



sisippa 89

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED APPROACHES  
TO WATER POLLUTION PROBLEMS

SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR DES SOLUTIONS INTÉGRÉES  
POUR DES PROBLÈMES DE POLLUTION DE L'EAU

SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE SOLUÇÕES INTEGRADAS  
PARA PROBLEMAS DE POLUIÇÃO DA ÁGUA

EMISSÃO SUBMARINA:  
UMA SOLUÇÃO INTEGRADA PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES NA  
REGIÃO DE AVEIRO, PORTUGAL

OCEAN OUTFALLS:  
AN INTEGRATED SOLUTION FOR THE DISPOSAL OF EFFLUENTS IN THE  
REGION OF AVEIRO, PORTUGAL

EMISSION SUBMARINE:  
UNE SOLUTION INTÉGRÉE POUR LE TRAITEMENT DES EAUX RÉSIDUAIRES DANS LA  
REGION DE AVEIRO, PORTUGAL

Armando da Costa DUARTE<sup>(1)</sup>; Aristides HALL<sup>(2)</sup>

#### RESUMO

A região de Aveiro inclui a faixa litoral portuguesa que se estende entre as proximidades de Espinho e Mira. As excelentes condições de que dispõe, em termos de vias de comunicação, água e energia, promoveram o desenvolvimento de povoações e indústrias diversificadas cujos efluentes, em geral, ainda não estão a ser adequadamente tratados. Dadas as boas características de dispersão e de auto-depuração da zona costeira propõe-se que esse tratamento seja realizado por dispersão no meio marinho através de exdutores submarinos. Tal solução, que certamente seria a mais económica, evitaria a eutrofização da zona estuarina, que poderia então ser usada para aquacultura e recreio, e eliminaria as dificuldades associadas à operação de uma grande multiplicidade de estações de tratamento.

**Palavras chave:** exdutores submarinos, tratamento de esgotos, águas costeiras

#### ABSTRACT

The Aveiro region spreads along a coastal plain provided with a good supply of water, energy and communications, conditions that stimulated the development of several villages and industries. The wastewater generated seldom receives adequate treatment. Bringing the situation to an acceptable standard could be done by disposing of the mixed effluents, after appropriate pretreatment, through sea outfalls. This solution would help to clean up the estuarine waters for other uses, avoid the difficulties of properly operating a multitude of traditional treatment plants and reduce costs.

**Key words:** sea outfalls, effluent treatment, coastal waters.

<sup>(1)</sup>Lic Eng, Química, Ph.D, Public Health Engineering, Prof associado, Universidade de Aveiro

<sup>(2)</sup>Lic Físico-Químicas, Ph.D, Chemistry, Prof catedrático, Universidade de Aveiro

## 1 - INTRODUÇÃO

A região de Aveiro, esquematizada na Fig. 1, pode ser considerada como a zona litoral que fica compreendida, no sentido norte-sul, entre Espinho e Mira, e que se estende para nascente até aos contrafortes das Serras da Freita, Caramulo e Bussaco. Numa extensão de cerca de 45 km, existe uma barra arenosa, de largura não superior a algumas centenas de metros, que

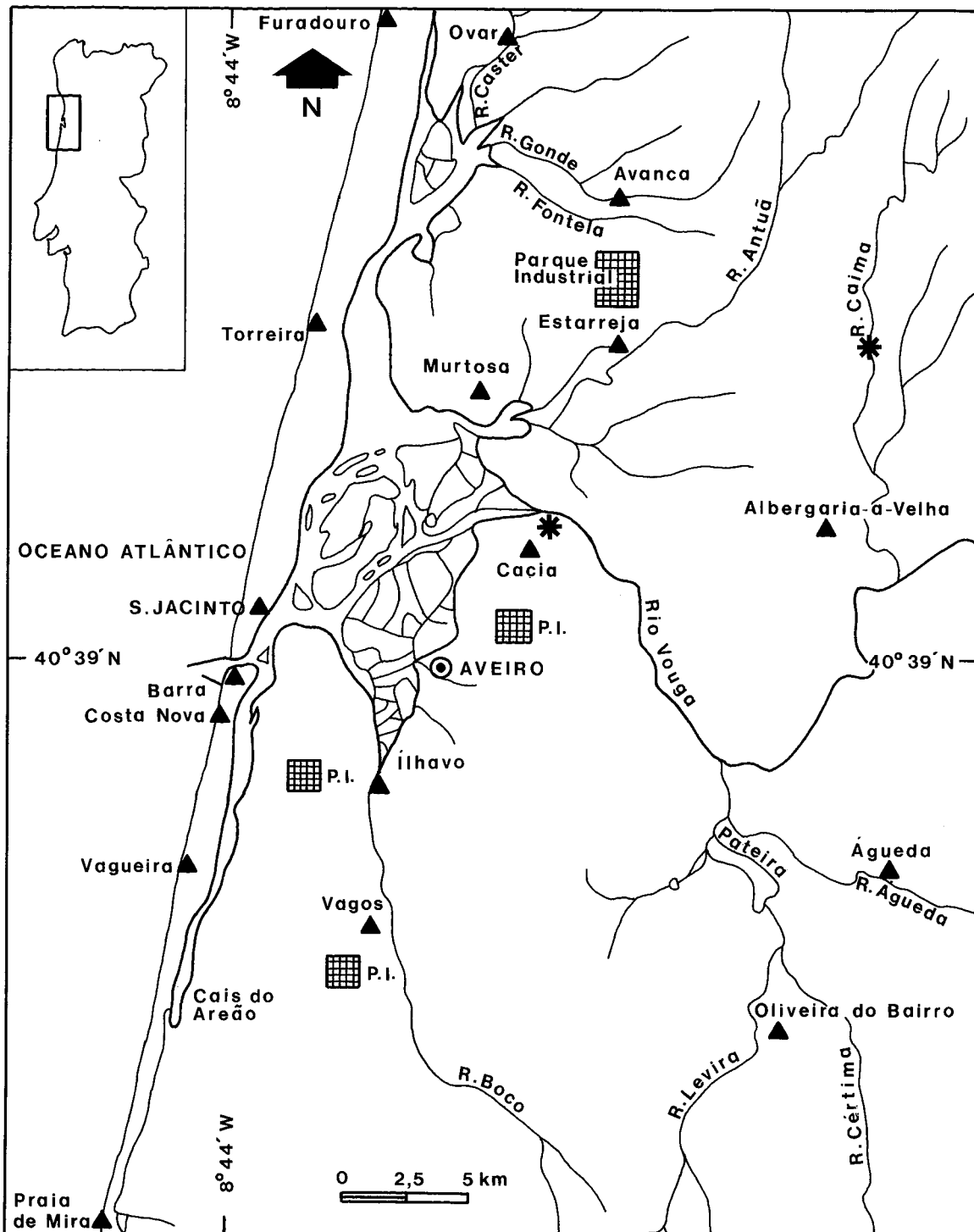


Fig. 1 - Região de Aveiro: localização dos rios, da Ria, das povoações mais importantes ( $\Delta$ ), dos parques industriais (#) e das fábricas de papel (\*).

separa o Oceano Atlântico de uma laguna costeira, ramificada e pouco profunda, a Ria de Aveiro, à qual afluem diversos cursos de água de pequeno caudal e dois rios de maior dimensão, nomeadamente o Vouga e o Antuã, cujos caudais médios anuais são da ordem de grandeza de 25 e 4 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, respectivamente.

A plataforma continental, que prolonga para poente a restinga arenosa, tem um declive bastante suave, atingindo a coluna de água uma profundidade da ordem dos 40 m a cerca de 2 km da costa. O fundo é arenoso e desprovido de acidentes topográficos significativos. O vento médio anual sopra predominantemente de N ou de S durante a manhã e de N e NW durante a tarde com intensidade que não excede os 14 ms<sup>-1</sup>, FARIA e MACHADO (1976). A corrente residual de superfície tem o sentido N-S, o qual é invertido para S-N após meio-dia de vento S ininterrupto, CARDOSO (1988). Durante o verão pode ocorrer "upwelling", FIÚZA (1982).

Sendo a zona de Aveiro essencialmente plana, rica em água e provida de boas vias de comunicação terrestres e aquáticas, desde longa data que tem atraído as populações do interior que, sendo essencialmente de agricultoras, tornaram o solo desta zona um dos mais produtivos de todo o país. Com a evolução da agricultura, a mão de obra excendentária ficou disponível para ocupação industrial, não tendo faltado empresários dispostos a criar as estruturas correspondentes. Desta forma, a região foi progressivamente ocupada por fábricas muito diversificadas nos sectores das indústrias química, metalomecânica e alimentar.

A falta de um ordenamento territorial claramente definido, associada a uma política de industrialização excessivamente liberal, fez com que o desenvolvimento agrícola e industrial viesse a originar uma malha larga de agregados urbanos (Fig. 1) e uma dispersão excessiva de pequenos parques industriais, uns e outros desprovidos das estruturas mínimas indispensáveis a uma razoável qualidade de vida e a uma adequada protecção do ambiente. Assim, só muito recentemente, começaram as povoações de mais de 500 habitantes a serem servidas por redes de esgotos, continuando os parques industriais e as fábricas isoladas, na sua maioria, desprovidos de infraestruturas de saneamento.

## 2 - PANORAMA ACTUAL DO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS NA REGIÃO DE AVEIRO

Todas as sedes de concelho possuem redes de esgotos, mas apenas Ovar, Estarreja, Albergaria-a-Velha e Aveiro estão equipadas com estações de tratamento por leitos percoladores, à exceção da de Albergaria que é por lagoas de arejamento. Os efluentes destas estações são descarregados nas linhas de água mais próximas sabendo-se que, em alguns casos, a sua qualidade é inaceitavelmente baixa. Como nenhuma das estações referidas efectua remoção de nutrientes, estes acabarão por ser descarregados na Ria de Aveiro onde se juntam aos resultantes das redes de esgoto das diversas povoações que não são servidas por estações de tratamento.

A maior parte das unidades industriais não possui qualquer sistema de tratamento de águas residuais descarregando os seus efluentes diretamente no ambiente. Um pequeno número delas está equipado com unidades de tratamento, mas é bastante variável o cuidado com que estas são operadas e mantidas. De um modo geral, poder-se-á afirmar que a maioria dos efluentes produzidos pela indústria atinge a Ria de Aveiro sem outro tratamento que não seja o que lhe é conferido pela capacidade de auto-depuração dos cursos de água em que são descarregados.

Desta forma, a Ria de Aveiro está a ser usada como um meio de recolha, tratamento e transferência de efluentes, o que confere à sua água uma qualidade inapropriada para a maioria dos usos correntes de uma água estuarina, salvo o de transporte de mercadorias e pessoas, além de pôr em perigo a existência da própria laguna em consequência da eutrofização das suas zonas mais recônditas.

### 3 - PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO

Com a entrada em vigor, num futuro próximo, dos textos legais que regularão as descargas de efluentes no meio ambiente, as instalações industriais acima referidas ver-se-ão na necessidade de tratar os seus efluentes por forma a satisfazer as condições de descarga que lhes forem atribuídas. Para isso, terão de usar uma de duas alternativas: ou adquirem e instalam equipamento próprio que lhes assegure os padrões de descarga que lhes cumprir satisfazer ou associam-se a outras indústrias ou a autarquias e constroem instalações colectivas adequadas às necessidades de todos eles, o que implicará, provavelmente, alguma espécie de pré-tratamento de compatibilização.

A solução individualista tem algumas características que a tornam, à partida, menos atractiva. Em primeiro lugar pode referir-se a necessidade de terreno para instalação do equipamento. Na maior parte dos casos trata-se de unidades fabris de dimensões médias ou pequenas, encravadas em aglomerados urbanos, onde o terreno, mesmo que disponível, é de preço excessivo. Noutros casos, ainda que a rentabilidade do empreendimento fosse suficiente para garantir a instalação dos equipamentos, a sua operação eficiente exigiria o recrutamento de pessoal qualificado, que é caro, o que agravaria os encargos de operação quando suportados por um único utente. Além disso, uma tal dispersão de instalações não tiraria partido das economias de escala que podem resultar da construção e exploração de instalações coletivas de maiores dimensões. Os dois defeitos acima referidos tornam-se ainda mais evidentes quando se considera a necessidade de remover nutrientes até aos limites que são necessários para controlar a eutrofização. Isso implica necessariamente a instalação de reactores adicionais e o aumento dos custos de operação. Esta remoção de nutrientes, N e P, traduz-se, em média, pela duplicação dos custos relativamente aos do tratamento secundário, CROWE e MADANCY (1979).

As vantagens da solução colectiva de tratamento de efluentes industriais são particularmente evidentes quando se trata de unidades instaladas num dos parques industriais que as autarquias têm recentemente criado como um dos elementos de atração de investimento e criação de emprego. Na maior parte dos casos, esses parques não são inicialmente providos de infraestruturas de saneamento, cabendo aos industriais aí instalados, dentro do princípio do "poluidor pagador", a responsabilidade de criar essas infraestruturas. Porém, cabe à autarquia a responsabilidade de tratar o efluente doméstico da povoação à qual o parque industrial se encontra ligado. Ora, na maioria dos casos, a maneira mais eficiente e económica de tratar um efluente industrial é misturando-o com um efluente doméstico. Portanto, à autarquia também interessa associar-se aos industriais e, após tratamento preliminar, juntar todas as águas residuais num único caudal que será adequadamente uniformizado em termos de fluxo e de composição antes de submetido a tratamento.

#### 4 - OPÇÕES QUANTO AO SISTEMA DE TRATAMENTO

Quando as indústrias instaladas num particular parque industrial produzem efluentes que, após o respectivo pré-tratamento e mistura, são susceptíveis de ser submetidos, com sucesso, a um tratamento secundário, bastará assegurar que o caudal garanta a estabilidade do sistema biológico, o que é facilmente conseguido através de uma lagoa de equalização. Pode acontecer que o pré-tratamento necessário para compatibilizar um particular efluente com o tratamento secundário seja excessivamente caro. Mas, se no mesmo parque industrial, houver outro efluente que possa reagir com o primeiro e daí resultar a eliminação recíproca da respetiva toxicidade, que poderá ser evaporada, ou incorporada em lamas insolúveis ou em espumas flutuantes, ambas facilmente removíveis do sistema, é apropriado reunir os efluentes numa lagoa de mistura e mantê-los em contacto durante o tempo necessário para que as reações entre os contaminantes se completem. A mistura líquida resultante terá uma composição aproximadamente constante, sendo susceptível de ser tratada biologicamente. O efluente tratado tem qualidade adequada para ser lançado num sistema lótico. Mas, se pelo caminho, o efluente vier a ter tempo de residência alongado num sistema lêntico, onde pode vir a causar eutrofização, o sistema biológico tradicional de tratamento deve ser seguido de tratamento terciário, biológico ou não, para remoção dos nutrientes antes da sua descarga para as águas recetoras, o que tem as consequentes implicações de custo.

Porém, logo que os efluentes possam ser tratados biologicamente, o seu tratamento não tem necessariamente que ser feito de forma intensiva, isto é, numa estação de tratamento. O mesmo pode ser realizado de forma extensiva tirando partido da capacidade de autodepuração da água do mar, sempre que os custos de transporte e de dispersão nessa água não tornem o processo economicamente inviável. Isso acontece nas regiões costeiras onde a linha de costa é facilmente transponível e a plataforma continental favorável a fixação dos exutores e dos dispersores.

O maior problema que continua associado à dispersão de efluentes no mar, ainda que feita de forma tecnicamente perfeita, é o da eutrofização das águas receptoras. Esse fenómeno tem vindo a aumentar de importância nos últimos tempos em virtude da ocorrência de alguns acidentes ecológicos graves que têm estado associados com o crescimento explosivo de algas e outros organismos marinhos cujos exudatos são tóxicos para as formas superiores de vida aí existentes. Embora isso possa ocorrer com facilidade em mares relativamente circunscritos, de que o Mediterrâneo e o Mar do Norte são exemplos UNEP (1988), BERGE et al. (1988), o fenómeno é muito menos provável em mares abertos, como o é o Oceano Atlântico na parte que confina com a costa ocidental portuguesa, onde as correntes asseguram uma dispersão muito eficiente e a agitação intensa favorece a mistura. De resto, como foi mostrado por FIUZA (1982), as capturas de sardinha ao longo da costa portuguesa parece estarem associadas à extensão de "upwelling" o que sugere que a produtividade biológica nesta zona do mar possa estar a ser limitada pela existência de nutrientes. A ser assim, a dispersão de efluentes nessas águas poderia vir a traduzir-se num aumento das capturas de pescado.

#### 5 - CONVENIÊNCIA DE EMISSÁRIOS SUBMARINOS NA REGIÃO DE AVEIRO

Já se referiu anteriormente que são poucas as autarquias e as indústrias que estão equipadas com sistemas de tratamento de efluentes e que é ainda mais reduzido o número delas que operam esses sistemas eficientemente. Portanto, com a entrada em vigor da legislação protetora do ambiente, terá

que ser feito um grande esforço económico para suprir as deficiências agora existentes.

Além disso, os melhoramentos que acabam de ser introduzidos nas vias de comunicação que servem a região, nomeadamente a estrada Aveiro-Vilar Formoso e os novos portos comercial e de pesca, vão certamente atrair mais indústrias e mais pessoas que procurarão tirar partidos das novas facilidades disponíveis ou simplesmente beneficiar da riqueza turística da região. Um correspondente aumento no volume e na variedade de efluentes a tratar será observado e a sua sazonalidade será acentuada. Portanto, qualquer sistema integrado de tratamento que venha agora a ser implementado, deve estar preparado para, durante o seu horizonte de projecto, dar resposta, de forma fácil e pronta, às novas solicitações que aparecerem durante esse período.

Numa região onde o espaço físico está a prêmio e onde a sua exiguidade tenderá a agravar-se a ritmo acelerado, não será de considerar a construção de estações tradicionais de tratamento de esgotos, não apenas pelo espaço que elas próprias ocupam mas principalmente pela considerável zona de influência onde os seus efeitos nefastos se fazem sentir, sejam eles na forma de odores, de aerossóis ou de insetos. Mas, ainda que fosse possível construí-las em locais adequados, seria indispensável dotá-las de unidades de remoção de nutrientes já que seria inevitável fazer passar os seus efluentes pela Ria de Aveiro onde os nutrientes seriam incompatíveis com o desenvolvimento da aquacultura e prejudiciais ao desenvolvimento turístico. Unidades adicionais significam custos adicionais.

Uma solução que daria facilmente resposta às preocupações referidas nos últimos parágrafos seria a utilização de emissários submarinos para descarga dos efluentes industriais pré-tratados e domésticos crivados ou macerados. Esta solução evitaria a construção de grandes instalações em terra e poderia produzir quantidades insignificantes de resíduos sólidos, salvo dos tóxicos, que teriam tratamento especial. O facto de existir um caudal contínuo de efluente industrial, que seria misturado com o doméstico, permitiria projectar um sistema de difusores que minimizasse e intrusão de água salgada no emissário e reduzisse assim o crescimento biológico no seu interior. Dada a homogeneidade da topografia do fundo do mar e a sua natureza arenosa, seria fácil enterrar o exutor apesar de ele ter que ser prolongado até uma considerável distância da costa por forma a assegurar uma diluição inicial adequada e a garantir que, mesmo nas condições de vento mais desfavoráveis, a pluma superficial de contaminação microbiológica não atinja as costas, WILLIAMS (1985).

O inconveniente que resultaria da impossibilidade de fazer pesca de arrasto na zona de implantação dos difusores poderia ser largamente compensado pelo aumento de capturas de cerco que certamente adviria da instalação de rochedos artificiais na zona de influência daqueles difusores. É conhecido o efeito que tais rochedos têm na protecção de juvenis que, nas condições referidas, tirariam partido do aumento de produtividade primária resultante dos nutrientes transportados pelos exutores.

## 6 - NÚMERO E LOCALIZAÇÃO DE EMISSÁRIOS SUBMARINOS NA REGIÃO DE AVEIRO

A simples observação da distribuição geográfica das povoações mais importantes agora existentes e da implantação das fábricas e parques industriais presentemente em exploração sugere que seja considerada desde já a instalação de dois emissários:

a) um destinado a coletar os efluentes produzidos a norte do Rio Vouga e que, eventualmente, seria instalado a partir das proximidades do Furadouro;

b) outro destinado a recolher os efluentes produzidos entre Cacia e Mira e que, eventualmente, seria instalado a partir das proximidades da Barra.

No entanto, nenhuma decisão deve ser tomada quanto à localização exacta dos exutores referidos sem que previamente seja feito um estudo adequado, em toda a região de interesse, das correntes marítimas, do regime de ventos que aí prevalecem ao longo do ano, das condições de sobrevivência nessas águas dos microorganismos de origem fecal e da estabilidade dos sedimentos do fundo.

### 6.1 - Emissário do Furadouro

Este emissário recolheria os efluentes domésticos, tratados ou não, produzidos pelas povoações, já equipadas ou a equipar com redes de esgotos, situadas entre Estarreja e as proximidades de Espinho. Recolheria também os efluentes pré-tratados de fábricas isoladas que se dispersam a sul de Espinho, presentemente, na sua maioria, desprovidas de tratamento. Recolheria ainda o efluente combinado, após destoxificação e compatibilização, do parque industrial de Estarreja DUARTE and HALL (1982), e de outros que venham a desenvolver-se na sua zona de influência, por exemplo, na Murtosa. O emissário seria abastecido por uma rede de recolha cujo traçado seria otimizado em função dos caudais a transportar.

### 6.2 - Emissário da Barra

Este emissário recolheria os efluentes transportados pelas redes de esgoto das povoações dos concelhos de Aveiro, Ílhavo e Vagos, incluindo os das localizadas na restinga, nomeadamente Barra, Costa Nova e Vagueira, o efluente da fábrica de pasta e papel de Cacia, os dos parques industriais de Aveiro, Ílhavo e Vagos e os de outros produtores importantes tais como o matadouro distrital de Aveiro. Seriam também recolhidos os efluentes urbanos e industriais da região das Gafanhas da Nazaré e da Encarnação, sendo de destacar de entre os últimos os efluentes produzidos pelos portos comercial, de pesca longínqua e de pesca costeira, portos estes que, nos termos das obrigações assumidas pelo país ao abrigo do programa MARPOL, deverão ser equipados com facilidades de recolha de águas residuais de navios, cujo tratamento em terra, naquele local, seria certamente um empreendimento muito dispendioso.

### BIBLIOGRAFIA

- BERGE, J. A. ; GREEN, N. ; RYGG, B. - *The Invasion of the Planktonic Algae Chrysochromulina polylepis along the Coast of Southern Norway in May-June 1988. Acute Effects in Coastal Biota.* Oslo (Norway), NIVA, 1988.
- CARDOSO, S. L. G. - Comunicação pessoal, 1988.
- CROWE, R. E. and MADANCI, R. S. - *Environmental Pollution Control Alternatives: Municipal Wastewater.* Cincinnati (USA), USEPA, 1979.
- DUARTE, A. C.; HALL, A. - "Restrictions on Wastewater Discharge for Improving Estuarine Quality at Ria de Aveiro", in *Seminar on Drinking Water Supply and Effluent Disposal Systems*, UN-ECE, Albufeira

- (Portugal), 18-22 Oct. 1982, pp. R57.1-R57.12.
- FARIA, J. M. R. e MACHADO, M. J. S. - *Contribuição para o Estudo Hidroclimatológico da Bacia Hidrográfica do Rio Vouga*. Lisboa (Portugal), INMG, 1976.
- FIÚZA, A. F. G. - "The Portugese Coastal Upwelling System", in *Actual Problems of Oceanography in Portugal*, Lisbon (Portugal), 20-21 Nov. 1980, JNICT 1982, pp. 45-71.
- UNEP - *Eutrophication in the Mediterranean Sea: Receiving Capacity and Monitoring of Long Term Effects*. Athens (Greece), 1988.
- WILLIAMS, B. P. - *Ocean Outfall Handbook*. Wellington (New Zealand), National Water and Soil Conservation Authority, 1985.