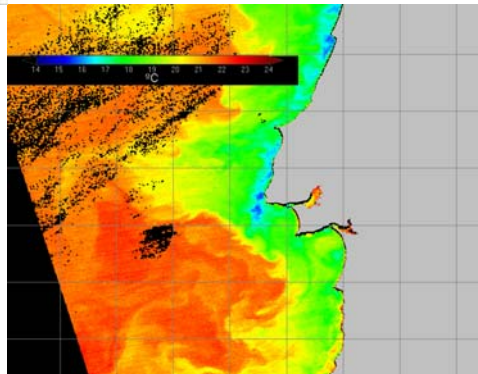




Programa de Monitorização

Emissário da Guia



Relatório de Actividades em 2006

Abril de 2007

Índice

Índice	1
1 Coluna de Água – Zona do Emissário	2
1.1 Sumário	2
1.2 Introdução	2
1.2.1 Estratégia de amostragem	2
1.2.2 Processos que determinam a distribuição de nutrientes e clorofila em zonas costeiras	4
1.3 Análise Detalhada das campanhas de 2006	5
1.4 Amostragem In situ	5
1.4.1 Campanhas Mensais Regulares	5
1.4.2 Campanhas intercalares na época balnear	8
1.5 Detecção Remota	9
1.5.1 Metodologia	10
1.5.2 Séries temporais de clorofila-a nos pontos P8 e M	11
1.5.3 Distribuição da Clorofila-a por classes	15
1.5.4 Séries temporais de temperatura no ponto P8	18
2 Meteorologia e Hidrografia	20
3 Gestão da Informação	24
3.1 Introdução	24
3.2 Arquitectura do Sistema	24
3.3 Dados de Campo	25
3.3.1 Estação Meteorológica da Guia	25
3.3.2 Estação Hidrométrica de Almourol	26
3.3.3 Campanhas de amostragem clássica	26
3.3.4 Detecção Remota	27
3.4 Modelação e Previsão	27
3.4.1 Condições do Modelo	27
3.5 Acesso aos produtos do Sistema de Observação	30
3.5.1 Política de publicação	30
3.5.2 Via Internet	31
3.5.3 Via Google Earth	35
4 Análise dos Resultados do Modelo Operacional	36
4.1 Introdução	36
4.2 Comparação entre resultados medidos e simulados	36
4.2.1 Salinidade	36
4.2.2 Temperatura	37
4.2.3 Clorofila	38
4.2.4 Nitratos	39
4.2.5 Azoto Amoniacal	40
4.2.6 Oxigénio Dissolvido	40
4.2.7 Oxigénio Saturado	41

1 Coluna de Água – Zona do Emissário

1.1 Sumário

Neste capítulo são sintetizados os resultados das campanhas de monitorização para todas as estações e todos os parâmetros medidos na zona do emissário submarino da Guia.

Em termos gerais, os resultados são muito semelhantes aos dos anos anteriores, não tendo sido detectado nenhum agravamento dos indicadores de qualidade, o que mostra que o sistema parece estar a responder às condições originadas pela presença do emissário submarino, repondo o equilíbrio sempre que este deixa de existir. De forma sintética podemos afirmar que:

- A pluma do emissário só é detectável através da contaminação microbiológica fecal e da amónia (esta só na zona próxima do difusor), não sendo a variabilidade espacial das outras propriedades correlacionável com a distância ao difusor.
- Não é detectada uma influência do emissário na variabilidade sazonal de parâmetros directamente relacionados com processos de eutrofização tais como nutrientes, clorofila ou matéria orgânica. A variabilidade destes parâmetros é explicável pela circulação oceânica nesta região e particularmente pela ressurgência de água profunda (*upwelling*) típica nesta zona e no Inverno pela descarga do estuário do Tejo. Para demonstrar este facto é particularmente útil a informação fornecida pelas imagens de satélite.
- Os resultados da microbiologia vêm mais uma vez demonstrar a grande eficiência da radiação solar como agente desinfectante. Os valores de contaminação microbiológica são consistentemente mais baixos à superfície e diminuem de forma drástica no período de Verão.

Há a acrescentar o facto de neste ano ter aumentado o número de fontes de informação utilizadas no projecto, tendo sido utilizada com regularidade diversa informação proveniente da detecção remota, assim como se iniciou a partir de Junho a utilização de amostragem *in situ* com um sistema de mapeamento utilizando como suporte uma sonda multiparamétrica YSI. Esta sonda permite a medição em contínuo de diversos parâmetros de qualidade da água, à medida que a embarcação efectua o seu percurso, possibilitando ainda a elaboração de perfis horizontais como verticais na coluna de água.

Este conjunto diversificado de fontes de informação são uma mais valia no projecto de monitorização, que permite de certa forma colmatar e complementar as diversas limitações de cada uma das fontes utilizadas neste projecto..

1.2 Introdução

1.2.1 Estratégia de amostragem

A Figura 1 mostra as 12 estações amostradas em 2006 na coluna de água. Todas as estações são amostradas mensalmente, sendo as estações 8 e 17 amostradas também quinzenalmente durante a época balnear para determinação da contaminação bacteriológica.

A Figura 1 mostra um conjunto de estações localizadas na vizinhança do difusor, uma estação entre o difusor e a baía de Cascais (estação 5), estações localizadas entre o difusor e o cabo Raso e uma estação (M) localizada numa região muito afastada do sistema, com cerca de 100 m de profundidade de modo a servir de referência das águas oceânicas que contactam com o sistema em estudo. As estações colocadas na vizinhança do difusor estão a menos de 1 milha marítima, de forma a darem cumprimento à recomendação do INAG sobre monitorização, sendo que o ponto P8 se encontra na vertical do difusor. As estações localizadas entre o difusor e o cabo Raso têm como objectivo descreverem a evolução da pluma no seu deslocamento preferencial para Oeste, que está descrito em

anteriores relatórios. A estação P5 tem como objectivo detectar eventuais deslocamentos da pluma para Leste e a “M” pretende ser uma estação de referência, especialmente para metais - a estação “M” foi escolhida para permitir obter valores de referência para a água do mar nesta região, uma vez que todas as outras estações de amostragem se encontram na zona de influência da pluma do estuário do Tejo. Esta estação permitiu assim verificar em que medida as concentrações na zona de descarga do emissário são influenciadas pela descarga do estuário do Tejo, que constitui a principal fonte de metais pesados para esta região.

Para além dos parâmetros impostos por questões legais, são ainda analisados o Azoto Amoniacal, Fosfatos, *Escherichia coli*, Bacteriófagos e pH. O Azoto Amoniacal é melhor traçador físico-químico da pluma; os fosfatos são amostrados para verificar que são um nutriente limitante no meio marinho e mostrar que os fosfatos descarregados pelo emissário são irrelevantes para a produção primária no meio receptor; a *Escherichia coli* é imposta pela nova directiva das águas balneares e a sua medição desde já permitirá antever o que virá a ser a classificação destas águas como consequência da modificação do indicador. O pH é um parâmetro que, por ser muito estável nas águas marinhas, é um bom indicador de eventuais anomalias¹ no ecossistema.

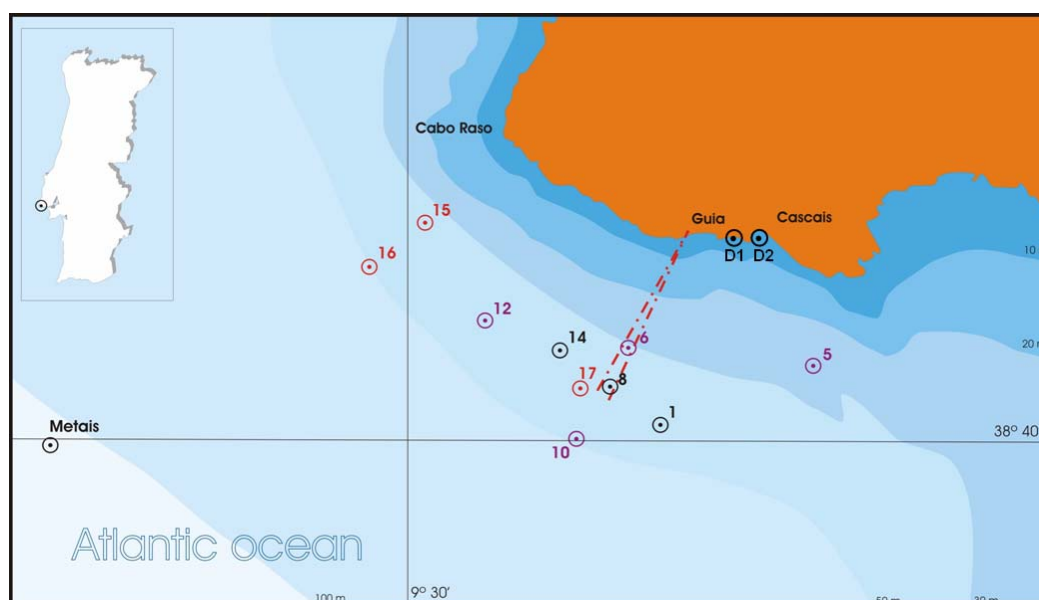


Figura 1: Monitorização ambiental do emissário submarino da Guia – Estações amostradas na coluna de água no programa de monitorização em 2006.

As campanhas intercalares específicas para microbiologia na época balnear foram da responsabilidade do IST, e como o nome indica foram desfasadas das campanhas mensais regulares, de modo a obter valores quinzenalmente durante a época balnear por forma a cumprir as condições da derrogação aprovada pela Comissão Europeia. Foram colhidas amostras à superfície, meia água e fundo.

As amostras recolhidas nos pontos na vizinhança do emissário foram analisadas pelo INETI, enquanto que as amostras recolhidas nas radiais de Cascais e do Cabo Raso foram analisadas pelo Laboratório do IST, de modo a distribuir o esforço analítico.

As amostras foram obtidas em campanhas específicas levadas a cabo usando a embarcação do IST. Na Tabela 1 estão referidas as datas de todas as campanhas realizadas.

Tabela 1 – campanhas realizadas em 2006 na coluna de água na zona do emissário da Guia

Data	Tipo de campanha
9-1-2006	Mensal regular
7-2-2006	Mensal regular

¹ A variação do pH é ainda importante para interpretação dos parâmetros físico-químicos.

14-3-2006	Mensal regular
26-4-2006	Mensal regular
16-5-2006	Mensal regular
7-6-2006	Mensal regular
22-6-2006	Intercalar (época balnear)
4-7-2006	Mensal regular
19-7-2006	Intercalar (época balnear)
2-8-2006	Mensal regular
16-8-2006	Intercalar (época balnear)
6-9-2006	Mensal regular
20-9-2006	Intercalar (época balnear)
11-10-2006	Mensal regular
14-11-2006	Mensal regular
14-12-2006	Mensal regular

Saliente-se que a partir da segunda quinzena de Junho, as campanhas passaram a incluir uma componente de mapeamento através de sonda multiparamétrica, acrescentando assim mais uma fonte de informação complementar às amostras *in situ* clássicas que continuam a decorrer. Este sistema de mapeamento permite medir em contínuo diversas propriedades físico-químicas e biológicas úteis na caracterização da qualidade da água, através de perfis horizontais e verticais.

1.2.2 Processos que determinam a distribuição de nutrientes e clorofila em zonas costeiras

A distribuição de clorofila nas zonas costeiras é controlada por processos biológicos e físicos complexos que são fortemente influenciados pelas condições de fronteira oceânicas e terrestres (rios e estuários). Não pretendemos descrever aprofundadamente estes processos mas impõe-se uma pequena abordagem prévia para que a interpretação dos resultados apresentados a seguir seja mais eficiente.

Na zona oceânica, a produção primária é controlada entre outras coisas pela necessidade de luz e nutrientes para crescimento e reprodução do fitoplâncton, mas a fonte de luz vem de cima sendo limitada a alguns metros da coluna de água, enquanto a fonte de nutrientes vem do fundo. A reserva de nutrientes nas águas mais profundas é constantemente reabastecida pela decomposição de organismos presentes na zona fótica (limitada pela profundidade até onde existe penetração de luz) que afundam e se degradam.

A turbulência gerada pelo vento à superfície, ondas internas, entre outros, trazem os nutrientes para a zona fótica onde podem ser utilizados no crescimento do fitoplâncton. A temperatura à superfície é um excelente indicador deste tipo de processos verticais pois a presença de águas mais frias normalmente é reveladora da ressurgência de água vinda do fundo rica em nutrientes.

Na ausência de fontes perturbadora da coluna de água, como o vento ou correntes, há uma tendência para a criação de camadas estratificadas. Os processos de estratificação que derivam dos fluxos de calor afectam a produção ao controlarem a espessura desta camada de mistura.

As zonas costeiras, como a costa do Estoril, estão também sujeitas ao mesmo tipo de processos, no entanto existem vários factores que aumentam a sua complexidade, nomeadamente:

- A profundidade, que leva a situações nas quais a camada de mistura possa estender-se ao fundo onde os nutrientes libertados pela mineralização da matéria orgânica presente nos sedimentos, se encontram em grande quantidade, podendo assim ser transportados rapidamente para a superfície onde existe luz.
- As marés, que criam turbulência, aumentando por isso a mistura da coluna de água.
- A barreira criada pela costa em si. Por exemplo se a água de superfície se afastar da costa por acção do vento, a única forma de ser repostada para que os níveis se mantenham em equilíbrio é através da ressurgência de água vinda do fundo, e uma vez que esta água geralmente

apresenta concentrações elevadas de nutrientes, pelas razões que já foram explicadas, torna-se assim evidente o motivo pelo qual uma zona de ressurgência (“upwelling”) é normalmente uma zona com intensificação de produção primária.

Os fluxos de água doce, são também muito importantes em zonas costeiras, na Costa do Estoril este factor é incontornável através da influência do estuário do Tejo. Do ponto de vista físico os fluxos de água doce afectam a estratificação. Por ser mais leve do que a água salgada, as descargas de água fluviais deslocam-se preferencialmente à superfície influenciando directamente a zona de maior produtividade da coluna de água. Do ponto de vista biológico, as descargas de água doce, especialmente quando derivam de zonas fortemente povoadas e/ou agrícolas, tais como as zonas estudadas neste projecto, encontram-se frequentemente saturadas de nutrientes e matéria orgânica, isto origina um enriquecimento da coluna de água e fundo das zonas costeiras adjacentes, influenciando por isso os processos de produção primária.

1.3 *Análise Detalhada das campanhas de 2006*

No anexo II, é documentada a informação relevante no que respeita a cada uma das campanhas levadas a cabo no ano de 2006: informação meteorológica, informação hidrológica, detecção remota, gráficos e figuras resultantes da amostragem por sonda multiparamétrica (refira-se que o histórico dos resultados da amostragem *in situ* é ilustrado no anexo I), assim como ilustrações comparativas de todas as fontes de informação disponíveis, incluindo os resultados do modelo ecológico. Os resultados das medições com a sonda (e as comparações com outras fontes de informação) são apresentados através de perfis horizontais e verticais. Em síntese, e relativamente à implementação do sistema de mapeamento de qualidade da água através da sonda, pode ser dito que:

- A amostragem com sensores permitiu aumentar significativamente a frequência espacial (na vertical e na horizontal) de amostragem dos vários parâmetros medidos, possibilitando não só esclarecer algumas dúvidas que poderiam surgir quanto à fiabilidade de alguns dados amostrados por amostragem clássica, assim como permitiu a obtenção com maior resolução da variabilidade espacial dos vários parâmetros.
- Os perfis verticais de temperatura e salinidade apresentam comportamentos adequados com as variações sazonais e com as outras fontes de informação disponíveis (imagens de satélite, informação meteorológica, informação hidrológica)

1.4 *Amostragem In situ*

1.4.1 *Campanhas Mensais Regulares*

São apresentados no Anexo I os gráficos com toda a informação recolhida desde 1998 até 2006 para os todos os pontos referidos anteriormente, e os seguintes parâmetros:

- Clorofila
- Nitrato
- Nitrito
- Azoto Amoniacal
- Fosfatos
- Temperatura
- Salinidade

- Transparência
- Coliformes Fecais
- Coliformes Totais
- *E. Coli*
- Estreptococos Totais
- Auto Consumo

A análise é efectuada a partir de gráficos com séries temporais (Anexo I), em que os dados são apresentados por ordem cronológica, sendo possível observar a evolução temporal dos parâmetros desde 1998 até 2006.

Esta forma ampla de apresentação dos resultados envolvendo todas as estações e todos os parâmetros medidos foi já efectuada nos anos anteriores, sendo neste ano introduzida apenas a actualização para dados novos, e verificação se as condições são semelhantes aos anos anteriores. No ano anterior foram apresentados gráficos mensais para todos os dados, o que permitiu verificar o comportamento sazonal de algumas propriedades.

Passando agora à interpretação dos resultados medidos nas campanhas de recolha *in situ* que decorrem desde 1999, em termos gerais, observa-se que os gradientes da maioria das propriedades medidas são reduzidos na zona do difusor, não sendo possível identificar a pluma do emissário (excepto nos casos da amónia e contaminação microbiológica). Através da análise das séries temporais de todas as propriedades ao longo dos anos (1998 a 2004) conclui-se que não existe nenhuma tendência clara de aumento ou diminuição dos valores médios que possa ser atribuída à presença do emissário, mantendo-se o efeito sazonal que tem vindo a ser identificado para cada um dos parâmetros.

Os gráficos estão organizados por parâmetro, sendo que para cada um são apresentados os valores obtidos em cada ponto para a superfície, meio e fundo. Os gráficos são apresentados no anexo I deste relatório.

1.4.1.1 Temperatura

No caso da temperatura, a variabilidade espacial observada é baixa, ou seja observa-se o mesmo tipo de padrão para todos os pontos. As diferenças de temperatura entre a superfície e a camada do meio e fundo, em alguns períodos, (principalmente de Verão), é explicada pela presença de uma termoclina nesses períodos, fenómeno que já era conhecido e descrito por medidas mais detalhadas de CTD realizadas pelo IH (identificados pelas bandas verticais visíveis na categoria “meio” em alguns pontos e que já foram apresentadas detalhadamente em relatórios anteriores).

Tal como já foi referido anteriormente a temperatura é um excelente indicador dos processos que determinam a distribuição de nutrientes e clorofila em zonas costeiras. A análise da variabilidade espacial e temporal desta propriedade é fundamental para explicar muitos dos fenómenos de transporte nesta zona, e que condicionam os processos de qualidade da água.

Em termos de variabilidade anual é facilmente identificável o padrão de aumento de temperatura no Verão e diminuição no Inverno a partir dos dados *in situ*. Em termos gerais o afloramento costeiro ocorre quando o vento sopra de Norte com alguma intensidade durante um período de tempo (normalmente mais de 2 dias seguidos). Nestas alturas a temperatura à superfície baixa; nos outros períodos em que não há afloramento a temperatura à superfície é mais elevada devido ao efeito da radiação.

No Inverno a temperatura da superfície mantêm-se mais estável por haver maior mistura, devido essencialmente ao vento e menor radiação solar. Por estes motivos a variabilidade da temperatura observada no Verão é superior à variabilidade no Inverno.

Os resultados obtidos demonstram perfeitamente os processos descritos em cima, e o facto das medidas de satélite serem consistentes com os dados *in situ*, atribui-lhes um elevado nível de confiança. No Inverno a temperatura é mais baixa e a variabilidade menor, no Verão a temperatura em média é mais elevada, mas observa-se uma grande variabilidade devido aos efeitos do balanço entre o afloramento costeiro e a estratificação térmica.

1.4.1.2 Nutrientes

Relativamente aos nutrientes, os fosfatos e os nitratos apresentam um comportamento semelhante para todas as estações, devendo ser analisados separadamente para cada camada. Os picos de nutrientes durante o Inverno, ocorrem principalmente por dois motivos: (i) as descargas do Estuário do Tejo, ricas em nutrientes são mais intensas nesta altura do ano devido à maior pluviosidade, (ii) a capacidade de mistura vertical da coluna de água devido ao vento e ondas é mais intensa neste período.

A presença de água proveniente do Tejo é comprovada pela salinidade onde se verificam menores teores em profundidade, para os mesmos períodos. Durante o Verão, na camada de superfície a produção primária é intensificada, devido à maior intensidade luminosa e ao fluxo de nutrientes devido a fenómenos de *upwelling*, (o que é confirmado pela análise da clorofila e temperatura). A diminuição de nutrientes na superfície pode então ser explicado não só por um maior consumo, devido a maior produção, mas também pela diminuição do caudal do Rio Tejo. Por outro lado as camadas inferiores, devido ao *upwelling* são também alimentadas por nutrientes provenientes de águas mais profundas ao largo, mas neste caso, como a luz não tem grande capacidade de penetração, a produção primária não ocorre devido a limitação luminosa.

No caso da amónia, este nutriente só tem um peso significativo no ponto 8 junto ao difusor. Sendo a única fonte nesta área o próprio emissário, isto porque este é um nutriente que desaparece rapidamente do meio, quer devido a consumo quer a processos de nitrificação (transformação em Nitrato).

1.4.1.3 Clorofila

A clorofila é fortemente influenciada por todos os processos físicos e biológicos já descritos. A análise dos dados *in situ* confirma a intensificação da produção primária na camada de superfície, dada a maior intensidade luminosa. Nas camadas inferiores devido à inexistência de luz a produção primária está bastante limitada. Tal como para a temperatura o balanço entre estratificação e afloramento juntando-se ainda a influência das descargas do Tejo determinam a grande variabilidade temporal e espacial observada nos valores de clorofila nesta área.

1.4.1.4 Contaminação Microbiológica

Em termos de contaminação microbiológica (*E. Coli*, Coliformes Fecais e Totais), observa-se que os valores diminuem à medida que nos afastamos do emissário. Os resultados vêm mais uma vez revelar a grande eficiência da radiação solar como agente desinfectante. Os valores de contaminação microbiológica excepto em algumas situações pontuais que ocorreram no Inverno (pode estar relacionado com menor radiação, ou descargas de emergência que eventualmente tenham surgido), são consistentemente mais baixos à superfície. Os períodos com valores mais reduzidos correspondem ao período de Verão.

1.4.2 Campanhas intercalares na época balnear

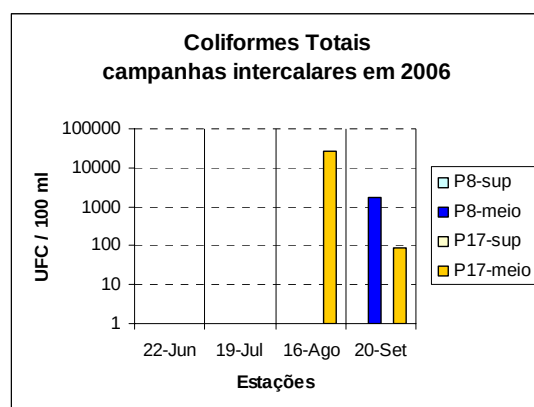
A realização de campanhas intercalares no emissário da Guia durante a época balnear tem como objectivo assegurar, neste período, a amostragem microbiológica quinzenal a duas profundidades (superfície e meio da coluna de água) nas estações P8 e P17, de modo a dar cumprimento ao acordo de derrogação do tratamento secundário.

A zona da pluma do emissário não é uma zona balnear. No entanto a análise dos dados é facilitada utilizando como referência os valores máximos recomendados e admissíveis do Anexo XV do DL N° 236 /98 de 1 de Agosto para águas balneares (Tabela 2).

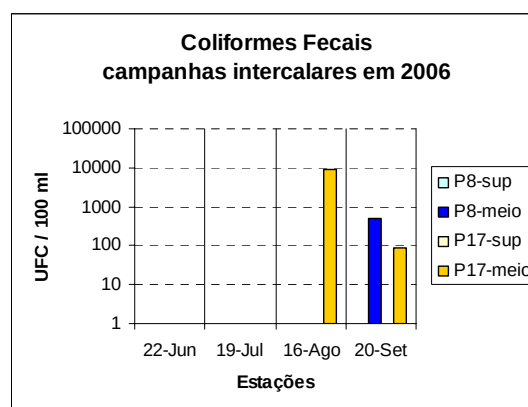
Tabela 2 - valores máximos recomendados e admissíveis para alguns parâmetros microbiológicos em águas balneares constantes no Anexo XV do DL N° 236/98 de 1 de Agosto

Parâmetro	Unidade	VMR (valor máximo recomendado)	VMA (valor máximo admissível)
Coliformes Totais	/100 ml	500	10000
Coliformes Fecais	/100 ml	100	2000
Estreptococos Fecais	/100 ml	100	-

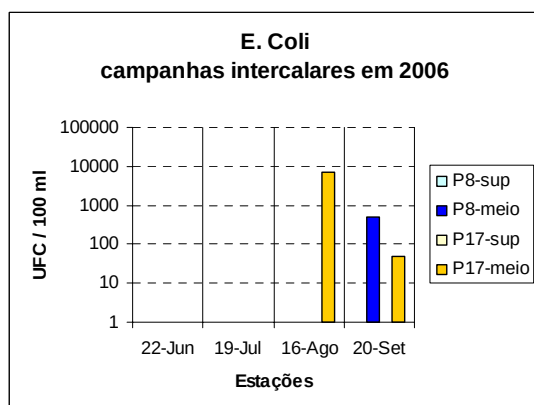
Apresentam-se de seguida os resultados referentes as estas campanhas.



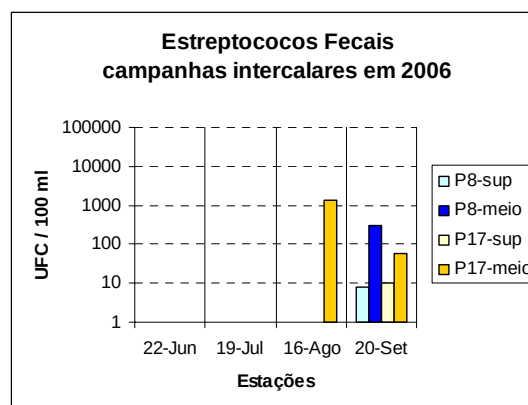
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 2 – Concentrações de parâmetros microbiológicos nas campanhas intercalares efectuadas na época balnear: coliformes fecais(a), coliformes totais (b), E. Coli (c) e Estreptococos Fecais (d)

Tabela 3 – Amostragens bacteriológicas recolhidas nas campanhas intercalares (durante a época balnear) de 2006

Parâmetro	Ponto	Profundidade	22-Jun	19-Jul	16-Ago	20-Set
Coliformes Totais	P8	Superfície	0	0	1	1
		Meio	0	0	1	1700
	P17	Superfície	0	0	0	0
		Meio	0	0	27000	90
Coliformes Fecais	P8	Superfície.	0	0	0	0
		Meio	0	0	1	500
	P17	Superfície	0	0	0	0
		Meio	0	0	9100	90
E. Coli	P8	Superfície	0	0	0	0
		Meio	0	0	0	500
	P17	Superfície	0	0	0	0
		Meio	0	0	7300	50
E. Fecais	P8	Superfície	0	0	0	8
		Meio	0	0	0	300
	P17	Superfície	0	0	0	10
		Meio	0	0	1300	60

Legenda:

 valores acima do VMR
 valores acima do VMA

Os dados mostram que:

- As amostras revelam a inexistência de contaminação significativa à superfície, para ambos os pontos, e para qualquer uma das datas em que foram recolhidas amostras. A contaminação tem tendência a aumentar em profundidade, devido à maior proximidade da emissão da descarga efluente.
- As amostras de Junho e Julho não detectaram vestígios de qualquer contaminação bacteriológica, tendo em conta que as análises registaram sempre valores nulos para todos os parâmetros.
- As amostras de Agosto e Setembro registaram episódios de contaminação bacteriológica, com especial destaque para Agosto, em que no ponto P17, a meia-água, foram ultrapassados os valores máximos admissíveis para os coliformes fecais e totais. Em Setembro, também a meia-água, foi o ponto P8 que apresentou maior contaminação, com valores abaixo do máximo admissível, mas acima do máximo recomendado para os coliformes totais e fecais, e ainda E. fecais.

Em suma, os resultados demonstram mais uma vez que não há contaminação bacteriológica significativa à superfície, embora em profundidade se encontrem episódios de contaminação por vezes acima da legislação de águas balneares (sabendo contudo que os pontos analisados não pertencem a uma zona balnear), o que será normal, tendo em conta que essas amostras são mais próximas da descarga do emissário.

1.5 Detecção Remota

A utilização de imagens de satélite em zonas costeiras é uma área em expansão. Contudo, a aplicação desta tecnologia em zonas costeiras é recente. Em termos de enquadramento legal, a utilização deste tipo de informação é recomendada em documentos como a Directiva Quadro da Água, visando um aumento da eficiência do esforço de monitorização que deve incluir também a utilização de dados *in situ*.

Os parâmetros medidos por satélite com utilidade para este estudo são a temperatura e a clorofila. A utilização deste tipo de informação no trabalho de monitorização desenvolvido para a Sanest tem dois objectivos:

- a) Verificar se as observações obtidas *in situ* com sensores e as análises laboratoriais, apresentam concordância com as observações por satélite;
- b) Verificando-se essa concordância, analisar se os nutrientes descarregados produzem algum efeito em termos de aumento da concentração de clorofila por comparação entre pontos afectados e não afectados pela pluma.

Uma vez que neste projecto as campanhas são mensais, a informação que se pode extrair das imagens de satélite é uma mais valia, permitindo assim fazer séries temporais com um maior conjunto de dados, já que existem imagens disponíveis teoricamente (depende se existem muitas nuvens) todos os dias. Os sensores da NASA (Modis e Seawifs) têm uma resolução espacial de 1.1 km e têm acesso livre e gratuito, sendo por isso as fontes escolhidas para utilização neste projecto.

As principais limitações no uso desta informação reside: (i) na dificuldade em se obterem imagens livres de cobertura de nuvens, (ii) no facto dos algoritmos que estão a ser usados para obter as concentrações de clorofila poderem não estar bem calibrados para o sistema da Costa do Estoril sendo necessário por isso verificação e ainda (iii) o facto das observações MODIS e SeaWIFS geridos pela NASA nem sempre coincidirem com o mesmo dia das observações *in situ*.

1.5.1 Metodologia

Os parâmetros discutidos e analisados nesta secção são a temperatura e a Clorofila-a. Os resultados obtidos são analisados com base na informação contida nas imagens de satélite do SeaWIFS (Clorofila-a) e do MODIS (Clorofila-a e Temperatura), e nos dados de campo adquiridos durante o programa de monitorização.

Deste modo, foi realizada uma pesquisa para seleccionar imagens SeaWIFS e MODIS válidas desde 1997 a 2006. As imagens de satélite de Clorofila-a fornecidas pelo SeaWIFS compreendem o período de 1997 a 2004, enquanto que as imagens fornecidas pelo MODIS compreendem o período de 2005 a 2006. No caso das imagens de temperatura à superfície, esta informação é fornecida apenas pelo sensor MODIS. A comparação destes valores tem sido feita em relatórios anteriores desde 2004 pelo que foram acrescentados os dados referentes ao período em análise neste relatório, ou seja 2006.

A partir das imagens disponíveis foram elaboradas séries temporais de Clorofila-a históricas, em 3 pontos: Ponto 8 (descarga do emissário), ponto M (referência) e um ponto vizinho (P8-Sul) situado a cerca de 3 km para sul do ponto P8, que identifica a descarga do emissário da Guia. O ponto M é considerado o ponto de referência, uma vez que neste ponto há influência de água oceânica, visto estar afastado da costa cerca de 8 km.



Figura 3 – Localização dos pontos analisados

A escolha destes pontos para análise está relacionada com os objectivos do trabalho:

1. **Validação** – Os pontos P8 e M são pontos onde existem medidas de campo de clorofila desde 1998 e são locais com características distintas do ponto de vista dos processos biogeoquímicos e físicos. Em seguida serão apresentados resultados de séries temporais com dados *in situ* e dados de satélite de clorofila A que permitem avaliar concordância entre dados *in situ* e de satélite ao longo do tempo , para cada um destes pontos.
2. **Influência da Pluma** – Os pontos P8 e P8S são pontos que se encontram suficientemente próximos para podermos considerar que estão sujeitos ao mesmo tipo de processos biogeoquímicos e físicos mas suficientemente distantes para apenas o ponto P8 estar sob influência da pluma. Esta constatação resulta dos resultados de modelação e monitorização já apresentados em relatórios anteriores. O objectivo desta análise é verificar se existem diferenças significativas nos teores de clorofila nestes dois pontos. No caso de existirem e se verificarem que os valores são mais elevados no ponto P8 (influenciado pela pluma do emissário), isto poderão ser atribuído à descarga de nutrientes pelo emissário.

1.5.2 Séries temporais de clorofila-a nos pontos P8 e M

As figuras seguintes apresentam a comparação na forma de série temporal entre os dados insitu e de satélite para os pontos P8 e M.

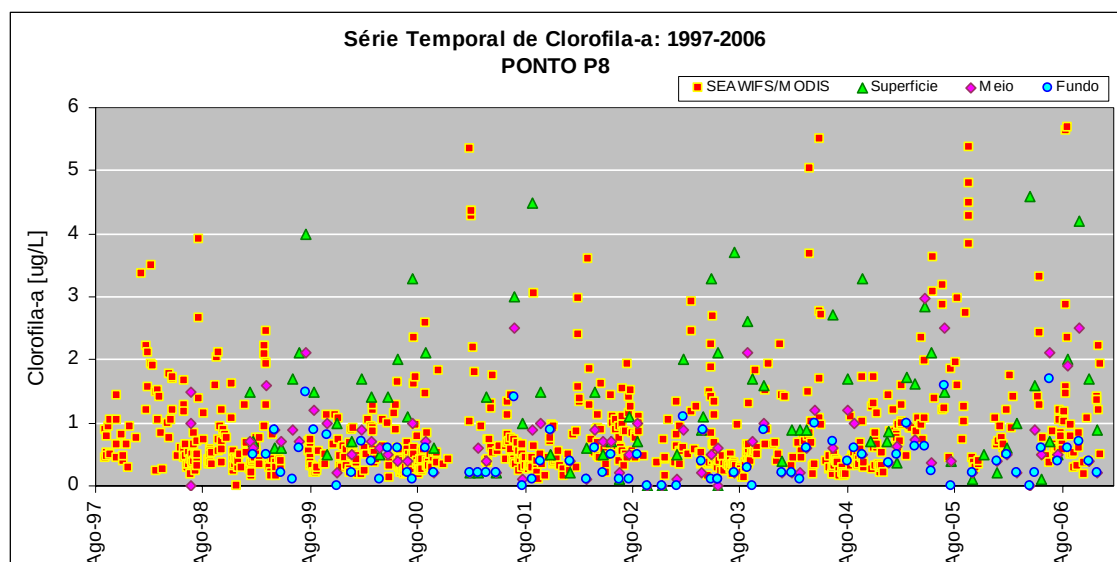


Figura 4 – evolução da clorofila-a no ponto P8 desde Agosto de 1997, medida através de detecção remota (SEAWIFS / MODIS) e amostragem *in situ* a três profundidades)

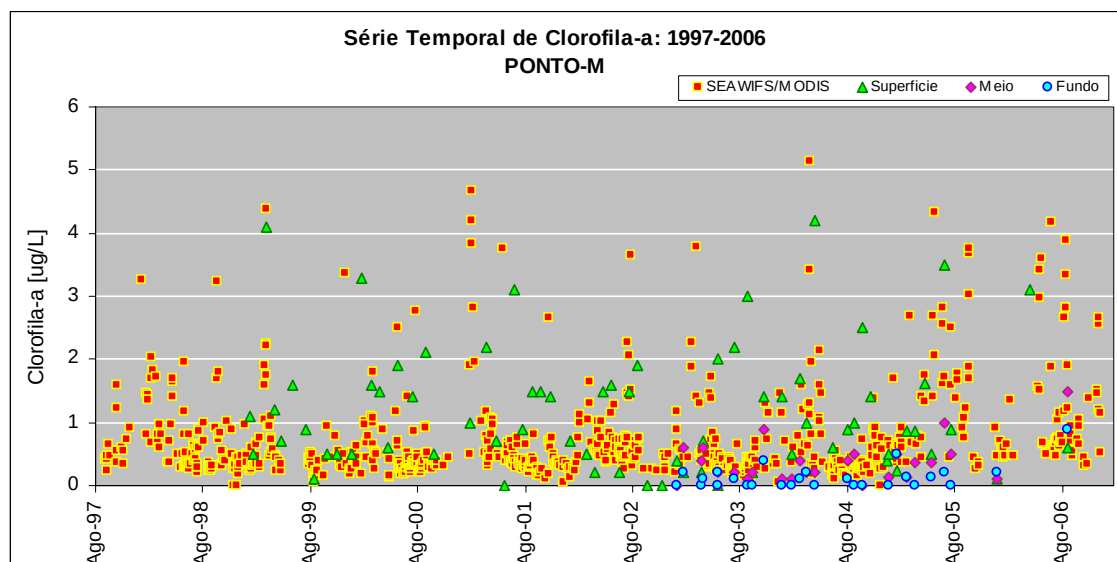


Figura 5 - evolução da clorofila-a no ponto M desde Agosto de 1997, medida através de detecção remota (SEAWIFS / MODIS) e amostragem *in situ* a três profundidades)

Os resultados mostram que as medidas realizadas na superfície da coluna de água em ambos os pontos têm tendência a sobreestimar a Clorofila-a medida por satélite. Efectivamente o satélite produz uma imagem que resulta da integração de parte da coluna de água, tendo em conta as características de cada local, em termos de absorção da luz num dado instante de tempo. Considerando que a concentração é mais alta à superfície como mostram os dados, justifica-se esta diferença, bem como a sub-valorização encontrada nos dados a meio da coluna de água. Esta teoria parece ser consistente com o facto deste efeito ser ainda mais acentuado no ponto M onde existe menor mistura da coluna de água, promovendo maiores gradientes verticais.

As próximas figuras tornam esta análise ainda mais clara. As figuras respeitam somente aos dados disponíveis para campanhas para as quais existiram imagens de satélite válidas.

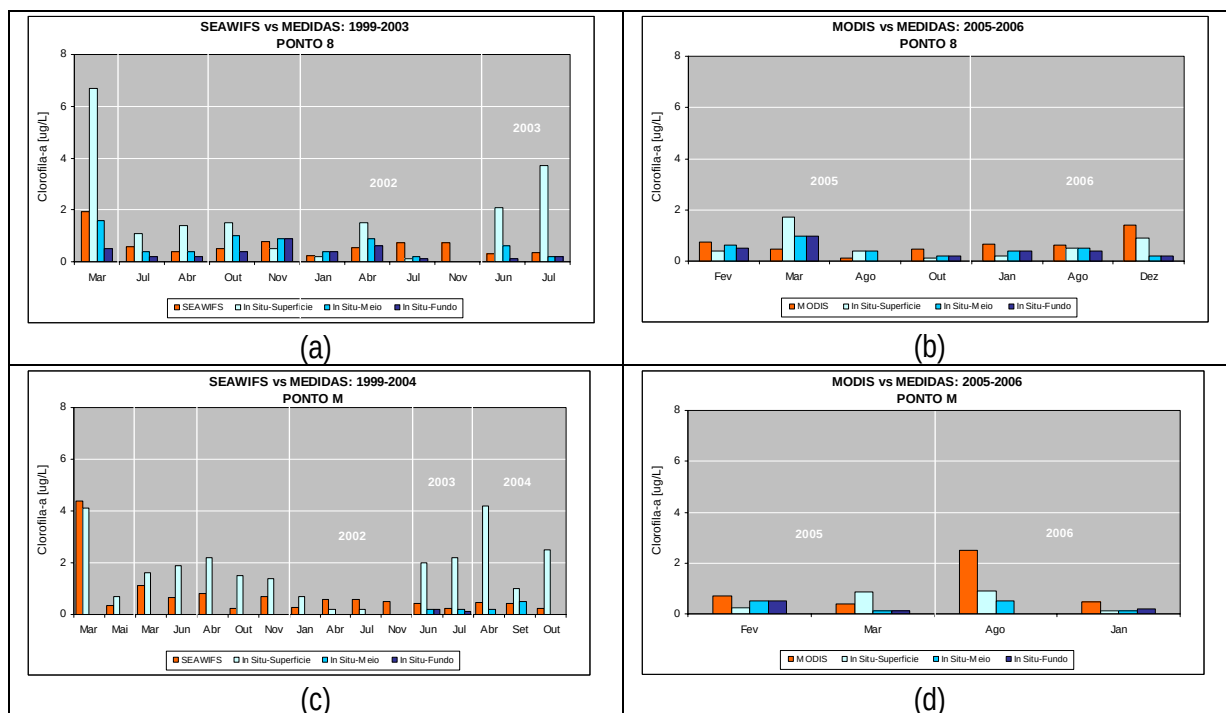


Figura 6 – Comparação de valores de clorofila medidos entre 1999 até 2006, entre diferentes fontes de informação: detecção remota (sensor SEAWIFS até 2004 e MODIS a partir de 2005; em 2004 não existiram imagens de satélite válidas), e amostragem clássica *in situ* a diferentes profundidades

Embora existam muito poucas amostras no ponto M abaixo da superfície, e possível verificar um significativo gradiente vertical de clorofila neste ponto, tal como já foi referido anteriormente. Daí que as medidas de satélite sejam muito diferentes das medidas *in situ*. Mesmo assim, quando existem medidas no meio e no fundo (2003-2006) é possível verificar que grande parte das vezes, as medidas de satélite estão incluídas dentro da gama de valores entre a superfície e o fundo.

Podemos considerar que no ponto P8 os valores obtidos a meio da coluna de água mostram uma razoável concordância com os resultados de satélite. Os resultados obtidos levantam algumas questões que deverão ser esclarecidas no que diz respeito à análise das imagens de satélite. Este trabalho está a ser desenvolvido no âmbito do projecto INSEA financiado pela EU e coordenado pelo IST, em que a Sanest surge como um end user privilegiado com acesso directo aos resultados obtidos. Apesar de algumas inconsistências o uso cada vez mais generalizado deste tipo de informação e as publicações sobre os resultados de processo de validação nos mais diferentes tipos de meios marinhos têm mostrado que a informação obtida por satélite pode ser considerada fiável, no mínimo do ponto de vista qualitativo. Em todo o caso uma das conclusões importantes que podemos retirar dos resultados obtidos é que quer as imagens de satélite quer os dados *in situ* demonstram que esta zona está sujeita a variabilidade das concentrações de Clorofila-a, com aumentos associados quase sempre a situações típicas de upwelling costeiro, comum nesta zona. Decorrente dos resultados de modelação e das campanhas anteriores nunca foram identificadas situações de perigo potencial de falta de oxigénio por excesso de fitoplâncton. Os níveis de Clorofila-a observados nestes resultados são consistentes com esses resultados.

Nas figuras seguintes são apresentados os resultados apenas para o ano de 2006, a que corresponde o presente relatório. Na Figura 7 é apresentada a série temporal de Clorofila-a elaborada a partir dos dados fornecidos pelo MODIS e a sua comparação com os valores amostrados *in situ* à superfície e a meio da coluna de água, medidos em laboratório para o ponto P8. Na mesma figura são ainda incluídos os resultados da sonda à superfície. A série temporal para o ponto M e sua comparação com os valores determinados em laboratório é apresentada na Figura 8.

Ambos os pontos mostram a existência de dois picos de fitoplâncton o primeiro em Maio e o segundo no final de Agosto. No caso do ponto M é também identificado um pico em Julho. Em relação aos

valores obtidos com a sonda, para o ponto P8 verifica-se que estes apresentam uma variabilidade consistente entre as medidas de campo e os dados de satélite. Em termos de magnitude, apesar de ainda terem sido efectuadas poucas campanhas e por isso existirem poucos dados de campo, verifica-se que existe uma boa concordância com as medidas e com os dados de satélite disponíveis para o mesmo dia.

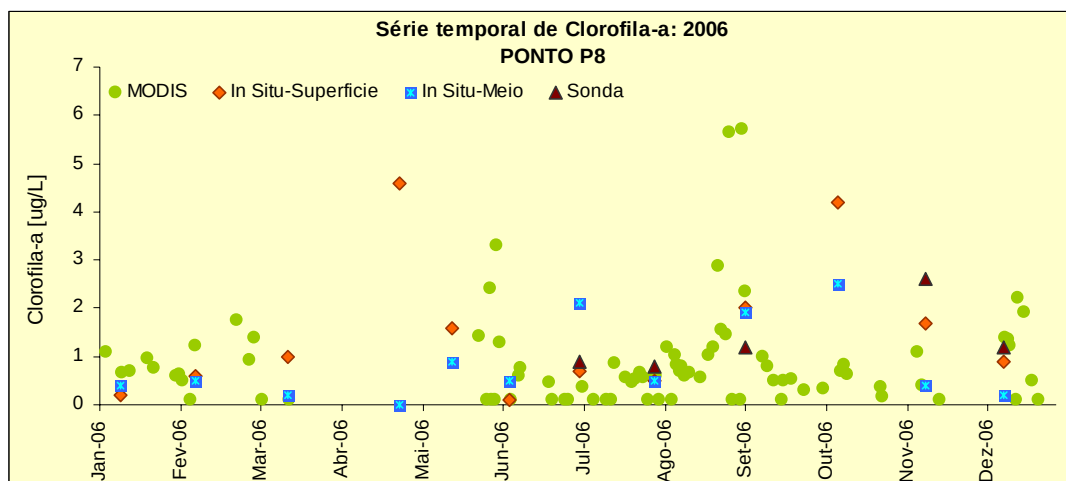


Figura 7 - Série temporal de Clorofila-a no ponto P8 elaboradas a partir de um conjunto de imagens de satélite, recolhidas para desde Janeiro a Dezembro de 2006.

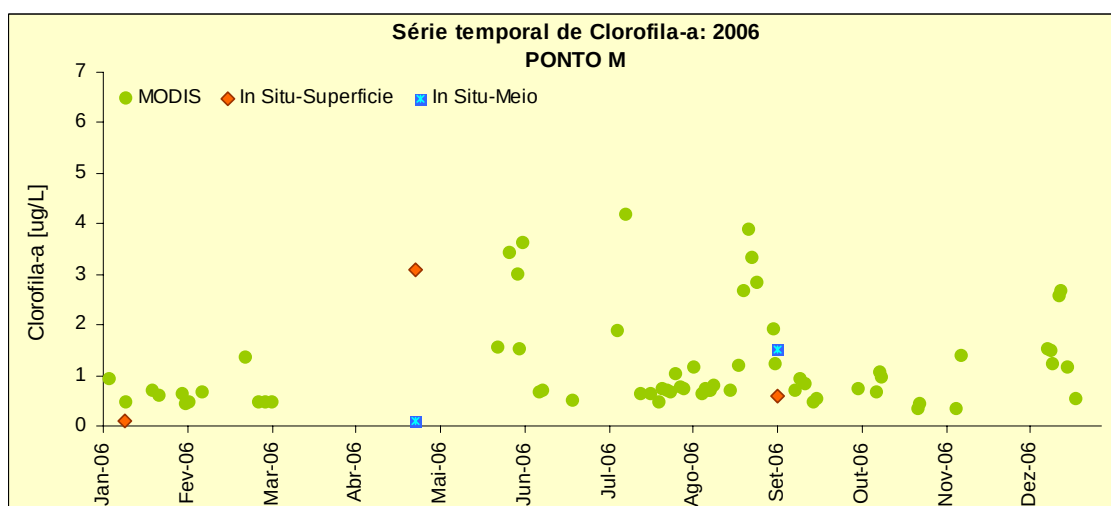


Figura 8- Série temporal de Clorofila-a no ponto M elaboradas a partir de um conjunto de imagens de satélite, recolhidas para desde Janeiro a Dezembro de 2006.

A Figura 9 e a Figura 10, mostram a distribuição espacial de Clorofila-a e temperatura à superfície para Julho e Agosto. Não se apresenta uma imagem de Maio, por não existir uma imagem de satélite válida. Apesar de se verificarem algumas interferências na imagem de Julho, é possível constatar que ambas as imagens mostram uma distribuição espacial de Clorofila-a idêntica, com valores superiores junto à costa e inferiores ao largo. Esta distribuição é consequência (i) dos processos físicos que ocorrem na costa portuguesa, nomeadamente os fenómenos de *upwelling*, que ocorrem tipicamente entre Abril e Outubro em resposta aos ventos persistentes de Norte e (ii) da descarga do Rio Tejo, uma vez que o Rio Tejo funciona como exportador de nutrientes e Clorofila-a para a zona costeira.

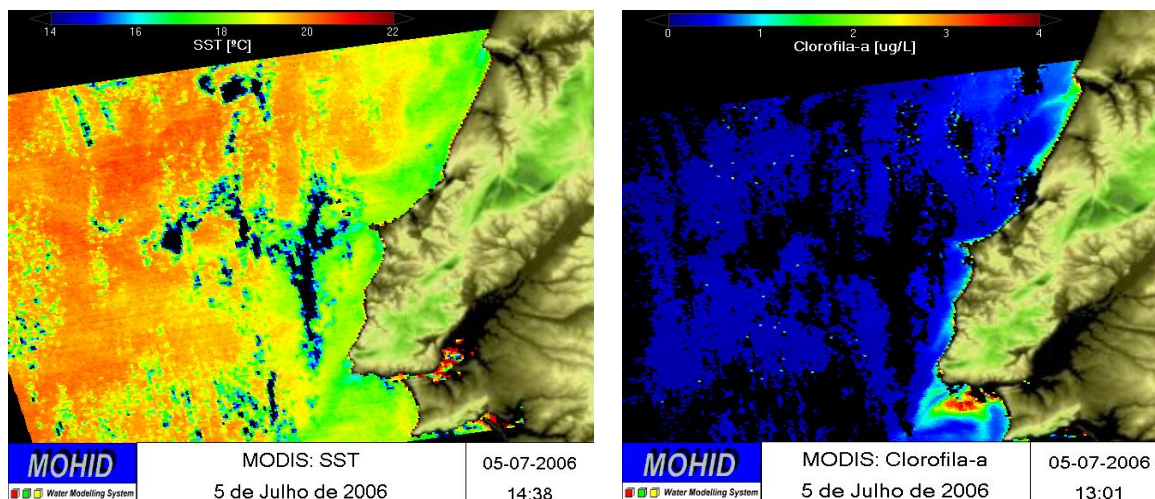


Figura 9 –Imagens de satélite de SST e Clorofila-a para o dia 5 de Julho de 2006.

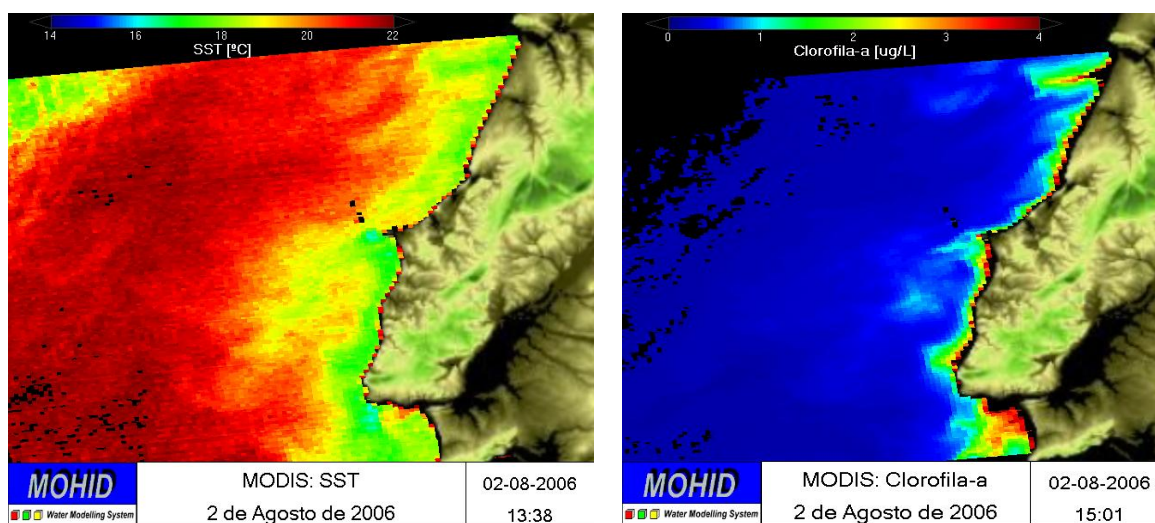


Figura 10 –Imagens de satélite de SST e Clorofila-a para o dia 2 de Agosto de 2006.

1.5.3 Distribuição da Clorofila-a por classes

A distribuição da Clorofila-a por classes dos dados de satélite (SeaWiFS e MODIS) para o ponto P8 e dos dados do programa de monitorização, é apresentada na Figura 11. Esta análise foi efectuada a partir de um conjunto de dados dos satélites SEAWIFS e MODIS, disponíveis desde 1997 a 2006 apresentados no ponto anterior. A análise da figura mostra que ambos os conjuntos de dados apresentam uma distribuição semelhante, embora existam pequenas diferenças em termos de percentagem de incidência em cada uma das classes. De um modo geral, ambos os conjuntos de dados (satélites e dados de campo) mostram que a classe dominante é a classe de $[0-1] \mu\text{g/L}$, seguida das restantes classes. No caso da classe $[6-8] \mu\text{g/L}$ apenas os dados de campo mostram que existem cerca de 1% dos valores medidos que incidem nessa classe.

A distribuição da Clorofila-a por classes para o ponto 8 Sul, tendo como base os dados dos satélites SeaWiFS e MODIS, é apresentada na Figura 12. Se compararmos a distribuição de classes obtidas neste ponto com a distribuição obtida no ponto 8 no caso dos dados de satélite, verifica-se que ambos apresentam uma distribuição praticamente idêntica, sendo a classe $[0-1] \mu\text{g/L}$ a que apresenta uma maior percentagem de ocorrência (mais de 70%).

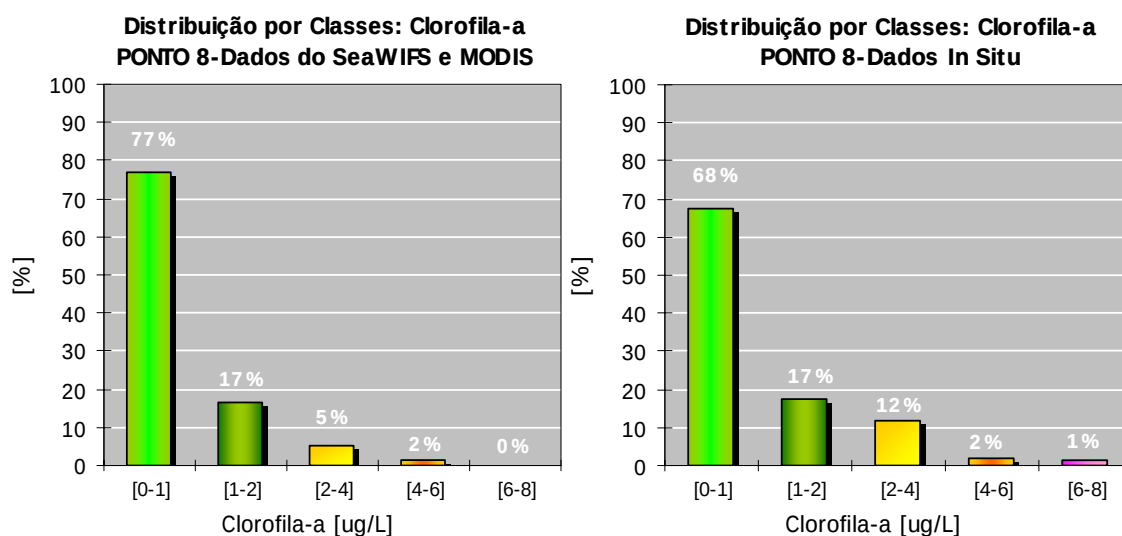


Figura 11- Distribuição da Clorofila-a por classes no ponto 8, para os dados de satélite e dados do programa de monitorização. A análise das frequências foi feita com base num conjunto de dados, desde 1997 a 2006.

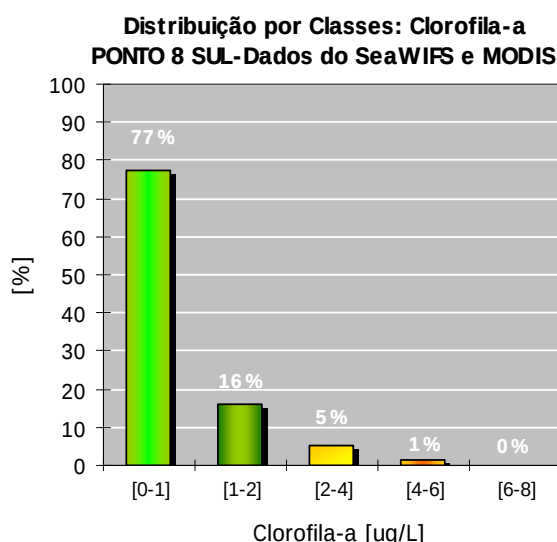


Figura 12- Distribuição da Clorofila-a por classes no ponto 8 Sul, para os dados dos satélites. A análise das frequências foi feita com base num conjunto de dados, desde 1997 a 2006.

Para ter uma ideia da ordem de grandeza dos valores medidos apresentam-se ainda os mesmos resultados, embora com as classes mais detalhadas. Uma vez que os valores se encontram maioritariamente entre 0-4 ug/L, optou-se por fraccionar mais classes dentro desta gama de valores, cujo resultado é apresentado na Figura 13 para o ponto 8 e Figura 14 para o ponto 8-Sul. Da análise das figuras verifica-se que ambos os pontos (8 e 8 Sul) apresentam a mesma distribuição por classes, sendo a maior percentagem de ocorrência registada na classe [0.5-1] ug/L, seguida das classes [1-1.5] ug/L e [1.5-2] ug/L. A partir da classe [2.5-3] ug/L, a percentagem de ocorrência em todos ambos os pontos varia entre 2% e 1%. Acima de 8 ug/L não existe nenhuma percentagem de ocorrência.

No caso da distribuição de classes de Clorofila-a, nos dados do programa de monitorização no ponto 8, verifica-se que a sua distribuição é semelhante à obtida com base nos dados de satélite para o mesmo ponto, com excepção da classe acima de 8 ug/L, que apresenta uma percentagem de ocorrência de

cerca de 2% no caso dos dados do programa de monitorização, sendo inexistente nos dados de satélite.

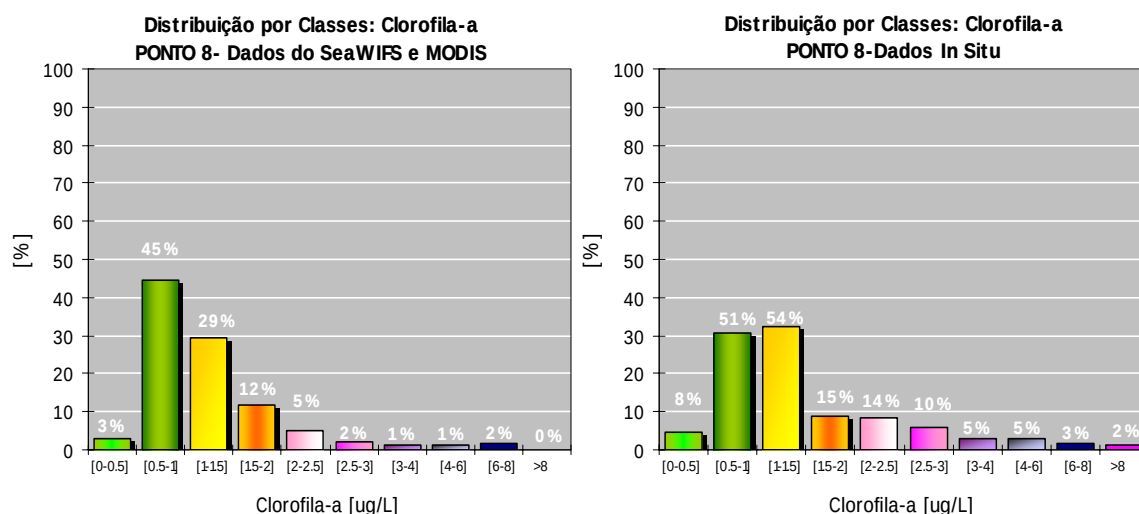


Figura 13- Distribuição da Clorofila-a por classes no ponto 8, para os dados de satélite e dados de campo. A análise das frequências foi feita com base num conjunto de dados, desde 1997 a 2006.

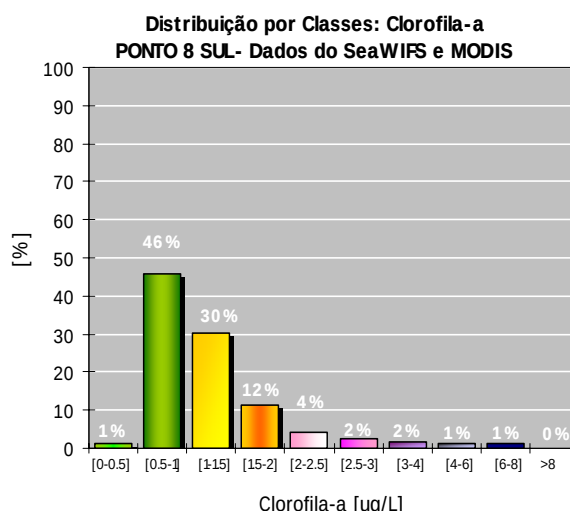


Figura 14- Distribuição da Clorofila-a por classes no ponto 8, para os dados de satélite e dados de campo. A análise das frequências foi feita com base num conjunto de dados, desde 1997 a 2006.

Os resultados mostram que em termos de distribuição de Clorofila-a, os pontos (8 e 8 Sul) são idênticos, bem como os dois conjuntos de dados (satélites e monitorização). Como já foi referido estes dois pontos foram escolhidos com o intuito de verificar se existiam diferenças, nomeadamente um aumento de clorofila no ponto P8, que pudessem ser atribuídas à presença do emissário. Os resultados mais detalhados revelam que, considerando todas as observações existentes entre 1997 e 2006 (1165 observações), 12% mostram diferenças entre os dois pontos sendo que em 8% a Clorofila-a é mais alta no ponto P8 Sul. Este resultado prova que os pontos P8 e P8 Sul são efectivamente bastante semelhantes, e que quando existem diferenças é no ponto P8 Sul que normalmente encontramos os valores mais altos de Clorofila-a. Este resultado pode ser atribuído ao facto do ponto P8 Sul estar mais próximo do jacto de saída do Tejo, que normalmente apresenta valores mais altos de clorofila do que a zona costeira.

1.5.4 Séries temporais de temperatura no ponto P8

Na Figura 15 apresenta-se a série temporal de temperatura à superfície no ponto P8, para o período de 2004 a 2006.

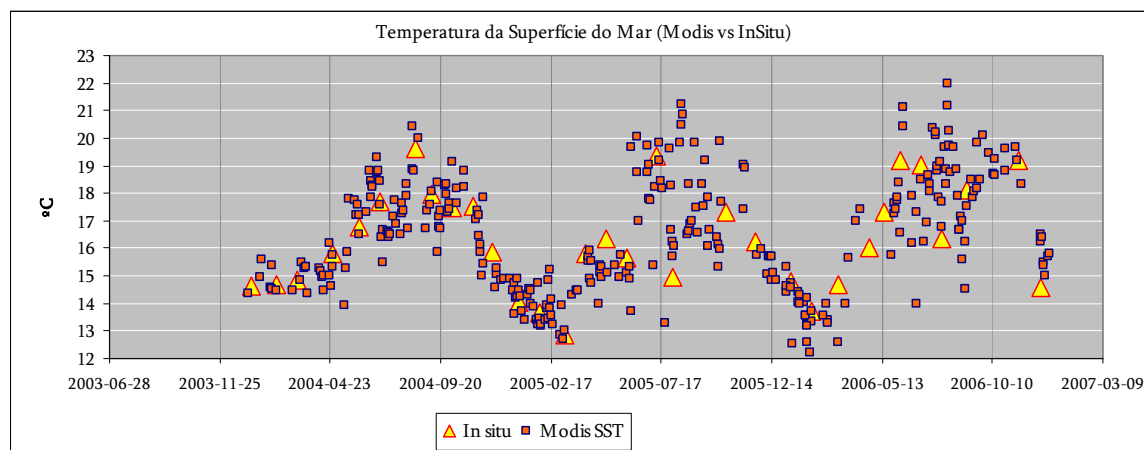


Figura 15- Série temporal de temperatura à superfície no ponto 8 elaboradas a partir de um conjunto de imagens de satélite, recolhidas para desde 2004.

A figura mostra a clara variabilidade sazonal, com aumento de temperatura no Verão e diminuição no Inverno. É interessante constatar também a enorme variabilidade a que está sujeito o período de Verão, durante o qual, em situações em que não existe afloramento costeiro (causadas por inexistência de vento ou por vento do quadrante sul) a temperatura da superfície da água aumenta significativamente podendo atingir cerca de 22°C. Em situações de afloramento costeiro que ocorrem com vento do quadrante Norte, observam-se bruscas diminuições de temperatura, podendo atingir os 14°C em alguns casos. Neste caso verifica-se uma óptima concordância entre os dados *in situ* e os dados obtidos pelas imagens de satélite.

Na Figura 16 apresentam-se os resultados de temperatura à superfície, apenas para o ano de 2006, a que corresponde o presente relatório. Para o período de 14 de Março a 25 de Maio de 2006, não existem imagens de satélite válidas, sendo por isso que aparece um espaço sem dados. A temperatura à superfície fornecida pelo MODIS foi comparada com os valores medidos *in situ* à superfície com a sonda e pelo laboratório. Tal como referido anteriormente, existe uma boa concordância entre os diferentes dados.

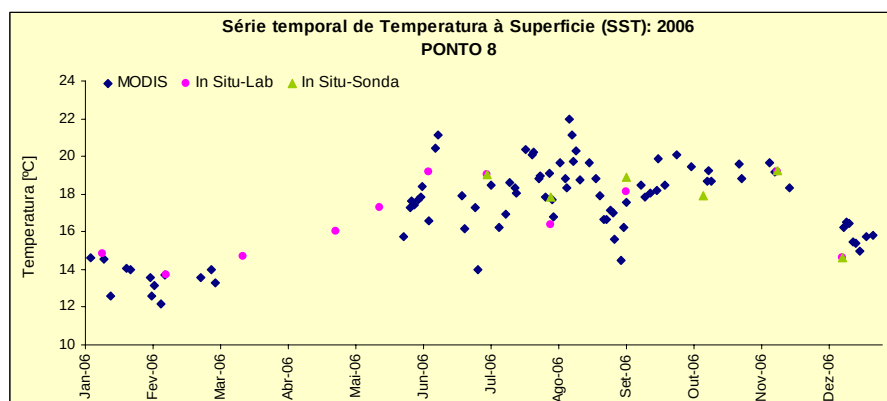


Figura 16- Série temporal de temperatura à superfície no ponto 8 elaboradas a partir de um conjunto de imagens de satélite, recolhidas para desde Janeiro a Dezembro de 2006.

2 Meteorologia e Hidrografia

Os dados meteorológicos referentes ao ano de 2006, foram adquiridos através da estação meteorológica automática da Guia, cuja localização se encontra na Figura 17. Os parâmetros atmosféricos medidos nesta estação, são usados para forçar o modelo hidrodinâmico, uma vez que o efeito do vento é determinante para a explicação da circulação hidrodinâmica da zona em estudo.

Neste capítulo, são apresentados e discutidos dados meteorológicos referentes ao período de 1 de Janeiro a 31 de Dezembro de 2006. A discussão assenta na análise dos parâmetros atmosféricos mais relevantes, nomeadamente ventos, radiação solar, temperatura e precipitação. A informação disponível tem uma frequência de meia em meia hora.

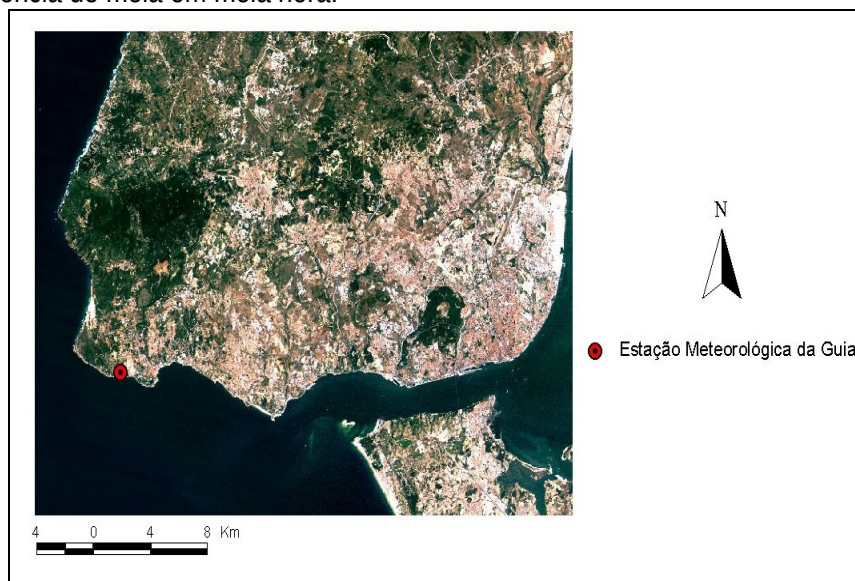


Figura 17 -Localização da estação meteorológica da Guia.

A Figura 18, representa a frequência e intensidade média do vento para o ano de 2006. A figura mostra que o vento foi predominantemente do quadrante Norte (cerca de 30% dos ventos), sendo consistente com o regime de ventos conhecido na costa Portuguesa. Pelo contrário, os ventos do quadrante Sul/Sudoeste foram mais intensos (cerca de 6 m/s), mas menos frequentes (cerca de 10%) do que os ventos do quadrante Norte.

A variação da temperatura e radiação solar ao longo de 2006 é apresentada na Figura 19. Devido a uma avaria técnica na estação da Guia, não existem dados disponíveis para alguns períodos. A figura mostra que o valor médio anual foi de cerca de 17 °C, sendo os valores máximos (cerca 35 °C) registados durante o período de Verão e mínimos (8 °C) no Inverno, tal como era de esperar devido ao período de radiação solar, o qual é mais intenso e longo nos meses de Verão. Tal como se pode verificar através da comparação da temperatura vs radiação SW, a tendência ao longo do ano foi a mesma, uma vez que estas variáveis estão correlacionadas.

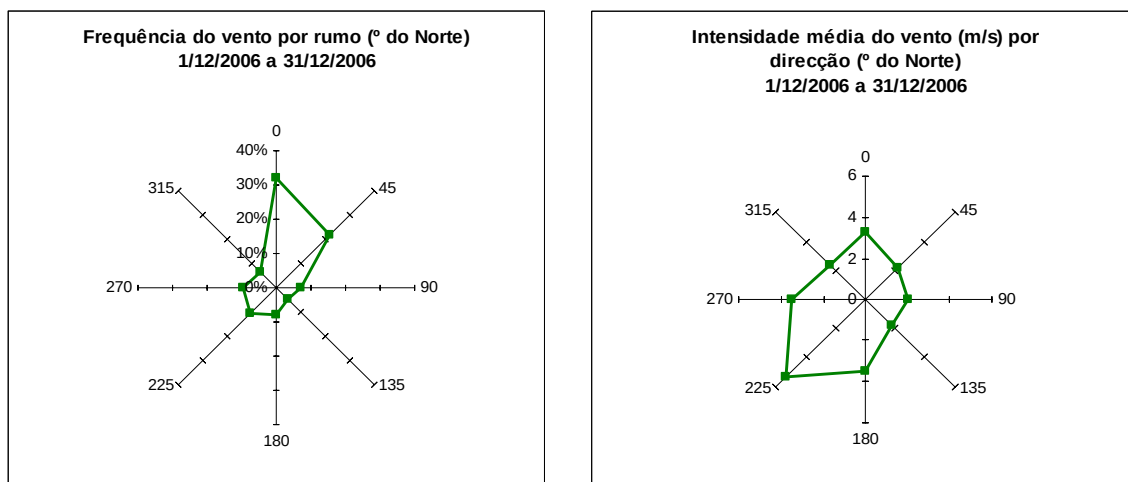


Figura 18 – Frequência anual (esquerda) e intensidade média anual (direita) do rumo do vento (° do Norte) para o ano de 2006.

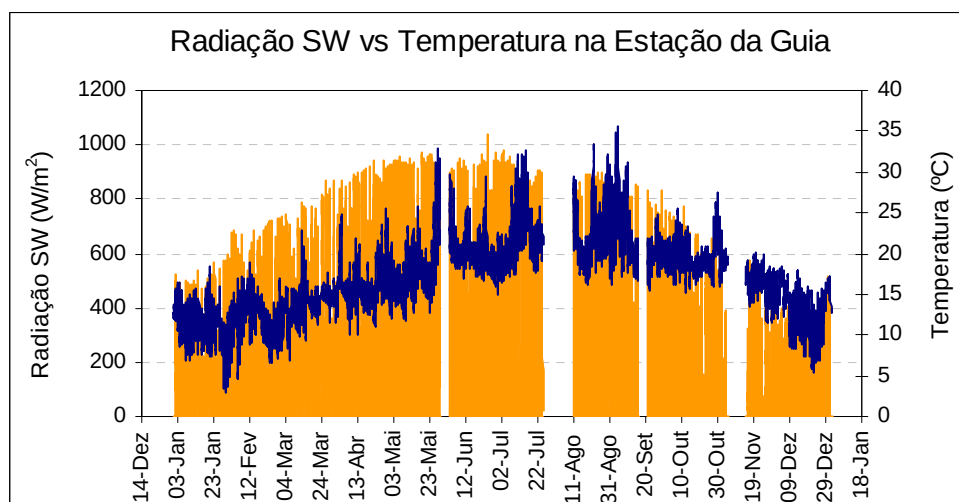


Figura 19 – Variação da temperatura (azul) vs radiação solar SW (laranja) para o ano de 2006.

A Figura 20, representa as frequências cumulativas para a humidade relativa ao longo de 2006. Da análise desta figura verifica-se que os valores de humidade relativa com maior ocorrência foram as classes de 70% e 80%. Isto significa que os valores de humidade relativa, em média foram sempre muito elevados, facto que é explicado devido á proximidade da estação com o mar.

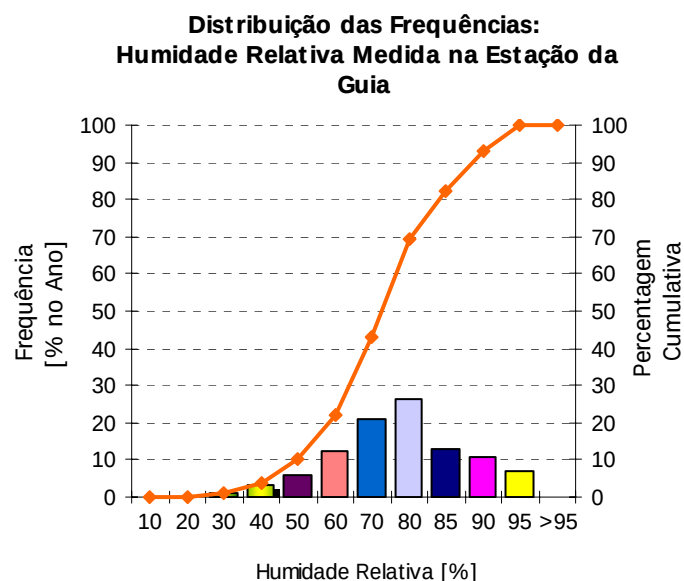


Figura 20 – Frequências Cumulativas (a laranja) do parâmetro Humidade Relativa (%) para o ano de 2006. As barras representam as frequências para cada intervalo de humidade relativa

A Figura 21, representa a precipitação mensal observada na estação da Guia em 2006, e mostra que existe variação sazonal ao longo do ano, estando os valores máximos associados aos meses mais chuvosos e os mínimos ou nulos aos meses de Verão.

Os valores máximos de precipitação ocorreram em Outubro e Novembro, com valores na ordem dos 300 mm e 250 mm, respectivamente. O período de Janeiro a Abril, também apresenta ocorrência de alguma precipitação, sendo os valores no entanto inferiores a 200 mm. Pelo contrário, os meses de Verão são caracterizados pela quase ausência de precipitação.

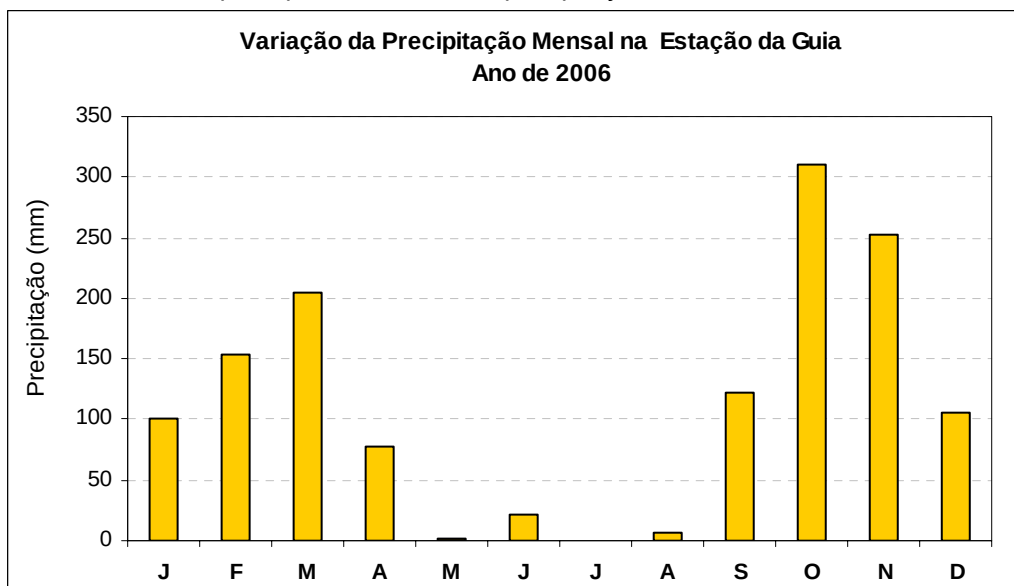


Figura 21 – Variação da precipitação mensal na estação da Guia, para o ano de 2006.

O Rio Tejo é a principal descarga de água doce considerada para a zona de estudo. Na figura seguinte, Figura 22, é mostrada a evolução do caudal do rio ao longo do ano de 2006, obtido a partir de dados fornecidos pelo INAG (<http://www.snirgh.inag.pt>) na estação de Almourol.

Da análise do caudal, verifica-se que a variação temporal dos dados de precipitação não é sempre concordante com a variação do caudal (em teoria, a ocorrência de maiores períodos de precipitação deveria originar maiores caudais do rio Tejo) cujos desfazamentos podem estar relacionados com as

barragens existentes na bacia hidrográfica do Rio Tejo, uma vez que são estas que controlam o seu caudal. Deste modo constata-se que a precipitação por si só não é suficiente para caracterizar o caudal do Rio Tejo.

Por outro lado, verifica-se que os meses de Janeiro, Fevereiro e Setembro apresentam caudais médios mensais inferiores a 30 m³/s. Estes valores de caudal não fazem sentido, e só foram obtidos pelo facto de, nestes meses, terem ocorrido registos diários de caudal com valores inferiores a 15 m³/s. Os caudais obtidos para estes meses, não são realistas e podem ser explicados pelo facto de ter ocorrido algum problema técnico com a estação hidrométrica automática.

Apesar dos aspectos referidos anteriormente, verifica-se que existe uma variação sazonal do caudal do Rio Tejo, com caudais máximos nos meses de Inverno e mínimos nos meses estivais, cujo valor médio anual em 2006 foi de cerca de 300 m³/s.

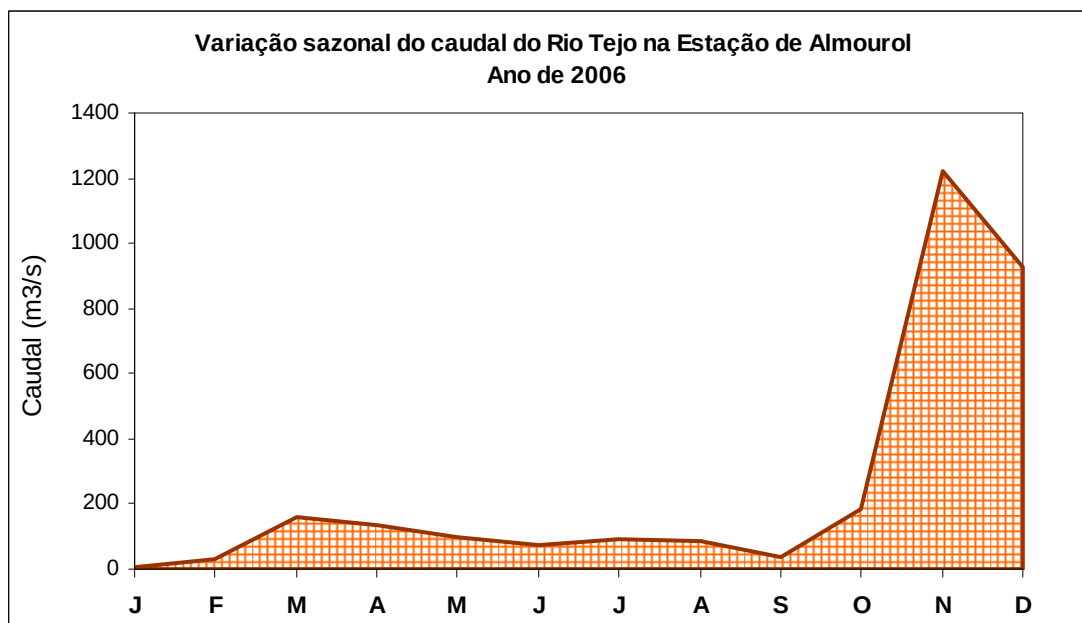


Figura 22 – Variação do Caudal do Rio Tejo na estação Almourol, para o ano de 2006.

3 Gestão da Informação

3.1 Introdução

A gestão da informação em sistemas de monitorização passa pelo desenvolvimento de uma ferramenta de observação integrada que combine diferentes tecnologias (modelação, sistemas de aquisição de dados e gestão de bases de dados), capazes de lidar eficientemente com os problemas complexos associados à gestão ambiental costeira. Assim, desde o 2º trimestre de 2003 está em actividade um sistema de observação para o estuário do Tejo, em que são disponibilizados dados registados históricos e em tempo real, e previsões diárias de condições do meio atmosférico e aquático, incluindo propriedades hidrodinâmicas e biogeoquímicas, através de uma interface na Internet (www.mohid.com/tejo-op)

Ao longo deste capítulo, é explicada a arquitectura global do sistema, e serão referidos não só os equipamentos e modelos utilizados na aquisição de dados e modelação (bem como as condições em que os mesmos foram aplicados), mas também as ferramentas desenvolvidas para a integração, tratamento e transferência da informação gerida e gerada por essas duas vertentes do sistema de monitorização – os dados de campo e a modelação / previsão. É ainda descrita a forma como o utilizador final (ou cliente) pode explorar a informação abrangida neste sistema.

3.2 Arquitectura do Sistema

Um sistema deste tipo pode ser visto como uma infra-estrutura que pode incluir um ou mais modelos numéricos, uma rede de monitorização automática, dados obtidos em campanhas de monitorização e detecção remota, bases de dados para armazenamento de medições e previsões, mecanismos de validação da informação e ferramentas que disponibilizem os resultados num formato útil aos clientes finais (ver Figura 23).

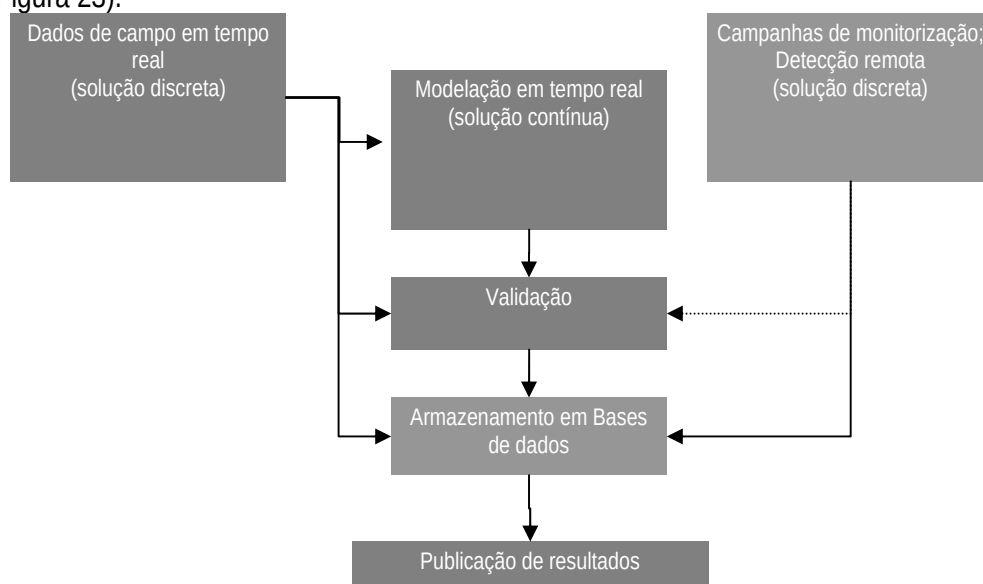


Figura 23 - Esquema ilustrativo das componentes que integram o sistema de observação do estuário do Tejo

É a integração de todas estas componentes que permite desenvolver no seu conjunto um sistema de observação.

Assim, foi necessário desenvolver uma série de ferramentas de tratamento e transferência de informação, de forma a tornar todo o processo, desde a chegada de dados até à disponibilização de informação ao utilizador final, um processo relativamente automatizado, em que a intervenção humana

se focaliza essencialmente na análise e validação dos dados de campo e resultados da modelação numérica.

As linguagens de programação das ferramentas desenvolvidas baseiam-se essencialmente nas plataformas VisualStudio.NET (ASP.NET, VB.NET) e VisualStudio 6.0 (VB e ASP), com recurso a outras linguagens auxiliares – HTML e JavaScript (para a páginas de Internet), SQL (comunicação com bases de dados). As bases de dados utilizadas estão em Access e em PostgreSQL.

Durante o período de 2006, foi efectuada a migração de alguns dados que estavam em Access para o sistema de bases de dados relacionais PostgreSQL.

3.3 Dados de Campo

De seguida, serão descritos os dados e as medições incluídos no sistema operacional. Neste momento, as principais fontes de dados são os sistemas de aquisição em tempo real e a aquisição de dados através de campanhas dedicadas. Embora a utilização de sensores para medição em movimento, bem como a detecção remota, sejam já utilizados como fonte de informação, a gestão operacional destes dados está ainda em fase de implementação.

3.3.1 Estação Meteorológica da Guia

A estação meteorológica está instalada no topo do edifício da ETAR da Guia (ver Figura 25), no concelho de Cascais e com as coordenadas 38° 41' 41" de Latitude N e 9° 26' 48" de Longitude W, e é propriedade da SANEST SA (ver Figura 24).

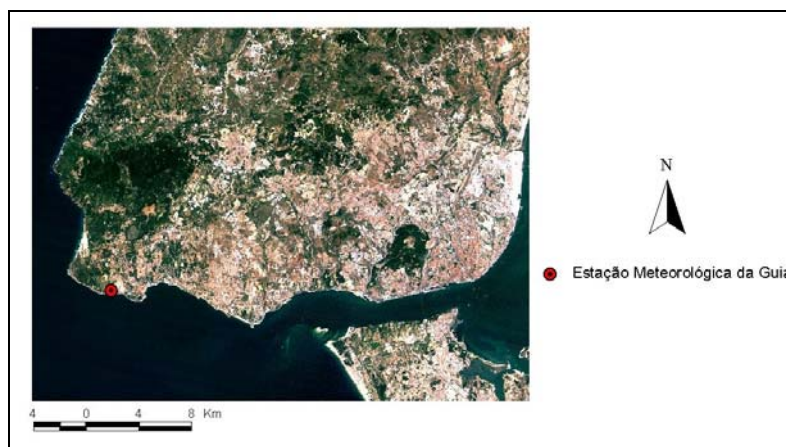


Figura 24: Localização da estação meteorológica da Guia

Os sensores instalados na estação meteorológica são: sensor de temperatura e humidade relativa 50Y da *Campbell Scientific* (CS); barómetro *Druck* RPT410F para a pressão atmosférica; piranómetro *Kipp & Zonen* CM3 para a radiação solar; udómetro ARG100 para a precipitação; anemómetro A100R e catavento W200P da *Vector Instruments* para medição da componente horizontal da velocidade e direcção do vento respectivamente.

Todos os sensores estão ligados directamente a um *datalogger* CS CR10X que por intermédio de um módulo GSM Siemens TC35T vai permitir não só a aquisição de dados em tempo real mas também qualquer eventual alteração ao programa de medição nas instalações da MARETEC no Instituto Superior Técnico. A estação meteorológica é alimentada por um sistema de dois painéis solares e uma bateria que garantem a autonomia da estação meteorológica. No caso da tensão da bateria descer abaixo de um determinado valor os responsáveis pela estação meteorológica recebem uma SMS nos seus telemóveis a alertar para a situação.

As medições efectuadas em 2006 por esta estação são analisadas no capítulo 2.



Figura 25 - Estação Meteorológica da Guia

Durante o ano de 2006 decorreram alguns trabalhos de manutenção desta estação.

3.3.2 Estação Hidrométrica de Almourol

Esta estação é operada pelo INAG (pertence à CCDR LVT), e mede níveis hidrométricos através de um sensor de nível, localizado em Almourol, concelho de Vila Nova da Barquinha. A sua localização exacta em coordenadas geográficas (WGS84) é 39°27'39"N 39.46077° N (Latitude) e 8°22'31.40"W (Longitude). A estação de Almourol está em fase produtiva desde 23-01-1996, período desde o qual regista medições intervaladas de 15 minutos. A informação é transferida desde o local para o servidor central no IST através de telemetria, e os dados são actualizados em tempo-real no site do INAG.

As medições efectuadas em 2006 por esta estação são também analisadas no capítulo 2.

Os dados da estação de Almourol passam a partir de 2006 a entrar no sistema de observação do estuário do Tejo passando assim esta a ser considerada como a estação de referência, no que respeita aos caudais do Tejo, substituindo a estação de Ómnias. Esta alteração surge na sequência de se terem verificado diversos problemas nos dados da estação de Ómnias, ao contrário da estação de Almourol, que tem apresentado uma boa regularidade na qualidade e quantidade da informação recolhida.

3.3.3 Campanhas de amostragem clássica

Para além da monitorização de parâmetros em contínuo e em tempo real, é comum o desenvolvimento de amostragens de água e sedimentos efectuados na área de estudo, a partir especialmente de campanhas de amostragem, no âmbito do programa de monitorização da Costa do Estoril. Os resultados destas análises consistem em mais uma fonte de informação histórica do estuário de Tejo, essencial à compreensão de processos e mecanismos envolvidos na dinâmica deste estuário.

Os resultados provenientes destas análises discretas no tempo, são armazenados numa base de dados desenvolvida para contemplar a variabilidade da informação recolhida. Esta base de dados tem a informação georreferenciada, podendo ser visualizada num sistema de informação geográfica da Internet (MapServer).

O processo de inserção dos resultados das análises na base de dados é efectuado através de uma aplicação com extensão aos laboratórios, enviando estes a informação compilada para as instalações do Maretec, onde a informação é finalmente validada e exportada para a base de dados central.

Durante o período de 2006, efectuou-se a actualização da gestão da informação referida neste capítulo (amostragem clássica), utilizando uma nova interface na internet (www.mohid.com/gis/sanest; username - sanest; password – Costadoestoril2003), e migrando a base de dados de Access para postgresQL.

3.3.4 Detecção Remota

Esta fonte de informação não é nova no sentido estrito, uma vez que existe há bastante tempo mas de facto, os desenvolvimentos recentes em termos de acesso à informação e os esforços para a tornar mais fiável em zonas costeiras, vieram abrir novos horizontes na sua aplicação.

A utilização de imagens de satélite em zonas costeiras é uma área em expansão, devido ao aparecimento de novos sensores, como o MODIS-Aqua (NASA) e MERIS (ESA) e mesmo de novos algoritmos, aplicados a sensores mais antigos como o Seawifs (NASA), que permitiu avanços significativos nesta área.

Têm vindo a ser desenvolvidos sérios esforços no sentido de tornar o acesso e processamento deste tipo de informação mais eficiente. Neste momento, para além do acesso à informação de vários sensores (Seawifs, Meris, Modis), está também em fase de implementação o processamento e integração da informação, derivada das imagens de satélite, através da adaptação de ferramentas que já existiam no âmbito do processamento e análise das grandes quantidades de informação geradas pelo modelo MOHID. A utilização da detecção remota no âmbito do projecto SANEST é descrita em detalhe no capítulo

3.4 Modelação e Previsão

Em 2003 foi desenvolvido um modelo numérico operacional, que efectua previsões diárias para a zona de estudo. O modelo operacional, desde o seu arranque, tem estado em sucessivo melhoramento e expansão das suas potencialidades e da sua operacionalidade. Neste capítulo é descrita a configuração do esquema de modelação adoptado, e a articulação com outras fontes de informação do sistema.

Os resultados gerados pelo esquema de modelação operacional para o ano de 2006 são abordados no capítulo 4.

É ainda apresentado em anexo um documento técnico sobre a implementação do protótipo do novo modelo operacional para a costa portuguesa e para a Estremadura, que foi levada a cabo no segundo semestre de 2006, e que servirá de base para, em 2007, surgir uma nova versão do modelo operacional na Costa do Estoril. A nova versão que irá surgir resolverá não só alguns problemas relacionados com as condições de fronteira aberta, como também incluirá um modelo ecológico tridimensional (a versão actual do modelo ecológico é 2D).

3.4.1 Condições do Modelo

O modelo simula a circulação e as propriedades biogeoquímicas da coluna de água, de forma a monitorizar a qualidade da água na zona da costa do Estoril. É também desenvolvida a simulação integrada da dispersão de poluentes no campo próximo e afastado do emissário da Guia, verificando o seu impacto sobre a qualidade da água no meio receptor. Estas previsões são efectuadas diariamente, para as 24 horas do dia seguinte tendo por base a previsão da circulação hidrodinâmica e da meteorologia.

Para assegurar a componente de modelação, foi necessário o recurso a uma filosofia de modelação integrada, capaz de simular os processos físicos e biogeoquímicos num sistema costeiro, utilizando a mesma malha de cálculo. Mas mais do que isso, é vantajosa a adopção de ferramentas capazes de considerar a troca de informação através de interfaces comuns entre diferentes sistemas físicos e onde os processos simulados podem ser diferentes. Recorreu-se assim ao sistema de modelação MOHID, que vem sendo desenvolvido no Instituto Superior Técnico desde 1985.

A metodologia de modelos encaixados representa uma solução eficiente para resolver problemas de escala. Através desta metodologia, torna-se possível fazer “downscale” da solução, bem como forçar modelos locais com processos de grande escala. Esta metodologia permite ainda a integração numa

única ferramenta, diversos modelos locais forçados pelo mesmo modelo regional, ou pela assimilação de informação (detecção local ou remota).

O forçamento atmosférico do modelo operacional para o Tejo é obtido a partir das previsões de um modelo meteorológico. O modelo em questão (<http://meteo.ist.utl.pt>) é um modelo operacional para a costa portuguesa, desenvolvido no Instituto Superior Técnico na Secção de Ambiente e Energia e coordenado pelo Prof. Delgado Domingos, que se baseia no modelo MM5. A validação do modelo faz-se pela comparação dos seus resultados com os valores reais registados na estação meteorológica na Guia.

Dada a largura da malha de cálculo deste modelo (passo espacial de 9 km) face à dimensão do estuário do Tejo, consideram-se apenas as previsões meteorológicas para um dado ponto no estuário (é um ponto que se situa ao largo da Guia). Portanto, por opção de modelação, não é considerada variabilidade espacial das propriedades atmosféricas no forçamento do modelo operacional para o estuário do Tejo (embora o sistema MOHID permita a interpolação temporal e espacial de previsões atmosféricas para a malha de cálculo, podendo assim utilizar resultados atmosféricos variáveis no espaço e no tempo). A variabilidade temporal é assegurada através de um serviço (Windows Service desenvolvido em VB.NET) no servidor central que, via http e com uma frequência horária, descarrega as previsões horárias do referido modelo atmosférico, inserindo esses valores numa base de dados (Access) específica para o efeito. As previsões atmosféricas deste modelo têm um horizonte de tempo de 72 horas, e são actualizadas e corrigidas de 6 em 6 horas, sendo as mesmas correcções também efectuadas nos registos da base de dados. Uma outra aplicação dedicada (VB.NET) é responsável por exportar as previsões atmosféricas existentes na base de dados para uma série temporal em formato ASCII (assimilado pelo MOHID) para o período a ser simulado.

Na próxima tabela é descrita a configuração do modelo operacional desenvolvido, que recorre à filosofia de modelos encaixados.

Nível	1	2	3
Zona da Malha	Nazaré - Setúbal	Tejo	Guia Carcavelos – Paço de Arcos
Número de pontos	168 x 223	162 x 162	100 x 60 301 x 105
Passo espacial mínimo (m)	2000	300	35 10
Passo temporal (seg.)	120 (double splitting)	30 (double splitting) 30 - hidrod. (double splitting) + 60 – qual. água	15 (double splitting) 7.5 (double splitting) 7.5 (double splitting)
Discretização vertical (camadas)	☒	☒ 11	11 ☒ 11
Componentes Modeladas	Hidrodinâmica	Hidrodinâmica, Qualidade da água Hidrodinâmica	Hidrodinâmica, diluição inicial + dispersão da pluma do emissário Hidrodinâmica Hidrodinâmica
Fluxo	Barotrópico	Barotrópico Baroclínico	Baroclínico Barotrópico Baroclínico
Maré Imposta	✓	☒ ☒	☒ ☒ ☒
Descargas	☒	Tejo, Sorraia, Trancão, ETAR's	Tejo, Sorraia, Trancão, ETAR's ETAR Guia ☒ ☒
Interface água-atmosfera	Vento, fluxos de calor ☒	vento, temperatura, radiação, humidade relativa, fluxos de calor ✓	vento, temperatura, radiação, humidade relativa, fluxos de calor ✓
Operacional	Todos os dias	Todos os dias	Todos os dias Se necessário Se necessário

Tabela 4 – Configuração do modelo operacional

Com a filosofia de modelos encaixados, foi possível afastar a fronteira aberta para o mar alto e forçar modelos de maior detalhe com resultados de um modelo de larga escala. Sintetizando, o modelo operacional do Tejo simula o escoamento no estuário, encaixando este domínio num modelo regional da costa portuguesa de forma a melhorar a condição de fronteira do lado do mar e, forçando-o com o caudal do rio, do lado de terra, e com o forçamento atmosférico, fornecido por um modelo de circulação atmosférica.

Assim, o modelo operacional para o estuário do Tejo utiliza três níveis de modelos encaixados diferentes. O maior nível cobre praticamente toda a costa oeste portuguesa. Este é forçado pela solução global de maré e vento, e não apresenta discretização vertical – 2D (sem gradientes de

densidade - fluxo barotrópico). A sua função é fornecer as condições de fronteira de oceano aberto para o segundo nível de modelos encaixados.

Os modelos deste segundo nível cobrem a totalidade do estuário do Tejo, existindo modelos bidimensionais e tridimensionais (com gradientes de densidade) para este nível. No que respeita às condições de forçamento na interface água-atmosfera, é imposto o vento, temperatura, radiação, humidade relativa e fluxos de calor. São ainda impostas as descargas dos rios e ETAR's. O valor utilizado para a descarga do rio Sorraia é a média diária, enquanto que os restantes são valores médios anuais dos últimos anos, à excepção do rio Tejo, cuja descarga é introduzida no modelo a partir da informação hidrométrica da estação Ómnias. O INAG disponibiliza informação dos níveis para esta estação (e respectiva curva de vazão) em tempo real. Essa informação é diariamente convertida em caudal e funciona como entrada para as condições de fronteira do modelo.

Os modelos de nível 2 são utilizados com dois objectivos: (i) simular os processos físicos e ecológicos no estuário e (ii) fornecer condições de fronteira para o nível inferior de modelos, o nível 3.

Estes últimos modelos são de escala local, definidos para monitorizar o impacto do emissário submarino da Guia, e estudar problemas de qualidade da água junto às praias. Os sub-modelos podem ser acoplados a qualquer instante, à medida das necessidades. O forçamento atmosférico é em tudo igual aos modelos do nível superior (à escala do Tejo) (ver Figura 26).

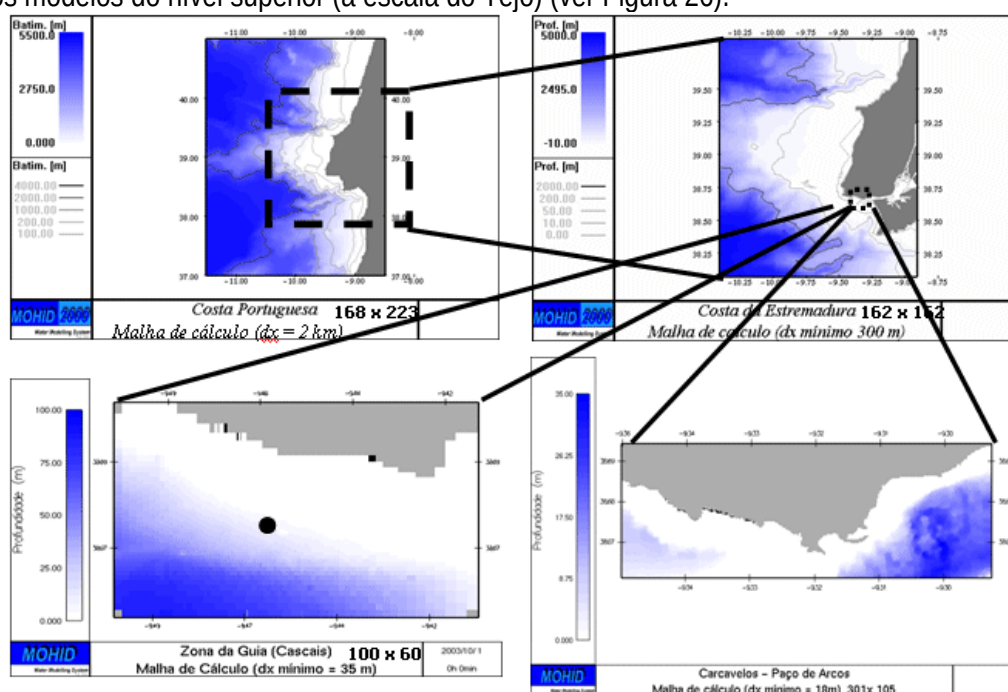


Figura 26 - Modelos encaixados em três níveis. À esquerda em cima – nível 1 (modelo de larga escala para a parte da costa oeste portuguesa); à direita em cima – nível 2 (modelo de escala regional para o estuário do Tejo); em baixo, nível 3 (modelos de escala local): à esquerda, zona do emissário da Guia, e à direita, zona de entre Carcavelos e Paço de Arcos.

O modelo corre diariamente para efectuar previsões de 24 horas, com outputs gráficos horários. Embora nesta fase de desenvolvimento tenham existido algumas variações, de uma forma geral tem-se conseguido efectuar previsões para o terceiro dia após do início do cálculo (por exemplo, Segunda-feira o modelo calcula as previsões para Quarta-feira). O tempo de cálculo do conjunto de modelos operacionais (excluindo os modelos locais para Carcavelos - Paço de Arcos) demora cerca de 6 horas sem paralelização de código.

3.5 Acesso aos produtos do Sistema de Observação

Neste capítulo pretende-se descrever como o utilizador final (ou cliente) pode explorar a informação gerida pelo sistema. Optou-se por um acesso à informação via Internet (<http://www.mohid.com/tejo-op>). A página de entrada está apresentada na Figura 27. Nesta página é dado especial destaque às previsões para o meio aquático, previsões meteorológicas, dados obtidos por estações automáticas, dados de campo resultantes das campanhas de monitorização, dados obtidos por detecção remota e às afluições terrestres. No entanto, no menu localizado no topo da página existem links que visam descrever as características do meio receptor, tal como todo o trabalho de monitorização que tem sido levado a cabo nos últimos anos.

O sistema de observação aos olhos do utilizador final é um *site* da Internet onde se agrupam os resultados da modelação numérica e as medidas de diversas fontes, assim como textos que visam a descrição do meio receptor.

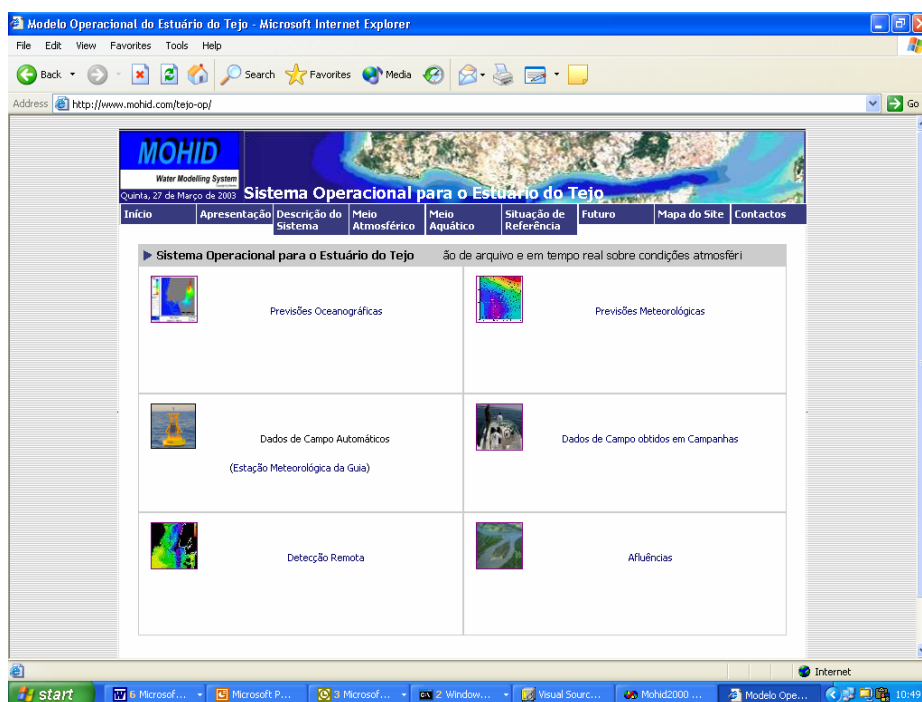


Figura 27 – Página de entrada do modelo operacional.

3.5.1 Política de publicação

Um aspecto fulcral prende-se com a política de acesso à informação resultante do programa de monitorização da qual a Sanest é proprietária. Esta é definida pela Sanest e implementada pelo IST. Na versão actual a informação que pode ser mais sensível encontra-se protegida, nomeadamente as campanhas de monitorização. O acesso a esta informação faz-se via um username *Sanest* e com a password *Costadoestoril2003* (Figura 28).

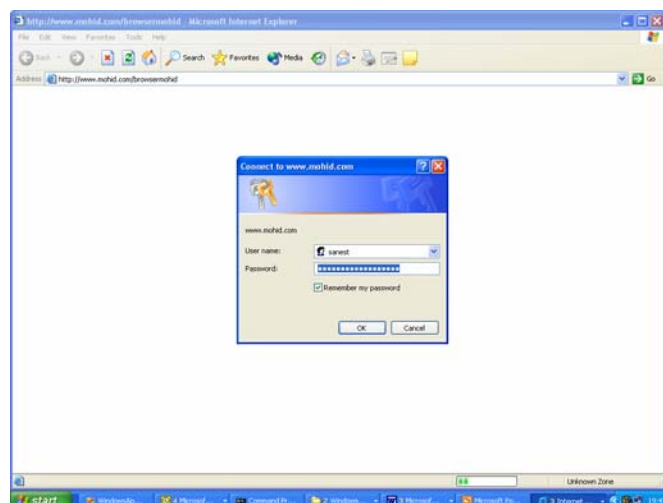


Figura 28 – Protecção da informação contida das campanhas de monitorização centralizada no sítio www.mohid.com/tejo-op.

Neste ano de 2005, o aparecimento da ferramenta Google Earth permitiu um alargamento de horizontes no que diz respeito à forma de visualização de medidas e previsões de modelos. Assim, durante esse ano, para além da publicação e visualização de resultados via Internet, tornou-se possível aceder a alguns resultados do modelo operacional via Google Earth (ver capítulo 3.5.3)

3.5.2 Via Internet

3.5.2.1 WebGIS

A informação sobre a qualidade da água resultante das campanhas encontra-se desde 2006 sistematizada numa base de dados em postgresSQL e pode ser explorada através de uma ferramenta de WebGIS, que também este ano sofreu uma actualização, existindo uma nova versão disponível *online* (Figura 29), como já foi referido em 3.3.3.

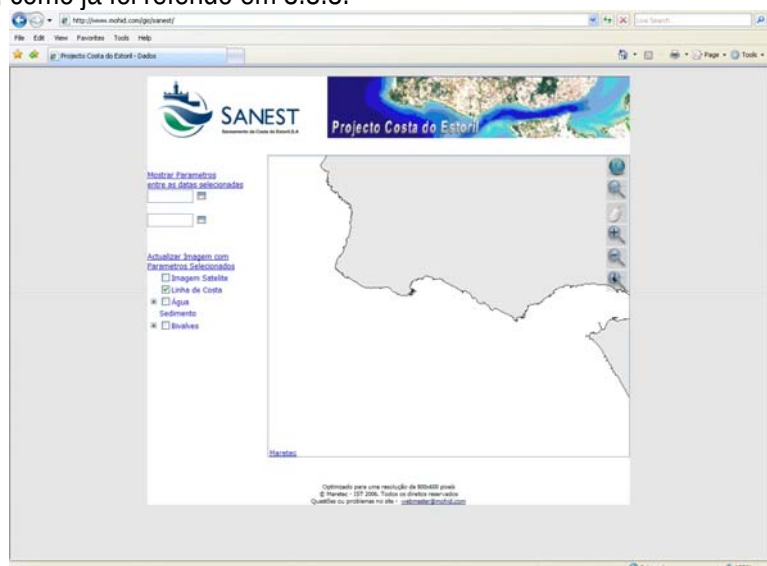


Figura 29 – Exploração dos resultados das campanhas com uma ferramenta de WebGis.

3.5.2.2 Acesso às estações automáticas

Outra das potencialidades do *site*, que alberga os produtos do sistema de observação, é permitir o acesso aos dados das estações automáticas. Neste momento apenas se encontra em funcionamento a estação meteorológica, embora a estação de qualidade da água tenha estado em funcionamento durante um período de 2003, sendo também disponibilizadas as medições efectuadas durante esse período de funcionamento. O utilizador pode escolher o intervalo de tempo que pretende visualizar num gráfico, tabela (Figura 30) e/ou exportar os dados em formato Excel.

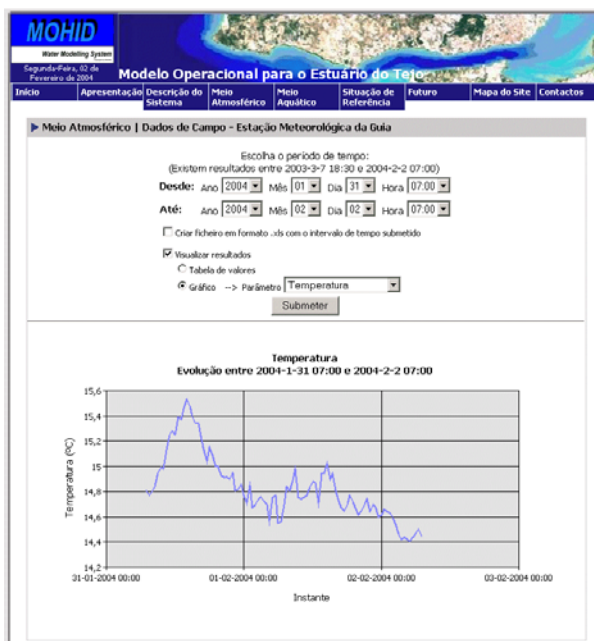


Figura 30 – Tabela com dados medidos pela estação meteorológica.

3.5.2.3 Acesso aos resultados do modelo numérico

O utilizador tem também acesso a resultados do modelo. Estes podem ser visualizados na forma de séries temporais ou de mapas, sendo os últimos obtidos com uma periodicidade horária, tendo o utilizador apenas tem que especificar a data, a hora e o parâmetro que pretende visualizar (Figura 31 e Figura 32). Sob a forma de mapas, são disponibilizados diversos tipos de informação, consoante o mapa pretendido (Tabela 5).

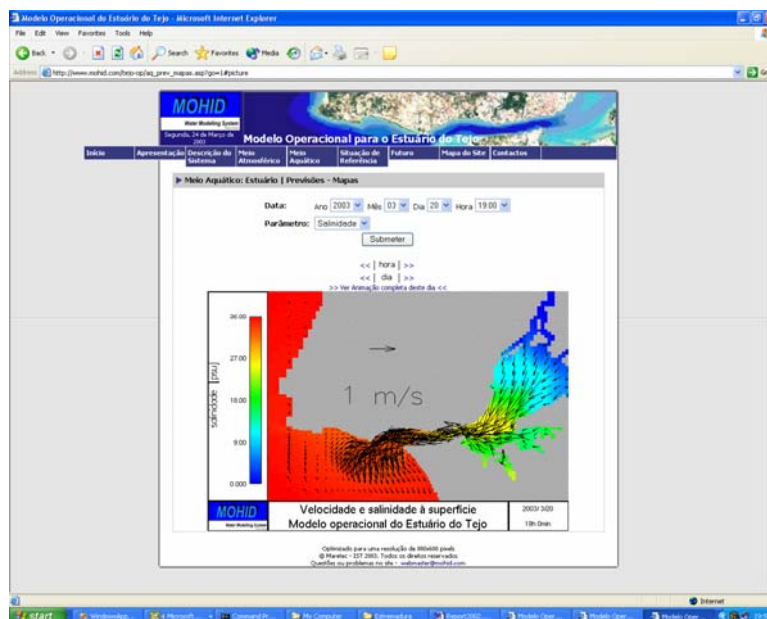


Figura 31 - Mapa de resultados do modelo. Nesta figura pode-se observar o resultado instantâneo de salinidade e velocidade à superfície.

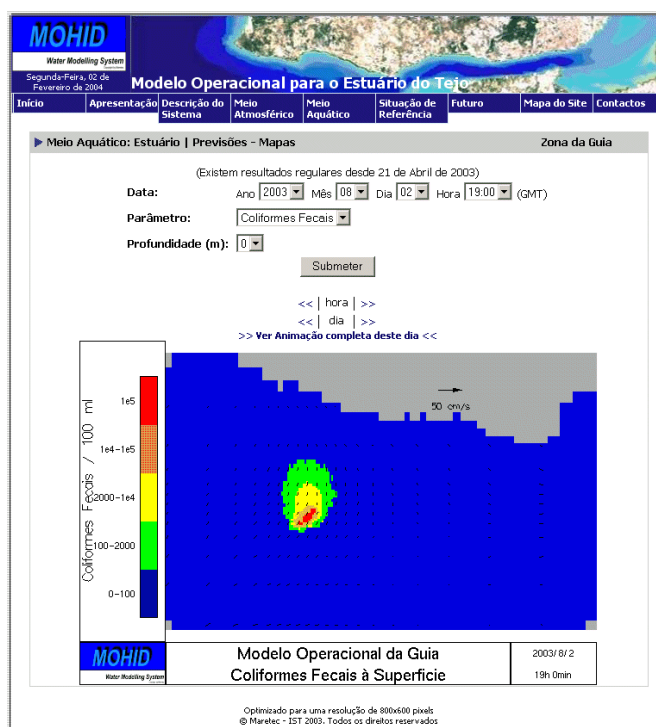


Figura 32 - Mapa de resultados do modelo. Nesta figura pode-se observar o resultado instantâneo da velocidade e coliformes fecais à superfície, na zona do emissário

Mapa	Propriedade	Profundidade (m)	Discretização Vertical
Estuário do Tejo	Salinidade	0	3D
	Oxigénio Dissolvido	Coluna de água	2D
	Clorofila a	Coluna de água	2D
	Nitratos	Coluna de água	2D
	Sedimentos Coesivos	Coluna de água	2D
Zona da Guia	Coliformes Fecais	0 e 5	3D
Zona do Canal	Salinidade	0	3D

Tabela 5 – Propriedades simuladas pelo modelo operacional que são divulgadas sob a forma de mapas

No caso das séries temporais é previamente definido um conjunto de séries que o utilizador pode visualizar (Figura 33). Os resultados são mostrados na forma de gráficos XY, onde se comparam os resultados do modelo com medidas ao longo de um dia (Figura 34). O utilizador, depois de escolher a série, apenas tem que escolher o dia que pretende visualizar. Presentemente existem apenas comparações online para a evolução do nível da água.

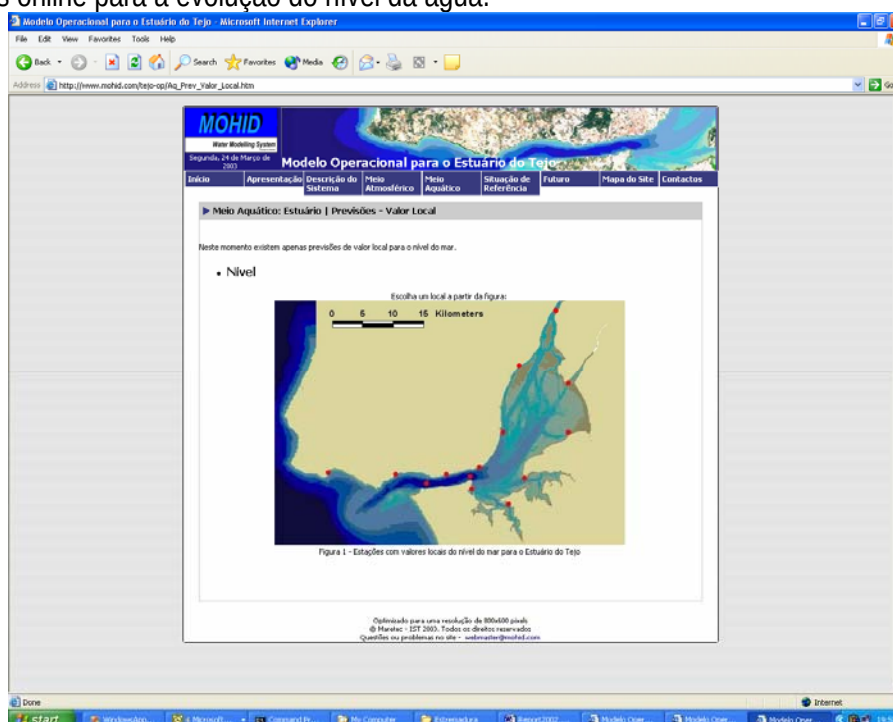


Figura 33 – Localização das séries temporais previamente definidas.

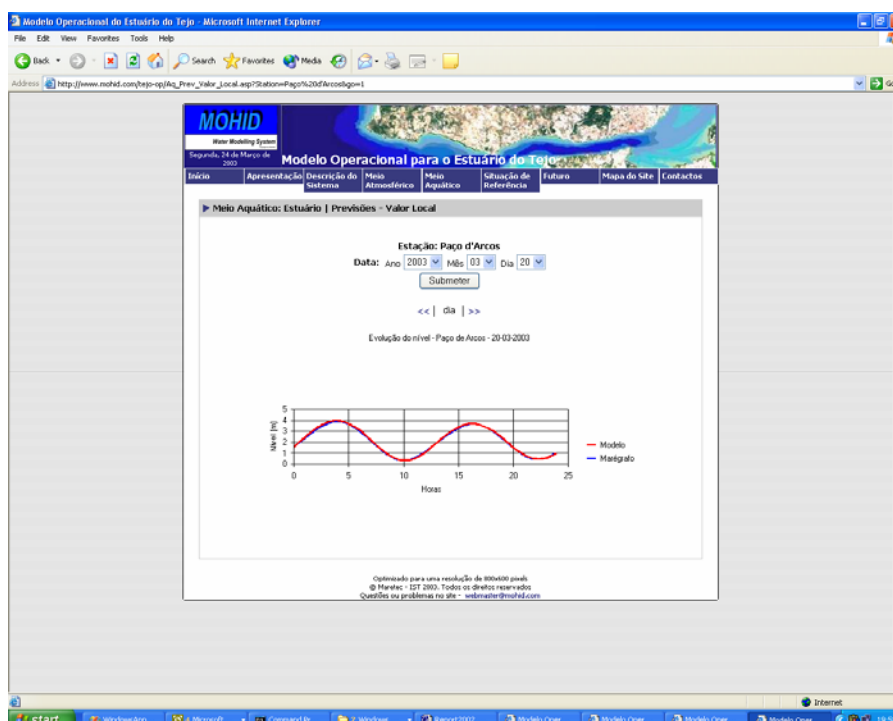


Figura 34 – Comparação do nível da água simulado pelo modelo com medidas na zona de Paço-de-Arcos.

3.5.3 Via Google Earth

Os resultados do modelo operacional são também disponibilizados através da ferramenta Google Earth. Com uma frequência horária, são colocadas previsões em tempo real, e também para a mesma hora do dia seguinte (portanto, 24 horas depois). Os parâmetros disponibilizados são os mesmos que no site de Internet.

A informação relativa à previsão das marés, e às medições por estações automáticas são também integradas no Google Earth, através de um hyperlink a partir do Google Earth para as páginas de Internet onde essa informação está disponível.

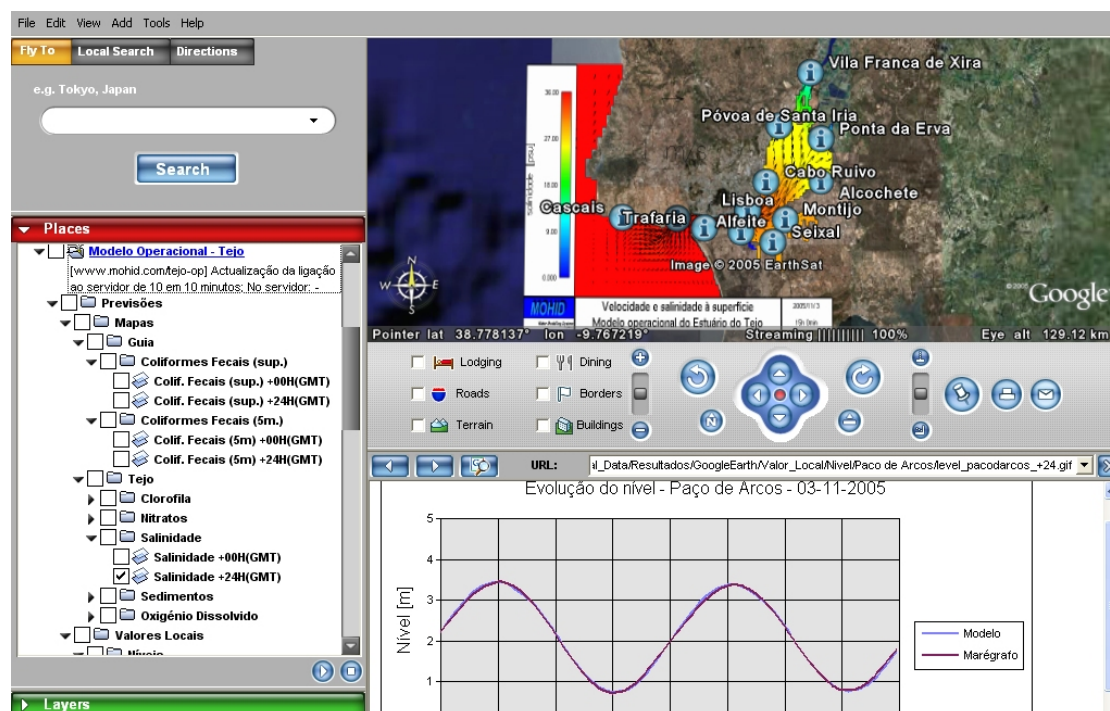


Figura 35 - Modelo Operacional no Google Earth

É possível aceder a estes resultados através de www.mohid.com/tejo-op/ModOperacional_Tejo.kmz.

4 Análise dos Resultados do Modelo Operacional

4.1 Introdução

Como foi referido anteriormente, desde o 2º trimestre de 2003 que está em actividade um sistema de modelação operacional para o estuário do Tejo, com modelação de propriedades hidrodinâmicas e biogeoquímicas, disponibilizados no site de Internet (www.mohid.com/tejo-op).

Neste capítulo são mostrados alguns resultados obtidos pelo modelo, bem como comparações entre o modelo e os dados de campo *in situ* e imagens de satélite, ao longo do ano de 2006. Embora os resultados demonstrem um bom compromisso ao nível das principais tendências sazonais que foram medidas, demonstram também a necessidade de implementação de um modelo ecológico tridimensional baroclínico, de modo a simular correctamente alguns parâmetros com forte gradiente vertical, como é o caso da clorofila ou temperatura. A implementação deste modelo tridimensional baroclínico na Costa do Estoril será levada a cabo durante o ano de 2007.

4.2 Comparação entre resultados medidos e simulados

Neste ponto são disponibilizadas algumas comparações de resultados do modelo operacional com medições efectuadas por amostragem *in situ* tradicional, amostragem *in situ* a partir de sonda multiparamétrica, e por detecção remota.

Assim, optou-se por efectuar as seguintes comparações:

- Comparação dos resultados do modelo físico e ecológico (são comparadas as propriedades temperatura, salinidade, clorofila a, nitratos, azoto amoniacal e oxigénio dissolvido e saturado) no ponto P8 (ponto mais próximo do emissário) com amostragem clássica *in situ* na média dos resultados dos pontos P1, P8, P14, na área do emissário, considerando não apenas as amostras à superfície mas também todos as profundidades da coluna de água. A opção de integrar toda esta informação numa média foi baseada no facto de: (1) o modelo de qualidade da água ter uma resolução espacial sensivelmente idêntica ou inferior à distância entre os pontos escolhidos; e (2) o modelo de qualidade da água correr em modo barotrópico (2D), ou seja, integrando toda a coluna de água.
- Comparação dos resultados do modelo físico e ecológico com a amostragem *in situ* efectuada por meio de sonda multiparamétrica no ponto P8, para a média da coluna de água (foi efectuado um perfil vertical com a sonda). Também aqui se optou por integrar os dados medidos ao longo da coluna de água numa média, baseada no facto do modelo de qualidade da água correr em modo barotrópico (2D), logo integrando toda a coluna de água. Refira-se ainda que a sonda só começou a ser utilizada em Julho de 2006, pelo que não há dados anteriormente a esse período.
- Em ambas as comparações anteriores, são incluídos sempre que possível valores obtidos através de detecção remota, pelo sensor MODIS, nomeadamente a temperatura superficial, bem como a clorofila-a.

4.2.1 Salinidade

De seguida mostra-se uma figura para o parâmetro salinidade, que compara os valores calculados pelo modelo hidrodinâmico com a salinidade medida através de amostragem *in situ* (até Junho através de CTD do IH, e a partir de Julho, através de sonda YSI).

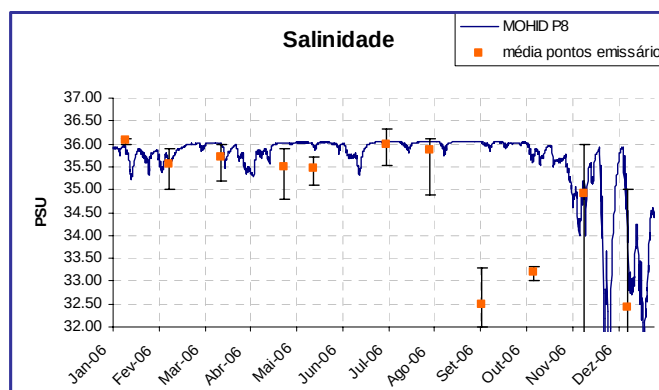


Figura 36 - Comparação de resultados do modelo de qualidade da água no P8 com a média dos valores medidos nos pontos mais próximos da zona do emissário, para a salinidade, no ano de 2006

Observa-se que o modelo 2D parece reproduzir bem as medidas efectuadas, à excepção das campanhas dos meses de Setembro e Outubro, em que os resultados do modelo diferem claramente dos valores medidos. Uma das razões está no facto de a sonda apenas ter ido a meio da coluna de água, não tendo sido medido valores a maiores profundidades, onde a água é mais salina, e portanto, mais próxima dos valores do modelo.

Saliente-se ainda as grandes variações de salinidade obtidas pelo modelo no final do ano, e que coincidem com os dados de campo – aqui é clara a influência do caudal do rio Tejo, que neste período foi de facto muito superior (ver Figura 22).

4.2.2 Temperatura

De seguida apresenta-se/apresentamos uma figura para o parâmetro temperatura (°C), que compara a temperatura calculada pelo modelo hidrodinâmico, a temperatura à superfície medida por detecção remota; e a temperatura medida através de amostragem *in-situ* (até Junho através de CTD, e a partir de Julho, através de sonda YSI).

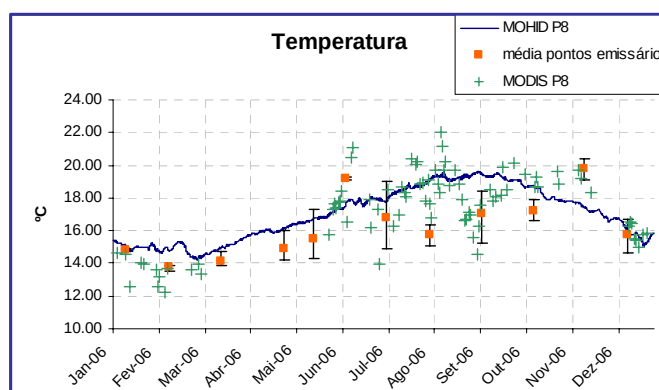


Figura 37 - Comparação de valores de detecção remota (MODIS – temperatura à superfície) no P8, resultados do modelo de qualidade da água no P8 e média dos valores medidos nos pontos mais próximos da zona do emissário, para a temperatura, no ano de 2006

Embora de um modo geral, ao longo do ano, o modelo reproduza a tendência normal de evolução da temperatura, o modelo parece em determinados pontos afastar-se da gama dos valores medidos. É necessário ter em conta que estes são resultados do modelo 2D integrado para a coluna de água, pelo que certos processos como a estratificação vertical acabam por não ser devidamente simulados. As campanhas em que há diferença clara entre os valores medidos e os valores simulados são nos meses de Junho, Agosto, Setembro e Novembro. Em relação a Junho, as imagens de satélite parecem no entanto existirem uma série de imagens de satélite próximas das tendências demonstradas do modelo;

Agosto e Setembro foram campanhas com upwelling, fenómeno esse que não é devidamente reproduzido no modelo 2D utilizado na qualidade da água. A campanha de Novembro ocorreu provavelmente num período de downwelling, com acumulação de água mais quente junto à costa, mas não é possível comprovar esta informação por não existirem imagens de satélite na altura da campanha, e por a estação meteorológica da Guia ter estado em manutenção neste período.

4.2.3 Clorofila

De seguida mostram-se duas figuras para o parâmetro clorofila-a ($\mu\text{g/L}$): em ambas são visualizadas a clorofila-a calculada pelo modelo hidrodinâmico, bem como a medida por detecção remota. Essa informação é comparada nos dois gráficos com a clorofila-a medida através dos dois métodos *in situ* utilizados (num gráfico com medidas por amostragem clássica, e noutro gráfico com medidas pelo sensor YSI).

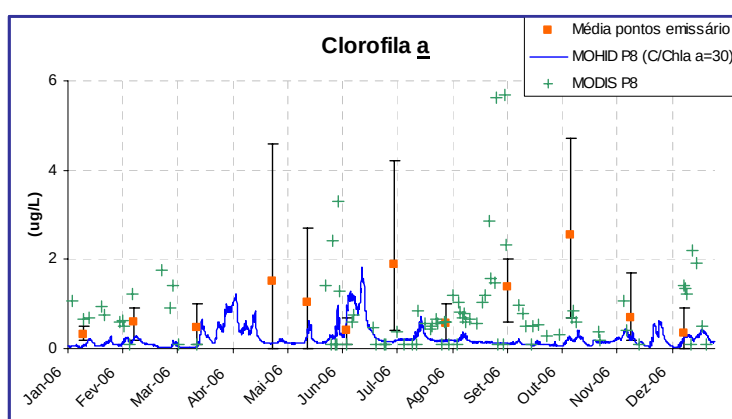


Figura 38 – Comparação de valores de detecção remota (MODIS), resultados do modelo de qualidade da água no P8 e média dos valores medidos nos pontos mais próximos da zona do emissário, para a clorofila_a (C/Chla a = 30), no ano de 2006.

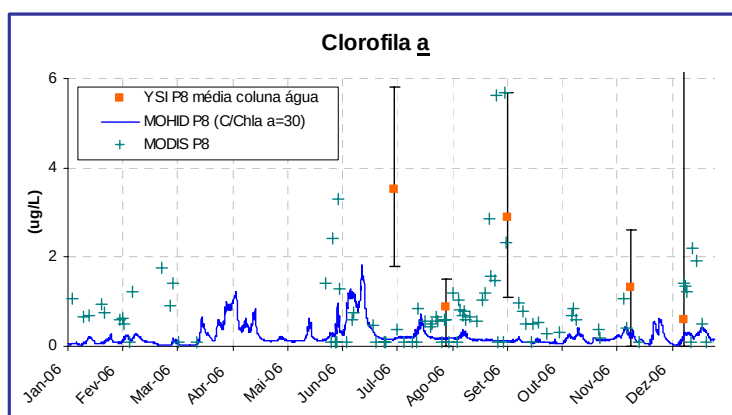


Figura 39 - Comparação de valores de detecção remota (MODIS) no P8, resultados do modelo de qualidade da água no P8 e média na coluna de água dos valores medidos no P8 com a sonda multiparamétrica YSI, para a clorofila, no ano de 2006

Em primeiro lugar, refira-se que os dois tipos de amostragem *in situ* diferem bastante para este parâmetro, sendo que a amplitude de valores medidos pela sonda é maior que a amostragem clássica. Alguns dos valores elevados registados pela sonda são confirmados pelas imagens de satélite, como

por exemplo na campanha de Setembro. Por sua vez, no mês de Junho, é visível que a sonda mediu valores superiores aos valores obtidos pela amostragem clássica: isto é explicado pelo facto de a sonda não ter registado dados até ao fundo da coluna de água, onde a concentração de clorofila é mais reduzida.

Os valores mais elevados de clorofila no Verão estão relacionados com a maior disponibilidade de luz, que é um dos parâmetros mais importantes na produção primária. A diferença dos teores na clorofila-a em função da profundidade é justificada pela existência de uma termoclina mais acentuada no Verão. Refira-se que o Mohid calcula a concentração de fitoplâncton em unidades de carbono por metro cúbico. A conversão de carbono em clorofila-a na Figura 38 é feita através da razão $C/Chla = 30$.

Confrontando o modelo com todas as fontes de informação disponíveis, é possível verificar que o modelo 2D não reproduz os picos de valores medidos (apesar de reproduzir bastantes vezes valores que se situam no intervalo de valores medidos), o que acentua a necessidade de implementar um modelo ecológico tridimensional, de modo a simular a maior concentração de clorofila-a registada à superfície.

4.2.4 Nitratos

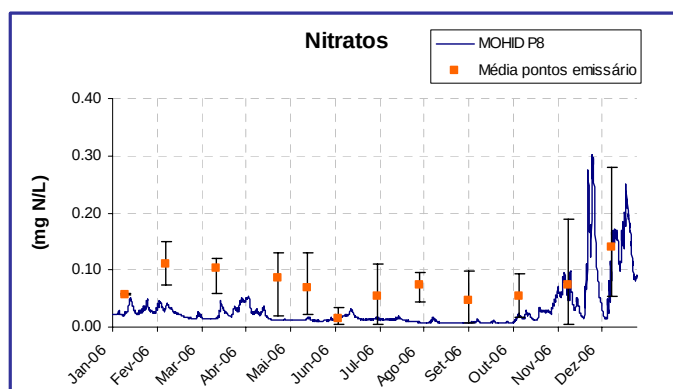


Figura 40 - Comparação de resultados do modelo de qualidade da água no P8 com a média dos valores medidos nos pontos mais próximos da zona do emissário, para os Nitratos, no ano de 2006

A variabilidade dos nitratos (mg/L) é explicada por três factores principais que têm vindo a ser alvo de atenção, são eles: (i) a condição de fronteira marítima, (ii) a descarga do estuário do Tejo e (iii) os processos verticais de transporte que ocorrem na zona adjacente ao emissário.

O modelo parece conseguir reproduzir de forma razoável a evolução dos resultados, à excepção dos dados de Fevereiro, Março e Agosto, em que os registos foram sempre superiores aos resultados do modelo. De resto, o modelo reproduz o incremento de nitratos no final do ano, resultante dos maiores caudais provenientes do estuário do Tejo.

4.2.5 Azoto Amoniacal

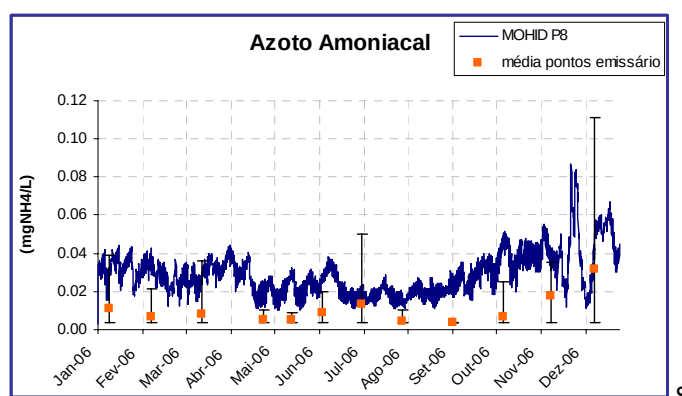


Figura 41 - Comparação de resultados do modelo de qualidade da água no ponto P8 com a média dos valores medidos nos pontos mais próximos da zona do emissário, para o azoto amoniacal, no ano de 2006

A amónia (mg/L) tem como fonte apenas o emissário submarino, sendo rapidamente consumida ou transformada em Nitratos. A variabilidade reproduzida pelo modelo é o resultado da presença pontual da pluma do emissário. Os valores do modelo estão frequentemente dentro do intervalo de valores registados para esse período, e quase todos valores mais elevados, medidos em Janeiro, Março, Novembro e Dezembro, são acompanhados pelas previsões do modelo. Na realidade, este parâmetro é um excelente indicador de presença de pluma do emissário.

4.2.6 Oxigénio Dissolvido

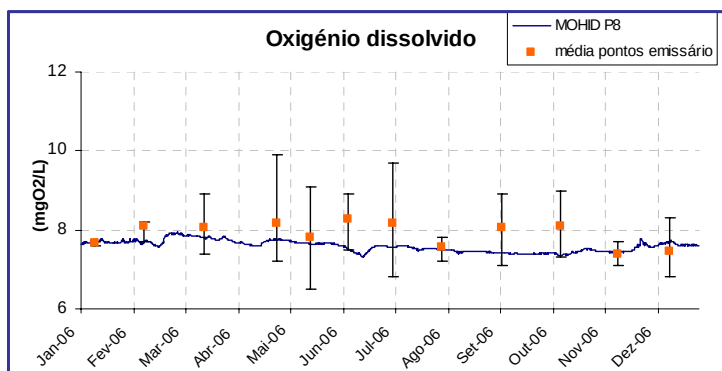


Figura 42 - Comparação de resultados do modelo de qualidade da água no ponto P8 com a média dos valores medidos nos pontos mais próximos da zona do emissário, para o oxigénio dissolvido, no ano de 2006

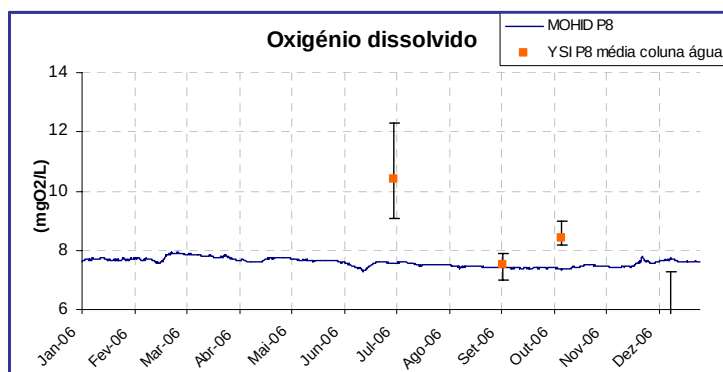


Figura 43 - Comparação de resultados do modelo de qualidade da água no ponto P8 com a média na coluna de água dos valores medidos no P8 com a sonda multiparamétrica YSI, para o oxigénio dissolvido, no ano de 2006

Em relação ao oxigénio dissolvido (mg/L), e começando pela comparação dos dados fornecidos pela sonda, com os dados da amostragem clássica, observa-se uma elevada disparidade nos valores, factor que tentará ser melhorado no futuro (este sensor é por defeito bastante instável, sendo que será aumentar a frequência de calibração)

O modelo apresenta valores dentro dos registos obtidos, e com forte aproximação dos valores médios registados pela amostragem clássica. Os valores mais elevados dos dados resultam do maior arejamento superficial (verificar gráficos de intensidade do vento nas análises detalhadas das campanhas – anexo 2), e que, em dias de vento forte, podem levar a uma sobressaturação de oxigénio, como se verá no próximo parâmetro.

4.2.7 Oxigénio Saturado

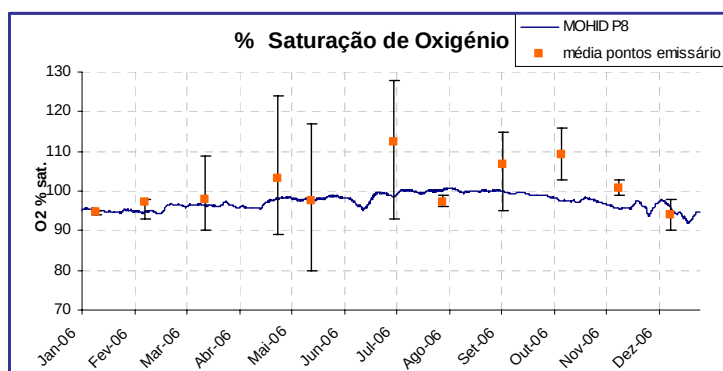


Figura 44 - Comparação de resultados do modelo de qualidade da água no ponto P8 com a média dos valores medidos nos pontos mais próximos da zona do emissário, para o oxigénio de saturação, no ano de 2006

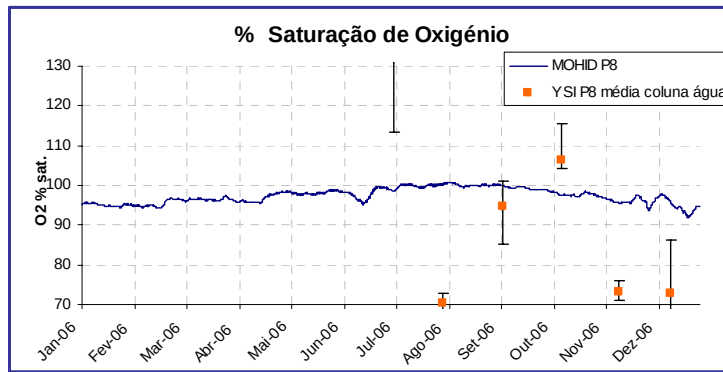


Figura 45 - Comparação de resultados do modelo de qualidade da água no P8 com a média na coluna de água dos valores medidos no P8 com a sonda multiparamétrica YSI, para o oxigénio de saturação, no ano de 2006

Existem de facto períodos com elevada percentagem de oxigénio saturado (%), e bem acima dos 100%, que resultam de períodos de arejamento muito forte nas camadas mais superficiais, por acção do vento, sobretudo. Como já foi referido, o modelo sendo 2D apenas reproduz um valor integrado para toda a coluna de água, não tornando possível a discretização vertical deste parâmetro.

Tal como no oxigénio dissolvido, é possível verificar a disparidade de valores entre a amostragem com a sonda e a amostragem clássica.