

# METODOLOGIA PARA DEFINIÇÃO DE PERFIL DE ÁGUA BALNEAR SEGUNDO AS ORIENTAÇÕES DA DIRECTIVA 2006/07/CE

Cláudia VIEGAS; Ramiro NEVES; Susana NUNES; Carla CARVALHO; Conceição GRANGER

Cláudia N. VIEGAS

Eng<sup>o</sup> do Ambiente (estudante Mestrado), Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal, +351.218419836, [claudia.neto@ist.utl.pt](mailto:claudia.neto@ist.utl.pt)

Ramiro NEVES

PhD Eng<sup>o</sup> Mecânica, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal, +351.218417397, [ramiro.neves@ist.utl.pt](mailto:ramiro.neves@ist.utl.pt)

Susana NUNES

Lic. Biologia Marinha e Pescas, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal, +351.218419836, [susana.maretec@ist.utl.pt](mailto:susana.maretec@ist.utl.pt)

Carla CARVALHO

Eng<sup>o</sup> do Ambiente- Ramo Sanitária, SANEST, Rua Flor da Murta – Terrugem, 2770-064, Paço de Arcos +351.214462273, [ccarvalho@sanest.pt](mailto:ccarvalho@sanest.pt)

Conceição GRANGER

Eng<sup>o</sup> Civil, Especialidade Hidráulica, SANEST, Rua Flor da Murta – Terrugem, 2770-064, Paço de Arcos, +351.214462273, [cgrangeranest.pt](mailto:cgrangeranest.pt)

## RESUMO

A Directiva 2006/07/CE representa uma nova abordagem à gestão das águas balneares, visando através da criação do Perfil de Água Balnear o reconhecimento de todos os factores que podem afectar a sua qualidade, com o objectivo principal de evitar a exposição dos banhistas a eventos de poluição. No âmbito da implementação desta Directiva e numa primeira fase foram desenvolvidos os perfis das Águas Balneares da Torre e Santo Amaro de Oeiras. A metodologia aplicada passa pela: caracterização da hidrodinâmica local; caracterização da bacia drenante; identificação das potenciais fontes de poluição fecal; estudo dos processos através dos quais estas fontes podem contaminar as águas balneares; identificação dos acidentes de poluição de curta duração; avaliação do risco de poluição das praias; avaliação do potencial de proliferação de cianobactérias e de macroalgas e/ou fitoplâncton; identificação de situações anormais de poluição; definição das medidas de minimização; criação de um sistema de alerta. A qualidade destas águas balneares está dependente não só dos acidentes de poluição, mas também da hidrodinâmica local, do nível de maré e condições meteorológicas. Utilizando o modelo numérico MOHID foi criada uma ferramenta matemática que permite a implementação de um sistema de previsão e alerta da qualidade das águas balneares, tal como previsto na Directiva 2006/7/CE. A metodologia desenvolvida para a elaboração do Perfil das Águas Balneares da Torre e Santo Amaro de Oeiras apresentada neste trabalho poderá ser utilizada nas restantes praias da Costa do Estoril, assim como noutros locais de estudo.

**Palavras Chave:** Nova Directiva das Águas Balneares; Monitorização; Sistema de alerta; MOHID; Costa do Estoril

# 1. INTRODUÇÃO

A Directiva das Águas Balneares 76/160/CE classifica as águas balneares de acordo com os resultados do programa de monitorização da época balnear precedente, tendo um carácter punitivo. A Nova Directiva das Águas Balneares (Directiva 2006/7/CE) transposta para a legislação Portuguesa, pelo Decreto-Lei n.º 135/2009, tem um carácter pró-activo e pretende evitar a exposição do banhista à poluição. A criação de um “Perfil da Água Balnear” é a ferramenta base para essa protecção.

Os perfis de Águas Balneares devem ser estabelecidos até Março de 2011, e segundo o anexo V do Decreto-lei n.º 135/2009 devem ser constituídos por:

- a) Descrição das características físicas, geográficas e hidrológicas das águas balneares e de outras águas de superfície na bacia drenante para a água balnear que possam ser causa de poluição, que sejam relevantes para efeitos de aplicação da directiva e que constem da Lei da Água aprovada pela Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro;
- b) Identificação e avaliação das causas da poluição que possam afectar as águas balneares e prejudicar a saúde dos banhistas;
- c) Avaliação do potencial de proliferação de cianobactérias;
- d) Avaliação do potencial de proliferação de macroalgas e/ou de fitoplâncton;
- e) Pelas seguintes informações, se a avaliação feita nos termos da alínea b), demonstrar que existe um risco de poluição de curta duração:
  - Natureza, frequência e duração esperadas da poluição de curta duração prevista;
  - Dados sobre quaisquer causas de poluição remanescentes, incluindo as medidas de gestão tomadas e o calendário para a sua eliminação;
  - Medidas de gestão tomadas durante os incidentes de poluição de curta duração e a identificação e contactos dos organismos responsáveis pela adopção dessas medidas;
- f) Localização do ponto de amostragem.

A nova Directiva considera o termo água balnear como o local da água superficial onde se espera que exista um número elevado de banhistas, e onde o uso balnear não seja expressamente proibido pela autoridade competente. Por outro lado é considerada praia o local em torno da água balnear onde as pessoas permanecem quando não estão dentro de água.

A classificação das águas balneares tem em conta os resultados da monitorização (parâmetros *Escherichia coli* e *Enterococos* intestinais) das últimas quatro épocas balneares, classificando a qualidade da água de acordo com concentração dos indicadores e com a probabilidade de ocorrência de contaminação. O percentil 95 tem que ser respeitado por águas de “boa qualidade” e de “qualidade excelente” e o percentil 90 por águas de “qualidade aceitável” (ver anexo I da Directiva para detalhes das concentrações).

Uma vez que a criação dos perfis de águas balnear está numa fase embrionária, existem ainda algumas incertezas relativamente à melhor metodologia a aplicar para a definição de um perfil de água

balnear. Neste contexto foi publicado pela Comissão Europeia um documento de apoio à elaboração dos perfis de águas balneares (CE, 2009).

A elaboração de um Perfil de Água Balnear (PAB) parte do conhecimento das águas balneares, das suas fontes de contaminação, e da dinâmica entre ambas, de forma a estabelecer medidas de minimização e mecanismos de alerta. Como primeira abordagem e na sequência do trabalho já desenvolvido pelo IST e SANEST a nível da monitorização e modelação das ribeiras e águas balneares da Costa do Estoril, optou-se por começar por realizar o Perfil das Águas Balneares da Torre e Santo Amaro de Oeiras.

## **2. METODOLOGIA**

Na elaboração do Perfil das Águas Balneares foram primeiro identificadas e descritas as águas balneares a estudar – Água Balnear da Torre e Água Balnear de Santo Amaro de Oeiras, respectivas praias e bacia drenante, e as entidades responsáveis pela aplicação e gestão do perfil. Foi caracterizada a hidrodinâmica local, a qualidade microbiológica, e identificado o ponto de monitorização a utilizar.

Na identificação das causas de poluição que podem afectar as águas balneares foram identificadas as suas origens, e os processos que originam a sua ocorrência. Assim foi feita uma análise de toda a bacia drenante, de cada uma das ribeiras, e dos sistemas de saneamento da zona de estudo.

O conhecimento das águas balneares em estudo e da respectiva bacia drenante permitiu identificar as descargas das ribeiras da Costa do Estoril como a principal causa de acidentes de poluição. Assim foi implementado um sistema de monitorização dos níveis das ribeiras, com a instalação de duas estações hidrométricas nas Ribeiras de Sassoeiros e Marianas, complementando os dados obtidos diariamente pelas estações do INAG (instaladas nas ribeiras do Jamor, Laje e Barcarena). Como a contribuição das várias ribeiras para a contaminação das águas balneares depende não só do seu caudal e carga fecal, mas também da hidrodinâmica local e das condições meteorológicas, foi criada uma metodologia que recorrendo a: i) ferramentas de modelação; ii) aos dados da monitorização automática das ribeiras; e iii) a valores históricos, permite avaliar diariamente o risco de contaminação das águas balneares.

Por fim, na definição do Perfil das Águas Balneares foi avaliado o potencial de proliferação de cianobactérias, macroalgas e/ou fitoplâncton, e identificadas potenciais situações anormais de poluição, como é o caso de acidentes com navios de carga. Os principais resultados são apresentados de seguida.

## **3. CASO DE ESTUDO**

As Águas Balneares da Torre e Santo Amaro de Oeiras localizam-se na Costa do Estoril, na embocadura do Estuário do Tejo (Figura 1), tendo sobretudo influência oceânica. A Água Balnear da Torre tem pequenas dimensões, 300x40 m<sup>2</sup> e está localizada numa enseada entre o rochedo do Forte S. Julião da Barra e o enrocamento da Marina de Oeiras. A água balnear não tem nenhuma fonte de poluição directa, podendo a água ser contaminada exclusivamente por poluição transportada pelas correntes de maré a partir de fontes remotas de contaminação. A Água Balnear de Santo Amaro de Oeiras tem cerca de 750x50 m<sup>2</sup> e ocupa a maior parte da baía de Santo Amaro. O areal está limitado

por dois esporões, localizados respectivamente junto ao Forte das Maias e junto à foz da Ribeira da Laje. Ambas as praias são muito frequentadas e têm boas infra-estruturas, restaurantes e esplanadas, telefone, instalações sanitárias, duches, acesso a deficientes, água balnear vigiada e aluguer de toldos. Santo Amaro tem ainda a particularidade de possuir iluminação nocturna e das duas é a mais procurada para desportos náuticos. (Neves, et al, 2009)

As praias estão muito próximas e os factores que determinam a qualidade das duas águas balneares são os mesmos, motivo pelo qual se optou por analisar ambos os perfis em simultâneo. No entanto, embora sejam os mesmos estes factores contribuem de forma diferente para cada uma das águas balneares, sendo a da Torre menos afectada pelas fontes de poluição vizinhas do que a de Santo Amaro de Oeiras, como consequência da hidrodinâmica local e da morfologia da linha de Costa.

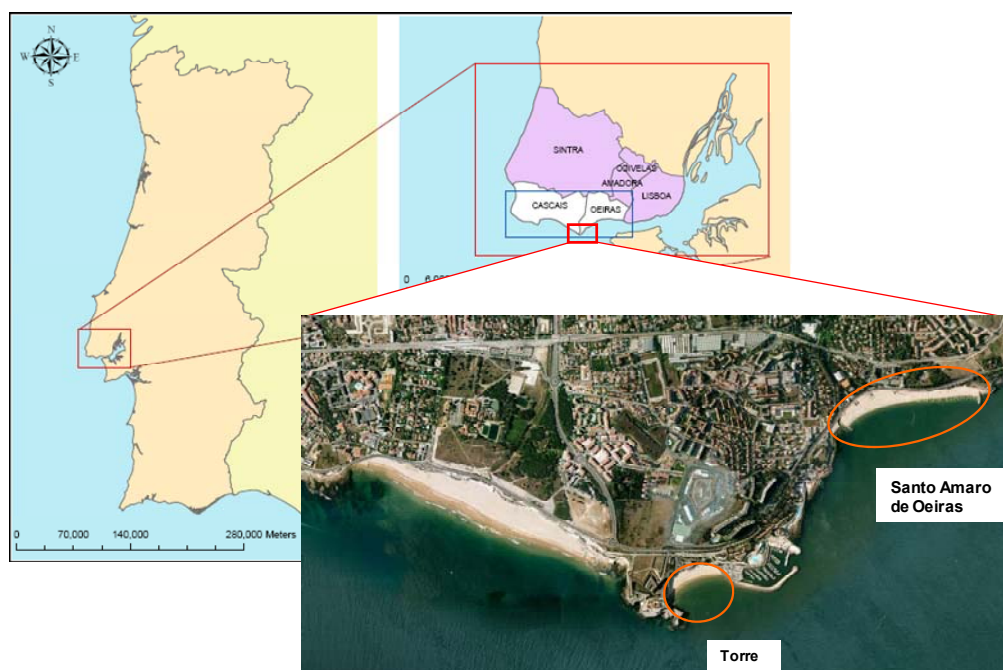


Figura 1- Localização das Águas Balneares da Torre e de Santo Amaro de Oeiras. Imagem aérea (Fonte: www.Maps.live.com, 2009)

#### 4. BACIA DRENANTE DAS ÁGUAS BALNEARES

Devido à sua proximidade, as águas balneares da Torre e Santo Amaro de Oeiras têm a mesma área de influência. A morfologia da linha de costa associada à hidrodinâmica local, e sobretudo às correntes de maré, faz com que a bacia drenante destas águas balneares se estenda ao longo de quilómetros. As águas balneares estão localizadas numa zona da Costa do Estoril onde desagüam várias ribeiras. É sobretudo através das descargas dessas ribeiras que pode chegar contaminação fecal às águas balneares. Estudos sobre a dispersão das plumas das Ribeiras da Costa do Estoril efectuados pelo IST, demonstraram que as plumas das ribeiras de Algés, Junça, Jamor, Barcarena, Porto Salvo, Laje, Sassoeiros e Marianas podem afectar ambas as águas balneares. Como se pode ver na Figura 2, a pluma da Ribeiras das Marianas localizada a Oeste das praias da Torre e Santo Amaro de Oeiras, a da Ribeira de Algés, localizada a Este no Concelho de Lisboa, deslocam-se ao longo de

toda a linha de costa atingindo ambas as águas balneares, tanto na enchente, Figura 2 a), como na vazante, Figura 2 b), podendo afectar a sua qualidade. Assim considerou-se que estas duas ribeiras limitavam a bacia drenante, e que as suas bacias hidrográficas assim como as das ribeiras da Junça, Jamor, Barcarena, Porto-Salvo, Laje e Sassoeiros constituem no seu todo a bacia drenante das águas balneares da Torre e Santo Amaro de Oeiras. Desta forma eventos de poluição, descargas indevidas, e poluição difusa que ocorram na bacia drenante das águas balneares (de Algés a Carcavelos), podem atingir directa ou indirectamente as águas balneares, devido ao seu transporte e drenagem ao longo da bacia, e à dispersão das plumas das ribeiras ao longo da Costa do Estoril.

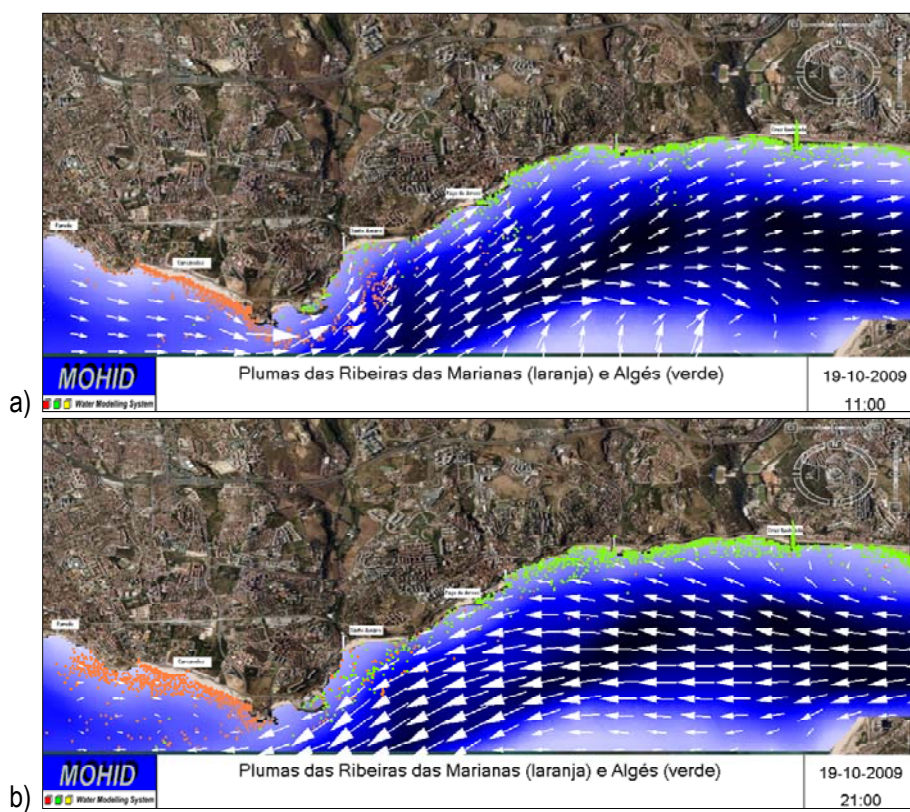


Figura 2- Dispersão das plumas das ribeiras das Marianas a laranja, e de Algés a verde, e do campo de velocidades superficiais, no dia 19 de Outubro de 2009, às 11h durante a enchente, na figura a); e 21h durante a vazante em b).

A Figura 3 contém a representação da bacia drenante das águas balneares da Torre e Santo Amaro, diferenciando as várias ribeiras, as respectivas bacias drenantes e a ocupação do solo, e na Tabela 1 estão resumidas as principais características de cada uma das ribeiras, onde os dados relativos à qualidade microbiológica resultam das campanhas de monitorização realizadas pela SANEST e IST ao longo dos últimos anos (SANEST, 2007; SANEST, 2008).



Figura 3- Representação, e ocupação do solo das bacias de drenagem das ribeiras que podem ter influência da qualidade das Águas Balneares da Torre e Santo Amaro de Oeiras

Tabela 1- Principais características das ribeiras: ocupação do solo, caudal, qualidade microbiológica e outras observações

Ribeira	Ocupação do solo	Caudal	Qualidade Microbiológica	Observações
Algés	Espaços verdes urbanos ordenados, tecido urbano descontínuo, auto-estradas, redes ferroviárias e terras ocupadas por agricultura	Caudal reduzido, na ordem de 0.001m <sup>3</sup> /s	Classificada como Água de Má Qualidade*.	Troço final canalizado, desagua no Concelho de Lisboa
Junça	Tecido urbano descontínuo, auto-estradas, redes ferroviárias	Caudal reduzido, na ordem de 0.001m <sup>3</sup> /s	Classificada como Água de Má Qualidade*.	Troço final canalizado, desagua junto da Ribeira do Jamor
Jamor	Espaços verdes urbanos ordenados, tecido urbano descontínuo, auto-estradas, redes ferroviárias e terras ocupadas por agricultura.	Caudal da ordem de 0.01 m <sup>3</sup> /s na época quente, e 0.1 m <sup>3</sup> /s na época de chuvas. Ocaudal pode ser superior a 1 m <sup>3</sup> /s.	Classificada como Água de Má Qualidade*.	
Barcarena	Tecido urbano contínuo e descontínuo e espaços com áreas industriais, comerciais e equipamentos gerais. Zonas agrícolas e florestais.	Caudal da ordem de 0.01 m <sup>3</sup> /s na época quente e 0.1 m <sup>3</sup> /s na época de chuvas. Pode apresentar caudais superiores a 1 m <sup>3</sup> /s.	Classificada como Água de Má Qualidade*.	
Porto Salvo	Tecido urbano descontínuo intercalado com zonas agrícolas.	Caudal muito reduzido ou mesmo inexistente nas estações secas a montante do troço canalizado	Classificada como Água de Má Qualidade*.	Troço final canalizado, com a existência de várias descargas ilegais (junto à foz).
Laje	Tecido urbano descontínuo, zonas agrícolas e florestas e meios seminaturais. Zona de actividades industriais, comerciais e de equipamentos gerais.	Caudal da ordem de 0.01 m <sup>3</sup> /s na época quente e 0.1 m <sup>3</sup> /s na época de chuvas. Pode apresentar caudais superiores a 1 m <sup>3</sup> /s	Classificada como Água de Má Qualidade*.	Nos meses de Verão é colocado um açude em Polima (a montante da foz).
Sasseiros	Tecido urbano descontínuo e zonas agrícolas.	Caudais reduzidos. Em 2007/2008 os valores medidos variaram entre 0.02-0.1 m <sup>3</sup> /s.	Classificada como Água de Má Qualidade*.	Durante a época balnear, o caudal é desviado junto à foz.

Ribeira	Ocupação do solo	Caudal	Qualidade Microbiológica	Observações
Marianas	Tecido urbano descontínuo, zonas agrícolas.	Caudais reduzidos. Em 2007/2008 os valores medidos variaram entre 0.02-0.3 m <sup>3</sup> /s	Classificada como Água de Má Qualidade*.	

Durante a época balnear estas ribeiras apresentam caudais muito reduzidos, típicos de época quente, permitindo o seu desvio para as redes de drenagem de águas residuais domésticas. As ribeiras de Algés, e Junça têm tipicamente um caudal reduzido, mas um elevado grau de contaminação fecal. O facto de os seus troços finais serem canalizados, dificulta a aplicação de medidas de minimização, e facilita a existência de descargas de águas residuais indevidas. O caudal da Ribeira de Porto Salvo é desviado para o Sistema de Saneamento da Costa do Estoril (SSCE), no entanto como este desvio tem de ser colocado a montante da cota máxima de influência da maré, é frequente a existência de caudal (reduzido mas com elevada contaminação fecal) na foz da ribeira, devido a descargas indevidas a jusante do açude.

Na Ribeira da Laje é colocado um desvio de caudal, a cerca de 3 km da foz, diminuindo o caudal que é descarregado na foz da ribeira, minimizando o impacte desta ribeira na qualidade das águas balneares. Na foz das ribeiras de Sassoeiros e Marianas são colocados desvios de caudal, durante a época balnear, que permitem que todo o seu caudal seja conduzido para o SSCE, e não desagúe directamente nas águas balneares. As ribeiras de Barcarena e Jamor descarregam permanentemente a totalidade do seu caudal no meio receptor.

Para além da caracterização em termos de ocupação do solo da bacia drenante das várias ribeiras, e do seu caudal e qualidade microbiológica, na elaboração do perfil foi também feita uma breve caracterização do sector industrial, pecuário e da demografia ao longo da bacia drenante.

## 5. IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DA POLUIÇÃO QUE PODEM AFECTAR A QUALIDADE DAS ÁGUAS BALNEARES

A descrição da bacia drenante e o reconhecimento dos factores inerentes à qualidade das águas balneares, permitiu identificar as causas da poluição que pode afectar a qualidade das águas balneares e que se devem sobretudo a:

### i) Ocorrência de chuvas durante a época balnear:

A ocorrência de chuvas durante a época balnear faz aumentar os caudais das ribeiras, quer pelo aumento dos caudais provenientes das redes pluviais dos sistemas de saneamento, quer pelo aumento das várias afluições ao longo da bacia drenante. Associado ao aumento do caudal das ribeiras, está o aumento da sua contaminação fecal. Ambos os factores fazem com que as plumas das ribeiras representem um maior risco para as águas balneares, podendo colocar em risco a saúde dos banhistas. Por outro lado, a ocorrência de precipitação leva ao aumento dos caudais das águas pluviais que afluem aos sistemas de saneamento, originando o by-pass entre a rede de águas residuais domésticas e a rede pluvial e que posteriormente irá descarregar nas ribeiras. Este by-pass é uma consequência do aumento de caudal nos sistemas de saneamento pseudo-separativos, como é o caso do sistema existente na Costa do Estoril.

## **ii) Aumento do caudal das ribeiras**

Durante a época balnear as ribeiras apresentam caudais reduzidos que provocam pouco impacto nas águas balneares, podendo alguns deles (total ou parcialmente) ser desviados para os sistemas de saneamento (Marianas, Sassoeiros, Porto-Salvo e Laje). No entanto pode ocorrer esporadicamente um aumento súbito de caudal das ribeiras, colocando em risco as águas balneares. Entre outras causas para esta situação, para além da ocorrência de precipitação já referida, estão a ocorrência de avarias nos sistemas de saneamento e a existência de descargas indevidas nos sistemas de drenagem pluvial ou directamente nas linhas de água.

## **iii) Descarga de emergência dos sistemas de saneamento**

A ocorrência de precipitação faz aumentar os caudais que afluem aos sistemas de saneamento que, caso ultrapassem a capacidade de transporte e/ou a capacidade de elevação das EE podem, eventualmente, levar à necessidade de efectuar descargas de emergência. Embora seja raro, podem ocorrer avarias em EE que levem à necessidade de activar as descargas de emergência. Estas situações são factores a considerar no âmbito da qualidade das águas balneares. A responsabilidade da aplicação das medidas de gestão é ds entidades gestoras das EE, os SMAS Oeiras-Amadora ou a SANEST.

## **iv) Descargas ao longo da Orla Costeira**

Ao longo da orla costeira foram identificadas várias descargas activas e inactivas, que são potenciais focos de contaminação das águas balneares. Estas descargas activas atingem directamente o areal ou as águas balneares, normalmente têm pouca relevância, no entanto têm que ser analisadas caso a caso. Foram identificados sempre que possível os responsáveis por cada uma dessas descargas.

# **6. SISTEMA DE ALERTA**

A nova Directiva das Águas Balneares refere que caso as águas balneares estejam expostas a acidentes de poluição de curta duração, para que seja garantida a qualidade das águas balneares e a protecção dos banhistas é necessário que:

- i) *Estejam a ser tomadas medidas de gestão adequadas, incluindo a vigilância, os sistemas de alerta precoce e a monitorização, para evitar a exposição dos banhistas através de uma advertência, e se necessário, de um desaconselhamento ou interdição da prática balnear;*
- ii) *Estejam a ser tomadas medidas de gestão adequadas para prevenir, reduzir ou eliminar as causas da poluição;*

Assim foi implementado um sistema de alerta para a qualidade das águas balneares da Torre e Santo Amaro de Oeiras. O sistema de alerta contempla a monitorização em contínuo dos níveis hidrométricos das ribeiras, a utilização de ferramentas de modelação (MOHID) para estimar diariamente a contribuição das descargas das ribeiras nas águas balneares, recorrendo também a dados históricos.

A nível da modelação, a metodologia utilizada consiste em simular a descarga das várias ribeiras recorrendo a traçadores lagrangianos (e.g. Leitão 1996). Assim, na foz de cada ribeira são emitidos traçadores lagrangianos em contínuo, estando a cada um deles associado um volume e uma

concentração igual à apresentada pela ribeira durante esse período<sup>1</sup>. Foi considerado o decaimento da matéria fecal, a partir da formulação de Canteras, *et al* (2005), que parametriza a taxa de mortalidade bacteriana em função de parâmetros ambientais do meio receptor (radiação solar na coluna de água, salinidade e temperatura). Mais detalhes sobre a formulação utilizada nesta metodologia podem ser consultados em Neves *et al*, 2009.

### 6.1. Monitorização dos níveis das ribeiras

Os níveis hidrométricos das Ribeiras do Jamor, Barcarena e Laje, Marianas e Sassoeiros são monitorizados por estações hidrométricas automáticas com capacidade de telegestão.

O INAG tem instaladas estações hidrométricas nas ribeiras da Laje, Jamor e Barcarena. Estas estações registam os dados de nível periodicamente (de hora a hora, ou mais frequentemente), que são posteriormente publicados no sítio de Internet <http://snirh.pt/>.

Nas ribeiras das Marianas e Sassoeiros foram instaladas (pela Sanest e IST) duas estações hidrométricas automáticas (Figura 4). Estas estações medem o nível hidrométrico, registam-no periodicamente (de hora a hora ou mais frequentemente), e enviam remotamente os dados todos os dias (ou mais frequentemente se necessário). Para além disso, estas estações têm associado um sistema de alerta, que envia um alarme (sob a forma de dados, ou email) sempre que o nível hidrométrico ultrapassar um valor predefinido. Durante a época balnear estes níveis de alarme têm em conta a altura dos açudes instalados nas ribeiras, enviando alarmes sempre que o nível hidrométrico aumentar e se aproximar desse valor (0.4m para o caso da ribeira das Marianas e 0.6m na ribeira de Sassoeiros, valores próximos do nível do açude).



Figura 4- Estação hidrométrica automática na ribeira de Sassoeiros. À esquerda a visão a montante do açude; à direita a visão a jusante do açude

### 6.2. Contribuição das descargas das ribeiras para a qualidade da água balnear

Para quantificar a contribuição da pluma de cada uma das ribeiras para a qualidade das águas balneares de Santo Amaro de Oeiras e da Torre, os resultados da dispersão das plumas das ribeiras foram analisados utilizando a metodologia das caixas de monitorização, onde cada água balnear é

<sup>1</sup> Nas simulações efectuadas foram emitidos em cada ribeira 20 traçadores por minuto.

representada como uma caixa de monitorização (Figura 5). A dimensão longitudinal e transversal destas caixas engloba toda a água balnear. A metodologia das caixas de monitorização permite responder às seguintes questões: i) Existe água contaminada na zona balnear? Qual a sua concentração?; ii) Qual é a origem da contaminação?; iii) Qual é a probabilidade de um banhista estar em contacto com essa água?



Figura 5- Caixas de monitorização utilizadas para quantificar o impacto da pluma de cada uma das ribeiras para as águas balneares da Torre (laranja) e a de Santo Amaro de Oeiras (verde).

A concentração da água contaminada é calculada com base nas concentrações dos traçadores ainda contaminados, e a probabilidade de um banhista estar em contacto com essa água é calculada comparando o volume ocupado pela água contaminada com o volume da água balnear. Considerou-se que um traçador estaria contaminado se tivesse uma concentração superior ao valor imposto pelo DLn.º 2006/07/CE.

Os resultados do trabalho de avaliação do risco de contaminação, tendo em conta as incertezas do modelo, indicam que os valores de probabilidade de contaminação devem ser inferiores a 5% para salvaguardar a saúde dos banhistas. Para além da probabilidade de contaminação em cada água balnear, é calculado o peso relativo de cada ribeira para essa contaminação. Neste caso foram identificados os traçadores provenientes de cada origem localizados no interior de cada água balnear, e foi calculado o somatório da contaminação proveniente de cada origem numa escala logarítmica e o seu contributo para a contaminação em percentagem, considerando que 100% é o somatório da contribuição de todas as origens.

### 6.3. Resultados da metodologia das caixas de monitorização

Esta metodologia permite analisar os resultados para as águas balneares pretendidas, e em qualquer período de tempo. É apresentado de seguida um resultado desta metodologia obtido para a Água Balnear de Santo Amaro de Oeiras.

Na Figura 6 está representada a evolução da concentração média das massas de água contaminadas (curva a vermelho) nos dias 19 e 20 de Outubro de 2009, altura em que todas as ribeiras apresentavam caudais típicos de Inverno. A curva a verde mostra a probabilidade de um banhista estar em contacto com essa água, que é equivalente à probabilidade de essa água ser recolhida numa amostragem

aleatória, e a curva azul mostra a evolução da maré. As curvas de concentração e de probabilidade têm evoluções diferentes porque representam processos diferentes. A concentração baixa por diluição e por mortalidade. A diluição aumenta a probabilidade de contacto de um banhista com aquela água. Se a mortalidade for elevada pode anular o efeito do aumento do volume e a probabilidade pode diminuir também. A hidrodinâmica local faz variar ambas as curvas.

A Figura 6 mostra que a concentração da água contaminada na praia de Santo Amaro de Oeiras é da ordem de  $10^3$ ,  $10^4$  UFC/100 ml, mas ao mesmo tempo mostra que a probabilidade de contaminação é baixa, sendo superior a 10% apenas num intervalo de tempo durante a vazante. A figura mostra também que a concentração aumenta subitamente no início da vazante, atingindo valores de  $10^4$  UFC/100 ml. A diminuição da contaminação fecal durante a manhã, poderá ser consequência da mortalidade por acção da radiação solar. É possível verificar-se o efeito do decaimento da contaminação fecal pela acção da radiação solar, ao comparar os valores da contaminação fecal de dia e de noite, para instantes com um nível de maré semelhante. Como se pode verificar na baixa mar de 19 de Outubro de 2009 no final da manhã a contaminação fecal é da ordem de  $10^3$  UFC/100ml, enquanto que na baixa mar próxima das 00h do dia 20 de Outubro, é da ordem dos  $10^4$  UFC/100ml.

A Figura 7 mostra que a pluma da Ribeira da Laje está permanentemente na Praia de Santo Amaro, diminuindo a sua contribuição no final da enchente. Esta diminuição da contribuição da Laje é acompanhada pelo aumento da contribuição de outras ribeiras, que no estofa da maré atingem a Praia de Santo Amaro. Pode-se observar, no entanto, que a concentração das massas de água contaminada diminui, o que indica que ocorreu o decaimento da matéria fecal das ribeiras. A curva de probabilidade representada na Figura 7 mostra que a probabilidade de contaminação é superior durante a vazante, atingindo valores superiores a 10%. A curva de probabilidades mostra que as plumas das ribeiras de Este e Oeste não apresentam muita relevância, pois na altura em que estas contribuem, a probabilidade de contaminação reduz. Nas situações em que a contaminação é proveniente da Ribeira da Laje esta probabilidade aumentará à medida que o banhista se aproxima da foz da ribeira (extremo Oeste da praia), devendo um eventual sistema de alerta ter esse facto em consideração.

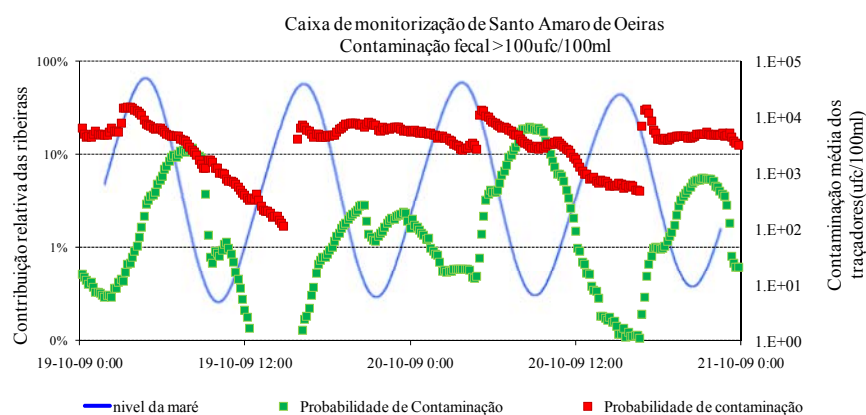


Figura 6- Resultados da metodologia de análise das caixas de monitorização para a Água Balnear de Santo Amaro, nos dias 19 e 20 de Outubro de 2009, com a representação da concentração média dos

traçadores com contaminação (> 100UFC/100 ml) a vermelho; da probabilidade de contaminação, a verde, e do nível de maré; a azul.

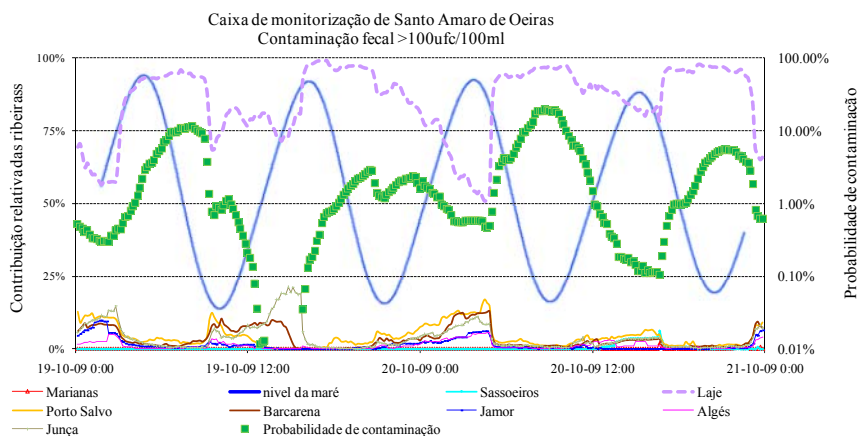


Figura 7- Resultados da metodologia de análise das caixas de monitorização para a Água Balnear de Santo Amaro de Oeiras, nos dias 19 e 20 de Outubro de 2009, com a representação: da contribuição (%) de cada ribeira a cores diferenciadas; da probabilidade de contaminação com quadrados verdes; e do nível de maré, com uma linha azul.

#### 6.4. Avaliação do risco de poluição

Utilizando os resultados da metodologia das caixas de monitorização, é estimado o risco de poluição das águas balneares, tendo em conta os valores de probabilidade de contaminação obtidos.

Para esta avaliação são considerados três níveis de risco:

**Nível 0:** não existe risco porque a concentração da água contaminada é inferior ao valor máximo admissível;

**Nível 1:** a concentração da água contaminada está acima do máximo, mas a probabilidade de o banhista estar em contacto com ela é inferior a 5%;

**Nível 2:** a concentração da água contaminada está acima do máximo e que a probabilidade de o banhista estar em contacto com ela é superior a 5%.

Segundo este método, para uma água balnear obter uma classificação de Qualidade Excelente o seu nível de risco deve ser zero, e para obter uma classificação de Boa Qualidade o seu nível de risco não deverá ser superior a 1. Estes níveis de risco são aplicados aos vários acidentes de poluição de curta duração identificados. O nível de risco de um acidente de poluição depende das características do acidente (localização, caudal e contaminação fecal) e das condições ambientais do momento (hidrodinâmica, condições meteorológicas e radiação solar).

## 7. PREVISÕES DIÁRIAS DA QUALIDADE DA ÁGUA BALNEAR

O sistema de alerta precoce tem como objectivo evitar que os banhistas fiquem expostos a eventos de poluição. Em última análise este deve ser um sistema capaz de produzir avisos para os banhistas no caso de plumas de contaminação atingirem a água balnear. Recorrendo aos dados da monitorização automática das ribeiras, a dados históricos de contaminação fecal e caudal das ribeiras, e a ferramentas de modelação (MOHID), foi possível implementar um sistema que estima diariamente o risco de contaminação de cada praia.

Com base nas medidas de caudal e em estimativas de concentração microbiológica nas ribeiras são efectuadas diariamente estimativas da carga poluente de cada ribeira. Fornecendo estes resultados ao modelo hidrodinâmico, podem efectuar-se diariamente previsões (*Forecast*) da distribuição das plumas de contaminação ao longo da linha de costa e consecutivamente estimar a probabilidade de contaminação a que os banhistas estão sujeitos. Esta metodologia já está a ser aplicada nestas águas balneares, de forma a ser validada, e tem em conta os níveis de risco explicados anteriormente.

Na Figura 8 está representado um exemplo da previsão obtida diariamente, com o risco de contaminação para cada 3 horas, para as Águas Balneares da Torre e Santo Amaro. Nesta simulação foram utilizados: i) os valores de caudal obtidos a partir dos valores de nível medidos nas estações hidrométricas das ribeiras do Jamor, Barcarena, Laje, Sassoeiros e Marianas, e respectivas curvas de vazão; ii) os valores de caudal estimados para as ribeiras de Algés, Junça, e Porto-Salvo; iii) os valores de contaminação fecal médios. O resultado obtido para cada intervalo de 3 horas tem em conta o valor de probabilidade de contaminação mais elevado obtido nesse intervalo de tempo.

Cabe ao gestor da praia informar o público da previsão da qualidade da água balnear. Estas previsões podem ser expostas através de cartazes, ecrãs, na internet ou através de alertas nos telemóveis.

Água Balnear da Torre								
19.Out-09								
Horas	0h-3h	3h-6h	6h-9h	9h-12h	12h-15h	15h-18h	18h-21h	21h-00h
Risco								

Água Balnear de Santo Amaro								
19.Out-09								
Horas	0h-3h	3h-6h	6h-9h	9h-12h	12h-15h	15h-18h	18h-21h	21h-00h
Risco								

Legenda			
	Risco 2	Risco 1	Risco 0
Probabilidade de contaminação	>5%	]1%-5%[	<1%

Figura 8- Previsão do risco de contaminação das Águas Balneares da Torre e Santo Amaro de Oeiras para o 19 de Outubro de 2009, tendo em conta as descargas das ribeiras.

Estas previsões são obtidas diariamente, no entanto, caso as estações hidrométricas enviem um alerta de nível é possível fazer uma nova previsão do risco de contaminação, tendo em conta os níveis hidrométricos das ribeiras naquele momento.

## 8. PROLIFERAÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS, MACROALGAS E/OU FITOPLÂNCTON

A definição do perfil de Água Balnear contempla uma avaliação do potencial de proliferação de cianobactérias, macroalgas e/ou Fitoplâncton. O documento editado em Dezembro pela CE explica detalhadamente como pode ser efectuada essa avaliação. No caso das águas balneares em estudo, embora nunca se tenham identificado blooms, e macroalgas e fitoplâncton, estes podem ocorrer devido à influência oceânica, e a fenómenos de afloramento costeiro, que ocorrem sobretudo no Outono e Primavera. Relativamente às cianobactérias, o risco de proliferação de cianobactérias é baixo, pois são espécies típicas de ecossistemas dulçaquícolas eutrofizados (ricos em nutrientes), que ocorrem especialmente em águas com velocidade de corrente pequena ou nula, como é o caso de lagoas.

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo aprofundado da bacia drenante das Águas Balneares da Torre e Santo Amaro de Oeiras e da hidrodinâmica local mostrou que as descargas das ribeiras no meio receptor, eventuais descargas de emergência dos sistemas de saneamento e descargas ao longo da Orla Costeira podem colocar em risco a qualidade das águas balneares. As estações hidrométricas instaladas nas Ribeiras de Sassoeiros são parte integrante do sistema de monitorização e alerta implementado e têm capacidade de emitir alertas em caso de subida de nível, permitindo saber atempadamente o risco de galgamento dos açudes e conseqüente risco de contaminação das águas balneares. Complementando esta monitorização com a modelação operacional, (recorrendo ao MOHID), é obtido diariamente o nível de risco de poluição a que cada praia está exposta. Os valores limite das classes de risco propostas deverão ser estudados, discutidos (pelas várias entidades intervenientes na implementação dos Perfis de Águas Balneares) e validados durante as próximas 2 épocas balneares. Desta forma estão criadas as condições para se implementar o Perfil das Água Balneares da Torre e Santo Amaro de Oeiras, com o respectivo sistema de alerta.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no seguimento de um Projecto da SANEST, elaborado pelo IST, em complemento com o Projecto Lenvis, financiado pelo 7º Programa Quadro (FP7-ICT-2007/2/223925).

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANTERAS, J.C., JUANES, J.A., PÉREZ, L. and KALIN N. Koev (1995) “ Modelling the coliforms inactivation rates in the Cantabrian sea (bay of Biscay) from in situ and laboratory determinations of  $T_{90}$ ”. *Water Science and Technology* Vol. **32**, Nº 2, pp 37–44

NEVES, R, VIEGAS, C., FERNANDES, R., NUNES, S., PINA, P., CARVALHO, C., e CONCEIÇÃO, G., “Ferramentas matemáticas de suporte à definição de perfis de água balnear: 2 casos de estudo”. *Recursos Hídricos- Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos*, Volume **30#01**, 2010 pp 80-90

NEVES, R, VIEGAS, C., FERNANDES, R., NUNES, S., PINA, P., CARVALHO, C., e CONCEIÇÃO, G., Bathing water management in Costa do Estoril, west of Lisbon: control of diffuse fecal pollution and

implementation of an early warning system. Apresentado num colóquio do Projecto LIFE (MARECLEAN), a 1 Outubro 2009, Bretanha, França.

LEITÃO, P.C. (1996) "Modelo de Dispersão Lagrangeano Tridimensional". Tese de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

European Commission: Bathing Water Profiles. Best Practices and Guidance. December 2009; Bathing Water Profiles: Best Practices and Guidance

Decreto-Lei n.º 135/2009 de 3 de Junho, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do desenvolvimento Regional, Diário da República, 1ª série- N.º 107