

## 13 ANOS DE MONITORIZAÇÃO DA DESCARGA DO EMISSÁRIO SUBMARINO DA GUIÁ - INTEGRAÇÃO NA DQA

Cristina SANTOS, Justina CATARINO, Alexandra BARREIROS, Maria A. TRANCOSO, Eugénia MARQUES, Carla GARCIA, Ramiro NEVES, Vânia CARVALHO, Catarina LOPES

Cristina Santos,

*Licenciada em Biologia, LNEG – Estrada do Paço do Lumiar, 1649-038 Lisboa, +351 210 924 710, cristina.santos@ineti.pt*

Justina Catarino

*Doutora em Engenharia Sanitária, LNEG – Estrada do Paço do Lumiar, 1649-038 Lisboa, +351 210 924 213, justina.catarino@ineti.pt*

Alexandra Barreiros

*Doutora em Física, LNEG – Estrada do Paço do Lumiar, 1649-038 Lisboa, +351 210 927 082, alexandra.barreiros@ineti.pt*

Maria A. TRANCOSO

*Doutora em Química, LNEG – Estrada do Paço do Lumiar, 1649-038 Lisboa, +351 210 924 755, maria.trancoso@ineti.pt*

Eugénia Marques

*Licenciada em Biologia, INRB – Estrada do Paço do Lumiar, 1649-038 Lisboa, +351 210 924 280, eugenia.marques@ineti.pt*

Carla Garcia

*Doutora em Engenharia do Ambiente, IST – Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, +351 219 483 428, acgarcia.maretec@ist.utl.pt*

Ramiro Neves

*Doutor em Engenharia Mecânica, IST – Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, +351 218 417 397, ramiro.neves@ist.utl.pt*

Vânia Carvalho

*1 Tenente H, IH – Rua das Trinas, 49, 1249-093 Lisboa, guerreiro.carvalho@hidrografico.pt*

Catarina Lopes

*Licenciada em Engenharia Química, SANEST – Rua Flor da Murta, Terrugem 2770-064 Paço d'Arcos, clopes@sanest.pt*

### Resumo:

O Programa das Nações Unidas para o Ambiente define monitorização como “o processo de observação repetitivo com fins definidos, de um ou mais elementos do ambiente, de acordo com um planeamento prévio no espaço e no tempo, utilizando metodologias comparáveis para caracterização ambiental e colheita de dados”. A Directiva Quadro da Água (DQA), o instrumento orientador na União Europeia para gestão das águas superficiais interiores, águas de transição, águas costeiras e águas subterrâneas, suporta este conceito propondo, no entanto, três níveis para os programas de monitorização: (1) monitorização de *vigilância* orientada para a evolução a longo prazo; (2) *operacional*, orientada para zonas em risco de não atingir os objectivos de qualidade requeridos pela DQA; (3) de *investigação* orientada para a compreensão e quantificação dos processos responsáveis por excessos que levam ao incumprimento da DQA.

Embora sejam os Estados-Membros quem devam adoptar estas medidas e cumprir os seus objectivos, o comportamento pró-activo de algumas empresas contribui significativamente para o cumprimento das exigências da DQA.

A SANEST, Saneamento da Costa do Estoril, empresa gestora do Sistema de Saneamento da Costa do Estoril implementou um programa de monitorização da descarga do emissário submarino da Guia. Este programa deu continuidade ao iniciado em 1993, antes da entrada em funcionamento do sistema, e é o maior programa de monitorização a nível nacional em zonas costeiras, que inclui investigação detalhada a vários níveis. O progressivo aumento do número de parâmetros e a

adaptação de metodologias, quer na ETAR quer no meio receptor, demonstra também a preocupação desta empresa pela salvaguarda e gestão sustentável dos recursos.

Neste trabalho são apresentados os principais resultados do programa de monitorização referido, levado a cabo por Laboratórios de Estado e Universidades portuguesas, que em conjunto cobrem os requisitos normativos nacionais e internacionais, em termos analíticos, e detêm o conhecimento necessário à componente de monitorização operacional, preconizada na DQA.

**Palavras chave:** Directiva-Quadro da Água, programa de monitorização, águas residuais, águas receptores, emissário submarino.

## 1 INTRODUÇÃO e ENQUADRAMENTO

A Directiva Quadro da Água 2006/60/CE (DQA) é o instrumento orientador na União Europeia para gestão das águas superficiais interiores, águas de transição, águas costeiras e águas subterrâneas. Foi transposta para o normativo português pela Lei 58/2005 (Lei da Água) e Decreto-lei 77/2006.

Tem como principais objectivos prevenir a deterioração de todos os tipos de água, proteger os ecossistemas aquáticos, promover o uso sustentável da água, tomar medidas de controlo da poluição para redução ou eliminação de descargas e emissões e perdas de substâncias prioritárias, reduzir gradualmente a poluição das águas subterrâneas e contribuir para mitigar os efeitos de secas e inundações. Todas estes aspectos têm um papel importante no fornecimento em quantidade suficiente de água superficial e subterrânea de boa qualidade, na utilização sustentável, equilibrada e equitativa da água, na redução significativa da poluição das águas subterrâneas, na protecção das águas marinhas e territoriais, cumprindo, deste modo, os objectivos dos acordos internacionais relevantes, com o objectivo último de reduzir as concentrações no ambiente marinho para valores próximos dos de fundo para as substâncias naturalmente presentes e próximos de zero para as substâncias sintéticas antropogénicas.

A integração de directivas e normas comunitárias relativas à qualidade das águas das diferentes áreas envolvidas é um aspecto que deverá estar sempre presente (ex: Directiva 98/83/CE do Conselho de 3 de Novembro de 1998, Directiva 2008/1/CE do Conselho de 15 de Janeiro de 2008, Directiva 91/271/CEE do Conselho de 21 de Maio de 1991, Directiva 91/676/CEE do Conselho de 12 de Dezembro de 1991, Directiva 2008/56/CE do Conselho de 17 de Junho de 2008, Directiva 2008/105/CE de 16 de Dezembro de 2008, Directiva 2006/7/CE de 15 de Fevereiro de 2006), para além de acordos internacionais e convenções.

Como aspectos inovadores desta directiva saliente-se a gestão da água como um todo tendo por base a região hidrográfica (unidade principal de planeamento e gestão das águas cuja base é a bacia hidrográfica), a integração de limites de emissão e objectivos de qualidade, a avaliação do estado ecológico e a participação do público.

Os 26 artigos da Directiva quadro da água 2006/60/CE estabelecem um quadro de actuação para a Comunidade no campo da política da água (DQA) descrevem o que deve ser feito para a sua implementação. Os anexos foram desenvolvidos para garantir que os artigos fossem implementados de acordo com os requisitos da Directiva. Contudo, a natureza complexa da Directiva e seus anexos levou à elaboração de documentos vários (por peritos comunitários) com a finalidade de assistir os Estados Membros na implementação da Directiva. Entre eles saliente-se aquele que é dedicado à Monitorização (Guidance Document No 7, 2003). Nele se estabeleceram orientações gerais sobre monitorização de elementos de qualidade da água e delimitação de programas de monitorização de acordo com os Artigos 8 e 11 e Anexo V.

Contempla parâmetros químicos e biológicos, mas as necessidades específicas de orientação para monitorização química, por exemplo, amostragem, métodos analíticos e garantia de qualidade, não foram abrangidas completamente.

Em 2009 foi publicado o documento "Guidance on surface water chemical monitoring under the Water Framework directive" (Guidance Document No 19, 2009) que já inclui a Directiva 2008/105/CE entretanto publicada, sobre Normas de Qualidade Ambiental (NQA) no domínio da política da água, cujo Anexo II substitui o Anexo X da DQA " lista das substâncias prioritárias no domínio da política da água". O Guia, de 132 páginas, é composto por 5 capítulos (Termos e definições; Planeamento; Técnicas de amostragem; Técnicas analíticas (incertezas, LD/LQ) na água, sedimentos e biota;

Métodos complementares (sondas *in situ*, biomarcadores, kits, etc), e 4 anexos: métodos ISO para análises em solos; lista de substâncias prioritárias; materiais de referência e estudo de casos.

A monitorização química deverá ser orientada e adaptada às circunstâncias locais e regionais, tendo em mente que a evolução do estado das massas de água deve ser controlado pelos Estados-Membros numa base sistemática e comparável em toda a Comunidade.

O Programa das Nações Unidas para o Ambiente define monitorização como “o processo de observação repetitivo com fins definidos, de um ou mais elementos do ambiente, de acordo com um planeamento prévio no espaço e no tempo, utilizando metodologias comparáveis para caracterização ambiental e colheita de dados”. A Directiva Quadro da Água suporta este conceito propondo, no entanto, três níveis para os programas de monitorização:

**Monitorização de vigilância (MV)** - A monitorização é levada a cabo para fornecer informação sobre o estado da qualidade da água, para identificar a sua condição inicial e avaliar alterações a longo termo originadas por actividade natural ou antropogénica

**Monitorização operacional (MO)** - Avaliar o sucesso de medidas tomadas para melhorar uma situação

**Monitorização de investigação (MI)** - Avaliação de uma poluição acidental ou identificar causas de um problema

Todos resultados dos programas de monitorização devem ser tornados públicos.

O recurso a modelos numéricos adequadamente testados e validados constitui uma ferramenta importante para o planeamento estratégico e concepção dos programas de monitorização. Eles podem ajudar a compreender as variações das concentrações espaciais e temporais de poluentes.

Embora sejam os Estados-Membros quem deve adoptar estas medidas e cumprir os seus objectivos, o comportamento pró-activo de algumas empresas pode contribuir significativamente para o cumprimento das exigências da DQA.

Neste trabalho pretende-se dar a conhecer alguns resultados do maior programa de monitorização português levado a cabo por uma empresa gestora de águas residuais, SANEST, bem como a sua evolução ao longo de 13 anos. Planeado antes da aprovação da DQA, este programa demonstrava já algumas das preocupações nela patentes – quantificar a variabilidade espacial e temporal de parâmetros de qualidade tendo em vista o controle das massas de água para usos futuros (MV) e avaliar o sucesso do programa de medidas adoptado (MO).

A SANEST é uma empresa de saneamento público responsável pela gestão de um sistema de águas residuais localizado na Guia (Cascais), na costa oeste de Lisboa, Portugal. Inclui um interceptor com 25 km, uma estação de tratamento subterrânea e um emissário submarino com 2,8 km a descarregar a 40 m de profundidade. O emissário opera desde 1994 e descarrega no Oceano Atlântico aproximadamente 170000 m<sup>3</sup> por dia de um efluente urbano. O sistema de saneamento serve cerca de 720000 habitantes equivalente (h.e.) de quatro municípios na região oeste de Lisboa, esperando atingir 920000 habitantes equivalente em 2020, sendo, portanto, uma das maiores empresas de saneamento em Portugal. As águas residuais urbanas são submetidas a um tratamento preliminar que inclui um *step-screen* para remover sólidos (3 mm) e uma desarenação antes de eliminação (Santos e Catarino, 2009).

O emissário localiza-se numa zona em que as condições hidrodinâmicas da costa resultantes das marés, ventos e correntes de densidade costeiras associadas à acção de ondas de vento, são das mais favoráveis das águas costeiras europeias para diluição e dispersão das águas residuais. Classificado como área menos sensível pelo INAG (Decreto-Lei 152/97), é uma zona conveniente para a localização de um emissário submarino.

Esta solução contribuiu para despoluir as praias da Costa do Estoril, na costa ocidental de Lisboa, mas não cumpria a Directiva 91/271/CEE em matéria de tratamento de águas residuais

urbanas. No entanto, em 2001 uma decisão da Comissão 2001/720/CE isentou a SANEST de aplicar o tratamento secundário para águas residuais lançadas no Atlântico. Esta decisão foi apoiada num programa de monitorização apresentado na UE e vinculada ao cumprimento de certos requisitos na qualidade da água descarregada: um tratamento primário avançado, seguido de desinfecção durante a época balnear (1 de Junho – 30 de Setembro), que deverá ser plenamente observada até Maio de 2010, uma vez que a estação de tratamento está ser intervencionada para cumprir o nível de tratamento acordado.

Para cumprir os requisitos de decisão da UE e da licença de descarga, a SANEST tem vindo a realizar um programa de monitorização ambiental muito detalhado. Este programa centra-se não só na qualidade das águas receptoras que circundam a descarga do emissário Submarino da Guia, mas também na caracterização das águas residuais da ETAR da Guia. Nele participam várias instituições portuguesas: duas Universidades, dois Laboratórios de Estado independentes e a Marinha Portuguesa, cada um com tarefas específicas. Assim, o Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (INETI), actualmente Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), tem a seu cargo o planeamento e execução da amostragem, o programa analítico de caracterização do efluente e meio receptor e o estudo da ictiofauna; o estudo da qualidade dos sedimentos é realizado pela Universidade de Aveiro (UA) e pelo INRB (IPIMAR), e o desenvolvimento e a aplicação do programa de modelação (MOHID) pelo Instituto Superior Técnico (IST). O Instituto Hidrográfico (IH) da Marinha Portuguesa colaborou durante alguns anos nas pesquisas de campo com os seus navios oceanográficos e equipamentos de amostragem. Actualmente o trabalho de campo é feito recorrendo a embarcações de pescadores locais.

O programa de monitorização dos efluentes da ETAR da Guia, iniciou-se em 1994, tendo evoluído até à actualidade, conforme se procura apresentar na figura 1.

Tal como recomendado pela DOA, tem incorporado parâmetros de natureza diversa, desde parâmetros físico-químicos gerais, até alguns compostos orgânicos mais específicos, parâmetros microbiológicos e ecotoxicológicos. O programa tem sido orientado e adaptado às circunstâncias concretas do efluente, fornecendo informação para completar e validar o processo global de avaliação de impacte ambiental, tendo sido objecto de refinação ao longo do tempo, tal como o programa mais vasto de monitorização ambiental, onde se integra.

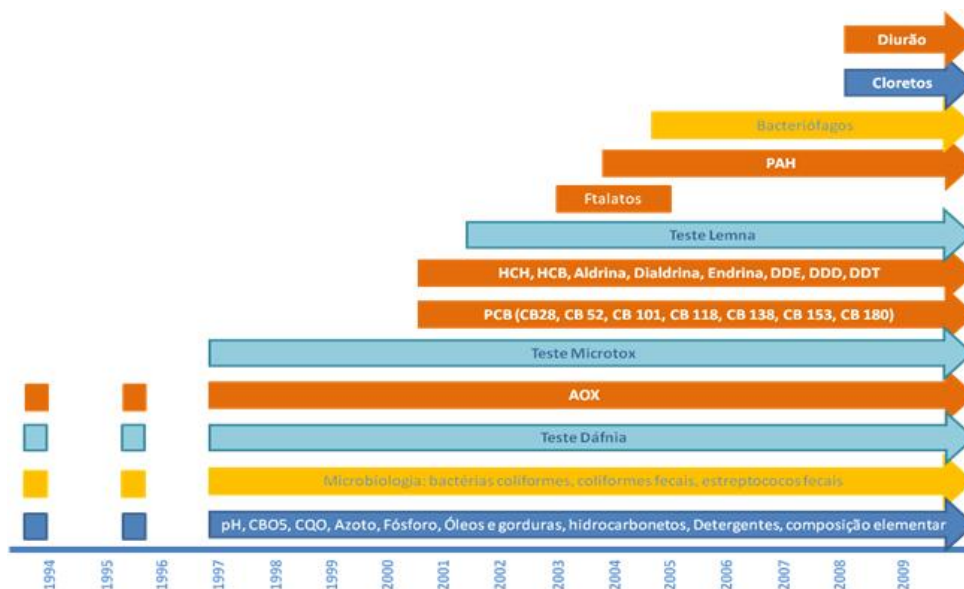


Figura 1- Evolução do programa analítico envolvido na caracterização dos efluentes da ETAR da Guia

De igual modo o programa de monitorização do meio receptor tem vindo a ser adaptado e alterado à medida que o seu conhecimento foi evoluindo quer no que respeitou o comportamento dos descritores analisados, como do próprio modelo de qualidade da água e do modelo hidrodinâmico que evoluiu de 2D para 3D (Fig.2).

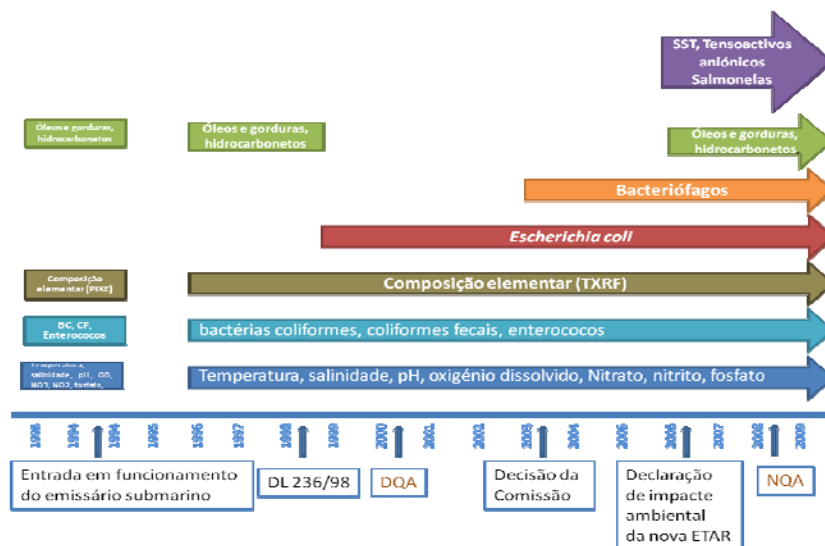


Figura 2 - Evolução do programa analítico no meio receptor

A primeira campanha de monitorização da qualidade da água do mar na zona envolvente do Emissário Submarino da Guia foi realizada em Outubro de 1993, antes da entrada em funcionamento, ainda experimental, do Sistema de Saneamento da Costa do Estoril (SSCE), que ocorreu em meados de Maio de 1994. Seguiram-se duas campanhas de monitorização, em Março e em Julho de 1994. Em 1995 e parte de 1996 não foi efectuada qualquer monitorização, por ser o período de transição da gestão do SSCE do Gabinete de Saneamento Básico em extinção para a SANEST, empresa fundada em 1995.

As campanhas de monitorização foram retomadas em Outubro de 1996, já sob a égide da SANEST, prosseguindo desde então com regularidade, com os ajustamentos, tanto em frequência de realização como no tipo de informação recolhida, determinados não só pelas conclusões entretanto extraídas como também pela necessidade de dar cumprimento a requisitos legais aplicáveis. A partir de 1999, o Programa de Monitorização foi ajustado, no sentido de aumentar a frequência de amostragem, passando de sazonal a mensal, a fim de possibilitar a definição de um padrão evolutivo das características de qualidade das águas em locais do meio receptor, seleccionados com base no modelo tridimensional da zona em estudo. A partir de 2007 passou a ter uma frequência bimestral.

O Programa de Monitorização do meio receptor incluiu ainda os requisitos estabelecidos na Licença de Descarga nº 238/CM/DUDH/99, pela qual a Direcção Regional do Ambiente de Lisboa e Vale do Tejo (DRA LVT) autorizou a SANEST a descarregar o efluente do Sistema no meio público marinho, bem como, a partir de 2002, o previsto na Decisão da Comissão nº 2001/720/CE, pela qual ao Estado Português foi concedida uma derrogação do tratamento das águas residuais da aglomeração da Costa do Estoril e em 2006 a Declaração de impacte ambiental da nova ETAR.

Em 1998 o INAG elaborou o documento "Linhas de orientação Metodológica para a elaboração dos Estudos Técnicos Necessários para cumprir o Artigo 7º do Decreto-Lei 152/97 – descargas de águas residuais em zonas menos sensíveis" (INAG, 1998) onde estabelece normas e procedimentos a utilizar para avaliar o efeito de descargas sobre o meio receptor, preconizando no seu ponto 2.9 que "a estratégia de amostragem

dependerá do padrão de circulação da zona que circunda o emissário não podendo ultrapassar duas radiais laterais localizadas a 1 milha da saída deste devendo as amostras ser colhidas junto à superfície" (Fig.3).

Os requisitos estabelecidos nos diplomas atrás citados referem-se à caracterização física, química e bacteriológica de amostras de água do meio receptor colhidas em certos pontos e a determinadas profundidades. Porém, o estudo de monitorização do meio receptor promovido pela SANEST cobriu um âmbito mais alargado, procurando conjugar o cumprimento de requisitos requeridos legalmente com o alargamento dos conhecimentos existentes sobre o transporte da pluma do efluente do Sistema lançado no mar e as transformações bioquímicas dos poluentes, numa visão de investigação e desenvolvimento que proporcione suporte científico e ambiental ao desenvolvimento do Sistema concessionado à SANEST. Neste sentido, não só o número de estações de amostragem de água do meio receptor na vizinhança do emissário foi superior ao estritamente requerido pela legislação aplicável, como o leque dos parâmetros analisados foi mais vasto, tendo ainda a monitorização do meio receptor incidido sobre outros meios além da água, designadamente o sistema sedimentar e a ictiofauna da zona.

Na figura 3 estão representados todos os locais amostrados desde a primeira campanha até à actualidade.

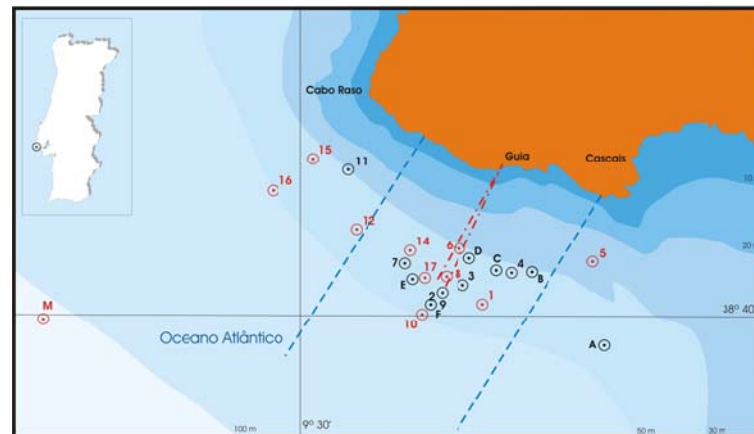


Figura 3 – Representação de todos os locais amostrados desde o início da monitorização do meio receptor (numeração não sequencial). - - - - radiais sugeridas pelo INAG.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Águas Residuais

Durante 13 anos (1997 a 2009) foram monitorizadas mensalmente as águas residuais geradas na zona servida pelo Sistema de Saneamento da Costa do Estoril. Para o efeito foram colhidas amostras compostas à entrada e à saída da ETAR da Guia, com um amostrador automático refrigerado.

Avaliou-se a carga orgânica a partir da carência bioquímica de oxigénio após 5 dias, CBO<sub>5</sub> (ME 200\_27) e carência química de oxigénio, CQO (NP 4329), o azoto através dos teores de azoto amoniacal (NP 4319), nitrato (ME 200\_24 (AFS)), nitrito (ME 200\_24 (AFS)) e de azoto Kjeldahl (NP EN 25 663) e a componente microbiológica através da quantificação de coliformes totais e fecais e

*Escherichia coli* (ISO 9308-1:2000) e de enterococos (ISO 7899-2: 2000) e cujos resultados são referidos neste documento.

A monitorização incluiu ainda avaliação dos teores em detergentes aniónicos, AOX, Bacteriófagos F- RNA, composição elementar, óleos e gorduras, hidrocarbonetos, pesticidas organoclorados, HAP, PCB, pH, sólidos suspensos e dissolvidos, fósforo, sílica, cloretos e ecotoxicidade (testes *Daphnia*, *Microtox* e *Lemna*). Os caudais foram medidos pela SANEST.

Os resultados obtidos foram tratados graficamente e comparados com a composição típica de águas residuais domésticas não tratadas, de acordo com Metcalf & Eddy (2003).

## 2.2. Meio receptor

Dos sete locais amostrados actualmente (locais 1, 5, 6, 8, 10, 14 e 15) (Fig. 3) seleccionaram-se três para integrarem 13 anos de resultados - locais 1, 8 e 14 (Fig. 4). A localização desses pontos – um sobre a descarga (local 8) os outros a uma milha leste (local 1) e oeste (local 14) do ponto de descarga – atende aos termos de um documento de base produzido pelo INAG.

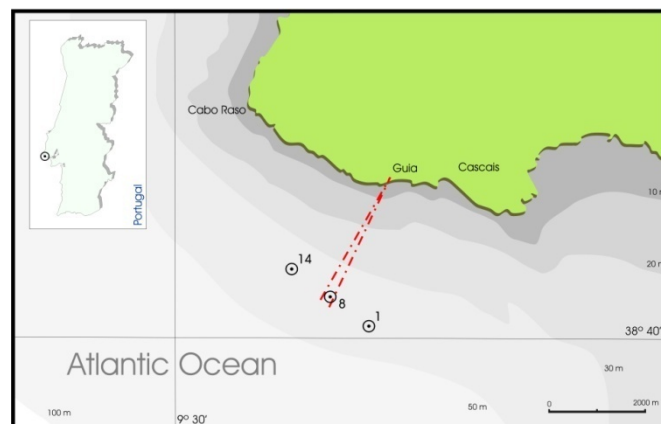


Figure 4– Localização dos 3 locais seleccionados para este estudo.

As amostras foram recolhidas com garrafas de Niskin e analisadas para avaliar a percentagem de saturação (oxigénio dissolvido NP 733:1969) e a clorofila *a* (SMEWW 10200), no Verão (Julho), e o nitrato (ME 200.24) e transparência (disco de Secchi), no Inverno (Novembro), conforme o recomendado no documento INAG (1998). Os coliformes fecais (ISO 9308-1: 2000) foram avaliados nas duas temporadas. Os metais pesados ou composição elementar foram analisados pela técnica multielementar simultânea de espectrometria de raios X de reflexão total (TXRF- ME 200.25:2008). Em águas do mar esta técnica quantifica 16 elementos simultaneamente - Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sn, Hg, Pb. É considerada por Prange (1989) e Costa *et al* (1999) uma das mais eficazes para análise de amostras líquidas com pequenas concentrações de material.

Os processos de análise tiveram lugar em laboratórios acreditados do INETI, segundo a NP EN ISO/IEC 17025:2005.

Os resultados microbiológicos foram comparados com os valores referenciados (guia e obrigatório) propostos pela Directiva 76/160/CEE para águas balneares e os químicos através do documento INAG (1998) para águas receptoras menos sensíveis (Quadro 1). Este documento assinala



quatro parâmetros e seus limites no Verão e Inverno, com o objectivo de controlar a ocorrência de fenómenos de eutrofização nas águas costeiras.

As análises de variância foram efectuadas no programa Excel da Microsoft ®.

Quadro 1 – Valores de referência para águas de superfície, Directiva 76/160/EEC e documento INAG (1998)

Parâmetro	Directiva das águas balneares 76/160/EEC		Documento INAG
	VMR	VMA	
Transparência (m)	1	2	>2m, no Inverno
Oxigénio dissolvido (Percentagem de saturação % O <sub>2</sub> )	80-120		>90%, no Verão
Nitrato dissolvido(mg/L)			<0,210 mg/L N, no Inverno
Clorofila <i>a</i> (mg/m <sup>3</sup> )			<10 mg/m <sup>3</sup> , no Verão
Coliformes fecais (UFC/100ml)	100	2 000	

VMR - valor máximo recomendável (recomenda não ultrapassar o valor proposto); VMA - valor máximo admissível (obriga não ultrapassar o valor proposto) UFC – Unidade Formadora de Colónias

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Águas residuais

Apresentam-se nas figuras 5 a 8 os valores médios anuais obtidos no efluente de saída da ETAR da Guia relativamente a caudal, CBO<sub>5</sub>, CQO, compostos de azoto e componente microbiológica.

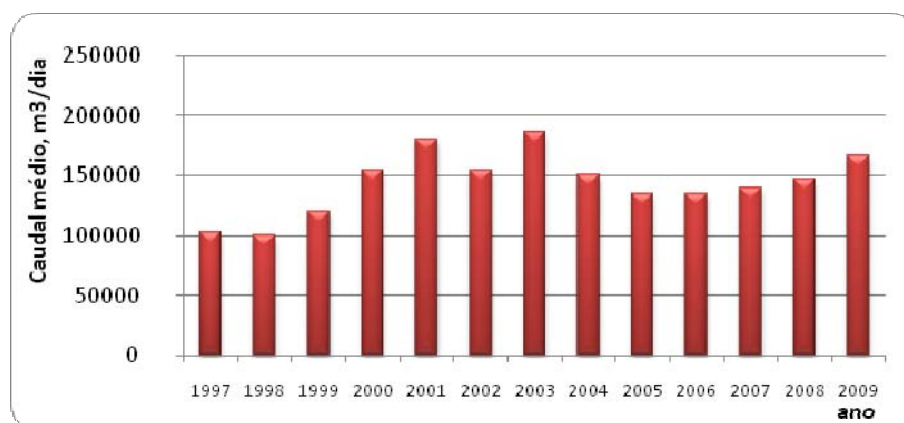


Figura 5 – Variação do caudal médio anual da ETAR da Guia entre 1997 e 2009

Com um valor médio de cerca de 144000 m<sup>3</sup>/dia, o caudal médio anual variou entre 99926 m<sup>3</sup>/dia (1998) e 186490 m<sup>3</sup>/dia (2003), em função da entrada em funcionamento do SSCE e da pluviosidade registada em cada ano. Ao longo dos anos, verificou-se que os valores mais baixos foram registados nos meses de verão, com um mínimo em Agosto, e os mais elevados no Inverno, com um máximo registado em Dezembro.

Em termos de carga orgânica, este efluente apresenta características domésticas, com valores médios de CBO<sub>5</sub> de 275 mg/L O<sub>2</sub> e de CQO de 590 mg/L O<sub>2</sub>. Os valores médios anuais de CBO<sub>5</sub> variaram entre 210 mg/L O<sub>2</sub> (2003) e 341 mg/L O<sub>2</sub> (2007) enquanto que os de CQO variaram entre 480 mg/L O<sub>2</sub> e 648 mg/L O<sub>2</sub> (2007), como se pode verificar pela análise da figura 6.

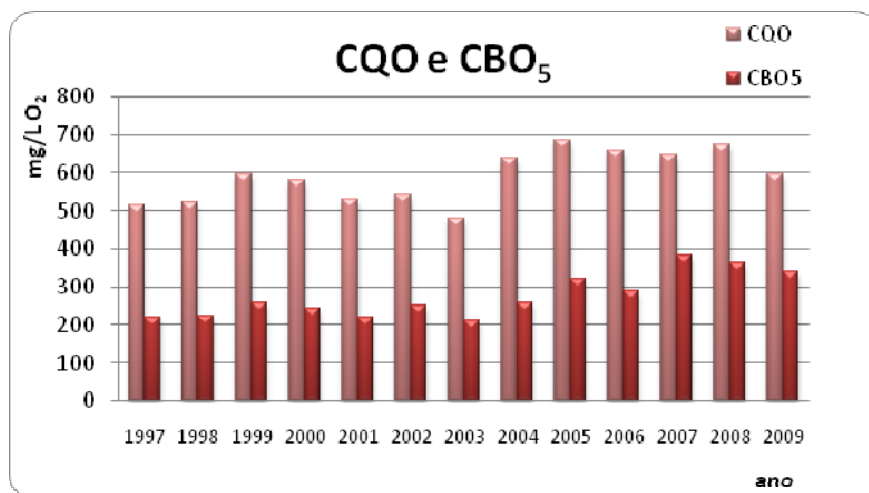


Figura 6 – Variação do CQO e CBO<sub>5</sub> médio anual da ETAR da Guia entre 1997 e 2009

Sendo um efluente essencialmente de origem doméstica, e que o azoto orgânico se obtém por diferença entre o azoto amoniacal e o azoto Kjeldahl conclui-se que no efluente predomina essencialmente o azoto amoniacal. Os teores em azoto Kjeldahl variaram entre 44,2 mg/L N em 1997 e 63,2 mg/L N em 2005 e 2007, com um valor médio de 54,7 mg/L N. Os valores médios anuais de azoto amoniacal variaram entre 27,2 mg/L N em 1997 e 42,6 mg/L N em 2007, com uma média de 36,4 mg/L, os nitritos apresentaram um valor médio de 0,10 mg/L N (com um máximo de 0,56 mg/L N e um mínimo de 0,01 mg/L N) e os nitratos de 1,4 mg/L N (com variações de médias anuais entre 0,18 e 6,19 mg/L N ao longo do período em análise). (Fig. 7).

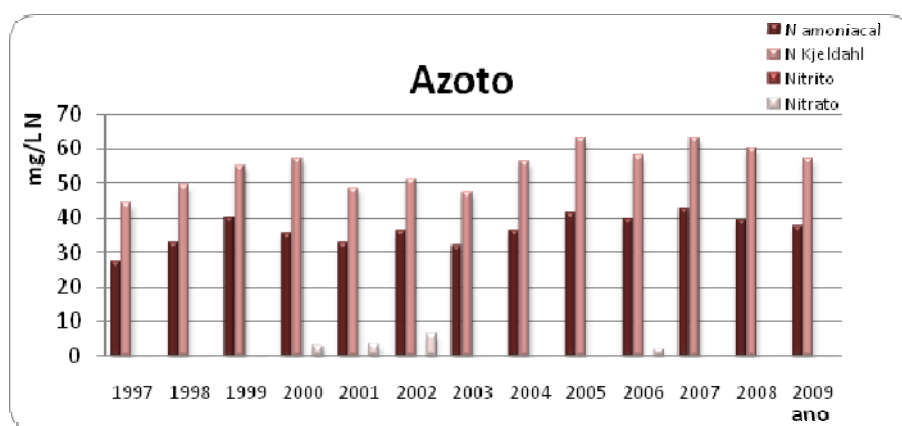
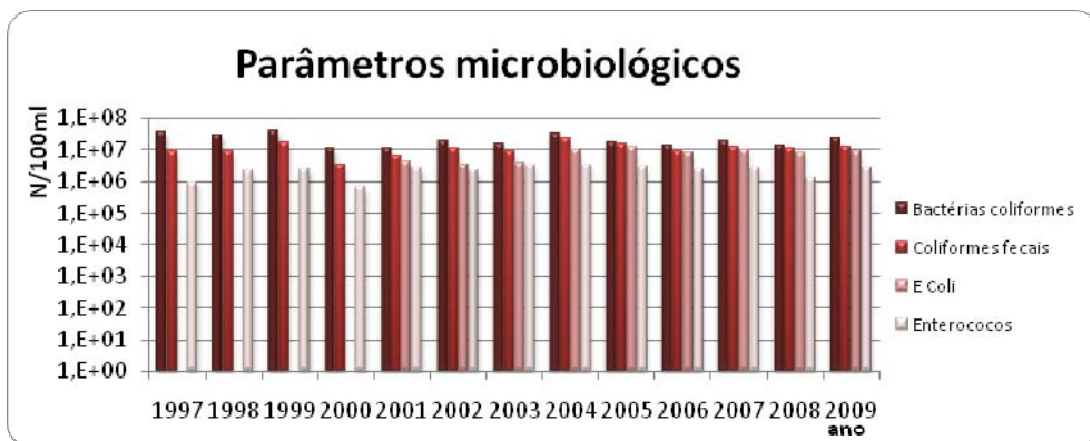


Figura 7 – Variação dos teores médios anuais de azoto da ETAR da Guia entre 1997 e 2009



A componente microbiológica dos efluentes da Guia não tem variado ao longo do período em análise, tendo-se verificado que a média (geométrica) entre 1997 e 2009 foi de  $2,09 \times 10^7$  ufc/100ml para as bactérias coliformes,  $1,05 \times 10^7$  ufc/100ml para os coliformes fecais,  $7,31 \times 10^6$  ufc/100ml para *Escherichia coli* e  $2,19 \times 10^6$  ufc/100 ml para os enterococos (Fig.8). Figura 8 – Variação das concentrações médias anuais dos parâmetros associados à componente microbiológica da ETAR da Guia entre 1997 e 2009

### 3.2. Meio receptor

No quadro 2 apresentam-se a média e o desvio padrão dos parâmetros assinalados no documento INAG: percentagem de saturação e a clorofila *a* no Verão e transparência e nitrato no Inverno, durante o período de onze anos de acompanhamento (1997-2009). Os resultados dizem respeito apenas a águas superficiais.

Quadro 2 – Média e desvio padrão da percentagem de saturação, clorofila *a*, transparência e nitrato no Verão e no Inverno

	Inverno				Verão			
	%Saturação	Clorofila <i>a</i> (mg/m <sup>3</sup> )	Transparência (m)	Nitrato mg/L N	%Saturação	Clorofila <i>a</i> (mg/m <sup>3</sup> )	Transparência (m)	Nitrato mg/L N
média ± s	99±4,5	0,8±0,4	5,9±2,7	0,089±0,064	106±13,4	1,7±1,01	6,6±2,0	0,045±0,041
INAG	>90%	<10	>2	<0,210	>90%	<10	>2	<0,210

s – desvio padrão

Entre 1997 e 2009, o valor guia do documento INAG para a transparência das águas (2 m) foi sempre ultrapassado no Inverno, (Fig. 9).

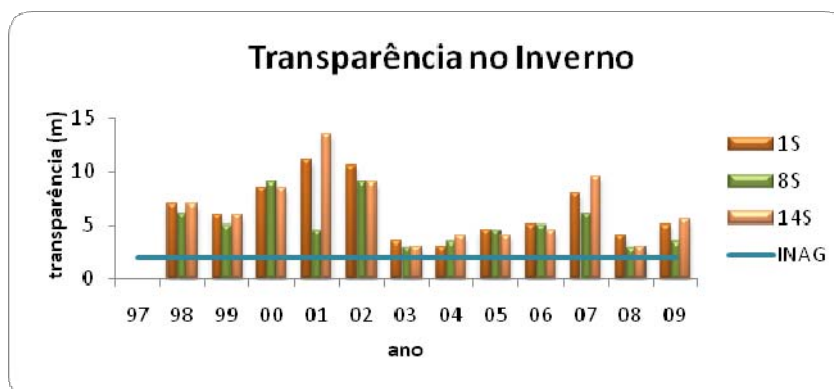


Figure 9 – Transparência das águas no Inverno, de 1997 a 2009.

No período em avaliação a concentração média do nitrato nas águas superficiais foi de 0,089 mg/L, e nunca ultrapassou o valor proposto pelo INAG, 0,210 mg/L (Fig. 10). No Verão, a concentração em nitrato foi cerca de metade da observada no Inverno. O nitrato revelou diferenças significativas no decurso dos treze anos nas águas de superfície (gdl = 11; <0,05), mas não entre locais de amostragem. Nestas águas costeiras o nitrato não parece trazer quaisquer problemas relativamente a processos de eutrofização (Paulo Martins *et al*, 2006).

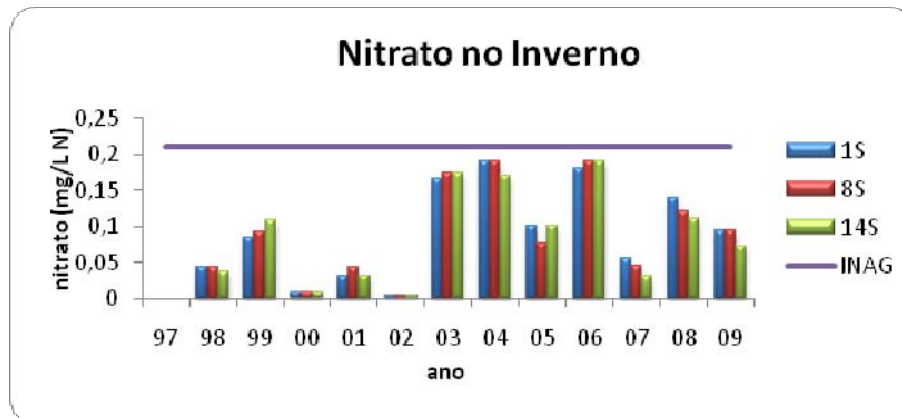


Figure 10 – Nitrato no Inverno, de 1997 a 2009.

No Verão e nas águas de superfície, o oxigénio dissolvido, em percentagem de saturação, deve ser superior a 90 %, em 90 % dos casos. Com efeito, esta percentagem foi observada no conjunto dos treze anos cumprindo-se as orientações do INAG (Fig.11), bem como os termos da Directiva 76/160/CEE (Quadro 1). Os resultados evidenciaram águas costeiras bem oxigenadas. A análise de variância (ANOVA) mostrou diferenças significativas entre os valores de percentagem de saturação correspondentes aos os treze anos em análise (g.d.l.=11;  $p < 0.05$ ), mas novamente não foram detectadas diferenças significativas entre locais. No Inverno, a percentagem de saturação foi inferior, com uma variação menor (Quadro 2).

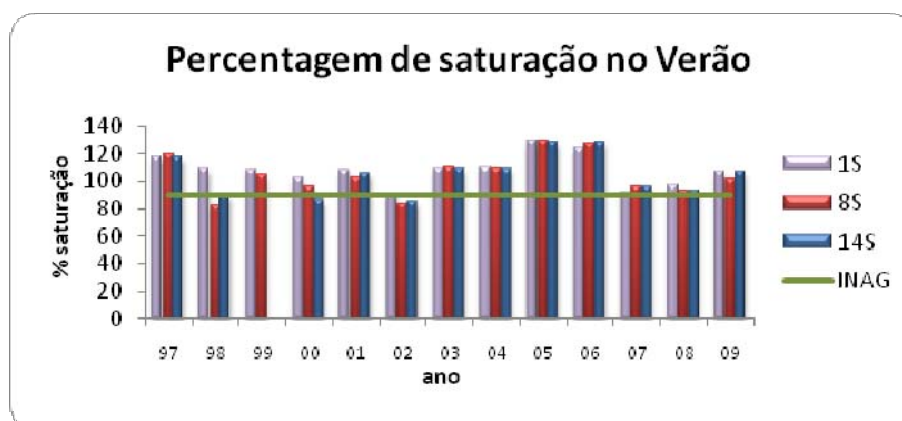


Figura 11 – Percentagem de saturação, de 1997 a 2009

No Verão, a concentração média de clorofila *a* foi 1,7 mg/m<sup>3</sup> e nunca atingiu o valor máximo declarado pelo INAG ao longo do período de acompanhamento (Fig.12). No entanto, a ANOVA revelou

diferenças significativas entre os treze anos ( $gdl=11$ ;  $p<0,05$ ), mas não entre locais. No Inverno a concentração em clorofila *a* foi de cerca de metade (Quadro 2).

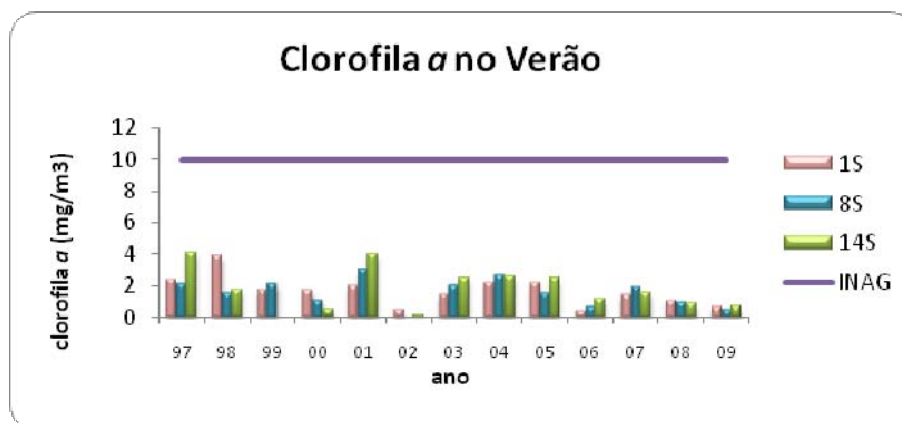


Figure 12 – Clorofila *a* no Verão de 1997 a 2009.

Ao longo do período analisado, estes quatro parâmetros avaliados nas águas receptoras superficiais apresentaram concentrações sempre inferiores aos estipulados nos documentos de referência.

No entanto, a ETAR da Guia, descarrega continuamente no oceano Atlântico um efluente urbano com uma elevada carga microbiana ( $10^7$ UFC/100 ml), de origem humana e outros animais de sangue quente, através do emissário submarino. A presença destes microrganismos na coluna de água, ao longo do tempo, não apresenta um padrão evolutivo definido. Em consequência, e ao contrário dos parâmetros químicos, os coliformes fecais (CF) não apresentaram diferenças significativas entre os treze anos e nas duas épocas estudadas ( $gdl=11$ ;  $p < 0.05$ ) nas águas de superfície e do meio e fundo também analisadas para esta componente. Entre os locais, a ANOVA revelou diferenças significativas entre o nível médio e as águas de fundo, provavelmente devido à estratificação que aprisiona a pluma do emissário a cerca de 20 m de profundidade, contrastando com a superfície, onde não foram encontradas diferenças significativas entre os locais.

Na coluna de água, a maior concentração destes microrganismos verificou-se no nível médio das águas, seguida das águas do fundo e em menor concentração nas águas superficiais. Os coliformes fecais tendem a concentrar-se no local 8, que é o mais próximo da saída de descarga. Nas águas de superfície, a pluma de descarga é arrastada para Noroeste pelas correntes superficiais e velocidade residual, enquanto nas águas do nível médio e do fundo a tendência é para uma dispersão mais difusa (Neves, 1998). Nas duas épocas analisadas, e nas águas de superfície, concentração de CF decaí até atingir o VMA (2000 UFC/100 ml) dentro de aproximadamente 1 km. Nas águas do nível médio essa distância é maior podendo atingir cerca de 1,5 a 2,5 km até atingir o VMR e cerca de um quilómetro mais até se alcançar o VMA.

A composição elementar (também designada por “metais pesados”) no meio receptor tem sido analisada pela técnica multielementar simultânea de espectrometria de raios X de reflexão total (TXRF).

Relativamente aos valores encontrados ao longo dos anos nesta região, e confrontando a gama de valores obtida com os valores máximos admissíveis da Normas de Qualidade Ambiental (NQA, Directiva 2008/105/CE) ou no Decreto-Lei 236/98- Anexo XXI) (Quadro 3), verifica-se que o valor máximo atingido (em certos casos, um valor pontual) para todos os elementos é bastante inferior aos valores do Anexo XXI do Decreto-Lei. Relativamente aos quatro valores referidos nas NQA, respeitantes a médias anuais, a média de concentrações obtidas para o níquel e o chumbo são

inferiores aos da Directiva 2008/105/CE. Para o cádmio o valor obtido diz respeito a uma só ocorrência em 346 amostras, o que se considera um acontecimento pontual, não devendo ser considerado para discussão. O mercúrio foi sempre inferior ao limite de quantificação, o qual ficará desadequado quando da entrada em vigor da referida Directiva. Será, por isso, no futuro proposto novo método analítico para o mercúrio de forma a cumprir as exigências das NQA.

Os teores de metais da ETAR da Guia nunca excederam os limites para águas residuais, não sendo, por isso, de esperar contaminações em metais nesta região devidas ao emissário submarino.

Quadro 3 – Número de ocorrências (N), média, valor mínimo e máximo de concentração elementar de 1999 a 2005, valores máximos admissíveis do Dec Lei 236/98 e valores médios anuais para águas de superfície das NQA, Directiva 2008/105/CE (concentrações em µg/L).

Elemento	N	Média	min-max	Dec 236/98 Anexo XXI	Lei 2008/105/CE Normas de Qualidade Ambiental
Ti	159	5	1,6 - 32	-	
V	164	1,6	1,1 - 3,5	-	
Cr	7	2,5	0,6 - 8,5	50	
Fe	346	54,1	5,7 - 330	-	
Co	33	3,3	0,6 -	-	
Ni	227	2,1	0,5 -	50	20
Cu	97	1,3	0,5 - 9	100	
Zn	346	10,7	0,9 - 112	500	
As	32	2,1	0,7 - 4,8	-	
Se	3	0,3	0,1 - 0,4	-	
Mo	346	11,4	7,9 - 15	-	
Ag	6	1,2	0,7 - 2,3	-	
Cd	1	1,5	1,5	10	0,2
Sn	53	9,3	2,2 - 77	-	
Hg	0	<1	-	1	0,05
Pb	143	1,9	0,8 -	50	7,2

#### 4. CONCLUSÕES

As águas residuais da ETAR da Guia, veiculando efluentes urbanos, correspondem a efluentes domésticos sem tratamento de carga média, de acordo com Metcalf & Eddy (2003).

Não se verificaram grandes flutuações em relação aos parâmetros caracterizadores das águas residuais da ETAR da Guia, atribuindo as variações de concentração observadas a flutuações nos valores de caudal afluente à ETAR. De facto, apesar do sistema de saneamento veicular essencialmente efluentes domésticos, alguma fracção das águas pluviais é introduzida no sistema, conduzindo a diluição em altura de maior pluviosidade.

Nas águas receptoras, ao longo dos treze anos monitorização (1997-2009) os quatro parâmetros químicos e físicos analisados cumpriram os valores de referência estabelecidos pelo INAG quer no Verão quer no Inverno. O resultado da análise de variância, aplicado para os mesmos parâmetros químicos nas águas superfície, em função do ano e local de amostragem revelaram que o tempo é a maior causa da variabilidade do sistema em treze anos de acompanhamento.

Nas águas superficiais do meio receptor não foi encontrado enriquecimento em nutrientes uma vez que o efluente também é pobre nesses elementos. Enriquecimentos discretos podem estar associados a episódios de *runoff* durante os períodos das chuvas e ao fenómeno de *upwelling* que, de acordo com Fiúza *et al.* (1998), é típico da costa ocidental de Portugal, no Verão.

Ao contrário dos parâmetros químicos, os coliformes fecais nas águas superficiais não apresentaram diferenças significativas entre os anos, mas entre locais o que significa que as condições desfavoráveis das águas receptoras – salinidade (efeito de cloro), radiação solar, predação, processos de diluição – não permitem a sobrevivência destes microrganismos.

A pluma da descarga foi detectada essencialmente no nível médio da coluna de água. Numa distância de 1,5 a 2,5 km, aproximadamente, a população de coliformes fecais atinge o VMA (2000CFU/100 ml), sendo o VMR (100CFU/100 ml) atingido um quilómetro mais adiante, o que revela um nível elevado de diluição devido ao hidrodinamismo local

As condições hidrodinâmicas da costa ocidental de Portugal conduzem a uma elevada diluição e dispersão, bem como a processos de degradação biológica elevados. Neves *et al.* (2002), referem que o clima de onda e a circulação local, que consequentemente induzem a ressuspensão, são as principais causas do reduzido impacto da descarga neste ecossistema costeiro. Além disso, as fortes correntes induzidas pelas marés, densidade, vento e também o clima de ondas, promovem diluições iniciais superiores a 1/1000.

A monitorização ambiental da descarga do emissário Submarino da Guia tem permitido obter informação sobre o estado da qualidade das águas receptoras e avaliar o impacto das águas residuais no oceano Atlântico podendo assim ser incorporada na monitorização de vigilância estipulada na DQA.

Por outro lado a melhoria da qualidade das águas das praias da Costa do Estoril é uma consequência directa deste sistema de saneamento podendo por isso também ser incluída na monitorização operacional recomendada na DQA.

O desenvolvimento aprofundado e extenso sobre o conhecimento de sistemas costeiros é muito importante porque fornece a explicação dos processos responsáveis pelos resultados obtidos, o que, por sua vez, permite acções de prevenção e gestão. Com esta informação estamos a apoiar o processo decisório, permitindo assim a sustentabilidade desta área costeira.

## BIBLIOGRAFIA

Costa, M. M.; Barreiros, M. A.; Carvalho M. L. e Queralt, I. - Multi-element characterization of estuarine sediments and waters. *X-Ray Spectrometry* **28** – 410, 1999.

Decisão da Comissão 2001/720/EC, de 8 de Outubro de 2001, que concede a Portugal uma derrogação relativa ao tratamento das águas residuais urbanas para a aglomeração da Costa do Estoril. *Jornal Oficial* L 269, 10.10.2001, pp. 14-16.

Decreto-Lei 198/2008 de 8 de Outubro de 2008, revisão da identificação das zonas sensíveis e das zonas menos sensíveis. *Diário da República*, 1.ª série — N.º 195 — 8 de Outubro de 2008, pp. 7130-7133.

Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto de 1998 estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos. *Diário da República*, 1ª série A, nº 176/98, 1 de Agosto de 1998, pp: 3676 – 3722.

Directiva 91/271/CEE do Conselho de 21 de Maio de 1991, relativa ao tratamento de águas residuais urbanas. *Jornal Oficial* L 135, 30.5.1991, pp. 40-52.

Directiva 91/676/CEE do Conselho de 12 de Dezembro de 1991, relativa à protecção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola. *Jornal Oficial* L 0676, 11.12.2008, pp. 1-13.

Directiva 98/83/CE do Conselho de 3 de Novembro de 1998, relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano. Jornal Oficial L 330, 5.12.98, pp.32-54.

Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Outubro de 2000, que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água. Jornal Oficial L 327, 22.12.2000, pp. 1-72.

Directiva 2006/7/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 15 de Fevereiro de 2006, relativa à gestão das águas balneares e que revoga a directiva 76/160/CEE. Jornal Oficial L 64, 4.3.2006, pp. 37-51.

Directiva 2008/1/CE do Conselho de 15 de Janeiro de 2008, relativa à prevenção e controlo integrados da poluição. Jornal Oficial L 24, 29.1.2008, pp.8-29.

Directiva 2008/56/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 17 de Junho de 2008, que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política para o meio marinho - Directiva Quadro ("Estratégia Marinha"). Jornal Oficial L 164, 25.6.2008, pp. 19-40.

Directiva 2008/105/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2008, relativa a normas de qualidade ambiental no domínio da política da água que altera e subsequentemente revoga as Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE e 86/280/CEE do Conselho, e que altera a Directiva 2000/60/CE. Jornal Oficial L 348, 24.12.2008, pp. 84-97.

Fiúza, A., Hamann, M., Ambar, I., Diaz del Rio, G., Gonzalez, N. & Cabanas, J.M. (1998) - "Water masses and their circulation off western Iberia during May 1993". *Deep Sea Research* 45: 1127-1160. 1998.

Guidance Document No 7, 2003 - Common implementation strategy for the water framework directive (2000/60/EC). "Monitoring under the Water Framework directive". European Commission, 2003

Guidance Document No 19, 2009 - Common implementation strategy for the water framework directive (2000/60/EC). Guidance on surface water chemical monitoring under the Water Framework directive". Technical Repor-2009-025. European Commission, 2009.

INAG – Documento INAG (1998) – "Linhas de Orientação Metodológica para a Elaboração dos Estudos Técnicos necessários para cumprir o art.7º, do DL 152/97 – Descargas em zonas menos sensíveis". INAG – Ministério do Ambiente. Lisboa.

Metcalf & Eddy, inc. (2003) - *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse*. McGraw-Hill, Inc. New York.

Neves, R. (1998) - "Programa de monitorização do emissário submarino da guia: modelação matemática. Instituto Superior Técnico", Universidade Técnica de Lisboa. 99p.

Neves, R., Marecos do Monte, H., Santos, C., Quintino, V., Matos, J. & Zenha, H. (2002) - "Integrated Wastewater Management in Coastal Areas: Wastewater Treatment, Environmental Monitoring and Performance Optimisation of Costa do Estoril System". *2nd International Conference "Marine Waste Water Discharges"*. Istanbul, Turkey, September 16-20.

NP EN ISO/IEC 17025:2005 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. June 2005, 40p.

Paulo-Martins, C.; Santos, C.; Catarino, J.; Trancoso, A.; Ralheta, C.; Calisto, S.; Cabrita, M. & Neves, R. (2006) "Guia Submarine Outfall – Water Quality Monitoring" *4th International Conference "Marine Waste Water Discharges"*. Antalya, Turkey, November 16-20.

PRANGE, A. - Total reflection X-ray spectrometry: method and applications. *Spectrochim. Acta* 44B, 437. 1989.

Santos, C. e Catarino, J. (2009) - *Monitorização Ambiental do Emissário Submarino da Guia – Caracterização do Meio Receptor – 2008*, Relatório final. Relatório INETI/Cendes, Março 2009, 42p + Anexos.