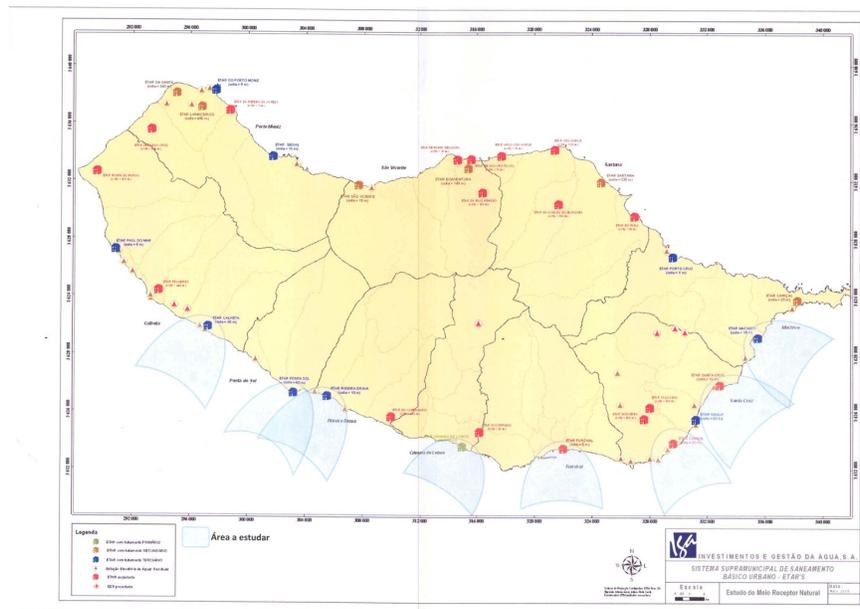




# Programa de Monitorização

## Análise do impacto da rejeição de efluentes resultantes do tratamento de águas residuais urbanas em meio marinho na ilha da Madeira



Proposta de Trabalhos

Junho de 2008

# Índice

Índice .....	2
Introdução .....	3
Sobre a zona de estudo .....	4
Sobre as ETAR's .....	5
Sobre o Meio Receptor .....	6
Sobre a modelação .....	6
Sobre a estratégia de amostragem .....	8
Parâmetros a amostrar .....	8
Pontos de amostragem.....	8
Frequência de amostragem .....	9
Gestão e Dados .....	10
Disponibilização da informação .....	10
Base de dados.....	11
Equipa.....	13
Plano de deslocações à ilha da Madeira .....	13
Plano de trabalhos .....	14
Produtos.....	14
Custos e condições de pagamento .....	14

# Programa de monitorização para a análise do impacto da rejeição de efluentes resultantes do tratamento de águas residuais urbanas em meio marinho na ilha da Madeira

## **Introdução**

Neste documento é proposto um programa de trabalhos que tem como objectivo demonstrar que não existe benefício em fazer tratamento secundário nas estações de tratamento de águas residuais urbanas. A área do estudo abrange as zonas marinhas da orla costeira sul da ilha da Madeira afectadas pelas descargas de afluentes tratados provenientes das estações de tratamento de águas residuais urbanas de Machico, Santa Cruz, Caniço, Funchal, Câmara de Lobos, Ribeira Brava, Ponta do Sol e Calheta.

O estudo a desenvolver consiste na avaliação do estado trófico e contaminação microbiológica fecal no meio marinho através de modelação matemática, incluindo (a) hidrodinâmica forçada pelo vento, marés e densidade, (b) produção primária e (c) contaminação microbiológica. O estudo permitirá avaliar (1) impactes em função dos locais de descarga, avaliar (2) a capacidade natural de depuração do meio marinho e (3) as diferenças entre os impactes de descargas sujeitas a tratamento primário e a tratamento secundário.

Os resultados do modelo serão validados com dados de campo a adquirir de forma concertada com a modelação e ainda recorrendo a imagens de satélite.

O programa de trabalhos será iniciado duas semanas após a adjudicação e terá a duração de 450 dias.

## Sobre a zona de estudo

A circulação oceânica na região do arquipélago da Madeira é condicionada pela maré, pelo vento local e pelos gradientes de densidade associados à corrente dos Açores à vertente sul da corrente de Portugal e à corrente das Canárias e como consequência, para representar os regimes de transporte junto à costa, é necessário considerar os aspectos climáticos de macroescala e a variabilidade de mesoescala associada ao vento local e à maré.

A topografia da ilha condiciona o forçamento atmosférico em seu redor, produzindo menor mistura vertical nas zonas abrigadas de sotavento do que em mar aberto, permitindo maior aquecimento da água de superfície na zona de sotavento (ver Figura 1). Em sentido contrário actuam os gradientes de profundidade na crista oceânica entre as Ilhas Desertas e a Ilha da Madeira com variações batimétricas de 1500 metros numa distância de 250 m que influenciam regime local de correntes e de mistura vertical, gerando o afloramento de águas profundas frias (e ricas em nutrientes) tal como mostra a imagem de satélite representada na Figura 1.

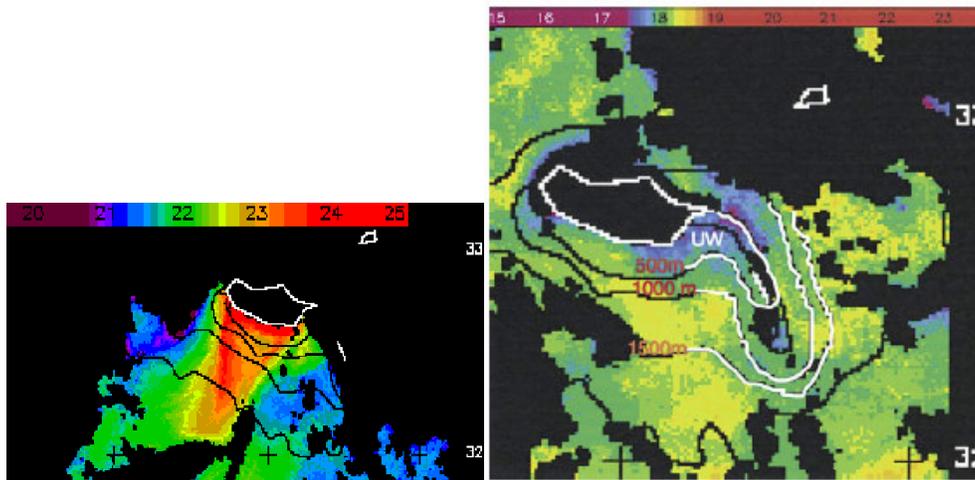


Figura 1: Zona de aquecimento superficial a sotavento da Ilha da Madeira (esquerda) e Zona de afloramento entre a Ilha da Madeira e as Ilhas Desertas, à direita. Fonte: Caldeira et al (2002).

## Sobre as ETAR's

A Tabela I apresenta as características das ETAR na região de estudo, incluindo os processos de tratamento. A de Machico inclui um sistema complementar de tratamento terciário para efeitos do reaproveitamento dos afluentes para reforço do regadio agrícola.

Tabela I: ETAR's que descarregam na orla costeira sul da ilha da Madeira

ETAR	Ano de Construção	População Servida (p.e.)	Caudal (m <sup>3</sup> /dia)	Esquema Base de Tratamento	Rejeição de Efluentes
<b>Machico</b>	2006	16.400	2.900	gradagem, desarenação, desengorduramento, tamização, decantação primária lamelar, biofiltração, tamização, desinfecção UV;	reforço hidroagrícola ou rejeição directa em meio marinho
<b>Santa Cruz</b> (a remodelar)	2000	14.000	2.150	gradagem, desarenação, desengorduramento, tamização;	meio marinho através de emissário submarino (800 metros de comprimento, e um troço difusor de 38 metros, que atinge a cota de -56 metros (Z.H.))
<b>Canico</b> (em remodelação)	2000	14.000	2.150	gradagem, desarenação, desengorduramento, tamização;	meio marinho através de emissário submarino (478,5 metros de comprimento, segundo um alinhamento rectilíneo com um azimute de 150°, terminando numa descarga única à cota de -60 metros (Z.H.))
<b>Funchal</b> (a remodelar)	1993	100.000	22.000	gradagem, desarenação, desengorduramento, tamização;	meio marinho através de emissário submarino (550 metros de comprimento, um diâmetro de 1200mm e troço difusor de 100 metros, à cota de -50 metros (Z.H.))
<b>Câmara de Lobos</b> (a remodelar)	1994	28.000	4.500	gradagem, desarenação, desengorduramento, tamização;	meio marinho através de emissário submarino (1.000 metros de comprimento, diâmetro de 355mm e extremidade do emissário a uma profundidade de -57,6 metros (Z.H.))
<b>Ribeira Brava</b>	2006	13.200	3.150	gradagem, desarenação, desengorduramento, tamização, reactor biológico sequencial, equalização, tamização, desinfecção (UV)	directa em meio marinho
<b>Ponta do Sol</b>	2006	9.600	2.100	gradagem, desarenação, desengorduramento, arejamento prolongado, decantação secundária, tamização, desinfecção (UV)	directa em meio marinho
<b>Calheta</b>	2007	9.600	2.100	gradagem, desarenação, desengorduramento, tamização, reactor biológico sequencial, equalização, tamização, desinfecção (UV)	directa em meio marinho

## Sobre o Meio Receptor

O meio receptor das ETAR está identificado na Figura 2 através da representação esquemática das plumas das ETAR a estudar. As descargas são efectuadas a na região sudeste da Ilha classificada como “zona menos sensível” no âmbito da Directiva do Tratamento das Águas Residuais Urbanas.

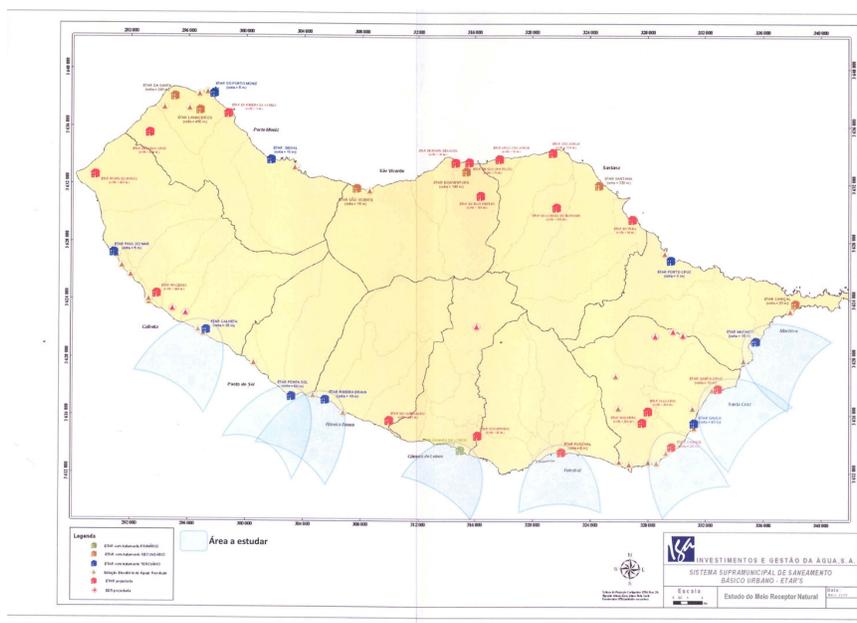


Figura 2. Localização das ETAR a estudar e representação esquemática das respectivas plumas.

## Sobre a modelação

O trabalho será efectuado recorrendo ao modelo MOHID (<http://www.mohid.com>), sendo os seguintes os principais módulos a utilizar:

- Módulo hydrodynamic – simulação das correntes;
- Módulo Waterproperties – evolução das propriedades da água (ex: temperatura e salinidade, produção primária);
- Módulo WaterQuality – processos biogeoquímicos (ex: crescimento do fitoplâncton);
- Módulo Lagrangian – dispersão dos efluentes das ETAR's;

Para estudar a interacção entre todas as escalas do escoamento na zona de estudo será usado um sistema de modelos encaixados com 3 níveis, produzindo os modelos de maior escala condições de fronteira para o nível subsequente. O

primeiro nível - Figura 3 - servirá para simular a circulação em torno do arquipélago forçada pela circulação oceânica geral e produzirá condições de fronteira para o segundo nível - Figura 4 – que simulará circulação de maré e forçada pelo vento na vizinhança da Ilha. Os modelos locais para simulação da dispersão das plumas das ETAR estão representados esquematicamente na Figura 4. Os processos biogeoquímicos serão simulados usando formulações eulerianas nos níveis 1 e 2 e usando uma formulação lagrangeana no nível 3.

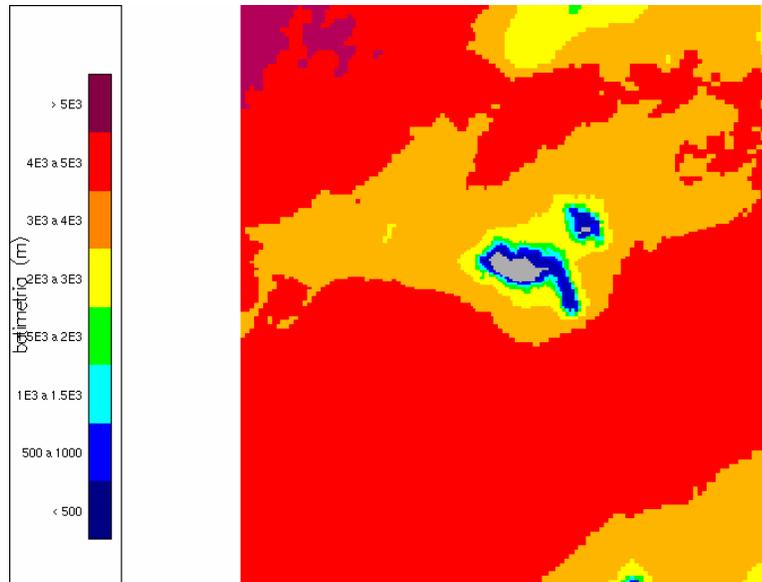


Figura 3. Batimetria, de nível um, do Arquipélago da Madeira

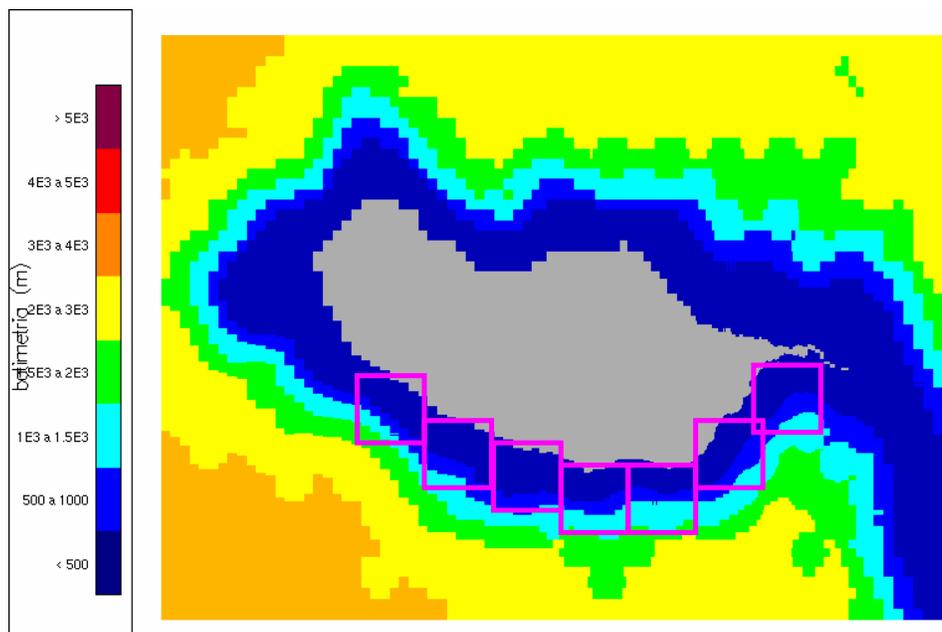


Figura 4. Batimetria, de nível 2, do Arquipélago da Madeira. As caixas a rosa representam os modelos locais que servem para simular as plumas das ETAR's.

## Sobre a estratégia de amostragem

O plano de monitorização tem como objectivo fornecer dados para avaliar o impacto da rejeição de efluentes das ETAR no meio marinho na ilha da Madeira e para validar o modelo e tem em conta o objectivo último do estudo que é a avaliação dos eventuais benefícios do tratamento secundário nas ETAR sobre o tratamento primário. O programa de amostragem centrar-se-á por conseguinte nas variáveis associadas ao nível trófico do meio receptor e à contaminação microbiológica.

### ***Parâmetros a amostrar***

Os parâmetros a amostrar estão indicados na Tabela II e incluem os parâmetros mais relevantes em termos tróficos e microbiológicos. Serão colhidas amostras à superfície e a 20 metros de profundidade de modo a caracterizar a variabilidade na coluna de água. A 20 metros de profundidade serão analisados só os nutrientes minerais (nitrato e fosfato) e a clorofila\_a.

Com uma sonda multi-paramétrica serão feitos perfis verticais de Temperatura, salinidade, pH, O<sub>2</sub>, turbidez e clorofila\_a. De modo a determinar a profundidade da termoclina.

*Tabela II: Parâmetro a analisar na coluna de água na zona de descarga.*

<b>Tipo de análises</b>	<b>Parâmetro</b>
Físico - Químicas	Temperatura, salinidade, pH, O <sub>2</sub> , turbidez, transparência, sólidos em suspensão
Azoto e Fósforo	Nitrato, nitrito, amónia, azoto orgânico, azoto total dissolvido
	Fosfatos, fósforo orgânico, fósforo total dissolvido
Carbono	Carbono orgânico particulado, clorofila a e feopigmentos
Microbiológicos	Bactérias Coliformes, Bactérias Coliformes Termotolerantes, <i>Escherichia coli</i> , Enterococos

### ***Pontos de amostragem***

A malha de amostragem foi definida tendo como base a hipótese que as plumas das ETAR têm impactes baixos na produção primária e que são detectáveis através da contaminação microbiológica, por serem as únicas fontes deste tipo de contaminação. Nesta perspectiva o número de estações para a recolha de amostras microbiológicas deve de ser superior ao número de estações para recolhas de amostras de grandezas biogeoquímicas.

É também sabido que as correntes junto à costa são paralelas à costa e por isso que as plumas das ETAR se deslocarão paralelamente à costa. Nestas condições devem de ser colhidas 3 amostras por ETAR para a microbiologia, uma no ponto de descarga e duas de cada lado da ETAR a uma distância da ordem dos 300 metros da descarga ou descarga e a zona balnear mais próxima, se a distância for inferior a 300 metros (Figura 5).

As amostras para as propriedades biogeoquímicas serão colhidas a uma distância de 300 metros da zona do ponto de descarga, medidos perpendicularmente à costa. As amostras em profundidade serão recolhidas alternadamente nos meses pares e ímpares nas estações #4 e #8 e nas estações #3 e #7.

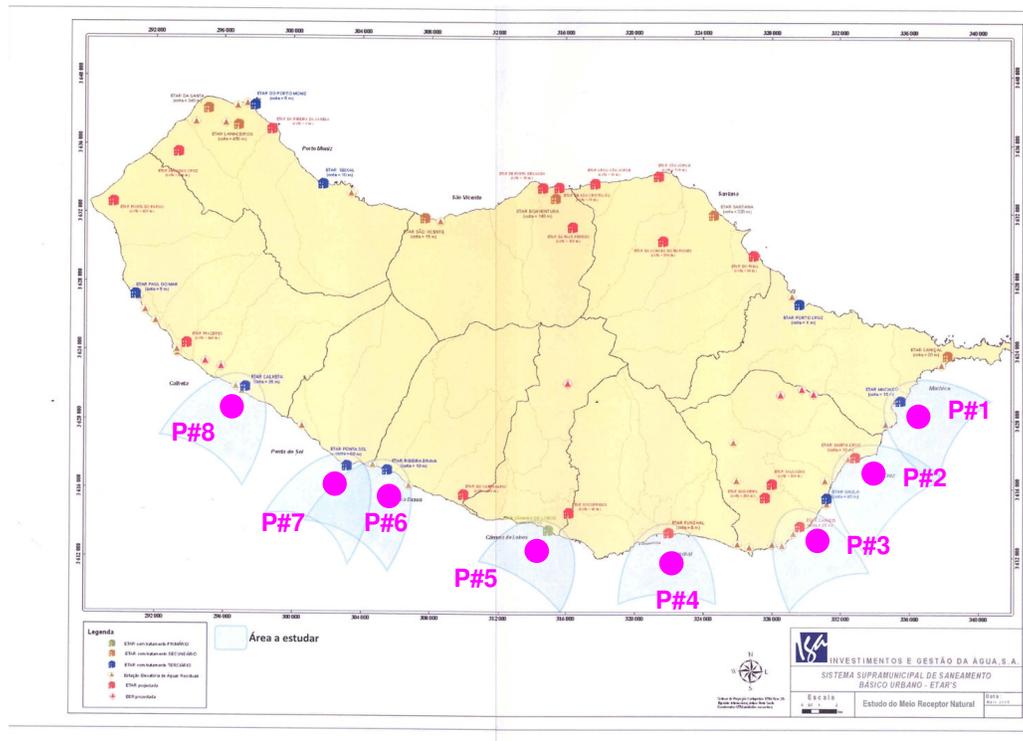


Figura 5: Localização das estações de amostragem.

## Frequência de amostragem

A frequência de amostragem deve permitir caracterizar o ciclo anual da actividade trófica e a dinâmica das plumas microbiológicas das ETAR.

O ciclo anual da cadeia trófica necessita de medidas mensais pois no caso em estudo depende essencialmente dos processos de mistura verticais e estes dependem do regime de ventos, o qual tem demasiada variabilidade para ser caracterizado só por amostras sazonais. Pelo contrário espera-se que a

variabilidade espacial seja baixa (do tipo da apresentada para a temperatura na Figura 1) e por isso propõe-se que sejam amostradas só 4 estações em cada campanha mensal, sendo cada estação amostrada de 2 em 2 meses.

As amostras a colher em profundidade serão também colhidas alternadamente em dois pares de estações (#4 e #8) e (#3 e #7).

Os perfis verticais com a sonda multi-paramétrica serão efectuados em duas campanhas, uma de verão e outra de inverno, de modo a caracterizar as condições extremas.

As plumas das ETAR pelo contrário estão sujeitas a processos de pequena escala de tempo (mortalidade e dispersão) e por isso têm variabilidade que depende essencialmente do regime pluvial (que afecta o caudal) e da mortalidade que depende da radiação solar. Assim propõe-se a realização de 4 campanhas, duas em tempo seco e duas em tempo húmido (após períodos de chuva intensa). Estes dados complementarão os dados da monitorização regular em curso.

## **Gestão e Dados**

### ***Disponibilização da informação***

Será desenvolvida uma página *web*, à semelhança da página efectuada para o projecto de monitorização do emissário submarino da Foz do Arelho cujo financiamento é feito pela Águas do Oeste (<http://maretec.mohid.com/projects/AOeste/index.htm>). Esta página está disponível para a empresa e para o público e permite a consulta privada de certos documentos, como os relatórios e propostas de trabalho. A consulta, é efectuada mediante uma *password* e *username*, de acordo com um período restrito predefinido pelas Águas do Oeste, S.A.

**MONITORIZAÇÃO DA LAGOA DE ÓBIDOS E DO EMISSÁRIO SUBMARINO DA FOZ DO ARELHO**

**OBJECTIVOS**

- Caracterização da situação de referência da Lagoa de Óbidos
- Caracterização da situação de referência do Emissário Submarino da Foz do Arelho
- Armazenar os dados históricos e das campanhas numa base de dados em MAPSERVER

**AGENDA**

- 1ª Campanha Monitorização: 7 e 12 de Outubro de 2004
- 2ª Campanha Monitorização: 3 de Março 2005
- 3ª Campanha Monitorização: 31 de Maio 2005
- 4ª campanha Monitorização: 23 de Outubro de 2005
- 5ª Campanha de Monitorização: 31 de Janeiro de 2006
- 6ª campanha de Monitorização: 4 e 10 de Maio de 2006
- 7ª Campanha de Monitorização: 27 de Julho de 2006
- 8ª Campanha de Monitorização: 24 de Agosto de 2006
- 9ª Campanha de Monitorização: 30 de Outubro de 2006
- 10ª Campanha de Monitorização: 16 de Março de 2007
- 11ª Campanha de Monitorização: 18 de Abril de 2007

**COMUNICAÇÕES**

- 1º Seminário sobre Sistemas Lagunares (ICV), Novembro 2004, Vila nova Santo André-Portugal
- ENEG 2005, Novembro 2005, Lisboa- Portugal
- 2º Seminário sobre Sistemas Lagunares (ICV), Junho 2006, Vila Nova de Santo André-Portugal
- HIC, Setembro 2005, Nice-França
- 1º Encontro de Saneamento Básico, Outubro 2006, Cascais-Portugal

Home | Parceiros | Galeria | Modelação | Monitorização | Relatórios | Contactos

Figura 6. Home page da página da Internet do projecto.

## Base de dados

Propõe-se fazer uma base de dados semelhante à existente e disponível para o projecto referido anteriormente (<http://www.mohid.com/gis/obidos2/gis.aspx>), a qual armazena os dados obtidos ao longo do projecto, num servidor de base de dados POSTGRESQL. A actualização dos dados será feita gradualmente e é da responsabilidade do MARETEC/IST.

A Figura 7 mostra um exemplo da base de dados existente actualmente para a Lagoa de Óbidos, seus afluentes, zona costeira adjacente e zona balnear da Foz do Arelho. A Figura 8 mostra um *output* para uma pesquisa feita para a temperatura medida na coluna de água em alguns pontos de monitorização do exemplo apresentado.

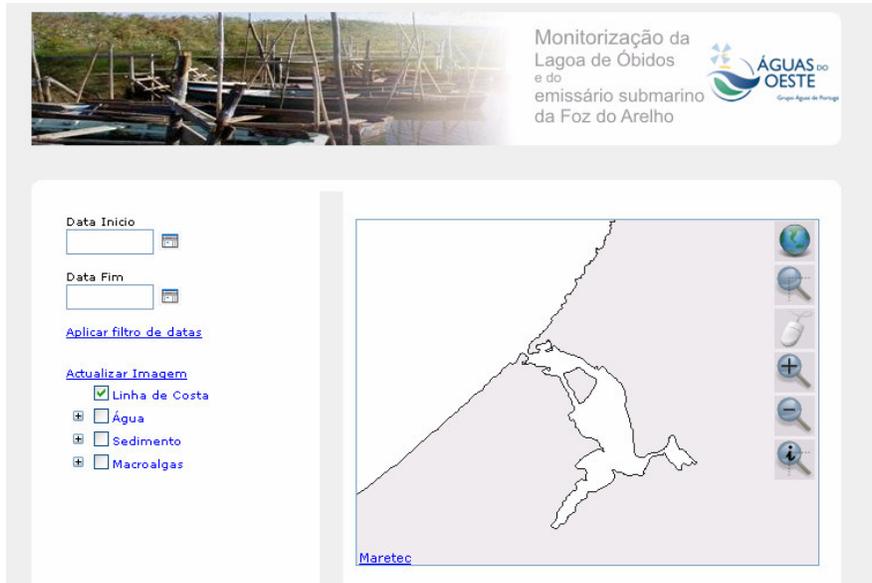
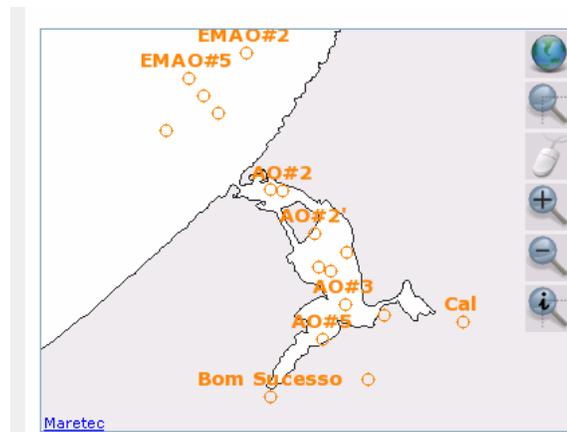


Figura 7. Controlo de navegação.



ponto	data	tipoamostra	parametro	valor	unidades
EMAO#4	16-03-2007 15:00:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,0056	mg NH4/l
EMAO#4	16-03-2007 14:41:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,0056	mg NH4/l
EMAO#4	16-03-2007 14:51:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,0028	mg NH4/l
EMAO#3	16-03-2007 14:30:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,0112	mg NH4/l
EMAO#3	16-03-2007 14:00:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,0028	mg NH4/l
EMAO#3	16-03-2007 13:21:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,0056	mg NH4/l
EMAO#3	30-10-2006 11:32:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,025	mg NH4/l
EMAO#3	30-10-2006 11:15:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,011	mg NH4/l
EMAO#3	30-10-2006 10:52:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,064	mg NH4/l
EMAO#1	16-03-2007 11:30:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,0028	mg NH4/l
EMAO#1	16-03-2007 11:25:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,006	mg NH4/l
EMAO#1	16-03-2007 12:00:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,0112	mg NH4/l
EMAO#1	03-03-2005 11:25:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,064	mg NH4/l
EMAO#1	03-03-2005 11:20:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,047	mg NH4/l
EMAO#1	03-03-2005 11:15:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,035	mg NH4/l
EMAO#1	12-10-2004 10:55:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,049	mg NH4/l
EMAO#1	12-10-2004 10:50:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,025	mg NH4/l
EMAO#1	12-10-2004 10:45:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,034	mg NH4/l
EMAO#1	27-07-2006 10:20:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,075	mg NH4/l
EMAO#1	27-07-2006 10:00:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0,039	mg NH4/l

1 2 3 4 5

[Importar como xls](#)

\* No caso do parâmetro salmonelas 1 indica uma amostra positiva e 0 uma amostra negati

Figura 8. Output de uma pesquisa exemplo para a amónia.

## Equipa

O trabalho será realizado pelo IST (Maretec). No IST a equipa será coordenada pelo Prof. Ramiro Neves e contará com a colaboração dos seguintes membros do MARETEC:

<b>Nome</b>	<b>Habilitação/ Categoria</b>	<b>Especialidade</b>	<b>Funções</b>
Ramiro Neves	Prof. Associado do IST	Modelação Matemática e Mecânica dos Fluidos	Coordenação Geral do Projecto e da modelação matemática e aquisição de dados com sensores
Madalena Santos Malhadas	Bolseira de Investigação	Oceanógrafa, Msc. Eng. Ambiente	Principal investigadora do projecto e modelação das plumas das ETAR's
Luis Daniel Fachada Fernandes	Bolseiro de Investigação	Eng. Ambiente, Msc. Eng. Ambiente	Modelação da circulação geral da ilha da Madeira
Susana Margarida Nunes	Bolseiro de Investigação	Bióloga Marinha	Aquisição de dados de campo e análise dos dados obtidos na monitorização

## Plano de deslocações à Ilha da Madeira

Estão previstas até 5 viagens de duas pessoas de Lisboa à Madeira para:

1. Fazer o arranque do projecto, realizar a primeira campanha (incluindo perfis com sensores), preparar as campanhas de amostragem seguintes.
2. Fazer uma reunião de avanço do projecto, com discussão dos dados de campo e dos resultados do modelo dos primeiros 3 meses.
3. Reunião semestral do projecto e campanha com sensores. Avaliação dos resultados e análise de eventuais necessidades de reformulação do programa de amostragem.
4. Reunião de progresso anual e discussão do conteúdo do relatório a apresentar em Bruxelas.
5. Apresentação dos resultados finais do projecto e discussão do conteúdo do relatório a apresentar em Bruxelas.

Com o decorrer do projecto poderá verificar-se que algumas destas viagens podem ser substituídas por outras formas de comunicação.

## Plano de trabalhos

Dias	Trabalho a realizar
30	Arranque do projecto; planeamento do trabalho de campo
60	Implementação do sistema de modelação
90	Realização do relatório trimestral
120	Simulações de cenários e comparação do modelo com os dados de campo
150	Realização do relatório semestral; campanha com sensores
180	Realização da base de dados e página do projecto
210	Actualização da base de dados com os dados obtidos até à data
240	Prosseguimento com o trabalho de campo e trabalho de modelação
270	
300	
330	
360	
390	
420	Realização do relatório Final
450	Realização do Relatório para Bruxelas

## Produtos

Os produtos deste trabalho serão:

- 1 relatório trimestral,
- 1 relatório semestral;
- 1 relatório final;
- 1 relatório para entregar em Bruxelas
- 1 base de dados;
- 1 página de Internet para divulgação dos resultados obtidos;

## Custos e condições de pagamento

O custo total da participação do IMAR neste projecto (modelação, apoio ao trabalho de campo, gestão de dados e elaboração dos relatórios) é de 40000 euros + IVA. Destes custos 30% serão pagos com a adjudicação, 30% serão pagos com a entrega do relatório semestral e 20% com o relatório anual e os restantes 20% com a aceitação pela IGA do relatório a entregar em Bruxelas.