

MONITORIZAÇÃO AMBIENTAL DO EMISSÁRIO SUBMARINO DA GUIA

Cristina SANTOS¹, Justina CATARINO², Eugénia MARQUES³, Zélia FIGUEIREDO⁴, Ascensão TRANCOSO⁵, Pedro BARATA⁶, Helena MARECOS⁷ e Ramiro NEVES⁸

PALAVRAS CHAVE

Emissário submarino, Monitorização ambiental, Águas residuais

RESUMO

O Sistema de Saneamento da Costa do Estoril que opera desde 1994, inclui um interceptor gravítico com cerca de 25 km, uma estação de tratamento de águas residuais subterrânea na Guia e um emissário submarino com cerca de 2900 metros de comprimento com dois difusores de 400 metros que descarregam o efluente a cerca de 40 metros de profundidade. Com um caudal médio de 170 000 m³ por dia, o Sistema serve cerca de 720 000 hab. eq., estimando-se que em 2020 sirva mais 200 000 hab. eq. O Sistema foi concebido para ter tratamento preliminar na ETAR da Guia, estando em curso o *upgrade* da estação para satisfazer a actual directiva das águas residuais urbanas.

O meio receptor é objecto de um programa de monitorização promovido pela SANEST SA, empresa concessionária do Sistema desde 1996, envolvendo uma componente experimental para avaliar o impacte do efluente na qualidade das águas e nos sedimentos e uma componente de modelação matemática para identificar os processos que determinam esse impacte. A componente experimental envolve a medição de grandezas físicas, químicas, biológicas, microbiológicas no meio receptor e no efluente. A componente de modelação envolve modelação hidrodinâmica, dispersão da pluma no campo próximo e modelação da qualidade da água.

Esta apresentação descreve os métodos e alguns resultados químicos e microbiológicos do efluente e meio receptor. Os dados de campo mostram impacte insignificante e o modelo põe em evidência os processos físicos e biogeoquímicos que explicam esses resultados.

O sucesso do Sistema deve-se à elevada profundidade da zona de descarga que promove diluições iniciais até 1/1000 e a fortes correntes (residuais até 10cm/s) induzidas pela maré, densidade e vento. O impacte nos sedimentos é também baixo e localizado, como consequência das correntes e também da agitação marítima que está na origem da forte ressuspensão dos sedimentos (velocidades induzidas pelas ondas são superiores a 20cm/s atingindo muitas vezes 60cm/s).

¹ Investigadora, INETI - Estrada do Paço do Lumiar 1649-038 Lisboa – cristina.santos@ineti.pt

² Investigadora, INETI - Estrada do Paço do Lumiar 1649-038 Lisboa – justina.catarino@ineti.pt

³ Investigadora, INETI - Estrada do Paço do Lumiar 1649-038 Lisboa – eugenia.marques@ineti.pt

⁴ Engenheira Química - INETI - Estrada do Paço do Lumiar 1649-038 Lisboa – zelia.figueiredo@ineti.pt

⁵ Investigadora, INETI - Estrada do Paço do Lumiar 1649-038 Lisboa – maria.trancoso@ineti.pt

⁶ Primeiro Tenente, Esp. Hidrografia, IH – Rua das Trinas, 1200-856 Lisboa – silva.barata@hidrografico.pt

⁷ Directora de Estudos & Desenvolvimento, SANEST – Rua Flor da Murta, 2770-064 Paço de Arcos – hmarecos@sanest.pt

⁸ Professor Associado, IST – Av. Rovisco Pais 1049-001 Lisboa - ramiro.neves@ist.utl.pt

RESUMO ALARGADO

As condições hidrodinâmicas da costa ocidental de Portugal - que resultam das marés, vento e correntes litorais de densidade, associadas à acção do vento - estão entre as mais favoráveis das águas costeiras europeias para diluição e dispersão de águas residuais. Classificada pelo INAG como área menos sensível é uma zona conveniente para a localização de um emissário submarino. SANEST SA é a empresa responsável pela gestão do sistema de saneamento que inclui um interceptor de 25 km, paralelo à costa, uma ETAR subterrânea e um emissário submarino com 2,8 km comprimento. O emissário opera desde 1990 e descarrega no Oceano Atlântico, aproximadamente 170 000 m³ por dia. A dimensão do sistema de saneamento pode ser avaliada pela população servido pelo Sistema, que é aproximadamente 720 mil habitante equivalente sendo esperado alcançar 920 mil em 2020. O efluente urbano sofre um tratamento preliminar na ETAR de Guia, completamente subterrânea, próxima de Cascais. Actualmente o esquema de tratamento inclui apenas uma remoção de sólidos de dimensões superiores a 3mm (*step-screen*) e um desarenamento, antes do lançamento do efluente no Emissário Submarino Guia, a 40m de profundidade e 2,8 km da costa.

Para verificar se esta descarga não afecta adversamente o ambiente a SANEST lançou um programa de monitorização levado a cabo por laboratórios de estado independentes, Universidades e com o apoio da Marinha portuguesa. O programa de monitorização inclui medidas de propriedades biológicas, químicas, físicas e microbiológicas de amostras de efluente e das águas receptoras, assim como medidas das propriedades do sedimento. Desde 1999 estudos mensais foram introduzidos. Alguns resultados do programa de monitorização executado pelo INETI (Laboratório de Estado) em 2003 são apresentados nesta comunicação no que concerne o efluente da ETAR e as águas receptoras.

Mensalmente as águas residuais da ETAR foram amostradas com um amostrador automático. O meio receptor foi amostrado em 10 locais. Dependendo da localização ao emissário, a coluna de água foi amostrada a três ou a duas profundidades para parâmetros químicos e microbiológicos ou só microbiológicos.

No efluente da ETAR realizaram-se determinações para 19 parâmetros químicos, 5 microbiológicos e 3 ecotoxicológicos. No meio receptor efectuaram-se determinações para 7 parâmetros químicos, 5 microbiológicos e 1 biológico.

A maioria das determinações analíticas foi efectuada no INETI pelo Laboratório de Análises Ambientais e Controlo da Qualidade (LAACQ) e pelo Laboratório de Microbiologia Industrial (LMI) acreditados ao Sistema Português da Qualidade com os Certificados nº 90/L.50 e nº 00/L.283, respectivamente. Também do INETI participaram a Unidade de Monitorização e Ecotoxicidade (UME) e o Laboratório de Química Orgânica e de Síntese (LAQAS). A determinação de AOX foi subcontratada ao LPQ. O Instituto Hidrográfico determinou Pesticidas Organoclorados e PCB.

Os resultados apresentados referem apenas alguns dos parâmetros estudados e relativamente ao efluente pode dizer-se que em termos de CBO₅ e de CQO apresentaram concentrações consideradas médias para efluentes domésticos não tratados (Metcalf & Eddy, 2003). Excepto para sólidos dissolvidos totais (SDT) onde o efluente apresenta concentrações mais fortes, todos os outros parâmetros físico-químicos analisados em amostras de efluente são típicos de concentração média de águas residuais urbanas não tratadas. A composição microbiológica revelou algumas variações ao longo do tempo, também dependendo dos caudais afluentes à ETAR. Em termos gerais, os coliformes fecais apresentaram concentrações da ordem de 10⁷ UFC/100ml no efluente final.

Relativamente ao meio receptor, a discussão dos resultados teve em consideração o Anexo XV do Decreto-Lei 236/98 para as águas balneares e uma proposta do INAG “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” (documento de INAG). Analisando alguns resultados obtidos à luz dos critérios expostos, os parâmetros físico-químicos e biológicos não registaram alterações significativas face ao pré definido nos documentos que serviram de base a esta avaliação. A pluma do emissário só é identificável por bactérias fecais, na vizinhança da descarga - nas águas do meio e perto do fundo. Aproximadamente a 1 km do difusor, nas águas do meio e do fundo, a pluma de coliformes de fecais é ainda claramente detectada mas a 8 km já não é. O êxito do sistema é devido à elevada profundidade da zona de descarga (40 m), que promove diluições iniciais até 1/1000 e às correntes fortes (residual até 10 cm/s) induzidas pela maré, a densidade e vento, que induz ressuspensão forte dos sedimentos (medidas com um ADCP mostram que velocidades induzidas pelas ondas são tipicamente acima 20 cm/s, alcançando frequentemente 60 cm/s).

1 INTRODUÇÃO

As condições hidrodinâmicas da costa ocidental de Portugal - que resultam das marés, vento e correntes litorais de densidade, associadas à acção do vento - estão entre as mais favoráveis das águas costeiras europeias para diluição e dispersão de águas residuais. Classificada pelo INAG como área menos sensível é uma zona conveniente para a localização de um emissário submarino.

SANEST SA é a empresa responsável pela gestão do sistema de saneamento que inclui um interceptor de 25 km paralelo à costa, uma ETAR subterrânea e um emissário submarino com 2,8 km comprimento. O emissário opera desde 1990 e descarrega no Oceano Atlântico, aproximadamente 170000 m³ por dia. A dimensão do sistema de saneamento pode ser avaliada pela população servida pelo Sistema, que é aproximadamente de 720000 habitantes equivalente sendo esperado alcançar 920000 hab. eq. em 2020. O efluente urbano sofre um tratamento preliminar na ETAR de Guia, completamente subterrânea, próxima de Cascais (Fig. 1). Actualmente o esquema de tratamento inclui apenas uma remoção de sólidos (*step-screen*) com dimensões superiores a 3mm e um desarenamento antes do lançamento do efluente no Emissário Submarino Guia, a 40m de profundidade e 2,8 km da costa.

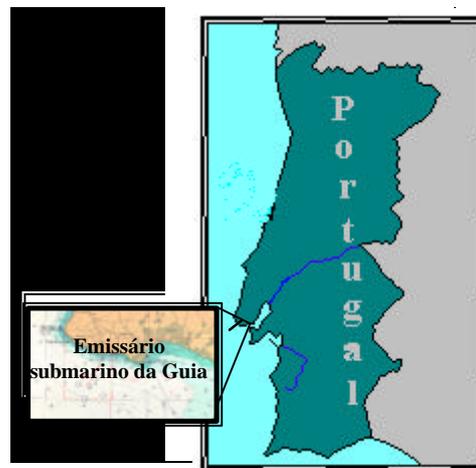


Figura 1 – Localização do emissário submarino da Guia, na costa Portuguesa

Para verificar se esta descarga não afecta adversamente o ambiente a SANEST lançou um programa de monitorização levado a cabo por Laboratórios de estado independentes, Universidades e com o apoio da Marinha Portuguesa. O programa de monitorização inclui medidas de propriedades biológicas, químicas, físicas e microbiológicas de amostras de efluente e das águas receptoras, assim como

medidas das propriedades do sedimento. Desde 1999 estudos mensais foram introduzidos. Alguns resultados do programa de monitorização executado pelo INETI (Laboratório de Estado) em 2003 são apresentados nesta comunicação no que concerne ao efluente da ETAR e as águas receptoras.

2 METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM

2.1 Águas Residuais

Amostras compostas de efluente foram colhidas mensalmente com uma amostrador automático.

2.2 Meio receptor

Mensalmente, a coluna de água foi amostrada em 7 locais (1, 5, 6, 8, 10, 12 e 14) a três profundidades (superfície, meio e fundo) e 2 locais (15 e 16) a duas profundidades (superfície e meio), para análise microbiológica. Os locais 1, 8, 14 e M foram amostrados a 3 profundidades para análise química e os restantes apenas à superfície. Os locais de amostragem encontram-se esquematicamente representados na figura 2. O local M situa-se a cerca de 8 km do emissário. O local 17 foi amostrado a partir de Setembro a duas profundidades (superfície e meio), para análise microbiológica. As amostras foram colhidas com um *rosette* de onze garrafas Niskin de 2,5 L. Um CTD foi acoplado a esta *rosette* permitindo um perfil contínuo para salinidade, temperatura e turbidez da coluna de água. Esta tarefa foi executada com o apoio do Instituto Hidrográfico.

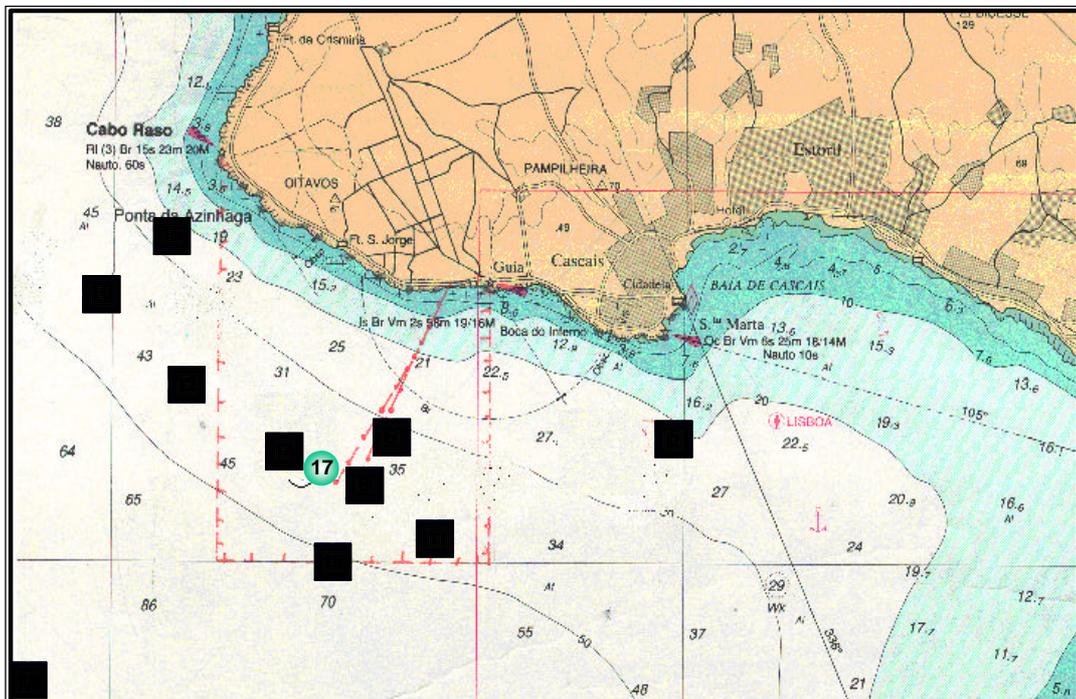


Figura 2 - Locais de Amostragem do Programa de Monitorização em 2003

3 MÉTODOS ANALITICOS

A maioria das determinações analíticas foi efectuada no INETI pelo Laboratório de Análises Ambientais e Controlo da Qualidade (LAACQ) e pelo Laboratório de Microbiologia Industrial (LMI) acreditados ao Sistema Português da Qualidade de acordo com a norma NP EN ISO/IEC 17025 e a Directiva CNQ 31, ao abrigo do Decreto-Lei nº4/2002 de 4 de Janeiro, com os Certificados nº 90/L.50 e nº 00/L.283, respectivamente do LAACQ e do LMI. Também do INETI participaram a Unidade de Monitorização e Ecotoxicidade (UME) e o Laboratório de Química Orgânica e de Síntese (LAQAS). A determinação de AOX foi subcontratada ao LPQ. O Instituto Hidrográfico determinou Pesticidas Organoclorados e PCB.

A tabela I apresenta todos os parâmetros e o método analítico correspondente, relativos à caracterização do efluente.

Tabela I Parâmetros e métodos para a caracterização do efluente

Parâmetro	Método de análise	Laboratório
AOX	Subcontratado (DIN EN1485)	LPQ
Azoto amoniacal*	NP 4319	INETI/LAACQ
Azoto Kjeldahl*	NP EN 25663	INETI/LAACQ
Bacteriófagos	ISO 10705-2:2000	INETI/LMI
Carência Bioquímica de Oxigénio*	ME 200.11	INETI/LAACQ
Carência Química de Oxigénio*	NP 4329	INETI/LAACQ
Composição elementar (Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sn, Hg, Pb)	TXRF	INETI/LAACQ
Contagem de coliformes totais	ISO 9308-1:1990	INETI/LMI
Contagem de coliformes fecais	ISO 9308-1:1990	INETI/LMI
Contagem de estreptococos fecais	ISO 7899-2: 1984	INETI/LMI
Determinação de <i>Escherichia coli</i>	ISO 9308-1: 1990	INETI/LMI
Fósforo total*	SMEWW, 4500-P D	INETI/LAACQ
Nitritos*	NP EN 26777	INETI/LAACQ
Nitratos	NP 4338 -1	INETI/LAACQ
Óleos e Gorduras e Hidrocarbonetos	SMEWW, 5520C	INETI/LAQAS
PCB	1A/QO	IH
Pesticidas organoclorados	1A/QO	IH
pH*	NP 411	INETI/LAACQ
Sólidos Dissolvidos Totais*	SMEWW, 2540 C	INETI/LAACQ
Sólidos Suspensos Totais*	SMEWW, 2540 D	INETI/LAACQ
Tensoactivos aniónicos (sulfato de laurilo e sódio)*	ME 200.05	INETI/LAACQ
Teste Microtox	ISO 11348-3: 1998	INETI/UME
Teste Dáfnia	ISO 6341: 1996	INETI/UME
Teste Lemna	ISO/CD20079	INETI/UME
Ftalatos	Método Interno	INETI/LAQAS
PAH	EPA 610 modificado	INETI/LAQAS

(*)Ensaio acreditados ao Sistema Português da Qualidade

ME – Método de ensaio NP – Norma Portuguesa

200.05 – Espectrometria de absorção molecular – etilenodiamina-cobre (II)

200.11 – Método das diluições

Na tabela II encontram-se resumidos todos parâmetros e métodos relativos às águas receptoras. O pH foi determinado *in situ* e a temperatura e a salinidade foram fornecidos pelo perfil de CTD.

Tabela II – Parâmetros e Métodos para a caracterização do meio receptor

Parâmetro	Método de análise	Laboratório
Azoto amoniacal	Aminot e Chaussepied (EAM)	INETI/LAACQ
Bacteriófagos	ISO 10705-2:2000	INETI/LMI
Clorofila <i>a</i>	SMEWW 10200	INETI/CENDES
Composição elementar (Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sn, Hg, Pb)	TXRF	INETI/LAACQ
Contagem de coliformes fecais	ISO 9308-1:1990	INETI/LMI
Contagem de coliformes totais	ISO 9308-1:1990	INETI/LMI
Contagem de estreptococos fecais	ISO 7899-2: 1984	INETI/LMI
Determinação de <i>Escherichia coli</i>	ISO 9308-1: 1990	INETI/LMI
Fosfatos	Strickland e Parsons (EAM)	INETI/LAACQ
Nitratos	Skalar 461	INETI/LAACQ
Nitritos	Skalar 21625	INETI/LAACQ
Oxigénio Dissolvido*	NP 733	INETI/LAACQ
pH	potenciometria (<i>in situ</i>)	INETI/CENDES
Transparência	Disco de Secchi	INETI/CENDES

(*)Ensaio acreditado ao Sistema Português da Qualidade
(EAM) Espectrometria de absorção molecular

4 RESULTADOS

4.1 Efluente da ETAR

As figuras 3 e 4 representam os resultados de CBO₅ e CQO em 2003. Estes valores de CBO₅ e de CQO apresentaram concentrações consideradas médias para águas residuais urbanas não tratadas (Metcalf e Eddy, 2003), e dependente do caudal uma vez que o sistema de saneamento da SANEST não se encontra completamente separado e transporta alguma água pluvial juntamente com efluentes industriais, comerciais e residenciais, contribuindo para a diluição do efluente nos meses onde a precipitação é mais significativa. Foi possível obter uma correlação significativa ($r^2=0,7$) entre CQO e CBO₅ do efluente. Excepto para sólidos dissolvidos totais (SDT) onde o efluente apresenta concentrações mais fortes, todos os outros parâmetros físico-químicos analisados em amostras de efluente são típicos de concentração média de água residual urbana não tratada.

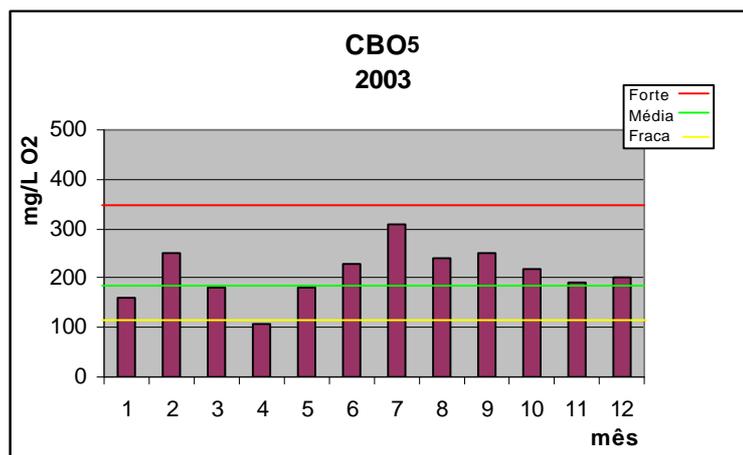


Figura 3 – Variação dos teores em CBO₅ do efluente da ETAR da Guia

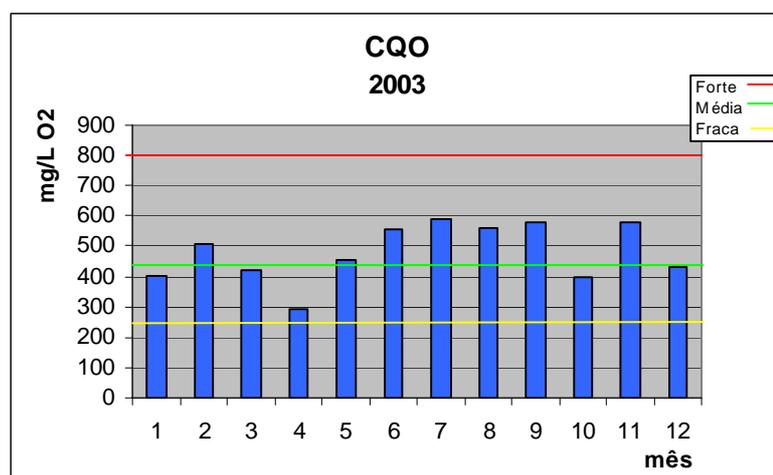


Figura 4 – Variação dos teores em CQO do efluente da ETAR da Guia

A composição microbiológica revelou algumas variações ao longo do tempo, também dependendo dos caudais. Em termos gerais, os coliformes fecais apresentaram concentrações da ordem de 10⁷UFC/100ml no efluente final.

Por razões legais, a estação de tratamento vai ser melhorada para satisfazer um nível de tratamento primário e um tratamento mais sofisticado que inclui desinfecção durante a época balnear, de acordo com a Decisão de Comissão de 8 Outubro de 2001, que concedeu a Portugal a derrogação de tratamento de efluente urbano para a aglomeração do Costa do Estoril (2001/729/EC).

4.2 Meio Receptor

A discussão dos resultados do programa de monitorização teve em consideração a Directiva 76/160/EEC das águas balneares e uma proposta do INAG “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” (documento de INAG). Ambos são apresentados nas tabelas III e IV.

Tabela III - Valores de referência

Parâmetro	Qualidade das águas balneares D.L. 236/98 (Anexo XV)		Documento INAG	Qualidade mínima para águas superficiais D.L. 236/98 (Anexo XXI)
	VMR	VMA	Valor de Referência	VMA
pH (escala Sorënsen)	---	6-9	---	5-9
Oxigénio Dissolvido (% Sat)	80-120 % de saturação	---	?90% de saturação, no Verão	50%
Nitratos dissolvidos	---	---	<0,930 (mg/L NO ₃ ⁻) ou <0,210 (mg/L N), no Inverno	---
Azoto amoniacal (mg/L NH ₄)	---	---	---	1
Fósforo total (mg/L P)	---	---	---	1
Clorofila <u>a</u> (mg/m ³)	---	---	<10mg/m ³ no Verão	---

	VMR (Valor mínimo recomendável)	VMA (Valor mínimo admissível)	Documento INAG
Transparência (m)	2	1	?2 , no Inverno

Tabela IV – Valores estabelecidos pelo Anexo XV do DL 236/98, no que se refere aos indicadores de poluição entérica.

Águas Balneares		
Parâmetros/100ml	VMR	VMA
Coliformes totais	500	10 000
Coliformes fecais	100	2 000
Estreptococos fecais	100	-

Valor Máximo Recomendado (VMR) e Valor Máximo Admissível (VMA).

Tendo em consideração os critérios expostos e analisando alguns resultados obtidos, verificou-se que a transparência foi sempre superior a 2 metros no Inverno, conforme estipulado (fig. 5).

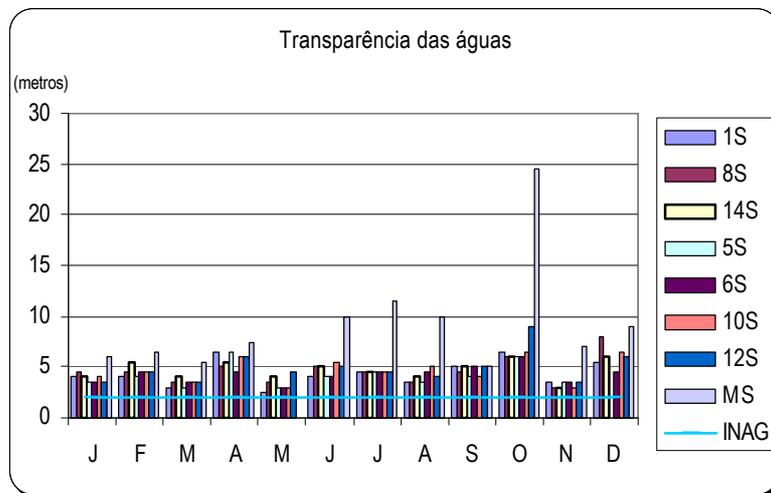


Figura 5 - Transparência das águas na zona da Guia em 2003

A percentagem de saturação em oxigénio fornece uma informação semelhante à do oxigénio dissolvido depois de corrigida com os valores da temperatura e da salinidade. Nas águas de superfície na zona da Guia, em 2003, observaram-se elevados valores de percentagem de saturação de oxigénio, que ultrapassaram os 90% de saturação, em 100% dos resultados, cumprindo na íntegra com o estipulado no documento INAG (fig. 6).

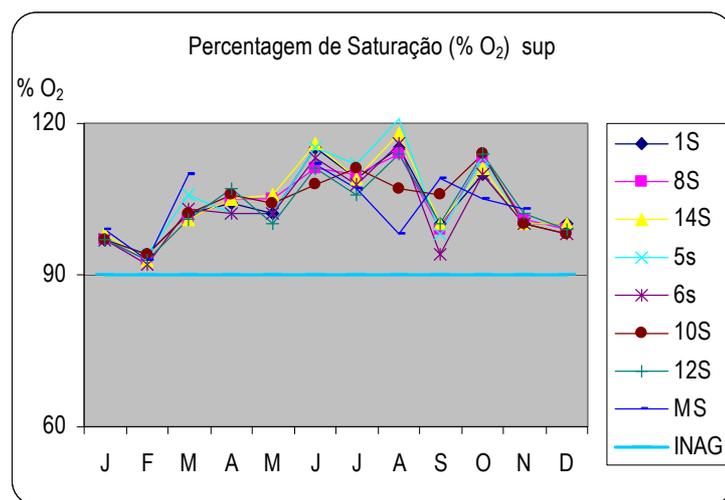


Figura 6 – Percentagem de saturação (% O₂) nas águas superficiais da Guia - 2003

Em zonas temperadas a concentração de nitrato nas águas superficiais atinge um máximo no Inverno quando a fotossíntese é mínima e a mistura da água por convecção é predominante. Na Primavera e Verão o nitrato é consumido pelo fitoplancton e a sua concentração nas águas diminui. Embora dependente das condições atmosféricas, este cenário foi observado durante 2003. No entanto, no início de 2003 (fig. 7) a concentração em nitrato à superfície excedeu o valor proposto pelo INAG, (0,210 mg/L N, no Inverno) o que pode estar relacionado com as escorrências originadas pelas chuvas que caíram no final de 2002 e em Janeiro 2003.

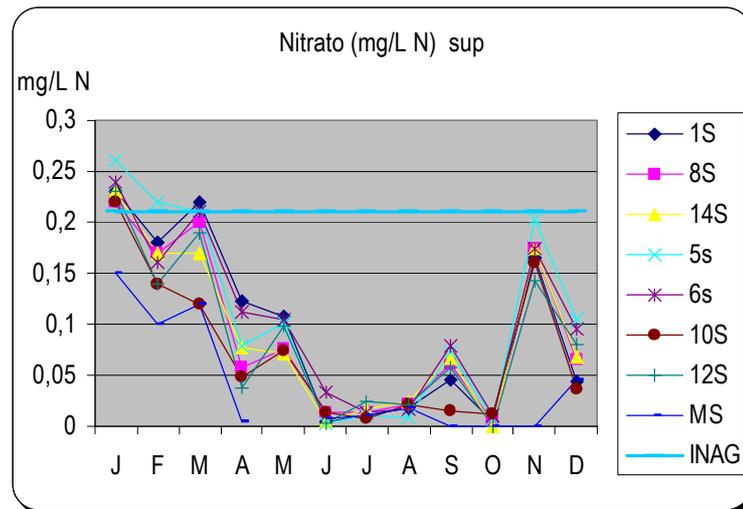


Figura 7 – Concentração em nitrato (mg/L N) nas águas superficiais da Guia – 2003

Os valores de concentração de clorofila a nas águas superficiais e no Verão nunca alcançaram o limite de 10 mg/m³ proposto pelo INAG (fig.8). O seu desenvolvimento está muito dependente dos nutrientes e da luz do sol.

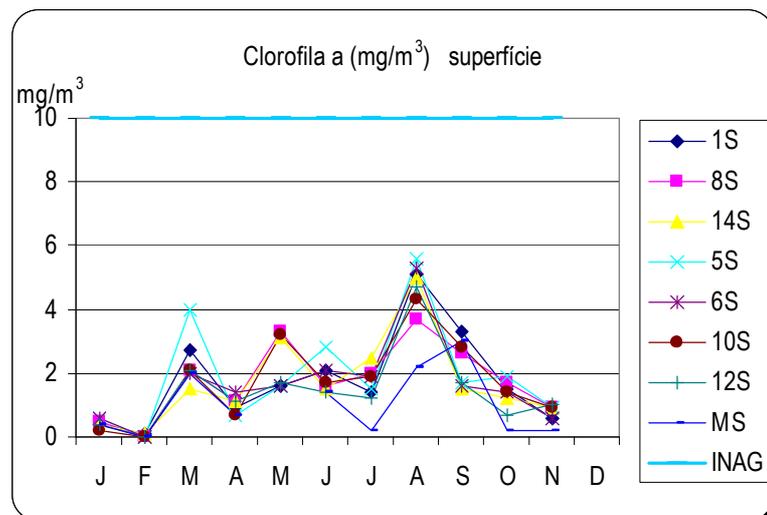


Figura 8 – Concentração em clorofila a (mg/m³) nas águas superficiais da Guia – 2003.

Na costa oeste de Portugal devido aos ventos que sopram do quadrante Norte durante o Verão, verifica-se um ressurgimento de nutrientes com origem em águas mais profundas, e também mais frias, designado por *upwelling*. Na zona em estudo e no mês de Agosto registaram-se na coluna de água, nos níveis médio e fundo, valores elevados de nitrato, que associado às baixas temperaturas e aos baixos valores de oxigénio dissolvido, apontam para uma ocorrência deste fenómeno nesta zona.

A presença de azoto amoniacal nas águas da Guia (fig. 9) está altamente correlacionada (a um nível de 99%) com a presença de coliformes fecais especialmente nas águas do nível médio onde a concentração destes microrganismos também foi mais elevada.

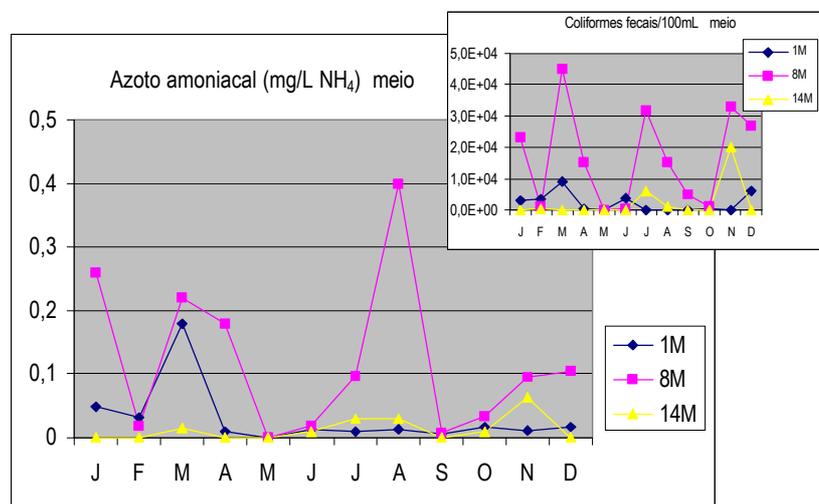


Figura 9 – Comparação da tendência evolutiva da concentração em Azoto Amoniacal (mg/L NH₄) nas águas do nível médio e da presença de coliformes fecais (UFC/100ml) no mesmo nível de amostragem, em três locais de colheita – 2003.

A presença de contaminação de fecal nas águas receptoras é uma consequência directa da descarga do efluente com tratamento preliminar. O local 8 (ver figura 2) sobre o emissário, no nível médio, apresenta a concentração mais elevada destes microrganismos excedendo, frequentemente, 2000 UFC/100 ml (VMA) num grande número de amostras. Pelo contrário, nas águas superficiais, poucas amostras excederam aquele valor e o VMR (100 UFC/100ml), querendo dizer que a pluma do emissário raramente alcança as águas superficiais estendendo-se pelo nível médio e pelo fundo (Fig. 10). A 1 km do difusor a pluma de coliformes de fecais é ainda claramente detectável mas a 8 km do

difusor já não é detectada. Os resultados obtidos para coliformes totais e estreptococos fecais apresentaram uma tendência idêntica.

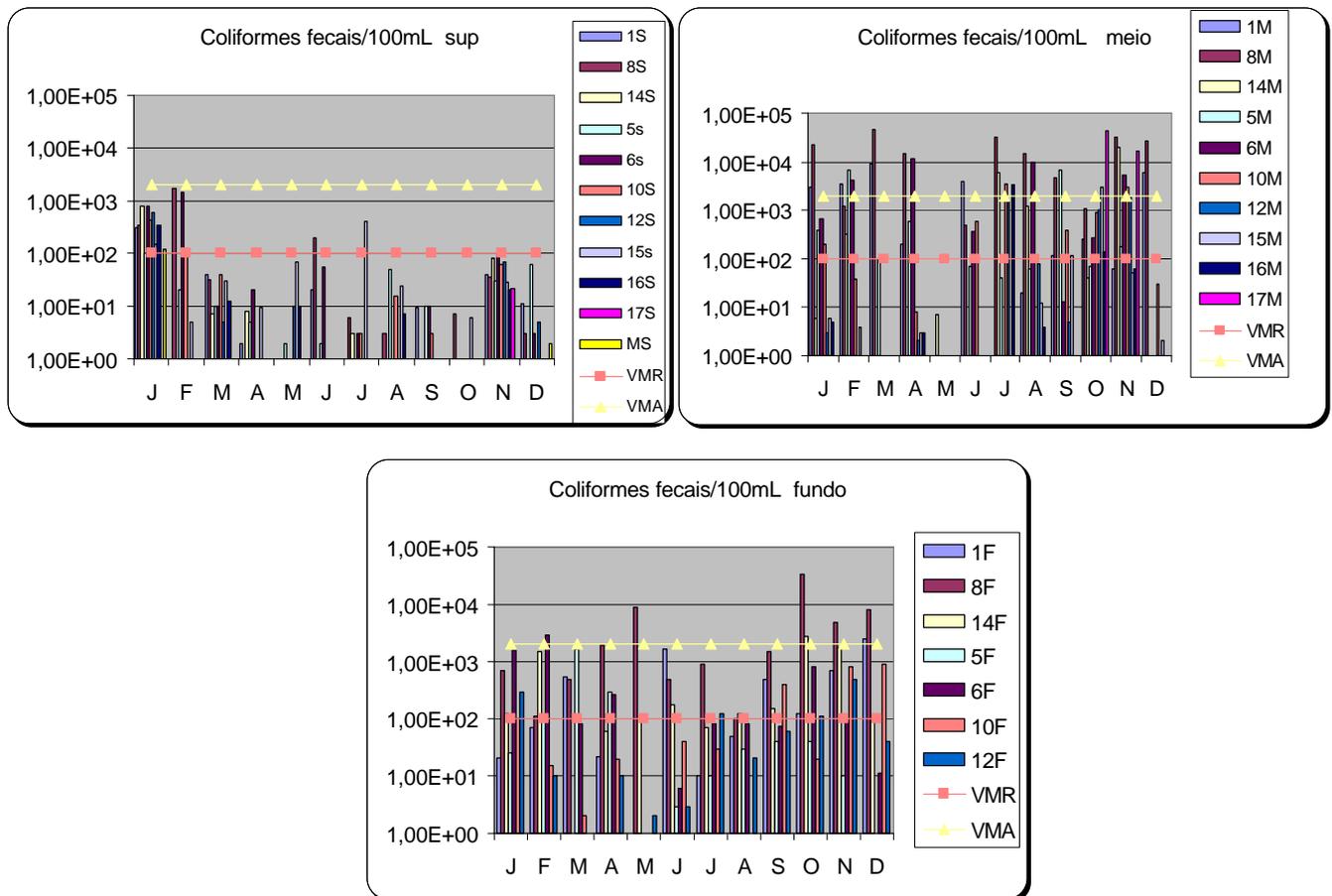


Figura 10 – Distribuição da concentração de coliformes fecais (UFC/100ml) nos três níveis de amostragem – superfície, meio e fundo – 2003.

5 CONCLUSÕES

5.1 Efluente

O efluente do Sistema de Saneamento da Costa do Estoril, tratado na ETAR da Guia, apresenta características médias de águas residuais urbanas, em termos da matéria orgânica, sólida e microbiana veiculada. A composição elementar é variada, encontrando-se os elementos metálicos em concentrações baixas. Uma apreciação global do efluente final, baseada numa bateria de ensaios

efectuada numa base de tempo regular permite classificar o efluente descarregado no Oceano como apresentando baixa ecotoxicidade.

5.2 Meio Receptor

As águas receptoras da zona da Guia comportaram-se como um sistema costeiro de uma zona temperada, altamente dependente da meteorologia. A qualidade da água do mar, relativamente aos parâmetros físico-químicos e biológicos, na zona circundante do emissário submarino, amostrados no ano de 2003 e em parte aqui referenciados, não registaram alterações significativas face ao pré definido nos documentos que serviram de base a esta avaliação – documento INAG e DL 236/98. A pluma do emissário é só identificável por bactérias fecais, na vizinhança da descarga - nas águas do meio e perto do fundo. Aproximadamente a 1 km do difusor, nas águas do meio e do fundo, a pluma de coliformes de fecais é ainda claramente detectada, mas a 8 km já não é. O êxito do sistema é devido à elevada profundidade da zona de descarga (40 m), que promove diluições iniciais até 1/1000 e às correntes fortes (residual até 10 cm/s) induzidas pela maré, a densidade e o vento, que induzem forte ressuspensão dos sedimentos (velocidades induzidas pelas ondas são tipicamente acima 20 cm/s alcançando frequentemente 60 cm/s, em medidas com ADCP).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMINOT, A. & CHAUSSEPIED, M., 1983 – *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*. Ed. CNEXO, 395p.

Decisão da Comissão de 8 Outubro de 2001 que concede a Portugal a derrogação relativa ao tratamento das águas residuais urbanas para a aglomeração da Costa do Estoril (2001/720/EC).

Decreto Lei 152/97 de 19 de Junho. Ministério do Ambiente. *Diário da República* nº 139/97, I série A:2959 – 2966.

Decreto Lei 236/98 de 1 de Agosto. Ministério do Ambiente. *Diário da República* nº 176/98, I série A:3676 – 3722.

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, 1998.

METCALF & EDDY - *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse*. McGraw-Hill, Inc. New York, 2003.

STRICKLAND, J.D.H. & PARSONS, T.R. 1972 - A practical handbook for seawater analysis. *Fisheries Research Board of Canada Bull 167*. (2nd ed). 310p.

SMEWW - *Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater* (20th ed.), American Public Health Association, Washington D. C. 1998