
 Hora: 11:30

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(m)	
0.0	16.1	32.8	Euhalina	51.2	8.10	100.2	8.18	Alcalino	181	0.5	
0.5	16.1	32.8	Euhalina	51.2	8.10	99.7	8.21	Alcalino			

Coordenadas UTM, ED50
 Estação 11 518617
 Fundo 0.2m 4217745
 Hora: 11:45

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(m)	
0.0	19.3	31.0	Euhalina	41.3	14.00	181.0	8.50	Alcalino	205		

Coordenadas UTM, ED50
 Estação 16 518123
 Fundo 1.25m 4217239
 Hora: 10:30

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez (Disco Secchi)
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(m)	
0.0	15.4	32.7	Euhalina	51.1	8.03	98.0	8.19	Alcalino	203.0		
1.3	15.4	32.8	Euhalina		8.00	97.0	8.20	Alcalino			

Campanha SA-6, Data: 09/04/2009

Coordenadas UTM, ED50
 Estação B 517956
 Fundo 2.0m 4218233
 Hora:

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)	
0.0	18.3	32.1	Euhalina	49.9	8.00	103.0	8.42	Alcalino		1.1	
1.0	17.2										
1.5	16.0										
2.0	15.7	32.5	Euhalina	50.8	7.60	92.0	8.46	Alcalino		1.8	

Estação 2
 Fundo 1.25m
 Hora: 15:00

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)	
0.0	17.4	32.3	Euhalina	50.3	8.10	102.0	8.55	Alcalino	180	1.4	
1.0	15.8	32.5	Euhalina	50.6	7.50	93.0	8.60	Alcalino		1.6	
1.3	15.5	32.5	Euhalina	50.8	7.50	92.0	8.57	Alcalino		1.7	

Estação 3
 Fundo 0.75m
 Hora: 9:15

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)	
0.0	14.1	31.8	Euhalina	49.9	5.80	68.0	8.29	Alcalino	178	1.2	
0.8	13.3	31.9	Euhalina	50.1	4.90	57.0	8.17	Alcalino		1.3	
										Turbidez (Disco Secchi)	
										0.75	

Estação 5
 Fundo 0.2m
 Hora: 9:50

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)	
0.0	13.9	32.1	Euhalina	50.4	4.10	49.0	8.54	Alcalino	199	2.5	

Estação 7
Fundo 0.5m
Hora: 10:30

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)	
0.0	15.6	29.5	Polihalina	46.8	4.40	53.0	8.35	Alcalino	202	5.1	
0.5	16.7	31.5	Euhalina	49.2	5.70	71.0	8.56	Alcalino		19.0	

Estação 8
Fundo 0.6m
Hora: 10:10

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)	
0.0	14.8	31.4	Euhalina	49.3	6.10	73.0	8.57	Alcalino	207	2.6	
0.5	15.1	32.5	Euhalina	50.8	6.30	76.0	8.57	Alcalino		0.8	
0.6	15.2	32.6	Euhalina	50.9	6.00	72.0	8.57	Alcalino		0.8	

Estação 9
Fundo 1m
Hora: 13:20

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)	
0.0	18.2	14.3	Mesohalina	23.9	7.30	84.0	8.35	Alcalino	201	1.3	
0.5	17.9	14.5	Mesohalina	24.1	6.50	74.0	8.31	Alcalino		1.3	
0.8	19.5	18.0	Polihalina	28.5	12.20	150.0	8.49	Alcalino		2.6	
1.0	24.0	23.3	Polihalina	37.2	15.30	210.0	7.70	Fracamente alcalino	187	10.0	
										Turbidez (Disco Secchi)	1.0

Coordenadas UTM, ED50
Estação 9A 517510
Fundo 1m 4217185
Hora: 14:40

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)	
0.0	20.5	19.9	Polihalina	29.3	7.00	88.0	8.30	Alcalino		2.0	
0.5	21.5	29.8	Polihalina	46.5	9.60	129.0	8.53	Alcalino		2.2	
1.0	21.5	29.9	Polihalina	46.6	10.20	138.0	8.54	Alcalino		1.7	

Coordenadas UTM, ED50
Estação 10 517970
Fundo 0.2 4216860
Hora: 11:50

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)	
0.0	17.0	24.2	Polihalina	39.5	6.10	74.0	8.08	Alcalino	243	4.2	

Coordenadas UTM, ED50
Estação 10A 518189
Fundo 0.95m 4216903
Hora: 12:05

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)	
0.0	17.0	21.6	Polihalina	36.3	7.50	89.0	8.02	Alcalino		1.9	
0.3	15.7	29.4	Polihalina	45.9	4.60	56.0	8.27	Alcalino		1.7	
0.5	14.7	30.0	Euhalina	47.8	3.70	44.0	8.28	Alcalino		1.6	
0.9	14.9	30.9	Euhalina	48.5	3.40	41.0	8.35	Alcalino		1.4	

Estação 11
Fundo 0.5m
Hora: 9:40

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)	
0.0	14.2	32.5	Euhalina	50.9	5.90	71.0	8.55	Alcalino	196	1.2	
0.5	14.7	32.6	Euhalina	51.0	5.20	62.0	8.54	Alcalino		1.2	
										Turbidez (Disco Secchi)	0.5

Estação 13
Fundo 2.00m
Hora: 11:15

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)		(NTU)
0.0	18.3	22.8	Polihalina	36.7	8.10	99.0	8.23	Alcalino	202		4.2
1.0	18.7	23.1	Polihalina	37.8	8.00	99.0	8.25	Alcalino			5.4
1.5	19.7	25.8	Polihalina	39.8	5.30	6.5	7.97	Fracamente alcalino			5.6
1.8	21.0	27.5	Polihalina	43.3	1.10	15.0	7.58	Fracamente alcalino			11.0
2.0	20.5	27.3	Polihalina	43.5	0.04	0.5	6.88	Neutro		205	11.0
											Turbidez (Disco Secchi)
											0.9

Coordenadas UTM, ED50
Estação 13A 517928
Fundo 0.8m 4216683
Hora: 11:40

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)		(NTU)
0.0	17.9	23.5	Polihalina	37.7	6.40	77.0	8.05	Alcalino			3.1
0.8	15.9	27.9	Polihalina	44.2	3.50	42.0	8.06	Alcalino			2.2

Estação 14
Fundo 0.75m
Hora: 13:00

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)		(NTU)
0.0	17.4	31.4	Euhalina	49.3	8.30	104.0	8.64	Alcalino	190		1.8
0.5	16.7	31.9	Euhalina	49.9	8.00	100.0	8.61	Alcalino			1.6
0.8	16.7	32.0	Euhalina	49.9	7.60	94.0	8.61	Alcalino			1.5

Estação 16
Fundo 1.85m
Hora: 12:30

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)		(NTU)
0.0	16.8	31.6	Euhalina	49.4	7.10	88.0	8.55	Alcalino	181		1.8
0.5	16.5	31.8	Euhalina	49.6	7.10	88.0	8.59	Alcalino			2.0
1.0	16.6	32.4	Euhalina	50.6	7.30	90.0	8.56	Alcalino			2.4
1.5	16.6	32.4	Euhalina	50.6	7.10	88.0	8.57	Alcalino			2.2
1.9	16.7	32.4	Euhalina	50.6	7.20	90.0	8.57	Alcalino			3.0

Campanha SA-7, Data: 10/07/2009

Estação B
Fundo 1.0m
Hora: 15:00

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)		(NTU)
0.0	24.5	31.5	Euhalina	48.5	9.40	113.0	8.80	Alcalino	149		3.0
1.0	24.7	31.6	Euhalina	48.5	8.90	108.0	8.82	Alcalino			2.7
											Turbidez (Disco Secchi)
											1.0

Estação 2
Fundo 1.40m
Hora: 14:40

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)		(NTU)
0.0	25.3	31.7	Euhalina	48.6	8.01	97.0	8.83	Alcalino	152		4.7
1.4	25.3	31.7	Euhalina	48.6	6.30	76.0	8.80	Alcalino			3.8
											Turbidez (Disco Secchi)
											1.4

Estação 3
Fundo 0.90m
Hora: 15:15

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
		m	°C			‰	classificação	mS/cm	mg/L		
0.0	25.6	31.5	Euhalina	48.3	12.30	150.0	8.94	Alcalino	154		3.2
0.9	25.6	31.5	Euhalina	48.3	10.70	130.0	8.94	Alcalino			7.2
											Turbidez (Disco Secchi)
											0.9

Estação 4
Fundo 0.6m
Hora: 9:50

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
		m	°C			‰	classificação	mS/cm	mg/L		
0.0	23.8	30.0	Euhalina	46.6	4.50	63.0	8.59	Alcalino	160		3.2
0.6	23.9	30.6	Euhalina	47.3	4.40	62.0					3.5
											Turbidez (Disco Secchi)
											0.6

Estação 4A
Fundo 0.75m
Hora: 10:00

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
		m	°C			‰	classificação	mS/cm	mg/L		
0.0	23.8	31.1	Euhalina	48.1	7.70	108.0	9.02	Fortemente alcalino	166		1.5
0.5	23.9	31.1	Euhalina	48.1	7.40	105.0					1.7
0.8	23.9	31.1	Euhalina	48.1	6.70	93.0	9.03	Fortemente alcalino			3.0
											Turbidez (Disco Secchi)
											0.75

Estação 5
Fundo 0.35m
Hora: 10:20

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
		m	°C			‰	classificação	mS/cm	mg/L		
0.0	22.1	31.0	Euhalina	48.0	6.30	87.0	8.84	Alcalino	171		3.1
0.4	22.9	31.1	Euhalina	48.2	6.20	86.0					3.1
											Turbidez (Disco Secchi)
											0.35

Estação 7
Fundo 0.7m
Hora: 11:05

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
		m	°C			‰	classificação	mS/cm	mg/L		
0.0	24.7	31.4	Euhalina	48.3	7.00	100.0	8.60	Alcalino	175		5.2
0.7	24.8	31.4	Euhalina	48.3	5.90	84.0	8.61	Alcalino			5.2
											Turbidez (Disco Secchi)
											0.7

Estação 8
Fundo 0.8m
Hora: 10:45

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
		m	°C			‰	classificação	mS/cm	mg/L		
0.0	24.5	31.3	Euhalina	48.1	7.70	110.0	8.90	Alcalino	161		3.6
0.8	24.6	31.3	Euhalina	48.1	6.90	99.0	8.90	Alcalino			3.6
											Turbidez (Disco Secchi)
											0.8

Estação 9
Fundo 1.10m
Hora: 13:50

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
		m	°C			‰	classificação	mS/cm	mg/L		
0.0	26.0	23.5	Polihalina	37.4	7.80	97.0	8.46	Alcalino	175		4.0
1.0	25.8	23.5	Polihalina	37.4	7.60	92.0	8.49	Alcalino	173		5.0
											Turbidez (Disco Secchi)
											1.1

Estação 9A
Fundo 1.25m
Hora: 14:15

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH	Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)
0.0	28.2	28.0	Polihalina	43.4	10.40	134.0	8.82	Alcalino	157	4.3
1.2	26.6	29.5	Polihalina	45.5	11.10	136.0	8.91	Alcalino		19.0
										Turbidez (Disco Secchi)
										1.25

Estação 10
Fundo 0.4m
Hora: 12:25

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH	Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)
0.0	25.8	26.6	Polihalina	41.7	10.10	123.0	9.17	Fortemente alcalino	202	7.1
										Turbidez (Disco Secchi)
										0.4

Estação 11
Fundo 0.8m
Hora: 10:30

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH	Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)
0.0	24.5	31.3	Euhalina	48.2	6.40	92.0	8.80	Alcalino		2.2
0.8	24.6	31.4	Euhalina	48.3	5.50	79.0	8.77	Alcalino		3.2
										Turbidez (Disco Secchi)
										0.8

Estação 13
Fundo 2.1m
Hora: 12:00

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH	Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)
0.0	26.1	20.9	Polihalina	33.7	6.20	86.0	8.07	Alcalino	222	6.8
1.0	26.0	21.0	Polihalina	33.8	6.50	90.0	8.00	Alcalino		6.4
2.0	25.5	21.2	Polihalina	34.1	4.00	55.0	7.91	Fracamente alcalino		11.0
										Turbidez (Disco Secchi)
										0.5

Estação 13A
Fundo 1.25m
Hora:

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH	Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)
0.0	27.0	22.9	Polihalina	26.6	5.70	82.0	8.09	Alcalino	193	6.8
0.5	26.5	23.9	Polihalina	38.1	6.30	78.0				6.2
1.0	25.6	25.2	Polihalina	39.8	3.30	40.0	8.15	Alcalino	204	10.0
										Turbidez (Disco Secchi)
										0.7

Estação 14
Fundo 0.3m
Hora: 14:25

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH	Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)
0.0	27.5	31.6	Euhalina	48.3	14.00	176.0	8.93	Alcalino	147	6.2
										Turbidez (Disco Secchi)
										0.3

Estação 16
Fundo 0.6m
Hora: 13:50

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH	Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)
0.0	25.6	31.6	Euhalina	48.4	12.00	146.0	8.91	Alcalino	157	7.7
0.6	25.6	31.6	Euhalina	48.4	10.00	122.0	8.95	Alcalino		2.5
										Turbidez (Disco Secchi)
										0.6

Campanha SA-8, Data: 09/11/2009

Estação B
Fundo 1.05m
Hora: 14:10

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH	Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)
0.0	17.3	30.6	Euhalina	48.0	10.10	105.0	8.66	Alcalino	202	6.5
1.1	17.1	30.6	Euhalina	48.0	9.90	101.0	8.61	Alcalino	220	7.2
										Turbidez (Disco Secchi)
										1.05

Estação 2
Fundo 1.90m
Hora: 14:20

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH	Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)
0.0	17.3	30.6	Euhalina	47.9	10.70	110.0	8.65	Alcalino	220	6.3
1.9	17.2	30.6	Euhalina	47.9	10.50	109.0	8.58	Alcalino	227	5.6
										Turbidez (Disco Secchi)
										1.3

Estação 3
Fundo 1.3m
Hora: 13:50

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH	Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)
0.0	17.8	30.2	Euhalina	47.4	11.20	117.0	8.60	Alcalino	160	7.5
1.3	17.8	30.4	Euhalina	47.6	10.60	110.0	8.53	Alcalino	206	6.7
										Turbidez (Disco Secchi)
										1.3

Estação 4
Fundo 0.9m
Hora: 17:00

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH	Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)
0.0	18.1	30.5	Euhalina	47.7	12.60	133.0	8.81	Alcalino		7.4
0.9	18.1	30.5	Euhalina	47.7	12.20	128.0				7.6
										Turbidez (Disco Secchi)
										0.9

Estação 5
Fundo 0.3m
Hora: 16:50

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH	Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)
0.0	18.2	30.4	Euhalina	47.6	13.00	137.0	8.74	Alcalino		7.7
0.3	18.2	30.4	Euhalina	47.6	12.50	131.0				7.5
										Turbidez (Disco Secchi)
										0.3

Estação 7
Fundo 0.7m
Hora: 16:25

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH	Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)
0.0	18.2	30.0	Euhalina	47.0	13.20	139.0	8.65	Alcalino		5.7
0.4	18.2	30.0	Euhalina	47.0	12.80	135.0				6.3
										Turbidez (Disco Secchi)
										0.7

Estação 8
Fundo 1.1m
Hora: 16:40

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH	Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)
0.0	17.6	30.2	Euhalina	47.3	12.70	132.0	8.66	Alcalino		7.4
1.1	17.6	30.2	Euhalina	47.3	12.60	131.0				7.4
										Turbidez (Disco Secchi)
										1.1

Estação 9
Fundo 1.3m
Hora: 14:45

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)	
0.0	18.0	24.0	Polihalina	38.5	9.20	96.0	8.15	Alcalino	220	8.2	
0.5	17.8	24.3	Polihalina	38.9	8.60	87.0				8.1	
1.0	17.4	24.9	Polihalina	39.7	6.80	70.0				6.4	
1.3	17.9	27.5	Polihalina	43.5	0.60	5.0	7.90	Fracamente alcalino	85	9.9	
										Turbidez (Disco Secchi)	
										0.9	

Estação 9A
Fundo 0.7m
Hora:

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)	
0.0	18.5	27.0	Polihalina	42.5	11.30	122.0	7.91	Fracamente alcalino	190	6.0	
0.7	18.5	30.0	Euhalina	47.1	13.20	140.0	8.66	Alcalino	170	8.5	
										Turbidez (Disco Secchi)	
										0.70	

Estação 10
Fundo 0.5m
Hora: 15:40

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)	
0.0	18.4	29.3	Polihalina	46.1	14.00	149.0	8.70	Alcalino	220	14.1	
0.5	18.4	29.3	Polihalina	46.1	13.00	138.0				25.0	
										Turbidez (Disco Secchi)	
										0.5	

Estação 13
Fundo 2.1m
Hora: 15:50

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)	
0.0	18.0	27.3	Polihalina	43.3	16.50	173.0	8.65	Alcalino	230	16.5	
1.0	17.9	27.3	Polihalina	43.3	14.20	150.0				11.5	
1.5	17.7	27.4	Polihalina	43.4	11.70	122.0				9.5	
2.0	17.6	27.4	Polihalina	43.4	11.00	115.0	8.46	Alcalino	230	13.3	
										Turbidez (Disco Secchi)	
										0.5	

Estação 15
Fundo 0.4m
Hora: 10:30

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)	
0.0	16.0	21.9	Polihalina	35.5	8.60	87.5	8.43	Alcalino	152	1.2	
										Turbidez (Disco Secchi)	
										0.4	

Estação 16
Fundo 1.2m
Hora: 15:20

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)	
0.0	17.5	30.7	Euhalina	48.1	11.40	118.0	8.73	Alcalino	180	5.8	
1.2	17.4	30.7	Euhalina	48.1	11.20	116.0	8.74	Alcalino	207	5.9	
										Turbidez (Disco Secchi)	
										1.2	

Estação 17
Fundo 0.9m
Hora: 11:20

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)	
0.0	16.5	12.1	Mesohalina	20.4	8.76	89.3	8.41	Alcalino	147	1.5	
0.9	16.6	12.1	Mesohalina	20.4	8.64	87.3	8.39	Alcalino		3.7	
										Turbidez (Disco Secchi)	
										0.9	

Estação 19
Fundo 0.45m
Hora: 11:00

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade		O. D.		Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
		m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		%	classificação		
0.0	16.7	12.1	Mesohalina	20.4	9.30	95.0	8.35			Alcalino	107	1.5	
0.5	16.7	12.1	Mesohalina	20.4	8.90	90.0	8.32			Alcalino	146	2.1	
												Turbidez (Disco Secchi)	
												0.45	

Campanha SA-9, Data: 23/03/2010

Estação B
Fundo 5.2m
Hora: 10:00

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade		O. D.		Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
		m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		%	classificação		
0.0	17.0	2.5	Oligohalina	4.5	9.38	97.4	8.23			Alcalino	231	1.7	
1.0	16.9	2.5	Oligohalina	4.5	9.30	96.0						1.6	
2.0	16.7	2.5	Oligohalina	4.5	8.90	91.6						1.6	
3.0	16.7	2.5	Oligohalina	4.5	8.90	92.2						1.5	
4.0	16.5	2.5	Oligohalina	4.5	8.30	85.6						1.8	
5.0	16.5	2.5	Oligohalina	4.5	8.20	84.0	8.12			Alcalino	241	2.0	

Estação 2
Fundo 5.4m
Hora: 10:30

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade		O. D.		Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
		m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		%	classificação		
0.0	17.5	2.5	Oligohalina	4.5	9.70	101.0	8.28			Alcalino	252	1.7	
1.0	17.1	2.5	Oligohalina	4.5	9.60	101.0						1.6	
2.0	17.0	2.5	Oligohalina	4.5	9.10	94.0						1.5	
3.0	16.9	2.5	Oligohalina	4.5	8.80	91.0						1.5	
4.0	16.7	2.5	Oligohalina	4.5	7.90	81.4						1.7	
5.0	16.5	2.5	Oligohalina	4.5	7.50	77.0	8.01			Alcalino	251	1.7	
												Turbidez (Disco Secchi)	
												1.6	

Estação 4
Fundo 2.60m
Hora: 16:45

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade		O. D.		Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
		m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		%	classificação		
0.0	18.5	2.5	Oligohalina	4.5	10.20	109.0	8.41			Alcalino		2.1	
2.0	17.4	2.5	Oligohalina	4.5	8.80	92.0						1.8	
2.6	17.4	2.5	Oligohalina	4.5	8.10	85.0	8.12			Alcalino		3.2	

Estação 7
Fundo 4.1m
Hora: 15:45

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade		O. D.		Saturação OD		pH		Eh	Turbidez
		m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		%	classificação		
0.0	18.7	2.5	Oligohalina	4.5	10.00	108.0	8.40			Alcalino		2.1	
2.0	18.2	2.5	Oligohalina	4.5	9.90	106.0						2.1	
3.0	17.6	2.5	Oligohalina	4.5	8.60	90.1						1.7	
3.5	17.2	2.5	Oligohalina	4.5	6.30	66.0						1.7	
4.0	17.0	2.6	Oligohalina	4.5	2.50	26.0	8.01			Alcalino		2.0	
4.1	16.7	2.6	Oligohalina	4.5	3.20	33.0						2.3	
												Turbidez (Disco Secchi)	
												0.9	

Estação 8
Fundo 4.2m
Hora: 16:15

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH	Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)
0.0	18.6	2.5	Oligohalina	4.5	10.10	109.0	8.40	Alcalino		2.0
0.5	18.6	2.5	Oligohalina	4.5	10.10	109.0				2.0
1.0	18.6	2.5	Oligohalina	4.5	10.10	109.0				2.0
1.5	18.6	2.5	Oligohalina	4.5	10.10	109.0				2.0
2.0	18.2	2.5	Oligohalina	4.5	9.30	99.0				2.0
3.0	17.9	2.5	Oligohalina	4.5	9.50	101.0				2.0
3.5	17.5	2.5	Oligohalina	4.5	9.20	97.0				1.8
4.0	17.1	2.6	Oligohalina	4.6	5.60	58.0	7.85	Fracamente alcalino		1.7
4.2	16.9	3.2	Oligohalina	5.3	4.10	42.0				10.1
										Turbidez (Disco Secchi)
										0.9

Estação 9
Fundo 4m
Hora: 14:15

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH	Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)
0.0	19.1	2.6	Oligohalina	4.5	9.10	98.0	8.31	Alcalino		1.8
1.0	18.0	2.6	Oligohalina	4.5	8.70	92.0				1.7
2.0	17.6	2.6	Oligohalina	4.5	7.50	78.0				1.7
3.0	17.8	3.1	Oligohalina	5.5	4.60	49.0				1.1
3.5	17.2	3.4	Oligohalina	6.2	2.70	28.0	7.53	Fracamente alcalino		1.2
4.0	16.4	5.3	Mesohalina	9.1	0.33	3.3				70.0
										Turbidez (Disco Secchi)
										0.9

Estação 10
Fundo 3.8m
Hora: 15:30

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH	Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)
0.0	19.0	2.5	Oligohalina	4.5	9.40	101.0	8.47	Alcalino		2.0
1.0	18.3	2.5	Oligohalina	4.5	9.80	104.0				2.0
2.0	17.7	2.5	Oligohalina	4.5	9.10	96.0				1.9
3.0	17.2	2.6	Oligohalina	4.5	7.80	82.0				1.7
3.5	16.1	2.8	Oligohalina	4.9	3.10	31.0				2.4
3.8	15.8	2.9	Oligohalina	5.1	2.40	24.0	7.76	Fracamente alcalino		3.0
										Turbidez (Disco Secchi)
										0.9

Estação 13
Fundo 5.5m
Hora: 15:00

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD		pH	Eh	Turbidez
m	°C	‰	classificação	mS/cm	mg/L	%		classificação	(mV)	(NTU)
0.0	19.5	2.5	Oligohalina	4.5	10.20	112.0	8.48	Alcalino		2.0
1.0	19.3	2.5	Oligohalina	4.5	10.20	112.0	8.41	Alcalino		2.0
1.5	18.8	2.5	Oligohalina	4.5	9.90	107.0				2.0
2.0	18.0	2.6	Oligohalina	4.5	7.30	77.0	8.20	Alcalino		2.0
3.0	16.8	2.7	Oligohalina	4.7	5.70	59.0	7.76	Fracamente alcalino		3.2
3.5	15.7	2.7	Oligohalina	4.7	4.30	43.0				2.2
4.0	14.8	5.0	Mesohalina	9.0	0.12	1.2	7.49	Fracamente alcalino		2.7
4.5	14.8	17.6	Mesohalina	29.4	0.09	0.8				13.0
5.0	15.3	24.0	Polihalina	38.7	0.03	0.3	7.40	Fracamente alcalino		4.0
5.5	15.7	25.6	Polihalina	41.1	0.03	0.3				4.0
										Turbidez (Disco Secchi)
										0.8

Estação 15
Fundo 2.8m
Hora: 12:30

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD	pH		Eh	Turbidez
		m	°C				%	classificação		
0.0	19.0	3.3	Oligohalina	5.8	7.90	86.0	7.98	Fracamente alcalino		1.6
1.0	19.0	3.4	Oligohalina	5.9	7.80	85.0				1.3
2.0	18.6	3.5	Oligohalina	6.2	5.30	57.0				1.6
2.5	17.0	6.2	Mesohalina	10.7	0.42	4.3	7.37	Fracamente alcalino		22.0
2.8	16.2	6.6	Mesohalina	11.5	0.12	1.2	7.55	Fracamente alcalino		15.0
										Turbidez (Disco Secchi)
										2.0

Estação 17
Fundo 5.0m
Hora: 13:00

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD	pH		Eh	Turbidez
		m	°C				%	classificação		
0.0	18.5	2.9	Oligohalina	5.2	8.50	91.0	8.08	Alcalino		1.3
1.0	18.2	3.1	Oligohalina	5.3	8.20	87.0	8.03	Alcalino		1.2
1.5	18.0	3.2	Oligohalina	5.5	7.20	71.0				1.1
2.0	18.1	3.3	Oligohalina	5.7	6.10	65.0	7.73	Fracamente alcalino		1.1
2.5	17.5	3.7	Oligohalina	6.8	4.20	45.0	7.42	Fracamente alcalino		1.5
3.0	16.1	5.9	Mesohalina	10.2	0.08	1.0	7.43	Fracamente alcalino		13.3
3.5	15.8	6.1	Mesohalina	10.6	0.09	0.9				28.0
4.0	15.6	6.2	Mesohalina	10.8	0.05	0.5				22.0
4.5	15.6	6.5	Mesohalina	11.2	0.02	0.2	7.18	Neutro		17.0
5.0	15.6	10.3	Mesohalina	17.6	0.02	0.2				0.5
										Turbidez (Disco Secchi)
										1.8

Estação 22
Fundo 1.0m
Hora: 11:50

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD	pH		Eh	Turbidez
		m	°C				%	classificação		
0.0	19.8	3.6	Oligohalina	6.3	5.60	62.0	7.69	Fracamente alcalino	268	1.5
0.5	19.6	3.6	Oligohalina	6.3	4.97	54.5				1.8
1.0	18.2	4.5	Oligohalina	7.8	0.53	4.7	6.88	Neutro	-349	15.0
										Turbidez (Disco Secchi)
										1.0

Estação 23
Fundo 2.0m
Hora: 12:00

Profundidade	Temp.	Salinidade		Condutividade	O. D.	Saturação OD	pH		Eh	Turbidez
		m	°C				%	classificação		
0.0	19.5	3.5	Oligohalina	6.2	7.80	85.0	7.99	Fracamente alcalino		2.7
0.5	19.5	3.5	Oligohalina	6.2	7.80	85.0				2.5
1.0	19.4	3.5	Oligohalina	6.2	7.50	81.0				5.2
1.5	19.0	3.6	Oligohalina	6.4	4.00	43.0				20.0
2.0	17.0	6.2	Mesohalina	10.5	0.39	4.0	7.29	Fracamente alcalino		23.0
										Turbidez (Disco Secchi)
										1.8

Anexo IV

Cota do plano de água lagunar

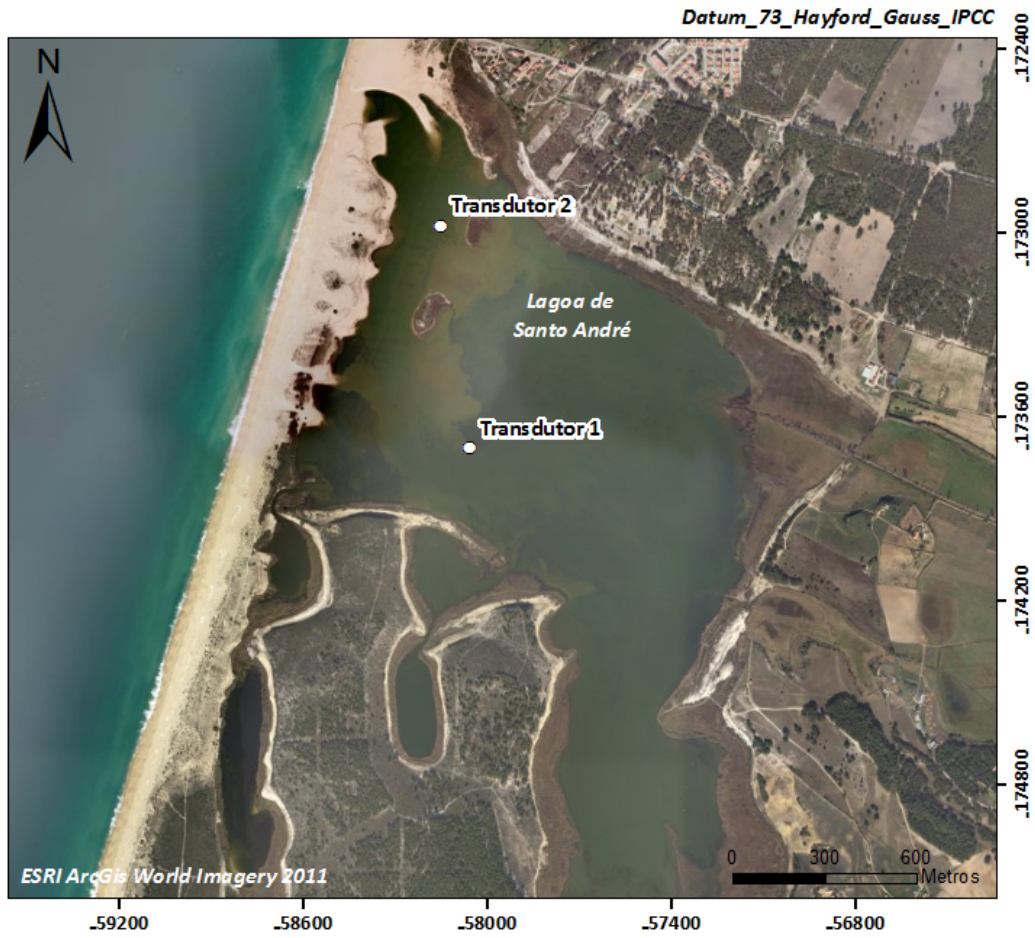


Figura 1: Representação em planta da localização dos transdutores de pressão colocados na Lagoa de Santo André entre 10 de Março e 9 de Abril de 2009.

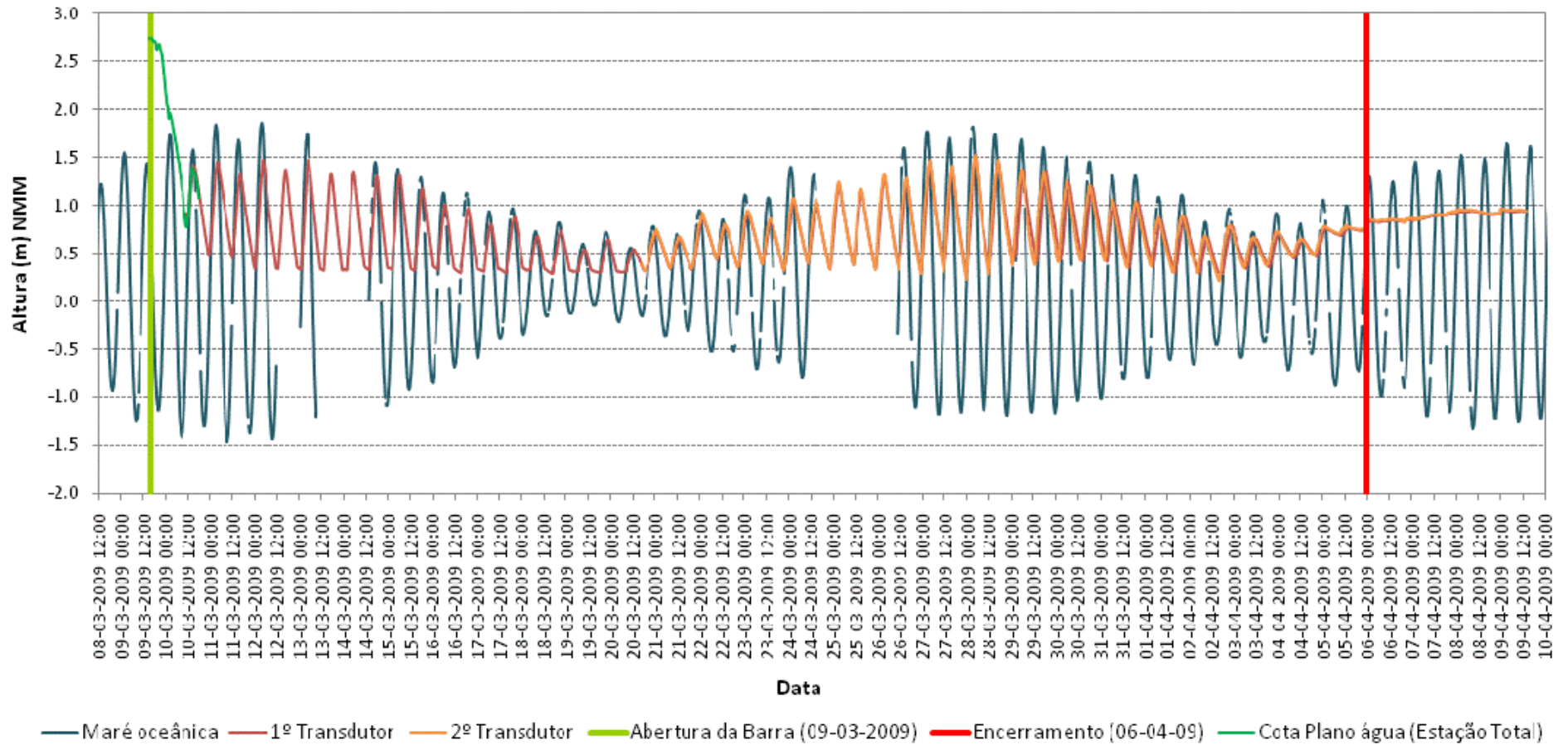


Figura 2: Variação da cota do plano de água lagunar medido com a estação total e com os dois transdutores de pressão e da maré oceânica registada pela bóia ondógrafo de Sines, de 8 de Março de 2009 a 10 de Abril de 2009 na Lagoa de Santo André.

Tabela 1a: Registro dos picos, amplitudes e defasamentos entre a maré oceânica e os dois transdutores de pressão, durante os dias 10 de Março e 6 de Abril de 2009 na Lagoa de Santo André.

Maré Oceânica			Desfasamento maré oceânica e transdutor 1	Maré lagunar - Transdutor 1			Desfasamento de marés entre transdutores	Maré lagunar - Transdutor 2			Desfasamento maré oceânica e transdutor 2	
Data / Hora	Pico (m)			Amplitude (m)	Data / Hora	Pico (m)		Amplitude (m)	Data / Hora	Pico (m)		Amplitude (m)
10-03-2009 08:00	-1.41	Baixa-mar		3:40	10-03-2009 11:40	0.86	Vazante					
10-03-2009 14:18	1.58	Preia-mar	2.99	1:02	10-03-2009 15:20	1.41	Enchente	0.54				
10-03-2009 20:00	-1.3	Baixa-mar	2.88	3:20	10-03-2009 23:20	0.47	Vazante	0.93				
11-03-2009 02:18	1.84	Preia-mar	3.14	1:42	11-03-2009 04:00	1.45	Enchente	0.98				
11-03-2009 08:42	-1.46	Baixa-mar	3.3	3:18	11-03-2009 12:00	0.45	Vazante	1.00				
11-03-2009 14:48	1.68	Preia-mar	3.14	1:22	11-03-2009 16:10	1.33	Enchente	0.88				
11-03-2009 20:48	-1.37	Baixa-mar	3.05	3:12	12-03-2009 00:00	0.34	Vazante	0.99				
12-03-2009 03:06	1.86	Preia-mar	3.23	1:24	12-03-2009 04:30	1.47	Enchente	1.13				
12-03-2009 09:06	-1.43	Baixa-mar	3.29	2:54	12-03-2009 12:00	0.34	Vazante	1.12				
13-03-2009 03:42	1.75	Preia-mar	-	1:08	13-03-2009 04:50	1.47	Enchente	-				
14-03-2009 16:30	1.45	Preia-mar	-	1:20	14-03-2009 17:50	1.31	Enchente	-				
14-03-2009 22:24	-1.08	Baixa-mar	2.53	3:26	15-03-2009 01:50	0.33	Vazante	0.98				
15-03-2009 04:54	1.38	Preia-mar	2.46	1:16	15-03-2009 06:10	1.32	Enchente	0.99				
15-03-2009 10:54	-0.92	Baixa-mar	2.3	3:06	15-03-2009 14:00	0.32	Vazante	1.00				
15-03-2009 17:18	1.29	Preia-mar	2.21	1:12	15-03-2009 18:30	1.17	Enchente	0.85				
15-03-2009 23:18	-0.85	Baixa-mar	2.14	3:22	16-03-2009 02:40	0.33	Vazante	0.83				
16-03-2009 05:30	1.13	Preia-mar	1.98	1:20	16-03-2009 06:50	1.01	Enchente	0.67				
16-03-2009 11:24	-0.68	Baixa-mar	1.81	3:46	16-03-2009 15:10	0.30	Vazante	0.70				
16-03-2009 17:54	1.13	Preia-mar	1.81	1:16	16-03-2009 19:10	0.97	Enchente	0.66				
16-03-2009 23:42	-0.59	Baixa-mar	1.72	4:08	17-03-2009 03:50	0.31	Vazante	0.65				
17-03-2009 06:06	0.94	Preia-mar	1.53	1:24	17-03-2009 07:30	0.80	Enchente	0.49				
17-03-2009 11:54	-0.39	Baixa-mar	1.33	3:46	17-03-2009 15:40	0.30	Vazante	0.50				
17-03-2009 18:30	0.97	Preia-mar	1.36	1:40	17-03-2009 20:10	0.87	Enchente	0.56				
18-03-2009 00:42	-0.34	Baixa-mar	1.31	2:08	18-03-2009 02:50	0.32	Vazante	0.55				
18-03-2009 07:18	0.73	Preia-mar	1.07	1:12	18-03-2009 08:30	0.68	Enchente	0.35				
18-03-2009 13:00	-0.15	Baixa-mar	0.88	3:40	18-03-2009 16:40	0.29	Vazante	0.38				
18-03-2009 19:24	0.82	Preia-mar	0.97	1:46	18-03-2009 21:10	0.74	Enchente	0.44				
19-03-2009 01:42	-0.12	Baixa-mar	0.94	2:38	19-03-2009 04:20	0.31	Vazante	0.42				
19-03-2009 08:36	0.6	Preia-mar	0.72	1:04	19-03-2009 09:40	0.54	Enchente	0.23				
19-03-2009 14:18	-0.04	Baixa-mar	0.64	3:32	19-03-2009 17:50	0.30	Vazante	0.24				
19-03-2009 20:48	0.72	Preia-mar	0.76	2:02	19-03-2009 22:50	0.65	Enchente	0.34				
20-03-2009 04:18	-0.21	Baixa-mar	0.93	1:22	20-03-2009 05:40	0.30	Vazante	0.34				
20-03-2009 10:12	0.56	Preia-mar	0.77	2:08	20-03-2009 12:20	0.54	Enchente	0.24				

Tabela 1b: Continuação - Registo dos picos, amplitudes e defasamentos entre a maré oceânica e os dois transdutores de pressão, durante os dias 10 de Março e 6 de Abril de 2009 na Lagoa de Santo André.

Maré Oceânica				Desfasamento maré oceânica e transdutor 1	Maré lagunar - Transdutor 1			Desfasamento de marés entre transdutores	Maré lagunar - Transdutor 2			Desfasamento maré oceânica e transdutor 2		
Data / Hora	Pico (m)		Amplitude (m)		Data / Hora	Pico (m)			Amplitude (m)	Data / Hora	Pico (m)		Amplitude (m)	
20-03-2009 16:36	-0.15	Baixa-mar	0.71	2:34	20-03-2009 19:10	0.32	Vazante	0.22	0:20	20-03-2009 18:50	0.31	Vazante	2:14	
20-03-2009 22:30	0.78	Preia-mar	0.93	2:10	21-03-2009 00:40	0.71	Enchente	0.38	0:10	21-03-2009 00:30	0.75	Enchente	0.44	2:00
21-03-2009 04:54	-0.35	Baixa-mar	1.13	3:16	21-03-2009 08:10	0.34	Vazante	0.37	0:10	21-03-2009 08:00	0.34	Vazante	0.41	3:06
21-03-2009 11:24	0.7	Preia-mar	1.05	1:46	21-03-2009 13:10	0.66	Enchente	0.31	0:40	21-03-2009 12:30	0.68	Enchente	0.33	1:06
21-03-2009 17:18	-0.3	Baixa-mar	1	2:32	21-03-2009 19:50	0.33	Vazante	0.32	0:10	21-03-2009 19:40	0.34	Vazante	0.34	2:22
21-03-2009 23:36	0.95	Preia-mar	1.25	2:14	22-03-2009 01:50	0.87	Enchente	0.54	0:30	22-03-2009 01:20	0.93	Enchente	0.59	1:44
22-03-2009 05:48	-0.52	Baixa-mar	1.47	3:32	22-03-2009 09:20	0.44	Vazante	0.42	0:20	22-03-2009 09:00	0.44	Vazante	0.49	3:12
22-03-2009 12:00	0.85	Preia-mar	1.37	2:00	22-03-2009 14:00	0.78	Enchente	0.33	1:00	22-03-2009 13:00	0.81	Enchente	0.37	1:00
22-03-2009 18:24	-0.52	Baixa-mar	1.37	2:26	22-03-2009 20:50	0.35	Vazante	0.42	0:20	22-03-2009 20:30	0.36	Vazante	0.45	2:06
23-03-2009 00:18	1.11	Preia-mar	1.63	1:52	23-03-2009 02:10	0.92	Enchente	0.56	0:30	23-03-2009 01:40	0.95	Enchente	0.59	1:22
23-03-2009 06:30	-0.7	Baixa-mar	1.81	3:10	23-03-2009 09:40	0.39	Vazante	0.53	0:10	23-03-2009 09:50	0.39	Vazante	0.56	3:20
23-03-2009 12:42	1.08	Preia-mar	1.78	1:48	23-03-2009 14:30	0.84	Enchente	0.45	0:10	23-03-2009 14:40	0.86	Enchente	0.47	1:58
23-03-2009 18:42	-0.63	Baixa-mar	1.71	2:58	23-03-2009 21:40	0.32	Vazante	0.51	0:10	23-03-2009 21:30	0.32	Vazante	0.54	2:48
24-03-2009 00:54	1.4	Preia-mar	2.03	1:46	24-03-2009 02:40	1.06	Enchente	0.73	0:30	24-03-2009 02:10	1.08	Enchente	0.75	1:16
24-03-2009 07:00	-0.79	Baixa-mar	2.19	3:30	24-03-2009 10:30	0.39	Vazante	0.66	0:10	24-03-2009 10:20	0.40	Vazante	0.67	3:20
24-03-2009 13:18	1.33	Preia-mar	2.12	1:32	24-03-2009 14:50	1.03	Enchente	0.63	0:10	24-03-2009 14:40	1.07	Enchente	0.66	1:22
26-03-2009 14:30	1.6	Preia-mar	-	1:20	26-03-2009 15:50	1.26	Enchente	-	0:10	26-03-2009 15:40	1.29	Enchente	-	1:10
26-03-2009 20:24	-1.1	Baixa-mar	2.7	3:06	26-03-2009 23:30	0.33	Vazante	0.93	0:20	26-03-2009 23:10	0.28	Vazante	1.01	2:46
27-03-2009 02:30	1.77	Preia-mar	2.87	1:30	27-03-2009 04:00	1.45	Enchente	1.11	0:00	27-03-2009 04:00	1.47	Enchente	1.19	1:30
27-03-2009 08:30	-1.17	Baixa-mar	2.94	3:30	27-03-2009 12:00	0.34	Vazante	1.10	0:20	27-03-2009 11:40	0.31	Vazante	1.16	3:10
27-03-2009 15:00	1.7	Preia-mar	2.87	1:20	27-03-2009 16:20	1.38	Enchente	1.03	0:10	27-03-2009 16:10	1.42	Enchente	1.10	1:10
27-03-2009 21:00	-1.15	Baixa-mar	2.85	2:50	27-03-2009 23:50	0.30	Vazante	1.07	0:00	27-03-2009 23:50	0.22	Vazante	1.19	2:50
28-03-2009 03:12	1.82	Preia-mar	2.97	1:18	28-03-2009 04:30	1.50	Enchente	1.19	0:00	28-03-2009 04:30	1.52	Enchente	1.30	1:18
28-03-2009 09:12	-1.13	Baixa-mar	2.95	3:08	28-03-2009 12:20	0.36	Vazante	1.14	0:20	28-03-2009 12:00	0.28	Vazante	1.25	2:48
28-03-2009 15:30	1.74	Preia-mar	2.87	1:40	28-03-2009 17:10	1.45	Enchente	1.09	0:10	28-03-2009 17:00	1.48	Enchente	1.20	1:30
28-03-2009 21:36	-1.18	Baixa-mar	2.92	3:04	29-03-2009 00:40	0.42	Vazante	1.03	0:20	29-03-2009 00:20	0.37	Vazante	1.10	2:44

Tabela 1c: Continuação - Registo dos picos, amplitudes e desfasamentos entre a maré oceânica e os dois transdutores de pressão, durante os dias 10 de Março e 6 de Abril de 2009 na Lagoa de Santo André.

Maré Oceânica				Desfasamento maré oceânica e transdutor 1	Maré lagunar - Transdutor 1			Desfasamento de marés entre transdutores	Maré lagunar - Transdutor 2			Desfasamento maré oceânica e transdutor 2		
Data / Hora	Pico (m)		Amplitude (m)		Data / Hora	Pico (m)			Amplitude (m)	Data / Hora	Pico (m)		Amplitude (m)	
29-03-2009 04:54	1.69	Preia-mar	2.87	1:26	29-03-2009 06:20	1.36	Enchente	0.94	1:00	29-03-2009 05:20	1.38	Enchente	1.00	0:26
29-03-2009 10:48	-1.16	Baixa-mar	2.85	3:12	29-03-2009 14:00	0.41	Vazante	0.95	1:20	29-03-2009 12:40	0.38	Vazante	1.00	1:52
29-03-2009 17:06	1.61	Preia-mar	2.77	1:44	29-03-2009 18:50	1.36	Enchente	0.95	1:10	29-03-2009 17:40	1.36	Enchente	0.98	0:34
29-03-2009 23:06	-1.17	Baixa-mar	2.78	3:24	30-03-2009 02:30	0.43	Vazante	0.93	1:30	30-03-2009 01:00	0.41	Vazante	0.95	1:54
30-03-2009 05:18	1.51	Preia-mar	2.68	1:42	30-03-2009 07:00	1.23	Enchente	0.80	1:00	30-03-2009 06:00	1.26	Enchente	0.85	0:42
30-03-2009 11:30	-1.04	Baixa-mar	2.55	3:10	30-03-2009 14:40	0.42	Vazante	0.81	1:10	30-03-2009 13:30	0.42	Vazante	0.84	2:00
30-03-2009 17:48	1.46	Preia-mar	2.5	1:42	30-03-2009 19:30	1.19	Enchente	0.76	1:10	30-03-2009 18:20	1.21	Enchente	0.78	0:32
30-03-2009 23:48	-1.02	Baixa-mar	2.48	3:42	31-03-2009 03:30	0.41	Vazante	0.77	1:20	31-03-2009 02:10	0.42	Vazante	0.78	2:22
31-03-2009 06:24	1.31	Preia-mar	2.33	1:26	31-03-2009 07:50	1.02	Enchente	0.61	1:10	31-03-2009 06:40	1.06	Enchente	0.64	0:16
31-03-2009 12:06	-0.82	Baixa-mar	2.13	3:24	31-03-2009 15:30	0.35	Vazante	0.67	1:10	31-03-2009 14:20	0.35	Vazante	0.71	2:14
31-03-2009 18:30	1.32	Preia-mar	2.14	2:00	31-03-2009 20:30	1.03	Enchente	0.68	1:30	31-03-2009 19:00	1.04	Enchente	0.69	0:30
01-04-2009 00:48	-0.81	Baixa-mar	2.13	3:42	01-04-2009 04:30	0.36	Vazante	0.66	1:20	01-04-2009 03:10	0.36	Vazante	0.68	2:22
01-04-2009 07:06	1.09	Preia-mar	1.9	1:34	01-04-2009 08:40	0.85	Enchente	0.48	1:10	01-04-2009 07:30	0.87	Enchente	0.51	0:24
01-04-2009 13:06	-0.61	Baixa-mar	1.7	3:24	01-04-2009 16:30	0.30	Vazante	0.55	1:10	01-04-2009 15:20	0.30	Vazante	0.57	2:14
01-04-2009 19:18	1.11	Preia-mar	1.72	2:12	01-04-2009 21:30	0.89	Enchente	0.59	1:20	01-04-2009 20:10	0.90	Enchente	0.60	0:52
02-04-2009 01:42	-0.66	Baixa-mar	1.77	3:58	02-04-2009 05:40	0.29	Vazante	0.59	1:20	02-04-2009 04:20	0.30	Vazante	0.59	2:38
02-04-2009 08:24	0.83	Preia-mar	1.49	1:26	02-04-2009 09:50	0.66	Enchente	0.37	1:10	02-04-2009 08:40	0.68	Enchente	0.38	0:16
02-04-2009 14:06	-0.46	Baixa-mar	1.29	3:14	02-04-2009 17:20	0.30	Vazante	0.36	1:10	02-04-2009 16:10	0.21	Vazante	0.46	2:04
02-04-2009 21:06	0.97	Preia-mar	1.43	1:44	02-04-2009 22:50	0.78	Enchente	0.48	1:00	02-04-2009 21:50	0.80	Enchente	0.58	0:44
03-04-2009 03:24	-0.59	Baixa-mar	1.56	3:16	03-04-2009 06:40	0.34	Vazante	0.44	1:00	03-04-2009 05:40	0.35	Vazante	0.44	2:16
03-04-2009 09:54	0.72	Preia-mar	1.31	1:56	03-04-2009 11:50	0.65	Enchente	0.31	0:50	03-04-2009 11:00	0.67	Enchente	0.32	1:06
03-04-2009 15:42	-0.43	Baixa-mar	1.15	3:18	03-04-2009 19:00	0.36	Vazante	0.29	1:10	03-04-2009 17:50	0.37	Vazante	0.30	2:08
03-04-2009 22:18	0.92	Preia-mar	1.35	2:22	04-04-2009 00:40	0.71	Enchente	0.35	1:20	03-04-2009 23:20	0.73	Enchente	0.35	1:02
04-04-2009 05:00	-0.72	Baixa-mar	1.64	4:00	04-04-2009 09:00	0.45	Vazante	0.26	1:20	04-04-2009 07:40	0.46	Vazante	0.27	2:40
04-04-2009 11:42	0.81	Preia-mar	1.53	1:48	04-04-2009 13:30	0.64	Enchente	0.18	1:30	04-04-2009 12:00	0.65	Enchente	0.19	0:18
04-04-2009 17:30	-0.55	Baixa-mar	1.36	2:40	04-04-2009 20:10	0.47	Vazante	0.16	1:10	04-04-2009 19:00	0.48	Vazante	0.16	1:30
04-04-2009 23:54	1.06	Preia-mar	1.61	2:06	05-04-2009 02:00	0.76	Enchente	0.28	1:00	05-04-2009 01:00	0.79	Enchente	0.30	1:06
05-04-2009 06:24	-0.89	Baixa-mar	1.95	3:16	05-04-2009 09:40	0.69	Vazante	0.06	1:10	05-04-2009 08:30	0.70	Vazante	0.08	2:06
05-04-2009 12:18	1	Preia-mar	1.89	2:02	05-04-2009 14:20	0.77	Enchente	0.07	2:00	05-04-2009 12:20	0.80	Enchente	0.09	0:02
05-04-2009 18:48	-0.73	Baixa-mar	1.73	1:12	05-04-2009 20:00	0.74	Vazante	0.02	1:00	05-04-2009 19:00	0.75	Vazante	0.04	0:12
06-04-2009 00:48	1.3	Preia-mar	2.03	3:32	06-04-2009 04:20	0.84	Enchente	0.09	2:50	06-04-2009 01:30	0.85	Enchente	0.09	0:42

Tabela 2: Durações de enchentes e vazantes lagunares e respectivo D, entre os dias 10 de Março e 5 de Abril de 2009 na Lagoa de Santo André.

Data	Duração da Vazante (h)	Duração da Enchente (h)	D
10-03-2009	8:00	4:40	-26.32
11-03-2009	8:00	4:10	-31.51
12-03-2009	7:50	4:30	-27.03
15-03-2009	8:00	4:20	-29.73
15-03-2009	7:50	4:30	-27.03
16-03-2009	8:10	4:10	-32.43
16-03-2009	8:20	4:00	-35.14
17-03-2009	8:40	3:40	-40.54
17-03-2009	8:10	4:30	-28.95
18-03-2009	6:40	5:40	-8.11
18-03-2009	8:10	4:30	-28.95
19-03-2009	7:10	5:20	-14.67
19-03-2009	8:10	5:00	-24.05
20-03-2009	6:50	6:40	-1.23
20-03-2009	6:50	5:30	-10.81
21-03-2009	7:30	5:00	-20.00
21-03-2009	6:40	6:00	-5.26
22-03-2009	7:30	4:40	-23.29
22-03-2009	6:50	5:20	-12.33
23-03-2009	7:30	4:50	-21.62
23-03-2009	7:10	5:00	-17.81
24-03-2009	7:50	4:20	-28.77
26-03-2009	7:40	4:30	-26.03
27-03-2009	8:00	4:20	-29.73
27-03-2009	7:30	4:40	-23.29
28-03-2009	7:50	4:50	-23.68
29-03-2009	7:30	5:40	-13.92
29-03-2009	7:40	4:50	-22.67
30-03-2009	7:40	4:30	-26.03
30-03-2009	7:40	4:50	-22.67
31-03-2009	8:00	4:20	-29.73
31-03-2009	7:40	5:00	-21.05
01-04-2009	8:00	4:10	-31.51
01-04-2009	7:50	5:00	-22.08
02-04-2009	8:10	4:10	-32.43
02-04-2009	7:30	5:30	-15.38
03-04-2009	7:50	5:10	-20.51
03-04-2009	7:10	5:40	-11.69
04-04-2009	8:20	4:30	-29.87
04-04-2009	6:40	5:50	-6.67
05-04-2009	7:40	4:40	-24.32

Anexo V

Levantamentos topo-hidrográficos

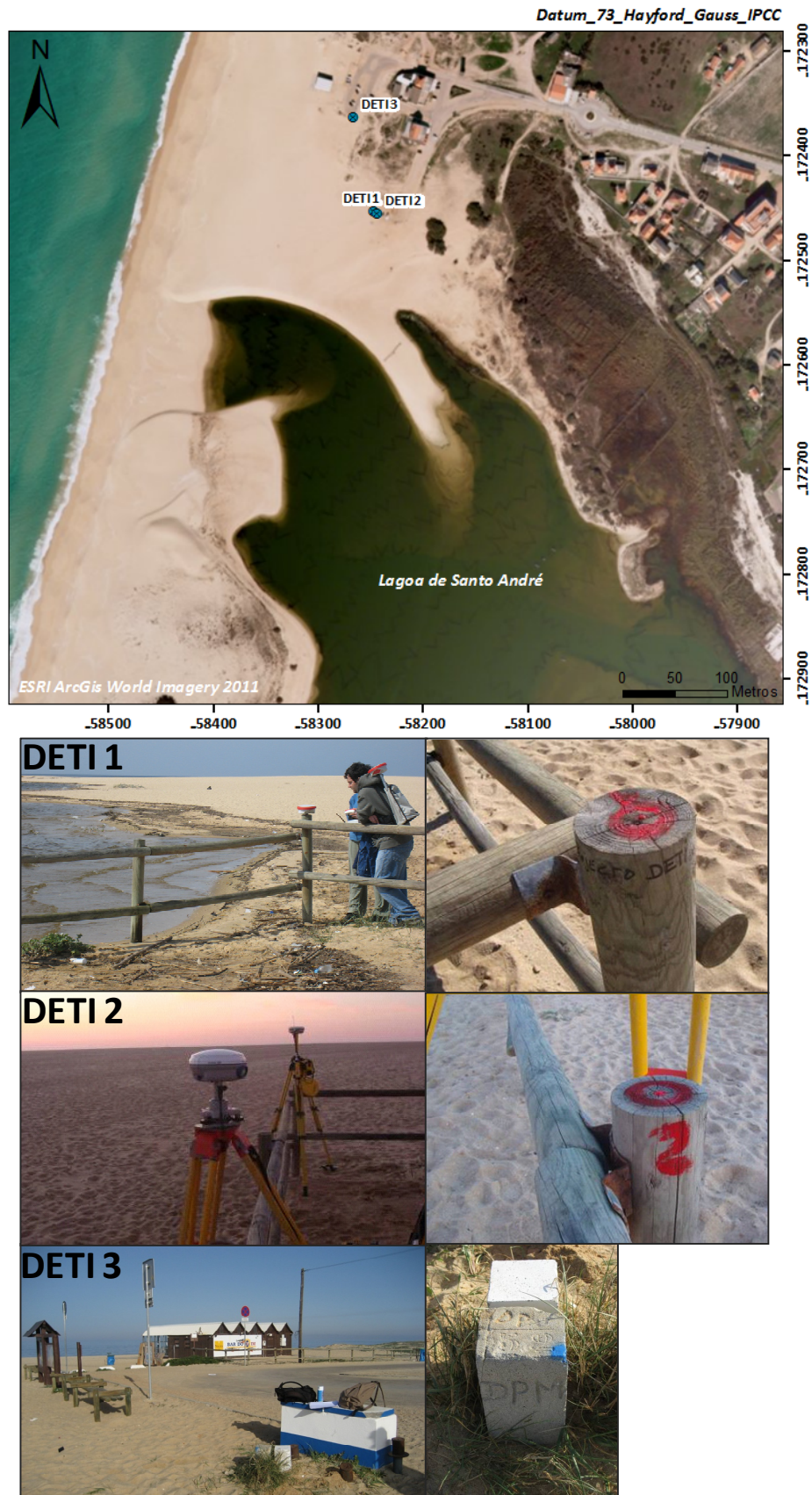


Figura 1: Localização dos pontos de referência (DETI) cotados na Lagoa de Santo André e fotografias de pormenor sobre a sua localização exacta.

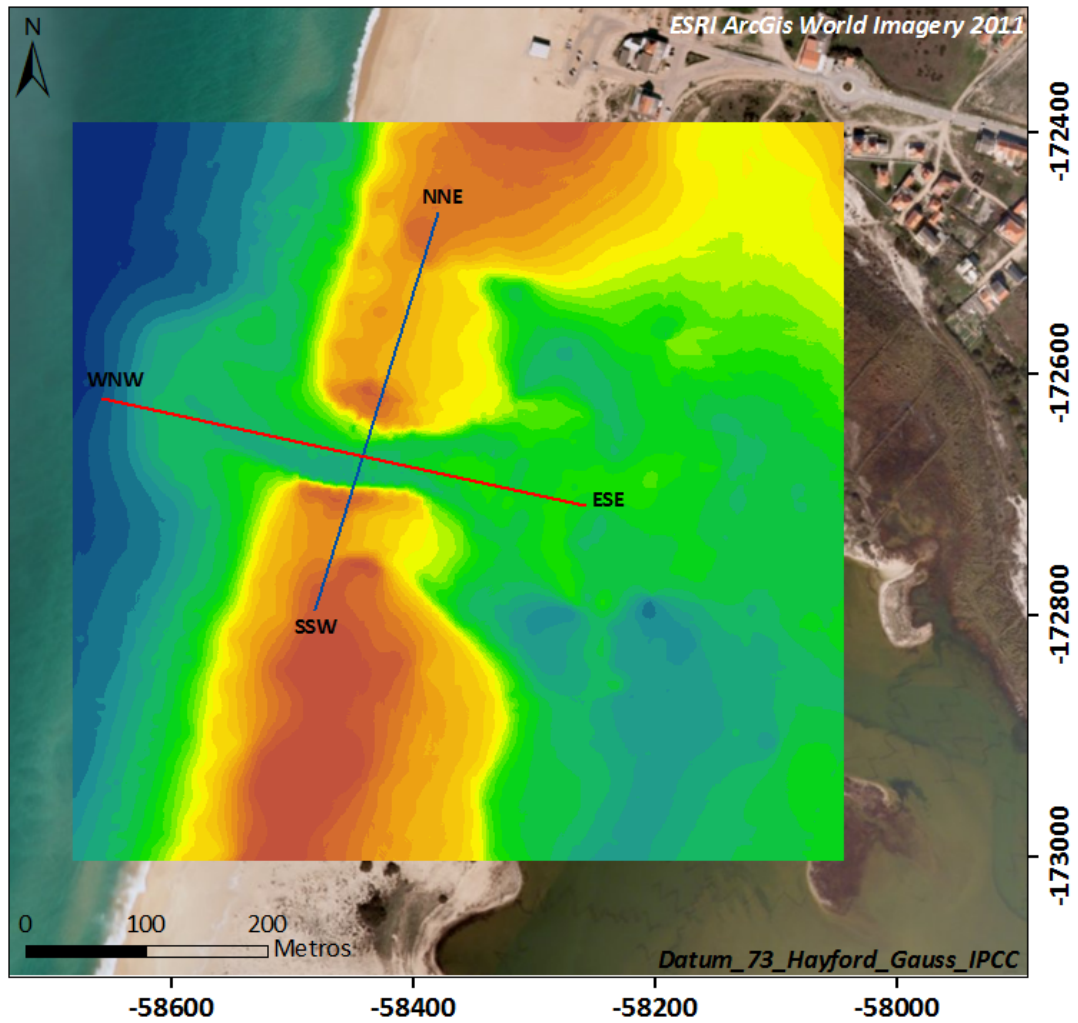


Figura 2: Localização dos perfis topográficos de direcções NNE-SSW e WNW-ESE sobre o modelo digital de terreno da 2ª campanha (11.03.2009) na Lagoa de Santo André.

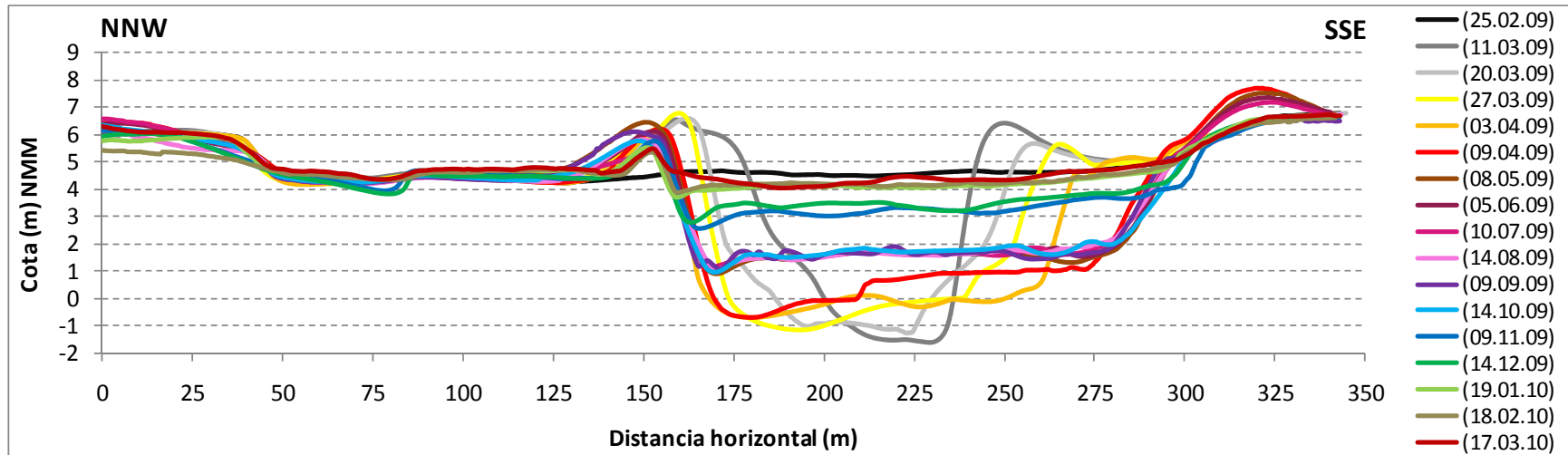


Figura 3: Evolução do perfil transversal à barra de maré da Lagoa de Santo André durante um ciclo anual de monitorização, desde 25 de Fevereiro de 2009 a 17 de Março de 2010.

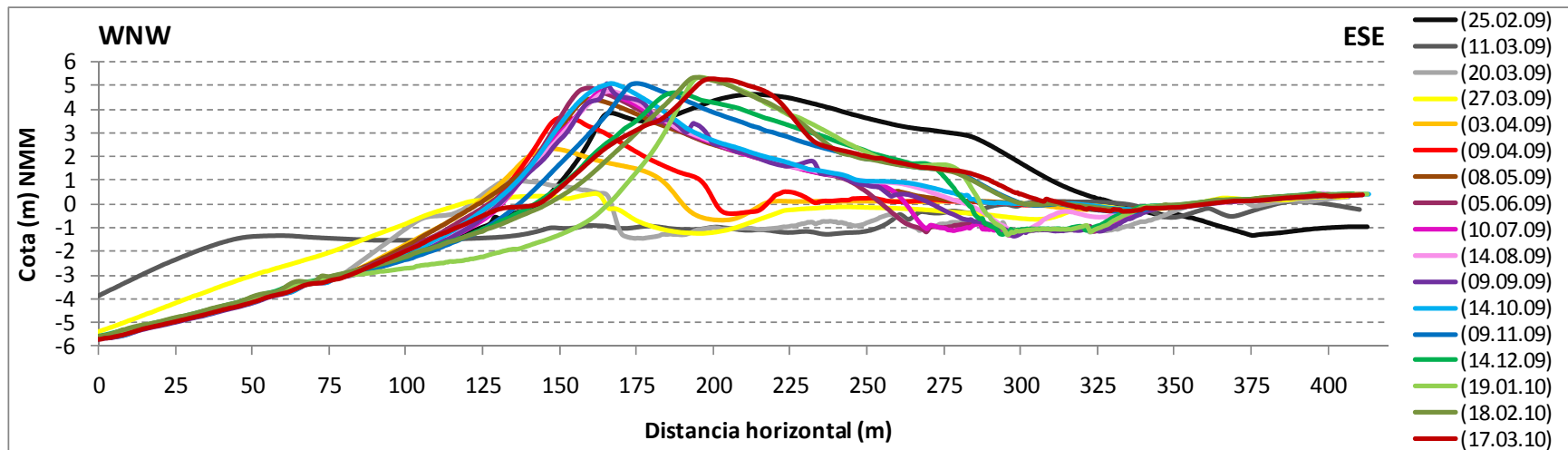


Figura 4: Evolução do perfil longitudinal à barra de maré da Lagoa de Santo André durante um ciclo anual de monitorização, desde 25 de Fevereiro de 2009 a 17 de Março de 2010.

