



DIVISÃO DE OCEANOGRÁFIA
ELEMENTO OC33ID01
RELATÓRIO TÉCNICO FINAL
REL TF OC 5/11

**OBSERVAÇÕES
HIDRO-OCEANOGRÁFICAS PARA
CARACTERIZAÇÃO E VALORIZAÇÃO DA
BAÍA DO SEIXAL**

JANEIRO 2009 - DEZEMBRO 2010

JULHO 2011

NÃO CLASSIFICADO

FOLHA DE DIFUSÃO			
CLASSIFICAÇÃO DE SEGURANÇA DO RELATÓRIO NÃO CLASSIFICADO		RESTRICÇÕES	
ENTIDADE QUE ATRIBUIU A CLASSIFICAÇÃO DE SEGURANÇA DIRECTOR-GERAL		DISTRIBUIÇÃO/DISPONIBILIDADE DO RELATÓRIO DG/DT, OC, CD, GM, HI, QP, CM Seixal	
PREVISÃO DE CLASSIFICAÇÃO	DESCLASSIFICAÇÃO		
NOME DA ENTIDADE EXECUTANTE DIVISÃO DE OCEANOGRRAFIA		NOME DA ENTIDADE FISCALIZADORA DIRECÇÃO TÉCNICA	
MORADA R. das Trinas, 49, 1249-093 LISBOA		MORADA R. das Trinas, 49, 1249-093 LISBOA	
TÍTULO DO RELATÓRIO Observações hidro-oceanográficas para caracterização e valorização da Baía do Seixal Janeiro 2009 - Dezembro 2010			
AUTORES A. Jorge da Silva, C. Borges, C. Palma e A. Gama			
TIPO DE RELATÓRIO PT	PERÍODO Jan2009-Dez 2010	DATA DO RELATÓRIO 21Jul 2011	Nº DE PÁGINAS 104
NOTAS (continuar no verso se necessário) Toda a informação original colhida será arquivada no Instituto Hidrográfico, tendo o cliente sempre acesso a ela. De acordo com o indicado na proposta ao QREN, o acesso aos dados e resultados do estudo será livre.			
RESUMO (continuar no verso se necessário) Resumem-se os resultados das observações realizadas pelas Divisões de Oceanografia, Geologia Marinha e Química e Poluição do Meio Marinho do Instituto Hidrográfico, ao longo do estudo para caracterização e valorização da Baía do Seixal, realizado sob contrato com o Município do Seixal no quadro do Projecto de Valorização Ambiental da Baía do Seixal, financiado a 50% pelo QREN. Os resultados revelam um subsistema estuarino dominado pela enchente, com uma corrente coerente essencialmente paralela às margens no canal principal entre o Seixal e a Ponta dos Corvos, repartindo-se o fluxo pelos canais no interior da baía, com privilégio do canal de Corroios. A Baía parece encontrar-se em equilíbrio dinâmico, com acarreo da fracção siltosa em direcção aos canais e transporte de material fino para os sapais, que se situam a montante da Baía, provocando o seu assoreamento.. Os resultados da química das águas indicam que a Baía do Seixal é um sistema sob grande influência antrópica onde, de acordo com as normas da Agência Europeia do Ambiente (EAA), os teores encontrados de nutrientes azotados e fosfatados conduzem a classificá-las como Más. Os resultados da amostragem no primeiro metro da camada sedimentar revelam que os sedimentos da Baía podem classificar-se nas Classes 1, 2 ou 3, conforme os casos.			
DISTRIBUIÇÃO/DISPONIBILIDADE DO RESUMO Direcção Técnica		CLASSIFICAÇÃO DE SEGURANÇA DO RESUMO NC	
RESPONSÁVEL A. Jorge da Silva		TELEFONE (+351) 210 943 000	
EDITOR INSTITUTO HIDROGRÁFICO		DESCRITORES Marés, correntes de maré, dinâmica sedimentar, nutrientes, estuário do Tejo, Baía do Seixal	
DATA DE EDIÇÃO Julho de 2011			

NÃO CLASSIFICADO

LISTA DE DISTRIBUIÇÃO

EXEMPLAR Nº	DISTRIBUIÇÃO INTERNA	DISTRIBUIÇÃO EXTERNA
1	DT/DG	
2	OC	
3	OC	
4	CD	
5	GM	
6	HI	
7	QP	
8		CM Seixal

EXEMPLAR Nº _____

ÍNDICE

FOLHA DE DIFUSÃO	ii
LISTA DE DISTRIBUIÇÃO.....	iii
ÍNDICE	iv
1. Introdução	1
2. Acções realizadas no segundo ano do projecto	2
3. Estrutura vertical da corrente à entrada da Baía do Seixal.....	2
4. Geologia e geoquímica da camada sedimentar da Baía do Seixal.....	13
5. Química dos sedimentos.....	22
a. Amostras superficiais	23
b. Amostras verticais.....	26
6. Hidro-sedimentologia e dinâmica sedimentar.....	44
a. Concentração de MPS	46
b. Relação entre os valores de turbidez e de concentração de MPS.....	48
c. Composição Mineralógica da MPS.....	49
d. Análise granulométrica da MPS	52
7. Caracterização química das águas da Baía do Seixal.....	54
a. Temperatura, pH, salinidade e saturação de oxigénio.....	55
b. Nutrientes.....	60
c. Metais.....	80
d. Compostos orgânicos.....	94
8. Conclusões	95
9. Bibliografia	98

DIVISÃO DE OCEANOGRAFIA
ELEMENTO OC33PB01
RELATÓRIO TÉCNICO FINAL
REL TF OC 5/11

OBSERVAÇÕES
HIDRO-OCEANOGRÁFICAS PARA
CARACTERIZAÇÃO E VALORIZAÇÃO
DA BAÍA DO SEIXAL
JANEIRO 2009 - DEZEMBRO 2010

1. Introdução

Na sequência da aprovação de uma candidatura submetida ao Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN) – Eixo 2, “Acções de Valorização e Qualificação Ambiental”, o Instituto Hidrográfico (IH) iniciou em 5 de Janeiro de 2009, sob contrato que viria a ser celebrado a 31 de Julho de 2009 com o Município do Seixal, um conjunto de acções visando caracterizar a Baía do Seixal dos pontos de vista topo-hidrográfico, hidrológico, sedimentológico e dinâmico. Este estudo seria complementado por um levantamento fotográfico georreferenciado da Baía, da responsabilidade do IH, e por uma caracterização biológica, a realizar pelo Centro de Oceanográfico da Universidade de Lisboa (COUL), parceiro do Município do Seixal e do IH no Projecto. O Projecto previa ainda a integração dos dados num Sistema de Informação Geográfica (SIG) e a sua disponibilização na *Internet* através de um portal a criar para o Projecto.

O conjunto de acções correspondentes a este estudo articula-se com as de um outro projecto QREN, desta vez no quadro das Parcerias para a Regeneração Urbana – Programas Integrados de Valorização de Frentes Ribeirinhas e Marítimas, especificamente numa operação visando dinamizar o a baía do Seixal e a sua frente ribeirinha para a Náutica de Recreio e o Turismo Fluvial. As acções previstas para serem realizadas pelo IH nesse âmbito contemplam o levantamento topo-hidrográfico do canal de entrada da Baía a uma escala maior do que a usada para a generalidade da Baía, o estudo da maré e da estrutura da corrente nesse canal, bem como a caracterização meteorológica local.

2. Acções realizadas no segundo ano do projecto

Entre Janeiro e Dezembro de 2010 foram realizadas as seguintes acções de campo:

1 de Fevereiro: campanha de inverno – águas vivas;

8 de Fevereiro: campanha de inverno – águas mortas;

18-19 de Fevereiro: recuperação e refundeamento do ADCP;

17 de Maio: recuperação final do ADCP;

Durante o mesmo período, foram ainda realizadas as análises das amostras de água e matéria particulada em suspensão (MPS) recolhidas nas campanhas de Fevereiro de 2010, as amostras de MPS recolhidas nas campanhas de Julho de 2009 e ainda de todas as amostras verticais de sedimentos (cores) recolhidas em Maio de 2009. Neste relatório dar-se-á sumariamente conta dos seguintes resultados:

- sucessões cronológicas da estrutura vertical da corrente à entrada da baía entre Dezembro de 2009 e Maio de 2010;
- Caracterização geológica e geoquímica do primeiro metro da camada sedimentar da Baía do Seixal;
- Química do primeiro metro da camada sedimentar da Baía do Seixal;
- Caracterização hidro-sedimentológica das águas da Baía do Seixal em situação de inverno, e sua relação com a maré;
- Caracterização química das águas da Baía do Seixal em situações de inverno e verão, e relações com a maré;

3. Estrutura vertical da corrente à entrada da Baía do Seixal

A 14 de Maio de 2009, iniciou-se a construção de uma sucessão cronológica da estrutura vertical da corrente na zona mais profunda logo à entrada da Baía do Seixal que se pretendia tivesse uma extensão temporal de um ano. O perfilador de corrente (Acoustic Doppler Current Profiler - ADCP) RDI 1200 kHz aí fundeado nessa data foi objecto de manutenção (levantamento e re-fundeamento) a 22-23 de Julho, 21-22 de Setembro, 17-18 de Dezembro de 2009 e 18-19 de Fevereiro de 2010, tendo sido recolhido em definitivo a 17 de Maio de 2010. Conseguiu-se assim um ano de dados de correntes (estrutura vertical) à entrada da Baía, apenas com quatro interrupções de um dia. Entre Dezembro de 2009 e Maio de 2010, as posições de fundeamento (Figura 1)

situaram-se do lado interno do bordo SW da depressão (vulgo “fundão”) à entrada da Baía, sobre sondas de 6.0 a 6.2 m (ZH).

O ADCP, dotado de sensores de pressão e temperatura, foi configurado, tal como anteriormente, com um seccionamento vertical de 0.5 m. Dessa forma, os 2 m mais profundos da coluna de água observada pelo equipamento ter-se-ão localizado no interior do “fundão”. Continuou a adoptar-se um intervalo de amostragem de 1 minuto, visando identificar oscilações próprias da bacia, caso ocorressem.

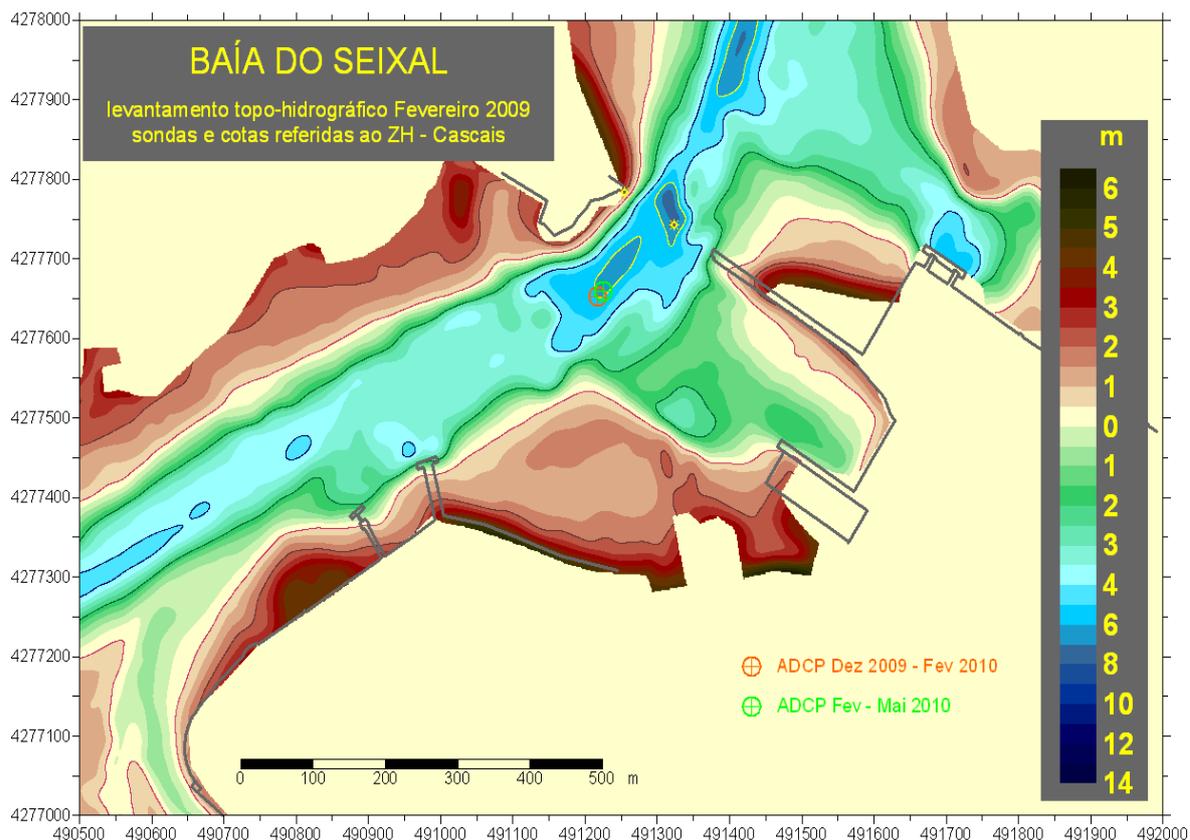


Figura 1. Posições de fundeamento do ADCP em Dezembro de 2009 e Fevereiro de 2010.

Tal como verificado entre Maio e Dezembro de 2009, a corrente foi essencialmente linear, alinhando-se com a direcção geral da batimetria local, com a particularidade de a direcção da corrente para jusante não ser exactamente oposta à da corrente para montante (Figuras 2 e 3). Tal facto tem sido interpretado como um reflexo da diferente orientação da batimetria a montante e a jusante do local do fundeamento, com a topografia do canal a jusante influenciando a direcção do fluxo de enchente, estando a direcção do fluxo de vazante condicionado pela topografia a montante.

Esta “quasi-linearidade” da corrente permitiu, tal como feito anteriormente, atribuir sinal positivo a uma das direcções e negativo à contrária, e assumir que a corrente, na sua totalidade, flui ora numa ora noutra das direcções. A direcção de máxima

variabilidade do vector corrente situou-se, ao longo da coluna de água, entre 049-229 e 059-239 (contra 053-233 e 057-237 nas duas observações anteriores, localizados sobre o bordo externo do “fundão”, e 049-229 e 052-232, entre Maio e Julho de 2009, mais no interior do “fundão”). A diferença que se julga mais relevante entre as duas últimas observações e as anteriores reside no maior espectro de direcções ao longo da coluna de água nas duas últimas observações. Com efeito, enquanto nas observações realizadas em 2009 essa rotação não excedeu 4°, no inverno de 2010 houve uma rotação de 10° no sentido dos ponteiros do relógio ao progredir para cima na coluna de água ao longo dos 6 m permanentemente submersos.

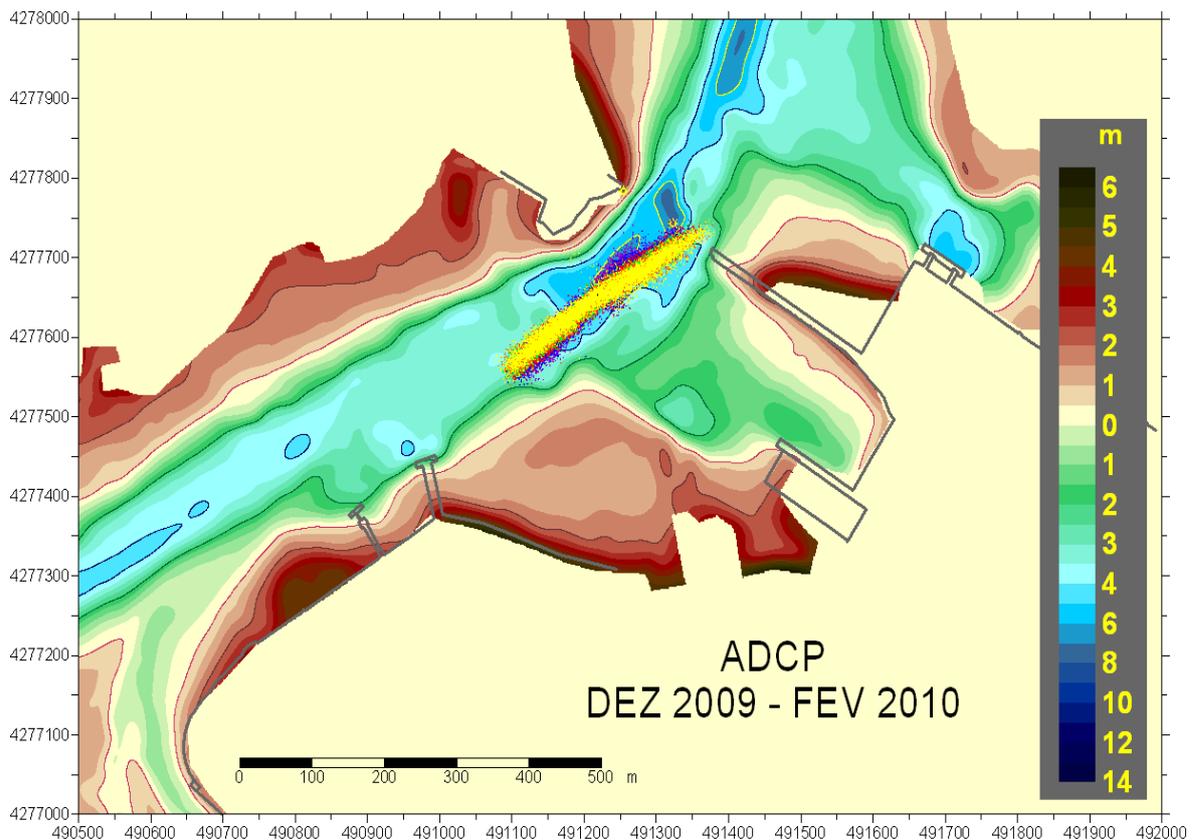


Figura 2. Representação polar das observações correntométricas na "totalidade" da coluna de água no período 18 Dezembro de 2009 - 18 Fevereiro de 2010. O valor zero da corrente foi centrado com a posição do fundeamento, e os extremos das observações correspondem aproximadamente a velocidades de 1.1 ms^{-1} .

Um exame da distribuição polar por camadas (Figura 4) mostra ainda, tal como nas observações de 2009, (i) orientações diferentes da corrente para jusante nas camadas superior e inferior da coluna de água, em particular entre Dezembro de 2009 e Fevereiro de 2010, e (ii) valores extremos para jusante mais elevados na camada superior. Entre Fevereiro e Maio verificaram-se ainda (iii) extremos mais elevados para montante do que para jusante, em toda a coluna de água, o que também se tinha acontecido entre Julho e Setembro. Esse facto foi atribuído, no relatório anterior, à

ocorrência de marés de grande amplitude a 20-22 de Agosto de 2009. Ora, o mesmo voltou a verificar-se a 30-31 de Março de 2010 (v. Figura 6).

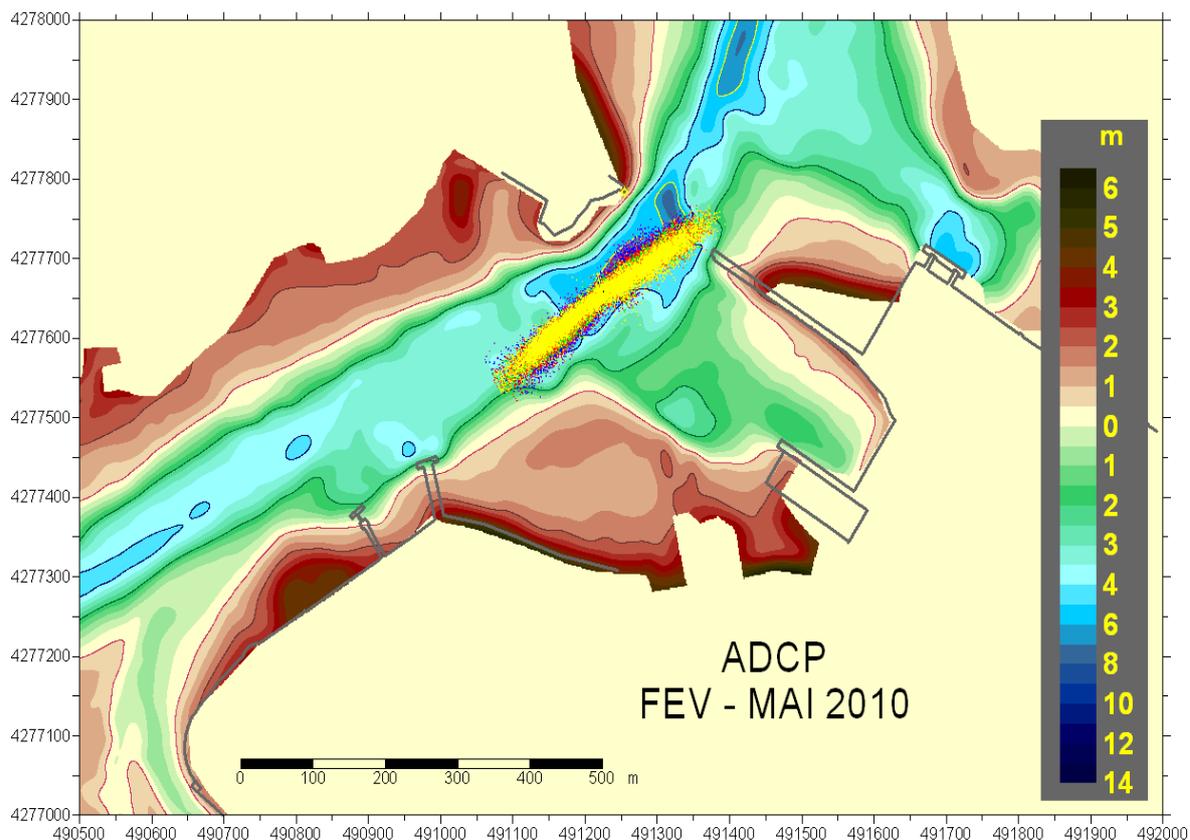


Figura 3. Representação polar das observações correntométricas na "totalidade" da coluna de água no período 18 Fevereiro – 17 Maio de 2010. O valor zero da corrente foi centrado com a posição do fundeamento, e os extremos das observações correspondem aproximadamente a velocidades de 1.1 ms^{-1} .

A direcção de máxima variabilidade entre Dezembro de 2009 e Maio de 2010 centrou-se em 054-234, diferindo em apenas 1° da anteriormente encontrada. Por essa razão, e a exemplo do que foi feito no relatório anterior, continuou a arbitrar-se como sendo para montante todo o fluxo direccionado para o intervalo entre os azimutes 145 e 325, atribuindo-se-lhe o sinal negativo. Este procedimento foi utilizado na construção da Figuras 5 e 6 que, em conjunto com as Figuras 7 e 8, resumem o essencial das observações. Na elaboração das figuras, e tal como anteriormente, utilizaram-se apenas dados com uma separação vertical de 1 m e intervalos de 10 minutos.

As sucessões cronológicas obtidas compreendem aproximadamente dez ciclos de águas vivas (AV) – águas mortas (AM), contendo as marés vivas "equinociais" de Março (amplitude de cerca de 4.0 m a 30-31 de Março, Figura 6) e ainda uma maré com amplitude de 4.06 m, a 2 de Março (Figura 5). No extremo oposto, podem identificar-se situações de águas mortas com amplitude de 1 m a 9 de Março, ou inferior a 1 m a 7 de Abril (Figura 6).

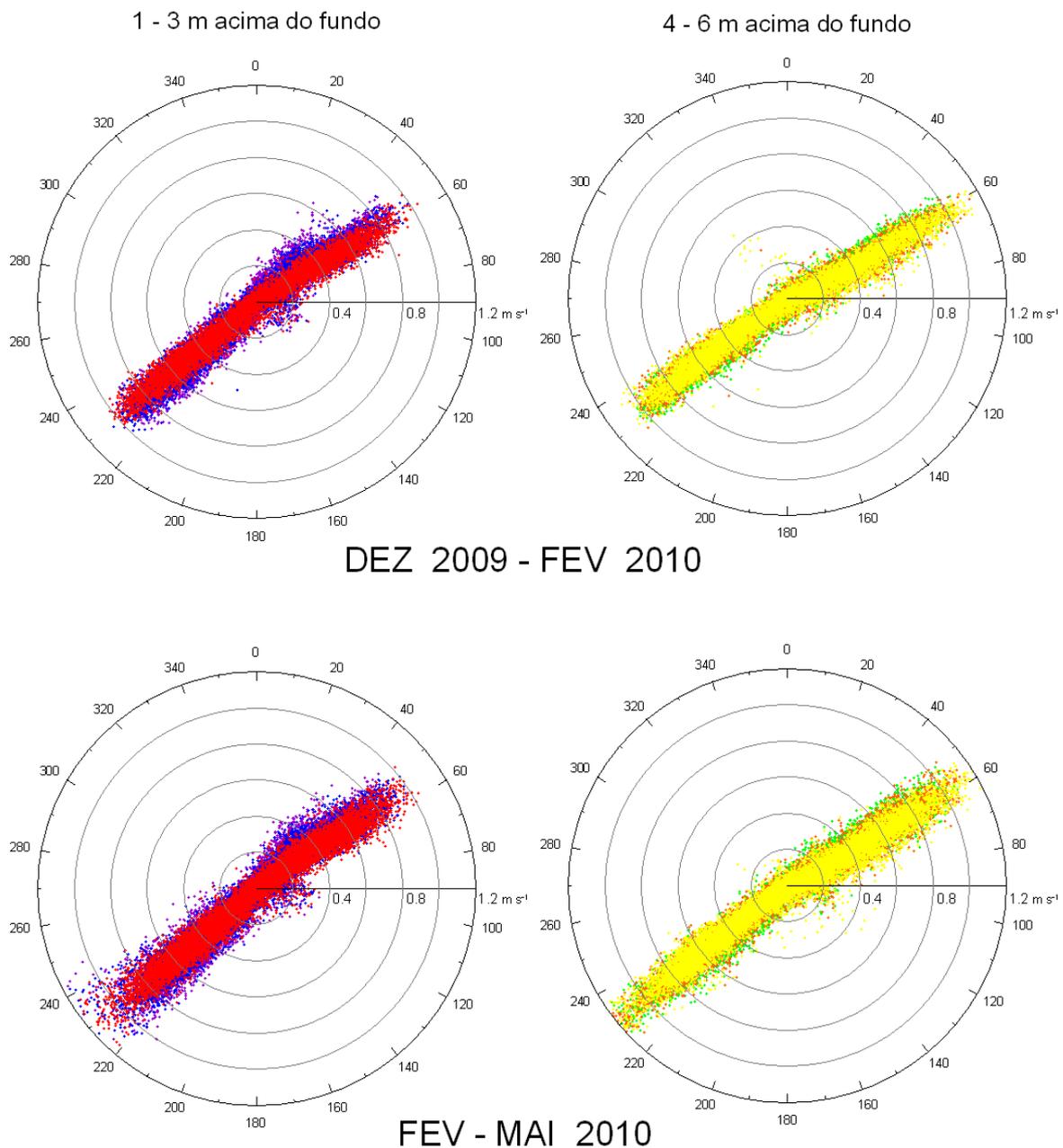


Figura 4. Representação polar da corrente nas camadas mais próxima do fundo (à esquerda) e da superfície (à direita) para as duas sucessões cronológicas obtidas entre Dezembro de 2009 e Maio de 2010.

A amplitude de maré reflecte-se tanto na temperatura como na corrente (Figuras 5 e 6). Na temperatura, são ainda evidentes três sinais: o do aquecimento diurno, mais claro ainda do que o da maré e particularmente evidente a partir de Março, mas também identificável a 1-2 Fevereiro ou, combinado com a maré, a 9-10 Janeiro, quando ocorreu um período de céu limpo, com elevada radiação ao meio-dia e acentuado arrefecimento nocturno (Figura 5); o da fenomenologia atmosférica de mesoscala, com períodos de uma a duas semanas, observável ao longo de toda a série, mas particularmente claro em Dezembro de 2009; e o da sazonalidade, evidente a partir de Março, com o aquecimento atmosférico (Figura 6).

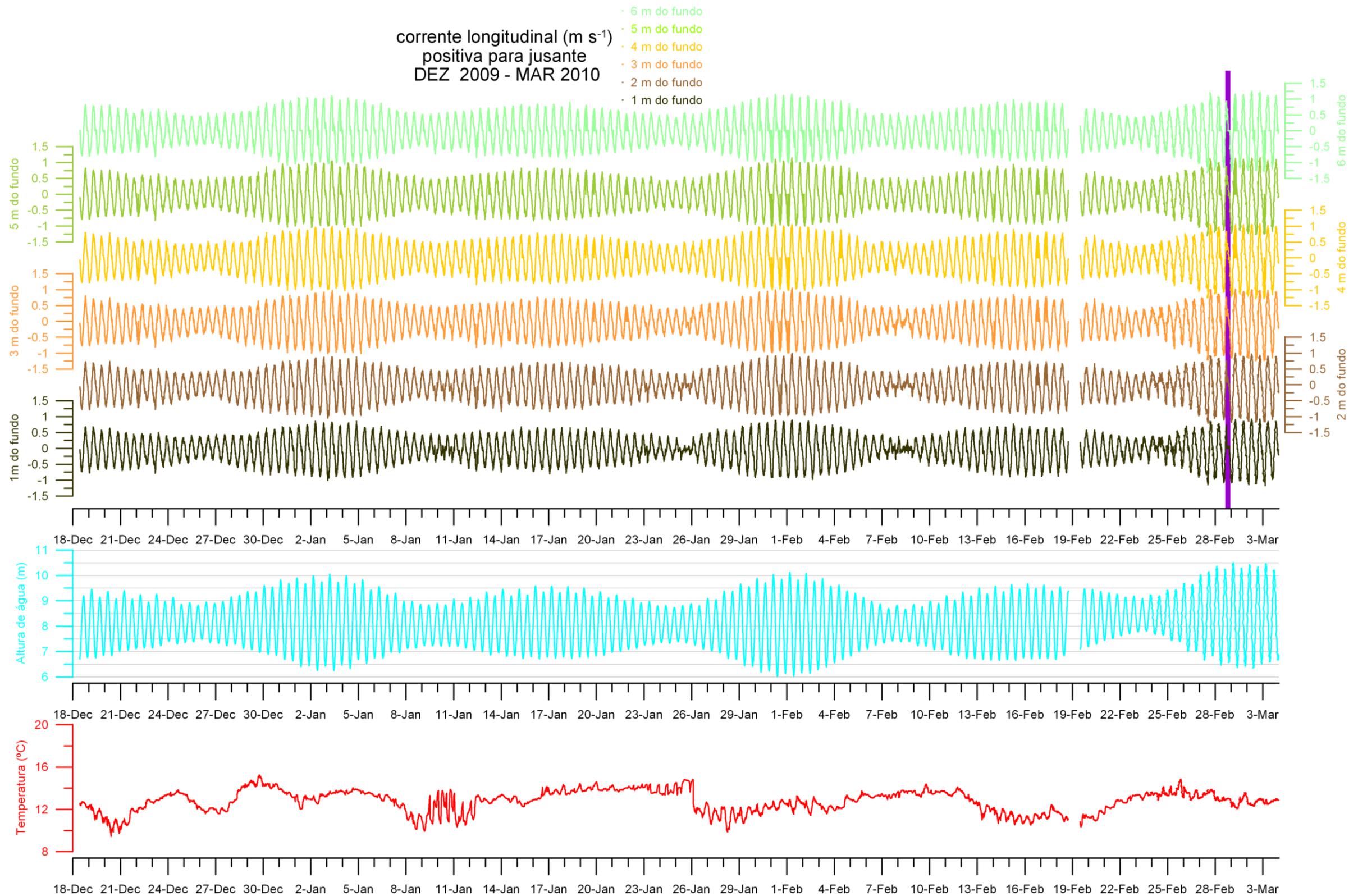


Figura 5. Temperatura ao nível do ADCP, altura de água acima do ADCO e velocidade da corrente "longitudinal" na coluna de água (positiva para jusante) a intervalos de 1 m entre 18 de Dezembro de 2009 e 3 de Março de 2010. O intervalo sem dados a 18-19 Fevereiro corresponde ao período de assistência ao ADCP. A descontinuidade na altura de água associada a esse intervalo resulta de uma pequena diferença de sondas correspondentes a duas posições de fundeamento (v. Figura 1). O fino rectângulo a roxo assinala um intervalo de tempo com dados inválidos de corrente entre as 17:15 e as 21:30 de 28 de Fevereiro (v. pormenores na Figura 10).

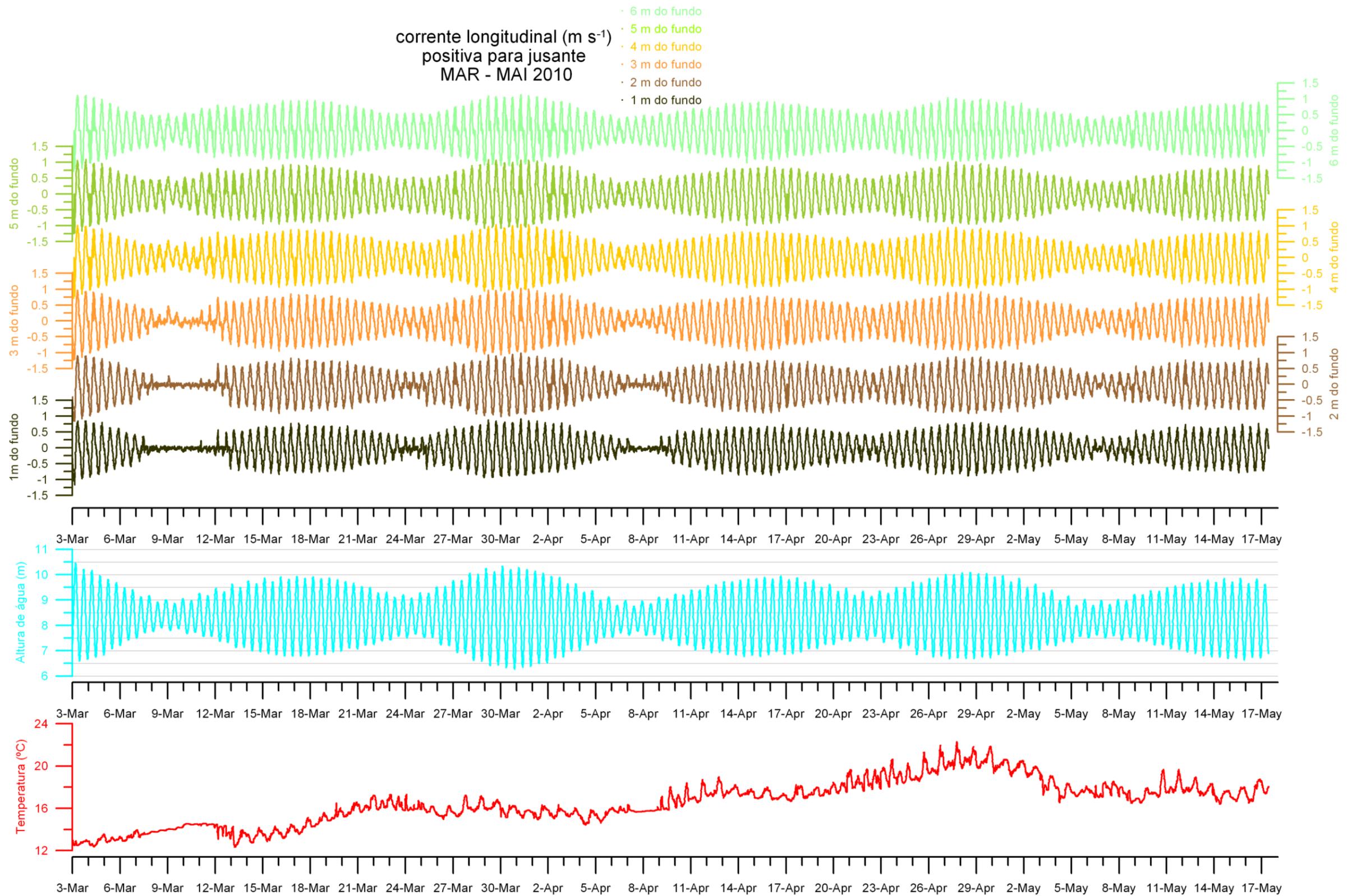


Figura 6. Idêntica à Figura 5 para o período entre 3 de Março e 17 de Maio de 2009. Foram mantidas as escalas de todos os eixos de ordenadas.

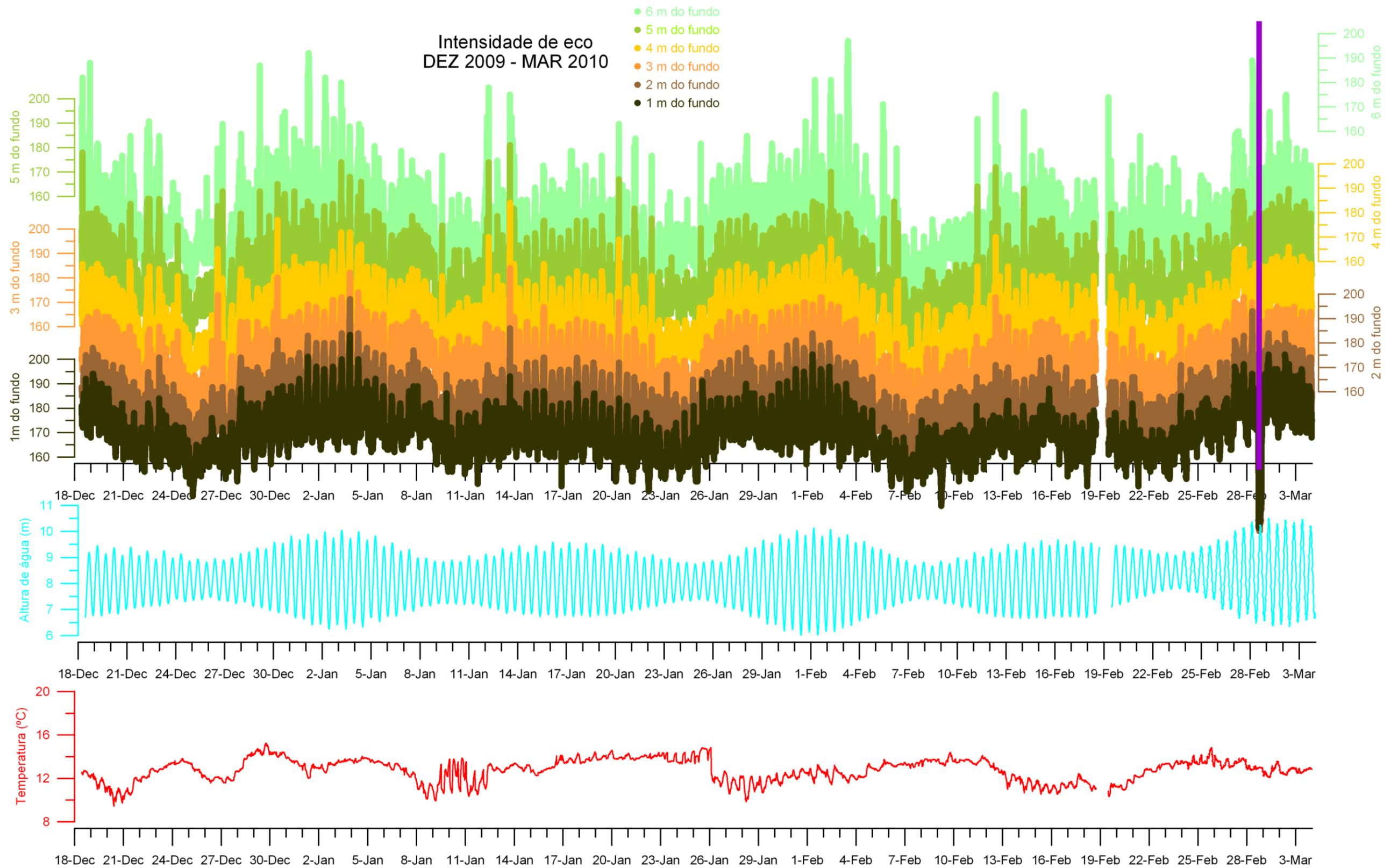


Figura 7. Temperatura no ADCP, altura de água acima do ADCP e intensidade do eco na coluna de água a intervalos de 1 m entre 18 de Dezembro de 2009 e 3 de Março de 2010. Note-se a correspondência de cores entre as representações das propriedades e os respectivos eixos das ordenadas, cujas escalas são iguais. A figura foi construída de modo a sugerir visualmente como estariam distribuídas as partículas em suspensão (v. outras explicações na legenda da Figura 5).

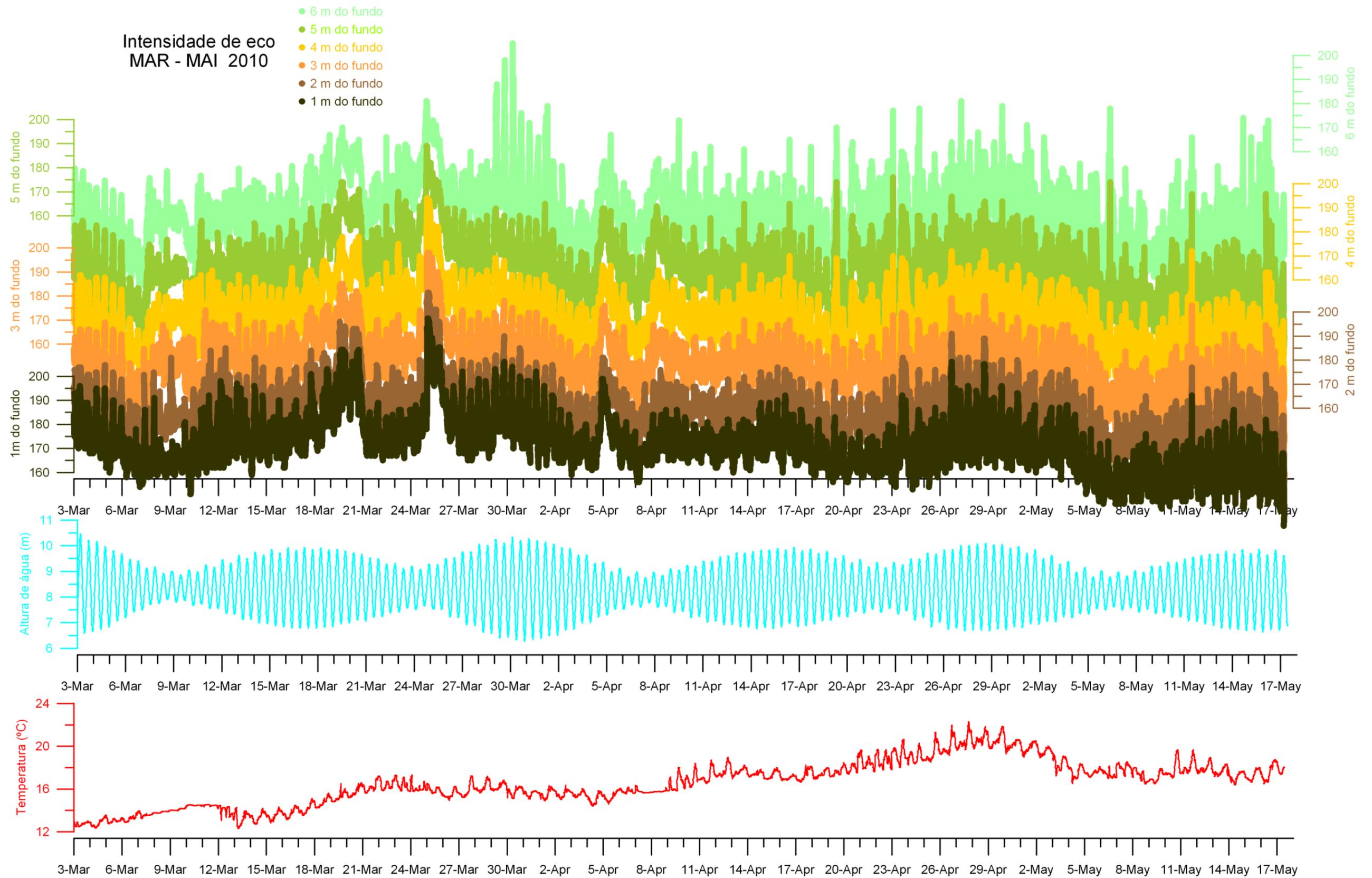


Figura 8. Idêntica à Figura 7 para o período entre 3 de Março e 17 de Maio de 2010.

Tal como notado nos relatórios anteriores, o único sinal relevante na corrente é o da maré. No entanto, a grande homogeneidade vertical identificada nas séries obtidas em 2009 parece não se ter verificado nas situações de AM extremas em 2010 (Figuras 5 e 6). Em tais situações, parece ter ocorrido ausência de corrente aos níveis mais profundos, situados no interior do “fundão”, algo particularmente evidente entre 8 e 11 de Março e a 7-8 de Abril de 2010 (note-se que nesses intervalos de tempo a temperatura também apresentou alguma constância e muito fraca dependência da maré, Figura 6). É interessante notar também que, nos extremos desses intervalos de tempo, ou ao nível a 2 m do fundo, só se identifica corrente para jusante (positiva). Estas observações são compatíveis com a presença de um vórtice gerado pela batimetria que, na fase de enchente, se centrasse “exactamente” sobre a posição do último fundeamento, sofrendo um deslocamento (estando ainda por esclarecer em que sentido) na fase de vazante. Nos níveis superiores, a corrente “não sentiria o fundo”, pelo que o vórtice aí não se manifesta. Nas situações de AV, ou mesmo em AM não extremas, a corrente deverá ser demasiado intensa, “não tendo tempo para sentir o fundo”, pelo que o vórtice não se desenvolveria. O facto de esta fenomenologia não ter sido detectada nas observações feitas em 2009 resultaria simplesmente de os fundeamentos nunca terem coincidido com aquela posição.

Nas Figuras 5 e 7 está assinalado um intervalo de tempo com dados inválidos. O início desse intervalo é facilmente determinado a partir do campo das velocidades, porque ocorreu em plena vazante. Já o seu fim teve que ser encontrado a partir da intensidade de eco, por ter ocorrido muito perto de BM. Embora se ignore a razão do incidente, é possível que tenha resultado da interposição de qualquer obstáculo que, derivando a partir de montante tenha ficado preso na estrutura do ADCP reduzindo localmente o fluxo ao longo de toda a coluna de água. Repare-se, no entanto, que a altura de água não está perturbada, uma vez que a pressão se continuou a exercer sobre o sensor do ADCP.

Tendo sido invalidado o intervalo de tempo acima referido, foram calculadas estatísticas respeitantes aos fluxos para montante e jusante separadamente (Tabelas I e II). Tal como constatado anteriormente, o valor médio da corrente aumenta do fundo para a superfície, tendendo a ser, a todos os níveis, mais elevado para montante do que para jusante, embora essa diferença se esbata nos níveis mais superficiais. Por outro lado, a dispersão dos valores de corrente também aumentou do fundo para a superfície quando o fluxo foi para jusante. Com o fluxo para montante, esse aumento na dispersão foi menos nítido, ocorrendo essencialmente nos níveis imediatamente acima do fundo.

Tabela I. Estatísticas da estrutura da corrente à entrada da Baía do Seixal, Dez 2009 – Fev 2010.

Dist. fundo	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m
Corrente para jusante ($m s^{-1}$)						
Média	0.314	0.329	0.344	0.365	0.387	0.398
DP	0.193	0.205	0.216	0.229	0.244	0.252
MAX	0.890	0.990	1.036	1.059	1.141	1.165
No. pontos	4010	4075	4155	4192	4212	4214
Corrente para montante ($m s^{-1}$)						
Média	0.339	0.373	0.393	0.407	0.414	0.420
DP	0.235	0.249	0.249	0.247	0.247	0.246
MAX	1.003	1.047	1.015	1.033	1.045	1.063
No. pontos	4959	4877	4786	4736	4710	4676
Corrente resultante - para montante ($m s^{-1}$)						
Resultante	0.047	0.053	0.050	0.044	0.036	0.032

Tabela II. Estatísticas da estrutura da corrente à entrada da Baía do Seixal, Fev-Mai 2010.

Dist. fundo	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m
Corrente para jusante ($m s^{-1}$)						
Média	0.314	0.324	0.345	0.369	0.390	0.402
DP	0.193	0.222	0.231	0.239	0.250	0.256
MAX	0.890	0.998	1.032	1.072	1.141	1.201
No. pontos	5533	5648	5746	5820	5894	5873
Corrente para montante ($m s^{-1}$)						
Média	0.313	0.348	0.376	0.403	0.420	0.425
DP	0.246	0.263	0.266	0.261	0.261	0.263
MAX	1.166	1.209	1.241	1.283	1.299	1.292
No. pontos	6964	6801	6686	6589	6509	6498
Corrente resultante - para montante ($m s^{-1}$)						
Resultante	0.039	0.043	0.043	0.041	0.035	0.033

A corrente foi mais intensa e fluíu durante mais tempo para montante do que para jusante, com cerca de 54% das ocorrências corresponderam a corrente para montante (55% em Maio-Julho e 54% em Julho-Dezembro 2009). Quer isto dizer que a corrente medida à entrada da Baía do Seixal não apresenta sazonalidade, algo expectável num sistema dominado pela maré. Por outro lado, uma vez mais se conclui que o fluxo para jusante se faz sobretudo fora do centro do canal, o que implica alguma recirculação ao nível do troço final da Baía, possivelmente envolvendo a parte externa da bacia do estaleiro da Navaltagus.

Reflectindo o que se passa com a corrente, a intensidade de eco, essencialmente resultante da presença de sólidos em suspensão, surge uma vez mais relacionada com a amplitude da maré (Figuras 7 e 8). As situações de AV, onde ocorrem os valores mais elevados da corrente, são assim as que dão origem a maior remobilização e transporte

longitudinal de sedimentos e, conseqüentemente, a valores mais elevados de intensidade de eco.

Nas Figuras 7 e 8 mantiveram-se as escalas e as relações de distância dos eixos das ordenadas de intensidade de eco usadas nos relatórios anteriores do projecto. É assim possível constatar que a segunda quinzena de Março de 2010 se caracterizou pelos valores mais elevados de intensidade de eco em toda a coluna de água, sem uma aparente relação com a amplitude da maré. No extremo oposto surge o período a partir de 5 de Maio, com valores mínimos. Não havendo sazonalidade da corrente que justifique variações na remobilização local de sedimento, é forçoso concluir pela variação na introdução de partículas no sistema, seja a partir do estuário, seja a partir da área circundante da Baía.

4. Geologia e geoquímica da camada sedimentar da Baía do Seixal

A 08 de Maio de 2009 foi realizada uma campanha de colheita de amostras verticais de sedimentos (*cores*), utilizando um amostrador vertical manual de 1m de comprimento. Foram colhidas 15 amostras, distribuídas pelos canais principais, rasos de maré e sapais da Baía do Seixal (Figura 9). Com esta amostragem vertical pretendeu-se compreender a variabilidade temporal da baía considerando as últimas décadas, em termos sedimentológicos e geoquímicos. A amostragem complementou uma amostragem preliminar, realizada em Fevereiro de 2009, feita com um colhedor superficial Petit Ponard (Figura 10).

Após a colheita, as amostras verticais foram conservadas numa câmara frigorífica a uma temperatura de 4º C. Transportados para o laboratório de sedimentologia na altura da sua abertura, foram então sub-amostrados tendo em conta as variações de pormenor das características do sedimento identificado. As sub-amostras foram submetidas a ensaios granulométricos pelos métodos da peneiração e de difracção laser, análise de carbonatos (carbono inorgânico total, carbono orgânico total e carbono total), mineralogia por difracção de raios-x, morfoscopia da fracção areia à lupa binocular e cálculo de densidade aparente.

A densidade aparente dos sedimentos é a razão entre a massa sólida de um dado volume aparente de sedimento e a massa de igual volume de água. Nesta análise englobam-se todas as componentes recolhidas na amostra, ou seja, as partículas, os poros, as vesículas de gás e a matéria orgânica. A densidade aparente, a porosidade e o

teor em água são propriedades quantificáveis a partir da massa e do volume. O teor em água é determinado pela medida de massa da amostra recolhida, antes e após a secagem. A secagem, feita na estufa, a 40°C, durante 48 horas, é um processo crítico porque há a possibilidade de desidratação das argilas, nomeadamente da *esmectite*. Na determinação destas propriedades, a massa e o volume de água são corrigidos para a massa e o volume de sal evaporado durante a secagem. Como norma, usa-se uma salinidade da água do mar de 35, a que corresponde, em condições de laboratório, uma densidade de 1.024 g/cm³ e uma densidade de sal na água do mar de 2.20 g/cm³. Os gases presentes na amostra são libertados aquando a sua abertura e manuseamento.

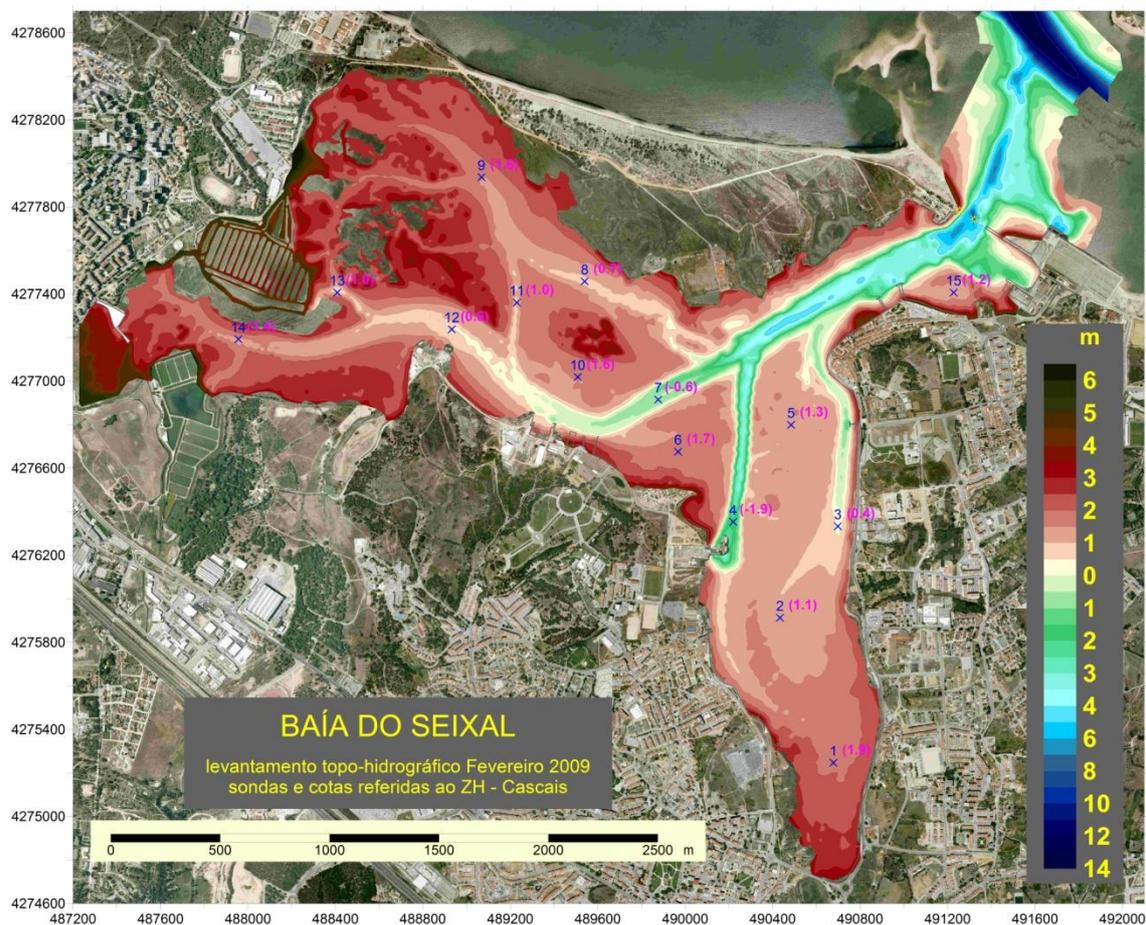


Figura 9. Posição das amostras verticais de sedimentos colhidas na Baía do Seixal durante a campanha de Maio de 2009 (cotas relativas ao ZH nos pontos de amostragem entre parênteses).

A medição do volume da amostra pode ser determinada por dois métodos distintos: (i) o método do picnómetro e (ii) a amostragem de um volume conhecido. Neste caso, optou-se por amostrar um volume recorrendo a uma seringa. Este método tem a vantagem de recorrer a uma seringa com volume fixo e de fácil aquisição, permitindo amostrar facilmente um grande número de amostras. Em contrapartida tem a desvantagem de o volume recolhido excluir fendas e bolhas de ar, não pode ser usado em

amostras viscosas, não há estimativa para este método e não existe um padrão referenciado (Blum, 1997).

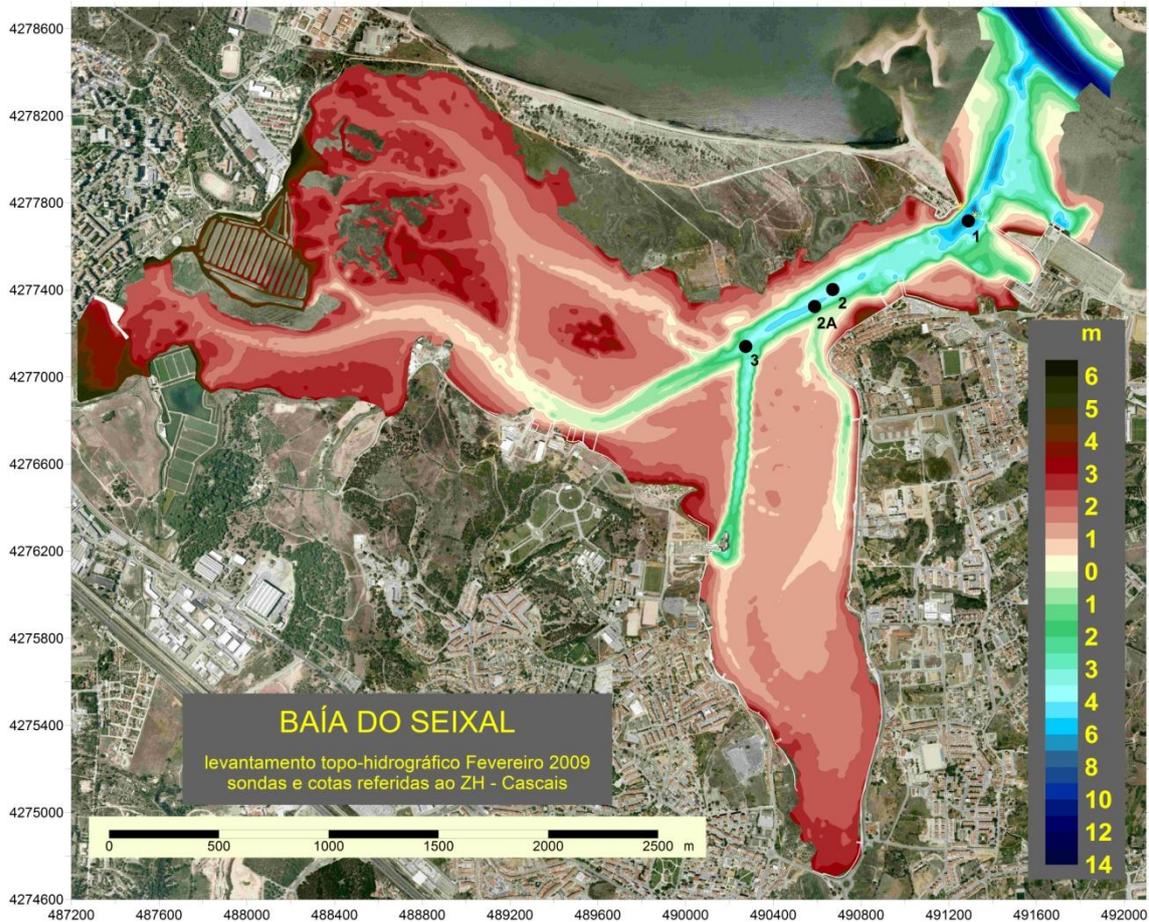


Figura 10. Posição das colheitas de sedimentos de fundo na campanha de Fevereiro de 2009.

As seguintes relações podem ser calculadas usando as medições de massa e de volume inicial.

POROS (ÁGUA / AR)		MASSA		VOLUME		
		M_{pw}		V_{pw}		V_b
SÓLIDO	PARTÍCULAS	M_{part}	M_s	M_b	V_{part}	
	SAL	M_{salt}			V_{salt}	

A massa dos poros, M_{pw} , a massa da fracção sólida, M_s , o volume dos poros, V_{pw} , e o volume da fracção sólida, podem ser calculados do seguinte modo:

$$(1)$$

$$(2)$$

(3)

(4)

Assim sendo, a densidade aparente, ρ_b , a densidade dos sólidos, ρ_s , a densidade seca, ρ_d , a porosidade, P , e o índice de vazios, e , podem ser calculados utilizando as expressões seguintes, em conformidade com os valores calculados nas expressões anteriores:

(5)

(6)

(7)

(8)

(9)

Os valores de densidade, porosidade e índice de vazios calculados para os cores 14 e 8, aos 10 e 38 cm de profundidade, respectivamente, são anómalos, podendo essas anomalias dever-se a erro técnico na recolha da amostra com a seringa (ter sido recolhido mais de 5cm³ de amostra).

A densidade está intimamente relacionada com a compactação e taxa de sedimentação do fundo da baía, sendo fundamental o conhecimento da sua ordem de grandeza em caso de dragagem. Consequentemente, quanto mais profundo estiver o sedimento, maior deverá ser a sua compactação e maior é a sua densidade. Esta relação é observada em metade das amostras da Baía do Seixal. Na outra metade (C2, C4, C5, C6, C8, C10 e C15) há oscilações nos valores de densidade em relação à profundidade (**Figura 111**), as quais podem dever-se ao facto de se estar a usar a densidade aparente, que inclui na medição a hidratação do sedimento e as vesículas de gás (metanogénese) presentes nos sedimentos.

A classificação textural/granulométrica dos sedimentos analisados foi efectuada com base no diagrama triangular de Shepard (1954), no qual são consideradas as componentes Argila, Silte, Areia+Cascalho, definidos a partir da escala logarítmica de Friedman & Sanders (1978) (**Figura 122**). Em geral, não se observaram variações verticais significativas, sendo os sedimentos classificados de modo geral, segundo Shepard (1954) como siltes argilosos, siltes arenosos ou areias siltosas. As maiores diferenças localizaram-se nos canais principais (C3, C12 e C8,) e nos bancos de ostras (C1, C5 e C6) (cf. Figura 9).

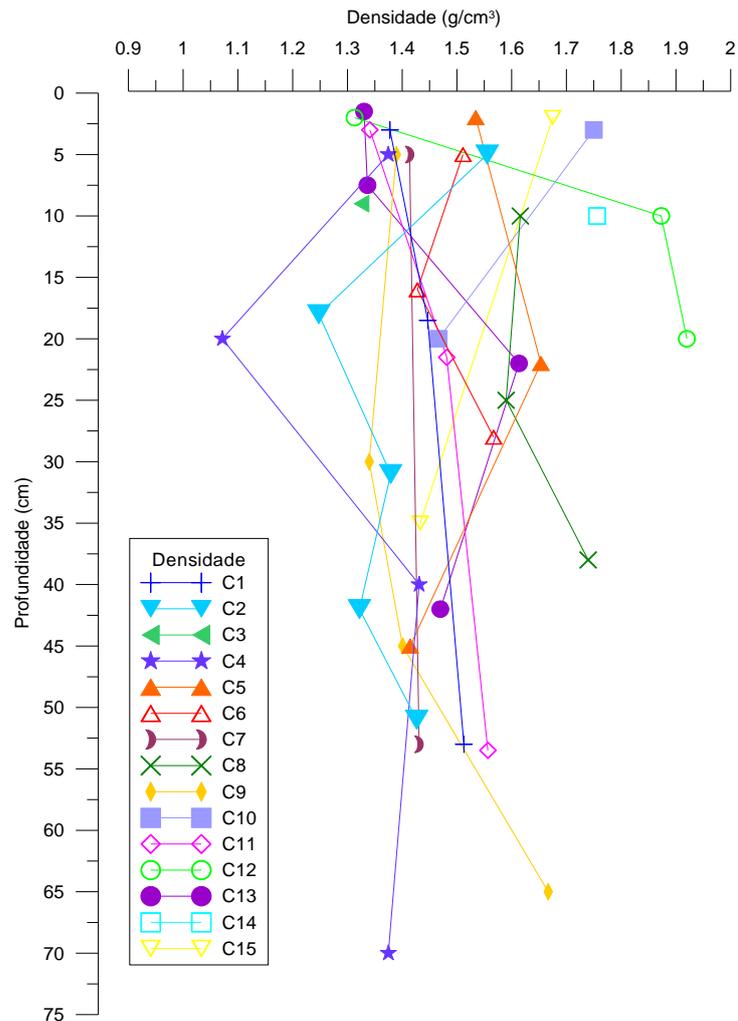


Figura 11. Variação da densidade aparente em função da profundidade nos diferentes cores.

Na amostra C3 há uma alternância abrupta, aos 17 cm de profundidade, de um silte-argiloso para uma areia. Nas amostras C5, C6, C8 e C12A, é gradual a alternância granulométrica: de uma maior percentagem de silte nas sub-amostras mais superficiais (topo) para maior percentagem de areia nas sub-amostras mais profundas (base). Já na amostra C1 a alternância é inversa, de um areia-silte-argilas até aos 6 cm, para um silte argiloso dos 6 aos 75 cm.

A análise da distribuição granulométrica da camada superficial (reunindo os resultados das amostras verticais com os das amostras superficiais recolhidas em Fevereiro de 2009) ao longo da Baía (Figura 13), mostra que esta é constituída, na sua maioria, por lodos (silte-argiloso), à excepção do canal principal de entrada na baía e no canal junto ao estaleiro do Talaminho. A origem arenítica do fundo do canal principal poderá resultar de contribuição e trocas sedimentares com praias estuarinas situadas junto à entrada do canal. Já a zona do canal junto ao estaleiro do Talaminho poderá ter origem nas praias e arribas situadas imediatamente a montante, ou nas fortes acções

antrópicas exercidas na zona. A amostra recolhida na zona (C12), revelou um incremento da percentagem de areia da base para o topo

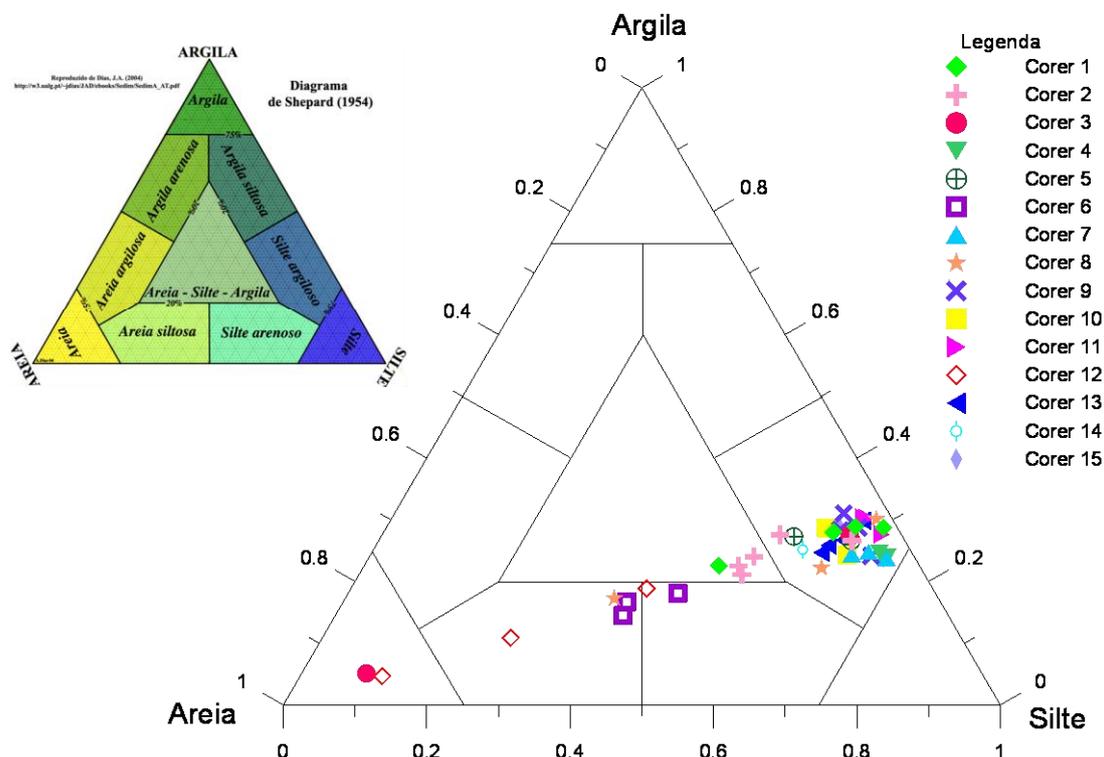


Figura 12. Diagrama de Shepard com a projecção das amostras dos cores.

A mineralogia da fracção silto-argilosa é constituída, em termos médios, por mica/ilite (máximo 63,41%, média 27,86% e mínimo 12,53%), quartzo (máximo 23,71%, média 16,33% e mínimo 8,30%), plagioclase (máximo 23,49%, média 13,513% e mínimo 6,21%) e caulinite (máximo 22,48%, média 9,48% e mínimo 2,78%). Como minerais acessórios surgem a clorite, opala, anatase, anidrite, plagioclase, calcite, dolomite, sidrite e pirite (**Figura 134**).

Morfoscopicamente, a fracção grosseira dos sedimentos superficiais, é constituída na sua maioria por grãos de quartzo, micas (moscovite e alguma biotite), litoclastos de rochas vulcânicas e metamórficas, agregados mineralógicos, minerais pesados, agregados de matéria orgânica e de fracções inferiores, fragmentos de conchas de moluscos e foraminíferos bentónicos do género *Ammonia* (Linné, 1758). Em algumas amostras foi identificado zircão na fracção 3-4 Φ .

A amostra da posição C6, localizada num banco de ostras, apresenta baixa percentagem de total de biogénicos em comparação com a da posição C12, que se localiza num canal (**Figura 155**).

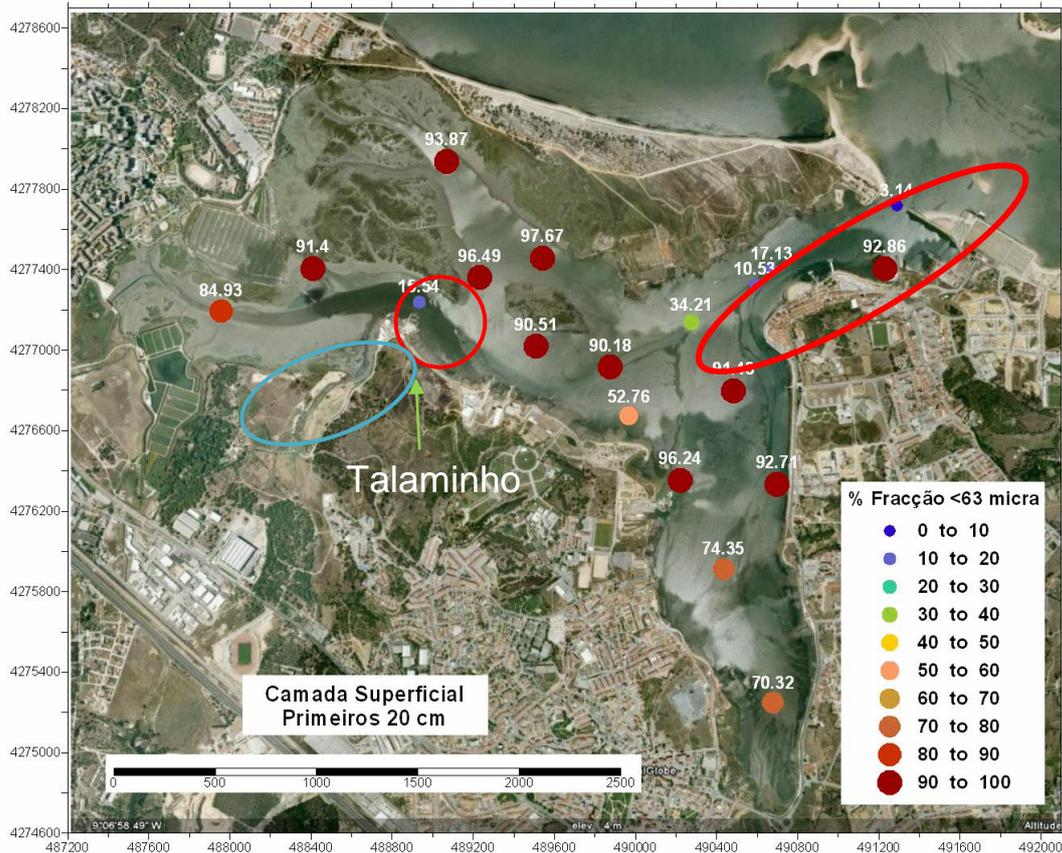


Figura 13. Distribuição granulométrica nas amostras superficiais na Baía do Seixal.

O foraminífero do género *Ammonia* foi identificado nas amostras C3 (0-17cm), C4 (0-27cm), C6 (0-8cm), C10 (0-5cm) e C15 (0-20cm). Estas estações estão relacionadas com possíveis focos de poluição, estando as estações C3 e C15 localizadas próximo da rede de esgoto principal e a estação C4 junto ao estaleiro naval da Amora (**Figura 166**). De acordo com Martins *et al.*, (2004) as *Ammonias spp.* são típicas de ambientes litorais pouco profundos e estuários, com temperaturas que variam entre os 17-22°C. São endofaunais e encontram-se em abundância nos sedimentos silto-argilosos entre os 0 e os 7 m de profundidade. São dominantes em áreas de descarga de lixos, de efluentes aquecidos contaminados por produtos químicos, como soda cáustica, cloretos ou metais pesados. São um género muito oportunista capaz de suportar grandes variações de salinidade e poluição.

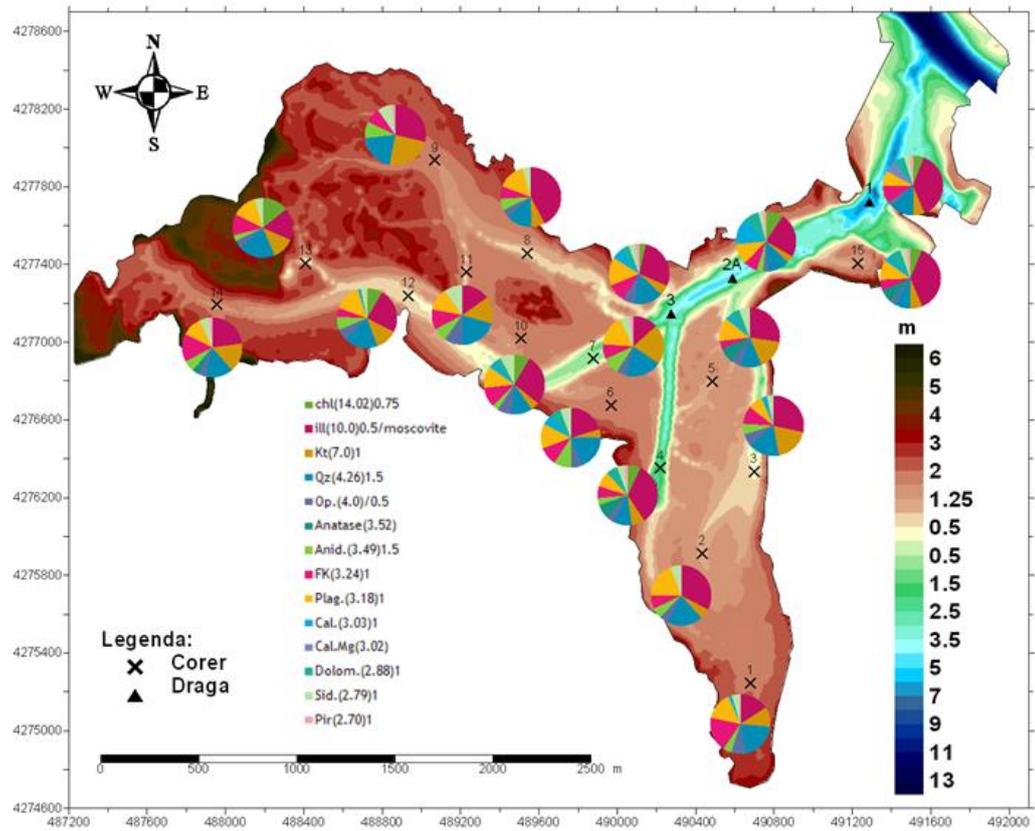


Figura 14. Distribuição mineralógica da fracção silto-argilosa nas amostras superficiais na Baía do Seixal.

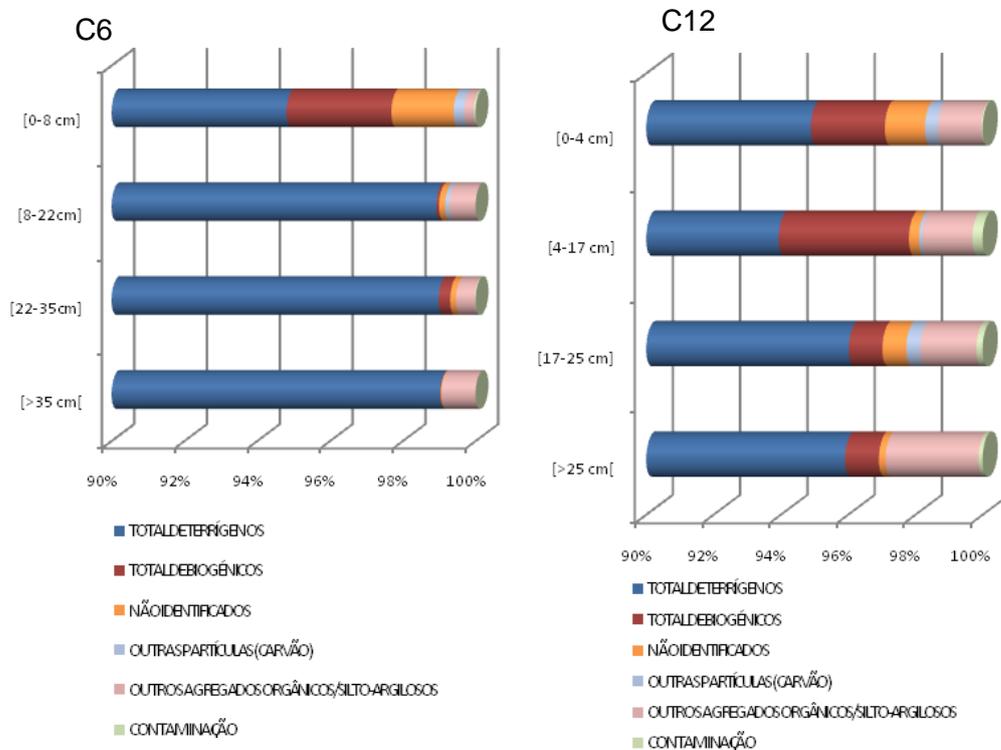


Figura 15. Variação das classes utilizadas na análise morfológica em função da profundidade, no core C6 e no core C12.

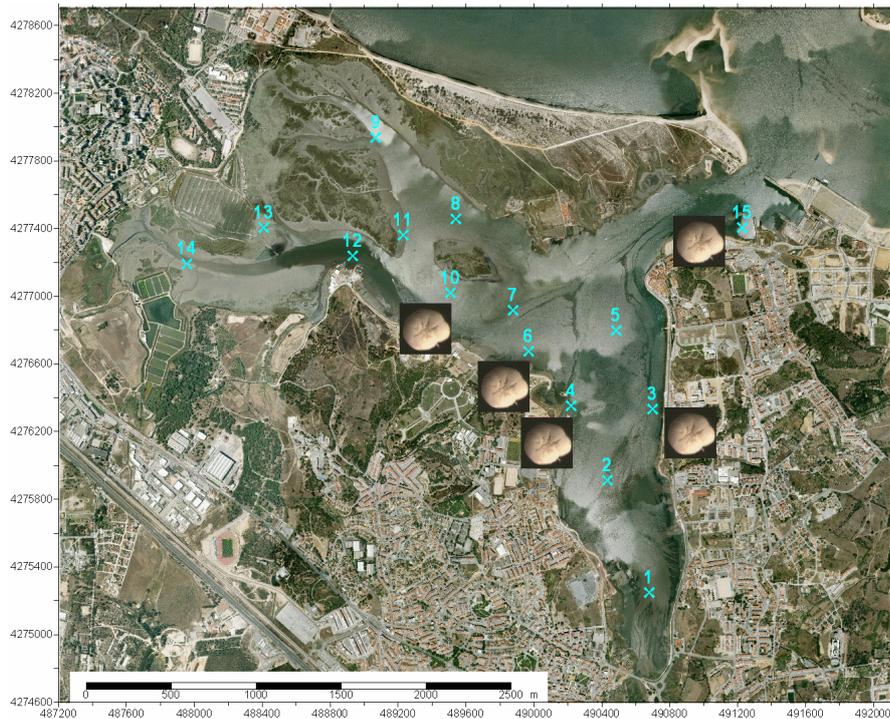


Figura 16. Distribuição do foraminífero do género *Ammonia* nas estações de amostras verticais, na camada superficial.

As percentagens de calcite e dolomite, determinadas por difracção raios-x, são mais elevadas nas estações localizadas nos bancos de ostras (C1, C5, C10 e C15, **Figura 1717**).

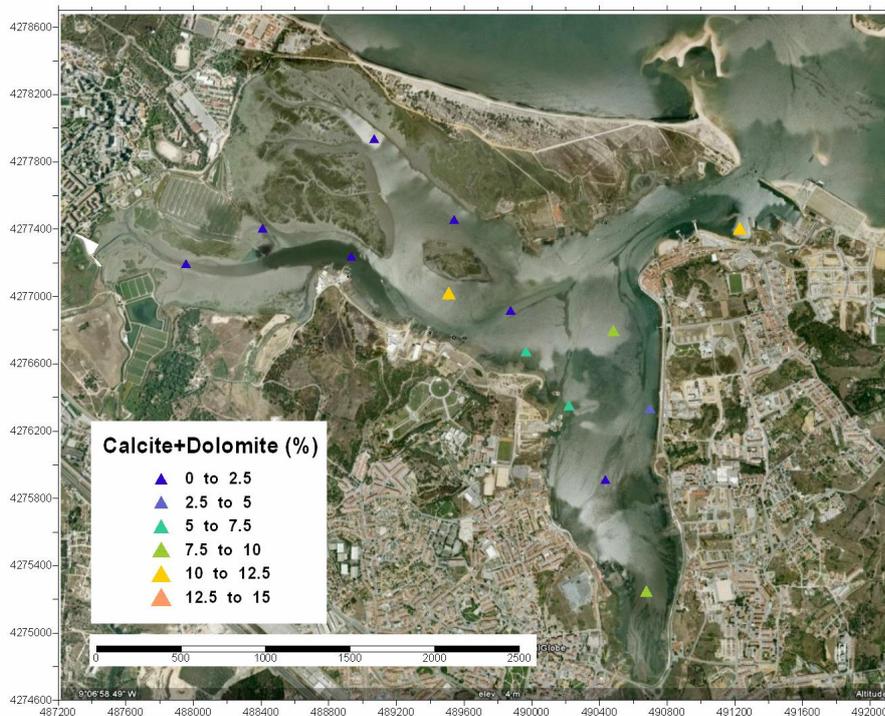


Figura 17. Distribuição da percentagem de carbonatos (calcite e dolomite) nas amostras superficiais ao longo da Baía do Seixal.

5. Química dos sedimentos

A caracterização química do sedimento baseou-se nas mesmas amostras recolhidas para caracterização geológica: três amostras superficiais em Fevereiro e quinze amostras verticais em Maio de 2009 (Figuras 9 e 10).

As amostras superficiais de sedimento foram colhidas com colhedor Petit Ponard e as de profundidade utilizando um *corer* manual de gravidade. A fim de diminuir a actividade biológica, evitando a ocorrência de transformações químicas nos sedimentos, estes foram preservados por congelação a -20° C, à excepção das amostras destinadas à análise granulométrica. As amostras colhidas em “*corer*” foram frigorificadas na posição vertical até à chegada ao laboratório do IH. As amostras para análise de compostos organoclorados, hidrocarbonetos e metais foram fraccionadas via húmida com peneiros de malha 2 mm sendo posteriormente congeladas a -20° C. As amostras para análise de metais, pesticidas organoclorados e policlorobifenilos foram secas por liofilização. Após descongelação, os *cores* foram abertos e sub-divididos de acordo com observação visual da textura (Tabela III).

Tabela III. Baía do Seixal - Sub-divisões efectuadas nas amostras verticais (*cores*)

Estação	Sub divisões (cm)				
C1	0-6	6-31	31-75		
C2	0-12	12-22	22-38	38-47	47-54
C3	0-17				
C4	0-27	27-53	53-72		
C5	0-13	13-31	31-50		
C6	0-8	8-22	22-35		
C7	0-25	25-55			
C8	0-16	16-34	34-43		
C9	0-25	25-40	40-54	54-71	
C10	0-15	15-30			
C11	0-6	6-37	37-70		
C12	0-4	4-17	17-25		
C13	0-3	3-12	12-32	32-52	
C14	0-25				
C15	0-20	20-39			

A análise dos sedimentos foi efectuada na fracção total (<2 mm), tendo recaído sobre os seguintes parâmetros: perda por ignição; metais alumínio (Al), arsénio (As), cádmio (Cd), crómio (Cr) cobre (Cu), ferro (Fe), mercúrio (Hg), lítio (Li), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), zinco (Zn), pesticidas organoclorados (HCB, γ -HCH, aldrina, dieldrina, endrina, op'-DDE, pp'-DDE, op'-DDD, pp'-DDD, op'-DDT, pp'-DDT); policlorobifenilos (CB28, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153, CB180), e hidrocarbonetos poliaromáticos (antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(a)pireno, benzo(e)pireno, benzo(ghi)perileno, benzo(k)fluoranteno, criseno, trifenileno, fluoranteno, indeno(1,2,2-cd)perileno, naftaleno, fenantreno, perileno e pireno.

a. Amostras superficiais

i. Granulometria e perda por ignição

A classificação granulométrica, segundo Shepart (1954), das amostras S1 e S2 é areia cascalhenta com uma fracção <63 μm de 3,14% e 17,13% respectivamente enquanto que a amostra da estação S3 se classifica como areia siltosa, com uma fracção <63 μm de 34,21% (Póvoas REL PT GM07/10). As estações com maior percentagem de finos apresentam também os teores mais elevados da perda por ignição como se pode ver na Figura 18.

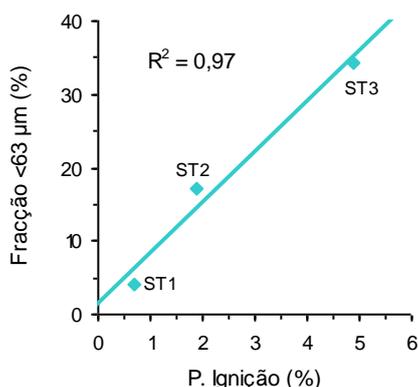


Figura 18. Fração < 63 μm vs Perda por Ignição em sedimentos superficiais (Fevereiro 2009).

ii. Metais pesados

Os teores encontrados de Cd nas três estações são da ordem do limite de quantificação do método (0,3 mg kg⁻¹).

Na Figura 19 estão representados os teores de As, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn, Fe e Mn. Pela análise da figura constata-se que os teores mais elevados foram encontrados na estação onde existe uma maior percentagem de finos - S3, como seria de esperar de acordo com Loring *et Rantala*, 1992.

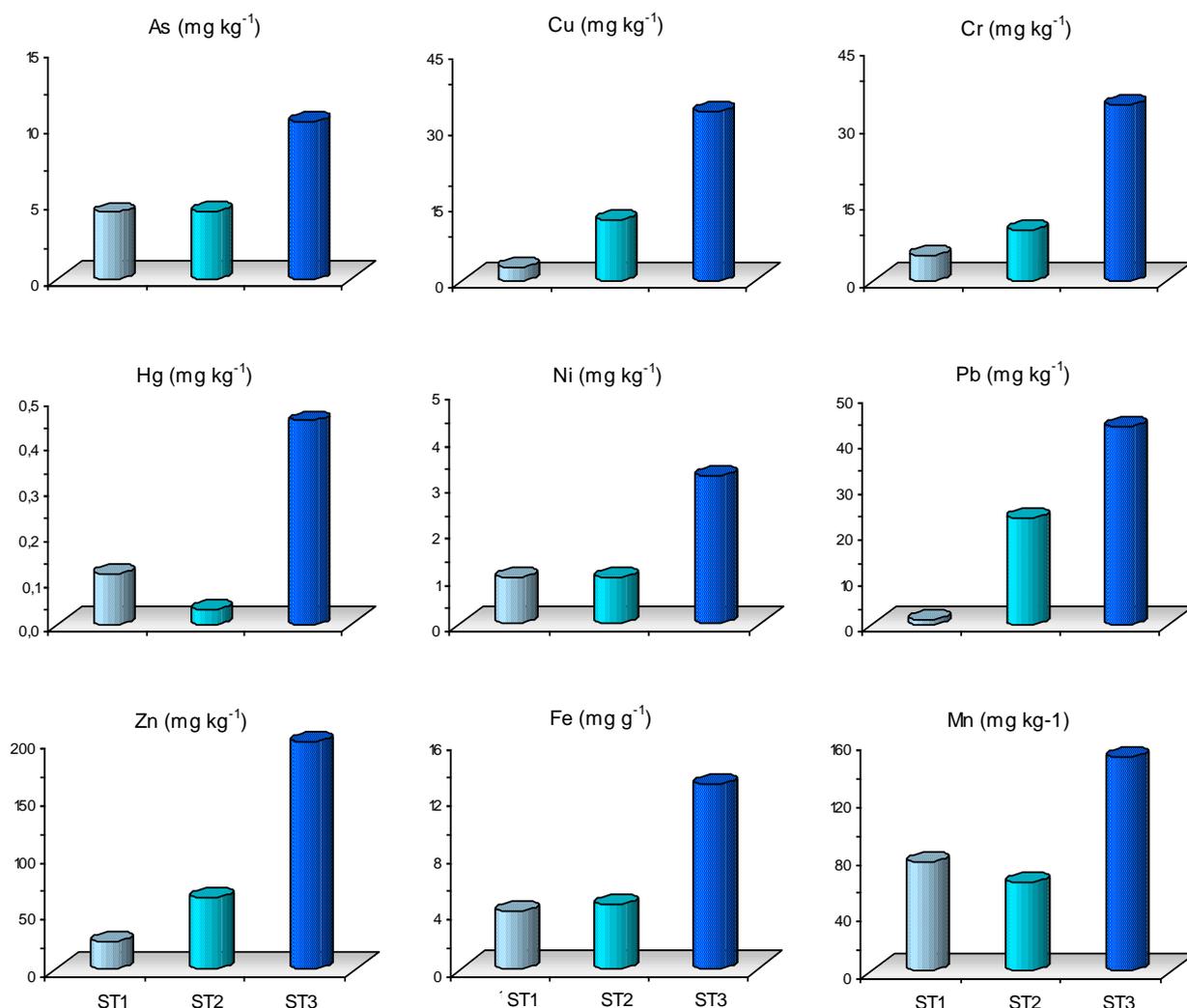


Figura 19. As, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn, Fe e Mn em sedimento superficiais (Fevereiro 2009).

Tendo em atenção Portaria nº 1450/2007 os sedimentos podem ser classificados como Classe 1 – Material dragado limpo, com excepção do Zn da estação ST3 que se classifica como Classe 2 – Material dragado com contaminação vestigiária.

A OSPAR em 2008 definiu Critério de Avaliação Ambiental (EAC), estabelecendo LOWER EAC (Valor abaixo do qual todas as espécies marinhas não sofrem efeitos biológicos) e UPPER EAC (Valor mais elevado que se espera que não causa efeitos tóxicos). Os teores de As, Cd, Cr, Cu,

Hg, Ni, Pb e Zn encontrados na Baía do Seixal na amostragem de Fevereiro de 2009 são inferiores ao UPPER EAC.

Os metais ferro e manganês sendo constituintes naturais dos sistemas aquáticos, apenas quando as suas concentrações são superiores a determinados níveis é que são considerados poluentes. No presente caso são valores considerados baixos.

iii. Policlorobifenilos e pesticidas organoclorados

Na Figura 20 estão representados os teores em hexaclorobenzeno (HCB), o somatório de PCBs (entendido como Σ PCBs - somatório dos congêneres CB28, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153, CB180) e o somatório de DDE,DDD,DDT (entendido como Σ (DDE,DDD,DDT) - somatório dos metabolitos op'DDE, pp'DDE, op'DDD, pp'DDD, op'DDT e pp'DDT).

Os teores de HCB e Σ PCBs são baixos em todas as estações e de acordo com a Portaria nº 1450/07 todos os sedimentos da amostragem de 2010 podem-se classificar, como “Classe 1 – Material dragado limpo”, com excepção do Σ PCBs da estação ST2 que se classificam como “Classe 2 – Material dragado com contaminação vestigiária”.

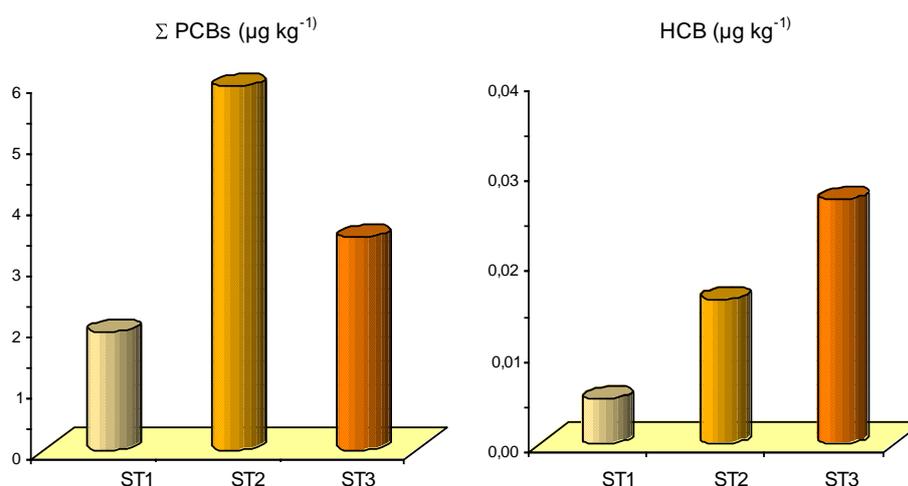


Figura 20. HCB e Σ PCBs em sedimento superficiais (Fevereiro 2009).

A estação 3 apresenta um teor muito elevado de Σ (DDE,DDD,DDT): 22 µg kg⁻¹. A análise dos resultados individuais obtidos para cada um dos

metabolitos permite concluir que o pp'-DDT é o principal responsável para este teor. Nas restantes estações os teores são baixos variando entre o limite de quantificação do método $0.3 \mu\text{g kg}^{-1}$ a $0.6 \mu\text{g kg}^{-1}$.

Em OSPAR (2000 b) são estabelecidos valores provisórios de CAE de $5 \mu\text{g kg}^{-1}$ para o DDE e para a dieldrina. Pela análise dos resultados individuais destes dois analitos verifica-se que todos os teores são inferiores ao CAE.

iv. Hidrocarbonetos poliaromáticos

O teor mais elevado do somatório de hidrocarbonetos aromáticos polinucleares (ΣPAHs) foi encontrado na estação ST2 (Figura 21). De acordo com a Portaria nº 1450/07, os sedimentos em relação ao PAHs classificam-se como Classe 1 – Material dragado limpo para as estações ST1 e ST3 e como Classe 2 – Material dragado com contaminação vestigiária para a estação ST2.

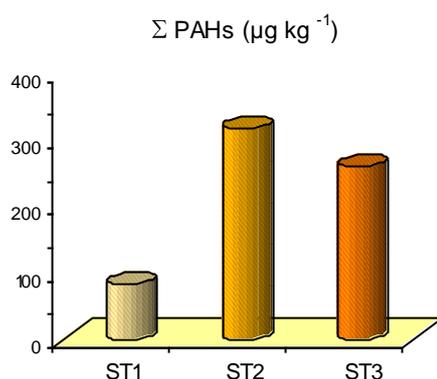


Figura 21. ΣPAHs em sedimento superficiais (Fevereiro 2009).

b. Amostras verticais

i. Granulometria e Carbono Orgânico Total.

Na figura 22 encontra-se representada a distribuição da fracção $<63 \mu\text{m}$ (silte+argila) nas diversas amostras verticais. Pela análise da Figura verifica-se que nas diversas estações não existem variações granulométricas significativas, o mesmo se passando quando se estuda verticalmente cada uma das amostras. As amostras de um modo geral classificam-se, segundo Shepard (1954), como siltes argilosos, siltes arenosos ou areias siltosas.

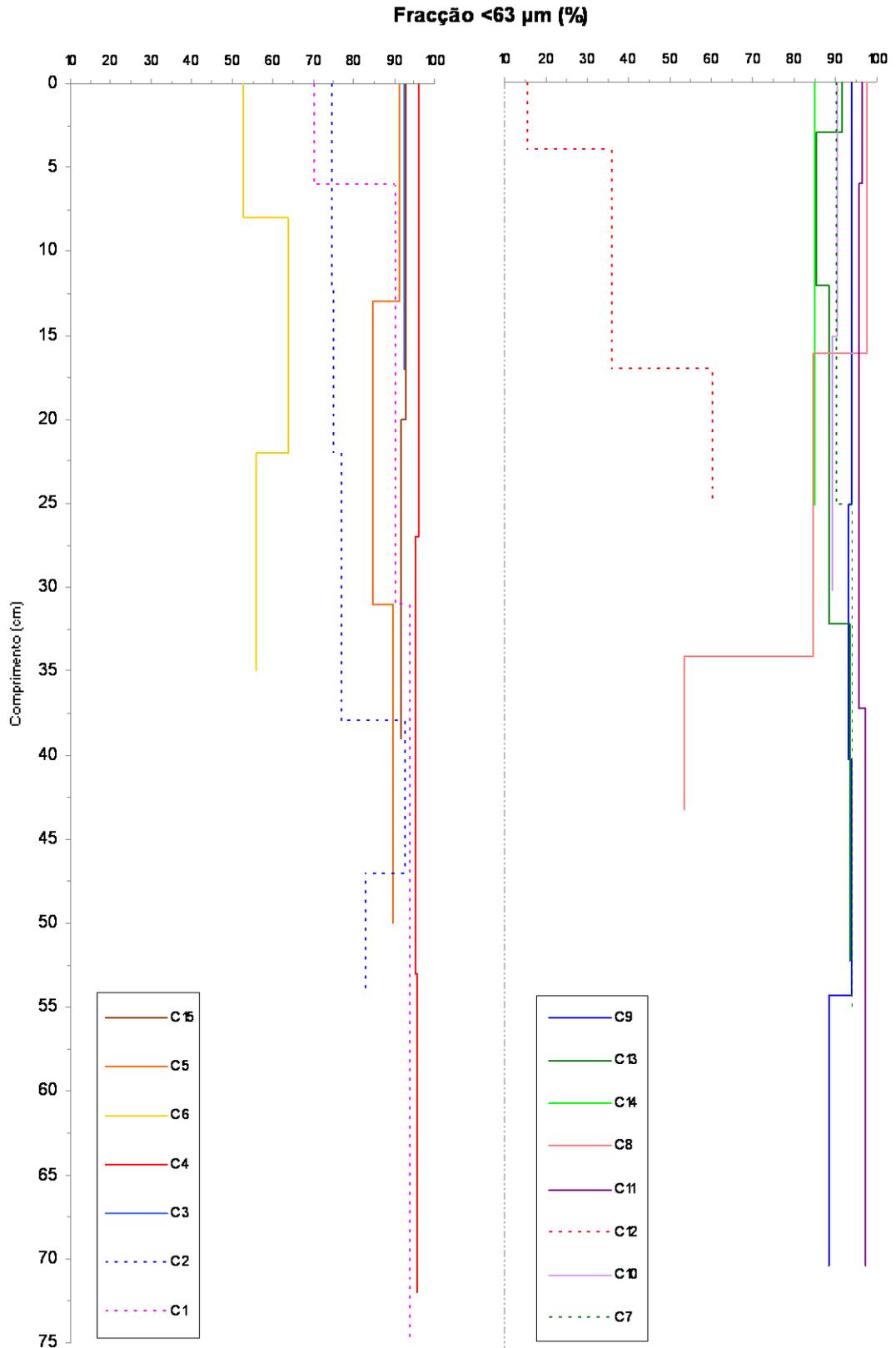


Figura 22. Fracção < 63 μm em sedimentos verticais (Maio 2009).

As estações onde se verificam diferenças significativas são as correspondentes às amostras C12 e C8. A variação vertical da percentagem

de finos (fracção <63 μm) da amostra C12 é de 15,49% (camada 0-4 cm) a 59,81 (camada a partir dos 17 cm) enquanto na estação C8 varia entre 97,67% (camada 0-16 cm) a 53,65% (camada superior a 34 cm).

Na Figura 23 apresenta-se a relação entre a percentagem de finos e o COT. Pela análise verifica-se, como seria de esperar (Rowlatt e Lovell, 1994), que aos valores mais baixos de percentagem de finos correspondem também valores mais baixos de COT, com excepção da estação ST12, obtendo-se correlações de 0,52 ($p=0,01$) para $n=42$.

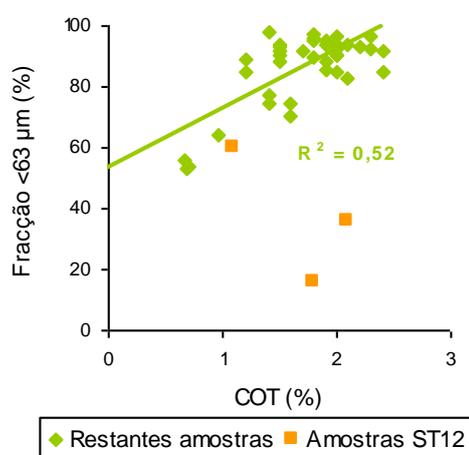


Figura 23. Fracção < 63 μm vs COT em sedimentos verticais (Maio 2009).

ii. Metais Pesados

Os teores de As (Figura 24) na camada superficial variam entre os 22 a 37 mg kg^{-1} com excepção da estação C8 (58 mg kg^{-1}) e nas estações C1 e C12 (15,5 e 11,8 mg kg^{-1} respectivamente). A estação C8 a partir dos 16 cm passa a ter valores da mesma ordem de grandeza das restantes. O teor de As ao longo dos cores mantém-se mais ou menos constantes com excepção das estações C9 (a partir 25 cm), C11 (37- 70 cm), C13 (3-12 cm) e C12 (a partir 4 cm). É de realçar os teores encontrados ao longo do core C9, passando de 29 mg kg^{-1} na camada dos 0-25 cm para 78 mg kg^{-1} na camada 25-40 cm, 98 mg kg^{-1} na de 40-54 cm e a partir daí volta aos teores encontradas na camada anterior.

Os teores de Ni (Figura 25) ao longo dos diversos não sofrem diferenças significativas variando entre os 11, 8 a 25 mg kg⁻¹ com exceção dos encontrados nas estações C6 e C12 que variam entre <2 a 8 mg kg⁻¹.

Os teores de Cr (Figura 26) das estações C6 e C12 variam entre 27 a 41 mg kg⁻¹ enquanto que nas restantes estações variam entre 62 e 106 mg kg⁻¹. Não existe grandes diferenças dos teores encontrados ao longo dos cores com exceção da diminuição dos teores encontrados nas estações C13 (a partir dos 3 cm), C2 (camada 22-38 cm) e C8 (a partir dos 16 cm) e do aumento na estação C4 na camada 53-72 cm.

Na camada superficial os teores de Cd (Figura 27) variam entre com <0,3 a 1,6 mg kg⁻¹ não havendo diferenças significativas ao longo dos diversos “corer” com exceção das estações C1 (camada 6-31 cm), C9 (a partir dos 25 cm), C12 (camada 4-17 cm) e C13 (camada 3-12 cm) que sofrem um maior incremento ao longo do *core* enquanto que na estação C2 os teores diminuem a partir dos 22 cm. É de realçar os teores da estação C9 nas camadas 25-40 cm (4,7 mg kg⁻¹) e 40-54 cm (4,5 mg kg⁻¹) e na camada 6-31 cm da estação C1 (3,9 mg kg⁻¹).

Na generalidade, os teores de Cu (Figura 28) ao longo dos diversos *cores* sofrem um leve aumento com a profundidade. Os valores das primeiras camadas variam entre 27 a 75 mg kg⁻¹. Mais uma vez se realça as estações C9 e C1, onde os teores do *core* C9 passam de 66 mg kg⁻¹ da camada superficial para o 101 mg kg⁻¹ (a partir dos 25 cm) voltando-se a encontrar um teor da mesma ordem de grandeza a partir dos 54 cm. Na estação C1 ao longo do *core* os teores de Cu variam de 71 mg kg⁻¹ (camada superficial) para 121 mg kg⁻¹ (camada 6-31cm) e para 34 mg kg⁻¹ (camada 31-75 cm).

Os teores de Hg (Figura 29) nas primeiras camadas são inferiores a 1,4 mg kg⁻¹ não havendo diferenças significativas ao longo dos diversos *cores* com exceção das estações C1, C9, C11, C12, C13 que aumentam significativamente ao longo do tempo. A primeira situa-se na parte sul da Baía e as restantes situam-se na parte norte, sendo próximas umas das outras. Nas estações C1, C12 e C13 o incremento acontece nas camadas de 6-31cm, 4-17 cm e 3-12 cm respectivamente, enquanto que nas estações C9 e C11 o incremento é maior aos 25-40 cm e 37-70 cm respectivamente.

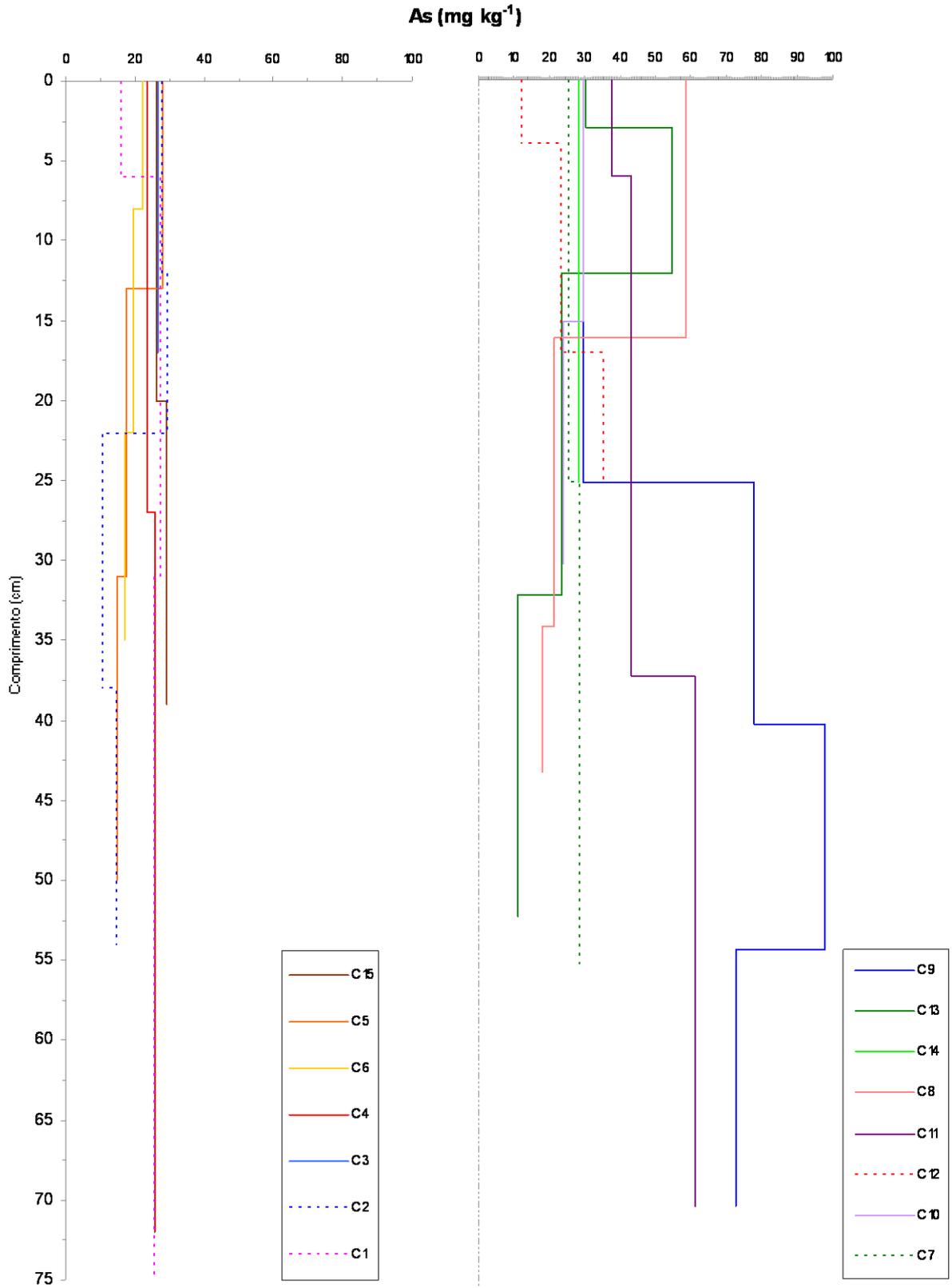


Figura 24. Arsénio em sedimentos verticais (Maio 2009).

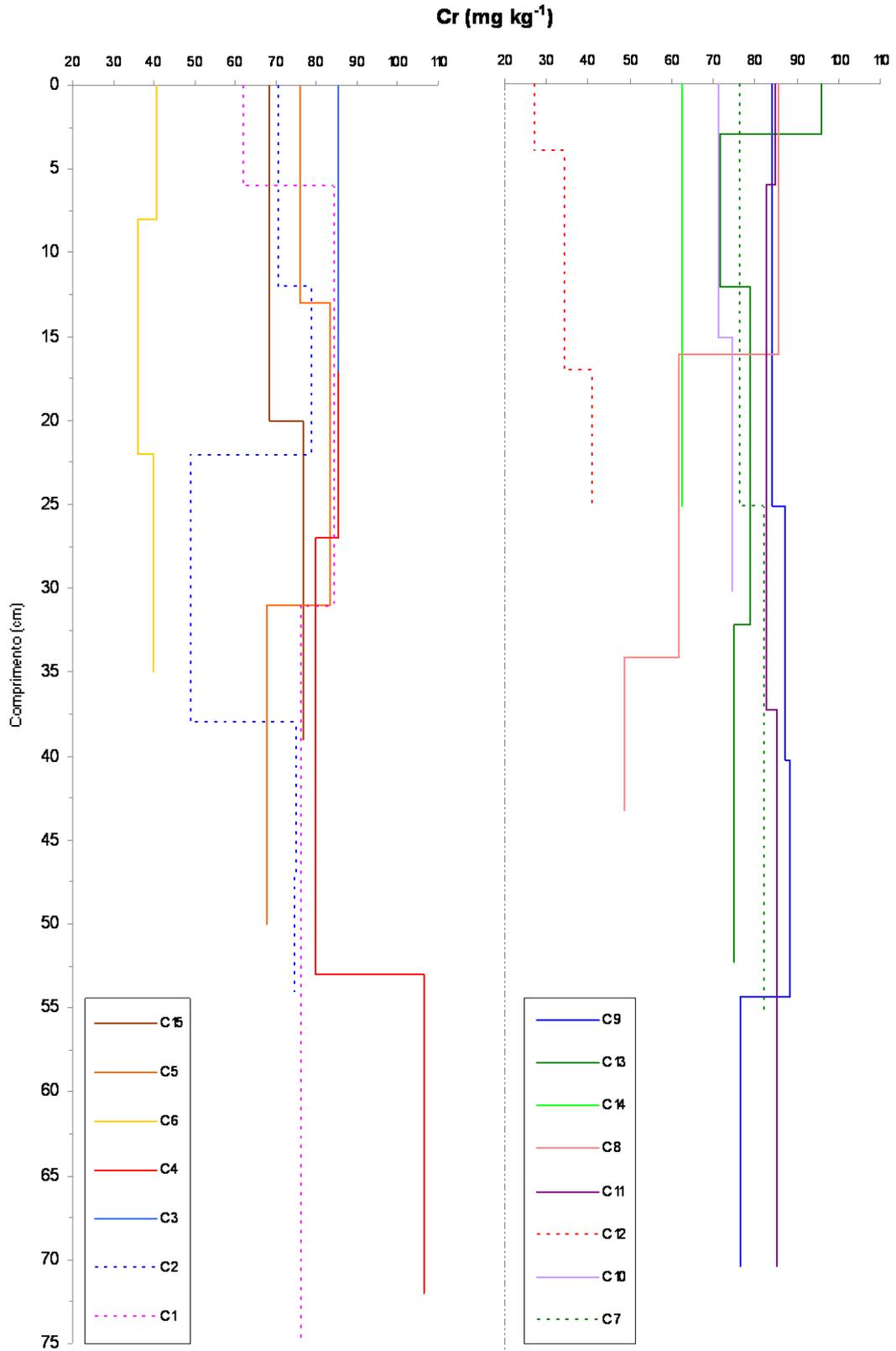


Figura 26. Crómio em sedimentos verticais (Maio 2009).

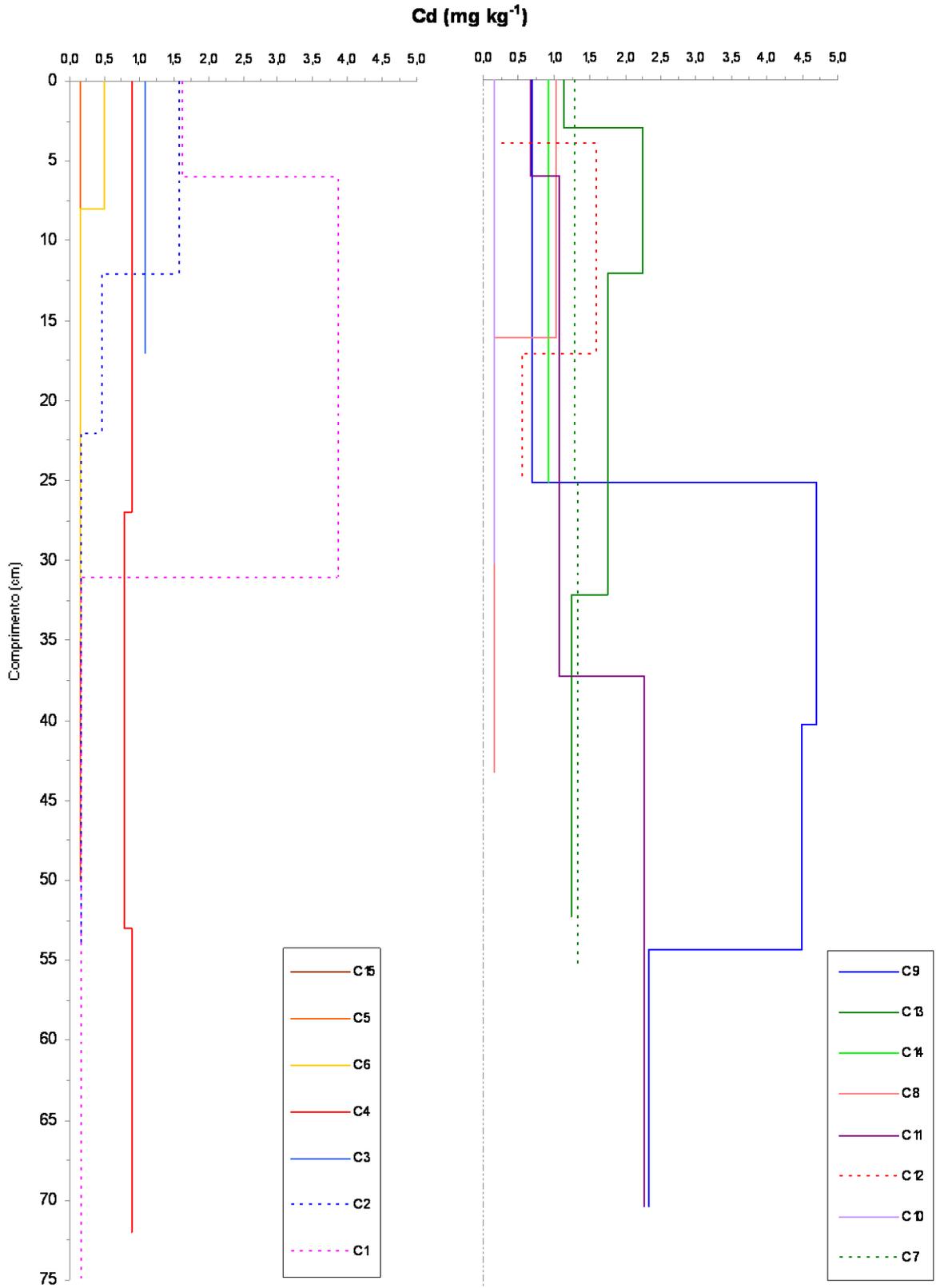


Figura 27. Cádmio em sedimentos verticais (Maio 2009).

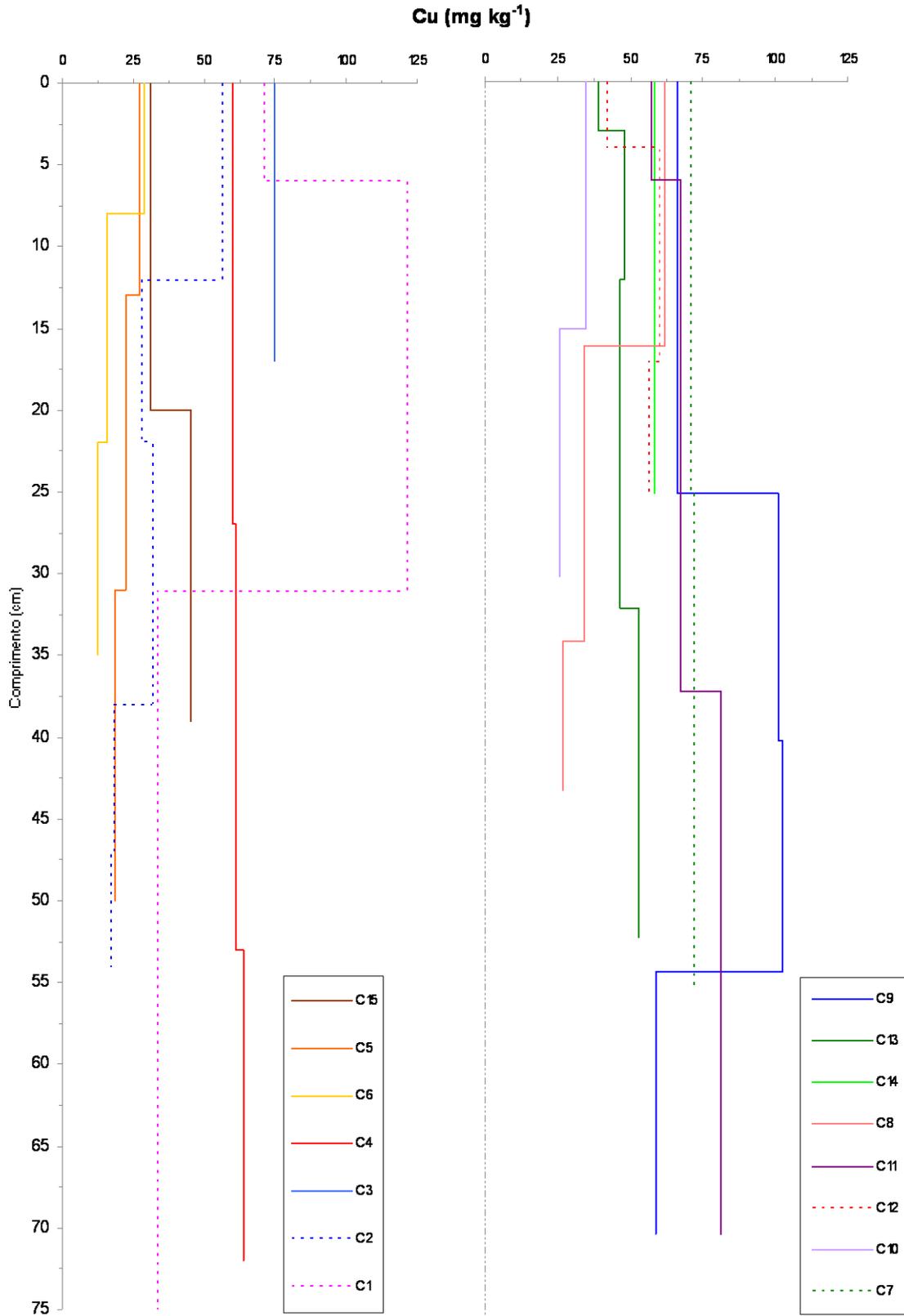


Figura 28. Cobre em sedimentos verticais (Maio 2009).

Os teores de Pb (Figura 30) nas primeiras camadas das diversas estações variam entre 39 a 154 mg kg⁻¹. Nos teores de Pb ao longo dos diversos cores verifica-se o seguinte; nas estações C5, C7 e C15 não existe variação significativa; nas estações C2, C5, C6, C8 e C10 existe uma diminuição nas camadas inferiores; nas estações C1, C9, C11 e C13 existe um aumento nas camadas inferiores já descritas anteriormente: Mais uma vez se realça o comportamento das estações C1 e C9 onde os teores mais elevados foram encontrados numa camada intermédia. Os teores encontrados para estas duas estações nas diversas camadas foram para a C1 de 141 mg kg⁻¹ (superfície), 311 mg kg⁻¹ (6-31 cm) e de 38 mg kg⁻¹ (31-75 cm) e para a C9 de 125 mg kg⁻¹ (superfície), 281 mg kg⁻¹ (25-40 cm), 358 mg kg⁻¹ (40-54 cm) e 170 mg kg⁻¹ (54-71 cm).

Na camada superficial os teores de Zn são muito aleatórios variando entre 50 mg kg⁻¹ (C2) a 902 mg kg⁻¹ (C8) mantendo-se sem variações significativas ao longo dos “cores” com excepção das estações C1, C8, C9 e C11 (Figura 31). Na estação C8 os teores encontrados nas camadas de 16-34 cm (236 mg kg⁻¹) e 34-43 cm (184 mg kg⁻¹) são significativamente inferiores ao encontrado na superfície. Nas estações C1, C9 e C11 o comportamento do Zn é idêntico ao encontrado para os metais Cd, Cu, Hg e Pb. Ao longo dos diversos cores os teores máximos foram encontrados nas estações C1 e C9 (respectivamente 1496 e 1462 mg kg⁻¹) e os mais baixos nas estações C2 e C6 (50 e 57 mg kg⁻¹ respectivamente).

Os teores dos metais Al, Fe Mn e Li ao longo dos diversos cores. estão representados nas Figuras 32 e 33. Em geral, os teores de Al e Fe (Figura 32) e Mn e Li (Figura 33) não apresentam variações significativas, tanto entre as diversas estações como ao longo do tempo. Os teores nas primeiras camadas foram os seguintes: 31-147 mg g⁻¹ para o Al; 20-51 mg g⁻¹ para o Fe; 68-295 mg kg⁻¹ para o Mn e 31-126 mg kg⁻¹ para o Li. Os teores mais baixos foram encontrados sistematicamente na estação C12.

Os teores elevados dos metais encontrados nas estações C1 e C9 não estão relacionados com a fracção fina (fracção <63 µm) dos sedimentos, como se pode verificar através da Figura 24.

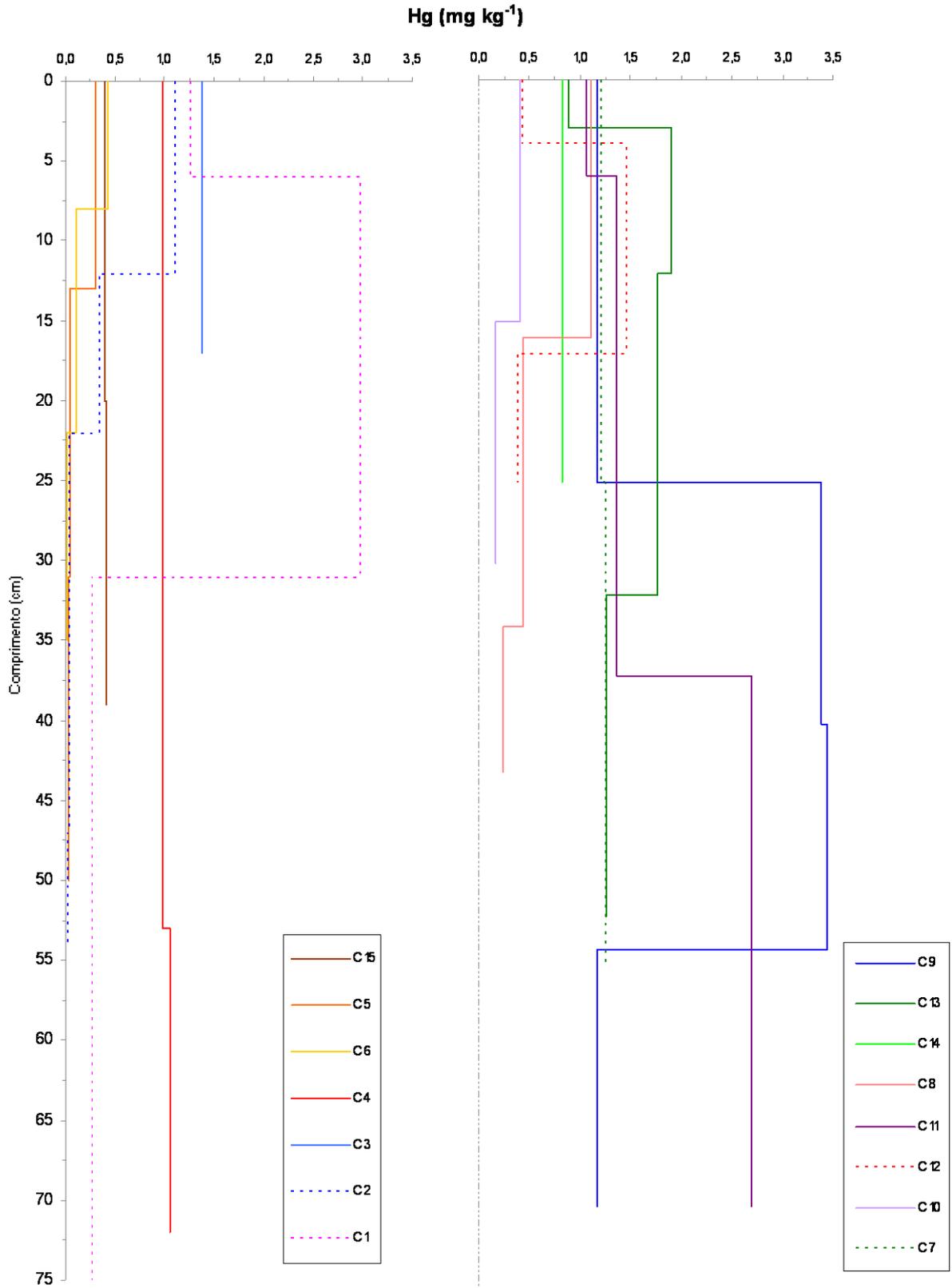


Figura 29. Mercúrio em sedimentos verticais (Maio 2009).

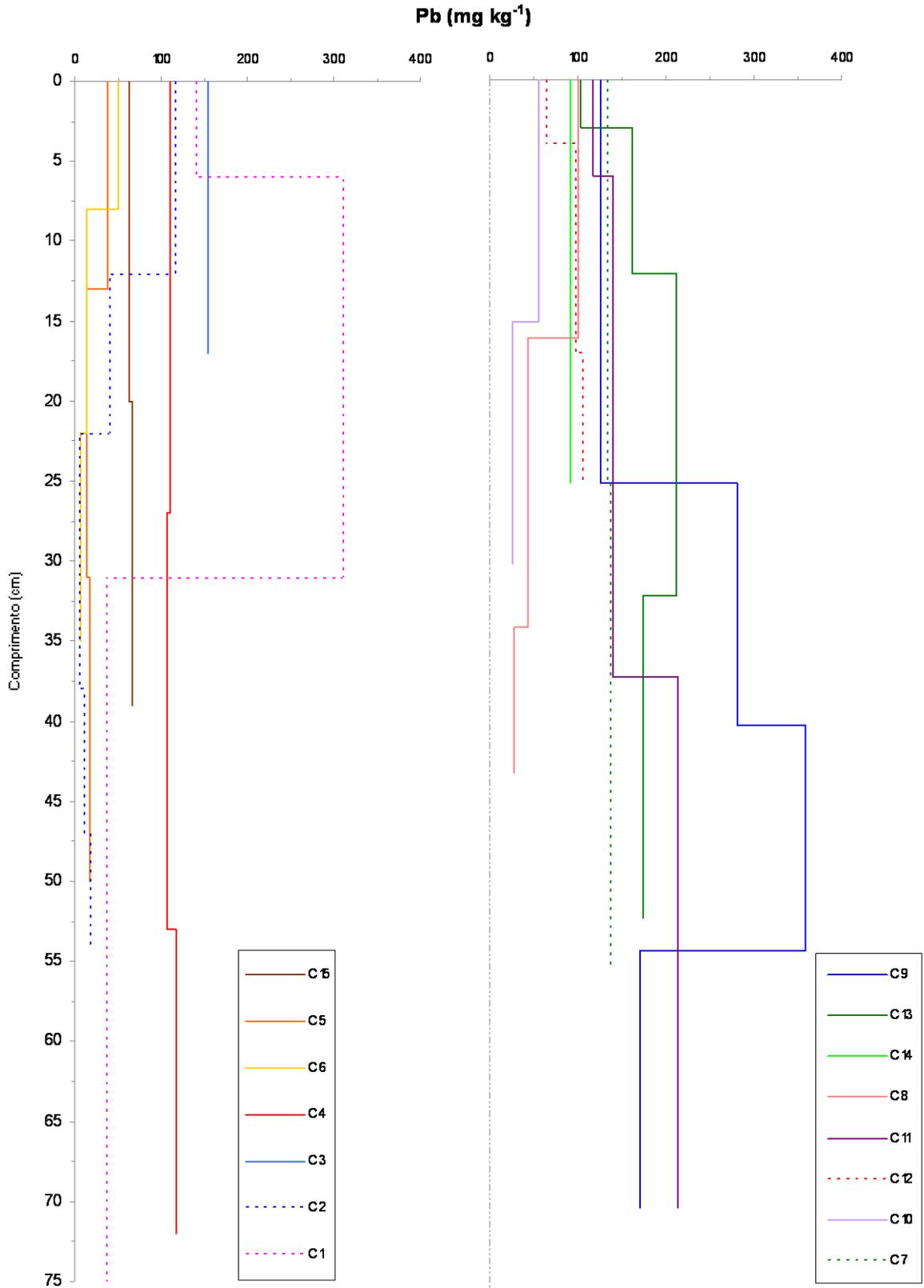


Figura 30. Chumbo em sedimentos verticais (Maio 2009).

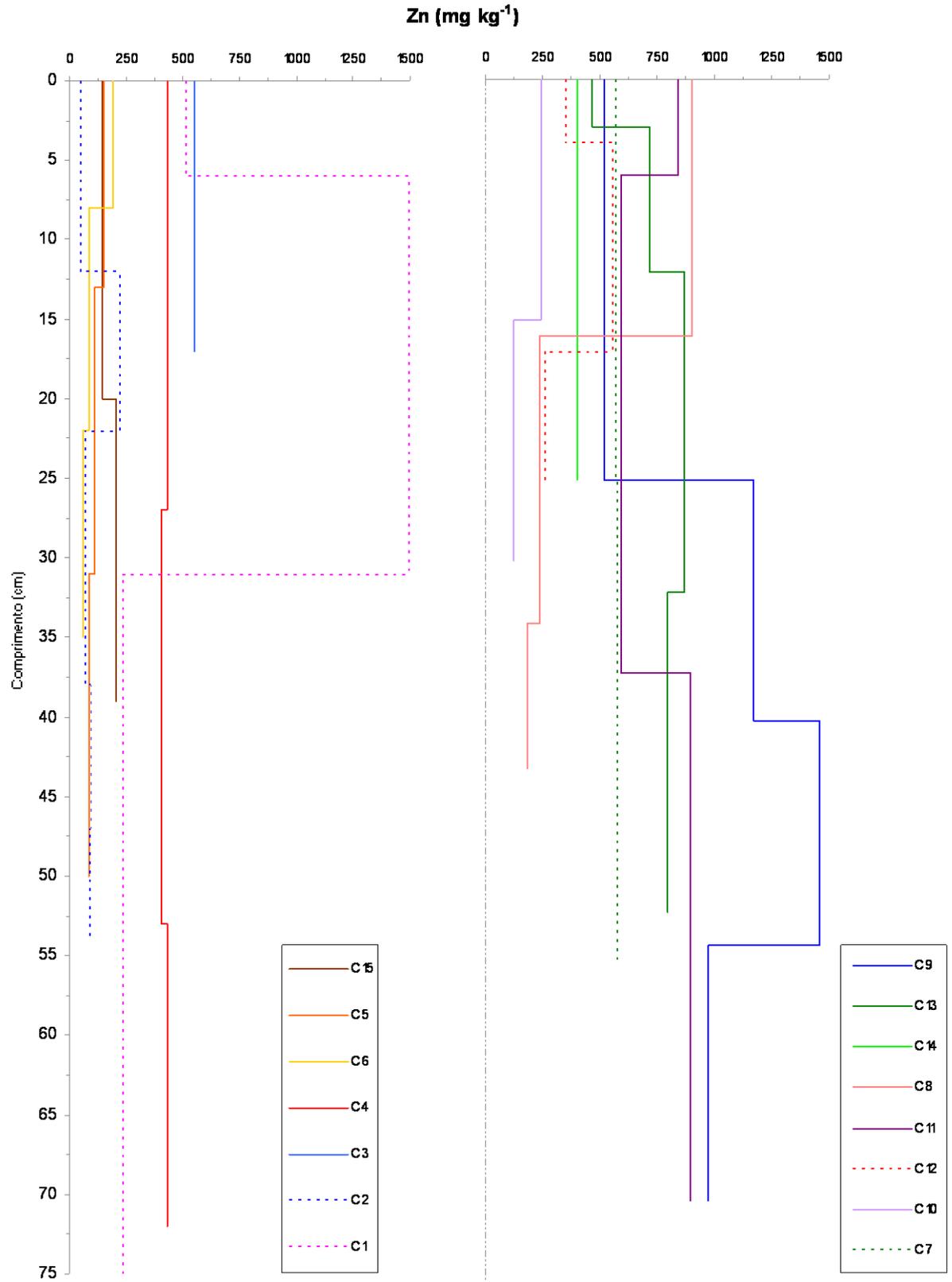


Figura 31. Zinco em sedimentos verticais (Maio 2009).

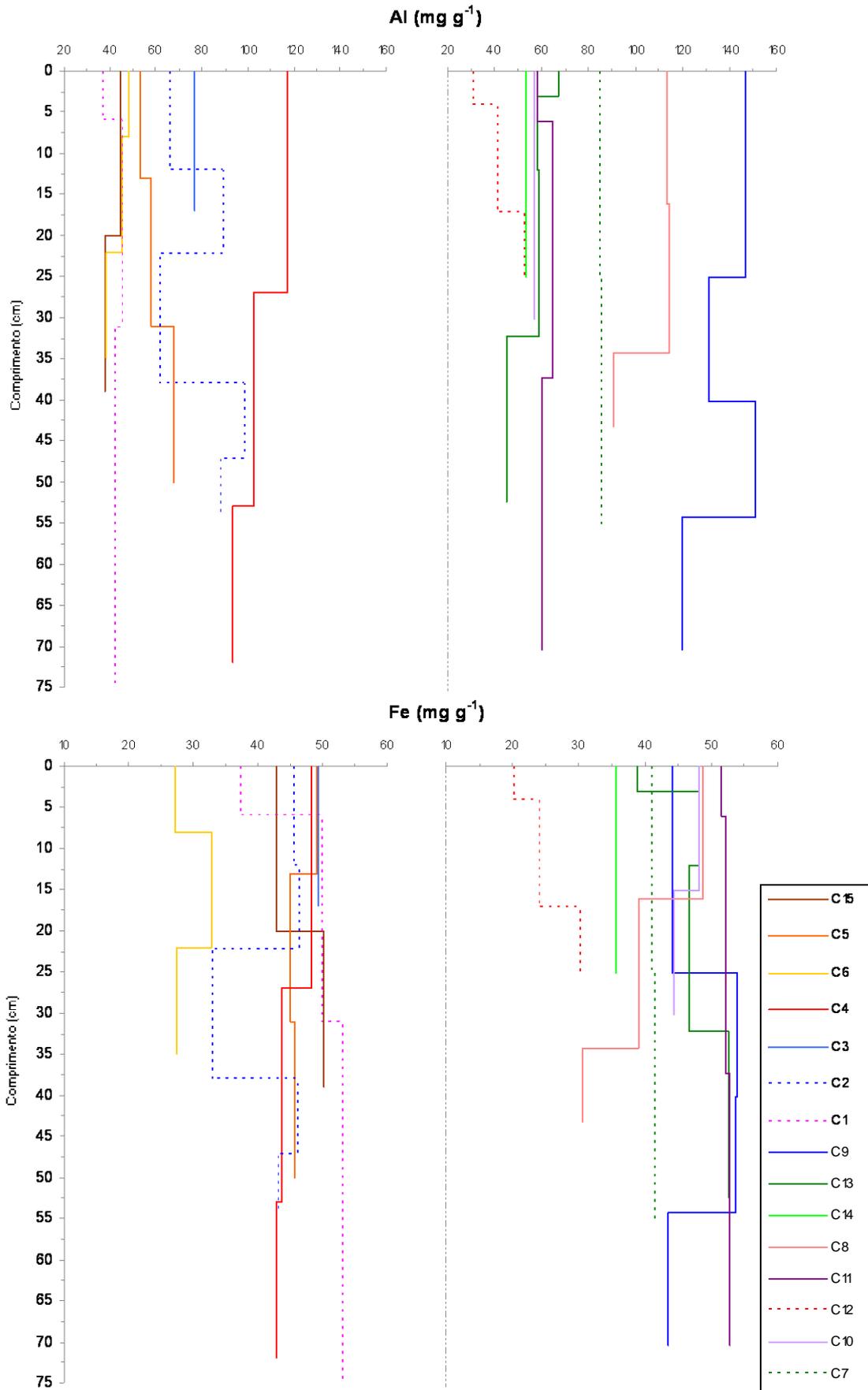


Figura 32. Alumínio e ferro em sedimentos verticais (Maio 2009).

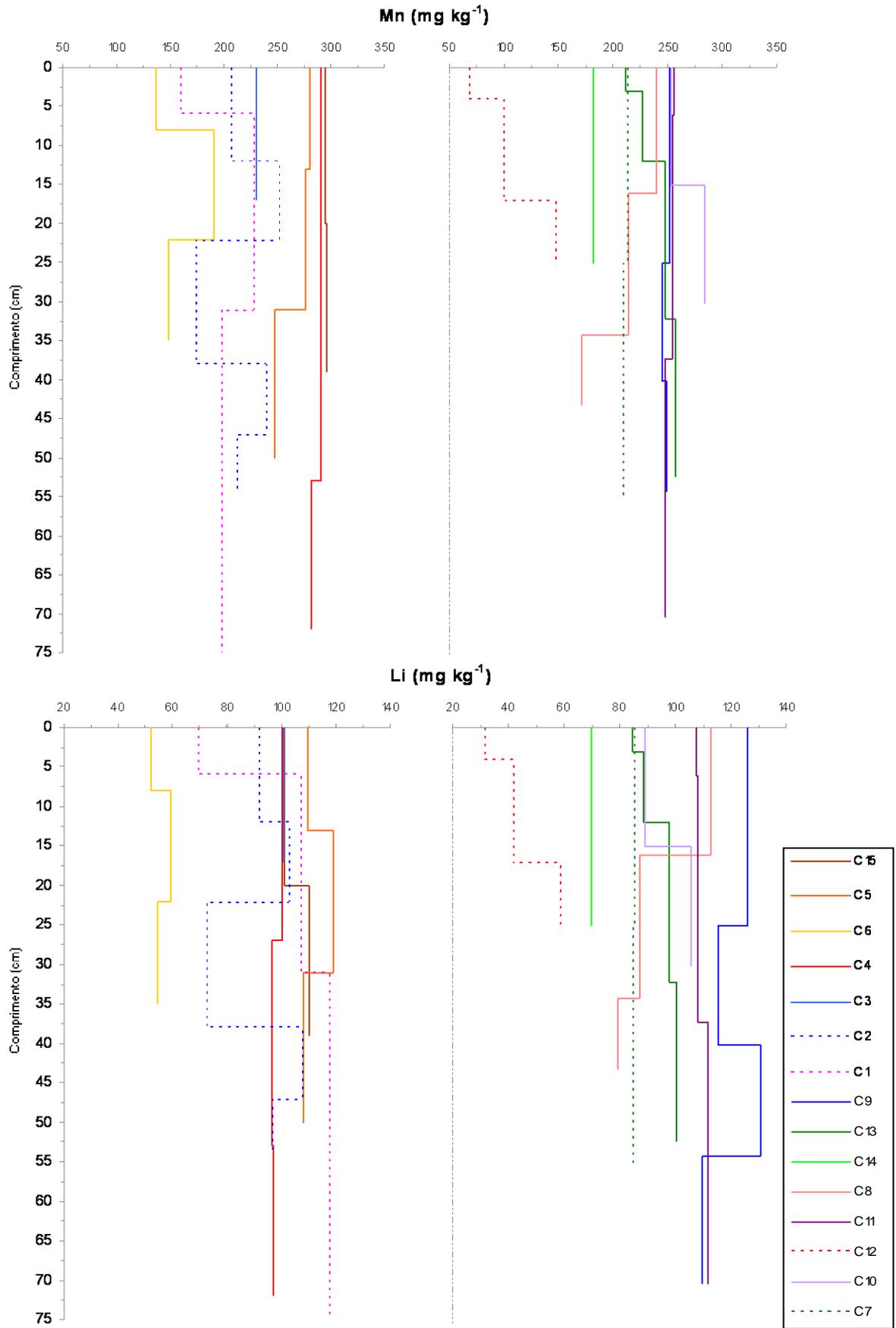


Figura 33. Manganês e lítio em sedimentos verticais (Maio 2009).

A normalização define-se como um procedimento para corrigir a concentração de contaminantes da influência da variabilidade natural da composição do sedimento, podendo ser textural (relacionada com o tamanho do grão, matéria orgânica e mineralogia) ou associada à geoquímica, utilizando um elemento não contaminante designado como normalizador. Contaminantes como os metais e os compostos orgânicos apresentam maior afinidade para as matérias finas quando comparadas com a fracção grosseira (OSPAR, Guidelines for the Management of Dredged Material, 2002).

Como os contaminantes estão maioritariamente associados com as fracções argilosas, ferro e matéria orgânica abundantes nas fracções finas dos sedimentos, a medição da concentração destes parâmetros permite correlacionar de um modo mais integrado os resultados obtidos em termos de contaminantes. O alumínio sendo um elemento inerte e o maior constituinte das fracções argilosas, pode ser seleccionado como um indicador desta fracção. O manganês e o ferro também estão presentes na fracção fina, e a sua análise pode permitir o conhecimento do ambiente que rodeia os contaminantes. A matéria orgânica e o teor em carbonatos também originam informações adicionais sobre a origem e as características geoquímicas do sedimento.

As relações lineares encontradas entre a concentração e os diversos normalizadores permitem caracterizar o sedimento em estudo (Tabela IV). Consideraram-se neste estudo somente correlações superiores a 95% (Norman T J Bailey 1981) para um n=29.

Tabela IV. Factores de correlação nos sedimentos verticais da Baía do Seixal

	<63µm	COT	Al	Fe	Mn	As	Cu	Cr	Hg	Ni	Pb	Zn	Cd
<63µm	1												
COT	n.s	1											
Al	0,438	n.s	1										
Fe	0,825	0,383	n.s	1									
Mn	0,838	n.s	0,361	0,811	1								
As	0,349	n.s	0,517	0,450	n.s	1							
Cu	n.s	0,384	n.s	0,373	n.s	0,590	1						
Cr	0,830	0,535	0,471	0,836	0,800	0,388	0,439	1					
Hg	n.s	0,373	0,334	0,435	n.s	0,712	0,923	0,417	1				
Ni	0,870	0,402	0,505	0,924	0,867	0,421	n.s	0,901	0,357	1			
Pb	n.s	0,351	n.s	0,446	n.s	0,683	0,934	0,437	0,965	0,363	1		
Zn	n.s	0,374	0,340	0,433	n.s	0,698	0,877	0,428	0,910	0,367	0,931	1	
Cd	n.s.	n.s.	0,355	0,367	n.s.	0,734	0,862	0,349	0,952	n.s	0,933	0,879	1

As correlações obtidas reflectem a variabilidade da área estudada o que está relacionado com as diferenças na composição dos sedimentos nos diferentes locais. Verificam-se correlações significativas positivas dos metais As, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn e

Cd com a fracção fina (<63 µm), o COT, Al e Fe. NT entanto verificam-se as seguintes excepção; fracção fina com o As, Cu, Hg, Pb, Zn e Cd, o COT com As e Cd; o Al com o Cu e Pb. O Mn só se relaciona com o Cr e Ni. Verifica-se também que os metais As, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn e Cd também se relacionam entre si com excepção do Ni com o Cd e com o Cu.

A Tabela V mostra as concentrações de referência que são calculadas utilizando a concentração de metal normalizada com o Al sendo estas posteriormente recalculadas para uma composição de 5% de Al (OSPAR, 2008). Estão apresentadas também na tabela referida anteriormente, as razões recalculadas pelo mesmo método, dos valores médios de cada “corer”. Na cor laranja estão representados os valores superiores aos valores de referência do referido relatório.

Pela análise da tabela verifica-se que os valores médios de As, Hg e Zn são superiores aos valores de referência estimados pela OSPAR em todas as estações e que os metais Cd, Cr Cu e Pb só pontualmente não ultrapassam os referidos valores. Estes valores encontrados são indicativos de uma contaminação antropogénica na Baía.

Tabela V. Valores de referência da OSPAR (2008) e valores calculados para as amostras verticais

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
OSPAR	15	0,2	60	20	0,05	45	25	90
C1	27	2,24	90	91	1,77	21	195	882
C2	12	0,35	44	21	0,22	11	26	63
C3	17	0,72	55	49	0,89	14	100	357
C4	12	0,42	44	30	0,49	9	54	205
C5	17	0,13	64	19	0,11	18	20	103
C6	22	0,29	45	21	0,20	8	25	124
C7	16	0,77	46	42	0,72	11	79	335
C8	15	0,20	30	19	0,27	8	26	201
C9	26	1,12	31	30	0,83	8	85	378
C10	23	0,16	64	26	0,25	16	35	161
C11	39	1,09	69	56	1,40	17	129	641
C12	27	0,92	41	65	0,94	4	107	494
C13	25	1,40	70	52	1,29	15	147	644
C14	26	0,87	59	54	0,77	12	86	377
C15	34	0,18	90	48	0,50	25	80	222

Na Tabela VI encontram-se os teores médios mínimos e máximos encontrados na Baía do Seixal assim como os LOWER EAC e UPPER EAC definidos em 2008 pela OSPAR. Pela análise da tabela atrás descrita, verifica-se que os teores médios de Cd, Cr, Cu, Hg Ni e Zn são inferiores ou iguais ao valor mais elevado que se espera não causar

efeitos tóxicos (UPPER EAC), havendo contudo alguns valores máximos que os ultrapassam. Estes teores encontram-se na generalidade nas camadas inferiores. Os teores médios de As e Pb ultrapassam duas e três vezes o valor máximo de UPPER EAC, sendo de realçar que o valor mínimo encontrado para o As ultrapassa esse valor.

Tabela VI. Critérios de Avaliação Ambiental.

	LOWER EAC	UPPER EAC	Baía do Seixal
As (mg kg ⁻¹)	1	10	31 (10,6-98)
Cd (mg kg ⁻¹)	0,1	1	1,0 (<0,3 – 4,7)
Cr (mg kg ⁻¹)	10	100	71 (27-107)
Cu (mg kg ⁻¹)	5	50	50 (12,6-121)
Hg (mg kg ⁻¹)	0,05	5	0,95 (0,02-3,34)
Ni (mg kg ⁻¹)	5	50	16,9 (<2-25)
Pb (mg kg ⁻¹)	5	50	104 (4,61-358)
Zn (mg kg ⁻¹)	50	500	460 (50-1496)

Na Tabela VII encontram-se a classificação dos sedimentos de acordo com a Portaria nº 1450/07. Pela análise da tabela verifica-se que em termos de metais os sedimentos classificam-se como Classe 1 – Material dragado limpo, Classe 2 – Material dragado com contaminação vestigiária e Classe 3 – Material dragado ligeiramente contaminado.

Tabela VII. Classificação dos materiais de acordo com o grau de contaminação (Portaria nº 1450/2007)

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
C1	Classe 2	Classe 1	Classe 3	Classe 3				
C2	Classe 1	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 2
C3	Classe 2	Classe 1	Classe 3	Classe 2				
C4	Classe 2	Classe 1	Classe 2	Classe 2	Classe 2	Classe 1	Classe 2	Classe 2
C5	Classe 1	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 2
C6	Classe 1	Classe 2						
C7	Classe 2	Classe 1	Classe 2	Classe 2				
C8	Classe 2	Classe 1	Classe 2	Classe 2	Classe 2	Classe 1	Classe 2	Classe 2
C9	Classe 3	Classe 3	Classe 2	Classe 2	Classe 3	Classe 1	Classe 3	Classe 3
C10	Classe 2	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 2
C11	Classe 2	Classe 2	Classe 2	Classe 2	Classe 3	Classe 1	Classe 3	Classe 3
C12	Classe 2	Classe 1	Classe 2	Classe 2	Classe 2	Classe 1	Classe 2	Classe 2
C13	Classe 2	Classe 1	Classe 3	Classe 3				
C14	Classe 2	Classe 1	Classe 2	Classe 2	Classe 2	Classe 1	Classe 2	Classe 2
C15	Classe 2	Classe 1	Classe 2	Classe 2	Classe 1	Classe 1	Classe 2	Classe 2

6. Hidro-sedimentologia e dinâmica sedimentar

Foram realizadas duas campanhas hidro-sedimentológicas na Baía do Seixal com vista a caracterizar sazonalmente a dinâmica sedimentar, resolvendo as escalas temporais características da maré. A primeira campanha decorreu no Verão, e consistiu na repetição de colheitas de água para determinação de matéria particulada em suspensão (MPS) em três estações, a intervalos de cerca de 3 horas, por forma a cobrir um ciclo de maré (15h). Realizaram-se observações em situação de águas vivas (AV, 9 de Julho de 2009) e águas mortas (AM, 16 de Julho de 2009). A posição das estações de colheita foi seleccionada tendo em conta a batimetria e localização do canal principal no interior da Baía do Seixal (Figura 34). Em Fevereiro de 2009 tinha já sido conduzida uma campanha com características idênticas (Figura 34), mas verificou-se que, após a filtragem e secagem, a maioria dos filtros se encontrava colada às caixas de Petri, comprometendo a sua integridade física e posterior cálculo da concentração de MPS. Por essa razão, tornou-se necessário planejar uma nova campanha de Inverno, o que veio a acontecer a 1 e a 8 de Fevereiro de 2010, respectivamente em situação de AV e AM.

Com o conhecimento reunido das campanhas de 2009, sobretudo na área da química e da poluição, entendeu-se como adequado alargar a rede de amostragem, que passou a cobrir dezoito estações, repartidas pelos canais das várias bacias da Baía do Seixal (Figura 34). Os dezoito pontos de amostragem foram sendo ajustados ao longo do ciclo de maré, conforme a profundidade da coluna de água permitisse fazer a colheita. As estações 17, situada junto à Ponte da Fraternidade (canal da Arrentela) e 18, situada junto ao Moinho de Maré de Corroios, foram realizadas a partir da margem e apenas em situação de preia-mar (PM). Outras estações planeadas (6, 7, 9, 10, 11, 12, 13 e 14) foram ocupadas apenas em situação de PM por não ser possível navegar até lá noutra situação.

As amostras de água recolhidas foram imediatamente transportadas para o laboratório para processamento, a fim de serem posteriormente determinados os seguintes parâmetros: concentração de matéria particulada em suspensão (MPS), mineralogia por difracção de raio-X e micro-granulometria por difracção laser (μ P Malvern Mastersizer Hydro 2000G).

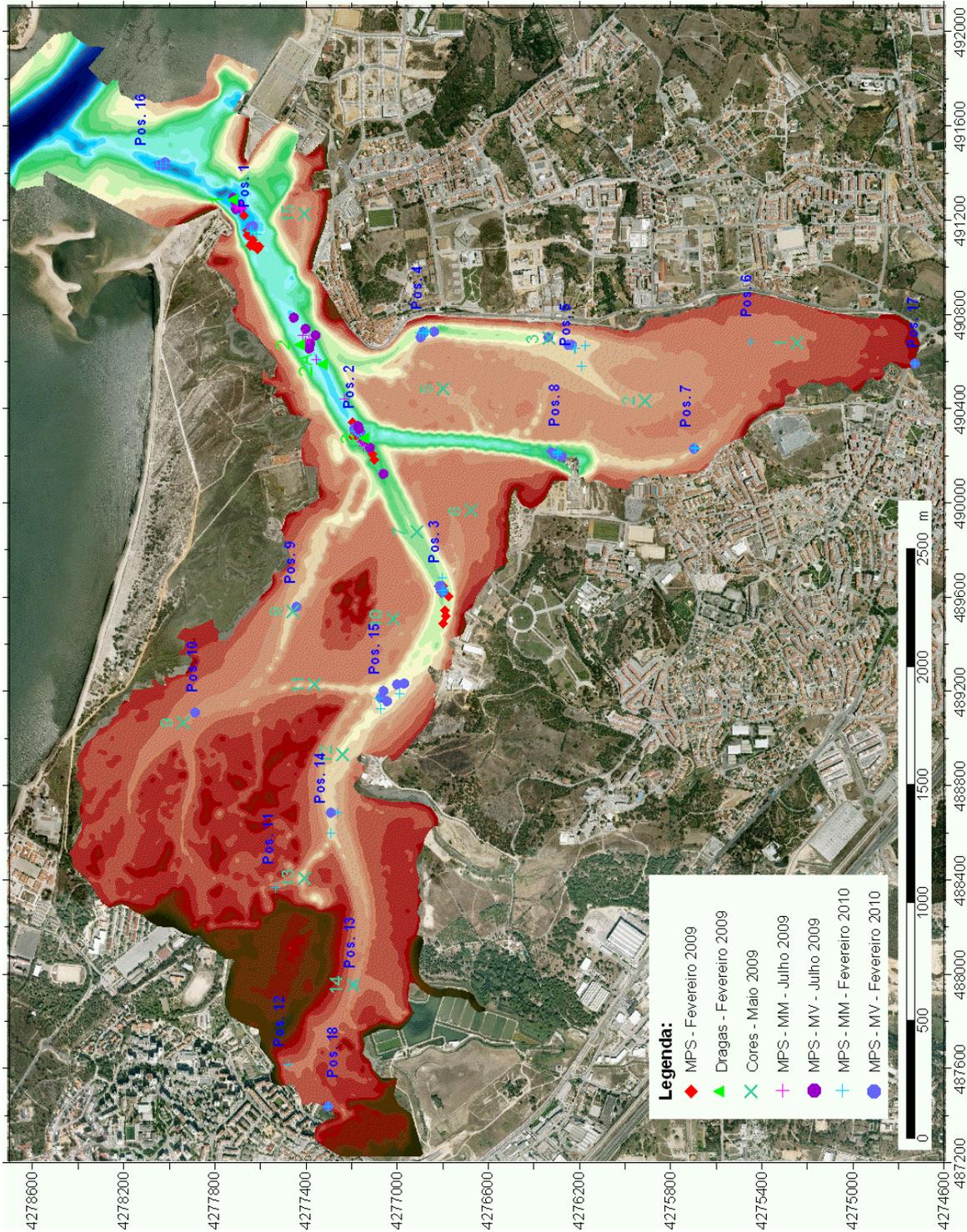


Figura 34. Posicionamento das estações efectuadas durante as campanhas hidro-sedimentológicas e sedimentológicas na Baía do Seixal.

a. Concentração de MPS

A determinação da concentração de MPS foi realizada através do método da filtração por vácuo, fazendo passar o volume de amostra de água por um filtro de porosidade de $0.45\mu\text{m}$, previamente tarado numa balança digital com 5 casas decimais, e preservado com a amostra. Após a filtração o filtro é seco em estufa a 40°C e a massa de MPS presente no volume filtrado correspondente, é determinada a partir da diferença de pesagens entre o filtro e o conjunto filtro+amostra de MPS. A concentração de MPS em mg/l é dada pela expressão:

(10)

Na campanha de 8 de Fevereiro de 2010 verificou-se que, após a filtração e secagem, e apesar de se ter usado uma rede de protecção para que tal não acontecesse, quatro dos filtros ficaram colados às caixas de Petri, comprometendo a sua integridade física e posterior cálculo da concentração de MPS.

Para efeitos de cálculo de concentração, não se entrou em conta com a estação 10 do quarto ciclo da campanha de marés vivas, visto não se conhecer a hora exacta da sua colheita; e com as estações 3 e 18 do segundo ciclo, 5 do terceiro ciclo e 4 do quarto ciclo da campanha de marés mortas, devido ao facto de estes filtros terem ficado colados às caixas de Petri.

Em Fevereiro de 2010, os valores máximos, de 80-92 mg/l fazem-se sentir durante o período de marés vivas, durante a baixa-mar nas estações 3, 5, 14, e 15, esta última apenas na segunda baixa-mar observada. Durante a enchente/preia-mar em período de marés vivas, os valores variam entre os 15 e os 25 mg/l, à excepção da estação 17, que apresenta uma concentração de MPS na ordem dos 38 mg/l (Figura 35)

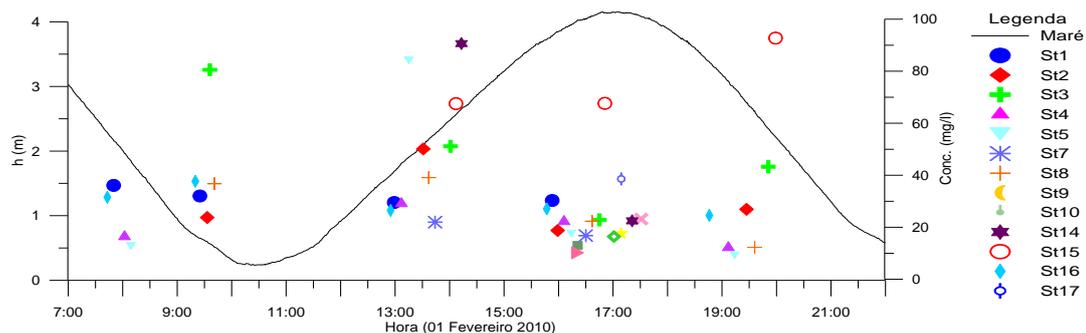


Figura 35. Evolução temporal da concentração de MPS nas 18 estações ocupadas em situação de marés vivos (1 de Fevereiro 2010) e altura de água medida na estação maregráfica à entrada da baía do Seixal.

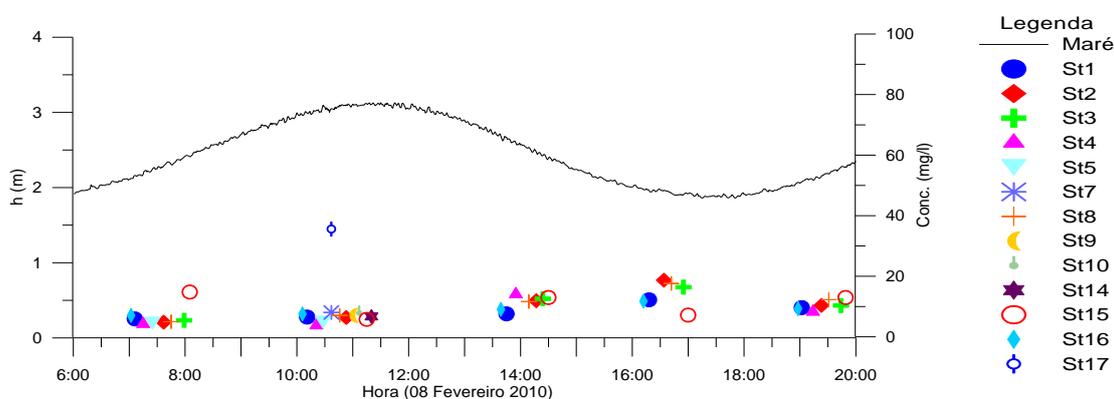


Figura 36. Evolução temporal da concentração de MPS nas 18 estações ocupadas em situação de marés mortos (8 de Fevereiro 2010) e altura de água medida na estação maregráfica à entrada da baía do Seixal.

No período de marés mortos, os valores mais elevados verificam-se nas estações de terra, estação 17 e 18, com concentração de MPS na ordem dos 35mg/l e 30mg/l respectivamente. As restantes estações apresentam concentrações homogéneas, com um mínimo de 3.76 mg/l e um máximo de 18.68 mg/l de concentração de MPS (Figura 36).

Com já havia sido observado nos resultados obtidos nas campanhas de Fevereiro de 2009 e Julho de 2009, evidencia-se a existência de uma evolução temporal dos valores de concentração de MPS, com máximos registados perto da baixa-mar e mínimos perto da preia-mar/enchente. Também de acordo com as campanhas anteriores, a gama de valores de concentração de MPS, determinada em marés vivos, é superior à gama de valores determinada em marés mortos.

A evolução temporal e tidal dos valores de concentração parece sugerir que estes resultam principalmente da remobilização localizada de sedimento

de fundo, que será tanto mais elevada quanto mais reduzida for a altura da coluna de água no local da amostragem. A variação de concentração depende, assim, de energia disponível para remobilização no meio. Desta conclusão resulta que os valores máximos registam-se durante a baixa-mar, em período de marés vivas.

b. Relação entre os valores de turbidez e de concentração de MPS

Simultaneamente com a colheita de água nas estações já referidas foram realizadas secções hidrológicas cobrindo os principais trajectos no interior da Baía, utilizando sensores de salinidade, temperatura e nefelometria, rebocados na embarcação. Estas secções foram realizadas nos intervalos das amostragens e o processamento destes dados não serão objecto deste relatório.

Nestas secções registaram-se dados de salinidade, temperatura e nefelometria (ou turbidez). Foi assim possível comparar os valores de turbidez (em FTU) já disponíveis para a campanha de Fevereiro de 2009 com as concentrações de MPS (em mg/l) nos mesmos pontos de amostragem a instantes o mais próximos possível. Pode, assim, constatar-se que a evolução dos valores de turbidez ao longo dos ciclos de maré de Fevereiro de 2009 tem uma boa relação com os valores de concentração de MPS calculados, podendo assumir-se que a turbidez poderá vir a provar-se ser um bom proxy da concentração de MPS na coluna de água em pontos que não foram amostrados directamente (Figura 37 e Figura 38).

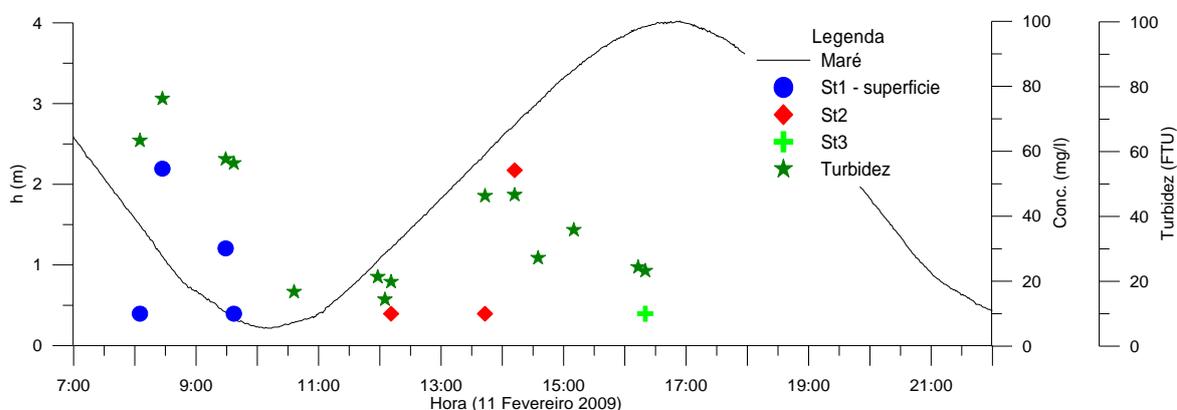


Figura 37. Relação entre a concentração de matéria particulada em suspensão nas 3 estações ocupadas em situação de marés vivas (11 de Fevereiro 2009) e a turbidez (em FTU) medida na estação CTD no mesmo momento de recolha de água, e altura de água medida na estação maregráfica à entrada da baía do Seixal.

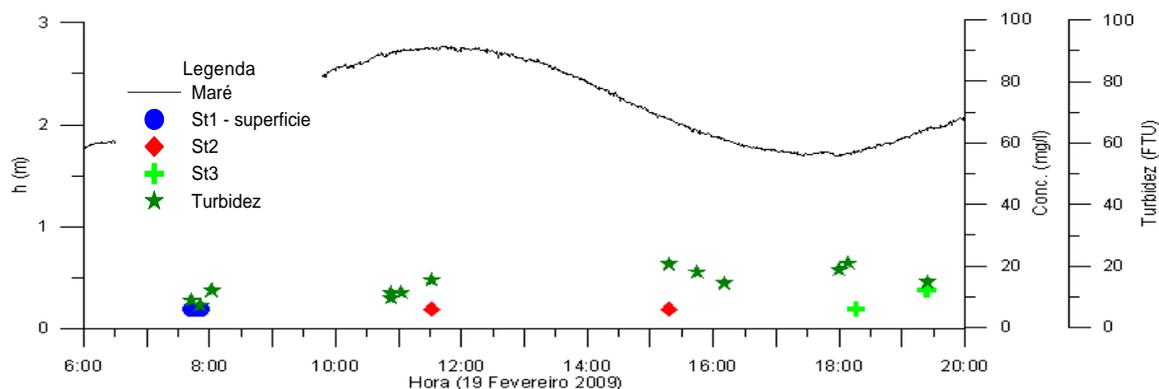


Figura 38 – Relação entre a concentração de matéria particulada em suspensão nas 3 estações ocupadas em situação de marés vivas (11 de Fevereiro 2009) e a turbidez (em FTU) medida na estação CTD no mesmo momento de recolha de água, e altura de água medida na estação maregráfica à entrada da baía do Seixal.

c. Composição Mineralógica da MPS

Após a determinação da concentração, as amostras de MPS foram analisadas mineralogicamente tendo sido utilizada a técnica de difracção de Raios-x. A percentagem de cada mineral foi calculada pelo método da ponderação dos picos de reflexão primária e secundária. Como houve amostras constituídas por vários filtros, a composição mineralógica de cada amostra foi definida ponderando a massa de amostra retida em cada filtro analisado.

O mineral mais abundante é a mica/ilite (máximo 72%, média 47% e mínimo de 16%), logo seguido da caulinite (máximo 61%, média 20% e mínimo de 7%) e a clorite (máximo 29%, média 11% e mínimo de 3%). O quartzo surge, na maior parte das colheitas como mineral acessório, atingindo um máximo de 12% na estação 15 do ciclo 5, em situação de marés vivas. Foram também identificados, com percentagens pouco significativas, feldspatos potássicos, plagioclases, calcite, dolomite e pirite.

O cortejo mineralógico identificado nos sedimentos em suspensão reflecte a composição mineralógica dos sedimentos de fundo no local de amostragem. As percentagens de caulinite, feldspato potássico e micas (ilite e moscovite), encontradas nos sedimentos em suspensão aproximam-se das

percentagens dos mesmos minerais em amostras superficiais (primeiros 20 cm) ao longo da baía (Figuras 39-41).

A percentagem de feldspato potássico ao longo da baía é homogénea, à excepção da posição 16, localizada à entrada da baía (Figura 40). Os valores elevados apresentados nas posições 3 e 8 durante a situação de vazante em águas vivas são possivelmente anómalos e necessitam de ser confirmados com mais observações locais.

A percentagem de quartzo nas amostra superficiais de sedimento é mais elevada que nas amostras de MPS (Figura 42). Os grãos de quartzo, pelo seu hábito arredado, são mais difíceis de manter em suspensão e de re-suspender, ao contrário das argilas e micas que, pela sua forma lamelar, se mantêm mais tempo em suspensão.

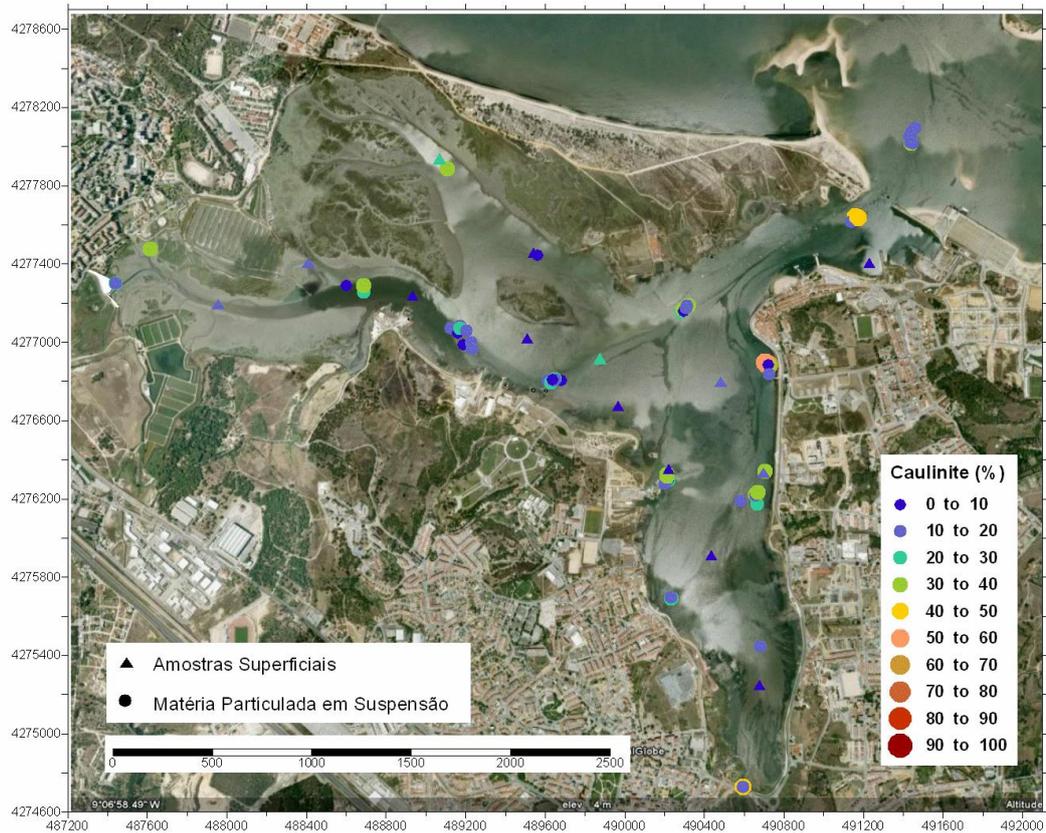


Figura 39. Relação entre a percentagem de caulinite nas amostras de sedimentação em suspensão e nas amostras de sedimentação superficial.

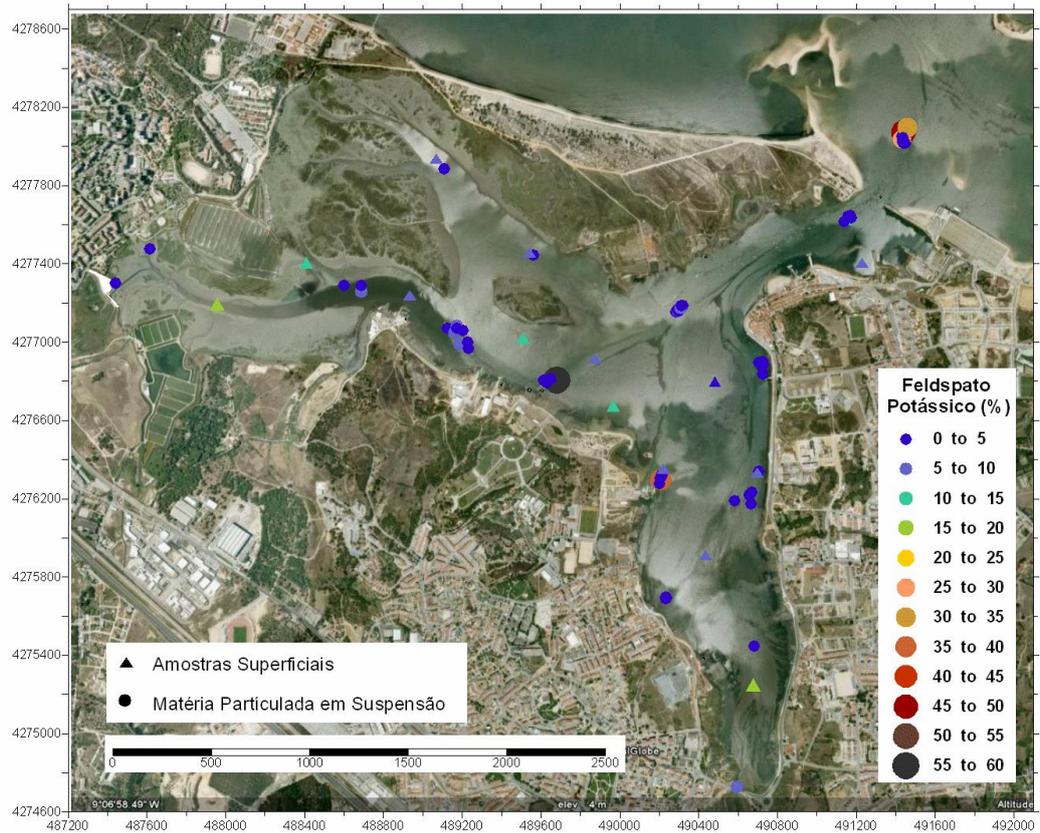


Figura 40. Relação entre a percentagem de feldspato potássico nas amostras de sedimento em suspensão e nas amostras de sedimento superficial.

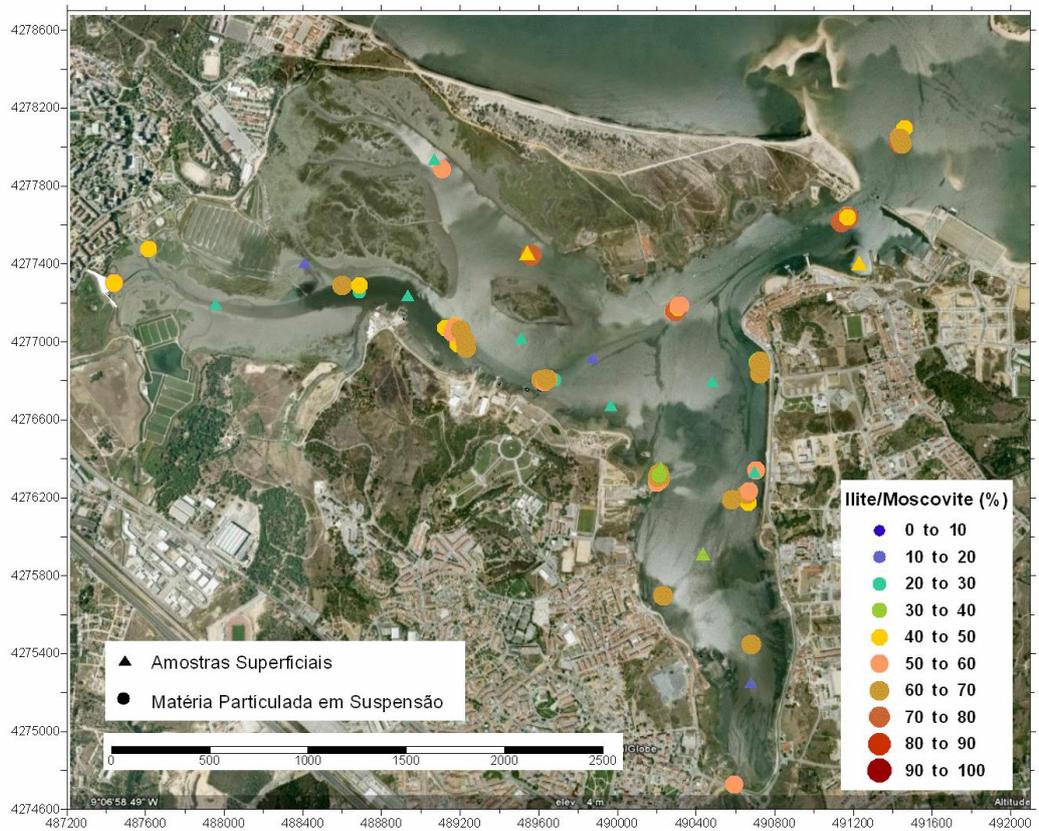


Figura 41. Relação entre a percentagem de illite/moscovite nas amostras de sedimento em suspensão e nas amostras de sedimento superficial.

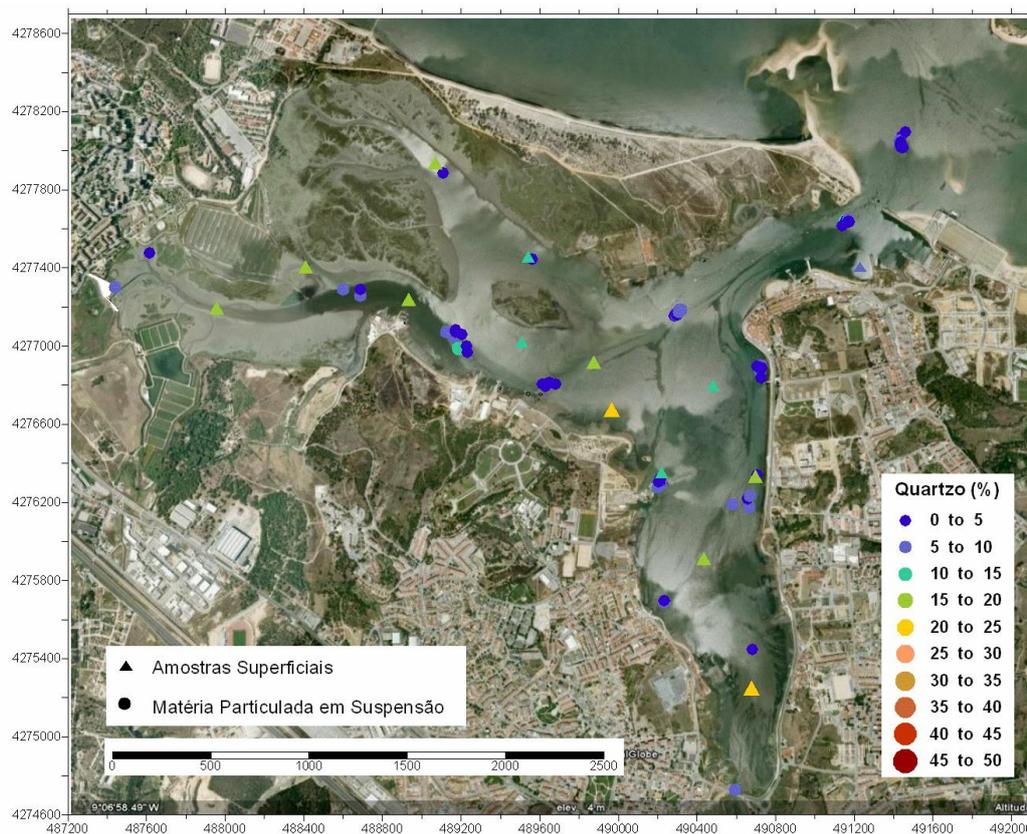


Figura 42. Relação entre a percentagem de quartzo, nas amostras de sedimento em suspensão e nas amostras de sedimento superficial.

d. Análise granulométrica da MPS

Os resultados das análises granulométricas, realizadas por difracção laser, aos sedimentos em suspensão recolhidos em Fevereiro de 2010 revelaram uma moda situada *grosso modo* nos 7Φ (silte), não havendo grandes variações, quer entre as estações, quer ao longo dos diferentes ciclos de observação, em particular em águas mortas (Figuras 43 e 44). As únicas excepções foram encontradas em águas vivas, com a amostra recolhida na estação 8, durante o ciclo três (St8C3), e a amostra recolhida na estação 2, durante o ciclo dois (St2C2), cuja moda se situou nos 6Φ (Figura 43).

Projectando as amostras recolhidas na campanha de Fevereiro de 2010, quer em situação de águas vivas quer em situação de águas mortas, num diagrama triangular de Shepard, é interessante verificar que, apesar de não haver variações significativas nas modas, estas se agrupam em duas manchas distintas.

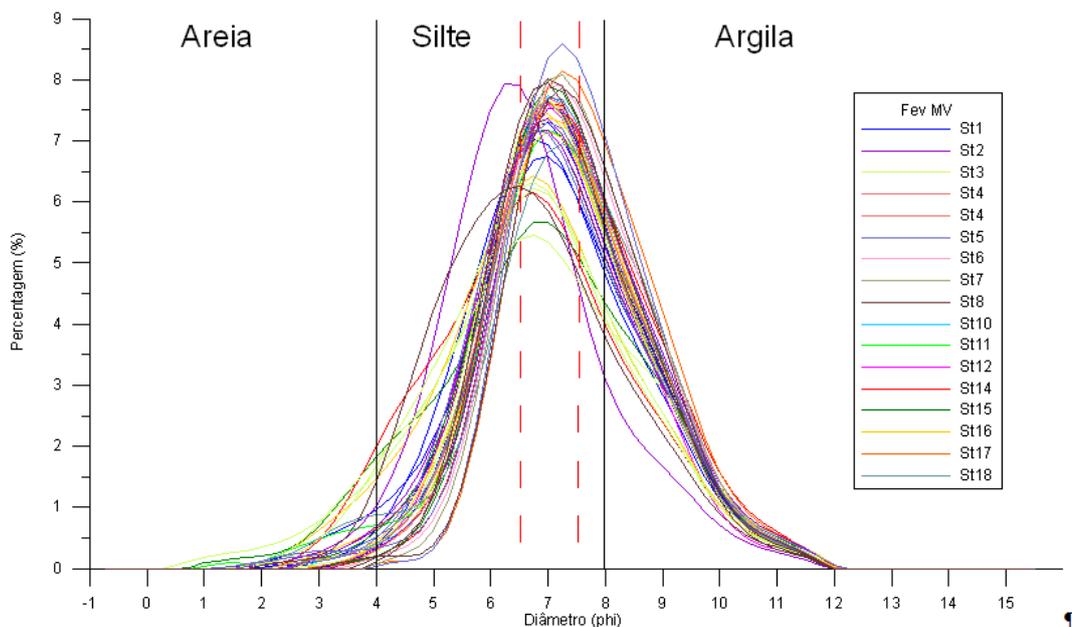


Figura 43. Curvas granulométricas dos sedimentos em suspensão recolhidos na Baía do Seixal, em situação de águas vivas (1 Fevereiro 2010).

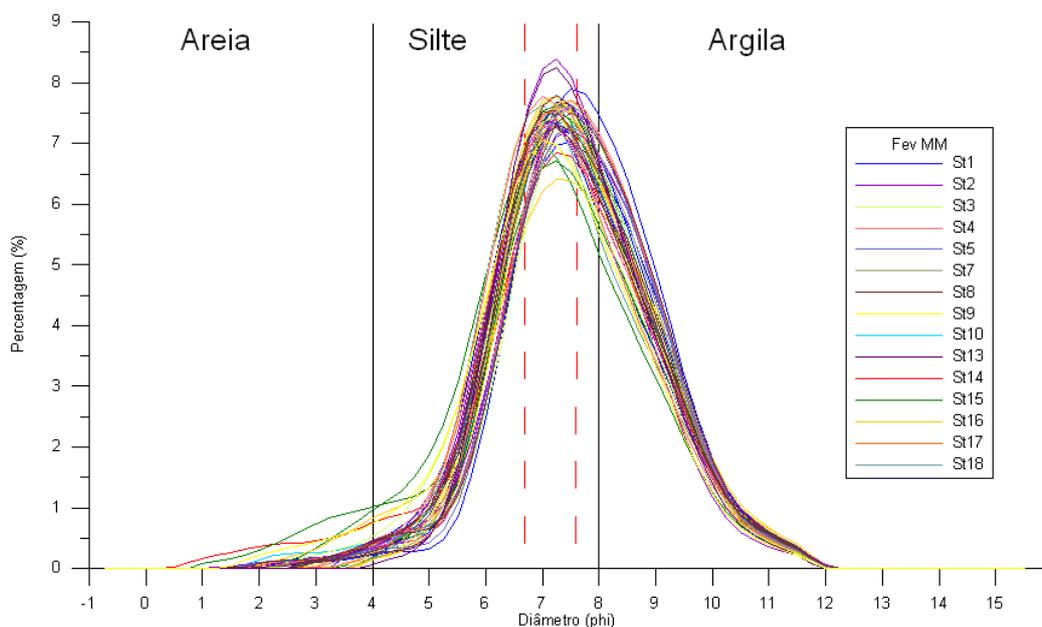


Figura 44. Curvas granulométricas dos sedimentos em suspensão recolhidos na Baía do Seixal, em situação de marés mortas (08 Fevereiro 2010).

Não diferindo na classificação, já que em ambas as situações de maré os sedimentos são classificados como siltes argilosos, verifica-se que a maioria das amostras recolhidas em situação de águas vivas apresentam maior percentagem de silte que de argila (Figura 45). A explicação reside certamente no facto de, em águas vivas, o nível energético da corrente de maré ser mais elevado, promovendo a remobilização de partículas maiores.

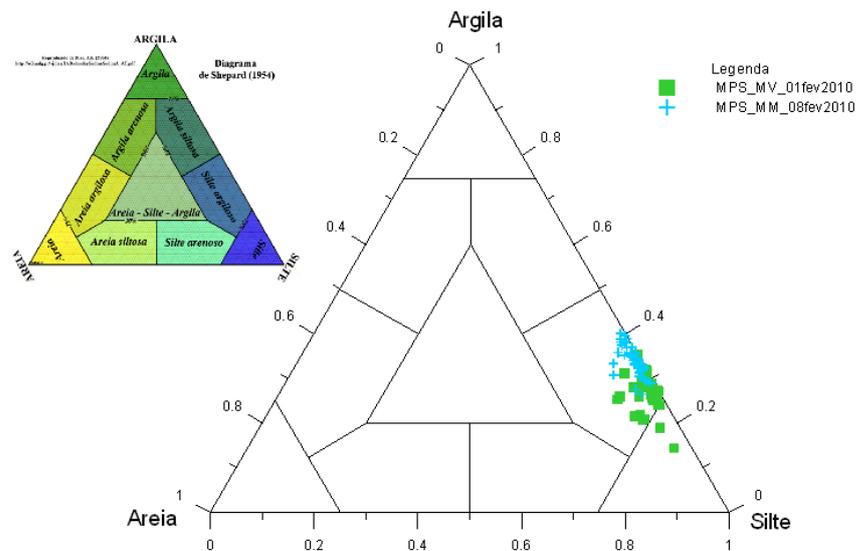


Figura 45. Diagrama de Shepard (1954) com a projecção das amostras de sedimento em suspensão recolhidas durante a campanha de Fevereiro de 2010.

7. Caracterização química das águas da Baía do Seixal

As colheitas das amostras de água foram realizadas com garrafas “Niskin”, excepto as destinadas à análise de hidrocarbonetos, óleos e gorduras, que foram realizadas recorrendo a balde de zinco. As amostras de água para análise de nutrientes e metais dissolvidos foram filtradas após colheita, utilizando um sistema de filtração por pressão de azoto com filtros de policarbonato de porosidade 0.40 µm. As amostras para análise de metais foram conservadas através da adição de ácido nítrico; a conservação das amostras para análise de nutrientes foi feita por congelação a -20°C e a das amostras para determinação de pesticidas e organoclorados por adição de uma solução de hexano/diclorometano.

A determinação da temperatura (T) foi realizada *in situ*. Os restantes parâmetros foram determinadas em laboratório: pH, oxigénio dissolvido (OD), salinidade (SAL), nitrato (NO₃), nitrito (NO₂), azoto amoniacal (NH₄), fósforo reactivo (PO₄), sílica reactiva (SiO₂), sulfatos (SO₄), azoto total (N_{dis}) e fósforo (P_{dist}), alumínio (Al), arsénio (As), cádmio (Cd), crómio (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), mercúrio (Hg), lítio (Li), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), zinco (Zn), pesticidas organoclorados (HCB, γ-HCH, aldrina, dieldrina, endrina, op'-DDE, pp'-DDE, op'-DDD, pp'-DDD, op'-DDT, pp'-DDT) e policlorobifenilos (CB28, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153, CB180), óleos e gorduras e hidrocarbonetos, hidrocarbonetos aromáticos (antraceno, benzo(b)fluoranteno,

benzo(a)pireno, benzo(e)pireno, benzo(ghi)perileno, benzo(k)fluoranteno, criseno, trifenileno, fluoranteno, indeno (1,2,2-cd)perileno, naftaleno, fenantreno, perileno e pireno), carbono orgânico total (COT) e granulometria.

O controlo de qualidade dos ensaios foi efectuado de acordo com a prática utilizada em laboratório, nomeadamente utilização de materiais de referência certificados, duplicados, ensaios em branco e de recuperação. De referir que o laboratório participa em ensaios interlaboratoriais para a maioria dos parâmetros acima referidos, apresentando de um modo geral resultados considerados satisfatórios.

a. Temperatura, pH, salinidade e saturação de oxigénio

Na tabela VIII apresentam-se os teores médios, mediana, desvio padrão, máximo e mínimo do potencial hidrogeniónico (pH) e da temperatura (T).

Tabela VIII. Baía do Seixal – Potencial hidrogeniónico e temperatura.

		Fevereiro 2009		Julho 2009		Fevereiro 2010	
		AV	AM	AV	AM	AV	AM
pH	Média	7,79	7,86	7,96	8,05	7,82	7,86
	Mediana	7,80	7,88	8,01	8,04	7,84	7,86
	Des.Padrão	0,07	0,06	0,10	0,07	0,11	0,12
	Máximo	7,89	7,93	8,07	8,22	8,04	8,31
	Mínimo	7,66	7,70	7,81	7,95	7,59	7,59
T (°C)	Média	12,3	14,0	23,5	23,7	12,5	13,8
	Mediana	12,1	14,3	23,2	23,5	12,7	13,7
	Des.Padrão	0,8	1,0	0,7	1,1	0,6	0,6
	Máximo	14,1	15,6	24,7	26,0	15,0	14,8
	Mínimo	11,4	12,3	22,6	22,4	11,3	12,3

A análise dos resultados permite concluir que não existem diferenças significativas do potencial hidrogeniónico e que a temperatura apresenta um comportamento sazonal típico de águas de zonas estuarinas. Relativamente ao pH, os valores são típicos de águas de transição, notando-se uma maior variabilidade e teores mais baixos quando existe um maior influxo de água doce no sistema.

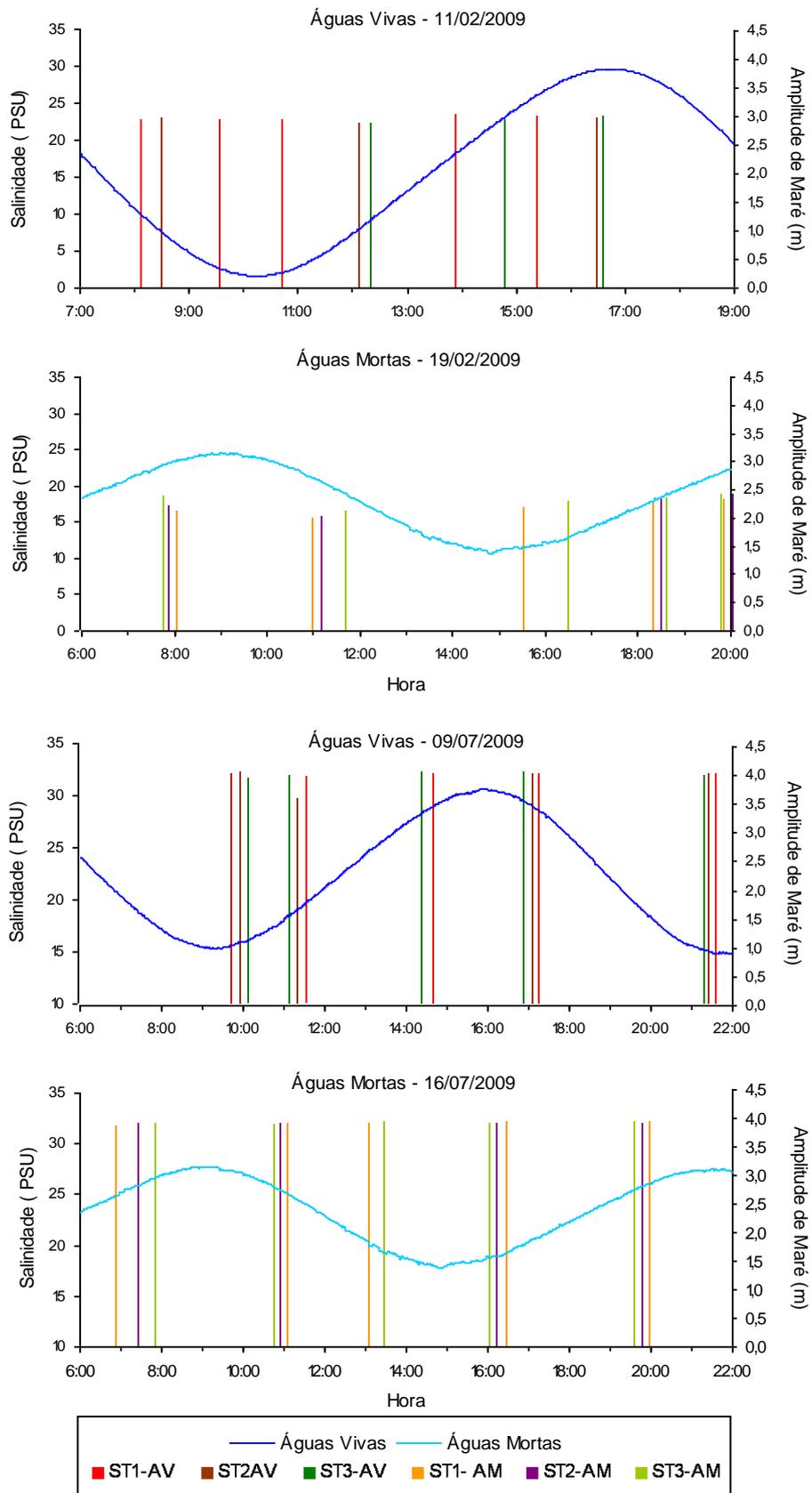


Figura 46. Salinidade (amostragens de Fevereiro e Julho de 2009).

Nas Figuras 46 e 47 apresenta-se a evolução da salinidade nos diversos ciclos de maré. Verifica-se que não existem diferenças significativas nas diversas campanhas de amostragem, correspondendo os teores mais baixos a estações de amostragem mais interiores e com maior influência de escoamentos terrestres, particularmente a estação ST17.

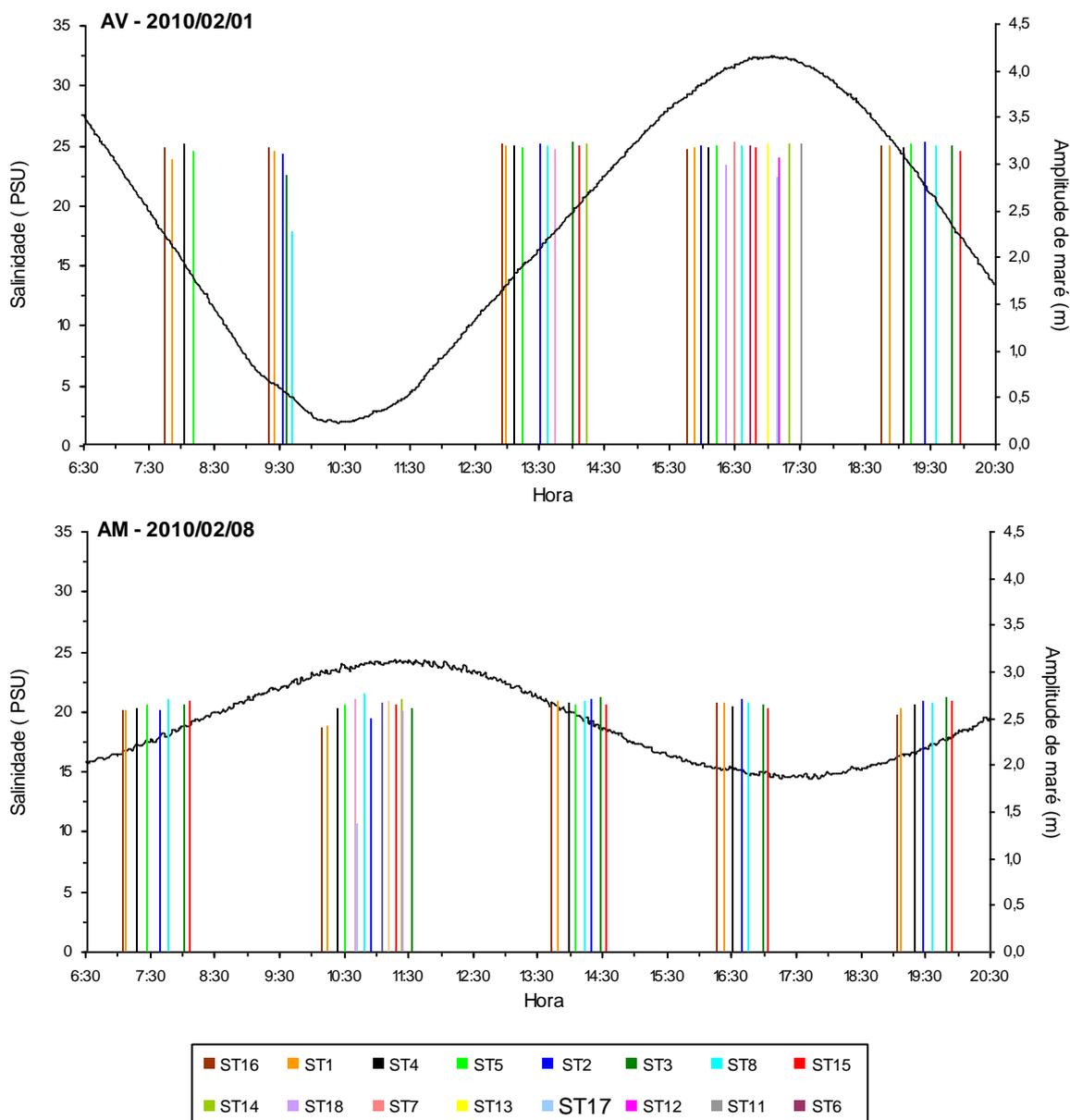


Figura 47. Salinidade (amostragem de Fevereiro de 2010).

O teor em oxigénio dissolvido é discutido sob a forma de percentagem de saturação de modo a permitir uma comparação directa dos valores, independentemente dos efeitos da salinidade e da temperatura (Figuras 48 e 49).

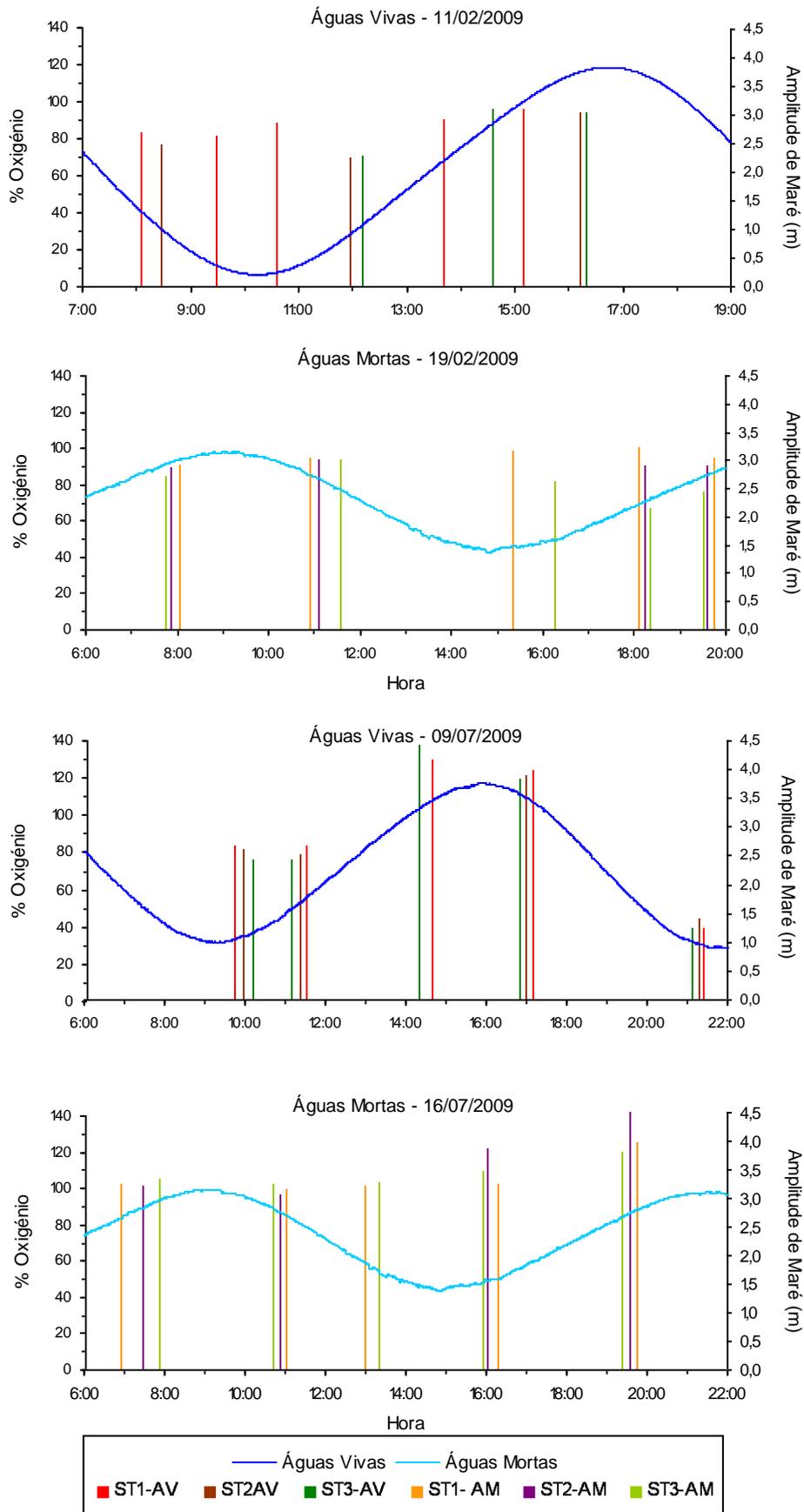


Figura 48. Saturação em oxigênio (amostragens de Fevereiro e Julho de 2009).

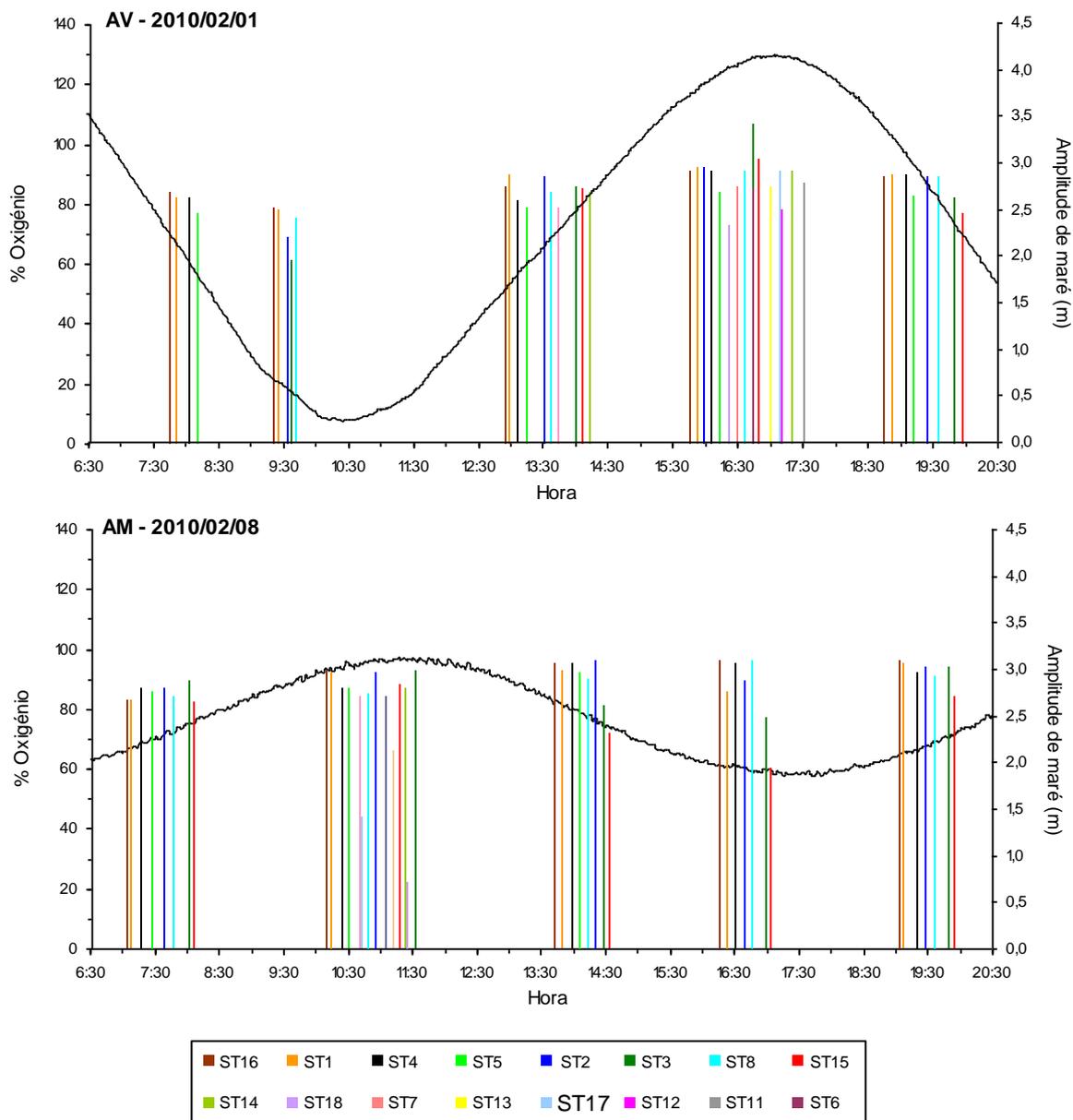


Figura 49. Saturação em oxigênio (amostragem de Fevereiro de 2010).

As oscilações encontradas não podem ser explicadas apenas pela sazonalidade. No ano de 2009 os valores de Inverno situaram-se, aproximadamente, entre 70% e 100% de saturação, e os valores de Verão entre 40% - situação de extrema deficiência de oxigênio - e 140% - situação de sobressaturação originada por agitação marítima e uma alta produtividade. Já em 2010, os valores variaram, para as mesmas estações efectuadas em 2009, entre cerca de 60% e 110%. Contudo, nas estações 17 (Ponte da Fraternidade) e 18 (Moinho de Maré de Corroios) foram encontrados valores bastante abaixo daqueles, atingindo 22%, situação que corresponde a um meio altamente deficiente em oxigênio e, portanto com baixa capacidade de regeneração. De notar que o Valor

Mínimo Recomendável (VMR) definido no Decreto-Lei nº 236/98 para águas do litoral ou salobras para fins aquícolas – águas conquícolas - é de 80%. Apesar de este valor de referência não ser aplicado, na legislação, ao tipo de águas em estudo, é considerado como um bom indicador do estado trófico destas águas.

b. Nutrientes

Nas Figuras 50 a 55 encontra-se representada a distribuição dos nutrientes nitrato+nitrato (NO_x), amónia (NH₃) e fosfato (PO₄) em função da maré para as seis situações. O comportamento dos vários nutrientes está de acordo com a sazonalidade, com teores mais elevados em situação de Inverno e mais baixos em situação de Verão, fruto do maior consumo existente nesta época. No entanto, é de realçar que todos os nutrientes apresentam valores superiores aos típicos de águas de transição, em particular no que se refere à amónia.

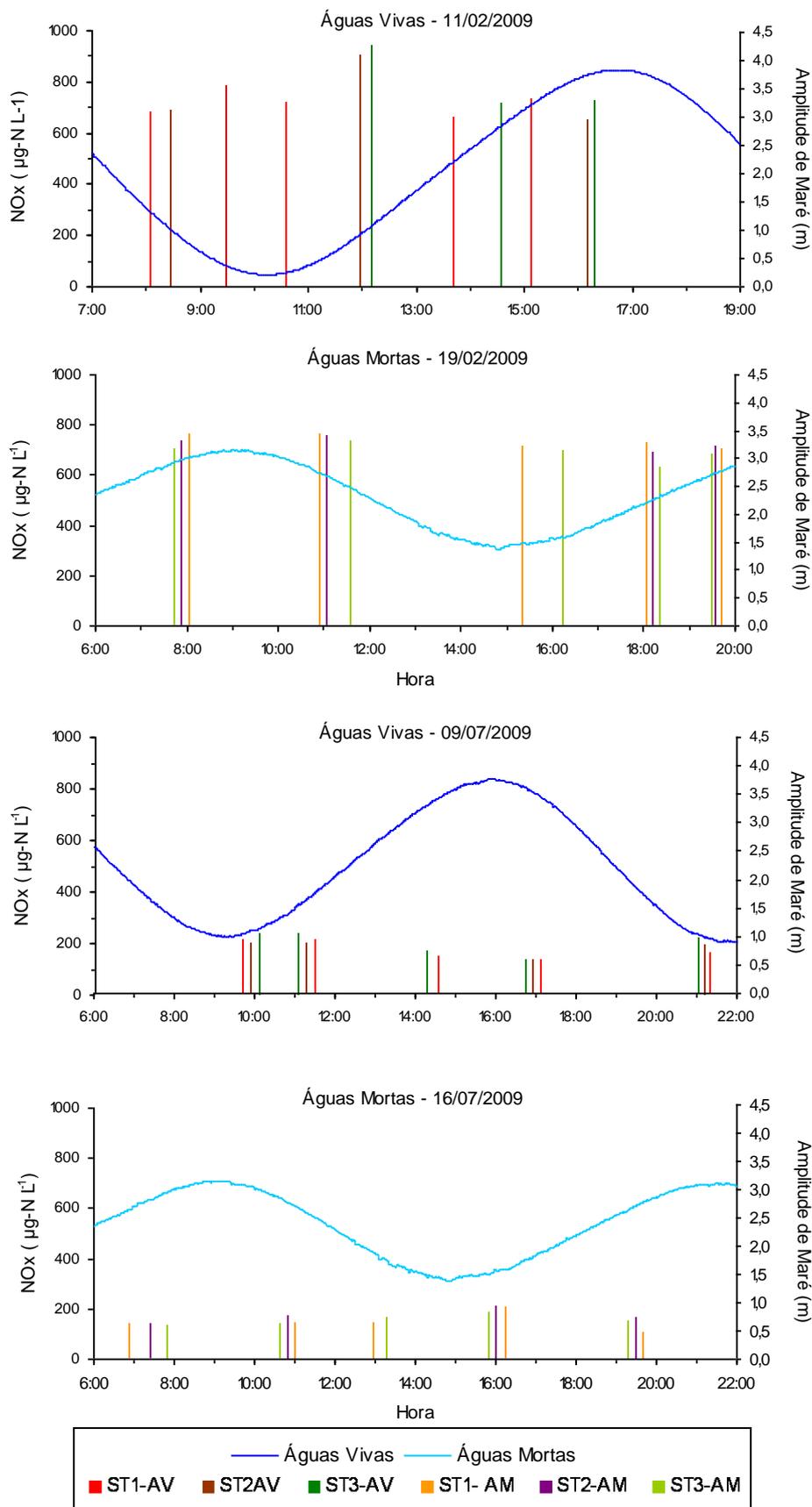


Figura 50. NOx (amostragens de Fevereiro e Julho de 2009).

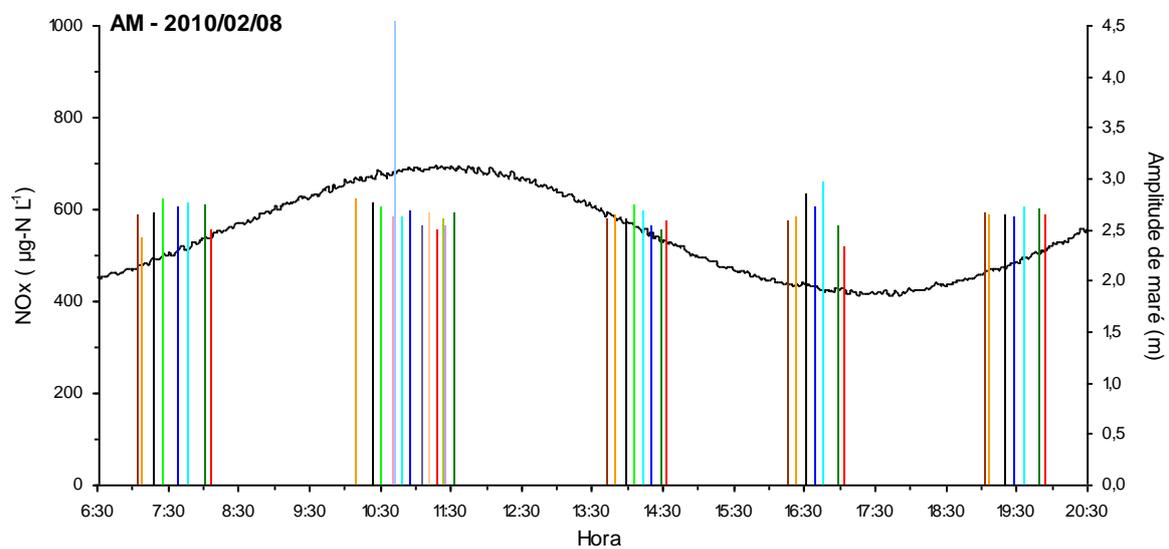
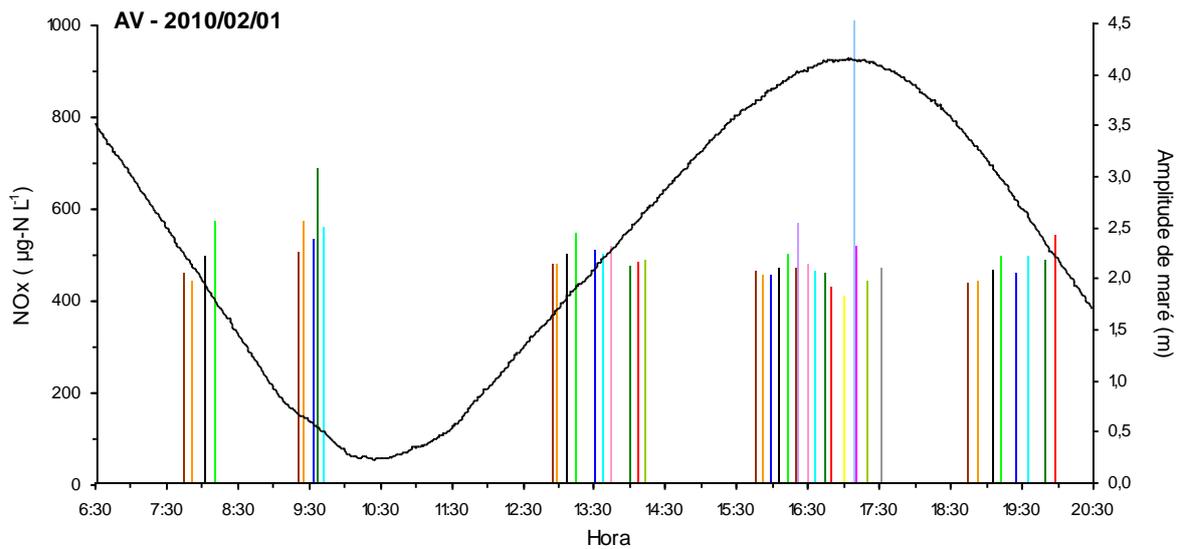


Figura 51. NOx (amostragem de Fevereiro de 2010).

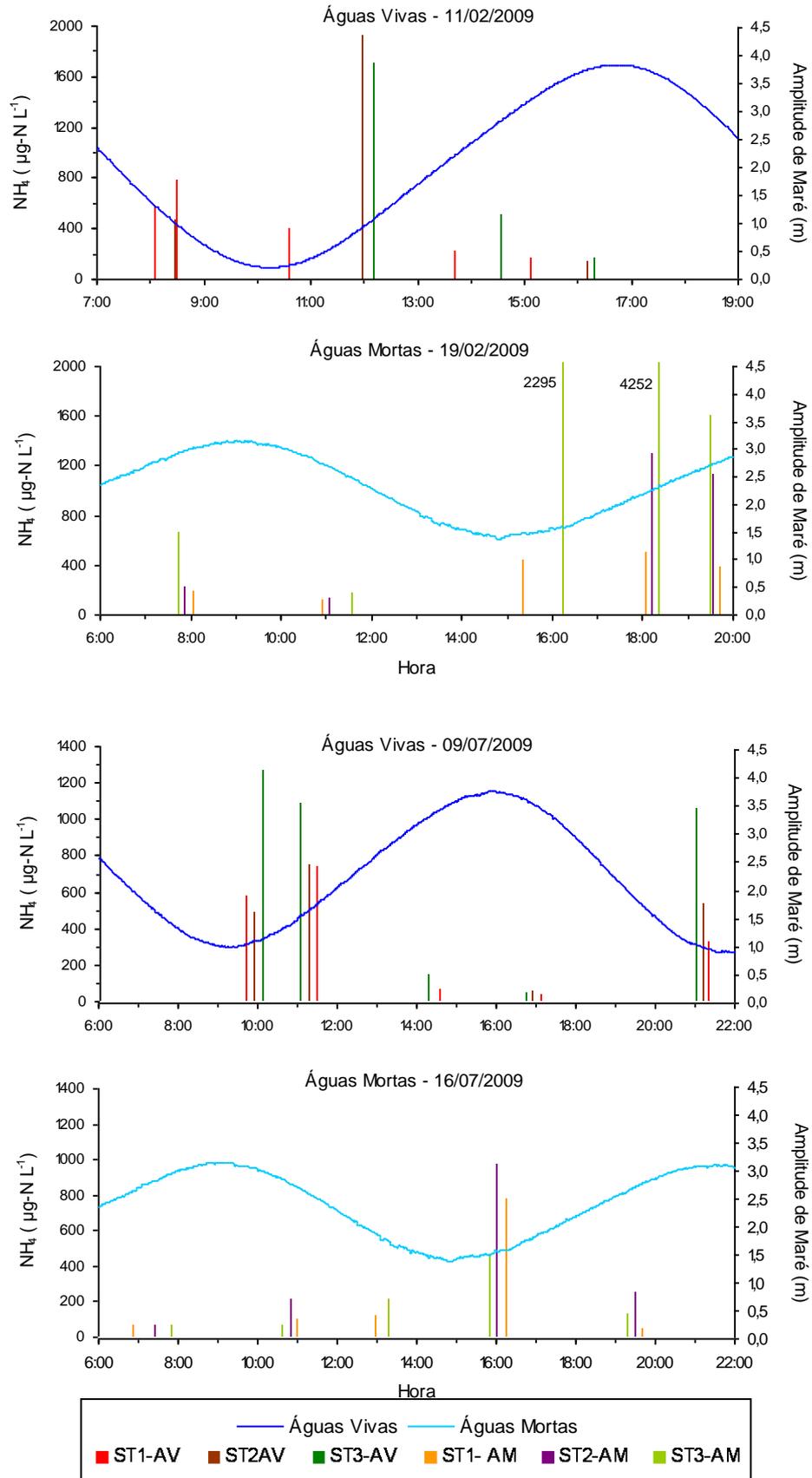


Figura 52. NH_4 (amostragens de Fevereiro e Julho de 2009).

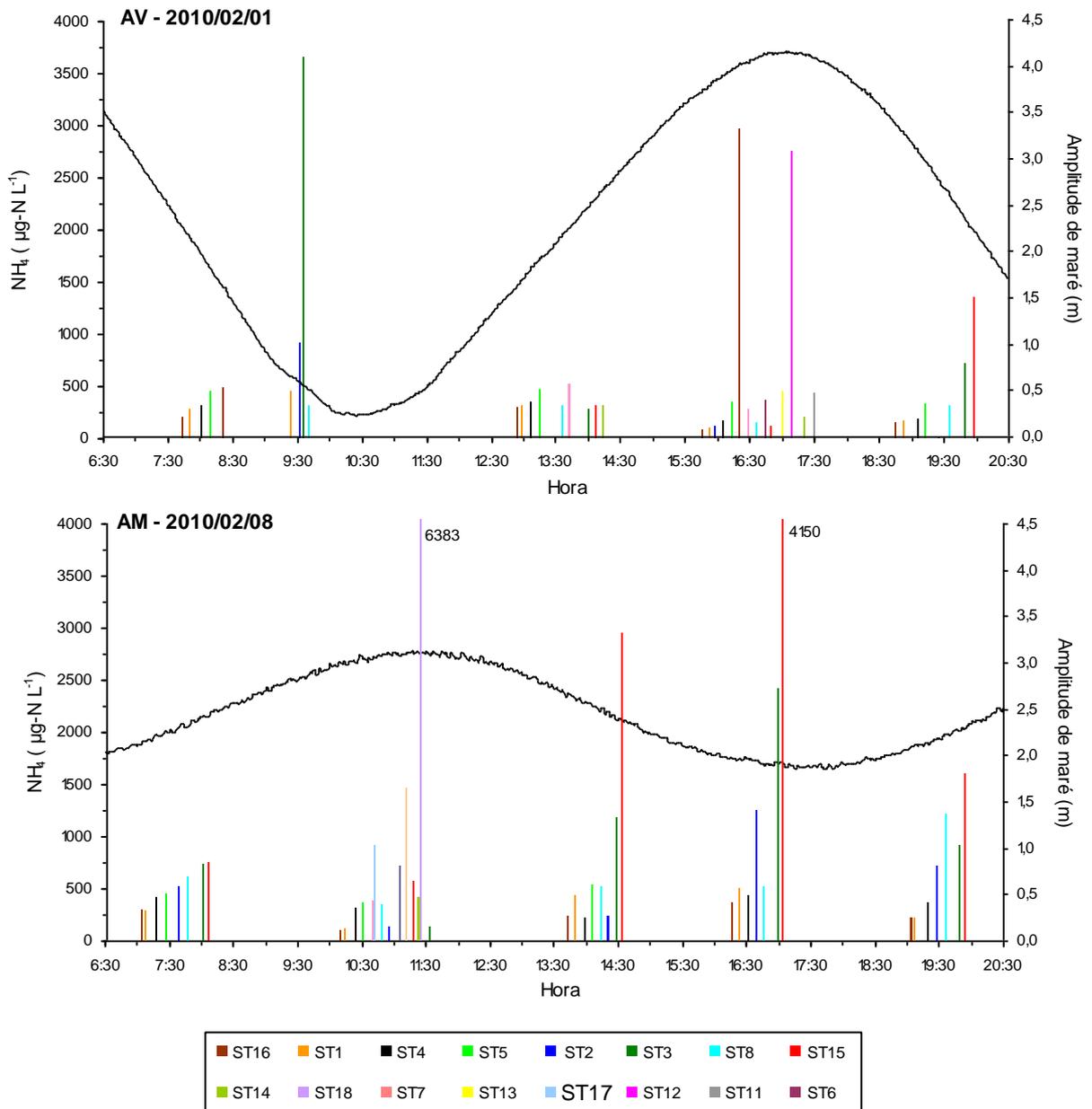


Figura 53. NH₄ (amostragem de Fevereiro de 2010).

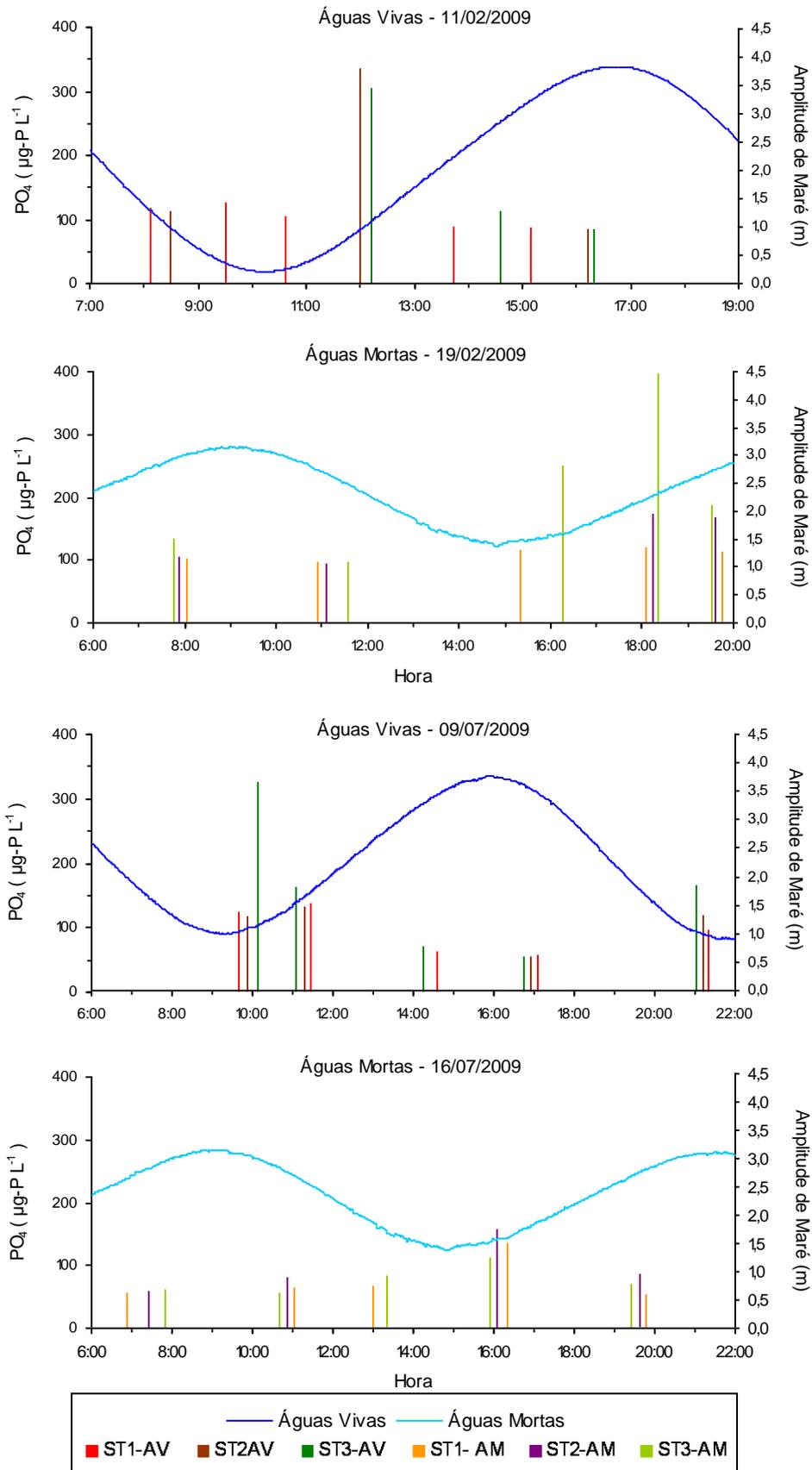


Figura 54. PO₄ (amostragens de Fevereiro e Julho de 2009).

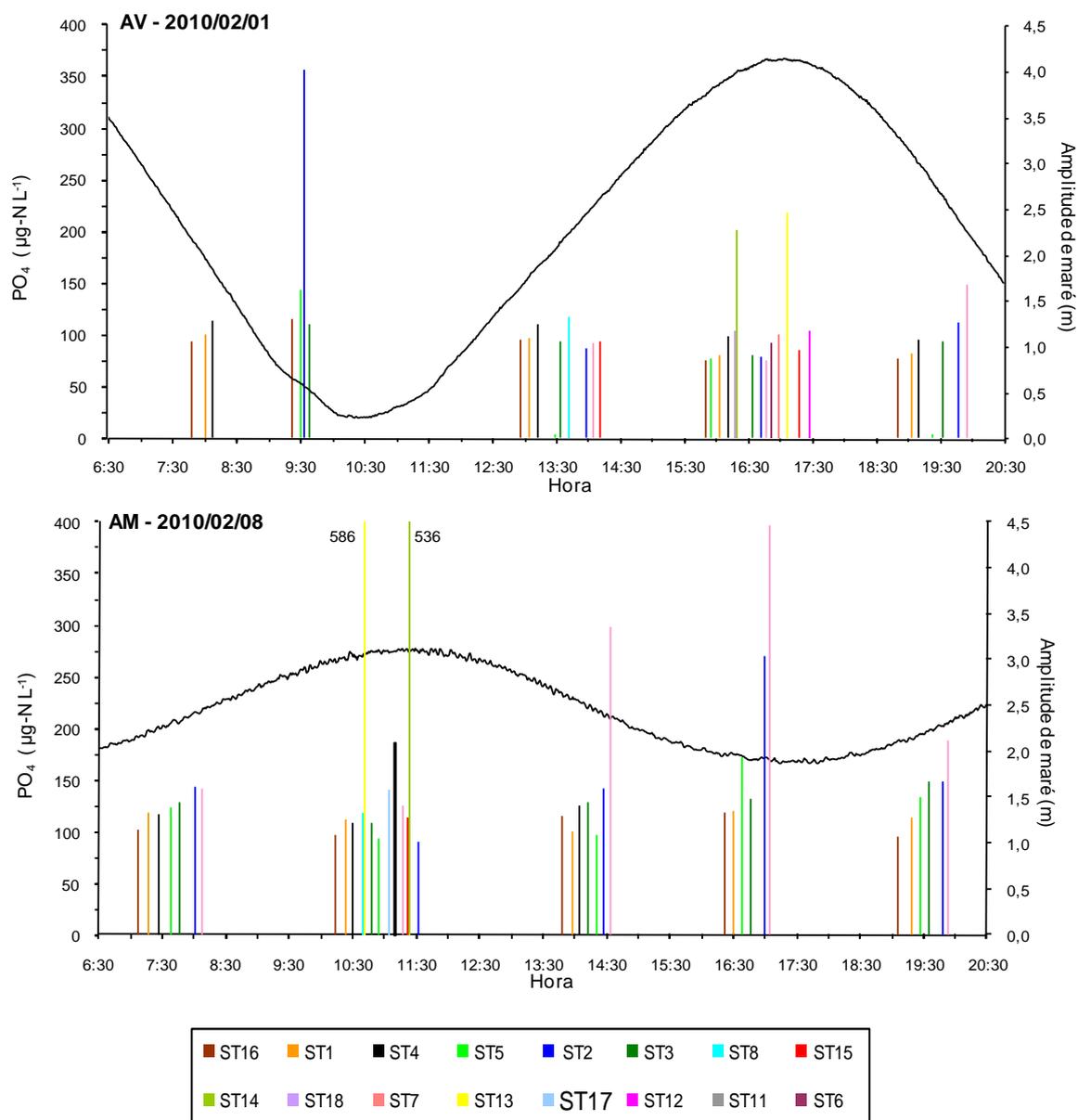


Figura 55. PO₄ (amostragem de Fevereiro de 2010).

Na tabela IX apresentam-se os teores médios, mediana, máximo e mínimo dos nutrientes NO_x, NH₄ e PO₄ das três estações (1, 2 e 3) que foram amostradas nas seis campanhas. Analisando a tabela verifica-se o seguinte:

- no Inverno os teores mais elevados encontram-se na situação nas águas mortas enquanto que no Verão são nas águas vivas;
- na situação de Inverno os teores médios de 2010 são inferiores aos encontrados em 2009;
- não existem diferenças significativas dos teores de PO₄ nas três situações amostradas (Inverno 2009, Verão de 2009 e Inverno de 2010).

Tabela IX. Baía do Seixal – NO_x, NH₄ e PO₄ nas estações ST1, ST2 e ST3.

		Fevereiro 2009		Julho 2009		Fevereiro 2010	
		AV	AM	AV	AM	AV	AM
NO_x μg-N L ⁻¹	Média	756	716	188	161	495	591
	Mediana	96	38	38	23	66	17
	Máximo	939	762	240	210	687	621
	Mínimo	649	631	138	105	440	556
NH₄ μg-N L ⁻¹	Média	712	1000	527	269	549	716
	Mediana	586	1208	457	291	933	616
	Máximo	1925	4252	1269	972	3657	2425
	Mínimo	148	121	40	43	12	124
PO₄ μg-P L ⁻¹	Média	148	156	121	83	101	134
	Mediana	87	88	76	31	83	46
	Máximo	334	395	324	156	357	271
	Mínimo	83	94	53	54	3	89

A análise espacio-temporal mostra que os valores de nutrientes são mais elevados em situação de Baixa-Mar e menores em Preia-Mar, aumentando também de jusante para montante (Figuras 50 a 55). Os teores mais elevados foram encontrados nas estações 15 – Canal do Talaminho (NH₄ e PO₄), 17 – Ponte da Fraternidade (NO_x e PO₄) e 18 – Moinho de Corroios (NH₄ e PO₄).

Relativamente ao nutriente amónia, os altos teores determinados indiciam uma baixa capacidade de regeneração do meio, o que é parcialmente explicado pelos baixos teores de saturação de oxigénio encontrados que, tendencialmente, são menores quando os teores de amónia são maiores. Este enriquecimento em amónia pode também estar relacionado com escorrências de origem terrestre que são mais evidentes em situação de Baixa-Mar.

Relativamente ao nitrato+nitrito, duas hipóteses se podem levantar: a primeira, de que os valores encontrados têm a sua origem no exterior da baía; a segunda, de que se dá um processo de oxidação rápida da amónia a nitrato devido a um maior afluxo de oxigénio na saída da baía por mistura com água do estuário.

Quanto aos teores em azoto dissolvido e fósforo dissolvido (azoto e fósforo totais, determinados em amostras de água filtradas), são compostos pelo conjunto das formas orgânicas e inorgânicas dos referidos elementos. O azoto inorgânico é entendido como o somatório das formas nitrato, nitrito e amónia enquanto o fósforo inorgânico corresponde ao fósforo reactivo. Assim, o azoto e fósforo orgânico

podem ser determinado através da diferença entre a forma dissolvida e a forma inorgânica correspondente. A relação existente entre as formas inorgânicas e dissolvidas de azoto e fósforo podem funcionar como um indicador da qualidade ambiental das águas.

Os teores de azoto dissolvido e fósforo dissolvido estão representados respectivamente nas Figuras 56-57 e 60-61. Nas Figuras 58-59 e 62-63 analisa-se a relação percentual entre azoto inorgânico e dissolvido. Na Tabela X apresentam-se os teores médios, mediana, máximo e mínimo do azoto e fósforo dissolvido das três estações (ST1, ST2 e ST3) das seis campanhas de amostragens e relação percentual entre as formas inorgânico e orgânicas.

Tabela X. Baía do Seixal – Azoto e Fósforo Dissolvido nas estações ST1, ST2 e ST3.

		Fevereiro 2009		Julho 2009		Fevereiro 2010	
		AV	AM	AV	AM	AV	AM
Azoto Dissolvido $\mu\text{g-N L}^{-1}$	Média	1512	1947	888	544	1224	1488
	Mediana	706	1245	470	290	968	678
	Máximo	3340	5298	1645	1153	4407	3453
	Mínimo	821	1067	326	278	686	842
Razão percentual entre azoto inorgânico e azoto orgânico		83-100 %	82-92 %	55-97 %	53-100%	78-99 %	75-93 %
Fósforo Dissolvido $\mu\text{g-N L}^{-1}$	Média	78	144	125	92	122	139
	Mediana	119	86	51	28	77	51
	Máximo	34	372	203	158	369	278
	Mínimo	191	80	64	67	72	85
Relação percentual entre azoto inorgânico e azoto orgânico		96-100 %	59-100%	70-100 %	81-100%	82-100%	81-100%

Analisando a tabela atrás descrita verifica-se o seguinte:

- no Inverno os teores mais elevados encontram-se na situação nas águas mortas e no Verão na de águas vivas;
- não existem diferenças significativas dos teores de fósforo dissolvido nas três situações amostradas (Inverno 2009, Verão de 2009 e Inverno de 2010);
- a razão percentual entre o azoto inorgânico e azoto orgânico é mais baixa no Verão de 2009, não havendo diferenças significativas entre as duas situações de maré;
- a razão percentual entre fósforo inorgânico e fósforo orgânico é mais baixa

na situação de águas mortas no Inverno de 2009, não havendo diferenças significativas nas restantes amostragens;

- na generalidade, azoto e fósforo inorgânicos constituem a maior parte dos compostos de azoto e de fósforo havendo estações em que os compostos orgânicos destes elementos são desprezáveis ou inexistentes.

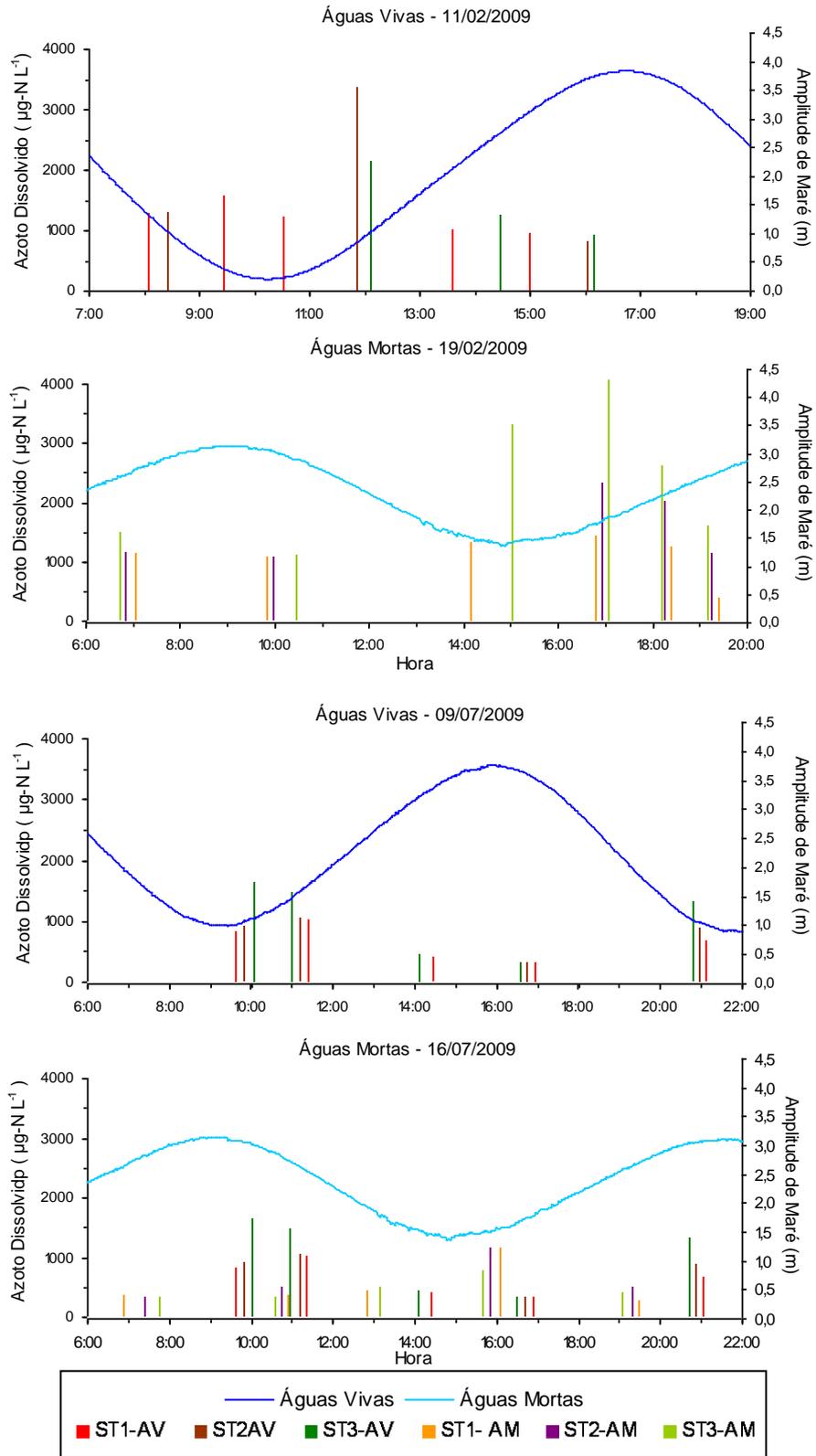


Figura 56. Azoto dissolvido (amostragens de Fevereiro e Julho de 2009).

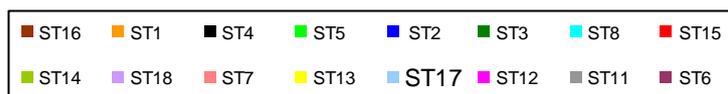
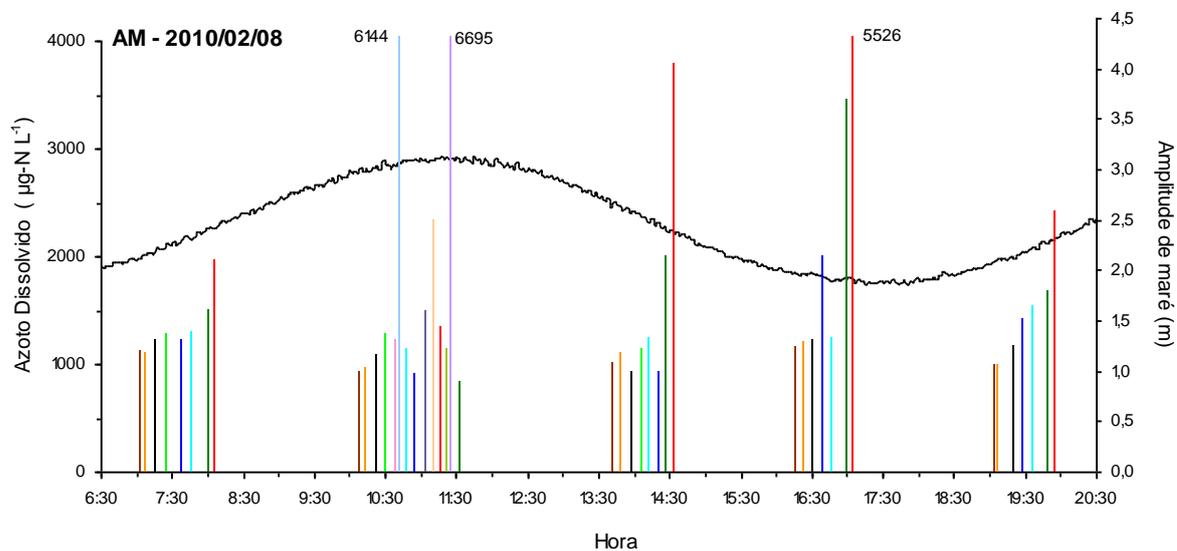
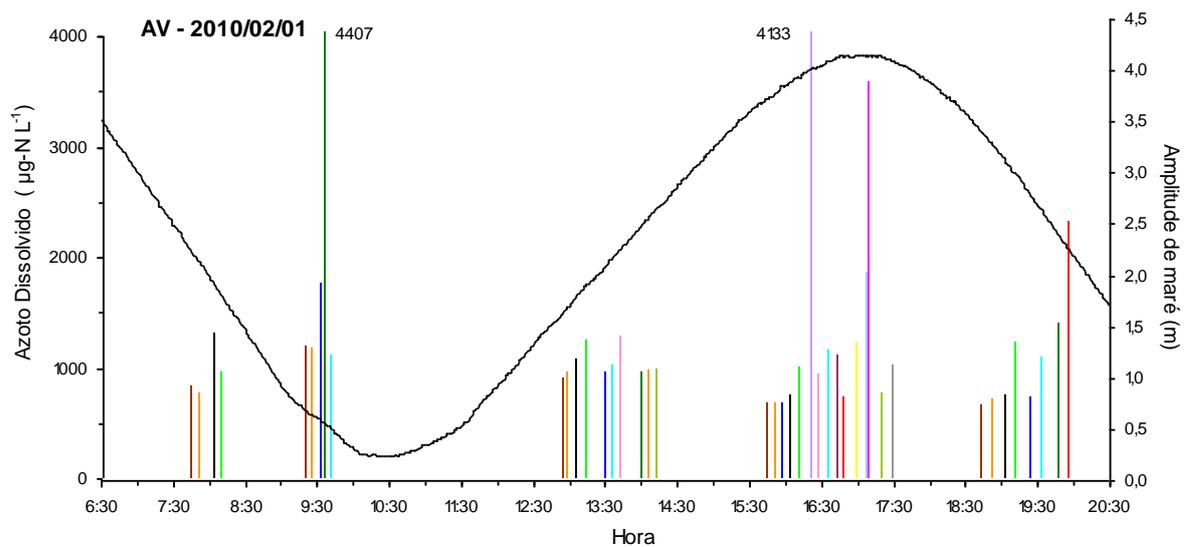


Figura 57. Azoto dissolvido (amostragem de Fevereiro de 2010).

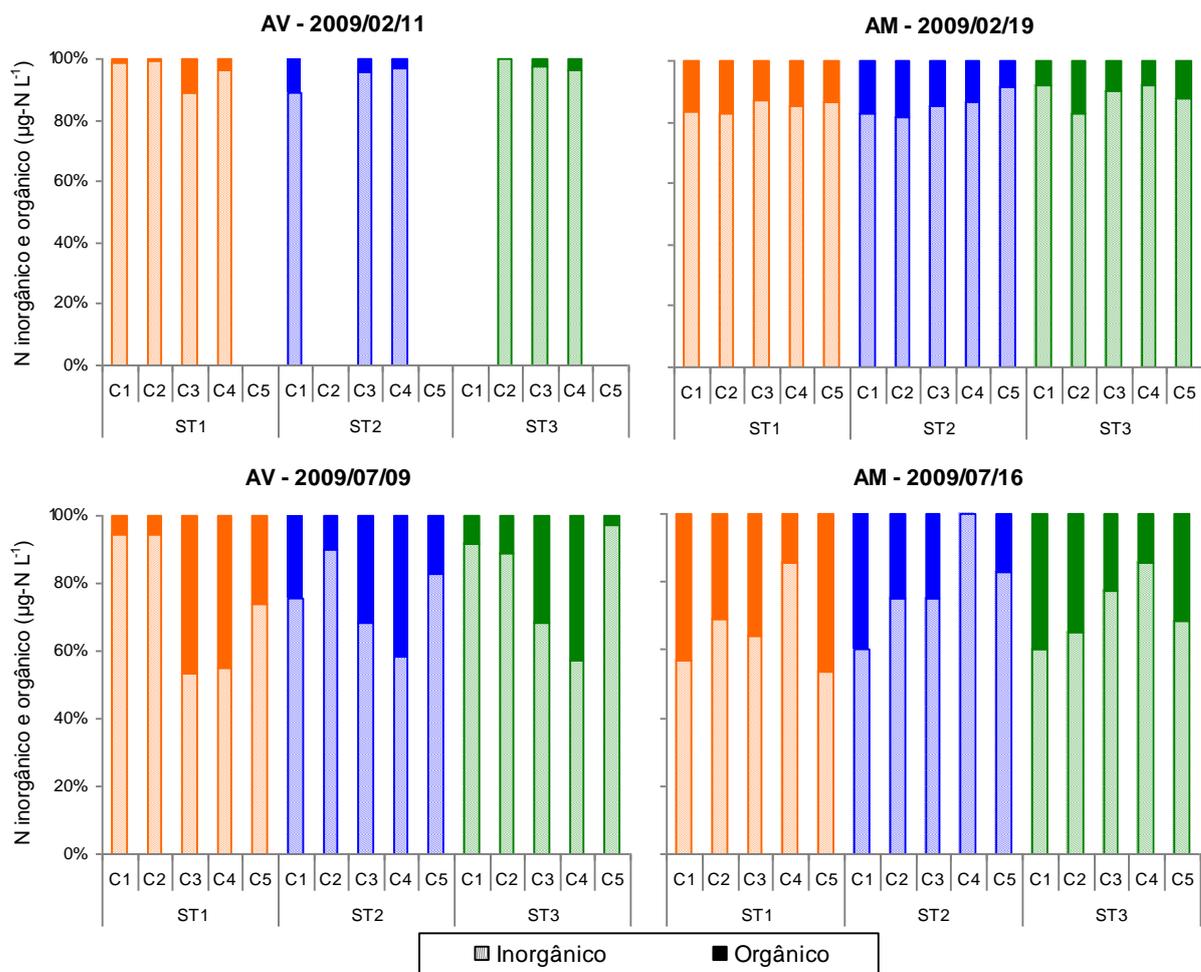


Figura 58. Azoto inorgânico e orgânico (amostragens de Fevereiro e Julho de 2009).

Os teores mais elevados de azoto dissolvido foram encontrados nas estações 15, 17 e 18 (águas mortas) no Inverno de 2010. Tal como os nutrientes atrás descritos os teores são muito aleatórios, podendo-se encontrar os valores mais elevados na situação de Inverno e em águas mortas.

No Inverno de 2010 o azoto inorgânico varia entre 53 a 98% (águas vivas) e 66 a 100% (águas mortas) (Figura 59). Estes comportamentos diferentes podem indicar diferentes capacidades de oxidação ou uma menor entrada de azoto inorgânico no meio.

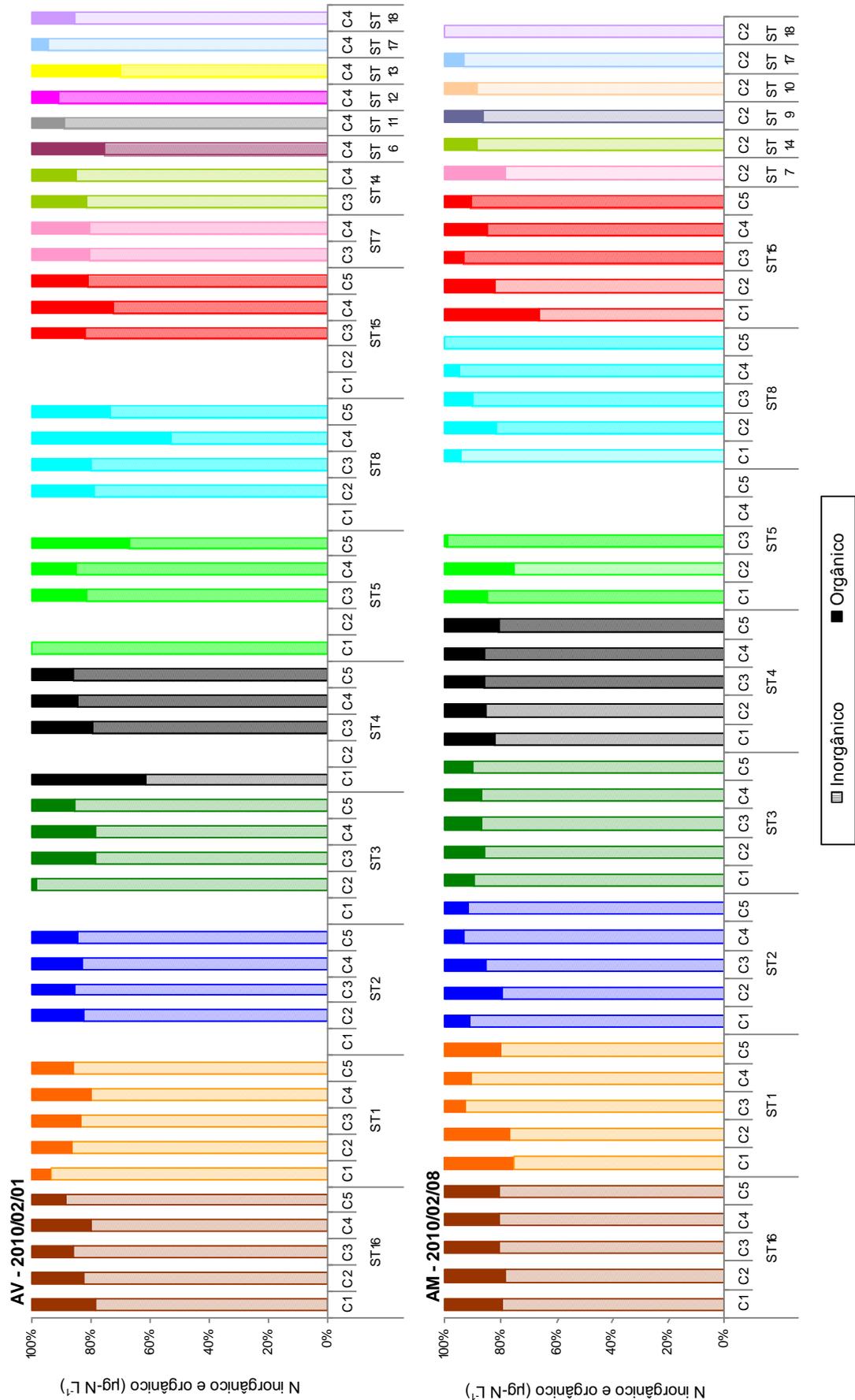


Figura 59. Azoto inorgânico e orgânico (amostragem de Fevereiro de 2010).

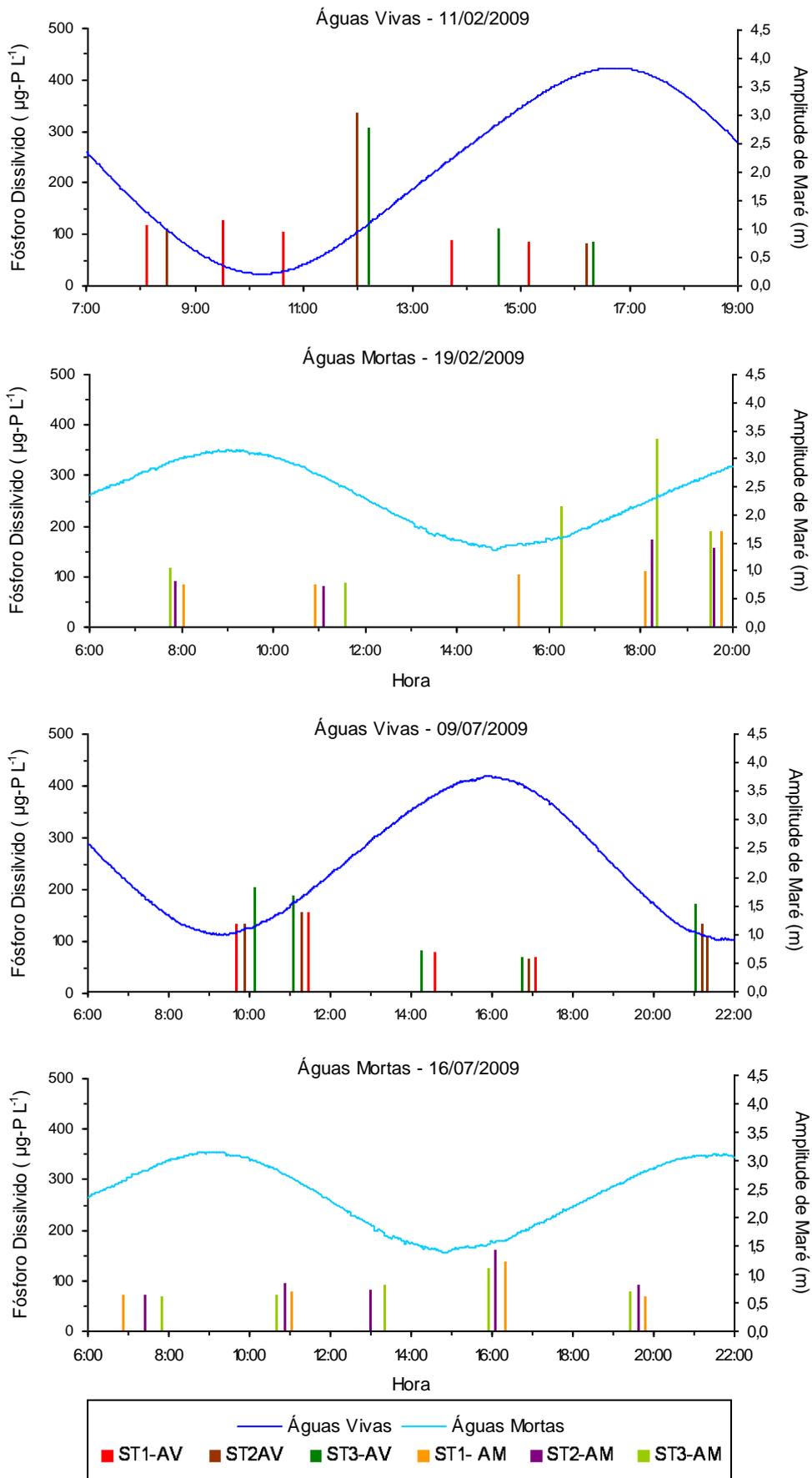


Figura 60. Fósforo dissolvido (amostragens de Fevereiro e Julho de 2009).

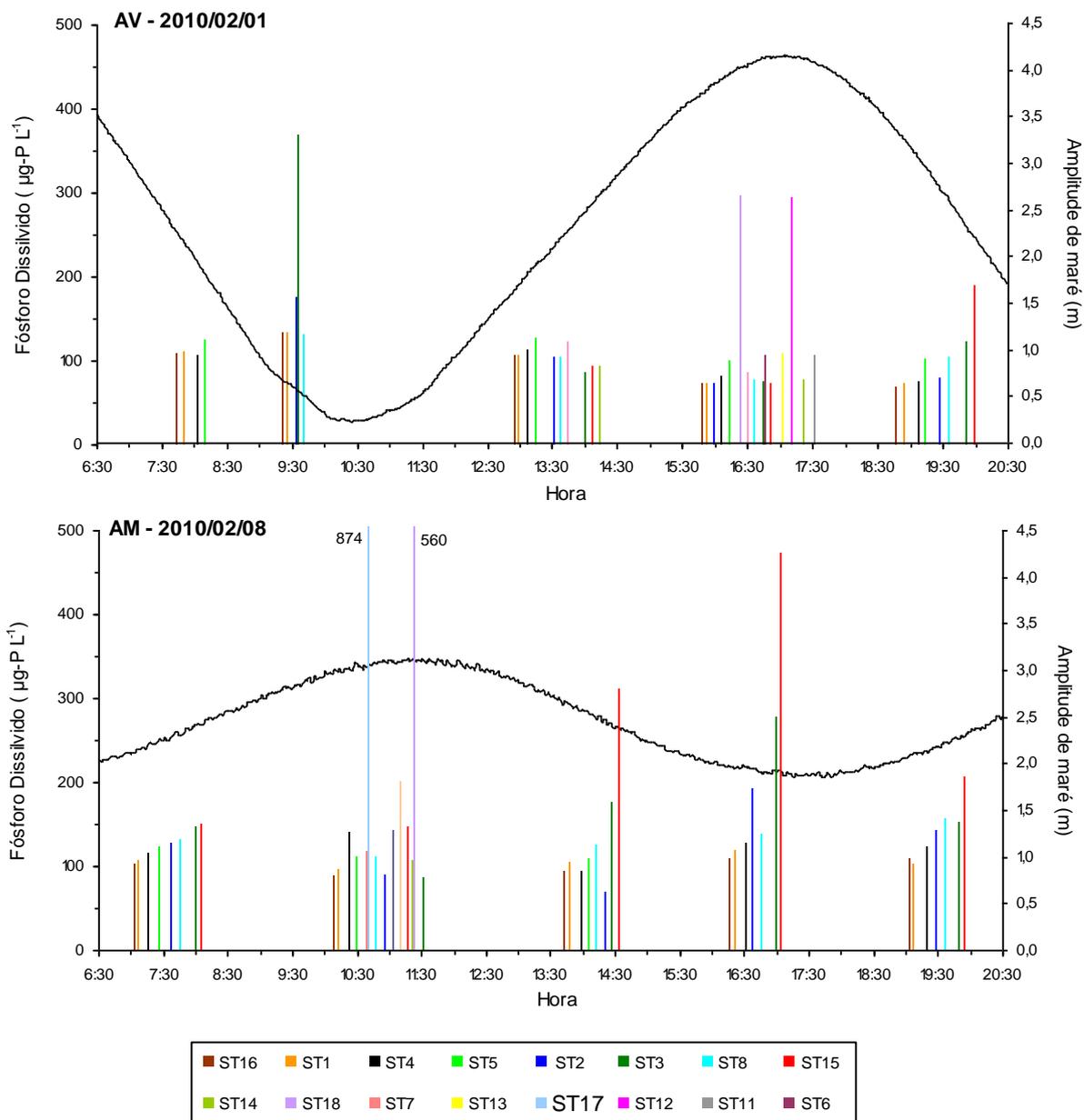


Figura 61. Fósforo dissolvido (amostragem de Fevereiro de 2010).

Não existem diferenças significativas no fósforo dissolvido entre águas vivas e águas mortas, nas situações de Inverno e de Verão (Figuras 23 e 24). Tal como com o azoto dissolvido, foi nas estações mais interiores (15, 17 e 18) que se encontraram os teores mais elevados de fósforo dissolvido.

Na Baía do Seixal a forma orgânica do fósforo é praticamente desprezável na maior parte das estações nas amostragens de Inverno, seguindo o mesmo comportamento do restante estuário (Valença *et al* em publicação).

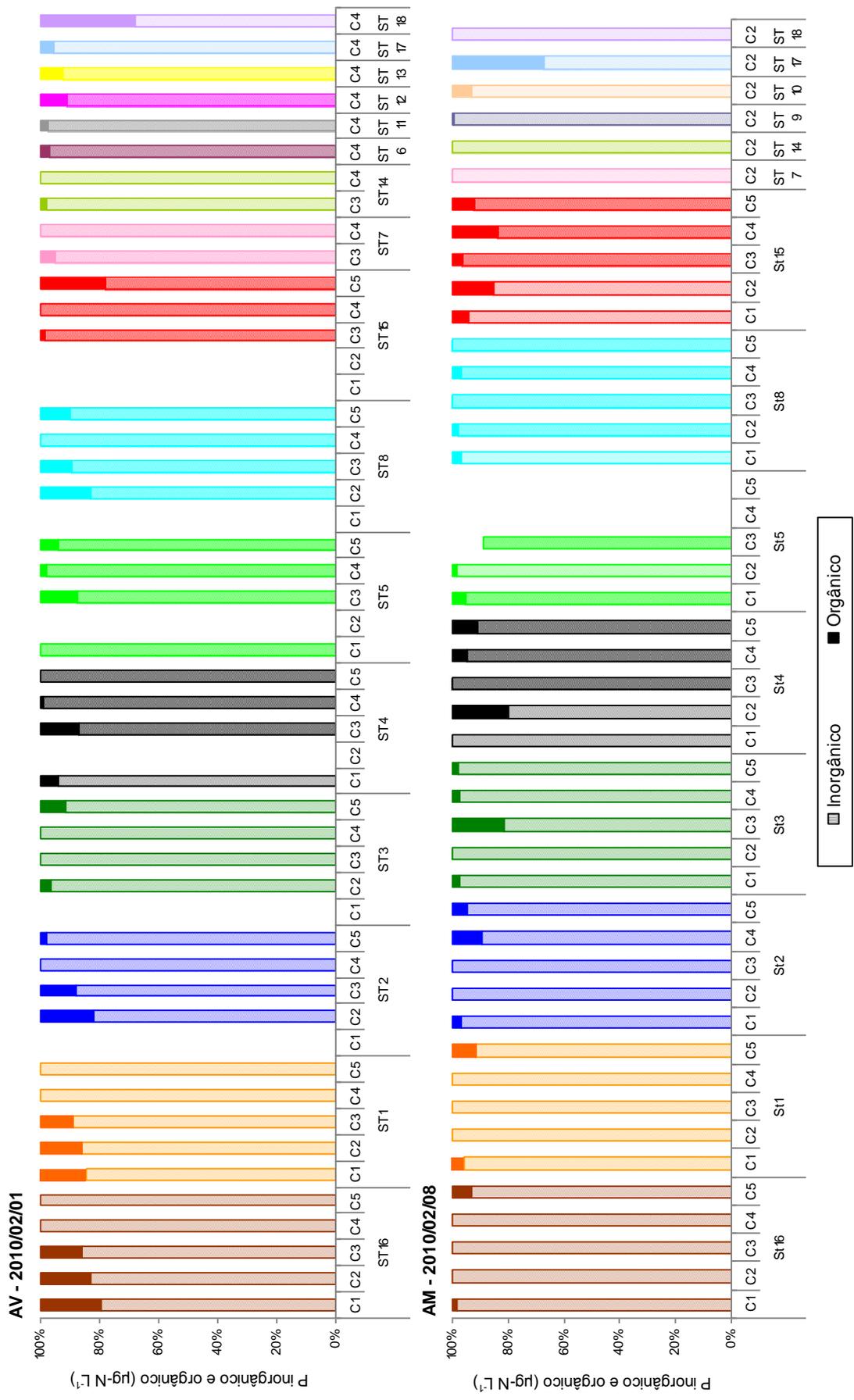


Figura 62. Fósforo inorgânico e orgânico (amostragem de Fevereiro de 2010)

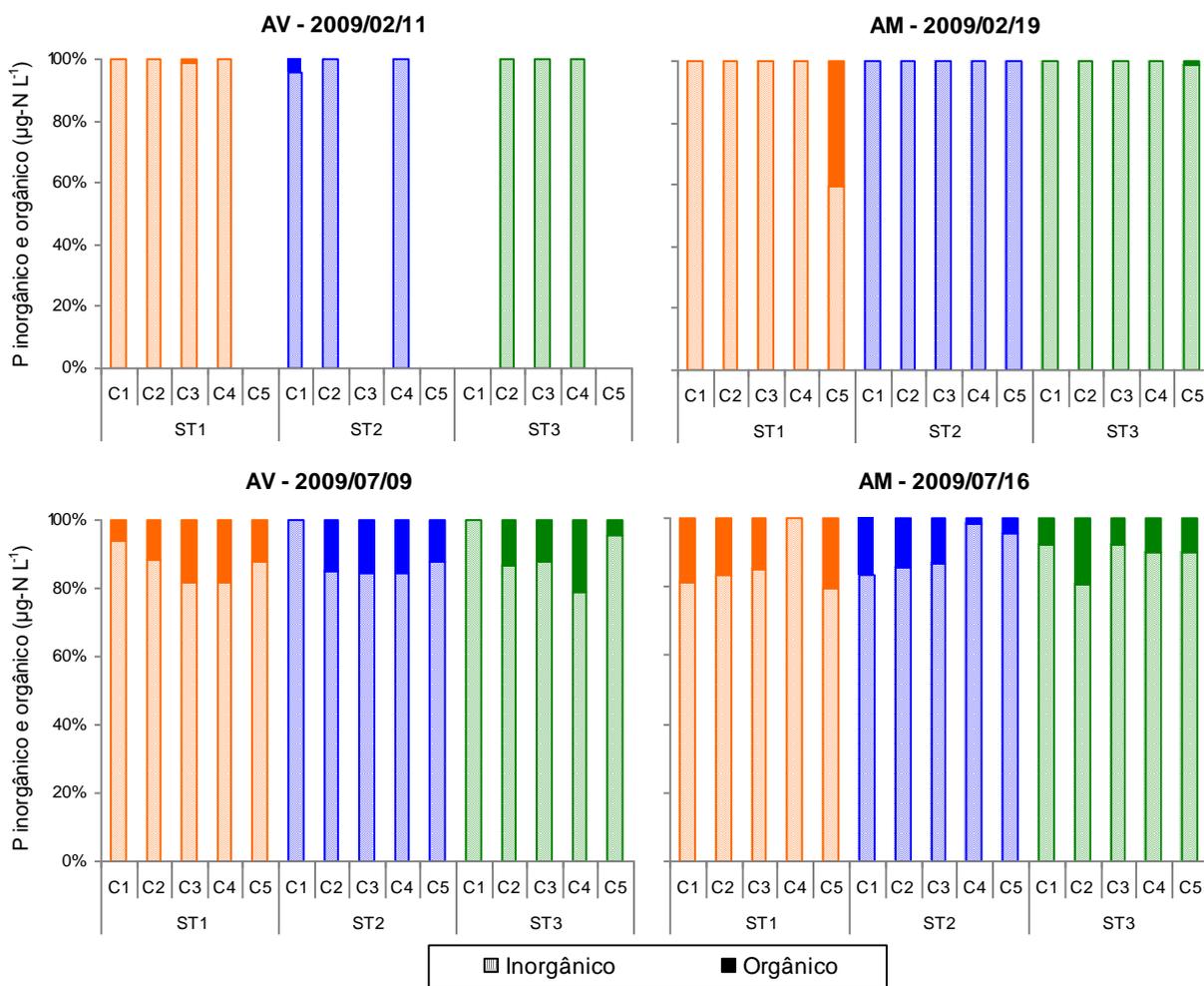


Figura 63. Fósforo inorgânico e orgânico (amostragens de Fevereiro e Julho de 2009).

A relação encontrada entre teores de azoto e fósforo orgânico e inorgânico, com os compostos de origem orgânica a apresentarem pouca expressão, mesmo para estações que apresentam valores muito elevados dos mesmos, levam a pressupor que as escorrências não são de origem urbana, resultando possivelmente da acumulação em solos com libertação em situações de Preia-Mar por trocas entre a água e o sedimento e em épocas de chuva por arrastamento.

Na tabela XI estão representados os teores médios, mediana, desvio padrão, máximo e mínimo da sílica reactiva e dos sulfatos. Pela análise da tabela verifica-se, para estes parâmetros, um comportamento concordante com a sazonalidade, com os teores mais elevados de sulfato a serem encontrados no Verão os e de sílica reactiva no Inverno (Figura 64).

Tabela XI. Baía do Seixal –Sílica reactiva e sulfato

		Fevereiro 2009		Julho 2009		Fevereiro 2010	
		AV	AM	AV	AM	AV	AM
Sílica reactiva ($\mu\text{g-Si L}^{-1}$)	Média	1198	1631	236	171	1264	1533
	Mediana	1154	1619	272	159	1211	1473
	Des. Padrão	130	91	88	55	158	299
	Máximo	1505	1883	384	306	1823	3424
	Mínimo	1070	1491	133	98	1112	1384
Sulfato ($\text{mg-SO}_4 \text{L}^{-1}$)	Média	1794	1356	2548	2514	—	—
	Mediana	1783	1341	2570	2514	—	—
	Des. Padrão	36,5	106	60	25,0	—	—
	Máximo	1858	1588	2612	2574	—	—
	Mínimo	1746	1177	2353	2465	—	—

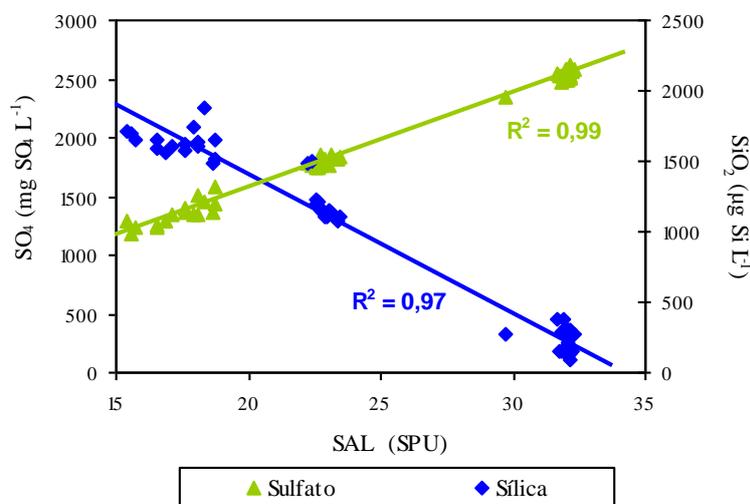


Figura 64. Salinidade vs SO4 e salinidade vs SiO2

Pode estabelecer-se uma razão estequiométrica entre o azoto e o fósforo presentes em águas marinhas ou estuarinas pois a limitação do nutriente está relacionada com a velocidade de regeneração (Redfield, 1963, Stigebrandt, 1987). Para águas em que a biomassa dominante é o fitoplancton, tal razão, denominada Razão de Redfield (R) tem o valor 7,02 se se considerar massa por volume como unidade de concentração. Traçando a recta teórica e comparando as concentrações obtidas pode verificar-se, através dos desvios observados, se

haverá algum nutriente limitante. Na Figura 65 está representada a relação entre o azoto inorgânico e o fósforo inorgânico.

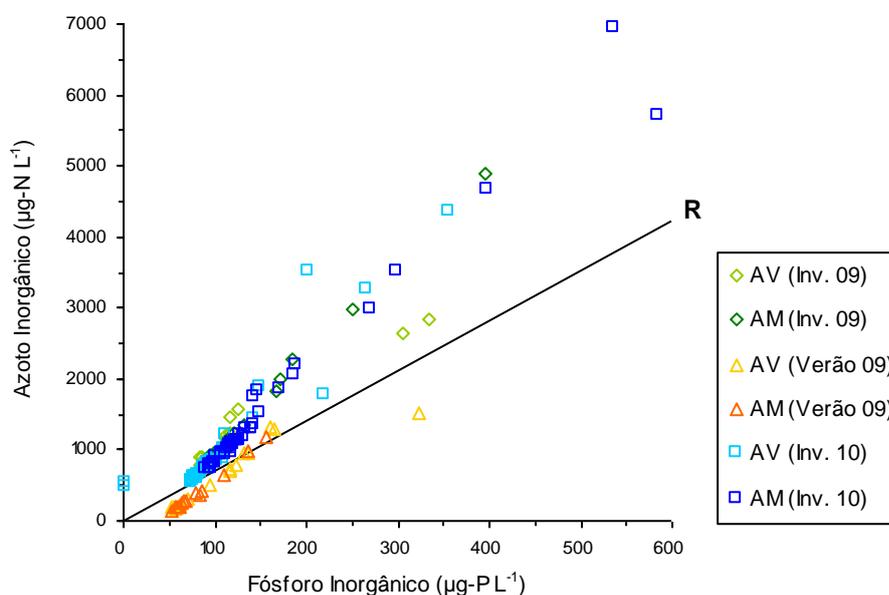


Figura 65. Razão de Redfield

Da análise da figura ressalta que nas situações de Inverno o fósforo é o nutriente limitante, principalmente na situação de águas mortas. Na situação de Verão existe um certo equilíbrio entre os dois nutrientes, verificando-se um leve excesso do fósforo. É de notar ainda que são as estações com maiores teores de nutrientes que apresentam um maior desvio no sentido de excesso de azoto em relação à razão de Redfield.

Tabela XII. Classificação da qualidade das águas em relação ao NOx segundo a European Environment Agency (EEA).

	EEA (*)	11-Fev-09	19-Fev-09	09-Jul-09	16-Jul-09	11-Fev-10	08-Fev-10
Boa	< 91	—	—	—	—	—	—
Razoável	91 - 126	—	—	—	—	—	—
Pobre	126 - 224	—	—	Todas	Todas	—	—
Má	> 224	Todas	Todas	—	—	Todas	Todas

O estado das águas da Baía do Seixal pode ainda ser avaliado à luz do conceito de qualidade de águas salinas (incluindo as de transição) estabelecido pela Agência Europeia do Ambiente (EAA, na sigla em inglês), que define quatro classes em função dos teores de NOx e PO4. Nas tabelas XII e XIII encontram-se a classificação em termos de NOx e de PO4 segundo a referida agência. A água

da Baía do Seixal pode-se classificar na generalidade como Má, tendo em conta os resultados obtidos.

Tabela XIII. Classificação da qualidade das águas em relação ao PO4 segundo a European Environment Agency (EEA).

	EEA (*)	11-Fev-09	19-Fev-09	09-Jul-09	16-Jul-09	11-Fev-10	08-Fev-10
Boa	< 15,5	—	—	—	—	—	—
Razoável	15,5 a 21,7	—	—	—	—	—	—
Pobre	21,7 a 34,1	—	—	—	—	—	—
Má	> 34,1	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas

Tendo em consideração que a qualidade das águas em termos de NOx e fosfatos é na generalidade classificada como Má, e levando em conta os altos teores do nutriente amónia, indicativos de uma baixa capacidade de regeneração do meio, pode concluir-se que a Baía se encontra fortemente sujeita à acção antrópica.

Com base nos dados apresentados, pode então afirmar-se que a Baía do Seixal se encontra sujeita a uma forte carga antropogénica, que parece ter a sua origem em escorrências de origem terrestre provenientes, principalmente, da área da Ponte da Fraternidade e, em menor grau, da zona de Corroios. Os dados disponíveis não permitem, no entanto, avaliar se esta carga antropogénica, que é parcialmente eliminada por acção da maré, é originada por uma baixa capacidade de regeneração do meio ou por uma alta taxa de entrada de nutrientes que não é compensada pela sua capacidade de regeneração natural.

c. Metais

A distribuição espácio-temporal do arsénio não apresenta variação significativa nas seis campanhas de amostragem (Figuras 66 a 68). Os teores são baixos e homogéneos, variando entre 0.863 µg L⁻¹ a 4.03 µg L⁻¹.

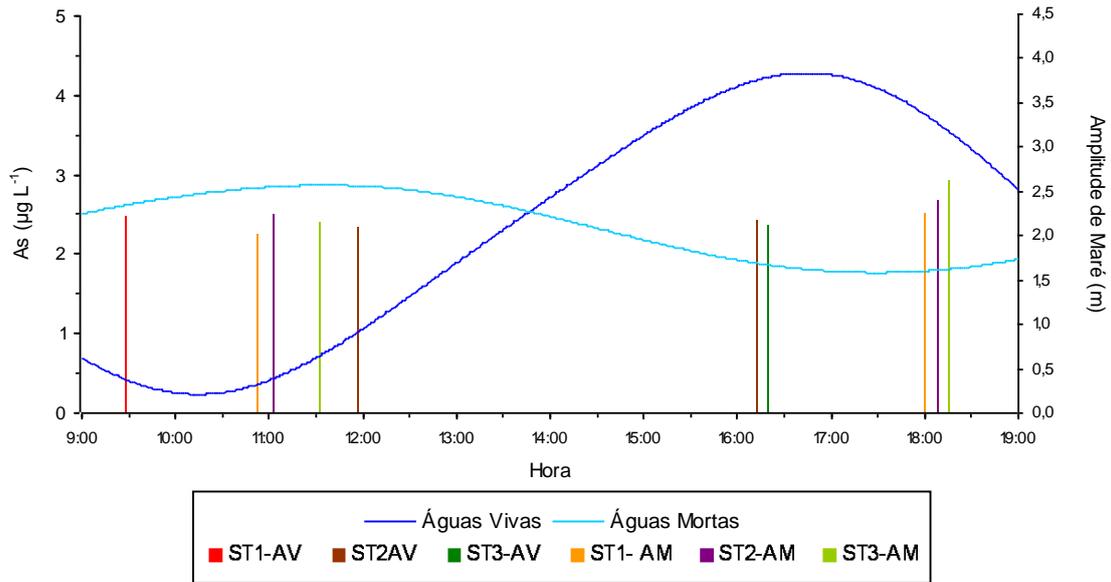


Figura 66. Arsénio (amostragens de Fevereiro de 2009).

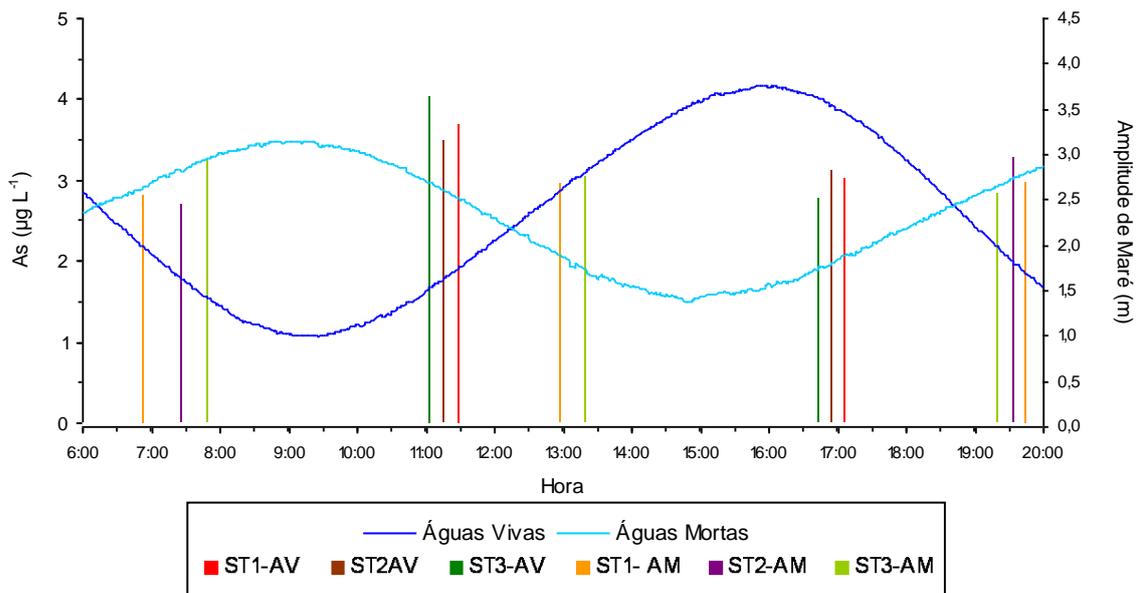


Figura 67. Arsénio (amostragens de Julho de 2009).

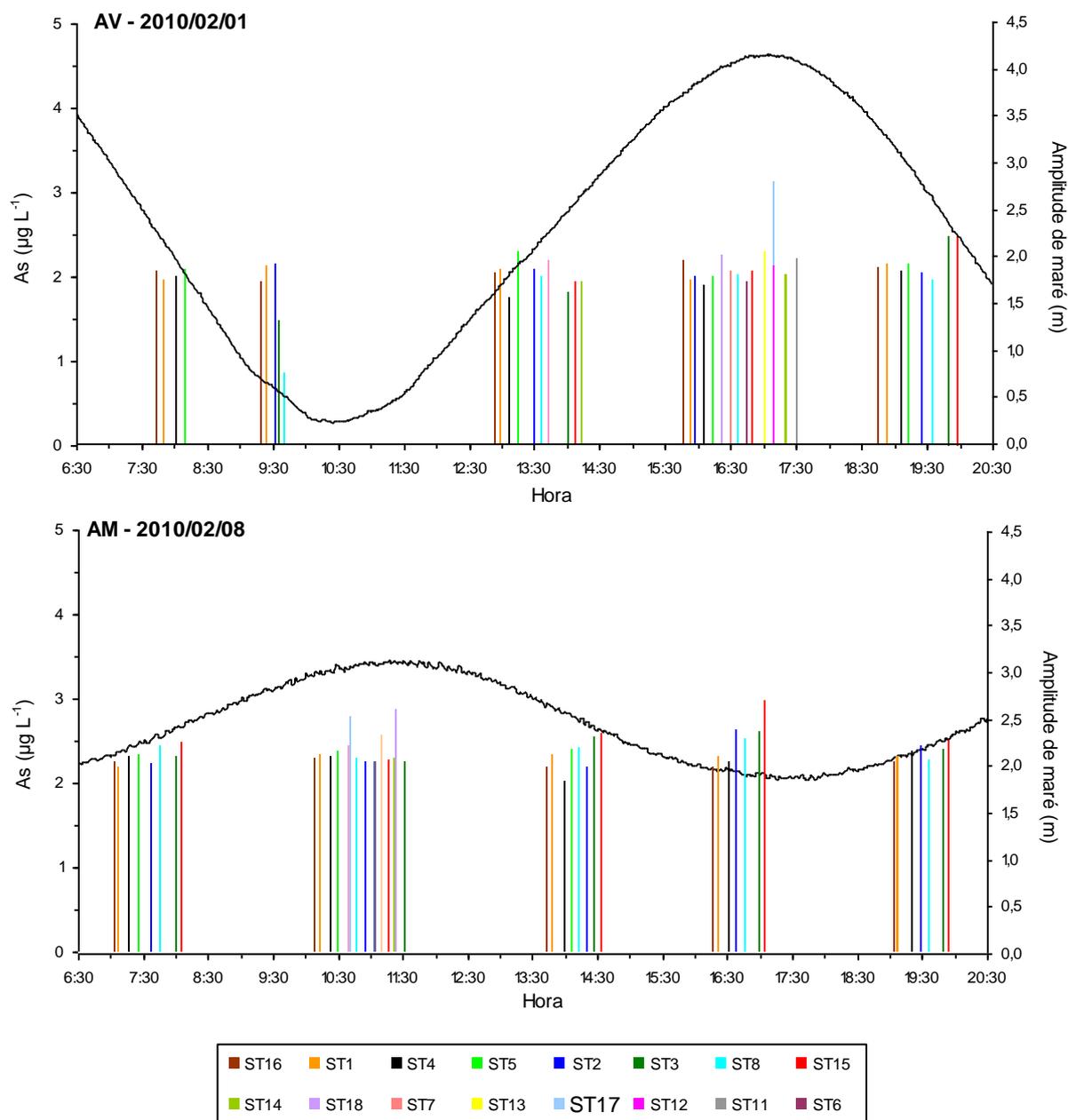


Figura 68. Arsénio (amostragens de Fevereiro de 2010).

Os teores de cobre nas diversas campanhas de amostragem estão representados nas Figuras 69 a 71. A distribuição espacio-temporal não apresenta variação significativa nas campanhas de amostragem ocorridas em 2009, sendo os teores homogêneos e variando entre 2.51 $\mu\text{g L}^{-1}$ e 8.22 $\mu\text{g L}^{-1}$. Nas campanhas de amostragem de 2010, onde foram efectuadas colheitas numa área mais alargada, verifica-se que existe uma distribuição espacial mais significativa sendo a amplitude de 0.262 – 23 $\mu\text{g L}^{-1}$. Os teores mais elevados foram encontrados na estação 12

(Sapal de Corroios) na situação de águas vivas e nas estações 15 (Canal do Talaminho) e 8 (Cais da Venamar) em águas mortas.

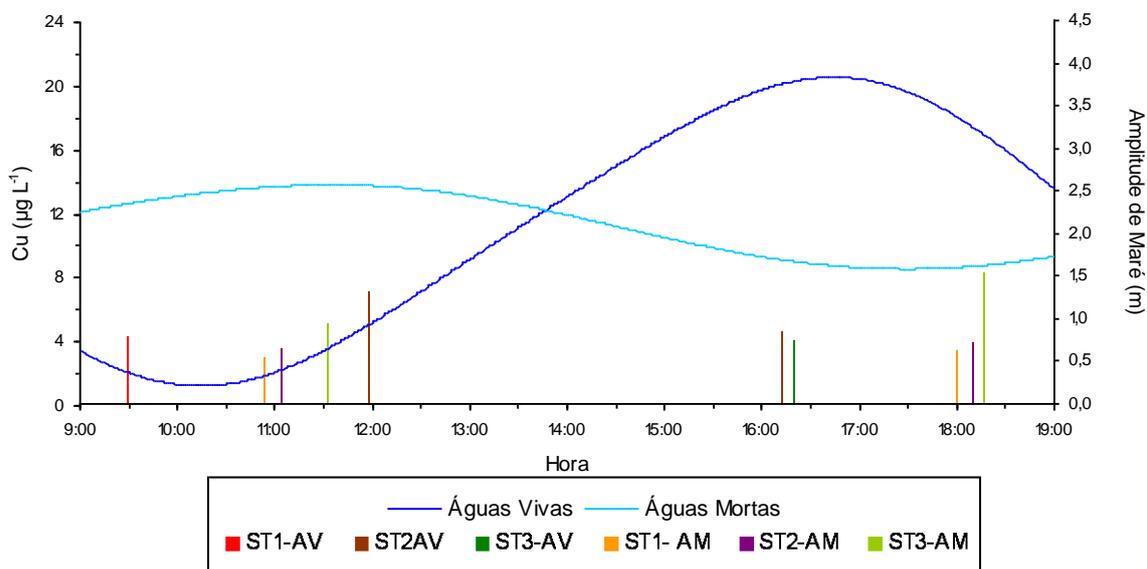


Figura 69. Cobre (amostragens de Fevereiro de 2009).

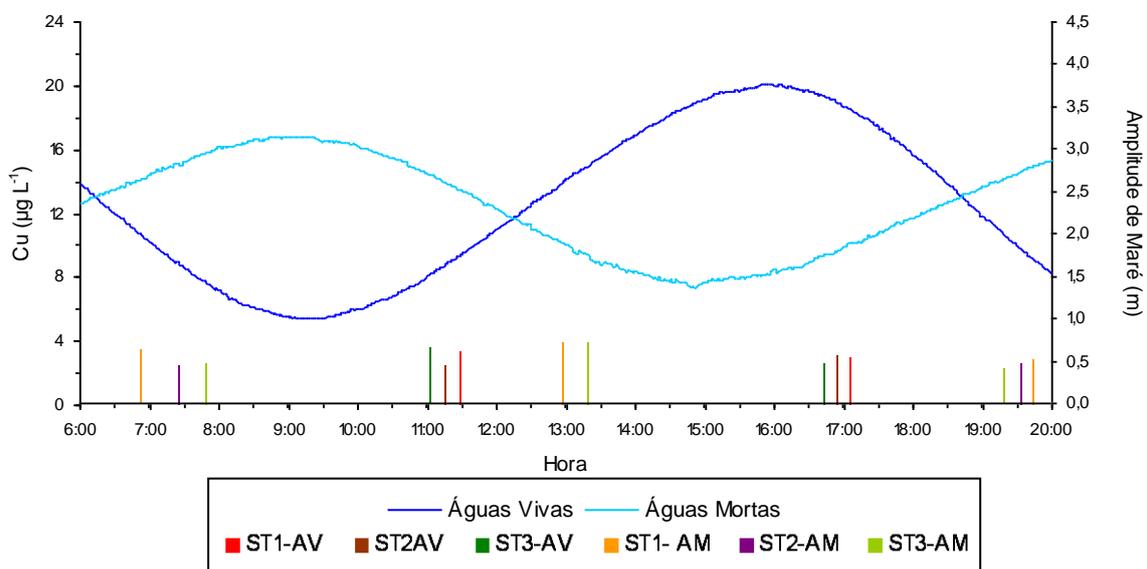


Figura 70. Cobre (amostragens de Julho de 2009).

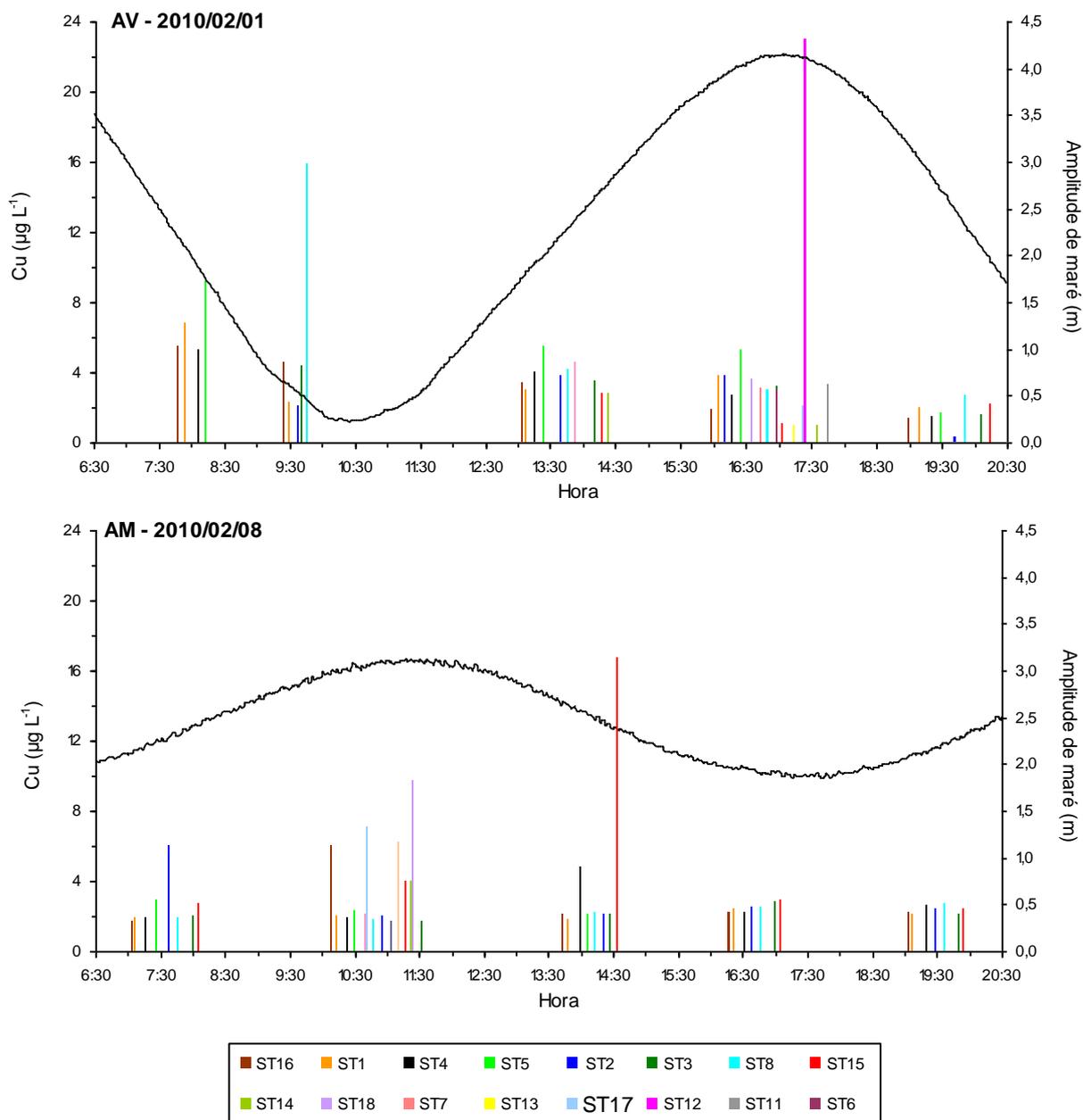


Figura 71. Cobre (amostragens de Fevereiro de 2010).

Não se verificam variações significativas dos teores de chumbo no período estudado, como se pode ver através das Figuras 72 a 74. Os seus teores são baixos variando entre 0.878 e 2.15 $\mu\text{g L}^{-1}$; 0.408 e 0.766 $\mu\text{g L}^{-1}$ e 0.200 a 2.68 $\mu\text{g L}^{-1}$ respectivamente em Fevereiro de 2009, Julho 2009 e Fevereiro de 2010. Na generalidade, os teores mais elevados foram encontrados na situação de águas mortas.

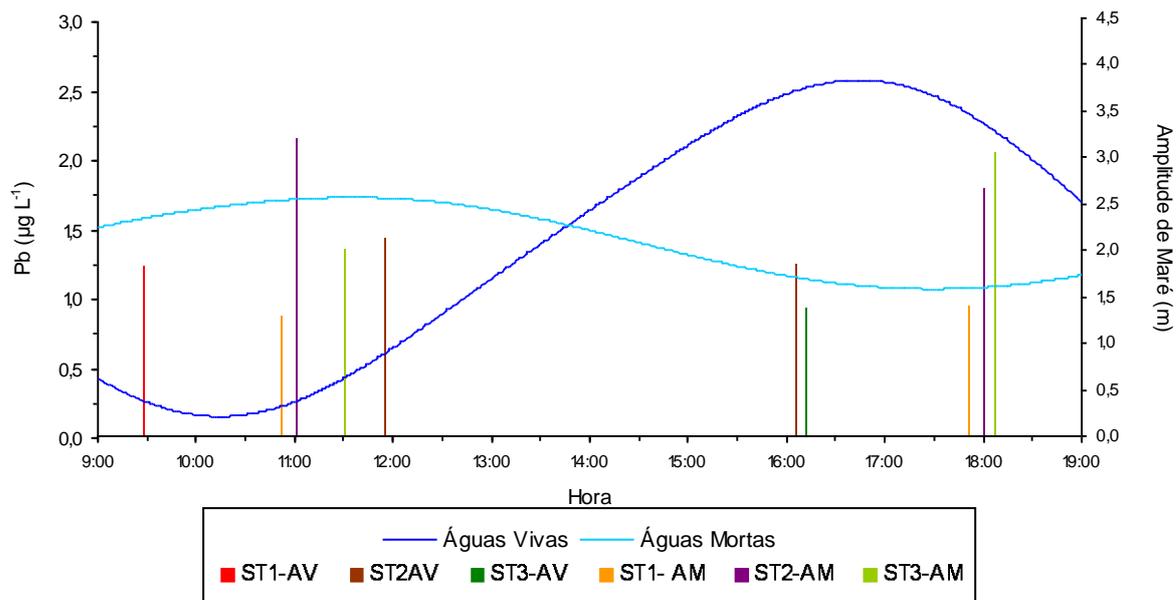


Figura 72. Chumbo (amostragens de Fevereiro de 2009).

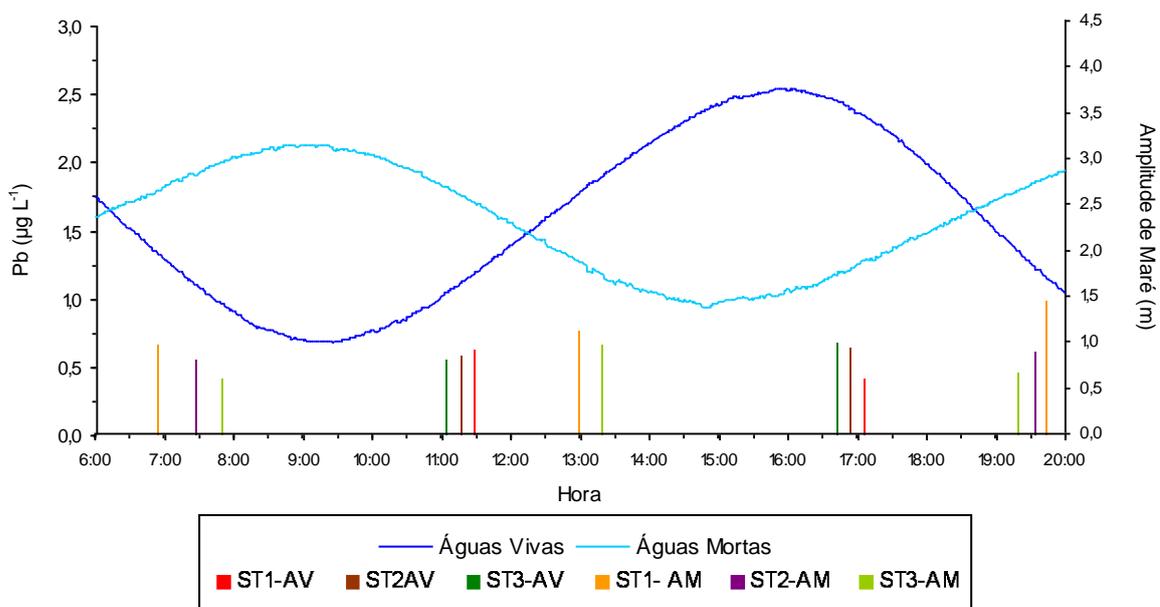


Figura 73. Chumbo (amostragens de Julho de 2009).

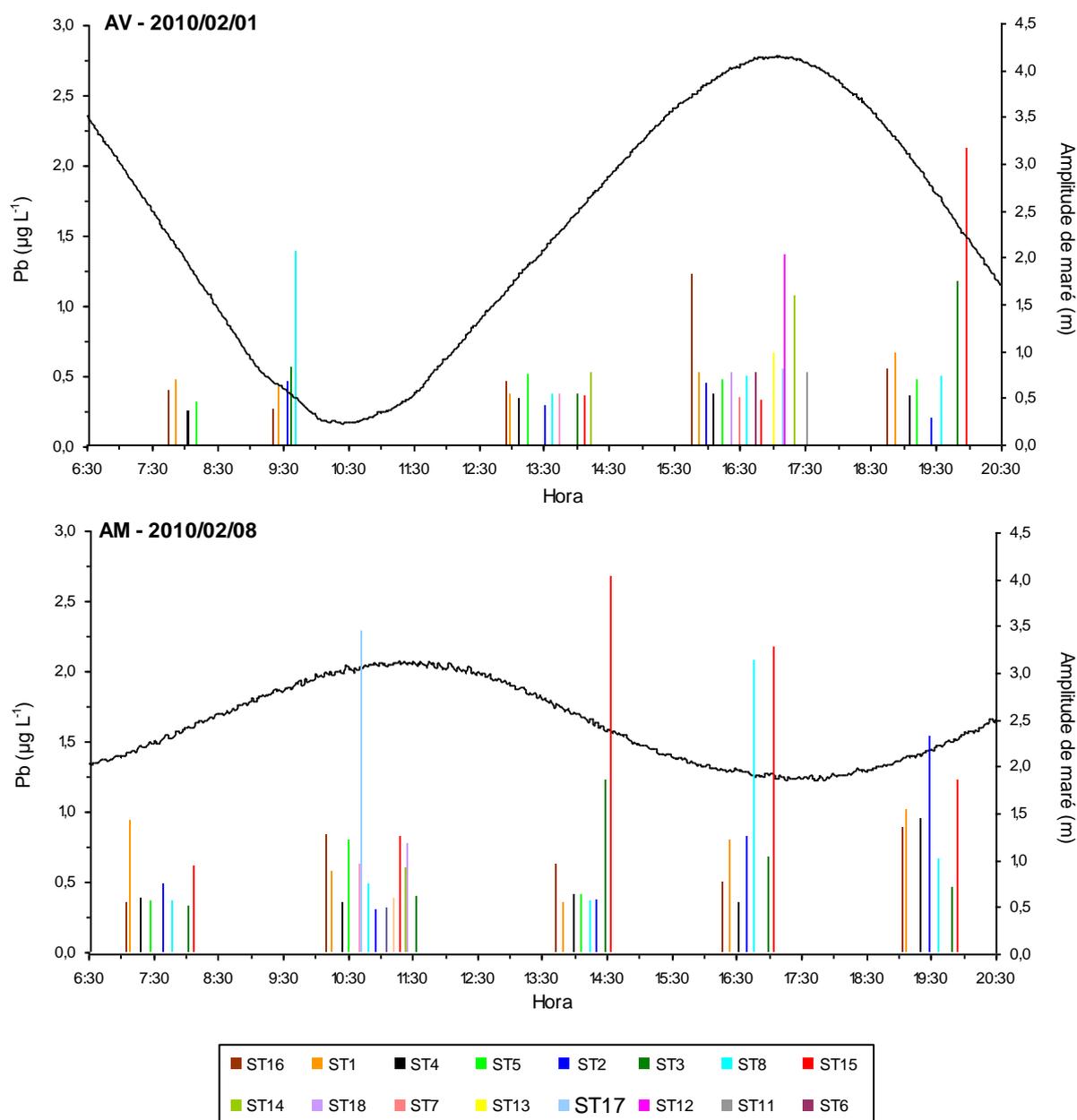


Figura 74. Chumbo (amostragens de Fevereiro de 2010).

Os teores de níquel nas diversas campanhas de amostragem estão representados nas Figuras 75 a 77. A distribuição espácio-temporal não apresenta variação significativa nas campanhas de amostragem ocorridas em 2009. Os teores médios encontrados em Fevereiro foram de 2.63 $\mu\text{g L}^{-1}$ (águas vivas) e 5.54 $\mu\text{g L}^{-1}$ (águas mortas) e em Julho de 4.50 $\mu\text{g L}^{-1}$ (águas vivas) e 3.39 $\mu\text{g L}^{-1}$ (águas mortas). Os teores encontrados em 2010 variaram entre 0.385 e 22 $\mu\text{g L}^{-1}$ sendo os mais elevados encontrados na estação 16 (estuário) na situação de águas vivas e na estações 15 (Canal do Talaminho) em águas mortas. Os teores médios foram de 5.49 $\mu\text{g L}^{-1}$ em águas vivas e de 7.34 $\mu\text{g L}^{-1}$ em águas mortas.

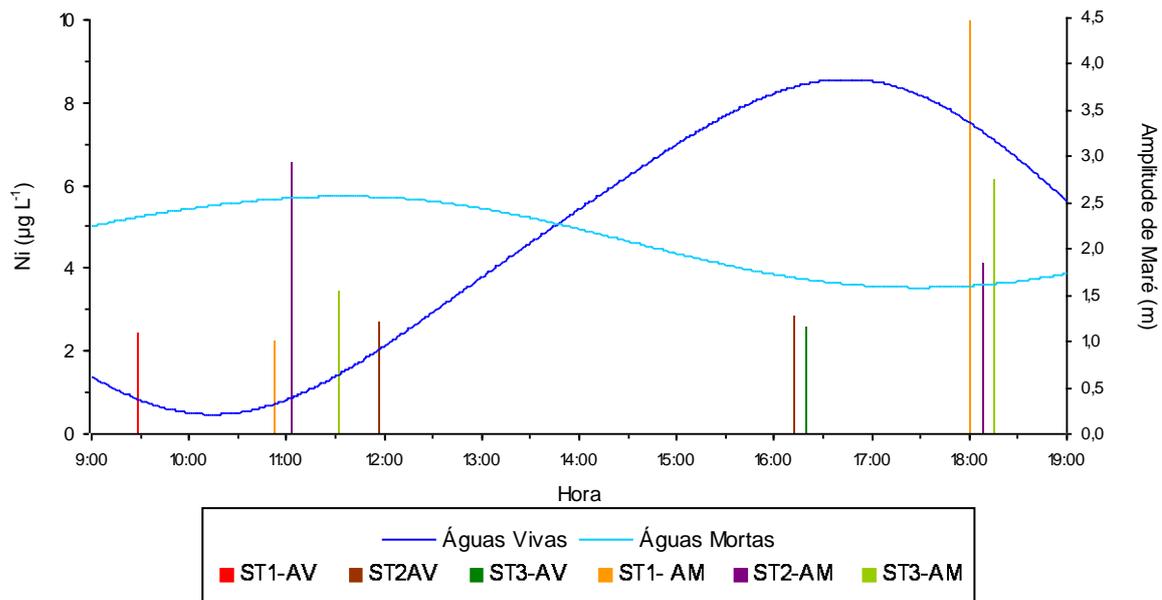


Figura 75. – Níquel (amostragens de Fevereiro de 2009).

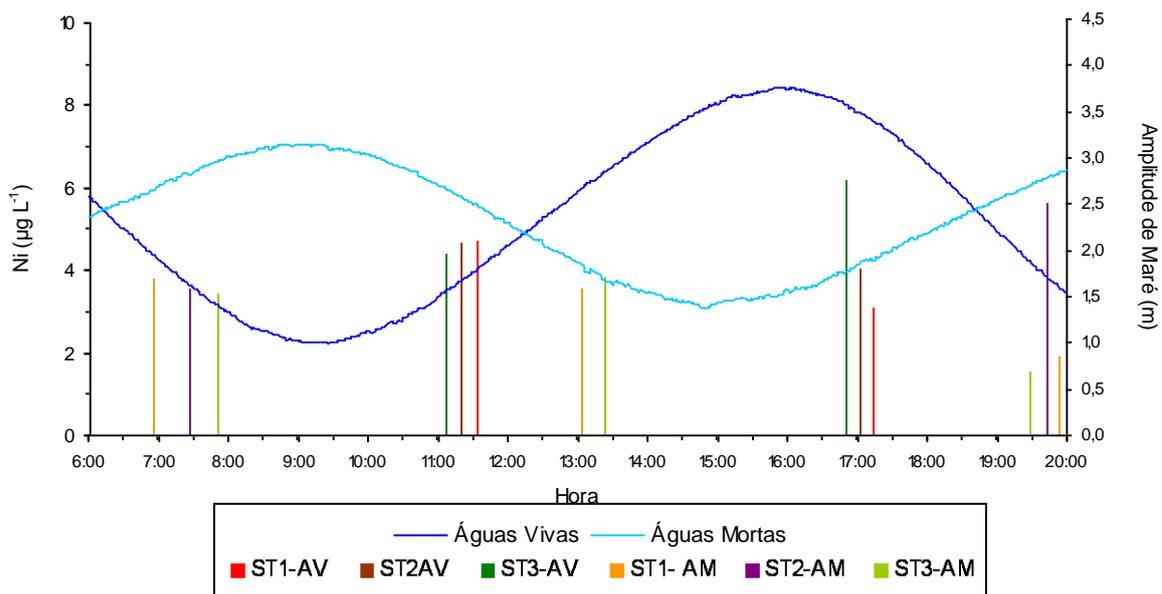


Figura 76. Níquel (amostragens de Julho de 2009).

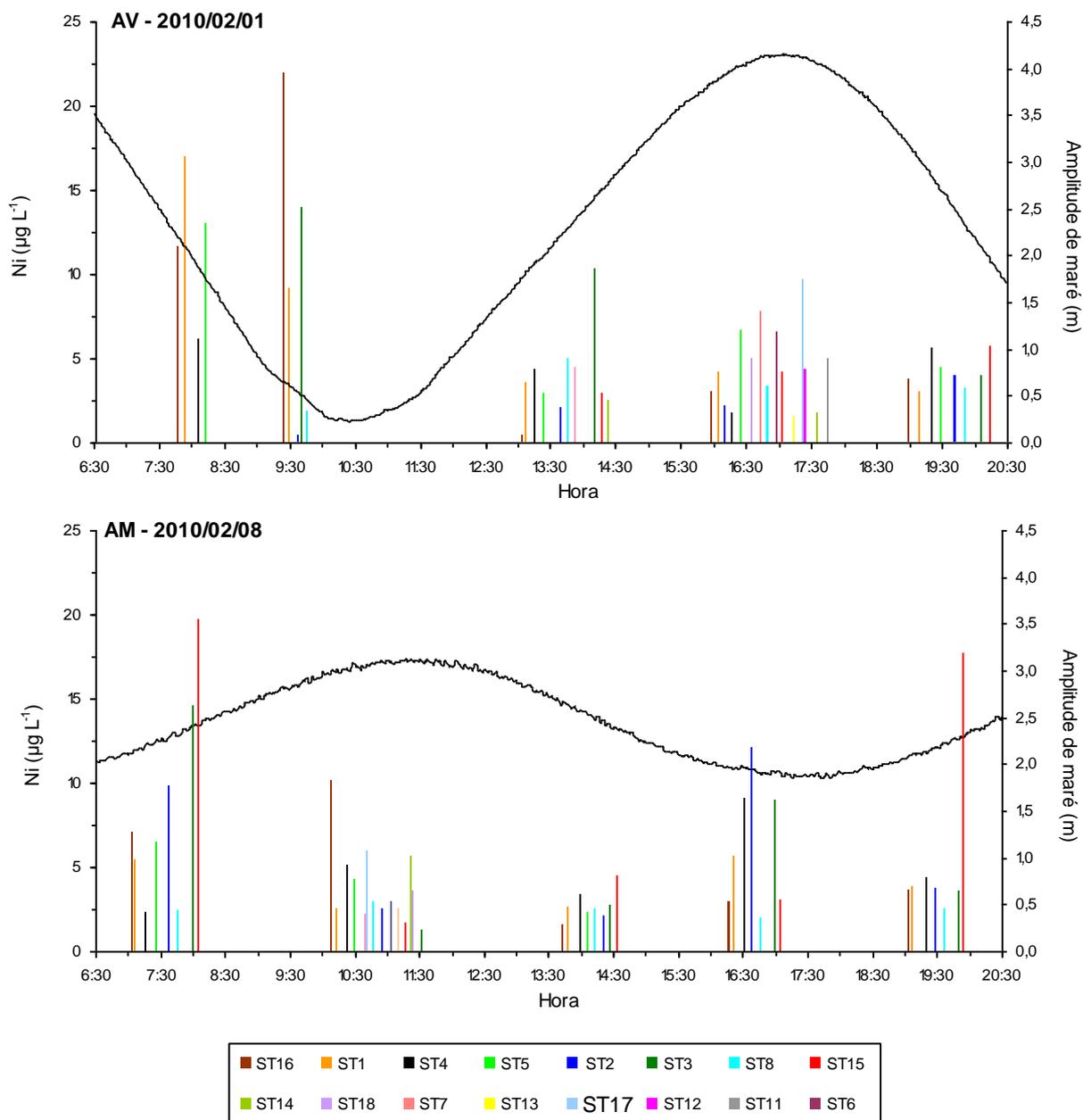


Figura 77. Níquel (amostragens de Fevereiro de 2010).

Na Baía do Seixal os teores de zinco encontrados no período estudado são aleatórios, como se verifica através das Figuras 78 a 80. Os teores médios foram de $23 \mu\text{g L}^{-1}$ em Fevereiro 2009, $11.2 \mu\text{g L}^{-1}$ em Julho 2009 e de $13.3 \mu\text{g L}^{-1}$ em Fevereiro de 2010.

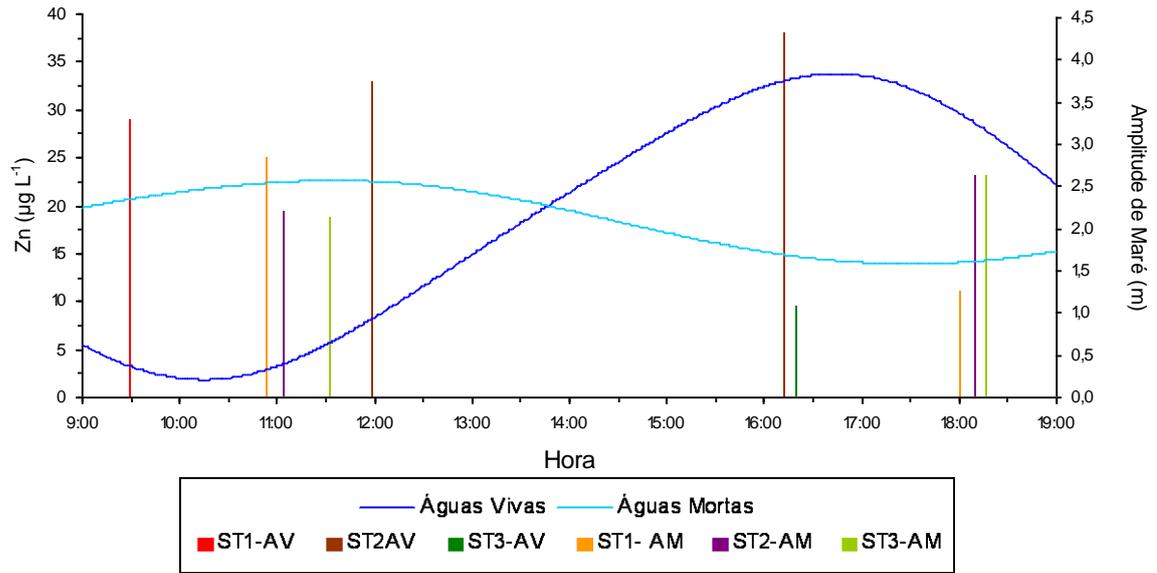


Figura 78. Zinco (amostragens de Fevereiro de 2009).

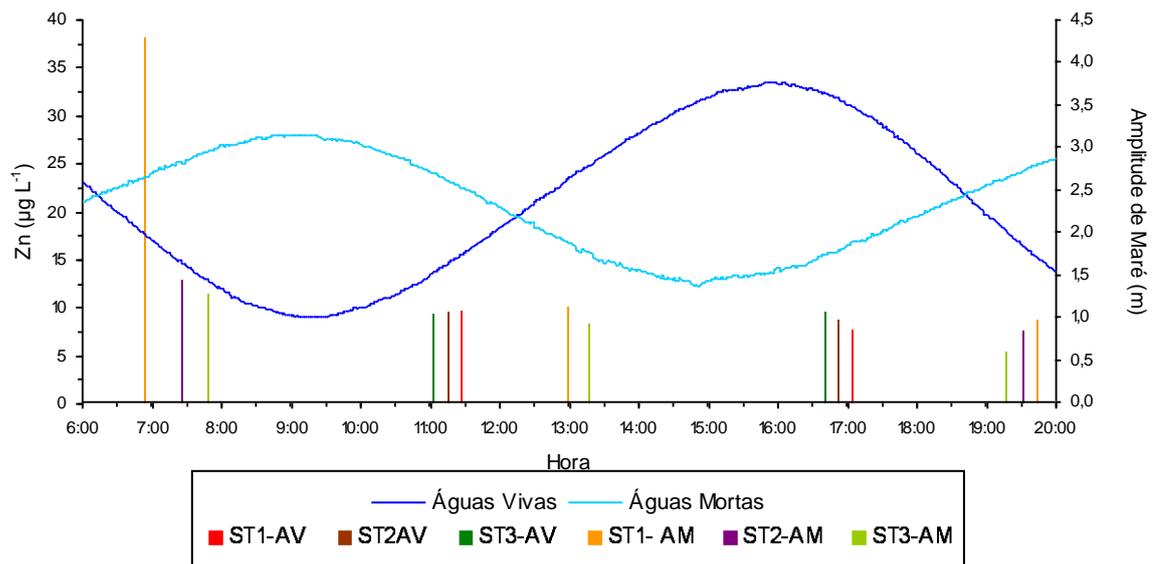


Figura 79. Zinco (amostragens de Julho de 2009).

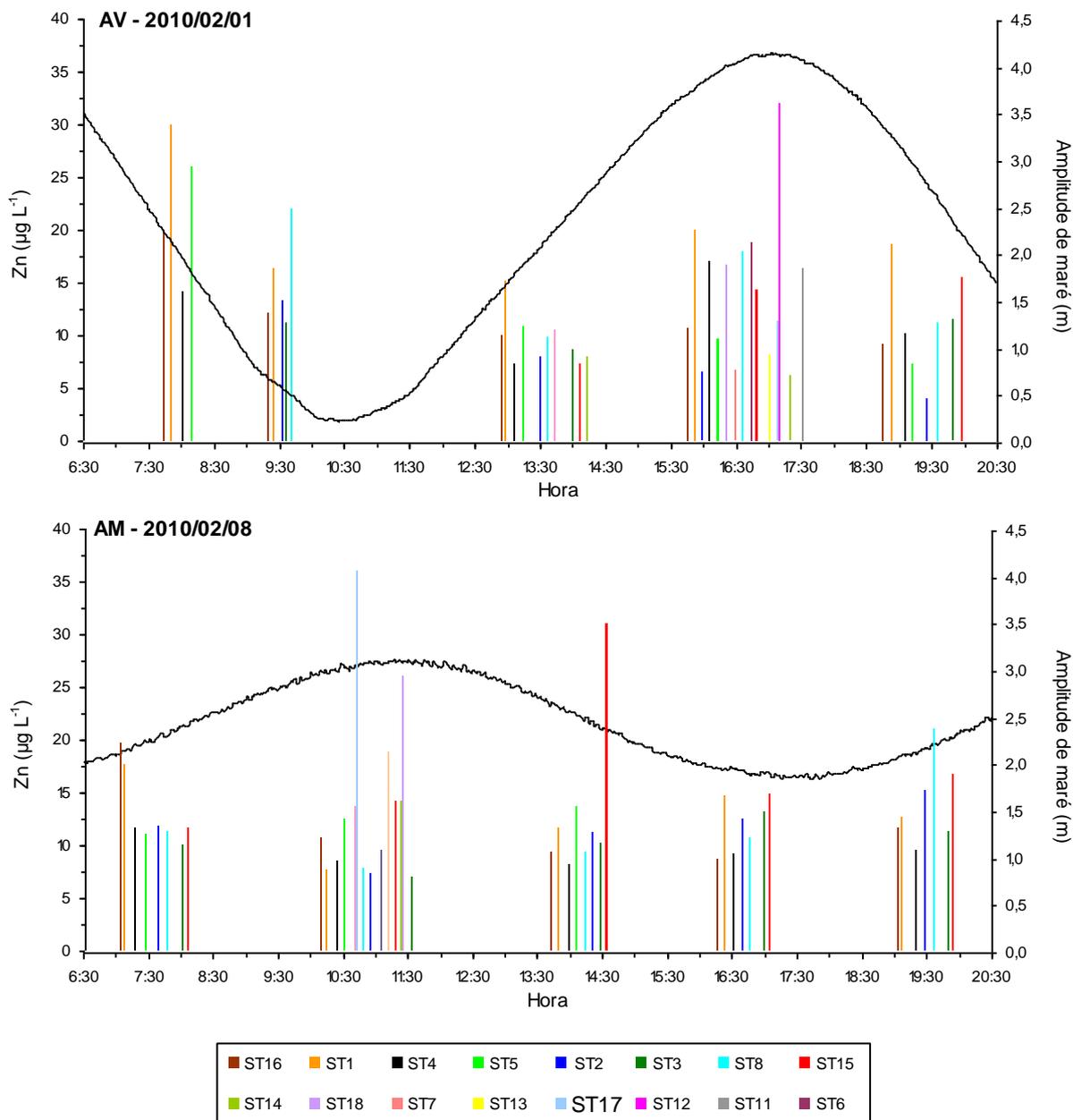


Figura 80. Zinco (amostragens de Fevereiro de 2010).

As variações dos teores de ferro nas diversas épocas (Inverno e Verão) e nas situações de águas vivas e águas mortas são muito significativas, exibindo ordens de grandeza diferentes (Figuras 81 a 83). Os teores mais elevados foram encontrados em 2010, com valores médios de $37 \mu\text{g L}^{-1}$ (águas vivas) e de $61 \mu\text{g L}^{-1}$ (águas mortas) e amplitudes, respectivamente, de $1.64 - 384 \mu\text{g L}^{-1}$ e $3.18 - 294 \mu\text{g L}^{-1}$. Em 2009 a amplitude de variação foi inferior à de 2010. O teor médio em Fevereiro foi de $23 \mu\text{g L}^{-1}$ e o de Julho de $11.2 \mu\text{g L}^{-1}$ com amplitudes de $1.59 - 69 \mu\text{g L}^{-1}$ e $<1 - 172 \mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente. Na avaliação individual por estação constata-se que os teores de ferro não apresentam nenhuma tendência.

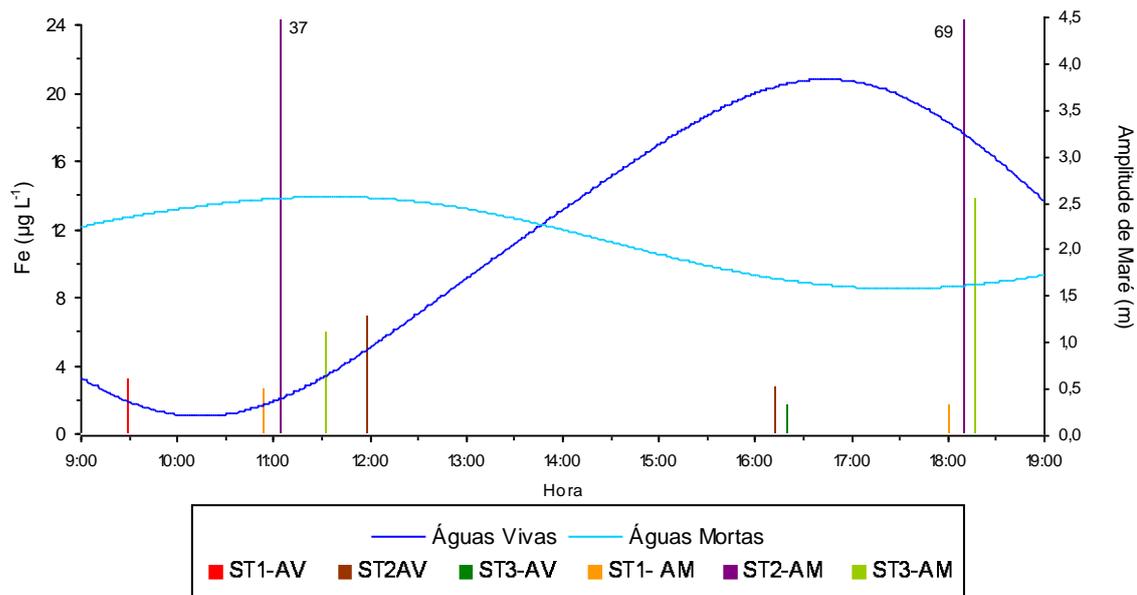


Figura 81. Ferro (amostragens de Fevereiro de 2009).

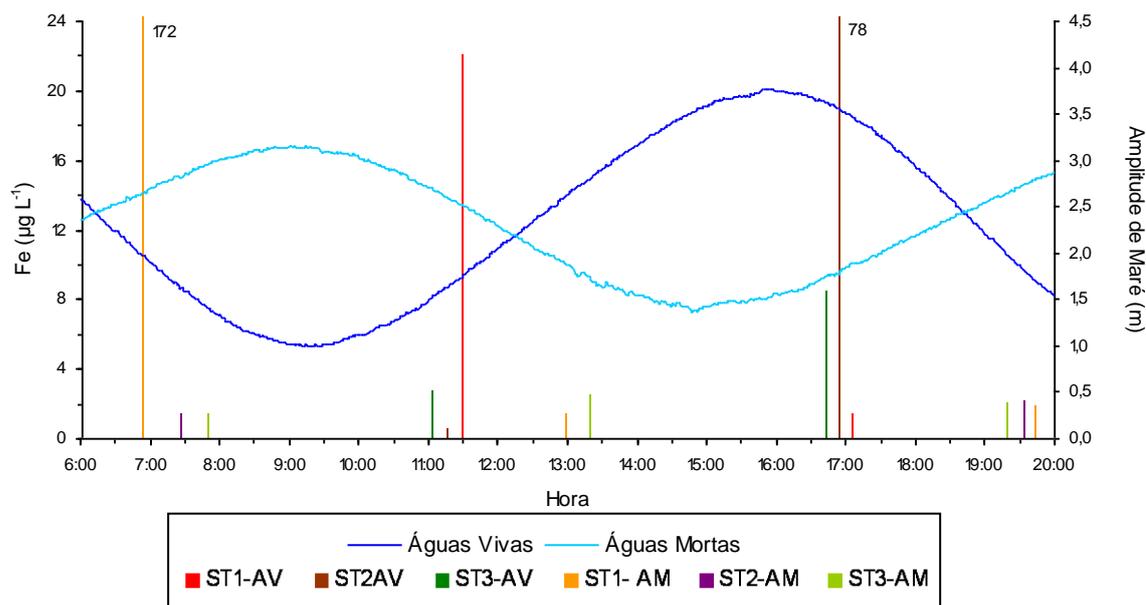


Figura 82. Ferro (amostragens de Julho de 2009).

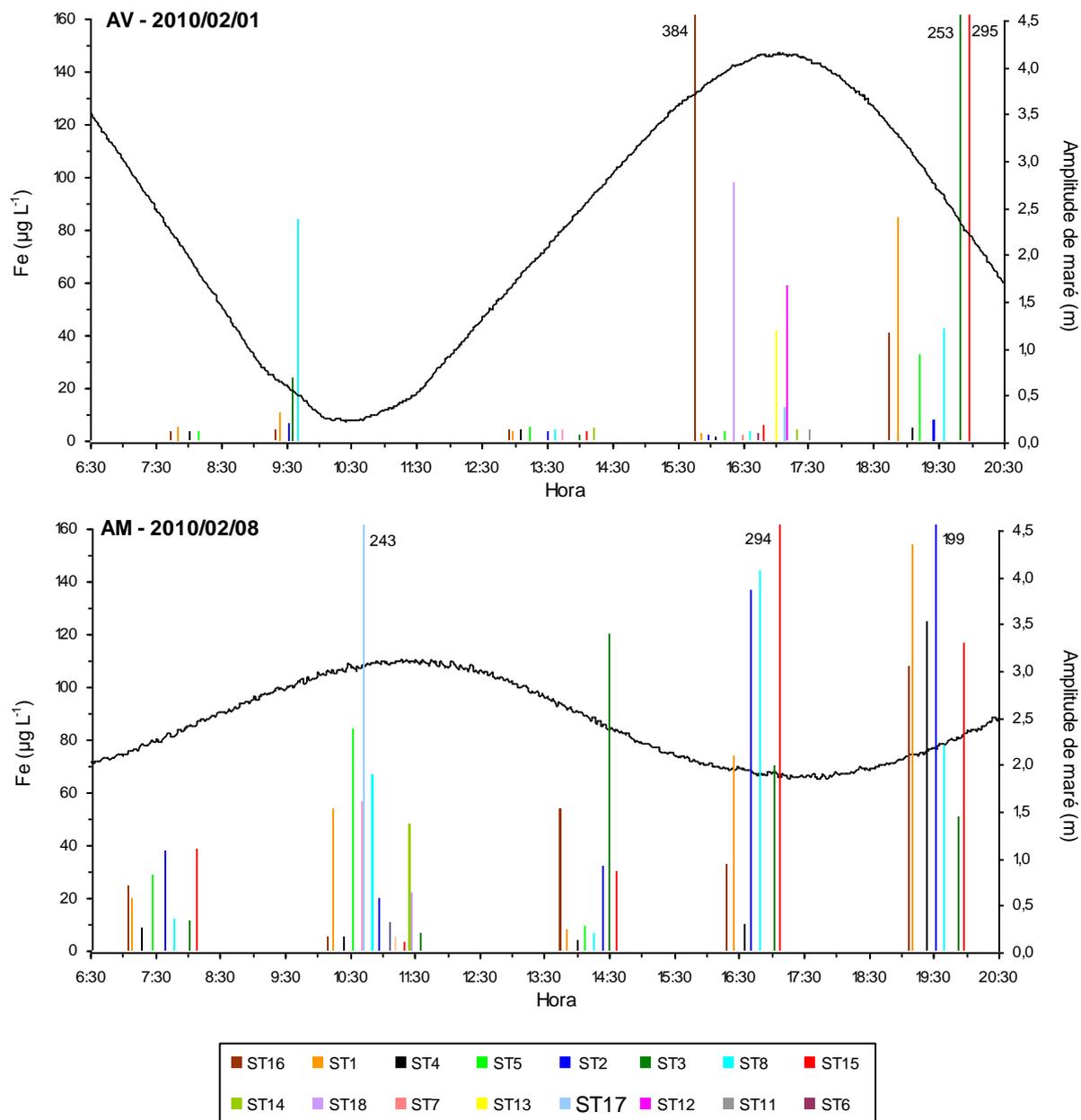


Figura 83. Ferro (amostragens de Fevereiro de 2010).

Na Tabela IX encontram-se os teores médios, desvio padrão, máximo e mínimo para os metais cádmio, mercúrio e crómio. Da análise dos dados pode afirmar-se que os teores encontrados são sistematicamente baixos, em alguns casos mesmo ao nível de quantificação dos respectivos métodos, e que as diferenças de teores verificadas entre as diferentes condições de Inverno e Verão e águas vivas e águas mortas não são significativas.

Tabela XIV. Baía do Seixal – Cádmiu, mercúriu e crómio em águas.

		Fevereiro 2009		Julho 2009		Fevereiro 2010	
		AV	AM	AV	AM	AV	AM
Cádmiu ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Média	0,272	0,150	0,051	0,098	0,275	0,054
	Des.	0,483	0,121	0,031	0,115	0,423	0,058
	Máximo	1,35	0,340	0,112	0,403	1,83	0,414
	Mínimo	0,03	<0,03	<0,03	0,038	<0,03	<0,03
Mercúriu ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Média	0,022	0,014	0,011	0,016	—	—
	Des.	0,016	0,006	0,007	0,009	—	—
	Máximo	0,048	0,024	0,023	0,034	—	—
	Mínimo	<0,0075	<0,0075	<0,0075	<0,0075	—	—
Crómio ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Máximo	<0,5	<0,5	0,528	<0,5	—	—
	Mínimo	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	—	—

Tendo em conta as Normas de Qualidade Ambiental (NQA) definidas no Decreto-Lei nº 103/2010, para as águas de transição (incluídas na classe “outras águas superficiais”), verifica-se que os teores médios de Hg, Ni e Pb são inferiores aos valores máximos admissíveis de médias anuais (NQA-MA) estabelecidos, enquanto que no caso de Cd aquele valor é excedido durante as campanha de amostragem de Inverno em situação de Águas Vivas tanto em 2009 como em 2010. De notar que as NQA estabelecidas são definidas para uma amostragem periódica, normalmente mensal, pelo que a análise aqui efectuada é apenas indicativa.

Para os restantes metais (As, Cu, Fe e Zn), não são definids normas de qualidade ambiental no referido D.L.. Como já referido, é de destacar o comportamento observado para os metais Zn e Fe. Uma análise mais profunda das condições de colheita (tipo de maré, transparência e altura de coluna de água) leva a supor que nesta situação específica seja possível a existência de trocas na interface água-sedimento, que tenham levado a um enriquecimento da água nestes dois metais.

d. Compostos orgânicos

A monitorização de compostos orgânicos na matriz água foi realizada apenas na amostragem de 8 de Fevereiro de 2009 e focou-se na análise de pesticidas organoclorados, policlorobifenilos (PCB7), óleos, gorduras e hidrocarbonetos.

Na Tabela X apresentam-se os teores encontrados para o γ -HCH, Σ (DDE,DDD,DDT) e Σ PCB7.

Tabela XV. Baía do Seixal - Teores de γ -HCH, Σ DDT, Σ PCB7 em águas.

	ST1	ST2			ST3
	C4	C1	C2	C4	C4
γ -HCH	0,41	0,89	1,4	0,42	0,5
Σ (DDE,DDD, DDT)	<2	<2	<2	<2	<2
Σ PCB7	<0,7	<0,7	2	<0,7	0,8

A análise de PCBs e pesticidas organoclorados em fase aquosa é crítica porque as concentrações destes compostos são muito baixas dada a sua natureza hidrófoba. Neste contexto, o γ -HCH (lindano) é de facto o único pesticida que se detecta nos locais amostrados, em valores baixos. Os teores de hexaclorociclohexano (γ -HCH) – lindano - não ultrapassam os NQA-MA, estabelecidos no Decreto-Lei nº 103/2010 ou os valores de CAE definido pela OSPAR (OSPAR Commission, 2000a, b) para águas oceânicas e costeiras.

O somatório dos metabolitos de DDT (Σ (DDE,DDD,DDT) - op'DDE, pp'DDE, op'DDD, pp'DDD, op'DDT, pp'DDT) apresenta concentrações iguais ao limite de quantificação do método. Os teores encontrados para o somatório dos policlorobifenilos (Σ PCB7 - CB28+CB52+CB101+CB118+CB138+CB153+CB180) são baixos, com frequente incidência ao nível do limite de quantificação do método.

Pela análise dos teores encontrados para óleos e gorduras e hidrocarbonetos na matriz água, pode considerar-se que nos locais amostrados não existe contaminação por estes dois conjuntos de compostos orgânicos, estando as concentrações ao nível do limite de quantificação do método (0.05 mg L⁻¹).

8. Conclusões

As observações hidrodinâmicas realizadas em 2009-2010 na Baía do Seixal revelam que se trata de um subsistema estuarino dominado pela enchente. A inversão de corrente à entrada da Baía, associada ao estófo de preia-mar é muito rápida, ao passo que em torno do estófo de baixa-mar tem uma duração superior a 1 hora. À entrada da Baía observaram-se, tanto em enchente como em vazante, correntes médias de cerca de 0.4 ms^{-1} , e máximas da ordem de 1.2 ms^{-1} . Face à maior intensidade do fluxo de enchente relativamente ao de vazante, observado à entrada da Baía, considera-se provável que o resultado local seja um transporte sedimentar para montante, dando origem a assoreamento, seja do canal principal, seja da bacia do estaleiro da Navaltagus, por via da presença de alguma recirculação local.

A repartição dos fluxos no interior da Baía faz-se com privilégio dos canais mais profundos. O seguimento de flutuadores derivantes no interior da Baía revelou uma corrente coerente e essencialmente paralela às margens no canal principal entre o Seixal e a Ponta dos Corvos, com valores entre 0.4 e 0.6 ms^{-1} em plena vazante de AM. A enchente foi particularmente bem observada em AM, com valores máximos de corrente no canal principal até $0.3-0.4 \text{ ms}^{-1}$, repartindo-se o fluxo pelos canais no interior da baía, com privilégio do canal que conduz ao Talaminho e Corroios. As observações hidrológicas realizadas no interior dos vários canais revelaram homogeneidade vertical no primeiro metro da coluna de água, excepto para montante do Talaminho, em particular durante a vazante, o que pode revelar uma contribuição da ETAR de Corroios.

A evolução temporal da concentração das amostras de matéria particulada em suspensão, assim como da sua composição mineralógica, sugerem a existência de remobilização de material de fundo da Baía nas situações de baixa-mar. Esta remobilização é notória em situações de águas vivas, o que é consistente com a quantidade de energia existente no meio.

A composição mineralógica dos sedimentos em suspensão na Baía do Seixal, sob as condições forçadoras típicas de Inverno, reflecte a composição mineralógica dos sedimentos de fundo nos locais de amostragem, com maior abundância dos minerais mica/ilite, clorite e caulinite. Quartzo, plagioclase, feldspatos potássicos, calcite, sidrite e pirite surgem como minerais acessórios.

De modo idêntico, a granulometria dos sedimentos em suspensão reflecte a dos sedimentos de fundo. A moda dos sedimentos em suspensão situa-se nos 7Φ , o que corresponde à moda da fracção silto-argilosa dos sedimentos de fundo. Os resultados do

estudo granulométrico e mineralógico das amostras de sedimento de fundo e de sedimento em suspensão na Baía do Seixal apontam para que os sedimentos de fundo sejam a única fonte da matéria particulada em suspensão, não havendo evidências de entrada de material com uma assinatura distinta que se possa identificar como proveniente do Estuário do Tejo.

A Baía parece encontrar-se em equilíbrio dinâmico, com acarreio da fracção siltosa em direcção aos canais e transporte de material fino para os sapais, que se situam a montante da Baía, provocando o seu assoreamento.

Nas águas da Baía do Seixal, é relevante o comportamento observado com a saturação em oxigénio dissolvido, cuja oscilação não pode ser explicada apenas pela sazonalidade: 70% a 100% de saturação no inverno e 40% a 140% no verão de 2009, e 60 a 110%, no inverno de 2010, mas com ocorrência de valores tão baixos quanto 22% no fundo das bacias interiores.

Os nutrientes apresentam um comportamento sazonal, com teores mais elevados em situação de Inverno e na situação de águas mortas. No entanto, é de realçar que todos os nutrientes, à excepção da sílica, apresentam valores superiores aos típicos de águas de transição, em particular no que se refere à amónia. Os altos teores de amónia, ocorrendo tendencialmente em simultâneo com baixas saturações de oxigénio, indiciam uma baixa capacidade de regeneração do meio, podendo também estar relacionado com escorrências de origem terrestre, mais evidentes em situação de Baixa-Mar.

A relação encontrada entre teores de azoto e fósforo orgânico e inorgânico, com os compostos de origem orgânica a apresentarem pouca expressão, mesmo para estações que apresentam valores muito elevados dos mesmos, levam a supor que as escorrências não sejam de origem urbana, resultando possivelmente da acumulação em solos com libertação em situações de Preia-Mar por trocas entre a água e o sedimento e por arrastamento em épocas de chuva. De acordo com as normas da Agência Europeia do Ambiente (EAA), os teores encontrados de NOx e PO4 conduzem a classificar as águas da Baía do Seixal como Más.

Tendo em conta o Decreto-Lei nº 103/2010 de 24 de Setembro que estabelece as NQA para as substâncias prioritárias e “outros poluentes” e avaliando os teores obtidos considerando para “outras águas superficiais” (que inclui as águas de transição, costeiras e territoriais) verifica-se que os teores médios de Hg, Ni e Pb são inferiores aos valores máximos admissíveis de médias anuais (NQA-MA) estabelecidos, enquanto, no caso de

Cd ,aquele valor foi excedido durante as campanha de amostragem de Inverno em situação de Águas Vivas tanto em 2009 como em 2010.

Os teores de compostos orgânicos encontrados nas águas foram baixos, ao nível do limite de quantificação, sendo o hexaclorociclohexano (lindano) o único pesticida que se detecta em todas as estações amostradas. Em caso algum os teores de ultrapassam os NQA-MA, estabelecidos no Decreto-Lei nº 103/2010 ou os valores de CAE definido pela OSPAR (OSPAR Commission, 2000a, b) para águas oceânicas e costeiras. Identicamente, os teores encontrados de óleos e gorduras e hidrocarbonetos se situaram ao nível dos limites de quantificação dos métodos.

Os sedimentos superficiais da Baía do Seixal podem, em geral, ser classificados, de acordo com o regulamentado na Portaria nº 1450/2007, como Classe 1 – Material dragado limpo. Identificaram-se, contudo, excepções com o zinco na raiz do Canal da Amora, e ΣPCBs e ΣPAHs na raiz do Canal da Arrentela a imporem classificação de Classe 2 – Material dragado com contaminação vestigiária.

De acordo com os Critérios de Avaliação Ecotoxicológico (CAE) definidos pela OSPAR (2002,b e 2008), os teores de As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, DDE e dieldrina encontrados na Baía do Seixal na amostragem de Fevereiro de 2009 são inferiores ao estabelecido como CAE.

As amostras verticais de sedimentos (ca. 1 m) revelaram teores elevados de metais, principalmente nas camadas intermédias. Os metais As, Hg e Zn apresentaram, em todas as estações, teores superiores aos valores de referência da OSPAR, 2008, enquanto que o Cd, Cr, Cu e Pb só pontualmente não ultrapassam os esses valores. Em termos de toxicidade e, tendo em consideração o estabelecido pela OSPAR,2008, verifica-se que os teores médios de Cd, Cr, Cu, Hg, Ni e Zn são inferiores ou iguais ao valor mais elevado que se espera não causar efeitos tóxicos (UPPER EAC), enquanto os teores médios de As e Pb ultrapassam duas e três vezes o valor máximo de UPPER EAC.

Tendo em atenção o estabelecido na Portaria nº 1450/2007 os sedimentos cabem em três classes: Classe 1 – Material dragado limpo, Classe 2 – Material dragado com contaminação vestigiária e Classe 3 – Material dragado ligeiramente contaminado.

Os resultados obtidos nas amostras colhidas neste projecto (águas e sedimentos superficiais) são da mesma ordem de grandeza dos resultados das estações TE7, TE89, TE90, TE91 e TE92 correspondentes ao projecto POLTEJO, monitorizadas desde 1996 para todos os parâmetros estudados, nomeadamente nutrientes, metais e compostos

orgânicos (Valença et al., em publicação). Os resultados obtidos nas amostras verticais de sedimento são concordantes com os obtidos em Freitas et al (1999).

Os teores de As, Cr, Cu, Pb e Zn obtidos nas amostras de sedimentos superficiais recolhidas na Baía do Seixal são comparáveis com os de outras áreas, por exemplo a Ria de Vigo onde, segundo Rubio et al. (2000), existe uma poluição moderada nestes metais.

9. Bibliografia

Blum, P. (1997). Physical properties hand book: a guide to the Shipboard measurement of physical properties of deep-sea cores. ODP Tech.

Bignert, A., Cossa, D., Emmerson, R., Fryer, R., Füll, C., Fumega, J., Laane, R., Martinez Calls, H., Mchugh, B., Miller, B., Millward, G.E., Moffat, C., Pijnenberg, J., Roose, P., Ruus, A., Schmolke, S., Smedes, F., Strand, J., Stronkhorst, J., Thain, J., Tissier, C., Traas, T., Tronczynski, J. (2004). OSPAR/ICES workshop on the evaluation and update of background reference concentrations (BRCs) and ecotoxicological assessment criteria (EACs) and how these assessment tools should be used in assessing contaminants in water, sediments and biota. Final report to OSPAR Commission.

Câmara Municipal do Seixal. (2011). Turismo – locais de interesse. Acedido em: 28,Março, 2011, em: <http://www.cm-seixal.pt/CMSEIXAL/TURISMO/>

Crouzet, p.; Leonard, j.; Nixon, S.; Rees, Y.; Parr, W.; Laffon, L.; Bøgestrand, J.; Kristensen, P.; Lallana, C.; Izzo, G.; Bokn, T.; Bak, J.; Lack, T.J., (1999). “Nutrients in European ecosystems“ Environmental Assessment Report, 4, European Environment Agency (EEA), 156 p.

Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto.

Decreto-Lei nº 77/2006 de 30 de Março.

Decreto-Lei nº 103/2010 de 24 de Setembro.

Directiva 2000/60/CE de 23 de Outubro.

Directiva 2008/105/CE de 16 de Dezembro

- European Environment Agency (EEA) (1999) Nutrients in European ecosystems. Environmental Assessment Report, 4.
- Freitas M.C., Andrade C., Moreno J.C., Minhá J.M. & Cachão M. (1999) "The sedimentary record for recent (last 500 years) environmental changes in the Seixal Bay marsh, Tagus estuary, Portugal" *geologie en Mijnbouw*, 70, 11, 283-293.
- Loring, D.H., (1991) Normalization of heavy-metal data from estuarine and coastal sediments. *Journal of Marine Science*, 48, 101-115.
- Martins et al. (2004) Foraminíferos da margem Continental NW Ibérica: sistemática, ecologia e distribuição.
- Norman, T., Bailey, J. (1981) "Statistical methods in Biology". New York: John Wiley and Sons.
- OSPAR Commission (2000 a) Quality Status Report 2000: OSPAR Commission, London. 108 + vii pp.
- OSPAR Commission (2000 b) Quality Status Report 2000: Region IV – Bay of Biscay and Iberian Coast. OSPAR Commission, London. 134 + xiii pp.
- OSPAR Commission (2008) "CEMP Assessment Manual, Co-ordinated Environmental Monitoring Programme Assessment Manual for Contaminants in Sediment and Biota" Monitoring and Assessment Series, 39pp.
- Portaria nº 1450/2007 de 12 de Novembro.
- Póvoas Casandra (2010) "Caracterização e Valorização da Baía do Seixal" REL PT GM07/10).
- Redfield, A. C., Ketchum, B. H., Richards, F. A. (1963) "The influence of organisms on the composition of sea-water". Em M.N.Hill (ed), *The Sea*, vol. 2 – The composition of seawater comparative and descriptive oceanography. London.
- Rowlatt, S.M. and Lovell, D.R., (1994) "Lead, Zinc and Chromium in Sediments Around England and Wales" *Marine Pollution Bulletin*, 28, 5, 324-329.
- Rubio, R., Nonbela M.A. and Vilas F. (2000) "Geochemistry of Major and trace Elements in Sediments of the Ria de Vigo (NW Spain): and Assessment of Metal Pollution" *Marine Pollution Bulletin*, 40, 11, 968-980.

Shepard, F. P. (1954) Nomenclature based on sand-sil-clay ratios. Journal of Sedimentary Petrology , 24, 151-158.

Valença, M., Cardoso, A., Palma, C., Borges, C., Santos, P. (em publicação) Vigilância da Qualidade do Meio Marinho 1985 – 2009. REL.TF.07/2011.

Lisboa, Instituto Hidrográfico, 22 de Julho de 2011

O Técnico Responsável

O Chefe da Divisão de Oceanografia

António Jorge da Silva

Técnico Superior

António Santos Martinho

Capitão-de-fragata

Engenheiro Hidrógrafo

VISTO

O Director Técnico

Carlos Ventura Soares

Capitão-de-mar-e-guerra

Engenheiro Hidrógrafo