

MEMÓRIAS
DA
ACADEMIA DAS CIÊNCIAS
DE
LISBOA

CLASSE DE CIÊNCIAS

TOMO XLV

**Rejeição de águas residuais:
matéria orgânica e metais pesados.
O Estuário do Tejo – Laboratório
natural para um Estudo
Comunitário.**

ARMANDO LENCASTRE



ACADEMIA DAS CIÊNCIAS
DE LISBOA

LISBOA • 2018

Rejeição de águas residuais: matéria orgânica e metais pesados. O Estuário do Tejo – Laboratório natural para um Estudo Comunitário.

ARMANDO LENCASTRE†

Esta comunicação inicialmente agendada para 17 de Março (2011) foi transferida por iniciativa da programação para 2 de Junho (2011).

PRÓLOGO

Este tema, como outros temas que já aqui abordei, o último dos quais foi a regularização do *Baixo Mondego*, só pode ser tratado por equipas multidisciplinares.

Neste caso seria longa a lista de colaboradores em processo tão complexo. A distância no tempo e no espaço, não me permite fazê-la de maneira justa.

Não posso porém deixar de referir o Professor FERNANDO SANTANA, actual Director da F.C.T. da UNL no que se refere aos complexos processos de tratamento de águas residuais.

Na entrada para a Universidade, hesitei entre Medicina e Engenharia; escolhi esta e dediquei-me à Hidráulica Sanitária; para isso criei a HIDROPROJECTO, *Consultores de Hidráulica e Salubridade*; e pedi a exoneração do meu cargo de Investigador (topo de carreira) no LNEC em 1968. Assim, espero ter ajudado a salvar vidas como se Médico tivesse sido.

Orientei os seguintes projectos, classificados pela Ordem dos Engenheiros, entre as “100 obras de Engenharia Civil do século XX de Portugal”:

- Abastecimento de água à Região de Lisboa;
- Abastecimento de água ao Sotavento do Algarve (Sistema de Barragem);
- Saneamento dos Municípios da Ria de Aveiro;
- Abastecimento de água e saneamento do Complexo Industrial de Sines;

E ainda:

- Águas e Esgotos de Luanda e Lourenço Marques (Maputo);
- Esgotos de Macau, Lobito (Angola), Cidade da Praia (Cabo Verde).

Num colóquio sobre “*Prioridades da Luta contra a Poluição em Portugal*”, organizado pela Ordem dos Engenheiros (há já meio Século), em Abril de 1972, defendi contra certos fundamentalismos:

a) – É prioritária a luta contra a poluição da miséria, aquela que se produz à porta de casa, onde as crianças brincam, sobretudo nas aldeias e nos bairros periféricos das cidades;

b) – É prioritário o **abastecimento de água potável e a recolha e tratamento dos esgotos e dos lixos** que, posteriormente em Estudo por mim orientado, passou a designar-se por **Saneamento Básico**.

Este Estudo deu grande impulso ao sector como se vê no quadro junto.

EVOLUÇÃO DO ESTADO DE SANEAMENTO BÁSICO (1972-1992)

	1972	1992
Água potável	40%	80%
Redes de esgotos	17%	60%
Estações de tratamento de esgotos	~	30%

É com estas credenciais que faço esta exposição com o seguinte esquema:

1. – Águas residuais;
2. – Legislação;
3. – Exutores submarinos: Casos de Estudo;
4. – Rejeição dos Esgotos de Lisboa no estuário do Tejo;
5. – O Estuário do Tejo – laboratório natural.

1 – ÁGUAS RESIDUAIS

Nas águas residuais urbanas domina a **matéria orgânica** da actividade doméstica. Encontram-se também **metais pesados**, designadamente mercúrio, proveniente de pequenas oficinas, de ourivesarias, de metalo-mecânicas e de Estações de Serviço Automóvel.

Tendo em atenção que, no nosso país, os maiores aglomerados urbanos se situam no Litoral, sendo a população dos concelhos costeiros 40% do total, o mar e estuários constituem um destino natural final dos efluentes, com o tratamento adequado, aproveitando a capacidade de **auto-depuração** de Oceano no que se refere à matéria orgânica, biodegradável.

– Não confundir Mar com Praias. A poluição fecal destas deve ser evitada à custa de **exutores submarinos** e de Estações de Tratamento de Águas Residuais – ETARs, implementadas só conforme as necessidades do meio receptor.

– A capacidade de **auto-depuração** é um bem comum, o qual só deve ser utilizado mediante o pagamento de uma taxa de utilização; esta reverteria para lutar contra a poluição da miséria. É o princípio do “utilizador-pagador”.

A poluição ocorre quando a carga poluidora supera a capacidade de auto-depuração do meio natural.

Compete às autoridades “evitar o abuso sem entravar o uso”.

– Os produtos não biodegradáveis provenientes da Indústria, tais como **metais pesados**, designadamente o mercúrio, devem ser objecto de tratamento antes de lançados nas redes públicas; ou, então, serem reduzidos ou eliminados no processo de fabrico.

– Os metais pesados entram na cadeia alimentar e contaminam o Oceano. Na Madeira, por exemplo, não há poluição industrial e foi encontrado mercúrio nos cabelos dos pescadores da Câmara de Lobos, cuja alimentação fundamental é o peixe espada, pescado localmente a grande profundidade.

Do Estudo “*Mercury Policy Project*”, conduzido pelo grupo de trabalho **Mercúrio Zero**, um agrupamento Internacional de mais de quarenta organizações não governamentais, transcreve-se:

– “A contaminação por metilmercúrio em peixes e mamíferos que se alimentam de peixes é uma preocupação mundial de saúde pública. Adultos e crianças podem ser facilmente expostos a doses excessivas do metilmercúrio se comerem peixes, regularmente, tais como atum, peixe-espada, lúcio e robalo”.

“Mais importante do que o envenenamento por metilmercúrio, e mais provável de ocorrer, é o risco dos efeitos neurotóxicos no desenvolvimento de bebés. Efeitos neurotóxicos sub-clínicos, mas funcionalmente significativos, podem ocorrer em adultos; a exposição ao metilmercúrio também aumenta os riscos de doenças cardiovasculares”.

Os metais pesados não devem entrar na rede pública; devem ser retirados na origem e sujeitos a tratamentos específicos.

2 – LEGISLAÇÃO

A legislação está naturalmente muito influenciada pela legislação comunitária. Comparando o caso de Portugal frente ao Atlântico com o lançamento de águas residuais em mares fechados, como o Báltico (Fig. 1A) ou o Mediterrâneo, pareceria que se deveriam adoptar critérios de rejeição, tendo em conta a capacidade de autodepuração em cada meio receptor.

– Da Revista “*Água*” (07/2000), de um artigo da autoria do Prof. Gonçalves Henriques, então Vice-Presidente do INAG, Instituto Nacional da Água, transcreve-se:

“A legislação comunitária da água é constituída actualmente por um conjunto incoerente de Directivas, com objectivos parcelares, normas de aplicação e conceitos divergentes, desactualizados e, por vezes, inconsistentes”.

– “Da Revista “*Water*”, de reputação internacional (08/2000), de um artigo da autoria de Bill MacCann conhecido internacionalmente, transcreve-se:

“At the same time much of the first wave of EU water legislation is to be repealed and in practice this signals the demise of nearly all of the 1970s directives.

Among those to be carried forward are the Urban Waste Water Treatment Directive and the Nitrates Directive of 1991 and the recently revised Drinking Water Directive 98/83/EC, which replaced the much-maligned regulation of 1980.”

“Esta legislação tem conduzido principalmente à exigência de grandes instalações de tratamento, as quais removem fundamentalmente a matéria orgânica. Os metais pesados seguem na parte líquida para o oceano ou ficam em grande parte nas lamas, cujo destino pode ser a agricultura, e assim entram na cadeia alimentar.”

Vou referir exemplos desta “**maligna Legislação**”.

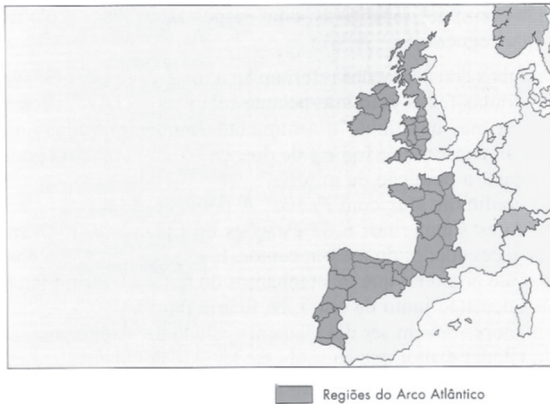


FIGURA 1A
Regiões do Arco do Atlântico (Estuariales de 2002).



FIGURA 1B
O Mar Báltico. Referido por Bill MacCann em "Water", 08/2000.

– a) Num concurso de ideias, orientei um estudo prévio com o objectivo de melhoria e preservação da qualidade da água da **Baía de S. Martinho do Porto**.

A solução por mim preconizada baseava-se fundamentalmente na execução dum açude para permitir a derivação dos caudais do Rio Tornada, altamente poluído, para uma conduta com 813 m de comprimento seguida de um exutor de 667 m (Fig. 2).

A proposta desta solução baseou-se no princípio do que se pretendia não era a resolução global do problema, em termos de despoluição total da bacia do rio Tornada, pois de momento se apresentava de custo proibitivo, mas numa **primeira fase** impedir a contaminação das águas da Baía, em particular no período de utilização balnear. Saliente-se que esta contaminação se devia ao facto de serem descarregadas no rio Tornada águas residuais industriais, com realce para as provenientes de suiniculturas, sem

previamente serem submetidas a esquemas de tratamento eficientes como há muito se impunha.

Tratava-se de uma obra relativamente simples e pouco onerosa, cujo balanço custos-benefícios era extraordinariamente favorável: com cerca de 500 000 contos (1990) despoluía-se a baía de São Martinho.

Devido à Legislação Comunitária, a obra não foi autorizada pela Autoridade competente. Achou-se preferível manter mais alguns anos a baía de São Martinho poluída, porque assim "a própria Baía funcionava de tratamento da água do rio antes de este entrar no mar", como me foi referido!!!!...

É o Mar, a Natureza, transformados em novos deuses, aos quais tenhamos de sacrificar os nossos Filhos; é o HOMEM feito para a Lei, ao contrário do que Cristo proclamou há 2.000 anos: "**A LEI é feita para o HOMEM**".

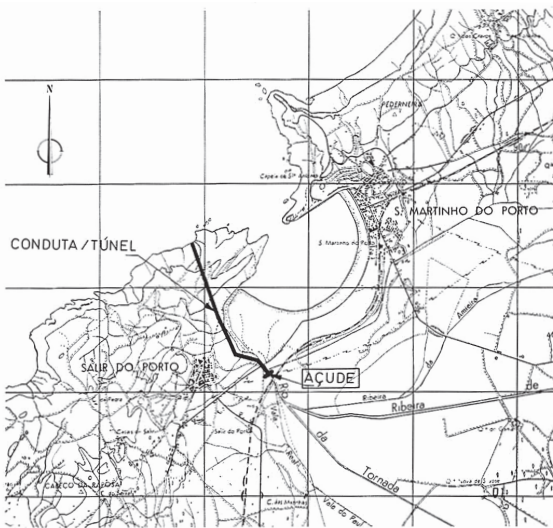


FIGURA 2
Despoluição da Baía de S. Martinho do Porto. Esquema geral proposto.

– b) Quando estudei o **Abastecimento de Água à Região de Lisboa**, alguém, com base na Legislação e com algum excesso de zelo, propunha, em Julho de 1992, o “*encerramento de todas as captações subterrâneas*”.

Com algumas dificuldades consegui evitar a concretização desta proposta e, actualmente, as captações subterrâneas garantem a produção de 265.000 m³/dia. Este Estudo, classificado pela Ordem dos Engenheiros entre as “100 obras de engenharia no Sec. XX em Portugal”, foi também distinguido pela EPAL, pela publicação de um livro, identificado na Fig 3, do qual existem aqui alguns exemplares disponíveis.

Veja-se Pg. 73 do referido livro.

É evidente que o legalismo tem vindo a dominar a técnica; subsiste a dúvida, se por incompetência dos técnicos ou por excessivo peso dos lóbis dos equipamentos e também da construção civil.

No que se refere às Águas Residuais sempre defendi que:

1 – **Com todo o rigor não se permita que sejam lançados na rede pública, esgotos de origem industrial contendo produtos não biodegradáveis (óleos, metais pesados...).**

2 – **Garantido o ponto 1, liberdade de se poder fazer o dimensionamento técnico-económico mais vantajoso no que se refere ao par ETAR-Exutor, desde que se cumpram os mesmos objectivos em relação à utilização das águas.**

Suponho que o ponto 1 é mais importante do que algum “excesso de zelo” na imposição de níveis de tratamento.

Acontece que o ponto 1 dá muito trabalho, muito incómodo e pouca glória, exactamente ao contrário do ponto 2 onde mais facilmente se podem mover interesses dos lobbies dos equipamentos, da construção civil, políticos e outros...

Ensinava aos meus alunos que, para ser bom Engenheiro, são necessárias:

- 1 Tonelada de Matemática;
- 2 Toneladas de Física;
- 10 Toneladas de Bom Senso.

3 – EXUTORES SUBMARINOS: CASOS DE ESTUDO

3.1 – *Destino final dos efluentes da fábrica de celulose de Viana do Castelo (antiga Celnorte)*

A Consultora Geral do Empreendimento era a firma WALMSLEYS, Limited. No Plano Geral das Instalações, previa-se a captação de água no Rio Lima e a rejeição dos efluentes, “devidamente tratados”, no mesmo rio, a jusante da captação.

Os estudos referentes à captação de água foram por mim orientados.

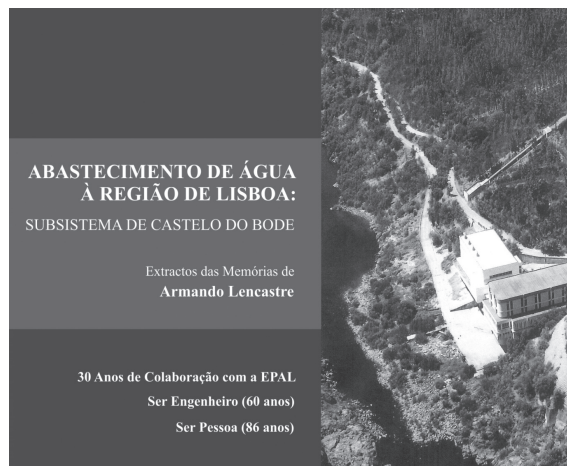


FIGURA 3

O Presidente do LNEC – Laboratório de Engenharia Civil, Prof. Carlos Pina e o Presidente do Concelho de Administração da EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A., Dr. João Fidalgo, têm a honra de convidar V. Exa. Para o lançamento do livro “**Abastecimento de Água à Região de Lisboa – Subsistema de Castelo do Bode**”, editado pela EPAL, em homenagem ao Prof. Armando Lencastre, no dia 23 de Março de 2011 pelas 18.00 horas, no pequeno auditório do LNEC, Av. do Brasil, 101, em Lisboa.

No que se refere aos efluentes, o bom senso e os estudos mostraram que era preferível lançar no mar (a 13 km de distância da Fábrica) sem tratamento, ou com tratamento primário, do que lançar no rio (a 1 km de distância da Fábrica) com tratamento secundário (Fig. 4a).

Com efeito, apesar do recurso aos mais modernos meios técnicos, o poder poluidor duma fábrica de pasta de papel é sempre bastante elevado, neste caso seria aproximadamente equivalente a 200.000 hab.

Tendo em atenção que os caudais mínimos do Rio Lima são extraordinariamente pequenos (cerca de 2 m³/s), mesmo com grau de tratamento sofisticado, subsistiriam certamente problemas de cor, com todas as consequências daí provenientes, sobretudo nos aspectos psicológicos, junto das populações; e não era de excluir que, episodicamente, pudessem aparecer condições críticas para a vida aquática.

Como as águas do Rio Lima não tinham sido ainda afectadas pela poluição, caracterizando-se por uma total ausência de coloração e baixíssima mineralização, foi decidido levar o efluente até ao mar, a 13 Km de distância, em terreno difícil, com uma conduta de resina sintética reforçada com fibra de vidro com 900 mm de diâmetro e 8 mm de espessura.

Adoptada esta solução, importava evitar efeitos nocivos nas águas receptoras e nas praias vizinhas.

O estudo a que se procedeu levou a colocar o exutor a uma profundidade de cerca de 20 metros, a 2.200 m de distância, (Fig. 4a).

Foi-se, assim, conduzido a uma obra terrestre e marítima de considerável envergadura e de execução delicada, de proporções à data inéditas no nosso país. Esta obra ainda se mantém em funcionamento há cerca de 30 anos e sem qualquer problema.

A Fig. 4b mostra um aspecto da construção do exutor submarino.

No que se refere ao comportamento das obras, extrai-se do Relatório do Conselho de Administração da Empresa (1971).

O projecto e as obras da conduta e do exutor do efluente merecem especial relevo. Realizado inteiramente por gabinetes de engenharia portugueses, o projecto representa uma invulgar obra de engenharia hidráulica, quer pela complexidade, quer pela dimensão e pelo custo. Fiel à política de adoptar as melhores soluções na luta contra a poluição e, em especial, de preservar o rio Lima, a empresa aceitou arcar com o custo suplementar de algumas dezenas de milhares de contos que vão ser absorvidas nessas partes das instalações fabris.

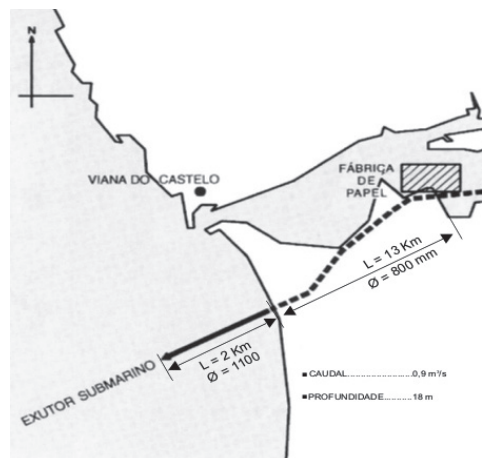


FIGURA 4A
Emissário da Celnorte – Planta.



FIGURA 4B
Celnorte – Aspecto da construção do exutor submarino.
L = 2 Km; Ø = 1100

O impacto ambiental no mar tem vindo a ser observado há 30 anos, sem registo, até agora, de qualquer aspecto negativo.

Com a Legislação actual, dificilmente se teria conseguido executar esta solução.

3.2 – Solução integrada de saneamento dos municípios da ria de Aveiro (Obra classificada pela O.E. entre as 100 obras de Engenharia, no Sec. XX em Portugal)

A ria de Aveiro tem um comprimento de 45 Km e uma largura máxima de 10 Km, cobrindo uma superfície de 47 Km² em maré cheia e de 34 Km² em maré baixa.

Para a recolha e destino das águas residuais, a AMRIA, Associação de Municípios da Ria de Aveiro, tinha preparado, nos seus próprios Serviços, uma solução base a nível de Plano Geral. Exemplarmente, resolveu abrir discussão sobre esse Plano, desafiando Gabinetes Consultores a apresentarem melhor solução. **Grande exemplo de honestidade intelectual!...**

Para esse efeito, a AMRIA, após pré-qualificação, escolheu quatro **Grupos Consultores**, entre os quais a Hidroprojecto, cuja equipa tive o prazer de orientar sobretudo no que se referia ao esquema a propôr.

Cada um destes Grupos Consultores teve de desenvolver a solução base estudada pela AMRIA e propor uma só alternativa, comparando-a com a solução base. O resultado consta do quadro anexo.

(ORIENTEI O CONCORRENTE 3)

Concorrente	(1)	(2)	(3)	(4)
Técnica	78%	40%	90%	80%
Económica	40%	63%	88%	68%
Ambiental	66%	51%	84%	58%
Total simples	61%	51%	87%	69%
Total ponderado	64%	49%	88%	72%

Do quadro acima referido, verifica-se que a solução proposta (Fig.5), que tive o prazer de conceber, orientar e defender, obteve a melhor classificação em todas as componentes e, conseqüentemente, na classificação final.

Na Fig 6 compara-se a solução base, com a solução proposta.

Os custos totais desta eram (1994) de cerca de 11 milhões de contos, 2,3 milhões de contos menos cara do que a solução base, o que representava uma economia de cerca de 20%. A economia em despesas de exploração era de 50 mil contos por ano.

Quando fui solicitado a apoiar a equipa da HIDROPROJECTO, reflecti durante algumas horas. Desta reflexão, baseada exclusivamente no **bom senso** e sem recursos a cálculos, saiu a solução vencedora.

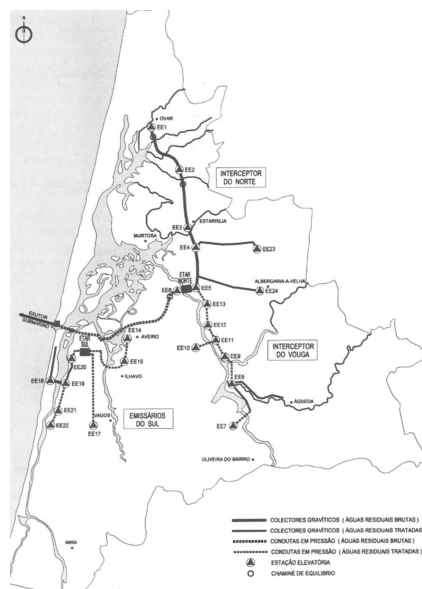


FIGURA 5
Solução proposta e adoptada. Planta.

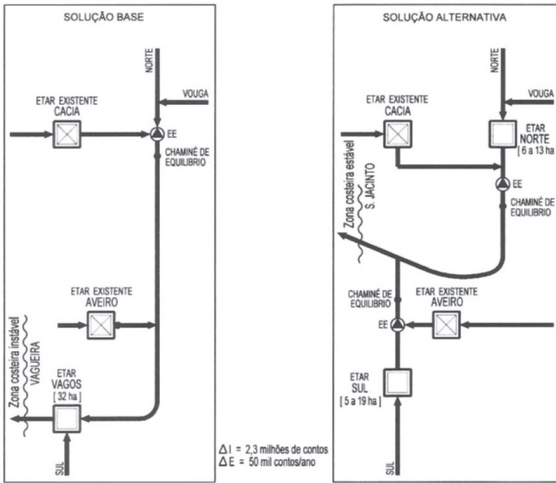


FIGURA 6
 Comparação da solução base com a solução proposta.

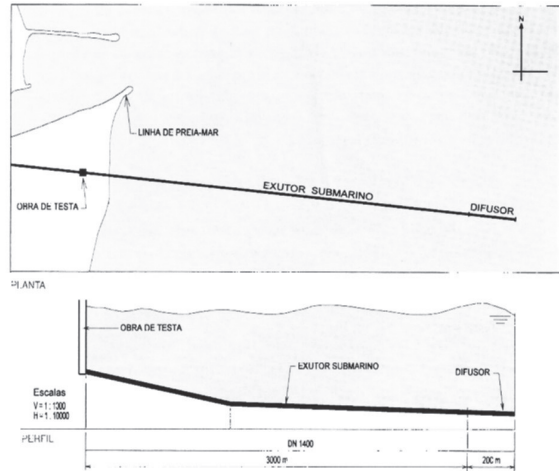


FIGURA 7
 Ria de Aveiro. Exutor submarino. Planta e Perfil.

Com efeito:

1. O transporte sólido litoral tem uma componente dominante de Norte para sul. Assim, os molhes do Porto de Aveiro impedem o caminhamento das areias, criando acumulação a Norte e erosão a Sul. Deste modo, a primeira decisão foi colocar o exutor submarino numa zona estável a Norte do molhe do Porto de Aveiro.
2. A grande ETAR de Vagos, que recebia também esgotos tratados da ETAR (já existente) de Cacia e da ETAR de Aveiro, obrigando a um sobredimensionamento desnecessário, foi substituído por uma pequena ETAR NORTE e outra pequena ETAR SUL, ligadas ao emissário onde se juntavam os efluentes de Cacia e Aveiro.
3. Decidido isto, sem contas, por simples bom senso, passaram a trabalhar as equipas de Matemática e de Física, que demonstraram o mérito da solução, assim concedida.

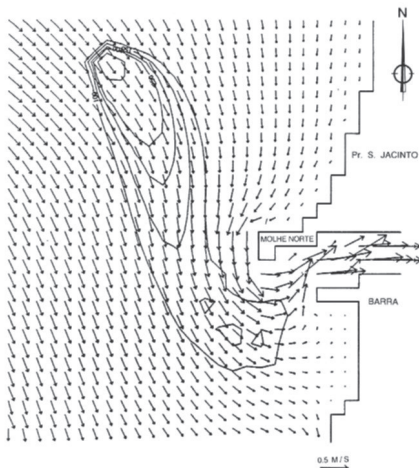


FIGURA 8
 Ria de Aveiro. Estudo da Dispersão dos Coliformes Fecais. Situação mais desfavorável.



FIGURA 9
 Ria de Aveiro. Exutor submarino – Fase de lançamento.

Na figura 7 mostra-se a planta do exutor; na figura 8 mostra-se o estudo dos coliformes fecais na praia; a figura 9 mostra uma fase de lançamento do exutor.

3.3 – Abastecimento de Água e Saneamento do Complexo Industrial de Sines

Obra classificada entre as 100 obras de Engenharia, no sec. XX em Portugal.

O **abastecimento de água** consta de: captação e elevação no rio Sado de $12 \text{ m}^3/\text{s}$; adução, incluindo um canal com 24 Km e seguido de um túnel com 13 km de extensão; barragem de Morgavel com cerca de 45 m de altura máxima, criando uma albufeira de $3 \times 10^6 \text{ m}^3$ de capacidade, para armazenamento e regularização dos caudais de adução; estação de tratamento de água com uma capacidade prevista de $3 \text{ m}^3/\text{s}$; condutas adutoras principais; redes de água doméstica e industriais. (Fig. 114a).

Para assegurar a **defesa ambiental** da área de Sines, minimizando os inconvenientes inevitavelmente associados à implantação de parques industriais, definiu-se uma perspectiva geral de defesa a todo o custo do meio marítimo, virgem de agentes poluidores, favorável à existência de grandes viveiros naturais.

O sistema geral (Fig. 114b) compreende dois ramos principais: um proveniente do novo centro urbano (Santo André) e da vila de Sines e outro provindo da zona industrial. Ambos se dirigem para uma estação de tratamento, com uma capacidade em remoção de CBO₅ de **1.600.000 habitantes equivalentes**.

Após as operações de tratamento, os efluentes são lançados no mar através de um exutor submarino. A junção do esgoto doméstico e do esgoto industrial permite mais fácil tratamento deste último.

Sempre que uma unidade industrial rejeita efluentes que não satisfaçam os parâmetros exigidos para o lançamento na rede, os efluentes são sujeitos a tratamento preliminar em ETAR própria.

A ETAR da CNP (Companhia Nacional de Petroquímica), destina-se ao tratamento das águas residuais e industriais das unidades fabris de Etileno, Polietileno de baixa densidade, Butadieno, Polietileno de alta densidade, Propileno e PVC. A obra compreendeu duas fases dimensionadas para os caudais de $8400 \text{ m}^3/\text{dia}$ na fase inicial e $25\,200 \text{ m}^3/\text{dia}$ na fase final.

A **ETAR do Complexo Industrial de Sines** está localizada na zona da Ribeira dos Moinhos, a norte de Sines. Destina-se ao tratamento das águas residuais das indústrias da zona norte do complexo e ao tratamento das águas residuais domésticas dos aglomerados populacionais integrados naquela área. A obra, a desenvolver por fases, foi dimensionada para o caudal de $45\,000 \text{ m}^3/\text{dia}$ na fase inicial, correspondendo, então, a um empreendimento com a dimensão de 1 600 000 habitantes equivalentes.

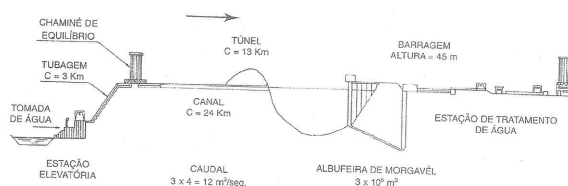


FIGURA 10A
Sines. Abastecimento de Água.



FIGURA 10B
Efluentes do Complexo Industrial de Sines. Esquema geral.

O tratamento compreende as seguintes operações:

- *fase líquida*

- tratamento primário (gradagem, desarenação, trituração, remoção de óleos, homogeneização e decantação primária);

- tratamento secundário (tratamento biológico e decantação final);

- *fase sólida*

- As lamas provenientes dos decantadores são espessadas, condicionadas quimicamente e secas em filtros de vácuo e seguem para aplicação no terreno.

A Fig. 11 mostra o esquema de tratamento. A Fig. 12 mostra um aspecto geral da ETAR.

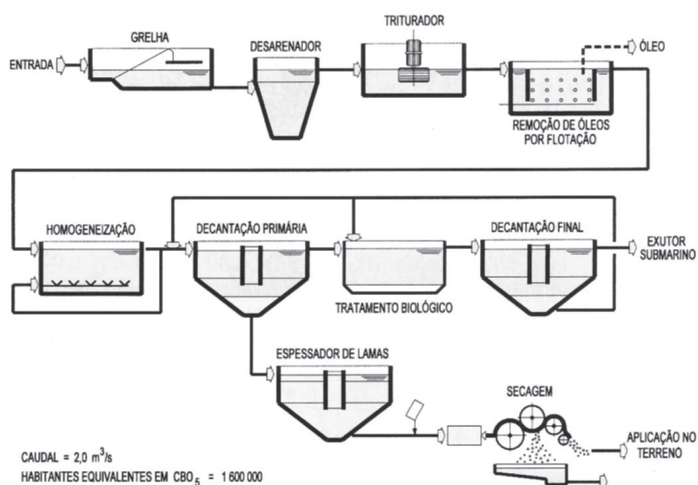


FIGURA 11
ETAR do Complexo Industrial de Sines. Esquema de tratamento.

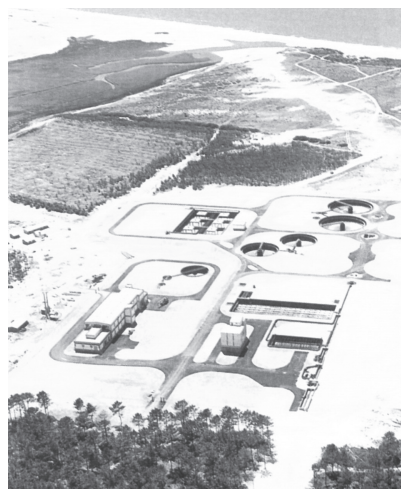


FIGURA 12
ETAR do Complexo Industrial de Sines. Vista geral.

Estas figuras mostram que uma ETAR consome muita energia na construção e na exploração, e assim a defesa do Ambiente aconselha que não se trate além do necessário.

Os efluentes, tratados, na ETAR são lançados no mar através de um **exutor submarino** com as seguintes características:

- caudal máximo – 2,8 m³/s (por gravidade);

- comprimento total – 2000 m;

- comprimento do difusor – 240 m; orifícios laterais (Ø 125 mm) – 60 (30 de cada lado); orifício final (Ø 200 mm);

- diâmetro interno – 1100 mm;

- profundidade máxima – 40 m; julgada suficiente para os fins em vista.

A Fig. 13 mostra o tubo pronto a ser lançado no mar, vendo-se quase na linha do horizonte o rebocador que puxa o tubo que vai ser afundado.



FIGURA 13
Exutor submarino pronto para ser lançado no mar. A seta indica o rebocador, ao largo.

A conduta na zona de rebentação foi enterrada e protegida por enrocamento. Este exutor suportou, sem qualquer dano, o temporal que destruiu o molhe norte do Porto de Sines.

4 – REJEIÇÃO DOS ESGOTOS DE LISBOA NO ESTUÁRIO DO TEJO

Ao contrário de Sines, o estuário do Tejo é um ecossistema que, durante séculos recebeu efluentes domésticos, industriais e agrícolas; a vida adaptou-se a essas condições.

A Fig 118 mostra a Zona sujeita a estudo.

a) – Os estudos de Arantes e Oliveira

Os “*esgotos de Lisboa*” foram estudados, por incumbência da Câmara Municipal de Lisboa e de maneira exaustiva, pelo Eng.º ARANTES E OLIVEIRA, então Professor da Escola do Exército e, posteriormente, Director do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, onde, recém-formado, comecei a trabalhar (1950).

Foi este grande Engenheiro que me ensinou que “*A engenharia não é uma ciência exacta, mas uma ciência de ordens de grandeza*”.

O seu livro “*Esgotos de Lisboa*” (1941) é um repertório de alto nível de conhecimentos sobre o estuário do Tejo. Já nele se demonstra a altíssima capacidade de auto-depuração das águas do estuário, quando considerado globalmente, em relação à matéria orgânica dos esgotos domésticos.

Lisboa, tinha então (1940), uma população próxima dos 800 00 habitantes, não se fazia sentir de forma grave a poluição nas praias da Costa do Estoril, facto comprovado pelos meticolosos e exaustivos estudos que constam do referido livro.

Transcrevem-se algumas partes desse valioso estudo.

Da Pág. 37-V:

“Pelo que se refere à protecção das praias de banho além da barra do Tejo, parece concluir-se que (...) não seria de reoar qualquer risco, real ou potencial, de contaminação pelos esgotos de Lisboa lançados directamente no estuário, mesmo sem qualquer prévia depuração”.

No que se refere às ostreiras, diz a Pág, 40-V:

“O risco para a saúde proveniente do consumo de ostras só poderá ser removido por processos rigorosos de depuração capazes de garantir a inocuidade das ostras entregues ao consumo público”. Isto mantém-se válido mesmo depois de todas as obras de tratamento de efluentes já realizadas.

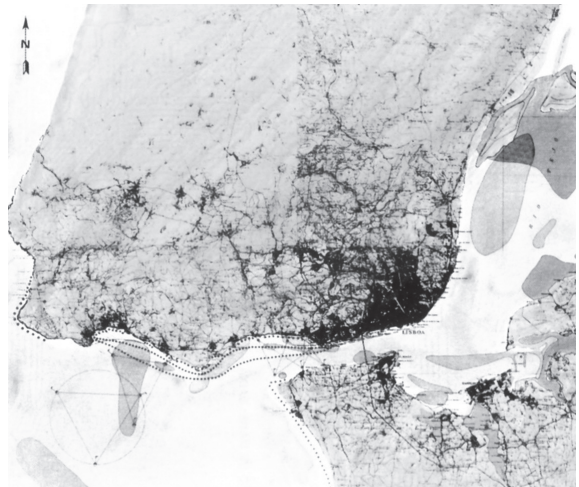


FIGURA 14
Estuário do Tejo. Zona sujeita a estudo.

b) – Estudo Ambiental do Estuário do Tejo (E.A.E.T.)

A partir de 1971, a *Comissão Nacional do Ambiente*, CNA, conduziu valiosos estudos sobre o Tejo, numa digna continuação dos estudos de Arantes e Oliveira

Em Agosto de 1975 estabeleceram-se os primeiros contactos, entre a UNESCO, o PNUD e o Governo português, para lançar um programa de estudos sobre a poluição do Tejo, os quais viriam a ser formalizados em protocolo firmado em Outubro de 1977. O Projecto, “*Estudo Ambiental do Estuário do Tejo*” (E.A.E.T.), constituía um projecto de interesse nacional e internacional, que aquelas agências da Organização das Nações Unidas passaram a apoiar técnica e financeiramente.

O projecto “E.A.E.T.” foi dirigido pelo Dr. Tomás do ESPIRITO SANTO e teve como Consultor Principal o Prof. Dr. PHILIP O’KANE. Ao longo do seu desenvolvimento participaram, nas diversas fases, consultores de reconhecida competência, de entre os quais destacamos os seguintes, indicando as suas áreas de especialização e países de origem:

	Área da especialização	País de origem
M. Palmer	– Mecânica de Fluidos	– Canadá
M. O. Andreae	– Oceanografia	– U.S.A.
C. Shelske	– Fitoplâncton	– U.S.A.
H. Rassmussen	– Mat. Aplicada	– Canadá
P. Nival	– Zooplâncton	– França
P. C. Wood	– Qualidade do Ambiente	– U.K.
K. Krongaar	– Microbiologia	– Dinamarca (OMS)
Kristensen	– Microbiologia	– Dinamarca (OMS)
J. M. Martin	– Geoquímica	– França
V. J. Cabelli	– Microbiologia	– U.S.A.
S. K. Liu	– Modelação Matemática	– U.S.A. (Rand. Corp)
J. Leendertse	– Modelação Matemática	– U.S.A. (Rand. Corp)

Em Dezembro de 1982, estes estudos foram submetidos a discussão pública em Workshop internacional, organizado pela CNA e efectuado no Palácio Foz.

– Da comunicação intitulada *An Idealised System for the Management of the Estuary of the Tagus*, by PETER M. WOOD, *Ministry of Agriculture, Fisheries & Food, Fisheries Laboratory, Burnham-on-Crouch, Essex, U.K.*, transcrevem-se as seguintes recomendações:

“Any proposals for changes in the discharges into the estuary should be made firstly with regard to the declared water use of the area, and second by ensuring that in any new proposals the desired water quality standard is not exceeded.”

– Da comunicação *Arsenic and Mercury in the Estuarine Environment*, by M. ANDREAE, *Department of Oceanography, Florida State University, Tallahassee, Florida 32306, U.S.A.*, transcreve-se:

“In the Tejo Estuary, Portugal, arsenic and mercury are present in concentrations much above those found in comparable, uncontaminated estuaries.”

– Da comunicação, *Mercury in the Tagus Estuary. An Acute or Obsolete Problem*, da autoria, entre outros, de CARMEN LIMA, do Instituto Nacional de Investigação das Pescas, e de PATRICK SEYLER, do Laboratoire de Géologie, École Normale Supérieure refere-se:

“It has long been recognized that an important discharge of mercury, exceeding 5500 kg/y, occurs in the Tagus estuary which may result in a detrimental effect for aquatic life and human health.”

– Do relatório *“The sewage of Lisbon and the Costa do Estoril – an. outline systems analysis”*, efectuado por J. PHILIP O’KANE Unesco Chief Technical Adviser, para o Tejo Project, então em curso (Junho 1980, pág. 5, ponto14), transcreve-se:

- *The concentration of dissolved oxygen in the estuary is usually very close to the saturation concentration and there is no need to remove the oxygen demand due to organic carbon and nitrogen.*
- *If the fishery is supported in part by the sewage, then the nutrients should not be removed without reason.”*

c) -Modelo matemático do estuário do Tejo para predição das correntes e da qualidade da água.

A aplicação de modelos matemáticos, e em particular de um modelo numérico bidimensional muito completo para acompanhar os estudos do estuário do Tejo, foi decidida logo no arranque do Projecto E.A.E.T..

Foi escolhido o modelo numérico de LEENDERTSE, não só por ser então o mais completo, mas também por ser dos mais citados na literatura da especialidade.

Devido às dificuldades ocorridas no âmbito da EAET, empenhei-me pessoalmente no desenvolvimento deste Modelo, na HIDROPROJECTO, sob a orientação dos Engenheiros Hidrógrafos Comandantes DANIEL RODRIGUES E MÁRIO TELES. O projecto gráfico foi da responsabilidade do Prof. João HIPÓLITO, que então preparava a sua tese de Doutoramento. (I.S.T.).

Conforme resultou da discussão pública realizada em Dezembro de 1982 no Palácio Foz, o modelo numérico bidimensional está apto a simular, com grande previsão, a propagação da onda de maré e é apropriado para fazer as estimativas do impacte ambiental associado às diversas configurações alternativas do sistema de drenagem dos esgotos.

Foi elaborado um submodelo de transporte de massa (Fig. 15), que se mostra extraordinariamente fiel, como se pode ver pelos exemplos de correntes de enchente, de vazante e do seu campo residual. Com efeito, é de notar a existência, no campo velocidade residual, dos vórtices associados ao escoamento na barra, que traduzem as correntes de reversa que são conhecidas dos que praticam a pilotagem e navegação na barra e estuário do Tejo. Muitos outros resultados foram obtidos para diferentes condições de marés e de ventos.

Para a calibração do *submodelo de qualidade* estabeleceram-se 56 estações de bacteriologia. Na Fig. 16a mostra-se, a título de exemplo, a comparação entre os valores observados na estação 15A (Santa Apolónia – Xabregas) e os valores calculados. As barras representam os intervalos de confiança das observações.

A Fig. 15, a título de exemplo, dá concentrações associadas às fases de maré cheia e de maré vazia na região no submodelo do "corredor" do Tejo, Trancão.

d) Medições no Estuário

As medições que foram efectuadas no Estuário mostram:

– Os *teores de oxigénio* dissolvido, em média aproximam-se dos valores de saturação, portanto superiores aos mínimos requeridos pela vida aquática, situação que se verifica **mesmo na zona do canal em frente de Lisboa**.

– No que respeita à poluição orgânica, avaliada em termos de CBO, carência bioquímica de oxigénio, os resultados são satisfatórios.

– Os valores das concentrações de metais pesados, (Barreiro – Montijo e Foz do Trancão) excedem os limites tidos como seguros em água do mar.

– A distribuição especial dos valores dos parâmetros microbiológicos, isto é contagem de coliformes totais e fecais, os valores de concentrações determinadas até S.^{to} Amaro são mais baixos do que os que verificam na zona entre S.^{to} Amaro e Cascais, resultante da poluição local que, só mais tarde, foi removida com o interceptor da Costa do Sol.

Como resultado destes estudos em 1982, preconizaram-se as ETAR's de Beirolas, Chelas e Alcântara, com tratamento primário, seguidas de exutores, (Fig. 18).

Em princípios de 2003, foi-me facultada uma visita a estas ETAR's.

As ETAR's de Beirolas e de Chelas, foram dotadas também de tratamento secundário, por decantação e filtração, e de tratamento terciário de desinfecção por ultravioletas. Não estava construído qualquer

emissário e exutor para garantir a diluição do efluente: a água assim obtida era lançada na sua quase totalidade na rede de esgoto!...

Na ETAR de Alcântara estava construído o tratamento primário previsto no nosso estudo; não estava construído o emissário e respectivo exutor.

Tinha-se realizado um concurso para empreitada de "*Execução, Adaptação: e Complemento de Águas Residuais de Alcântara*".

Da proposta, em fase de adjudicação, extrai-se:

"A desinfecção é realizada através de lâmpadas de raios ultravioletas, instaladas em dois canais de 12 m de comprimento, 2,15 m de largura e 1 m de altura de água", com um total 648 lâmpadas que garantem a desinfecção do caudal médio; como opção era apresentada a possibilidade de desinfecar todo o caudal de ponta.

Este concurso foi anulado já em fase de adjudicação, o **exutor da Praça do Comércio**, previsto no nosso Estudo, encontrava-se partido e portanto não operacional.

Parece útil restaurá-lo para auxiliar de descarga em tempo húmido e como saída de recurso de

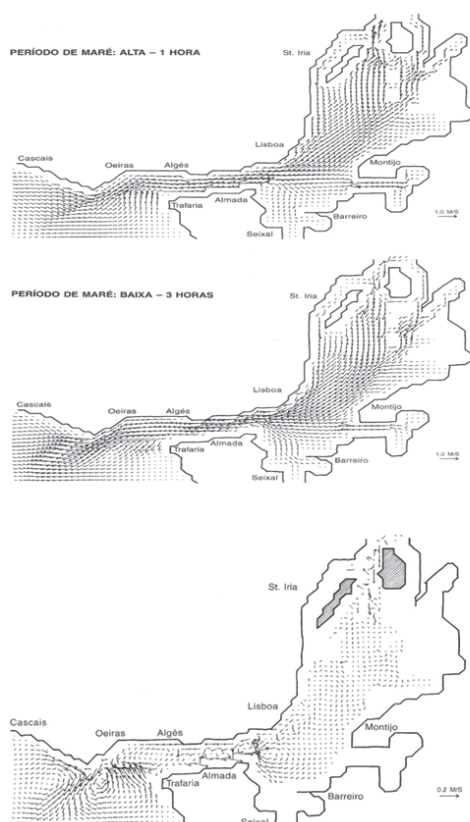


FIGURA 15
Estuário do Tejo. Sub modelo de transporte de massas.



FIGURA 16A
Posição de estações de bacteriologia.

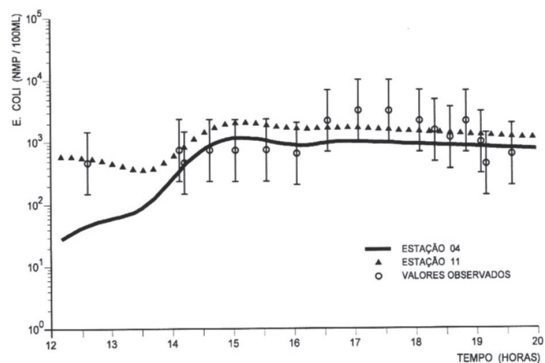


FIGURA 16B
Série temporal em duas estações. Comparação entre os valores observados e calculados (exemplo) Sub modelo de qualidade.

Estação Elevatória que, de acordo com obra já executada, conduzirá o esgoto doméstico para a ETAR de Alcântara.

Estudos feitos em modelo matemático mostraram a grande eficiência dum **exutor em Alcântara**, com 200 a 400 m de extensão. Eficiência superior à da passagem do tratamento primário para o secundário (a que a lei obriga).

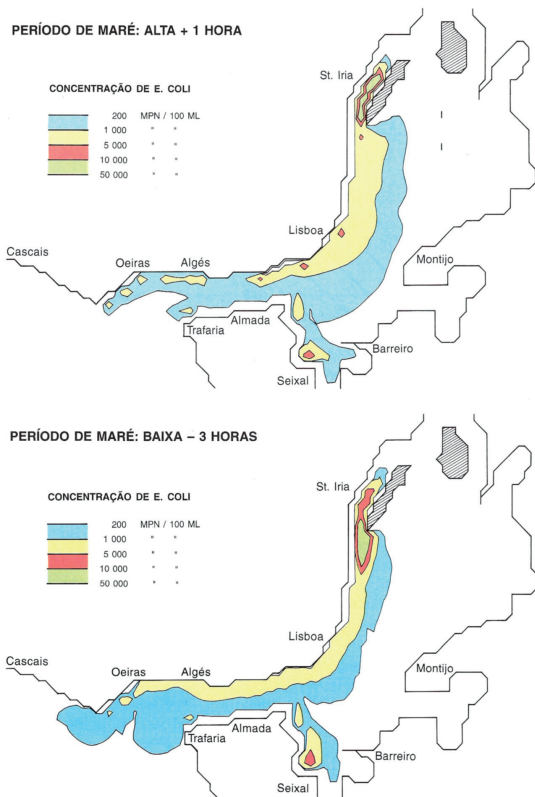


FIGURA 17
Estuário do Tejo. Concentrações de E. Coli sem ETAR's (calculadas).



FIGURA 18
Bacias servidas pelas ETAR's de Beirilol, Chelas e Alcântara.

5 – O ESTUÁRIO DO TEJO, LABORATÓRIO NATURAL.

Quando apresentei a minha Comunicação sobre o Baixo Mondego, sugeri que a bacia do Mondego servisse de Laboratório Natural de Hidrologia.

O rio Tejo é o maior da Península Ibérica, com uma bacia de drenagem de 81 000 km². O estuário do Tejo é um dos maiores da costa Oeste da Europa, cobrindo uma área de cerca de 320 km². No Estuário do Tejo, são descarregadas as águas residuais de uma região densamente povoada com centros urbanos (designadamente Lisboa) e muitas áreas industriais (petroquímicas, químicas, metalúrgicas, etc.). Estas características justificam que se aproveite este Laboratório Natural para o estudo de rejeição de águas residuais.

Este **Laboratório Natural**, com o equipamento já instalado, constitui um **modelo físico** que, juntamente com **modelos matemáticos** que incorporem, marés, cheias, ventos e temperaturas, permite:

- 1 – **Optimizar a gestão** do sistema já instalado;
- 2 – **Melhorar a legislação** comunitária, tendo em vista os grandes investimentos a fazer na margem sul;
- 3 – Desenvolver medidas com vista à **redução de mercúrio**, para controlar as principais fontes de emissão deste e fazer avaliações de risco baseadas em dados regionais e nacionais apropriados.

É possível que algum mercúrio seja de origem geológica, visto haver basaltos na bacia hidrográfica do rio. Assim, maior deve ser a diligência em evitar a sua origem industrial: pequenas Industrias no interior do tecido urbano; ou grandes Industrias como ocorre no Trancão e Margem Sul, onde também se encontram grandes concentrações de Arsénio e Estrôncio.

Seria aconselhável **realizar no modelo físico ou simular no modelo matemático**, já mais validado:

- a) Uma suspensão de tratamento terciário (desinfecção), nitidamente excesso de zelo;
- b) Idem do tratamento secundário, imposto pela legislação comunitária.

Numa primeira fase, poderia tomar-se o oxigénio dissolvido como parâmetro de comparação.

Estes Estudos deveriam colaborar com outros estudos em curso, tais como “MERCÚRIO ZERO” e TAGUSED, aproveitando as sinergias resultantes da colaboração.

Do atrás exposto, mais desenvolvido nas minhas Memórias Profissionais, (LNEC, 2003, Vol II Pg. 411 e seguintes), parece poder concluir-se que para Lisboa (ver quadro anexo, fig. 123):

1. **É fundamental** eliminar os metais pesados na origem.

Não conheço medidas tomadas para eliminar os metais pesados.

2. **É suficiente:**

2.1. Em BEIROLAS, CHELAS e ALCÂNTARA, Tratamento primário seguido de um pequeno exutor.

2.2. No TERREIRO DO PAÇO, Gradagem com **exutor de 100 m** de extensão, que foi construído e reconhecida a sua eficiência, mas foi abandonado por avarias no sistema de Gradagem e por ter sido destruído o exutor.

Assim, as recentes obras no Terreiro do Paço, «**Elevação para Alcântara**» parecem desnecessárias, estão incompletas por falta de um exutor para prevenir avarias na Elevação, e têm altos custos de exploração.

Exclusivamente por dever cívico, gostaria de poder analisar este assunto com Especialistas e com Gestores, em privado ou em público (Painel, Seminário). Não ficaria preocupado se me demonstrassem que estou errado porque, quando se investiga, “saber que não resulta é também saber”; Preocupa-me mais que o assunto seja ignorado, porque:

tratar além do necessário é contra o Ambiente e antieconómico; negligenciar o mercúrio é contra a saúde pública.

Agradeço a Vossa atenção.

Se fui útil, GRAÇAS a DEUS.

EAET - Estudo Ambiental do Estuário do Tejo.

"If the fishery is supported in part by the sewage, then the nutrients should not be removed without reason - EAET"			
TRATAMENTO	BACIA	BEIROLAS CHELAS ALCANTARA	TERREIRO DO PAÇO ~ 10% TRATAR ALÉM DO NECESSÁRIO É CONTRA O AMBIENTE
	Gradagem		↑↑
Emissário-Difusor		⚡	⚡⚡
Primário		↓↑	↓↑
Secundário		↓↓	↓
Terciário		↓↓↓	↓↓↓
"In the Tejo Estuary, arsenic and mercury are present in concentrations much above those found in comparable, uncontaminated estuaries." EAET			
Metais Pesados		i ?	NEGLIGENCIAR o Mercúrio é contra a SAÚDE PÚBLICA i ?

BOM SENSO

NÃO NECESSÁRIO

- ↑↑ Indispensável
- ↓↑ Precaução
- ⚡ Conveniente não realizado

- ↓↓ Legislação
- ↓↓↓ Excesso de zelo

- i Perigo para a saúde pública
- ? Não se conhece diligência na sua remoção

FIGURA 19

(COMUNICAÇÃO APRESENTADA À CLASSE DE CIÊNCIAS
NA SESSÃO DE 2 DE JUNHO DE 2011)