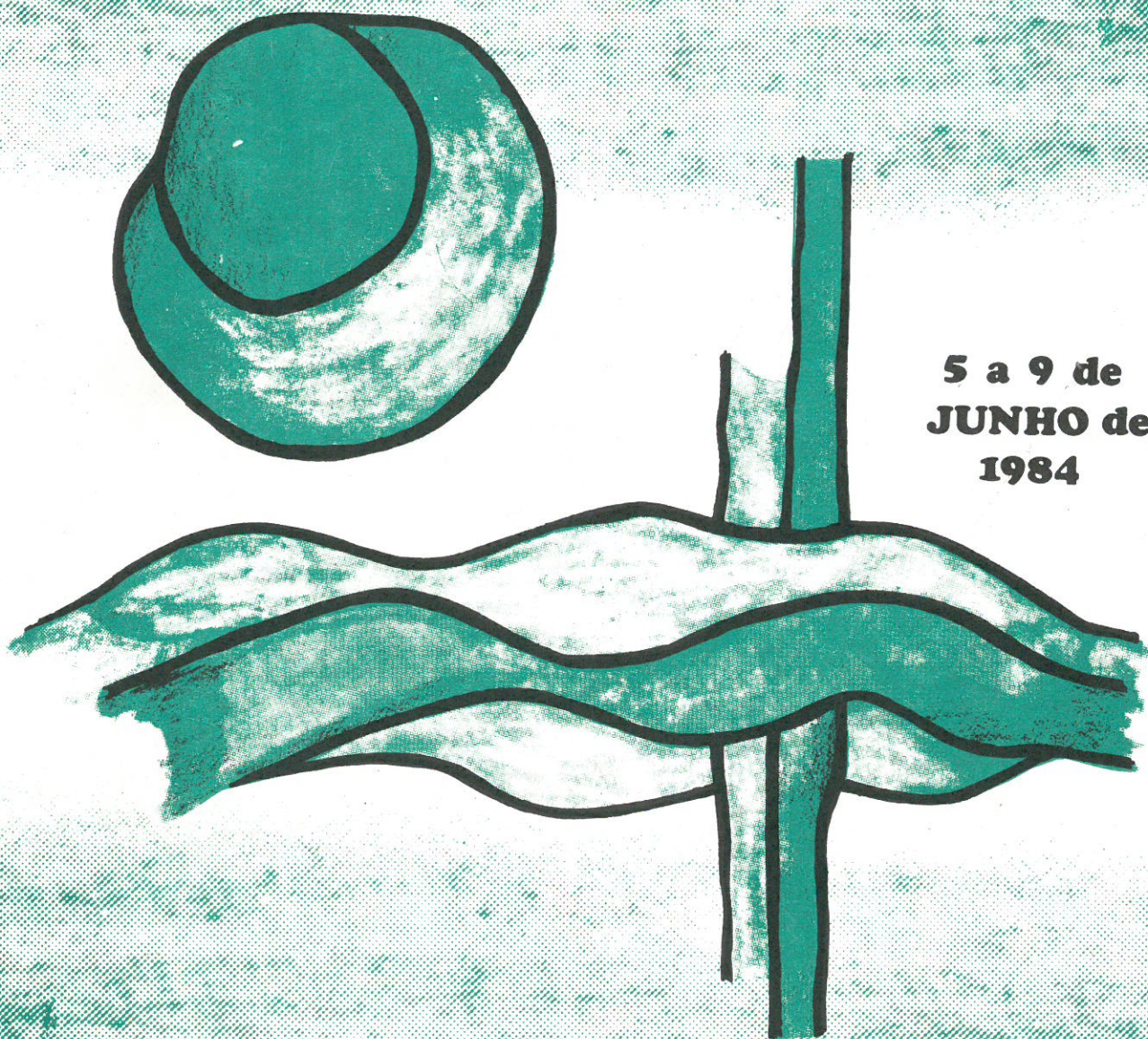


3.^{AS} JORNADAS DO AMBIENTE

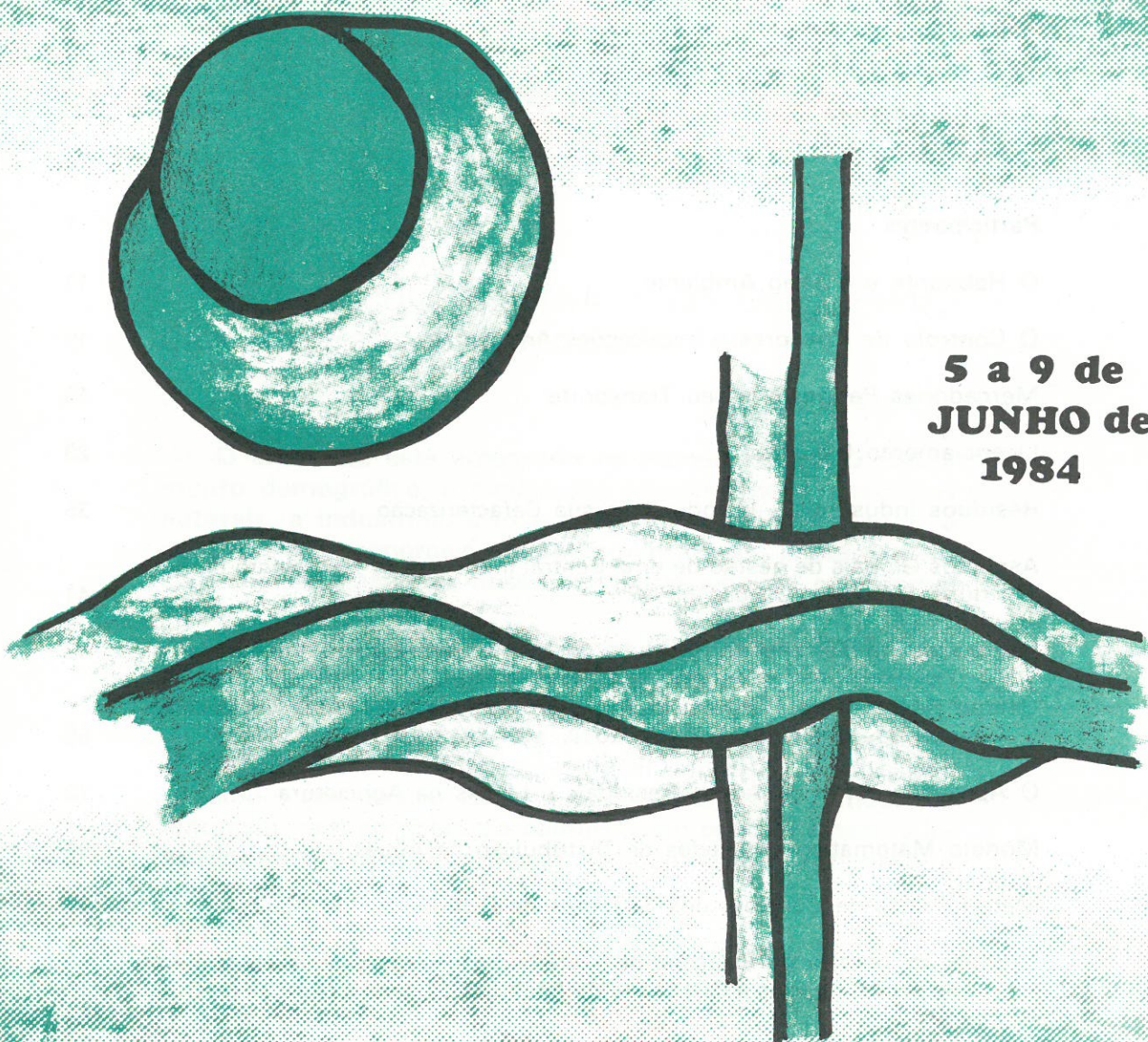


5 a 9 de
JUNHO de
1984



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEPARTAMENTO DE SANEAMENTO BÁSICO (CIVIL)

3.^{AS} JORNADAS DO AMBIENTE



5 a 9 de
JUNHO de
1984



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEPARTAMENTO DE SANEAMENTO BÁSICO (CIVIL)

ÍNDICE

Nota de Abertura	3
Progama	5
Participantes	7
O Habitante e o Meio Ambiente	11
O Controlo de Roedores e Implicações Ambientais	15
Mercadorias Perigosas e seu Transporte	19
Licenciamento Industrial	23
Resíduos Industriais — Introdução à sua Caracterização	35
Aspectos Globais de gestão de uma Central Industrial de Tratamento de Resíduos Sólidos — O caso LIPOR	41
Disposição no Terreno de Resíduos Sólidos e Semi-Sólidos Industriais ...	47
Gestão Regional do Tratamento de Águas Residuais — Modelo de Determinação dos Graus de Tratamento	55
O Aproveitamento de Águas Residuais e Lamas na Agricultura	73
Modelo Matemático em Redes de Distribuição de Águas	91
Metodologias de Controlo dos Sistemas de Distribuição de Águas	97
Exploração Técnica de Estações de Tratamento de Águas de Abastecimento — Aspectos ligados à Qualidade da Água nas Origens e Normas de Qualidade	103
Exploração Técnica de Estações de Tratamento de Águas de Abastecimento — Aspectos Químicos e Sanitários	107
Poluição Sonora — Legislação sobre Ruído	109

NOTA DE ABERTURA

«As escolas existem, disse Deus. Penso que é para desaprender...»

CHARLES PÉGUY

O ambiente está ameaçado no mundo inteiro. O crescimento demográfico, a exploração incontrolada dos recursos naturais, a industrialização e os seus efeitos secundários, o crescimento económico aparentemente sem limites fazem com que as bases da nossa existência estejam comprometidas.

A ciência e a tecnologia actuais oferecem muitos meios, desde que haja vontade de os utilizar, para um progresso ordenado e sem poluição.

Como consideramos que APRENDER é sempre «DESA-PRENDER», para conseguirmos vencer o que nos paralisa, nos aprisiona, nos aliena. Há que «DESAPRENDER» a mudar, a renunciar com coragem ao conformismo em que estamos inseridos com vista a alcançar uma sociedade ordenada e despoluída.

A COMISSÃO ORGANIZADORA

PROGRAMA

DIA 5 DE JUNHO (3.ª FEIRA)

- 9.30-10.00 h — Recepção dos participantes
- 10.00-10.30 h — Recepção de entidades oficiais
- 10.30-11.30 h — Sessão de abertura com a presença de entidades oficiais
- 11.30-12.30 h — Projecção de filmes e demonstração de equipamentos
- 12.30-14.00 h — Pausa para o almoço (livre)
- 14.00-15.15 h — «Ambiente e Saúde» Prof. Dr. Leal da Costa (Faculdade de Medicina de Lisboa)
- 15.15-16.30 h — «O Habitante e o Meio Ambiente» Eng.º Poole da Costa (Câmara Municipal de Lisboa)
- 16.30-16.45 h — Pausa
- 16.45-18.00 h — «O Controlo de Roedores e Implicações Ambientais» Dr. Walter Bäumlér (Universidade de Munique/I.N.I.A.E.R. — Direcção-Geral da Produção Agrícola-Ext.) Eng.ª Maria Irene Moreira — I.N.I.A.E.R. — Direcção-Geral da Produção Agrícola-Ext.)

6 DE JUNHO (4.ª FEIRA)

- 9.15-10.15 h — «Mercadorias Perigosas e seu Transporte» Eng.º António S. Pereira Botão (Direcção-Geral da Qualidade)
- 10.15-11.15 h — «Licenciamento Industrial» Eng.ª Maria Ester Gomes da Silva (Direcção-Geral da Qualidade)
- 11.15-11.30 h — Pausa
- 11.30-12.30 h — «Resíduos Industriais — Introdução à sua Caracterização» Eng.º Rui Figueiredo Simões (Direcção-Geral da Qualidade)
- 12.30-14.00 h — Pausa para almoço (livre)
- 14.00-15.15 h — «Aspectos Globais de Gestão de uma Central Industrial de Tratamento de Resíduos Sólidos — O caso LIPOR» Dr. Fernando Leite (LIPOR — Serviço Intermunicipalizado de Lixos da Região do Porto)
- 15.15-16.30 h — «Disposição no Terreno de Resíduos Sólidos e Semi-Sólidos Industriais» Eng.º Lopes Rosa (EDP)
- 16.30-16.45 h — Pausa

- 16.45-18.00 h — «Problemática do Tratamento dos Resíduos Sólidos da Região do Porto — Estratégia da LIPOR» Eng.º Campos Gondim, Dr. Fernando Leite, Eng.º Branco da Silva (LIPOR — Serviço Intermunicipalizado de Lixos da Região do Porto)

20.00 h — Programa Social

DIA 7 DE JUNHO (5.ª FEIRA)

- 9.30-10.45 h — «Gestão Regional do Tratamento de Águas Residuais — Modelo de Determinação dos Graus de Tratamento» Eng.º Luis Junça de Moraes (Controlo da Poluição — Direcção-Geral de Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos)
- 10.45-11.00 h — Pausa
- 11.00-12.15 h — «O Aproveitamento de Águas Residuais e de Lamas na Agricultura» Eng.ª Maria Helena Marecos do Monte (Lab. Nacional de Engenharia Civil)
- 12.15-13.30 h — Projecção de filmes e demonstração de equipamentos
- 13.30-14.30 h — Pausa para almoço (livre)
- 14.30 h — Visita Técnica — Museu, Laboratório e Central dos Barbadinhos (EPAL), e — Central de Vila Franca de Xira (EPAL)

Nota: O transporte será assegurado, com saída e regresso às instalações do ISEL

DIA 8 de JUNHO (6.ª FEIRA)

- 9.30-10.45 h — «Modelo Matemático em Redes de Distribuição de Águas» Eng.º Álvaro Costa (Serviços Municipalizados de Cascais)
- 10.45-11.00 h — Pausa
- 11.00-12.15 h — «Metodologias de Controlo dos Sistemas de Distribuição de Água» Eng.ºs Maria Helena Alegre e Jaime Melo Baptista (Lab. Nacional de Engenharia Civil)
- 12.15-14.00 h — Pausa para almoço (livre)
- 14.00-15.15 h — «Exploração Técnica de Estações de Tratamento de Águas de Abastecimento — Aspectos Ligados à Qualidade da Água nas Origens e Normas de Qualidade» Eng.ª Ana Maria S. Baptista Martins (Direcção-Geral de Saneamento Básico)

PROGRAMA

DIA 8 DE JUNHO (2.ª FEIRA)

15.15-16.30 h — «Exploração Técnica de Estações de tratamento de Águas de Abastecimento — Aspectos Químicos e Sanitários» Eng.º João M. Gomes Sousa (Direcção-Geral de Saneamento Básico)

16.30-16.45 h — Pausa

16.45-18.00 h — «Poluição Sonora — Legislação sobre Ruído»

Painel final com a participação de:

- Eng.ª Cristina Nunes (Direcção-Geral de Qualidade do Ambiente)
- Eng.º António S. Pereira Botão (Direcção-Geral da Qualidade)
- Eng.º Pedro Martins da Silva (Lab. Nacional Engenharia Civil)

DIA 9 DE JUNHO (SÁBADO)

9.30-10.45 h — Projecções de filmes e demonstração de equipamentos

10.45-11.00 h — Pausa

11.00-12.30 h — Conclusões e sessão de encerramento com a presença de entidades oficiais

Paralelamente a este Programa realizam-se exposições de equipamentos, materiais e elementos bibliográficos.

COMISSÃO ORGANIZADORA

- Adelino M. Serras
- Adelino M. Silva Soares
- Augusto Ferreira Guedes
- Cecília Moura da Silva
- Carlos Oliveira Augusto
- Luis Mendes
- José Carlos Melo
- José Paulo Malgazeiro
- Maria Helena Cardoso

PARTICIPANTES

Adelino Manuel Serras
Adelino Manuel da Silva Soares
Alfredo Rodrigues de Matos
Alexandre Ipolliti Carvalhas
Álvaro Costa
Álvaro dos Santos Rolo
Amilcar Cruz Vicente
Ana Isabel Espinha da Silveira
Ana Maria Baptista Martins
Ana Maria Rosa Teixeira
António Belo Cardoso Leal
António Bento
António Bravo
António Miguel da Costa Ferreira
António Pereira Botão
António Proença Santiago
António Victor Carreira de Oliveira
Armando Fernandes Peres
Armando Matos Marçal Murta
Arminda Santos Gil
Augusto Ferreira Guedes
Barnabé Francisco Primo Pisco
Branco da Silva
Campos Gondim
Carlos Alberto Fernandes Jorge
Carlos Alberto Gomes
Carlos Manuel Castelo-Branco
Carlos Manuel Spinola da Costa Moura
Carlos Oliveira Augusto
Carlos Veiga
Cristina Caramelo
Cristina Nunes
Dias Grilo
Eduardo Castelo Branco
Ernesto Mendes Pereira
Eurico Ascenso Pereira
Fernando da Costa Carvalho
Fernando Leite
Fernando Pinheiro
Fernando Santos Rodrigues
Guerra Marques
Horácio de Carvalho
Jaime Melo Baptista
João Carlos Mateus Gouveia
João da Cruz dos Santos Carreira
João Gomes de Sousa
João Jesus da Silva
João Luís da Silva Torrão
João Manuel Carrasco de Brito
João Manuel Chaleira Damas
Joaquim Belo
José Amadeu de Azeredo Alvim da Silva Peixe
José António Martins
José Armindo Duarte Ribeiro
José Carlos Melo
José Carvalho Santos
José Esteves do Amaral
José Manuel Pereira da Silva
José Paulo dos Santos Gomes Malgazeiro
José Rodrigues Salsa
Leal da Costa
Leonor Miranda Monteiro do Amaral
Luís Filipe de Almeida Mendes
Luís Filipe da Cunha Romão
Luís Junça de Morais
Luís Machado
Luís Manuel da Silva Veiga
Mafra Santos
Manuel Botelho Moreira Braga
Manuel Neto da Luz Pedro
Maria do Carmo Paleteiro
Maria Cecília Moura da Silva

Maria Cristina Bатуca Toureiro
Maria Ester Gomes da Silva
Maria Helena Alegre
Maria Helena Marecos do Monte
Maria Helena Teixeira Cardoso
Maria Irene Moreira
Maria Isabel Mata dos Santos Furtado Mateus
Maria Isabel Palmeira Pires
Maria Isabel de Oliveira Batista Martins
Maria Manuela Reis Pimenta de Andrade
Maria Margarida V. M. Teixeira de Sousa
Marlene Isabel Figueiredo A. Pereira Marques

Paula Aguiar
Paulo Alexandre Esteves Vieira
Pedro Macedo e Couto
Pedro Martins de Freitas
Pedro Martins da Silva
Pereira de Almeida
Regina Maria Pina Mendes
Rui Figueiredo Simões
Ruy Poole da Costa
Vera Bruto da Costa
Victor Manuel Afonso Alves
Walter Bäumlér

EMPRESAS PARTICIPANTES

- A. J. MOREIRA, LDA.
- AUTO-SUECA (COIMBRA), LDA.
- BAYER PORTUGAL, S.A.R.L.
- CESL — Consultores de Engenharia Sanitária, Lda.
- CIMIANTO — Sociedade Técnica de Hidráulica, S.A.R.L.
- COMETNA — Companhia Metalúrgica Nacional, S.A.R.L.
- DURAPLAS — Plásticos Industriais, LDA.
- EPAL — Empresa Pública das Águas Livres
- HIDROPROJECTO — Consultores de Hidráulica e Salubridade, S.A.R.L.
- KOCH DE PORTUGAL — Serviços de Engenharia e Comercialização Industrial, Lda.
- LUSALITE — Sociedade Portuguesa de Fibrocimento, S.A.R.L.
- PROFABRIL — Centro de Projectos, S.A.R.L.
- TP DOIS — Tractores e Máquinas Agrícolas, Lda.
- VOLVALER — Equipamentos Especiais para Viaturas, Lda.

3.^{AS} JORNADAS DO AMBIENTE

TEMAS TRATADOS



Departamento de Saneamento Básico
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA



O HABITANTE E O MEIO AMBIENTE

ENG, RUY POOLE DA COSTA
(Gabinete Técnico da Habitação da C. M. de Lisboa)

É vulgar ouvirem-se apreciações como esta:

«Não sei porquê, mas o ambiente deste local desagradou-me.»

Esta dificuldade em precisar as razões do descontentamento resulta da multiplicidade das circunstâncias com influência nas condições ambientais algumas, por muito subtis, de difícil suspeição.

As palavras que irei proferir procurarão explicar algumas dessas circunstâncias, e só algumas e de modo sucinto, pois que me não é dado abusar da paciência de todos vós.

Essas palavras procuram referir, com base nos conhecimentos actuais, algumas das melhores características que deverão constar tanto do espaço habitacional como do ambiente em que ele se integra.

Por vezes, irá aludir-se a situações ideais, de difícil concretização.

Porém, a dignidade do Homem exige que os estudos se aprofundem e que as motivações respectivas sejam efectivamente possíveis.

Uma ou outra nota, aqui ou ali, a propósito da pobre realidade, também o farei com o desejo muito sincero de que elas possam, brevemente, deixar de poder serem feitas.

É por demais conhecido que as condições ambientais condicionam, fortemente, a saúde. Segundo a OMS *«o estado de saúde pode definir-se como uma situação de completo bem-estar físico, mental e social, não bastando a ausência de doença»*.

Bastantes doenças, muitas vezes agrupadas, mais não são do que o resultado da reacção orgânica a estados psíquicos. A influência do meio é tão importante que as suas modificações podem alterar, isto é o seu tipo racial. Daqui se afirmar actualmente que *a doença é uma reacção às condições em que se vive e que toda a modificação destas se se reflecte no comportamento e na saúde física e mental*.

Um maior amor pela Natureza, o melhor entendimento dos seus fenómenos e das suas relações com o ser humano, é a arma indispensável para a luta que é forçoso travar contra os factores de degradação do meio ambiente, na maioria, infelizmente, da responsabilidade

do homem dito civilizado. *Há que retomar o respeito e a veneração que as sociedades consideradas primárias tinham pela Natureza e a tal ponto que chegaram a deificar astros, animais, cursos de água*

No ano longínquo de 1854, o Presidente dos Estados Unidos propôs a um grande chefe indio a compra de territórios ocupados pelos peles-vermelhas.

A propósito, não resisto à tentação de respigar algumas passagens da resposta que esse chefe dirigiu ao presidente, e que bem revelam como aquele povo respeitava as coisas da natureza.

Citarei:

... «Se não somos os donos da frescura do ar nem do fulgor das águas, como poderão vocês comprá-los? ... Cada brilhante mata de pinheiros, cada grão de areia das praias, cada gota de orvalho nos escuros bosques, cada outeiro, e até o zumbido de cada insecto, é sagrado para a memória e para o passado do meu povo ... Somos parte da terra e do mesmo modo ela é parte de nós próprios. As flores perfumadas são nossas irmãs, o veado, o cavalo, a grande águia são nossos irmãos; as rochas escarpadas, os húmidos prados, o calor do corpo do cavalo e do homem, todos pertencemos à mesma família ... Os rios são nossos irmãos e saciam a nossa sede; são portadores das nossas canoas e alimentam os nossos filhos. Se lhes vendemos as terras, devem recordar-se e ensinar aos vossos filhos que os rios são nossos irmãos e também o são deles, e que, portanto, devem tratá-los com a mesma doçura como se trata um irmão ... (o homem branco) não sabe distinguir um pedaço de terra de outro, porque ele é um estranho, chega de noite e tira da terra o que necessita. A terra não é sua irmã mas sim sua inimiga e, uma vez conquistada, ele segue o seu caminho, deixando atrás de si a sepultura dos seus pais, sem se importar com isso! Trata a sua mãe, a Terra, e o seu irmão, o Firmamento, como objectos que se compram, se exploram e se vendem como ovelhas ou contas coloridas. O seu apetite devorará a terra deixando atrás de si só deserto ... Não existe um lugar tranquilo nas cidades do homem branco, não há sitio onde escutar como desabrocham as folhas das árvores na Primavera ou como esvoaçam os insectos ... Só o ruído ... O ar tem um valor inestimável ... O ani-

mal, a árvore, o homem, todos respiramos o mesmo ar. O homem branco não parece estar consciente do ar que respira... Tudo quanto acontecer à terra acontecerá aos filhos da terra... A terra não pertence ao homem; o homem pertence à terra... aquilo que ele fizer à rede da vida ele o faz a si próprio... vocês caminharão para a vossa destruição...»

Nos termos desta carta, como já na filosofia oriental, está patente que a relação homem/natureza é considerada mais do ângulo da complementaridade e da simbiose do que da dominação e da agressão...

Hoje, à nossa volta, multiplicam-se os indícios crescentes de prejuízos, de destruições e de devastações causadas pelo homem em muitas regiões do Globo: níveis perigosos de poluição da água, do ar, da terra e dos seres vivos; perturbações profundas e indesejáveis do equilíbrio ecológico da biosfera; destruição e esgotamento de recursos insubstituíveis; graves deficiências no ambiente que o próprio homem criou, em particular naquele em que vive e trabalha, prejudiciais à sua saúde física, mental e social. Podemos causar, por ignorância ou indiferença, prejuízos consideráveis e irreversíveis no ambiente terrestre, do qual depende a nossa vida e o nosso bem-estar.

Pelo contrário, mediante conhecimento mais profundo e acções mais ponderadas, podemos conquistar para nós próprios e para a posteridade uma vida melhor, em ambiente mais adaptado às necessidades humanas.

Existem perspectivas vastas para a melhoria da qualidade do ambiente e a criação de uma vida feliz. Com o progresso social e a evolução da produção, da ciência e da tecnologia, aumenta dia a dia a capacidade humana de melhorar o ambiente. Apenas é necessário entusiasmo e um trabalho intenso e ordenado. Eu diria que é necessário cultura e educação... Para usufruir livremente dos benefícios da Natureza, tão prodigamente postos à sua disposição, o homem deve tirar partido dos seus conhecimentos para criar, em colaboração com ela, um melhor ambiente. De facto, os homens de todos os lugares e de todas as condições e as mais diversificadas organizações podem, pelos seus valores e pelo conjunto das suas acções, determinar o ambiente futuro do mundo. Direi que podem e devem, se convictos das suas responsabilidades, estar cientes de que há que melhorar quanto encontraram...

O Homem tem direito a um ambiente cuja qualidade lhe permita viver com dignidade e bem-estar, como, também o dever solene de proteger e melhorar esse ambiente.

Uma vez que o meio ambiente tem indiscutíveis efeitos sobre a humanidade, há que cuidar dos espaços onde se vive, nomeadamente naqueles onde mais tempo se permanece como sejam, por exemplo, as zonas habitacionais.

A importância deste problema é do mais alto interesse já que aí se permanece cerca de 70% da duração da vida, percentagem, aliás, com forte tendência para aumentar, dadas as sucessivas reduções dos horários de trabalho e da taxa de mortalidade.

O espaço interior, lugar de refúgio por excelência, é limitado como que por uma concha que, como tal, deve ter condições convenientes para proteger o homem. Pelo contrário, o espaço exterior é assimilado à insegurança, porém, com o atractivo de constituir a expressão da liberdade e da aventura.

Há quem defenda que as mais importantes inspirações da humanidade são resultado da ausência de constrangimentos de ordem económica, social, familiar ou espacial. Para os defensores desta teoria, os itinerários de circulação interna da habitação têm importância fundamental como promotores da comunicação social no interior do lar e, por extensão, em escala ampliada, para a comunicação das ideias na cidade e na região. É por isso que convém sublinhar a necessidade de tratamento correcto de todos os espaços que compõem a habitação, mesmo daqueles que servem de transição entre os vários compartimentos que devem ser suficientemente amplos não só para permitirem a facilidade de movimentos mas também para que os utilizadores disponham do tempo necessário, curto mas indispensável, de preparação para se apresentarem aos restantes coabitantes. Por exemplo, a esposa saindo do quarto conjugal deverá retomar a sua compostura e personalidade de mãe de família antes de entrar no compartimento das crianças. Não se podem desprezar, então, estas zonas de circulação, normalmente, reduzidas ao mínimo não só por razões económicas, mas também por serem consideradas peças inúteis.

Claro que continuamos a referir casos ideais

A dimensão e forma das construções não tem apenas importância estética mas, também, psicológica. As grandes massas de construção, com grandes fachadas, vulgarmente uniformes, desencadeiam sensação de enfado. Poderá atenuar-se a dificuldade através de uma fragmentação das superfícies à custa de elementos horizontais e verticais que provocarão no observador uma benéfica sensação de ritmo, mais ou menos consciente. Este objectivo era já tentado na arquitectura clássica com os embasamentos, os andares nobres, os frontões, as colunas e pilastras, a diferenciação de planos, etc. No respeitante ao tratamento das fachadas é de notar que o peão, próximo de um edifício, raras vezes eleva a vista acima do 1.º andar e, por consequência, presta maior atenção aos andares baixos. Dai ser razoável um mais atento estudo do r/c onde não são aconselháveis, normalmente, as grandes massas com reduzidas aberturas.

A abundância de materiais duros nas concepções arquitectónicas de grande dimensão pode desencadear ansiedade e depressão; a monotonia é susceptível de desenvolver a passividade e as cores pouco naturais, bem como as cruas, podem provocar excitação ou reduzir a sensibilidade. As construções chocantes ou traumatizantes devem ser evitadas pois que não se pode fechar os olhos em frente de um edifício com a mesma facilidade com que se fecha o rádio ou a televisão ou se sai de uma sala de espectáculos quando um programa desagradado.

A repetição e a modulação dominam a construção altamente industrializada dos nossos dias. Apenas, e sempre, se encontra a mesma monotonia opressiva, contrária ao que é normal na Natureza, dificultando a personalização dos edifícios e a orientação na cidade.

Parece aceitável estender a noção de visão global à noção mais complexa de percepção global. Sendo assim, é importante poderem ser apanhadas de relance todas as dimensões do conjunto das construções e de que fará parte um importante elemento urbano ou a própria habitação do observador, por forma a facilitar a orientação no aglomerado urbano. Para uma percepção

global é necessário que os ângulos de visão não excedam 37° na horizontal e 28° na vertical. Em consequência, as ruas estreitas devem ser bordejadas por edifícios estreitos e de altura inferior à largura.

É interessante notar que a visão humana tem como referência dois eixos ortogonais que se desenvolvem da esquerda para a direita e da frente para trás. Isto explica a preferência pelos ângulos rectos e pelas formas quadradas ou rectangulares e que o território visualmente apropriado, que alguém definiu como: «uma espécie de fortaleza psicológica destinada à protecção contra eventual deprimador», deverá possuir forma rectangular de dimensões permitindo vigilância fácil numa única vista de olhos, mas suficientes para garantir a necessária segurança.

De um modo geral, toda a modificação dum local produz modificações climáticas, uma vez que são alteradas as características térmicas, higrométricas e anemométricas. Estas modificações revelam-se, na maioria dos casos, prejudiciais para os habitantes.

A produção térmica própria dos aglomerados urbanos devido ao aquecimento das casas, às indústrias, à circulação motorizada, etc., é responsável pela formação de ilhas de calor. Esta situação é reforçada em consequência das alterações das radiações do sol e do ar por os elementos poluidores da atmosfera envolvente de um estabelecimento humano impedirem a penetração de raios ultravioletas, ao contrário dos raios luminosos e térmicos que são reflectidos, pelas fachadas, para as zonas dos peões. O calor que circula durante o dia não se dissipa durante a noite, especialmente nas zonas mal ventiladas. Os centros das cidades, principalmente no Verão, são então mais quentes durante a noite que os bairros periféricos. Para minorar este inconveniente, impõe-se a existência de largos espaços verdes que atenuem a acumulação excessiva de calor. Estudos efectuados nos Estados Unidos revelaram serem suficientes 30% de superfícies verdes para compensarem, em 60%, o sobreaquecimento excessivo das cidades. Além disso, os espaços verdes proporcionam sombra e frescura na época quente e aumento do grau higrométrico e, por outro lado, contribuem para a melhoria da qualidade do ar devido à produção de oxigénio.

A implantação de edifícios de alturas diferentes, alternando com superfícies vazias, provoca modificações consideráveis no regime dos ventos, especialmente ao nível das ruas, onde a velocidade pode ser dupla ou mesmo tripla, da média verificada na vizinhança imediata. Daqui resultam inconvenientes, especialmente nas passagens estreitas dos primeiros pisos que se tornam incómodas e, algumas vezes, mesmo perigosas. A turbulência do ar, reforçada pelos edifícios em forma de torre, tem repercussões consideráveis na repartição da poluição atmosférica e dificulta a necessária ventilação do centro urbano e dos bairros envolventes. Pelo contrário, os vales e as passagens naturais podem facilitar o aprovisionamento de ar fresco, devendo, em princípio, serem mantidos. O estudo deste problema da circulação do ar e das suas implicações é complexo, recomendando-se o recurso a túneis aerodinâmicos.

A água constitui uma atracção para o homem e um elemento indispensável à sua vida física e conforto psíquico. Uma superfície líquida, como um lago, pode ter um efeito calmante e atraente e, inversamente, um meio artificial ou fortemente mineral provocará o tédio. Tam-

bém efeitos calmantes poderão conseguir-se com caminhos agradáveis, convidativos ao passeio a pé que constitui exercício necessário para o relaxamento físico e mental.

O ruído excessivo contraria a desejável calma e pode determinar, inclusivamente, a surdez. O nível de ruído que se considera conveniente de noite situa-se entre 25 dB (ruído batido por vento fraco) e 35 dB (rua muito tranquila) e, de dia, entre 35 e 45 dB. Todavia, o ruído contínuo, além de 40 dB, pode ocasionar doenças do sistema nervoso vegetativo e perturbações na circulação sanguínea e, acima de 85 dB, a surdez irreversível.

Na zona imediata da habitação ou a ela directamente ligada, há que prever, para lhe assegurar um bom funcionamento, os necessários *equipamentos* (garagens, lavandarias, locais de bricolage, locais de recepção e de reuniões familiares, etc.) e na zona envolvente da habitação, centros sanitários e sociais, creches e lactários, salas de reunião, centro de formação prática de trabalhos domésticos (costura, tricot, culinária, reparações etc.), equipamentos culturais, de recreio, de desportos e de jogos (para jovens das diversas idades e para adultos), piscinas, bibliotecas, espaços verdes, telefones correios e muitos outros.

A distribuição de cada peça de equipamento tem de tomar em conta determinados condicionamentos. Uma separação excessiva de funções (habitação, trabalho, circulação, recreio, etc.) produz uma exagerada concentração de elementos idênticos de onde a dificuldade de se atingirem, rapidamente, os de utilização permanente.

Como prioridades de equipamento, verifica-se serem mais importantes os terrenos de jogos para as crianças do que os espaços verdes impecáveis (cuja interdição às crianças é inadmissível) e do que as áreas para estacionamento, uma vez que no domínio da habitação o automóvel deve ceder lugar às necessidades de espaço de habitantes, particularmente das crianças e dos idosos. Também são mais importantes os equipamentos colectivos do que os sinais exteriores de riqueza. Dai serem preferíveis largos espaços para jogos infantis, embora com equipamento de baixo custo, aos de reduzida dimensão embora dotados de equipamento dispendioso. A carência destas zonas de recreio pode provocar nas crianças a diminuição dos poderes de imaginação e de concentração e do gosto pelo trabalho e proporcionar o aumento excessivo do desejo do prazer, o nervosismo a irritação, a agressividade e a grosseria.

A integração da criança põe um dos mais difíceis problemas tanto mais que as suas necessidades variam consoante a idade; enquanto bebé necessita de reduzido espaço mas à medida que cresce ampliam-se as exigências de espaço e de equipamento.

Inquéritos científicos mostraram que um terço da população lamenta, antes de tudo, o *ruído*. Segue-se-lhe o atraso na efectivação de alguns equipamentos (locais de jogos para crianças, lojas, artesanatos, serviços de saúde, transportes colectivos, etc.) — dificuldades típicas nos novos bairros. Igualmente mereceu apreciação negativa o *vandalismo e as agressões*, verificados habitualmente nas zonas residenciais enquanto não se estabelecem relações e laços de amizade. Outros descontentamentos dizem respeito ao conjunto da urbanização e às formas das construções, nomeadamente, edifícios muito grandes, fachadas monótonas e pobres e extensões exageradas de terrenos vagos.

Uma organização urbana apressada pode provocar penúria de todos os serviços e equipamentos. Por isso, construir sem nenhum controlo e, sobretudo, sem visão global e evolutiva do conjunto urbano é sempre prejudicial.

Cada programa de construção deverá conter variedade de habitações em conformidade com as realidades demográficas da população e com a dimensão e constituição dos agregados familiares dos diversos extractos.

É de acentuar que os vulgares índices de densidade populacional e de ocupação espacial apenas constituem indicadores que, só por si, são perfeitamente insuficientes para permitirem avaliar a qualidade de um plano de urbanização. Importa que o ambiente ofereça condições propícias do ponto de vista de clima, escala humana, estética, segurança e diversidade, questões propícias à calma e ao fácil relacionamento entre as pessoas. Um bom ambiente não se obtém pela simples fusão racional de todos os factores e não exige, forçosamente, muito elevado valor estético. Indispensável é que tenham sido consideradas situações promotoras do bem-estar físico, cultural e psicológico dos utentes. Só por si o belo é insuficiente para qualificar, como satisfatório, um agregado urbano. Muitos são os casos de conjuntos esteticamente valiosos sem constituírem um êxito em urbanismo. Também conjuntos perfeitamente funcionais e com peças de alto valor estético não correspondem, muitas vezes, a um plano equilibrado. A qualidade do espaço urbano depende da qualidade das zonas construídas e das zonas livres, isto é, dos edifícios, dos espaços verdes, das ruas, e de todo um conjunto de equipamentos cujas exigências vão, sendo cada vez maiores.

Uma conveniente solução nem sempre exige despesas suplementares. Resultará, na maioria dos casos, de uma boa concepção do projecto. Nestes aspectos de economia há que considerar não apenas os custos de

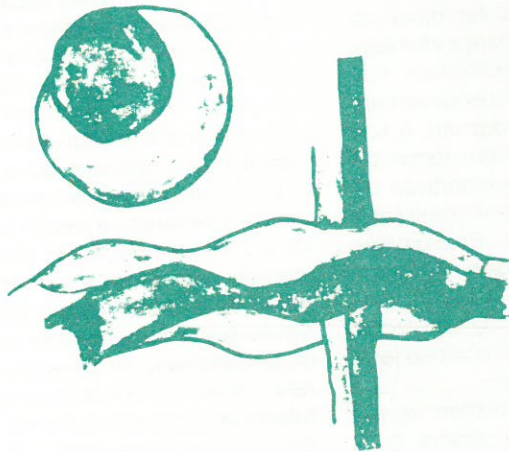
primeiro estabelecimento mas, também, e com peso muito importante, as despesas de manutenção e os custos sociais. Parece oportuno advertir que num mundo em perpétua mutação, como o dos nossos dias, cuja população cresce a um ritmo exponencial, as prioridades não cessam de se modificarem. Por isso, é de esperar que surjam novos problemas por mais adequados que sejam os planos.

Peço que me revelem o tempo que vos tenho ocupado. Julgo, porém, que a importância de que se reveste a qualidade do ambiente em que se vive poderá contribuir para desculparem a extensão do que modestamente vos disse. Todavia (o contrário seria estulticia da minha parte por se situar fora do meu alcance), procurei aflorar, apenas, alguns aspectos no âmbito das concepções da habitação e do urbanismo que, repito, entendo não serem assuntos dissociáveis. Certas ideias expostas poderão ser consideradas incómodas; outras utópicas ou de pura especulação filosófica. Mas a verdade é que os problemas existem e há que procurar, a todo o transe, uma maior felicidade para a humanidade que tão traumatizada está, muitas vezes em consequência das condições em que se vive.

Não quero terminar sem referir a boa ajuda que nos proporcionou a consulta de diversas publicações de entidades nacionais (por exemplo, Comissão Nacional do Ambiente e Fundo de Fomento da Habitação) e estrangeiras (Centro Francês de Pesquisa Humana, Organização Mundial de Saúde e Federação Internacional de Habitação e Organização do Território), das quais, com a devida vénia, extrai algumas passagens, obviamente as que considere mais adequadas à finalidade pretendida.

A todos vós que, com tanta benevolência, se dignaram ouvir-me aqui fica o meu sentido

«Bem Hajam»
Tenho dito!



O CONTROLO DE ROEDORES E IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS

DR. WALTER BAÜMLER

(Universidade de Munique)

O que pretendo é dar uma panorâmica geral sobre as interações do combate a roedores e suas consequências e do ambiente.

Reconhecem-se vários problemas no combate a ratos, ratazanas e outras espécies de roedores, nas cidades e aldeias, armazéns, casas de habitação e no campo. Em primeiro lugar porque se aplicam venenos ou medidas que são em geral perigosas para o Homem e outros vertebrados, como animais domésticos, aves, peixes, etc. Por isso quem trabalha nessa área assume certas responsabilidades. Os roedores têm também a sua importância no ambiente, porque muitos carnívoros mamíferos, aves de rapina, alimentam-se deles e podem deixar de existir sem eles.

Por outro lado, os roedores conseguem reduzir ou destruir as colheitas, no campo, nos armazéns e no comércio, impedir a regeneração da floresta comendo as sementes e plântulas de árvores ou ainda danificar diferentes materiais e equipamentos. Algumas espécies de roedores, como as ratazanas, podem transmitir doenças, por exemplo, a peste bubónica que ainda hoje existe em vários países, ou um tipo de hepatite causada por bactérias, e outras enfermidades. Por isso o combate aos roedores é necessário para melhorar o ambiente, relativamente às condições de vida.

Junto a um grupo técnico português da Direcção-Geral de Protecção de Produção Agrícola, em Lisboa, trabalho nesta área há alguns meses. Pretendemos estabelecer um intercâmbio de conhecimentos das diferentes possibilidades de combate aos roedores no que respeita ao ambiente. Estes colegas dão uma grande ajuda ao meu trabalho e também à presente exposição. Por isso lhes agradeço. Muito obrigado também ao Departamento de Saneamento Básico do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa pelo convite que me fizeram para falar sobre este assunto.

Não quero aqui demonstrar e explicar profundamente os vários ensaios, que fizemos e estamos efectuando no laboratório, no campo e nas zonas agro-industriais, com o fim de encontrar métodos mais eficientes de combate aos roedores e mais seguros para o ambiente. Prefiro descrever um pouco a história do combate a

estes animais, para que possam ter uma ideia do processo de desenvolvimento nesta área e também dos problemas que ainda não estão resolvidos.

Em tempos medievais, quando na minha terra, os roedores se multiplicavam em grande escala — e há indicações que algumas catástrofes de fome e de epidemia foram por eles causadas —, nessa altura o conselho de administração municipal não conhecia nenhuma medida melhor do que fazer uma reunião e condenar todos os ratos e ratazanas. A condenação era escrita e proclamada em voz alta nos campos e outros sítios infestados, determinando que todos os roedores deviam sair e fugir logo na noite seguinte. As fêmeas grávidas ou com jovens crias podiam ficar mais três semanas, mas depois deviam sair também. Poderia ser que essa medida fosse boa, nalguns casos, quanto a conservação da natureza, mas a sua eficácia para diminuir o número de roedores ainda hoje não foi confirmada.

Outros porém inventaram ratoeiras e armadilhas ou utilizaram gatos para combater os roedores. Conta-se que num moinho de tintas, foi encontrada uma tinta verde, que podia matar todos os animais, inclusive o Homem. Esta tinta, este veneno, foi o primeiro e mais importante rodenticida que existiu: era o arsénico.

Na Alemanha foi-lhe dado o nome *verde de Schweinfurt*. Schweinfurt é uma cidade alemã em que existiam muitos moinhos de tinta. As tintas eram moidas com a ajuda de esferas e talvez por isso inventaram ali, também, os rolamentos das máquinas. O emprego de mamíferos carnívoros, do arsénico, das ratoeiras e de outras medidas, marca o início do combate aos roedores. Hoje podemos dividir este combate em 5 grupos de acção: *combate mecânico*, *combate biológico*, *combate químico*, *regulação ecológica* e *sistema de controlo integrado*.

— No *combate mecânico*, ainda hoje são empregadas ratoeiras se a infestação for fraca. Do *combate mecânico* também faz parte o «rat proof», construção de armazéns, de habitações e de outras instalações à prova de ratos. Há prescrições simples nesta área mas os projectistas, por vezes, não respeitam essas normas de segurança. A desratização nos armazéns e nos edifi-

cios é, em geral, muito difícil e cara. Outros tipos de combate mecânico, como por exemplo o emprego de aparelhos ultrasónicos para intimidar os roedores, está em desenvolvimento mas ainda em fase não apurada.

— No *combate biológico* (quadro 1), os mamíferos carnívoros podem ser, às vezes, muito eficazes. Por exemplo, numa ilha perto da Holanda, ratos foram introduzidos ocasionalmente no início deste século, e multiplicaram-se em grande número. Estes ratos da espécie *Arvicola terrestris* que eram totalmente subterrâneos, ocasionaram grandes danos nas culturas florestais, nos campos e em pomares. Muitos ensaios para exterminar esta praga não tiveram sucesso. Em 1931, três casais de doninhas foram libertados nessa ilha. Estes carnívoros multiplicaram-se e exterminaram totalmente os ratos em poucos anos.

Simplemente depois, as doninhas numerosas, causaram também alguns danos aos coelhos, aves, galinhas e outros animais. Este exemplo é bem significativo e nós temos algumas evidências de que a conservação de inimigos de roedores é importante para o combate a estes animais.

Além de gatos e outros carnívoros foram utilizados alguns microrganismos provocando doenças aos roedores. No último século, Louis Pasteur levou a efeito a ideia de preparar iscos com bactérias de tipo *Salmonella typhimurium* para matar os ratos do campo. Mas a eficácia dessas bactérias foi muito incerta. Os roedores rapidamente se tornavam imunes ou resistentes, e essas bactérias eram muito sensíveis à luz e à aridez. Além disso, essas bactérias causaram também doenças nos outros animais e no Homem. Por isso o emprego de agentes de doença para combater os roedores foi proibido na maioria dos países depois da Segunda Guerra Mundial.

Podemos concluir destes exemplos que também no combate biológico aos roedores persistem alguns problemas relacionados com a protecção da fauna e do ambiente. Ainda agora não é conhecida nenhuma doença específica e virulenta para combate aos ratos e ratazanas. A *myxomatosis*, uma virose dos coelhos e doutras espécies da família de lebres, é uma notável excepção. Por exemplo, os coelhos na Austrália foram diminuídos com grande sucesso por essa enfermidade.

QUADRO 1

EXEMPLOS DO COMBATE BIOLÓGICO

— CARNÍVOROS:

Mustela erminea — doninha
introduzida numa ilha dos Países Baixos

— BACTÉRIAS:

Salmonella typhimurium
empregada por Louis Pasteur para combater os roedores

— VIROSES:

Myxoma — vírus
causa doença específica e virulenta (*Myxomatosis*) dos coelhos
introduzida com grande sucesso na Austrália para combater coelhos

— No *combate químico* (quadro 2), podemos distinguir os rodenticidas de toxicidade aguda e os rodenticidas crónicos, isto é, de acção retardada, ou seja, os rodenticidas modernos. Um rodenticida agudo como o arsénico, sulfato de tálio, estriquinina, e crimidina, pode matar um roedor se comer numa só vez uma determinada quantidade.

QUADRO 2

COMBATE QUÍMICO: RODENTICIDAS

1, de toxicidade aguda

a, inorgânicos	Arsénico Sulfato de tálio Fosforeto de Zinco
b, orgânicos	Estriquinina

2, de toxicidade crónica

Anticoagulantes	
a, Cumarinas	Cumarina Cumatetralil Cumacloro
b, Indadionas	Clorfacinona Defenacume Bromodialona

Estes venenos agudos são, em princípio, mais perigosos para o ambiente que os rodenticidas modernos, com acção retardada. Especialmente os venenos agudos e persistentes, como arsénico, que não se decompõem, foram de grande risco para o ambiente e para o Homem. Então quando se aplicou estes rodenticidas agudos verificaram-se, relativamente, muitos acidentes. Depois da aplicação, encontraram-se, por vezes mortas, aves de rapina, águias, cães, gatos e outros animais que tivessem ingerido isco ou roedores envenenados com rodenticida agudo.

Estes venenos perigosos, que são proibidos agora em quase todos os países, apresentavam também um outro grande defeito. O sucesso de combate aos roedores não foi satisfatório. Porquê? Um roedor é em geral muito cauteloso e come no início só uma pequena porção de isco. Se o isco tiver um veneno agudo, o roedor imediatamente sente-se mal e pode aprender a evitar o contacto com esses iscos.

Os rodenticidas crónicos ou modernos de acção demorada não têm esses defeitos. São mais eficientes no combate aos roedores e mais seguros para o ambiente do que os venenos agudos. Um rodenticida de acção retardada apenas pode matar um animal se este comer em dias consecutivos uma pequena dose. Uma dose única mesmo que seja grande, não mata animal nem homem.

Estes rodenticidas modernos de acção retardada são principalmente os anticoagulantes. Os anticoagulantes impedem a coagulação do sangue porque são competitivos com a vitamina K, necessária para a formação de fibrina.

O primeiro anticoagulante foi o *cumarin*, encontrado numa planta, no trevo branco do Norte. Essa planta causava hemorragias e deficiências no sangue das vacas, nas pastagens. A substância activa foi isolada e depois sintetizada. Outras substâncias com efeito similar, foram encontradas depois da Segunda Guerra Mundial.

Os anticoagulantes foram empregues primeiro em medicina para prevenção de trombozes ou coágulos perigosos de sangue; depois, também na fitofarmácia com grande sucesso para combate aos roedores. Os animais ao ingerirem doses sucessivas de isco com anticoagulante acabam por morrer após alguns dias. Não podem perceber a relação da sua fraqueza e do veneno, porque a acção é muito retardada. Por isso estes rodenticidas facilitam desratizar em grande escala com garantia, o que não era possível anteriormente com aplicação de venenos agudos.

Por outro lado, acidentes ou intoxicações com anti-coagulantes estão quase excluídos, porque uma dose desta substância mesmo que seja grande, em geral não é perigosa para o Homem ou para os animais. Além disso, os anticoagulantes decompõem-se rapidamente no corpo dos roedores ou do ambiente. Por isso estes rodenticidas com acção retardada são mais seguros, também no que respeita à protecção da natureza.

Existem presentemente vários tipos de anticoagulantes. No nosso grupo de trabalho, no combate aos roedores em Portugal, tentamos encontrar metodologias que sejam as mais eficientes e económicas na luta para as diferentes espécies e mais seguras para a protecção do ambiente. Há algumas espécies de ratos, principalmente no campo, que são menos susceptíveis aos anticoagulantes e outros rodenticidas. Em geral é muito difícil combater estes ratos do campo e muitos estudos são ainda necessários nesta área.

No controlo dos roedores, nem sempre é necessário a aplicação dum rodenticida. É possível diminuir o número de roedores, nalguns casos, por meio de uma regulação ecológica. No campo, conseguem-se resolver alguns problemas com ratos e ratazanas, pela alteração ou modificação de medidas na cultura, como por exemplo, pela mudança do sistema de rega ou do amanho da terra. Nas zonas urbanas, é importante impedir o acesso dos roedores aos alimentos, porque a oferta da alimentação é muito importante para a multiplicação dos roedores. Há zonas urbanas que são frequentemente infestadas de ratazanas. Em geral, é mais económico e melhor para o ambiente sanear essas zonas, do que aplicar permanentemente rodenticidas.

Nalguns países, as ratazanas e outras espécies de roedores tornaram-se resistentes a alguns anticoagulantes por causa de aplicações muito frequentes do mesmo tipo de rodenticidas. Por conseguinte deve-se preferir combater os roedores prejudiciais sem veneno, como por exemplo, com uma regulação ecológica, que é melhor também para a conservação da natureza e do ambiente.

Resumindo: ainda hoje não há um método mecânico ou biológico que possa resolver todos os problemas dos roedores prejudiciais. O combate a estes animais eficaz, económico e sem perigo para o ambiente, pode-se conseguir no presente com um sistema mais complexo. O sistema de controlo integrado. Neste sistema respeitam-se todos os aspectos importantes para otimizar o combate (quadro 3).

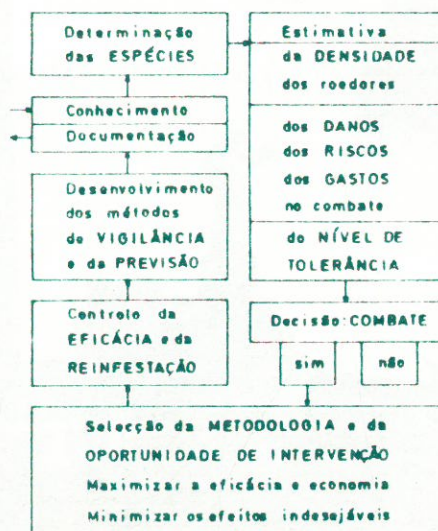
Em primeiro lugar, conhecimentos de sistemática, biologia e ecologia dos roedores são necessários, conhecimentos que se precisam para todo o desenvolvimento do sistema. Na primeira fase de acção, determina-se as espécies, ajuiza-se da sua importân-

cia, isto é, se a espécie é importante em termos económicos ou de saúde pública.

Na segunda fase, depois da determinação da espécie, é necessário estimar a densidade ou o número dos roedores numa área definida.

Com estes dados pode-se prever o valor dos danos e do risco para a saúde pública.

QUADRO Nº 3



É recomendável comparar estes custos com os do combate incluindo o risco para o ambiente. Além disso, é necessário estimar o nível de tolerância dos danos ou da densidade destes animais. Estas considerações facilitam a decisão de combater ou não combater os roedores num caso específico.

Se a decisão for sim, é necessário seleccionar os métodos de combate e a oportunidade de intervenção. Em geral, no combate opta-se por uma combinação de métodos mecânicos, químicos, biológicos e ecológicos, para maximizar a eficácia económica e minimizar o risco para o ambiente.

Depois do combate, é necessário controlar a eficácia e a reinfestação da área tratada. Em todos os casos, é recomendável fazer uma discussão crítica sobre a decisão e organização e os resultados, para melhorar os métodos das diferentes acções. Finalmente, é razoável desenvolver métodos de vigilância e de previsão da densidade dos roedores.

Com a experiência que se ganhou através da prática e das investigações, pode-se aumentar o conhecimento e melhorar o sistema de controlo integrado. Para o desenvolvimento deste são necessários conhecimentos mais profundos sobre as relações interactivas dos roedores com o meio ambiente se queremos prolongar as condições naturais.

MERCADORIAS PERIGOSAS E SEU TRANSPORTE

ENG.º ANTÓNIO DA SILVA PEREIRA BOTÃO
(Direcção-Geral da Qualidade do Ministério
da Indústria e Energia)

1 INTRODUÇÃO

O nosso objectivo principal é a redução do impacto negativo sobre o ambiente que resulta do transporte de mercadorias perigosas.

As matérias consideradas perigosas são transportadas quer para a indústria como matéria-prima quer da indústria para o fornecimento público de que são exemplos os combustíveis.

Convém analisar os riscos e implementar a prevenção apropriada em todos os sectores intervenientes no transporte.

2 O TRANSPORTE DE MERCADORIAS PERIGOSAS

Uma substância é considerada perigosa quando a sua acção pode prejudicar ou provocar danos às pessoas, aos animais e/ou ao ambiente.

A degradação do ambiente pode ser devida a uma acção contínua das fontes poluidoras, como por exemplo os poluentes emitidos pelos veículos a motor e pela laboração dos estabelecimentos industriais, ou pode resultar de um fenómeno instantâneo. Está neste caso qualquer acidente com mercadorias perigosas que, intrinsecamente, contém o inconveniente da mobilidade e da diversidade das substâncias transportadas; o acidente tanto pode ocorrer na via pública como nas instalações industriais. Como é do conhecimento de todos, estes acidentes poderão ter proporções catastróficas:

— no transporte terrestre, com repercussão sobre o ambiente e sobre as pessoas, cujos danos dependerão do local onde ocorra o acidente;

— no transporte marítimo, em que o derrame de diversos produtos começa por degradar as águas.

O controlo dos poluentes pode ser feito e conduzir a uma intervenção nas fontes poluidoras de acção contínua. Mas perante um acidente de transporte de mercadorias perigosas, cuja ocorrência é inesperada e muitas vezes instantânea e que poderá ter repercussões dramáticas, há que dispôr de equipas de combate a sinistros e de socorros bem equipadas e preparadas.

São exemplo os seguintes acidentes que ocorreram em 1978:

— Em Los Alfaques (Espanha), a explosão de um camião-cisterna com propileno próximo de um parque de campismo causou 216 mortos e várias centenas de feridos;

— Em Xilatopec (México), um acidente numa auto-estrada que envolveu 12 veículos, a explosão de um camião-cisterna com gás liquefeito sob pressão causou 100 mortos e 150 feridos.

O transporte é feito com a maior diversidade de embalagens e de recipientes. Destes distinguem-se as seguintes espécies:

a) As garrafas cuja capacidade não exceda 150 litros;

b) Os recipientes de capacidade pelo menos igual a 100 l (à excepção das garrafas segundo a alínea anterior) e que não exceda 1000 l (por exemplo, recipientes cilíndricos providos de anéis de rolamento e recipientes sobre rodas);

c) As cisternas;

d) Os conjuntos chamados baterias de garrafas de acordo com a alínea a) ligadas entre si por um tubo colector e mantidas solidamente juntas por uma armação metálica.

Um processo de reconhecimento rápido das mercadorias perigosas é da maior importância, principalmente para todos os que estão ligados à segurança e ao combate a sinistros.

A nível mundial e para todo o tipo de transporte está estabelecida uma classificação das mercadorias perigosas em 8 classes, segundo as suas propriedades, e que são:

Classe 1 — Matérias Explosivas

Classe 2 — Gases comprimidos, liquefeitos ou dissolvidos sob pressão

Classe 3 — Matérias líquidas inflamáveis

Classe 4.1 — Matérias sólidas inflamáveis

Classe 4.2 — Matérias sujeitas a inflamação espontânea

Classe 4.3 — Matérias que em contacto com a água libertam gases inflamáveis

Classe 5.1 — Matérias comburentes

Classe 5.2 — Peróxidos orgânicos

Classe 6.1 — Matérias tóxicas

Classe 6.2 — Matérias repugnantes ou susceptíveis de produzir infecção

Classe 7 — Matérias radioactivas

Classe 8 — Matérias corrosivas

Como se verifica os riscos são diversos.

Por exemplo, nos transportes de veículos-cisternas a sinalização é feita por:

- Painéis laranja, com números de identificação, e
- Etiquetas de perigo.

Os painéis são colocados um à frente e outro à retaguarda do veículo, perpendicularmente ao seu eixo longitudinal e do lado esquerdo do para-choques (relativamente ao condutor sentado ao volante).

O painel laranja, de fundo retro-reflector e com a configuração que consta no modelo abaixo, apresenta dois números de identificação:

- Na parte superior, o número de perigo

33
1203

— Na parte inferior, o número ONU atribuído pelo Comité de Peritos do Transporte de Mercadorias Perigosas das Nações Unidas para a identificação de cada matéria.

Na legislação nacional poder-se-ão obter todas estas informações, incluindo a lista das matérias consideradas perigosas.

Porém será com a publicação do Regulamento Nacional do Transporte de Mercadorias Perigosas por Estrada (RPE), que se creê seja no final do presente mês, que a nossa legislação abrangerá todo o tipo de transporte rodoviário de mercadorias perigosas. Posteriormente será publicado o diploma relativo ao transporte ferroviário com objectivo similar.

A legislação nacional tem sido elaborada pelo Grupo de Trabalho sobre Transporte de Mercadorias Perigosas, coordenado pela D.G.T.T.

3 PREVENÇÃO

Todavia, o mais importante, é evitar que ocorram tais acidentes de consequências catastróficas imediatas e, muitas vezes, de efeitos imprevisíveis a médio e longo prazo.

A prevenção é, sem dúvida, de enorme importância e envolve um grande número de técnicos e de especialidades dos vários sectores:

- da urbanização;
- da construção e conservação de estradas;
- da produção e da higiene e segurança da empresa industrial;
- da construção dos veículos, com incidência especial nos materiais, no equipamento e nos processos de ligação;
- da manutenção e inspecção dos veículos (técnico responsável);

— do carregamento e descarga dos veículos e do acondicionamento da carga;

— da formação dos condutores dos veículos;

— do tratamento dos resíduos que resultem da limpeza dos recipientes.

No transporte pode-se considerar três fases:

- o carregamento;
- o transporte propriamente dito;
- a descarga

A primeira e última fases efectuam-se nos mais diversos locais, mas com maior predominância nas instalações industriais. Aqui os acidentes tornam-se potencialmente mais graves face às repercussões e às dimensões que poderão adquirir

Cuidados a ter

- Numa zona industrial, conhecer todos os riscos potenciais;
- Estabelecer meios de intervenção e colaboração com todos os serviços;
- É conveniente criar uma área de protecção para o carregamento e para a descarga;
- O carregamento e a descarga só se começam após o serviço de segurança verificar que foram tomadas todas as precauções;
- Evitar a mudança dos operadores de carregamento e de descarga, principalmente se substituídos por pessoal eventual e desconhecedor;
- Perfeito conhecimento da matéria a transportar;
- Escolha do veículo com as características, sinalização e equipamentos de segurança adequados;
- Escolha da embalagem mais apropriada, da identificação e etiquetagem prescritas e necessárias para todos quantos venham a manipulá-la;
- Utilização correcta dos recipientes para não provocar deteriorações nos materiais e equipamentos;
- Evitar a utilização diversificada dos recipientes;
- Verificar a incompatibilidade de carregamento em comum de matérias;
- Evitar que os recipientes destinados a mercadorias perigosas sejam utilizados no transporte de substâncias alimentares.

Vejamos a fase do transporte propriamente dito.

A empresa que se dedique ao transporte de mercadorias perigosas terá que desencadear um conjunto de medidas conducentes à implementação de um sistema de prevenção cujo objectivo é a segurança e protecção de pessoas e bens.

A coordenação de tal sistema de prevenção, no que respeita ao transporte, caberá ao técnico responsável pela segurança dos transportes.

A firma transportadora terá de preocupar-se com:

- **Manutenção** de todo o veículo
- **Inspeção periódica**
- **Condutores**
 - Formação
 - Documentos a usar
 - Atitude a tomar perante acidente
 - Conduta a tomar no carregamento e na descarga
 - Cuidados a ter durante o transporte

Entre os documentos que acompanham o veículo durante o transporte deverão existir:

- Documento de transporte que descreva as matérias em transporte;
- Certificado de aprovação do veículo;
- Ficha de segurança respeitante a cada matéria em transporte.

A Prevenção e a Segurança são essenciais no transporte de mercadorias perigosas, podendo-se evitar prejuízos, os quais poderão atingir valores incalculáveis.

Infelizmente já ocorreram acidentes cujos resultados foram terríficos. Poder-se-á estabelecer um pequeno quadro onde se esquematizam alguns factores prejudiciais a ter em conta:

- Ter a documentação em ordem evita:
 - Perdas de tempo,
 - Prejuízos monetários resultantes do pagamento de multas;
- Deficiente uso, manutenção e limpeza do veículo acarretam:
 - Reparações frequentes,
 - Substituição de equipamentos,
 - Acidentes;
- Mau funcionamento dos equipamentos provoca:
 - Demora no carregamento e/ou na descarga,
 - Perdas de mercadoria,
 - Riscos para o veículo e para terceiros;
- Acidente na instalação ou na via pública pode resultar:
 - Pessoas atingidas,
 - Danos causados no veículo,
 - Danos causados na instalação,
 - Prejuízos causados a terceiros.

Torna-se necessário criar e aplicar uma disciplina que vise a salvaguarda da saúde pública e da segurança de pessoas e bens, da defesa do ambiente, da protecção dos consumidores e da melhoria das condições de trabalho.

4. O TRANSPORTE DE MERCADORIAS PERIGOSAS EM CISTERNAS EM PORTUGAL

Há aproximadamente 900 cisternas a circular, sendo cerca de 600 para combustíveis e as restantes para as outras substâncias.

De entre os primeiros refira-se o fuel, o gasóleo, a gasolina, o butano e o propano. Das outras substâncias, há que referir as seguintes:

Amónio
Oxigénio, Azoto, Argon liquefeitos refrigerados
Hidrogénio liquefeito
Dióxido de carbono liquefeito refrigerado
Cloro
Ácido sulfúrico (em várias concentrações)
Óleum
Lixívia de soda
Cloreto de vinilo
Benzeno
Anilina
Isocianatos
Ácido clorídrico
Clorato de sódio
Terebentina
Hipoclorito de sódio
Água oxigenada (peróxido de hidrogénio)
Álcool etílico



**consultores de
engenharia sanitaria, lda**

Ao serviço do homem e suas necessidades básicas

Rua Castilho, 67, 5º andar
1200 Lisboa
Telefone 55 41 41
Telex: 64633 CESLIS P

- ★ Actuação a vários níveis tecnológicos
- ★ Planeamento de projectos integrados
- ★ Acções de formação a todos os níveis

ÁGUAS

Captação, adução,
tratamento e distribuição
de águas potáveis

ESGOTOS

Drenagem e tratamento
de águas residuais
urbanas e industriais

LIXOS

Remoção, transporte, tratamento
e destino final de resíduos
sólidos urbanos e industriais

O LICENCIAMENTO INDUSTRIAL

ENG. MARIA ESTER SILVA
(Direcção-Geral da Qualidade do Ministério da Indústria e Energia)

1 — PREÂMBULO

A Direcção-Geral da Qualidade (DGQ) foi criada em 1976 pelo Decreto-Lei n.º 358/76 de 14 de Maio que simultaneamente estabeleceu a orgânica do Ministério da Indústria e Tecnologia (MIT), criado em 1975 pelo Decreto-Lei n.º 158-A/75 de 26 de Março.

Em 1977, pelo Decreto-Lei n.º 548/77 de 31 de Dezembro, foi estabelecida a nova orgânica do Ministério da Indústria e Tecnologia, que, baseando-se na orgânica anteriormente estabelecida, criou os Serviços Centrais e as Delegações Regionais (DR).

Os Serviços Centrais foram divididos em operativos, de inspecção e de investigação.

A Direcção-Geral da Qualidade foi considerada como um serviço de inspecção, dependendo directamente do Ministério da Indústria e Tecnologia e tendo como atribuições no que respeita ao licenciamento industrial «estudar, propor e executar as medidas que visem a promoção e controlo da qualidade dos produtos industriais e instalações assegurando designadamente a protecção do ambiente, a segurança, a higiene e a comodidade das instalações e das condições de trabalho».

Pelo Despacho Normativo n.º 126/78 de 31 de Maio foi definido que a Direcção-Geral da Qualidade integraria funções de algumas entidades extintas por esse mesmo Despacho.

Quanto ao licenciamento industrial passou a integrar as atribuições que tinham vindo a ser prosseguidas pela Direcção-Geral dos Serviços Industriais de que se destacam:

- «Elaboração dos regulamentos de instalação e laboração dos estabelecimentos industriais;
- Superintendência nas fiscalizações das condições técnicas de instalação e laboração dos estabelecimentos industriais;
- Aprovação dos projectos de instalações industriais, salvo se de outro modo vier a ser regulamentado por despacho».

Em 1983, pelo Decreto-Lei n.º 165 de 27 de Abril, foi criado o Sistema Nacional de Gestão da Qualidade,

tendo como estrutura o Conselho Nacional da Qualidade, o Centro de Normalização e a Direcção-Geral da Qualidade.

O Conselho tem como competências, além de outras as de:

- Deliberar sobre os planos e programas de normalização, tendo designadamente, em vista a sua inserção nas políticas e programas de desenvolvimento da qualidade;
- Propor a elaboração de legislação relacionada com os diferentes domínios da sua competência e apreciar, quando o Governo lhe solicite, quaisquer medidas legislativas e regulamentares respeitantes à metrologia, normalização e qualificação.

No que respeita às Delegações Regionais do MIT as suas áreas de actuação foram definidas pela Portaria n.º 187/80 de 22 de Abril e passaram a ser as constantes do mapa junto - QUADRO I.

2 — LICENCIAMENTO INDUSTRIAL

2.1 — CLASSIFICAÇÃO DAS ACTIVIDADES E DOS ESTABELECEMENTOS INDUSTRIAIS

O licenciamento industrial processar-se-á de maneira diferente consoante se trate de uma indústria de 1.ª classe, de 2.ª classe ou de 3.ª classe.

Esta classificação das indústrias foi estabelecida de acordo com o Decreto-Lei n.º 46923 e o Decreto n.º 46924 ambos de 28 e Março de 1966 que dividiram as actividades industriais em 3 classes.

A 1.ª classe pertencem as modalidades que pela sua importância ou pela natureza da fabricação impõe que seja prestada particular atenção aos aspectos técnico-funcionais e de localização.

À 2.ª classe pertencem as modalidades de menor importância em que os inconvenientes resultantes da laboração não são difíceis de remover, pelo que não representam prejuízo grave para vizinhos ou para a urbanização local.

À 3.ª classe pertencem as modalidades que pela sua reduzida importância e pela ausência de inconvenientes

nientes, não devem ser incluídos nas classes anteriores.

As modalidades aqui referidas, ou seja as várias actividades industriais fazem parte da tabela publicada pela Portaria n.º 24 223 de 4 de Agosto de 1969. Nessa tabela as actividades industriais, de acordo com a Classificação de Actividades Económicas por Ramo de Actividade (CAE), são divididas em 1.ª ou 2.ª classe e é indicada para cada uma a respectiva entidade licenciadora.

A Classificação CAE foi revista em 1973 pelo INE — Revisão I, mas a referida tabela ainda não foi alterada embora com a reestruturação do Ministério, tenham sido modificadas as designações das entidades licenciadoras.

São classificados de 1.ª classe, além dos estabelecimentos que exploram actividades de 1.ª classe, os que exploram conjuntamente modalidades industriais de 1.ª de 2.ª ou de 3.ª classe, e os que, embora considerados de 2.ª classe, empreguem mais de 50 trabalhadores e/ou ocupem uma área coberta superior a 2000 m².

São classificados de 2.ª classe, além dos estabelecimentos que exploram actividades de 2.ª classe, os que exploram conjuntamente modalidades industriais de 2.ª e de 3.ª classe ou os que empreguem mais de 10 trabalhadores.

Os restantes estabelecimentos são considerados de 3.ª classe.

Pelo Decreto-Lei n.º 221/77 de 28 de Maio, foi estabelecido que as actividades industriais cuja tutela pertencesse ao Ministério da Agricultura e Pescas (MAP) seriam especificadas em Decreto. Recentemente, pelo Decreto-Lei n.º 293/82 de 27 de Julho, foi aprovada a lei orgânica do MAP

Pelo Decreto Regulamentar n.º 55/79 de 22 de Setembro foi definida a repartição de tutelas administrativas das indústrias alimentares entre o MIT e o MAP, o que alterou a tabela no que respeita à Subdivisão 31 — Indústrias da Alimentação, Bebidas e Tabaco, de acordo com o QUADRO II.

Vamos agora ver como se processa o licenciamento industrial para os estabelecimentos das várias classes.

Uma vez que os de 3.ª e de 2.ª classe pelas suas características têm um sistema de licenciamento mais simples, vamos começar por estes e deixar para o fim os de 1.ª classe.

2.2 — LICENCIAMENTO DOS ESTABELECIMENTOS INDUSTRIAIS DE 3.ª CLASSE

Estes estabelecimentos que, em princípio não provocarão prejuízos e incómodos à vizinhança e ao ambiente não necessitam de aprovação prévia para a sua instalação e laboração.

Contudo, terão que obedecer às condições de salubridade, higiene e segurança previstas no Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nos Estabelecimentos Industriais, aprovado pela Portaria n.º 53/71 de 3 de Fevereiro e posteriormente alterado em alguns dos seus artigos pela Portaria n.º 702/80 de 22 de Setembro.

A fiscalização do cumprimento destas condições será feita através de vistoria a efectuar pelas Delegações Regionais, como veremos adiante.

2.3 — LICENCIAMENTO DOS ESTABELECIMENTOS INDUSTRIAIS DE 2.ª CLASSE

Uma indústria de 2.ª classe pode-se instalar ou ampliar sem apresentação de projecto, no MIEE necessitando apenas de autorização da Câmara Municipal da área a que pertence, e da Direcção-Geral do Planeamento Urbanístico (DGPU) comprovando que aquela instalação pode ser utilizada para indústria.

Contudo, uma vez instalada, deverá pedir uma vistoria à Delegação Regional respectiva. Só depois disso e caso reúna ou tenha hipóteses de vir a reunir as condições necessárias de higiene e segurança, poderá começar a laboração.

Independentemente da autorização da Câmara Municipal haverá lugar para indeferimento dos estabelecimentos de 2.ª classe sempre que as Delegações entendam que a localização não é adequada, que o estabelecimento não tenha condições para laboração ou que possa provocar um impacto negativo sobre a ambiente não resolúvel por adopção de medidas técnicas disponíveis.

2.4 — LICENCIAMENTO DOS ESTABELECIMENTOS INDUSTRIAIS DE 1.ª CLASSE

2.4.1 — Apresentação dos projectos

Para licenciamento de um estabelecimento industrial de 1.ª classe, e ao abrigo do Decreto-Lei n.º 166/70 de 15 de Abril, o licenciamento pela Direcção-Geral competente precede o licenciamento pela Câmara Municipal, mas a aprovação definitiva fica dependente da autorização da Câmara.

Contudo um industrial, para não correr o risco de estar a apresentar um projecto de uma instalação cuja localização não seja depois autorizada deverá primeiramente apresentar na Câmara Municipal o pedido de viabilidade.

Muitas vezes nesta fase, as Câmaras Municipais consultam a Direcção-Geral da Qualidade para saber se há alguma objecção à localização.

Caso não haja objecção, é o industrial informado que deve dirigir-se à Delegação Regional da área a que pertence para se informar dos trâmites legais do licenciamento.

De acordo com o Decreto n.º 46924 já referido terá de entregar vários documentos destacando-se de entre eles, o projecto da instalação, alteração ou ampliação.

Esse projecto deverá conter os seguintes elementos:

- Planta topográfica
- Plantas do conjunto industrial
- Memória descritiva elaborada de acordo com o especificado na alínea c) ponto 3, art.º 5.º do mesmo Decreto.

Apresentado o projecto na respectiva Delegação Regional, o processo de actuação é ligeiramente diferente consoante se trate ou não de uma pequena ou média empresa industrial (PME), pois enquanto que até Julho de 1981 todos os projectos eram apreciados na DGQ, a partir dessa data, e por delegação do Director-Geral da Qualidade, os projectos respeitantes às PME passaram a ser apreciados nas Delegações e apenas os restantes são apreciados na DGQ.

Assim o projecto de uma indústria que não seja PME.

é entregue na Delegação Regional respectiva que por sua vez envia à DGQ três dos exemplares. Após uma apreciação prévia, um dos exemplares do projecto é enviado à respectiva Delegação de Saúde pois só poderá ser aprovado se tiver o parecer favorável desta entidade.

Caso na apreciação prévia ou na apreciação pela Delegação de Saúde os técnicos entendam que o projecto não está completo e que são necessários mais elementos informa-se o industrial de que deverá apresentar num prazo que lhe será indicado, um aditamento contendo os elementos ou as correcções necessárias.

Se ao fim desse prazo, e após nova recordatória, o industrial não apresentar os elementos pretendidos, o projecto será indeferido.

Quando o projecto está completo é apreciado por um técnico ou grupo de técnicos da D.G.Q. conforme veremos no ponto 2.4.2

Quando se trata de projectos de PME, que como já vimos são apreciados nas Delegações Regionais, são estas que os enviam às Delegações de Saúde antes de os apreciarem.

Após a apreciação de um projecto é enviada à DGQ uma cópia com o respectivo despacho a fim de que esta entidade possa coordenar a actuação das diversas Delegações neste domínio, e uniformizar os critérios de apreciação.

Os projectos que são apreciados na D.G.Q. e antes do despacho do Director-Geral são apresentados em reuniões periódicas que para esse efeito se realizam mensalmente com as Delegações.

2.4.2 — Apreciação dos projectos

Quer os projectos sejam apreciados nas Delegações Regionais ou na DGQ, são sempre tidos em conta os seguintes aspectos:

- A — Condições de higiene e segurança no trabalho
- B — Efluentes líquidos
- C — Efluentes gasosos
- D — Resíduos sólidos
- E — Segurança industrial

A — Higiene e segurança

No que respeita à higiene e segurança deverá, como já vimos, a instalação obedecer às prescrições do Regulamento Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos Estabelecimentos Industriais.

São também tidas em conta, as normas portuguesas sobre o assunto, sendo as mais referidas as seguintes:

NP — 522 } Sinalização de segurança (em revisão de
NP — 523 } acordo com a Portaria n.º 434/83 de 15
NP — 524 } de Abril (Suplemento do D.R.)

NP — 1460 }
NP — 1559 }
NP — 1560 } Segurança na soldadura e corte
NP — 1561 } oxiacetilénico
I — 1838 }

NP — 1562 — Segurança nos equipamentos mecânicos de transmissão de força motriz

NP — 1563 — Segurança nas operações de pintura por projecção

NP — 1730 — Acústica — Grau de reacção humana ao ruído

NP — 1733 — Acústica — Exposição ao ruído

NP — 1796 — Níveis admissíveis de concentração para substâncias nocivas existentes no ar dos locais de trabalho

NP — 1837 — Segurança nas operações de Metalização por projecção

Ultimamente tem-se procurado seguir as directivas da CEE que dizem respeito aos ambientes de trabalho, nomeadamente as que limitam o teor de cloreto de vinilo monómero, o teor de chumbo e a exposição a radiações ionizantes

Por vezes é também feita referência a diplomas legais tais como

— Decreto-Lei n.º 101/74 e Decerto n.º 102/74 ambos de 14 de Março e que regulamentam os Recipientes sob Pressão.

— Despacho normativo n.º 253 de 22/11/82 — Actualiza a lista das doenças profissionais

— Decreto-Lei n.º 44 537 de 22/8/62 — Silicose e pneumoconiose.

— Decreto-Lei n.º 378 de 20/5/76 — Utilização dos bifenilpoliclorados (PCB's)

— Portaria n.º 434/83 de 15 de Abril — Sinalização de Segurança

Além disso, cada tipo de actividade industrial é estudado individualmente e consoante os riscos que se conhece assim são impostas as condições.

B — Efluentes líquidos

Quanto à poluição por efluentes líquidos e uma vez que a intervenção da DGQ diz respeito aos efluentes até à sua saída da fábrica, compete-nos impor limites para determinados parâmetros de modo a que os efluentes possam satisfazer os objectivos de qualidade exigidos pelas entidades com superintendência nos vários tipos de meios receptores (mar, linhas de água, terreno ou sistemas de esgotos municipais).

Superintendência nos vários tipos de meios receptores (mar, linhas de água, terreno ou sistemas de esgotos municipais).

No ANEXO A, apresentam-se os valores-guia para a composição das águas residuais que tem sido aconselhados pela Direcção-Geral da Qualidade, enquanto não houver normas nacionais para a composição das águas residuais.

Contudo, para não criar distorções entre várias instalações de uma mesma actividade industrial, temos procurado, independentemente da natureza do meio receptor, e de acordo com a bibliografia disponível, impor os valores que consideramos aceitáveis para cada tipo de actividade industrial.

Para isso é por vezes necessário que as unidades industriais adoptem um sistema de tratamento mais ou menos completo conforme o tipo de indústria e a natureza do meio receptor.

Este tem sido um dos aspectos em que temos deparado com mais dificuldade, uma vez que, por parte dos industriais só agora se começa a notar uma certa preocupação em não poluir e em investir em equipamentos que, embora nalguns casos possam vir a ser rentáveis por

permitirem a recuperação subprodutos, não parecem à primeira vista que venham a trazer alguns lucros à fábrica.

No que respeita a instalações novas tem sido nossa preocupação sensibilizar os industriais a adoptarem processos tecnológicos que por meio de medidas internas permitam logo à partida reduzir os efeitos poluentes.

Os estabelecimentos industriais instalados na área de Sines estão sujeitos a legislação especial.

— Pelo Decreto-Lei n.º 270/71 de 19 de Junho foi criado o Gabinete da Área de Sines (GAS) tendo sido definida a respectiva área (QUADRO III) e as suas atribuições e competências, das quais destacamos a seguinte:

«pronunciar-se anteriormente à decisão pelas entidades oficiais competentes sobre os pedidos de instalação, na área, de actividades económicas sujeitas a autorização licenciamento ou outro condicionamento legal»

— Posteriormente, pelo Decreto-Lei n.º 444/79 de 9 de Novembro foram estabelecidos normas com vista ao controlo da degradação do ambiente na área de implantação do complexo urbano industrial de Sines e atribuídas competências do GAS de entre as quais destacamos a seguinte:

- fazer cumprir limites máximos de concentração para cada um dos principais poluentes hídricos a descarregar por unidades industriais instaladas ou a instalar naquela área.

Os valores dos limites de concentração serão fixados por portaria conjunta da Secretaria de Estado do Plano e do Urbanismo e Ambiente.

C — Efluentes gasosos

No que respeita à poluição atmosférica de origem industrial há alguma legislação portuguesa, da qual passamos a referir a que mais se relaciona com o licenciamento industrial.

C 1 — ÁREA DE SINES

Pelo Decreto-Lei n.º 57/79 de 29 de Março foi atribuída competência ao GAS para, em relação à zona de actuação directa, fazer cumprir os limites de concentração à superfície de poluentes atmosféricos emitidos por unidades industriais instaladas ou a instalar naquela zona.

Entende-se por concentração à superfície os valores de concentração medidos à altura de 1,5 m acima do solo, de todas as substâncias poluentes que se encontram na área sujeita à influência das diversas fontes emissoras, e por poluentes atmosféricos, quaisquer fumos, poeiras, gases, vapores e cheiros susceptíveis de alterar as condições normais de qualidade do ar.

Pelo Despacho Normativo n.º 168/81 de 29 de Maio, foram fixados, para a zona de actuação directa do GAS, os valores de limites máximos de concentração à superfície para o dióxido de enxofre e para partículas totais em suspensão e os métodos a utilizar para a medição dessas concentrações. QUADROS IV e V

C.2 — COMISSÕES DE GESTÃO DO AR

Pelo Decreto-Lei n.º 255/80 de 30 de Julho foi decre-

tado que compete à Secretaria de Estado do Ordenamento e Ambiente fixar limites de concentrações à superfície e nas emissões de poluentes atmosféricos.

A fixação de tais limites será estabelecida por despacho do membro do Governo responsável pelo ordenamento e ambiente e dos Ministros que tutelam os sectores industriais a que esses limites dizem respeito

O controlo dos valores a fixar será efectuado através da adopção de métodos e aparelhos de medida normalizados e homologados por portaria do Ministério da Indústria e Energia com prévia audição ou proposta da Secretaria de Estado do Ordenamento e Ambiente.

As unidades poluidoras devem assumir o encargo do controlo das emissões nas condições e nos prazos que vierem a ser estabelecidos para cada caso ou sector

Neste decreto foram reconhecidas como áreas especiais a serem objecto de acções de redução e de controlo da poluição atmosférica, por razões de forte concentração industrial ou urbana, as seguintes: Sines, Lisboa, Barreiro-Seixal, Porto e Estarreja.

Estas são as áreas das Comissões de Gestão do Ar em cujo Regulamento, aprovado pela Portaria n.º 508/81 de 25 de Junho, são definidas as suas atribuições e composição.

A DGQ como organismo licenciador de grande parte da indústria, está representada em todas as Comissões de Gestão.

Estas Comissões têm entre as suas atribuições a de acompanhar as acções de licenciamento de novos estabelecimentos industriais e de alterações ou ampliações dos já existentes, com possibilidade de intervenção por emissão de pareceres.

Por despachos da Secretaria de Estado do Ordenamento e Ambiente, de 28/7/82 foram aprovados os Regulamentos e Planos de Actividade das Comissões de Gestão do Ar das áreas de Sines e do Barreiro/Seixal.

C.3 — CHAMINÉS

A altura das chaminés assume um papel fundamental pois é pelo seu conveniente dimensionamento que será possível obter um adequada dispersão dos gases na atmosfera.

O Decreto-Lei n.º 101/74 de 14 de Março regulamentou os diversos tipos de recipientes sob pressão fazendo referência às condições estabelecidas para a construção, instalação e utilização de chaminés e atribuiu à DGQ o seu licenciamento relativamente à instalação, utilização, funcionamento e averiguação de causas de sinistros.

Até à pouco, excepto em casos especiais, a condição imposta era apenas a de que a chaminé deveria elevar-se 1 m acima do espigão do telhado mais alto, num raio de 50 m.

Em 1981 foi elaborado pela DGQ um estudo sobre o dimensionamento de chaminés industriais e começou a ser preparado um projecto de regulamento sobre o método de dimensionamento de altura mínima de chaminés de PME.

Esse projecto de regulamento que está em vias de ser aprovado superiormente já nos serve contudo de orientação nos actuais licenciamentos e nas indicações a dar aos industriais quanto ao dimensionamento das chaminés.

A legislação atrás referida, bem como Directivas da

CEE e estudos que tem vindo a ser realizados sobre poluição atmosférica de origem industrial, são tidos em conta na apreciação dos projectos dos estabelecimentos industriais e constam das condições impostas.

— No que respeita a Directivas da CEE há que destacar a Directiva 80/799/CEE em que são fixados valores limite e valores guia para o dióxido de enxofre e partículas em suspensão — QUADROS VI, VII e VIII.

C.4 — CASOS PARTICULARES DE EMISSÕES PARA A ATMOSFERA

a) — Indústria do cimento

A actuação da DGQ relativamente às fábricas de cimento tem sido a de adoptar um critério uniforme para todas as novas instalações impondo a fixação de limites quantitativos às emissões de partículas e à qualidade do ar na vizinhança das instalações do seguinte modo:

- O teor em poeiras dos gases emanados do forno não deve em caso algum ultrapassar um valor igual a $1\text{g}/\text{Nm}^3$.
Os períodos ininterruptos durante os quais o teor em poeiras dos gases emanados do forno ultrapasse $0,150\text{g}/\text{Nm}^3$ devem ser de duração inferior a 48h e a sua duração acumulada durante um ano não deve exceder 200 horas.
- O teor em poeiras de outros gases emitidos além dos gases emanados do forno não deve ultrapassar $0,150\text{g}/\text{Nm}^3$
- A concentração máxima de poeiras em suspensão admissível ao nível do solo deve ser inferior ou igual a $0,06\text{mg}/\text{Nm}^3$

Quanto às instalações mais antigas tem-se procurado que a prazo, venham a atingir esses mesmos objectos.

b) — Hidrocarbonetos clorofluorados (HCF)

Estudos desenvolvidos nos últimos anos indicam que os HCF libertados para a atmosfera se difundem lentamente até à estratosfera e vão alterar a camada de ozono, permitindo a passagem das radiações ultravioletas o que eventualmente provocará efeitos nocivos sobre o homem.

Este assunto tem levantado bastante polémica a nível da OCDE e CEE.

Sob proposta de um Grupo de Trabalho coordenado pela Secretaria de Estado do Ambiente e que teve a participação do Ministério dos Assuntos Sociais e do Ministério da Indústria Energia e Exportação, e ouvidos os industriais interessados neste domínio, foi publicado em 21 de Dezembro de 1982, o Decreto-Lei n.º 476 que proíbe a produção de diclorodifluormetano e de triclorofluormetano.

A partir de 1 de Janeiro de 1983 a sua importação, para utilizações além das que são definidas no mesmo Decreto-Lei não pode exceder o total de 3000 ton./ano.

D — RESÍDUOS SÓLIDOS

Relativamente aos resíduos sólidos de origem industrial, temos procurado seguir as Directivas da CEE sobre este assunto. Já foi preparado pela DGQ e pela Comissão Nacional do Ambiente um projecto de Decreto-Lei

sobre eliminação de resíduos de origem industrial, que aguarda parecer superior

A par disso têm sido elaboradas, por técnicos da DGQ, estudos sobre a produção de resíduos sólidos e semi-sólidos de origem industrial tendo sido possível obter uma listagem das substâncias tóxicas ou perigosas provenientes das várias actividades industriais.

Assim, quando na apreciação do projecto de um estabelecimento depararmos com uma indústria susceptível de original resíduos perigosos, procuramos saber qual o destino que o industrial prevê para esses resíduos, e embora ainda não haja qualquer legislação sobre o assunto, dar orientações no sentido de eliminar ou reduzir os seus inconvenientes.

E — SEGURANÇA INDUSTRIAL

Para além das medidas já referidas em A sobre higiene e segurança no trabalho tem a DGQ procurado levar a cabo acções que visem reduzir os acidentes que possam afectar as próprias instalações ou a vizinhança nomeadamente explosões e incêndios.

Foi criado um grupo de estudo sobre protecção e segurança contra incêndio na indústria, no qual participa além da DGQ e das Delegações Regionais do M.I.E.E. o Serviço Nacional de Protecção Civil. Esse Grupo já elaborou duas fichas de condições gerais, adaptadas a qualquer tipo de indústria, uma para ser entregue aos industriais na fase de instalação e que contém um conjunto de condições que ele tem de conhecer antes de fazer o projecto e outra para ser aplicada já na fase de laboração. Está agora a preparar fichas específicas para vários tipos de actividades industriais.

Ainda neste domínio, e em colaboração com o Serviço Nacional de Protecção Civil, a Delegação Regional de Coimbra do M.I.E.E., a Secretaria de Estado do Ambiente e as principais indústrias químicas da zona de Estarreja está a ser feito um estudo sobre esta «zona-piloto» com vista a estabelecer um plano de emergência que permita actuar em caso de acidente. Esta acção tem como base a Directiva 82/501/CEE de 24 de Junho, conhecida como a «directiva dos acidentes graves»

No seguimento desta acção, a Delegação Regional de Lisboa vai iniciar um estudo semelhante para a zona do Barreiro-Seixal.

Deu-se início, recentemente a uma outra acção que visa a prevenção dos riscos de acidentes tecnológicos graves associados a certas actividades industriais. Com base na já referida Directiva 82/501/CEE foi elaborada uma «ficha de estabelecimentos»

Numa 1.ª fase vai ser exigida o preenchimento dessa ficha para todas as instalações novas e ampliações que utilizam substâncias perigosas.

Posteriormente irão ser abrangidas, por fases, as instalações já existentes.

Voltando agora à apreciação do projecto e depois de serem tidos em conta os vários aspectos anteriormente mencionados, o projecto será aprovado pelo Director-Geral da Qualidade ou pelo Director da Delegação Regional da área a que pertence. O despacho de aprovação conterá em anexo um certo número de condições gerais para qualquer actividade industrial e outras condições específicas para cada tipo de indústria, onde serão incluídas as condições que eventualmente tenham sido impostas pela D.G. Saúde.

A aprovação do projecto fica contudo condicionada à apresentação na Delegação Regional respectiva da licença da Câmara Municipal ou da entidade que sobre o local exercer jurisdição para a construção, alteração ou ampliação dos edifícios.

No caso de uma instalação e constante o estabelecimento se situe na área do plano director da região de Lisboa, ou noutra área, deverá também ser apresentada a autorização passada pelo gabinete do Plano Director da Região de Lisboa (Base V da Lei 2099 de 14 de Agosto de 1959) ou a certidão de aprovação da localização passada pela Direcção Geral do Planeamento Urbanístico ou pela entidade que sobre o local exercer jurisdição, se o estabelecimento se não situar em zona industrial prevista ou em plano de urbanização aprovado. Para a área do Porto o Decreto-Lei n.º 124/73 de 24 de Março define as Bases do Plano Geral de Urbanização da região do Porto.

- Se o estabelecimento se situar num Parque Industrial, não são necessárias licenças da Câmara Municipal e da Direcção Geral do Planeamento Urbanístico
- Se o estabelecimento se situar na zona de actuação do GAS a aprovação segue os trâmites habituais mas não são necessárias as autorizações da Câmara Municipal e da Direcção Geral do Planeamento Urbanístico. No parecer técnico é indicado que o estabelecimento se encontra abrangido por legislação especial e que, de acordo com o já referido Decreto-Lei n.º 270/71, deverá o GAS pronunciar-se anteriormente à decisão das entidades sobre o pedido de autorização

Recentemente, pelo Decreto-Lei n.º 321/83 de 5 de Julho foi criada a Reserva Ecológica Nacional (REN). Nos solos da Reserva Ecológica são proibidas todas as acções que diminuam ou destruam as suas funções e potencialidades, nomeadamente vias de comunicação e acessos, construção de edifícios, aterros e escavações, destruição do coberto vegetal e vida animal.

As excepções a este diploma irão ser definidas em diploma regulamentar.

Após a aprovação da laboração dos estabelecimentos de 1.ª ou de 2.ª classe, estes devem, de acordo com o Decreto-Lei n.º 519-11/79 de 29 de Dezembro, registar-se na Direcção-Geral da Indústria.

É objecto de registo obrigatório para efeito de cadastro industrial:

- a) A instalação de todas as unidades industriais;
- b) O encerramento, reabertura e transferência de local das unidades industriais;
- c) A modificação de equipamento fabril quando ela representa alteração do processo tecnológico ou modificação da capacidade produtiva.

2.4.3 — Fiscalização

Depois do industrial ter conhecimento de que o seu projecto foi aprovado (estabelecimento de 1.ª classe) e antes de iniciar a laboração (estabelecimento de 1.ª ou de 2.ª classe) deve solicitar à Delegação Regional respectiva uma vistoria para apreciação da conformidade com o projecto aprovado e das condições de

laboração

Essa vistoria deverá ser feita conjuntamente por técnicos da Delegação Regional, da Delegação de Saúde e da Delegação da Inspecção de Trabalho

- Caso os peritos entendam que a instalação ainda não está de acordo com o exigido indicarão o que deverá ser modificado e concederão um prazo para que sejam efectuadas essas modificações. Se o industrial não cumprir as condições impostas no prazo que lhe foi concedido, as entidades fiscalizadoras actuarão nos termos da legislação em vigor (Decreto n.º 46 924/66 de 28 de Março e Decretos-Lei n.º 477/76 de 3 de Agosto, n.º 667/76 de 5 de Agosto e 131/82 de 23 de Abril) isto é por meio de multas.

Se o caso se revestir de gravidade a Delegação Regional notificará o industrial a suspender a laboração, e, se ele não cumprir, poderá proceder à selagem do equipamento que esteja em contra-venção

O Director-Geral poderá solicitar da Direcção-Geral de Energia a notificação das empresas concessionárias da distribuição de energia eléctrica para interromperem o fornecimento desta a qualquer estabelecimento industrial cuja laboração tenha sido suspensa temporária ou definitivamente

- Se as condições de laboração estiverem satisfatoriamente cumpridas, considera-se a instalação aprovada.

Esta aprovação não significa porém que o estabelecimento, mesmo que não altere ou amplie o seu equipamento ou instalações, nunca mais tenha problemas

Pode eventualmente, por um mau funcionamento, dar origem a uma reclamação.

Então, a Delegação Regional apreciará da procedência ou não da reclamação e imporá, se for caso disso, novas condições.

- Os estabelecimentos de 3.ª classe, poderão ser em qualquer altura vistoriados e o processo será idêntico ao já referido para os de 1.ª e 2.ª classes

2.4.4 — Recursos

Das decisões das Delegações Regionais, tanto nas vistorias de rotina como nas de apreciação de reclamações, podem o industrial ou o reclamante apresentar recurso hierárquico ao Director-Geral da Qualidade.

Então o processo será apreciado por um técnico da Direcção Geral da Qualidade e por um técnico da Direcção-Geral de Saúde, se na decisão recorrida houve intervenção da Delegação de Saúde.

Os técnicos que apreciarem o recurso deslocam-se ao local para contactar o industrial e o reclamante (no caso de uma reclamação) e elaboram uma informação que submetam a despacho do Director-Geral da Qualidade e do Director-Geral de Saúde (se houver intervenção desta entidade).

A decisão do Director-Geral ainda pode ser objecto de recurso hierárquico para o Ministro da Indústria, Energia e Exportação e por último para

o Supremo Tribunal Administrativo.

Os recursos têm em regra efeito suspensivo isto é, enquanto decorrer a sua resolução fica suspensa a decisão que o originou.

Contudo se a gravidade do caso exigir, o recurso poderá ter efeito devolutivo, ou seja, deve ser executada a decisão recorrida enquanto durar a apreciação do recurso.

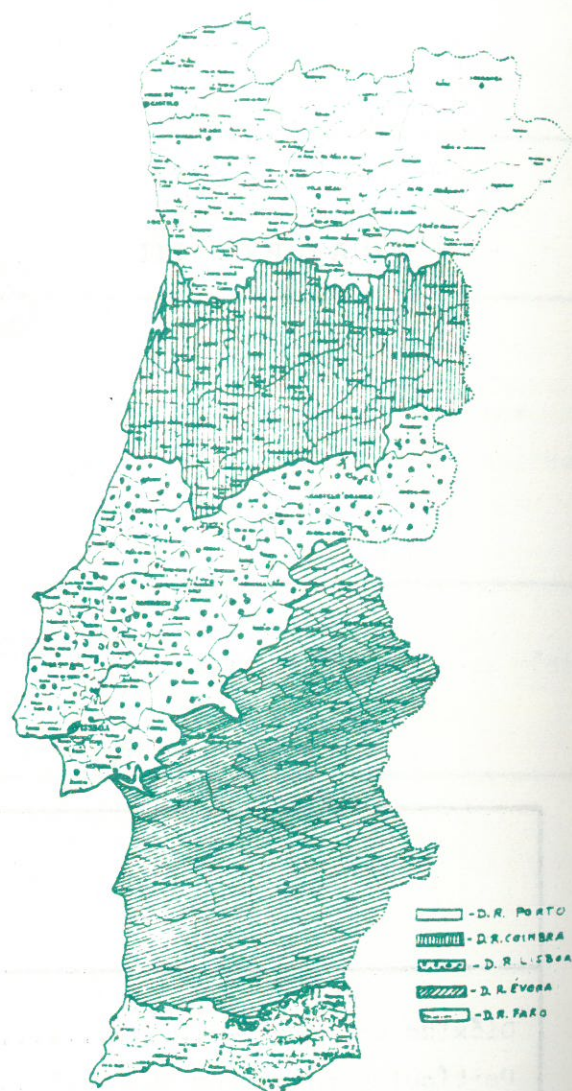
3 — ENTIDADES INTERVENIENTES

Como já vimos são várias as entidades que intervêm ao longo de todo o processo de licenciamento.

Esquemáticamente pode-se apresentar do seguinte modo as várias fases do processo e as entidades que nelas intervêm.

No domínio da higiene e segurança do trabalho e tendo em vista a necessidade da definição de uma política de âmbito nacional que se fundamente em princípios internacionalmente aceites, designadamente os da Convenção n.º 155 da OIT, foi criado, pela resolução n.º 204 de 16 de Novembro de 1982 o Conselho Nacional de Higiene e Segurança do Trabalho (CNHST). Este Conselho tem composição tripartida compreendendo representantes da Administração Pública e das organizações mais representativas de empregados e trabalhadores e a sua presidência é assegurada pelo Ministério do Trabalho. QUADRO IX

QUADRO I



QUADRO II

Grupo	Subgrupo	Desdobramento	Artigo 2.º	Artigo 3.º	Artigo 4.º
	3111.1	3111.2.1	X		
		3111.2.2	X		
	3111.9		X		
	3112.1		X		
	3112.2		X		
	3112.9		X	X	
3113			X		
3114			X		
	3115.1		X		
	3115.2		X		
	3115.3		X		X
	3115.4		X		X
3116				X	
3117					X
3118				X	
3118				X	
3119					X
3121				X	
3122				X	
3131					X
3132					X
3133			X		X
3134					X
3140				X	X

QUADRO III



QUADRO IV CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS EM $\mu\text{g m}^{-3}$ (1)

POLUENTE	Valor anual (média aritmética dos valores de vinte e quatro horas)	Valor de vinte e quatro horas (2)
Dióxido de enxofre.....	60	250
Partículas totais em suspensão..	80	250

(1) Factor de conversão em ppm: $1 \text{ ppm} = 2618 \mu\text{g m}^{-3}$ (1 atmosfera, 25°C)

(2) A não exceder em 98% dos períodos de vinte e quatro horas

QUADRO V MÉTODOS DE ANÁLISE

POLUENTE	MÉTODO DE ANÁLISE	FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM (3)
Dióxido de enxofre	Método de referência-pararosanilina (4)	Descontínua-períodos de 24h Contínua-intervalos de leitura menores ou iguais a uma hora
	Método equivalente-fluorescência	
Partículas totais em suspensão.....	Método de referência-High Volume Sampler (4)	Descontínua-períodos de 24h de seis em seis dias

(3) Os períodos referidos são disjuntos e a sua contagem inicia-se às 0 horas do dia 1 de Janeiro

(4) De acordo com o método proposto pela Organização Mundial de Saúde

QUADRO VI VALORES LIMITE PARA O DIÓXIDO DE ENXOFRE ASSOCIADO A PARTÍCULAS

PERÍODO	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS $\mu\text{g}/\text{m}^3$		DETERMINAÇÃO
	SO_2	PARTÍCULAS	
ANO	80	40	Mediana dos valores médios diários apurados durante o período considerado
	120	40	
INVERNO (1/10 a 31/3)	130	60	
	180	60	
ANO (Composto de unidades de períodos de medida de 24h)	250(a)	150	Percentil 98 de todos os valores médios diários apurados durante o ano
	350(a)	150	

(a) Valores a não ultrapassar durante mais de 3 dias consecutivos

QUADRO VII VALORES LIMITE PARA PARTÍCULAS

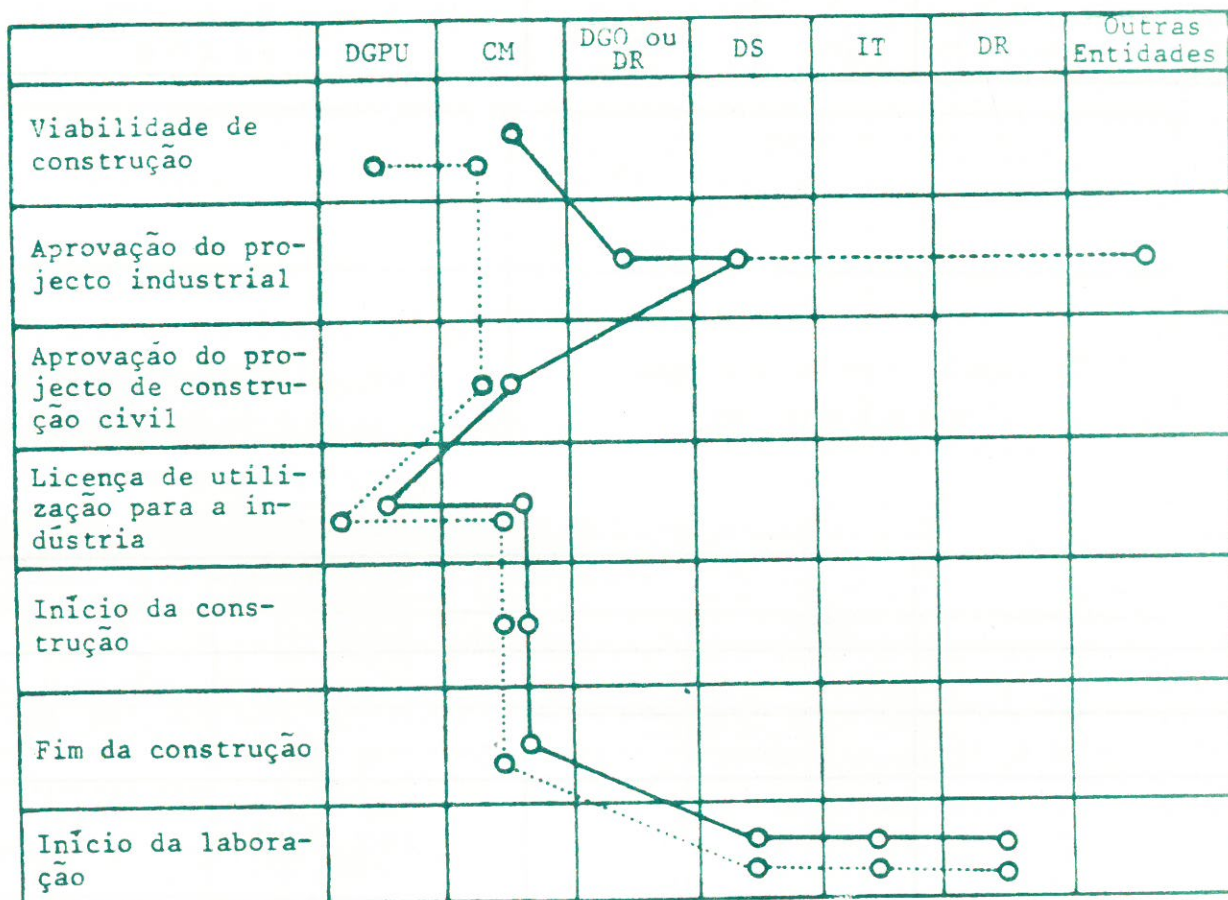
PERÍODO	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS $\mu\text{g}/\text{m}^3$		DETERMINAÇÃO
	SO_2	PARTÍCULAS	
ANO	80		Mediana dos valores médios diários, apurados durante o período considerado
INVERNO(1/10 a 31/3)	130		
ANO (Composto de unidades de períodos de medida de 24h)	250(a)		Percentil 98 de todos os valores médios durante o ano

(a) Valores a não ultrapassar durante mais de 3 dias consecutivos

QUADRO VIII VALORES GUIA PARA SO₂ E PARTICULAS

PERÍODO	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS $\mu\text{g}/\text{m}^3$		DETERMINAÇÃO
	SO ₂	PARTÍCULAS	
ANO	40-60	40-60	Média aritmética dos valores médios diários, apurados durante o ano
24 horas	100-150	100-150	Valor médio diário

QUADRO IX



DGPU - Direcção-Geral do Plano Urbanístico

CM - Câmara Municipal

DS - Delegação de Saúde

IT - Inspecção do Trabalho

Estabelecimento de 1.^a classe

... Estabelecimento de 2.^a classe

BLIBLIOGRAFIA

Diplomas legais citados no texto apresentados por ordem cronológica

- Lei n.º 2 099/59 de 14 de Agosto — Bases do plano director do desenvolvimento urbanístico da região de Lisboa
- Decreto-Lei n.º 44 537/62 de 22 de Agosto — Silicose e pneumoconiose
- Decreto-Lei n.º 46 923/66 de 28 de Março — Estabelece as condições a que deve obedecer a instalação e laboração dos estabelecimentos industriais
- Decreto-Lei n.º 46 924/66 de 28 de Março — Promulga o Reg. Int. e Laboração dos Estabelecimentos Industriais (RILEI)
- Portaria n.º 24 223/69 de 4 de Agosto — Estabelece a Tabela de classificação dos estabelecimentos industriais
- Decreto-Lei n.º 166/70 de 15 de Abril — Proceda à reforma do processo e licenciamento municipal de obras particulares
- Portaria n.º 53/71 de 3 de Fevereiro — Promulga o Reg. Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos Estabelecimentos Industriais
- Decreto-Lei n.º 270/71 de 19 de Junho — Cria o Gabinete da Área de Sines (GAS)
- Decreto-Lei n.º 124/73 de 24 de Março — Bases do Plano Geral de Urbanização da região do Porto
- Decreto-Lei n.º 101/74 de 14 de Março — Fixa normas relativas aos recipientes sob pressão e às chaminés
- Decreto-Lei n.º 102/74 de 14 de Março — Aprova o Regulamento dos Recipientes sob pressão
- Decreto-Lei n.º 158-A/75 de 26 de Março — Cria o M. I. Tecnologia (MIT)
- Decreto-Lei n.º 358/76 de 14 de Maio — Estabelece a orgânica do MIT
- Decreto-Lei n.º 378/76 de 20 de Maio — Utilização de PCB's
- Portaria n.º 477/76 de 3 de Agosto — Estabelece normas relativas à aplicação do Decreto-Lei n.º 46 923 e do RILEI e cria a Comissão Interministerial Permanente (CIP)
- Decreto-Lei n.º 677/76 de 5 de Agosto — Actualiza as importâncias das licenças, taxas e multas
- Decreto-Lei n.º 221/77 de 28 de Maio — Estabelece as actividades industriais cuja tutela pertence ao MAP
- Decreto-Lei n.º 548/77 de 31 de Dezembro — Reestrutura o MIT
- Despacho Normativo n.º 126/78 de 31 de Maio — Cria as Delegações Regionais e define as atribuições da D.G.Q.
- Decreto-Lei n.º 57/79 de 29 de Março — Atribui competência ao GAS para fazer cumprir limites de conc. à superfície de poluentes atmosféricos
- Decreto Regulamentar n.º 55/79 de 22 de Setembro — Regulamenta a repartição de tutelas administrativas das indústrias alimentares
- Decreto-Lei n.º 444/79 de 9 de Novembro — Estabelece normas com vista ao controlo da degradação do ambiente na área do GAS
- Decreto-Lei n.º 519-II/79 de 29 de Dezembro — Acesso à actividade industrial
- Portaria n.º 187/80 de 22 de Abril — Define as áreas das D.R.
- Decreto-Lei n.º 255/80 de 30 de Julho — Estabelece um limite de actuação para o controlo da poluição atmosférica em Portugal
- Portaria n.º 702/80 de 22 de Setembro — Altera a Portaria n.º 53/71
- Despacho Normativo n.º 168/81 de 29 de Maio — Fixa valores para SO₂ e partículas
- Portaria n.º 508/81 de 25 de Junho — Regulamenta as Comissões de Gestão do Ar
- Despacho Normativo n.º 325/81 de 2 de Novembro — Define PME
- Decreto-Lei n.º 131/82 de 23 de Abril — Actualiza as importâncias de licenças, taxas e multas
- Decreto-Lei n.º 293/82 de 27 de Julho — Aprova a Lei Orgânica do MAP
- Despacho de 28/7/82 — Aprova os Regulamentos e Planos de Actividades das CGA de Sines e Barreiro/Seixal
- Resolução n.º 204/82 de 16 de Novembro — Cria o Conselho Nacional de Higiene e Segurança do Trabalho (CNHST)
- Despacho normativo n.º 253/82 de 22 de Novembro — Actualiza a Lista de Doenças Profissionais
- Decreto-Lei n.º 476/82 de 21 de Dezembro — Estabelece regras para a produção e importação de HCF
- Portaria n.º 434/83 de 15 de Abril (Suplemento do D.R.) — Fixa a sinalização de segurança nos estabelecimentos industriais
- Decreto-Lei n.º 165/83 de 27 de Abril — Organiza o sistema Nacional de Gestão da Qualidade
- Decreto-Lei n.º 321/83 de 5 de Julho — Cria a Reserva Ecológica Nacional
- Decreto-Lei n.º 168/ de 22 de Maio — Cria a área protegida da arriba fóssil da Costa de Caparica

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa CENTRO DE CALCULO

Rua Conselheiro Emídio Navarro, N.º 1
Telefe. 85 22 15 1900 LISBOA

Secç-PEDAGOGICA e FORMAÇÃO

Divulgação e promoção das metodologias e técnicas ligadas à Informática - Automação e Control .

Apoio docente às disciplinas integradas nos cursos do ISEL.

Formação e reciclagem técnica

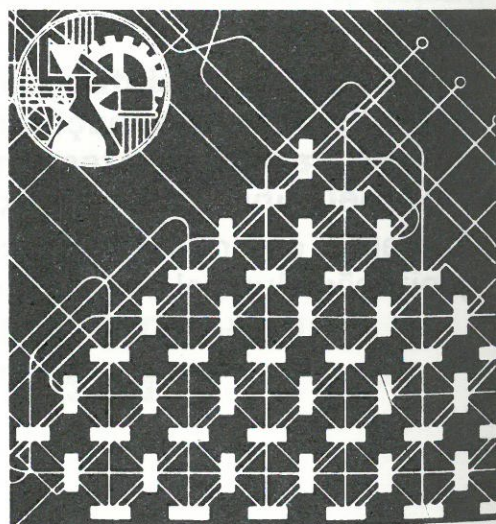
Cursos de Formação e Pós-graduação

Serv.PROCESSAMENTO DE DADOS E ESTATISTICA

Gestão de Pessoal - Alunos - Economica
Prestação de serviços de Análise - Programação
Transcrição e Processamento de Dados

Secç-INVESTIGAÇÃO e DESENVOLVIMENTO

Desenvolvimento de projectos mediante protocolos com empresas e organismos do Estado.



RESÍDUOS INDUSTRIAIS INTRODUÇÃO À SUA CARACTERIZAÇÃO

ENG.º RUI M. FIGUEIREDO SIMÕES
(Direcção-Geral da Qualidade
do Ministério da Indústria e Energia)

1 RESÍDUOS INDUSTRIAIS

É sabido que os resíduos constituem uma massa heterogénea de crescente importância relativa, caracterizada por uma distribuição geográfica bastante irregular e de definição difícil de estabelecer, pois que o que hoje é considerado como resíduo poderá já não o ser futuramente, ou vice-versa, dada a constante evolução da tecnologia e da economia.

O conceito de resíduo industrial pode ser estabelecido por oposição ao de rejeição. Uma distinção frequentemente utilizada para diferenciar resíduo de rejeição é a noção de continuidade do fluxo — o resíduo, ao contrário da rejeição, suporia um fluxo de poluente evacuado de forma descontínua.

Poderemos adoptar como conceito de resíduo industrial, «tudo o que resta de uma matéria-prima após a sua utilização e que nos possa ser considerado subproduto» (entendimento do grupo de trabalho para a definição da Política de Aproveitamento de Desperdícios). Deste ponto de vista poderíamos ainda distinguir os resíduos não utilizáveis (detritos) dos utilizáveis ou podendo vir a ser utilizados com ou sem transformação, sendo os não utilizados (desperdícios) não só devido à ausência de interesse económico no seu aproveitamento como ao insuficiente estado de desenvolvimento tecnológico. Poder-se-á esquematizar como apresentado na fig. 1 este entendimento, o qual permite não só contemplar aspectos de natureza tecnológica como de valor económico.

Consideraremos, em primeira aproximação, como características dos resíduos industriais os seguintes dois atributos:

- Quantidade
- Carácter tóxico

Nesta óptica um resíduo será industrial sempre que a sua produção seja claramente superior à causada por um utilizador individual ou quando, mesmo que produzido em pequenas quantidades, a sua toxicidade seja tal que impeça de ser depositado em aterro vulgar.

É certo que este conceito poderá parecer não delimitar claramente a fronteira dos resíduos industriais; no entanto, na esmagadora maioria dos casos, as situações não apresentarão dúvidas quanto à possibilidade de caracterização dos resíduos como industriais por oposição a outros (urbanos, hospitalares, etc.) tanto mais que para além do seu volume e toxicidade — e desde CLAUDE BERNARD que sabemos que «tudo é tóxico e nada é tóxico, dependendo somente das concentrações» — outras características próprias se poderão evidenciar.

A distinção entre resíduos sólidos e líquidos poderá ser estabelecida pela consideração da dicotomia «manuseável à pá» versus «através de bomba», pese, para além de muitos casos de caracterização evidente, aqueles em que a distinção seja mais difícil de estabelecer (pastosos ou semi-sólidos), tanto pelo carácter evolutivo da sua viscosidade como pelo constante aperfeiçoamento das bombas e do duplo carácter que apresentem.

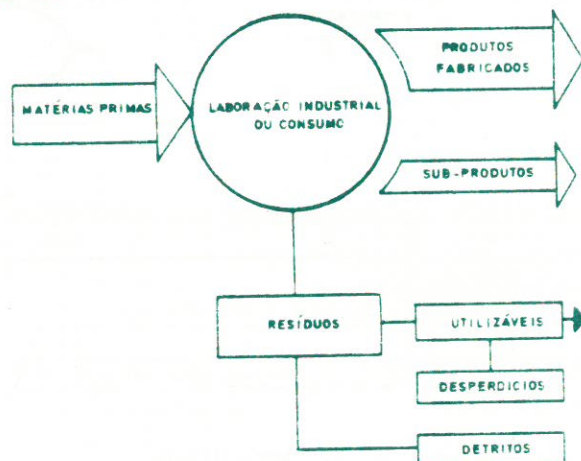


Fig. 1

2. CICLO DOS RESÍDUOS

Desde sempre o homem tem vindo a considerar a natureza como fonte inesgotável dos recursos que utiliza. A cada fase dos processos produtivos, a par dos produtos pretendidos obtidos à custa da matéria-prima e energia consumidas, estão associados os «resíduos residuos» encarados como componente «natural» e inaproveitável do processo.

A partir deste século, esta visão de «fluxo contínuo» desde as matérias-primas até aos bens de consumo, em que natural e sistematicamente se rejeita tudo o

que não é o objectivo do processo, ver fig. 2, vem sendo substituída — em consequência do progresso industrial e urbano e do progressivo esgotamento e depilação dos (limitados) recursos naturais — pela crescente preocupação e investimento na promoção da recuperação e valorização dos resíduos (simultaneamente com a implementação de adequadas medidas internas, nomeadamente a adopção das chamadas *tecnologias limpas*).

Se todos os resíduos industriais fossem reempregues, reciclados e neutralizados teríamos, por absurdo, o ciclo fechado da fig. 3.

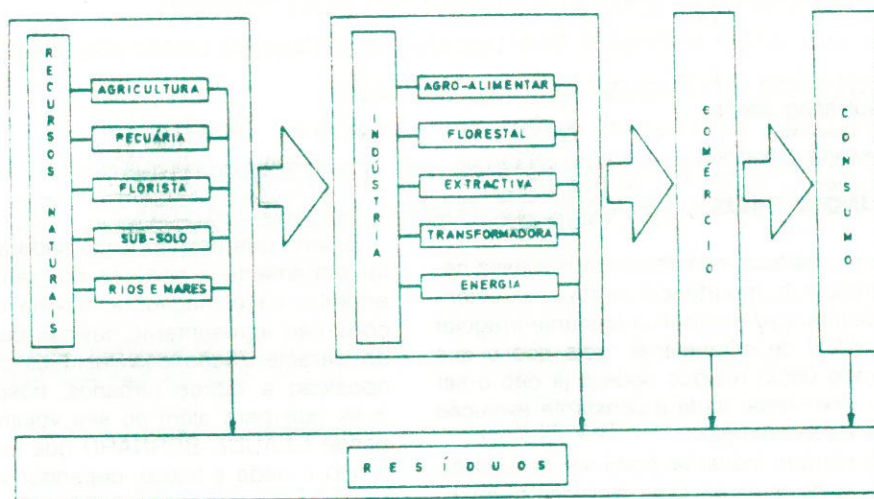


Fig 2 - OS RESÍDUOS COMO COMPONENTE "INÚTIL" DE TODO O PROCESSO:

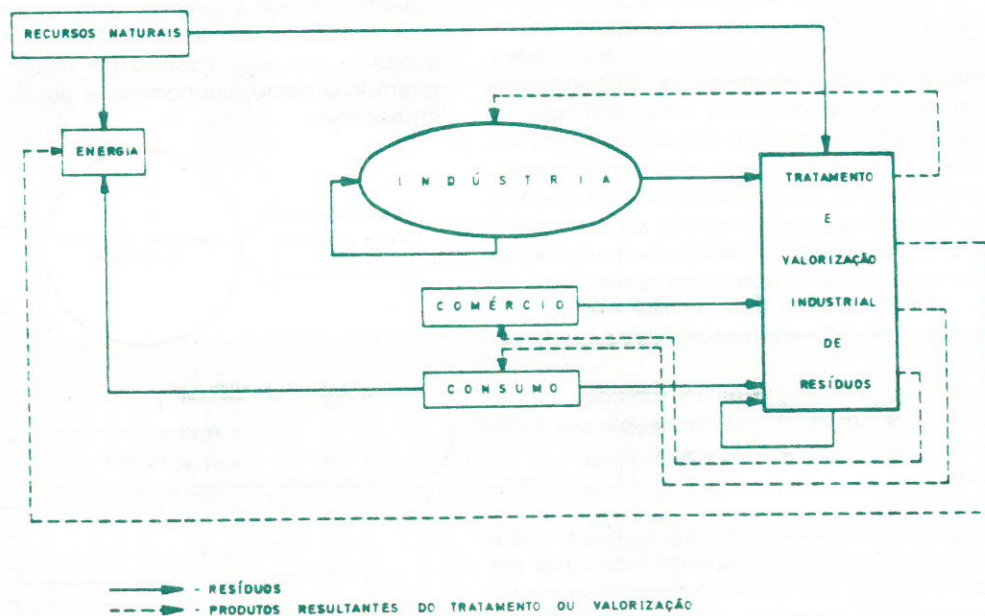


Fig 3 - APROVEITAMENTO INTEGRAL DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS

3. DEFINIÇÕES

De acordo com os diversos trabalhos desenvolvidos sobre nomenclatura, entendemos que deveriam ser adoptadas as seguintes definições:

RESÍDUO

- a) Todo o conjunto de materiais compreendendo o que resta de matérias-primas após a sua utilização e que não sejam utilizados como subprodutos;
- b) Todos os produtos que o seu possuidor pretenda ou seja obrigado a desembaraçar-se.

SUBPRODUTO

Produtos utilizados, resultantes de um processo (industrial ou não), cuja obtenção não foi a razão determinante da utilização das respectivas matérias-primas.

DESPERDÍCIO

Resíduos não utilizados, embora utilizáveis em função da tecnologia actual.

DETRITO

Resíduos não utilizáveis em função da tecnologia disponível.

RESÍDUO INDUSTRIAL

- a) Todo o conjunto de substâncias, produtos ou materiais resultantes da laboração de estabe-

QUADRO I

DIRECTIVA 78/319/CEE de 20 de Março 1978
(SUBSTÂNCIAS TÓXICAS E PERIGOSAS)

1. Arsénio e seus compostos
2. Mercúrio e seus compostos
3. Cádmio e seus compostos
4. Tálcio e seus compostos
5. Berílio e seus compostos
6. Compostos de crómio hexav.
7. Chumbo e seus compostos
8. Antimónio e seus compostos
9. Cianetos orgânicos e inorgânicos
10. Fenóis e compostos fenólicos
11. Isocianetos
12. Compostos organo-halogenados, com exclusão ...
13. Solventes clorados
14. Solventes orgânicos
15. Biocidas e substâncias fito-farmacêuticas
16. Produtos à base de alcatrão provenientes de operações de refinação e resíduos provenientes de operações de destilação
17. Compostos farmacêuticos
18. Peróxidos, cloratos percloratos e azotados
19. Éteres
20. Substâncias químicas de laboratório não identificadas e/ou novas cujos efeitos sobre o ambiente sejam desc.
21. Amianto (poeiras e fibras)
22. Selénio e seus compostos
23. Telúrio e seus compostos
24. Compostos aromáticos policíclicos (de efeitos cancerígenos)
25. Metais carbonilos
26. Compostos solúveis de cobre
27. Substâncias ácidas e ou básicas utilizadas no tratamento de superfícies dos metais.

lecimentos industriais e que não possam ser considerados subprodutos, quer se apresentem nos estados sólido ou semi-sólido quer, ainda, no estado líquido desde que não sejam passíveis de lançamento nos sistemas de tratamento de efluentes, e

- b) Todos os restos ou bens associados ao funcionamento dos estabelecimentos industriais e que os seus detentores pretendam ou sejam legalmente obrigados a desembaraçar-se, e
- e) Os resíduos provenientes de outras actividades, os quais, dada a sua perigosidade (nomeadamente os tóxicos, os corrosivos e os explosivos), exijam tratamento específico.

RESÍDUO TÓXICO OU PERIGOSO

Os resíduos contendo alguma ou algumas das substâncias que figurem em tabela elaborada para o efeito ou por elas contaminados em concentrações que apresentem perigo para a saúde humana ou o ambiente.

Apresentamos, nesta perspectiva, a listagem das substâncias consideradas na Directiva das Comunidades Europeias respeitante aos resíduos tóxicos e perigosos, bem como uma relação de substâncias consideradas perigosas por cinco ou mais países da OTAN (Ver Quadros I e II.)

QUADRO II

RESÍDUOS CONSIDERADOS PERIGOSOS OU POTENCIALMENTE PERIGOSOS POR CINCO OU MAIS PAÍSES	Países					
	C. E. C.	Canadá	Estados Unidos	Reino Unido	Países Baixos	Japão
Contendo Alumínio	X	X	X	X	X	X
Antimónio e Compostos	X	X	X	X	X	X
Arsénio e Compostos	X	X	X	X	X	X
Amianto	X	X	X	X	X	X
Berílio	X	X	X	X	X	X
Cádmio	X	X	X	X	X	X
Crómio Hexavalente	X	X	X	X	X	X
Cobre	X	X	X	X	X	X
Compostos Cianetados	X	X	X	X	X	X
Solventes Halogenados	X	X	X	X	X	X
Herbicidas	X	X	X	X	X	X
Isocianetos	X	X	X	X	X	X
Chumbo	X	X	X	X	X	X
Mercúrio	X	X	X	X	X	X
Do Tratamento de Superfícies (metálicas)	X	X	X	X	X	X
Líquido	X	X	X	X	X	X
Solventes não Halogenados	X	X	X	X	X	X
De Refinação de Petróleo	X	X	X	X	X	X
De Pintura (tintas...)	X	X	X	X	X	X
PCE's	X	X	X	X	X	X
Pesticidas	X	X	X	X	X	X
Ferrolizados	X	X	X	X	X	X
Contendo Enxofre	X	X	X	X	X	X
Zinco	X	X	X	X	X	X

ELIMINAÇÃO DE RESÍDUOS

O conjunto dos meios e dos processos utilizados para concretizar o respectivo destino final (ou seja: os meios e/ou os processos que conduzem a substâncias que possam ser restituídas ao meio natural sem consequências nocivas ou reintegradas nos circuitos económicos para efeitos de valorização).

MEIOS DE ELIMINAÇÃO DE RESÍDUOS

Quaisquer operações ou conjunto de operações de recolha, triagem, armazenagem, transporte ou outras antecedentes e conducentes a qualquer processo de eliminação.

PROCESSOS DE ELIMINAÇÃO DE RESÍDUOS

Quaisquer operações ou sequência de operações de tratamento e/ou valorização de resíduos.

DESTINO FINAL

E a fase última da sequência de operações (meios e/ou processos) de eliminação dos resíduos enquanto tais.

As operações de tratamento compreendem, designadamente, as técnicas ou acções de destruição ou transformação e de deposição (sob ou sobre o solo).

Citam-se, como exemplos de técnicas de destruição ou transformação as seguintes: térmicas, físico-químicas e biológicas, como técnicas de deposição citamos aterro controlado, lagunagem, injeção no solo e imersão no mar.

VALORIZAÇÃO

Reintegração dos resíduos nos circuitos económicos, visando a sua utilização em condições económicas positivas.

RECUPERAÇÃO

Toda a operação de separação de resíduos tendo em vista a sua valorização.

REEMPREGO

Nova utilização análoga e sem alteração do resíduo recuperado.

RECICLAGEM

Reintrodução de um material recuperado no seu próprio ciclo de produção.

REUTILIZAÇÃO

Introdução de um resíduo recuperado noutra ciclo de produção diferente do que o produziu.

A valorização engloba, portanto, o reemprego, a reciclagem e a reutilização (cada uma delas supondo uma recuperação prévia), antecedidos, ou não, por alguma operação de tratamento.

Esquematiza-se na fig. 4 o entendimento apresentado quanto aos conceitos respeitantes à eliminação dos resíduos.

4. CLASSIFICAÇÕES

Várias têm sido as «classificações» propostas e adoptadas para tipificar os resíduos de origem industrial, reflexo não só da natureza complexa do problema como das diferentes ópticas que se lhes encontram subjacentes.

Apresentamos, meramente para referência, exemplos de duas dessas classificações desenvolvida em França. (Ver Quadros III e IV.)

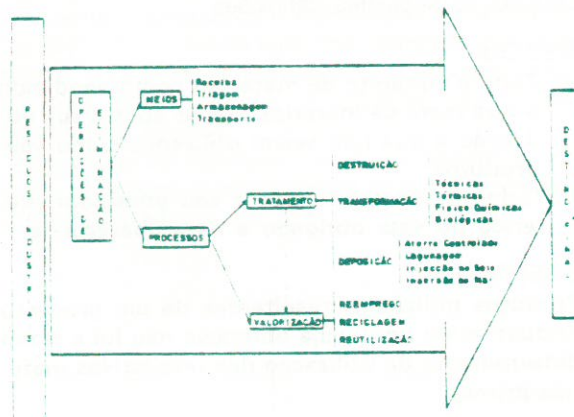


Fig. 4 - ELIMINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

QUADRO III

NOMENCLATURA FRANCESA DOS RESÍDUOS PARA A SÍNTESE DOS INVENTÁRIOS REGIONAIS

1. RESÍDUOS DE ORIGEM MINERAL

1.1 Resíduos não Metálicos

- Terras de filtração
- Areias de fundição
- Fosfogesso
- Amianto
- Abrasivos
- Lamas minerais não metálicas
- Resíduos de vidro:
 - lâ de vidro
 - outros resíduos de vidro
- Carvão activo
- Outros resíduos não metálicos de origem mineral

1.2 Resíduos Metálicos

- Resíduos de metais ferrosos
- Resíduos de metais não ferrosos:
 - alumínio
 - cobre
 - chumbo
 - outros resíduos de metais não ferrosos

1.3 Resíduos Metálicos Compósitos

- Escórias metálicas
- Escórias de fornos
- Calamina
- Lamas provenientes da decapagem metálica
- Outros resíduos metálicos compósitos

1.4 Resíduos de Sais e Hidróxidos

- Sais tóxicos
 - Crómio hexavalente
 - Sais cianídricos
 - Sais de têmpera
 - Outros sais tóxicos solúveis e suas soluções
 - Outros sais tóxicos insolúveis
- Sais não tóxicos
- Lamas de hidróxidos metálicos

- 1.5 **Ácidos e Bases de Origem Mineral**
- 1.6 **Resíduos Metalóides e seus compostos**
- Soluções bromatadas
 - Soluções iodadas
 - Soluções cloradas
 - Soluções fluoretadas
 - Enxofres e seus compostos
 - Arsénio e lamas arsénicas
 - Outros resíduos de metalóides e seus compostos
2. **RESÍDUOS ORGÂNICOS DE ORIGEM VEGETAL OU ANIMAL**
- 2.1 **Resíduos de Origem Vegetal**
- Resíduos de madeira
 - Serrim
 - Aparas de madeira
 - Cascas de árvores
 - Outros resíduos de madeira
 - Resíduos celulósicos
 - Celulose
 - Outros resíduos celulósicos
 - Licores negros
 - Resíduos de papel e cartão
 - Resíduos de óleos e gorduras vegetais
 - Resíduos de flores e de plantas
- 2.2 **Resíduos de Origem Animal**
- Resíduos de matadouros e criação de animais
 - Estrumes e águas residuais
 - Sangue
 - Outros
 - Resíduos de peixes, moluscos e crustáceos
 - Resíduos da indústria dos laticínios
 - Soro
 - Outros resíduos da indústria do leite
 - Resíduos de peles, coiro
 - Resíduos de lã
 - Resíduos de seda
 - Resíduos de gorduras e óleos animais
 - Outros resíduos de origem animal
- 2.3 **Resíduos diversos de Origem Vegetal e Animal**
- Resíduos líquidos contendo substâncias animais e vegetais
 - Lamas orgânicas contendo matérias vegetais e animais
 - Brez de destilação
3. **RESÍDUOS ORGÂNICOS PROVENIENTES DUM PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO QUÍMICA**
- 3.1 **Resíduos de Plásticos**
- Resíduos contendo cloro
 - Resíduos não contendo cloro
 - Lamas de polímeros
 - Outros resíduos de plásticos
- 3.2 **Resíduos de Borracha**
- Resíduos de borracha não vulcanizada
 - Resíduos de borracha vulcanizada
 - Pneus
 - Outros
 - Lamas e emulsões de borracha
- 3.3 **Resíduos Têxteis**
- Resíduos específicos de fabricação de têxteis
 - Pastas de impressão
 - Banhos usados no enobrecimento têxtil
 - Trapos
 - Outros resíduos têxteis
- 3.4 **Ácidos e Bases de Origem Orgânica**
- 3.5 **Resíduos de Tintas, Vernizes e Colas**
- Pigmentos
 - Tintas
 - Vernizes
 - Lamas
 - Colas e respectivos preparos
 - Cartuchos de filtragem
 - Outros
- 3.6 **Resíduos de Solventes**
- Solventes com cloro
 - Solventes não clorados
 - Lamas de regeneração de solventes
 - Outras lamas contendo solventes
- 3.7 **Óleos e Lamas usadas de Origens Diversas**
- Óleos
 - Óleos solúveis
 - Massas
 - Lamas contendo óleos ou massas
 - Lamas de regeneração de óleos
- 3.8 **Resíduos de Alcatrões, Betumes e Asfaltos**
- Alcatrões ácidos
 - Betumes
 - Asfaltos
 - Outros
- 3.9 **Compostos Fenólicos**
- 3.10 **Resíduos de Hidrocarbonetos não Classificados**
4. **OUTROS RESÍDUOS**
- Ácidos e Bases
 - Corantes
 - Adubos
 - Pesticidas
 - Detergentes
 - Catalizadores
 - Entulhos
 - Restantes Resíduos Industriais

QUADRO IV

PROPOSTA DE CODIFICAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS APRESENTADO PELO C.H.E.R.C.H.A.R. (Resumo)

Codificação de 5 algarismos.

- 1.º **algarismo:** Natureza Material do Resíduo
1. Matéria (resíduo sólido elementar)
 2. Material (resíduo sólido composto)
 3. Efluente líquido
 4. Efluente gasoso

2.º **algarismo:** Heterogeneidade Física

1. Peças de grandes dimensões
2. Pequenas peças ou granulados
3. Pó
4. Líquido bombeável a 70º
5. Líquido não bombeável a 70º
6. Lama
7. Pastoso
8. Fumos limpos
9. Fumos carregados

3.º **algarismo:** Solubilidade e Miscibilidade na Água

0. Não solúvel ou não miscível
1. Solúvel ou miscível em todas as proporções
2. Parcialmente miscível
9. Solubilidade ou miscibilidade desconhecidas

4.º **algarismo:** Nocividade e Perigosidade

0. Sem nocividade ou perigosidade conhecidas
1. Ligeiramente incómodo
2. Corrosivo
3. Biologicamente activo
4. Insalubre
5. Tóxico por pirólise ou combustão incompleta
6. Tóxico volátil
7. Altamente tóxico
8. Radioactivo
9. Nocividade comprovada, mas complexa ou mal definida

5.º **algarismo:** Combustibilidade ou Riscos de Incêndio ou de Explosão

0. Incombustível
1. Pouco combustível
2. Combustível
3. Muito combustível (classe D)
4. Explosivo
5. Muito combustível (classe C)
6. Muito combustível (classe B)
7. Muito combustível (classe A)

Exemplos:

Pneus velhos: 210 53

Resíduos de garrafas PVC: 120 52

Tricloroetileno usado: 340 62

5. CARACTERIZAÇÃO

Conforme acabamos de referir consoante a finalidade assim se esquiçará determinada classificação ou ficha de caracterização de resíduos.

Isto é, para explicitar a natureza e propriedades dos resíduos poderemos considerar tantas classificações quantas as características a identificar ou os sectores em vista, sendo certo, no entanto, que todas essas aproximações se interpenetrarão em interfaces mais ou menos extensas, dada a sua complementaridade.

Apresentamos duas sistematizações possíveis.:

● **Caracterização quanto ao estado físico**

(Apresenta como inconveniente a eventual alteração do estado físico com o tempo e a possibilidade de existência de resíduos polifásicos — misturas de sólidos, de emulsões — fase líquida ou pastosa.)

● **Caracterização quanto à natureza química** (Inconveniente: possível existências de resíduos de natureza química complexa.)

É habitual, ainda, caracterizar os resíduos por intermédio de «fichas».

Apresentamos a FICHA DE CARACTERIZAÇÃO, proposta por M. MURAT

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS (segundo M. Murat)

1. ESTADO FÍSICO
(Sólido, Líquido, Pastoso, Gasoso, Mistura de fases)
2. COMPOSIÇÃO
 - Composição Química (elementos principais e impurezas)
 - Composição Mineralógica (para os sólidos)
 - Natureza e composição das diferentes fases (polifásicos)
3. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS
 - Poderes caloríficos superior e inferior.
 - Inflamabilidade. Ponto de Inflamação. Tensão de Vapor.
 - Pontos de Fusão. Ebulição e Amolecimento
 - pH, DCO, DBO, T_A, T_{AC} e Matérias em Suspensão.
 - Cinzas
4. PROPRIEDADES MINERALÓGICAS, FÍSICO-MECÂNICAS E ESTRUTURAIS
 - Densidade
 - Granulometria, Porosidade, Sup. Específica
 - Índice de Plasticidade. Qualidade de Compactagem. Teor Ótimo de Água.
 - Propriedades Mecânicas (Dureza, Triturabilidade, Resistências Mecânicas)
5. OUTRAS CARACTERÍSTICAS
 - Cor
 - Toxicidade para os seres vivos
 - Radioactividade.
 - Reactividade Química e Agressividade
 - Evolução no Tempo
 - Comportamento em Lexivação
 - Factor Qualidade (pureza do resíduo) e Conteúdo Energético

6. REFERÊNCIAS

- FRANÇA. Ministère de la Qualité de la Vie — *Recherche de Données sur les Résidus Industriels. Etude Methodologique. Note de Travail n.º 2.*
- MAES, M. — *Les Résidus Industriels (2).* Enterprise Moderne d'Édition. Paris, 1974.
- MURAT, M. — *Valorization des Dechets et des Sous-Produits Industriels. 2* Masson. Paris, 1981.
- NATO. *Comettee on the Challenges of Modern Society — Pilot Study Disposal of Hazardous Wastes: Recommended Procedures for Hazardous Wastes Management.* 1977.
- SIMÕES, R.F. — *Legislação da CEE no Domínio do Ambiente — Gestão de Resíduos.* 2.ªs Jornadas do Ambiente. ISEL, 1983.

ASPECTOS GLOBAIS DE GESTÃO DE UMA CENTRAL INDUSTRIAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

DR. FERNANDO LEITE
(Lipor)

1 INTRODUÇÃO

Falar da gestão de uma Central Industrial de Tratamento de Lixos, numas Jornadas do Ambiente e para uma Assembleia que é maioritariamente de futuros técnicos do sector, é sempre um tema aliciante, quando versa a experiência de Técnicos Municipais que puderam em cerca de 4 anos recuperar uma instalação que estava praticamente inoperacional, que puderam manter uma experiência bastante válida do que é possível em termos de tratamento de lixos e resíduos, que puderam tomar consciência do gravíssimo problema que é o autêntico atentado ao Ambiente e à Qualidade de Vida que deriva de não haver na maior parte dos casos, planos com vista a um conveniente tratamento e correcta deposição dos lixos e resíduos que as nossas Municipalidades recolhem, e as nossas Indústrias e os particulares produzem, e finalmente quando foi possível preparar a expansão do actual Centro de Exploração de Ermesinde da LIPOR adequando-o ao volume de lixos que diariamente lhe é entregue.

Importante ainda será o referir — o «modelo» criado para uma unidade industrial típica, que pertencente ao Sector Público Administrativo (Associação de Municípios) tem neste momento a dinâmica própria para se adaptar à orientação máxima de órgãos e «entes» políticos e ao mesmo tempo entrar na concorrência do mercado para os produtos obtidos na sua laboração.

2. LIPOR — Associação de Municípios

A intervenção do Estado na então Estação de Tratamento de Lixos de Ermesinde pautou-se pela necessidade de salvar a fábrica da ruptura técnica, salvar também uma experiência que se considerava aproveitável, até porque a E.T.L.L. tinha entretanto parado, e ainda porque se considerava que um possível aproveitamento da E.T.L.L., se enquadrada num Plano Director Regional, seria uma excelente oportunidade de resolver cabalmente e de uma maneira técnico-económica e ecologicamente aceitável, o sempre difícil problema de dar conveniente tratamento a cerca de 700 Ton/dia de lixos e resíduos, tantas quantas eram recolhidas pelos Municípios do Porto, Maia, Valongo, Gondomar, Espinho, Vila Nova de Gaia e Matosinhos.

Em 1979 perante as diferentes hipóteses que se colocavam aos Municípios para intervirem na Empresa decidiram-se estes por uma fórmula de cooperação intermunicipal, ainda que não existisse então qualquer instrumento legal para além da Constituição da República para viabilizar essa cooperação. Optou-se por um acordo inicial entre as Câmaras Municipais de Espinho, Gondomar, Maia, Porto e Valongo (as que utilizaram imediatamente a Estação), consubstanciado num Protocolo de Acordo e numa Declaração de Princípios lavrada em Acta e passaram-se todos os bens para a posse da Câmara Municipal de Valongo. Entretanto constituiu-se um Conselho de Administração formado por um autarca de cada um dos 5 Municípios, e foram destacados 2 Técnicos Municipais para assegurarem a Direcção executiva. Dois objectivos básicos nortearam a actuação inicial dos Municípios, a recuperação de instalações e equipamentos, e a constituição da Associação de Municípios com Estatuto próprio, apontando-se um projecto que concitasse uma aprovação das Câmaras e Assembleias Municipais. Fácil é supor a relativa morosidade do processo, ainda porque a Lei-Quadro das Associações de Municípios (o Dec. Lei 266/81) só foi publicado a 15 de Setembro de 1981. Assim a 12 de Novembro de 1982 as Câmaras Municipais assinam a escritura pública que formaliza a Associação dos Municípios de Espinho, Gondomar, Maia, Porto e Valongo, que adoptou a designação de LIPOR — Serviço Intermunicipalizado de Tratamento de Lixos da Região do Porto, para o tratamento e aproveitamento final dos lixos entregues pelos Municípios associados.

3. O ESTATUTO

Tem um articulado bastante exaustivo, consta de 47 artigos e define genericamente os Princípios Gerais, Estrutura e Funcionamento, Pessoal, Gestão Económico e Financeira e Disposições Finais.

Analisando mais em pormenor temos

3.1 Princípios gerais

Inclui a definição do objecto, os direitos e deveres dos associados e o património da Associação.

3.2 Estrutura e Funcionamento

Define os Órgãos, que são a Assembleia Intermunicipal (3 membros por cada Município associado) e o Conselho Administrativo (1 membro por cada Município, saídos dos 3 membros da Assembleia Intermunicipal), define os requisitos das reuniões e das deliberações (cabendo 1 voto a cada Município, e sendo as deliberações dos órgãos tomadas por votação representativa de cada município e à pluralidade dos votos dos Municípios presentes). Compete à Assembleia Intermunicipal tomar as grandes decisões, aprovar planos anuais e plurienais, pronunciar-se sobre a admissão de outros municípios, aprovar os Relatórios e Contas da Gerência, aprovar Regulamentos, fixar o Quadro de Pessoal e respectivas remunerações, tomar posição perante os órgãos do Poder Central ou Regional sobre assuntos da Associação. Ao Conselho Administrativo compete executar as deliberações da Assembleia Intermunicipal, elaborar a definição de objectivos prioritários e bem assim das propostas de Planos anuais e plurianuais de actividade e seu financiamento, a submeter à aprovação da Assembleia Intermunicipal, elaborar o Relatório, Balanço e Contas, bem como os Orçamentos, propôr à Assembleia Intermunicipal a criação de novos estabelecimentos ou dependências, fixar os preços para prestação de Serviços e venda de produtos fabricados e submetê-los à ratificação da Assembleia Intermunicipal, superintender na gestão de pessoal, apreciar e emitir parecer sobre a admissão de novos municípios, elaborar e submeter à aprovação da Assembleia Intermunicipal os regulamentos internos do Serviço, praticar todos os demais actos necessários à realização do objectivo da Associação.

3.3 Pessoal

A Associação tem um Quadro Privativo, para o qual transitará todo o pessoal que era assalariado pela entidade privada ex-proprietária da E.T.L. Poderá haver transferência de pessoal dos Quadros das Autarquias que constituem a Associação.

Especial normativo é dedicado ao Director-Delegado, a quem compete a orientação técnico-administrativa do Serviço. Assiste às reuniões do Conselho, competindo-lhe apresentar anualmente o relatório de exploração, os resultados do exercício, instruído com o inventário, balanço e contas, além de ainda lhe competir a propositura de medidas tendentes a melhorar a organização e funcionamento do Serviço.

3.4 Da Gestão Económica e Financeira

É estabelecido que a Associação exercerá a sua actividade em obediência a um sistema de planeamento a curto, médio e longo prazo, assentando a sua gestão na definição de objectivos, controlo permanente de resultados, e revisão oportuna de carências, com vista à satisfação de exigências de qualidade e rentabilidade, tanto na concepção como na exploração da sua actividade.

A gestão da Associação baliza-se pela procura do equilíbrio económico-financeiro, mediante a prática de preços reais que cubram os custos e ainda uma busca de uma maior rentabilidade, com a inerente redução desses mesmos custos.

São instrumentos da gestão económico-financeira, os planos de actividade financeira e os orçamentos de exploração, de investimentos e suas actualizações.

As Receitas principais da Associação são constituídas pelos proventos resultantes da prestação de serviços aos municípios associados ou outros, e a venda de produtos fabricados, as dotações subsídios ou participações provenientes de quaisquer origens, o produto de empréstimos contraídos junto de entidades autorizadas quaisquer outros rendimentos permitidos por lei.

A proposta da contracção de empréstimos é da competência do Conselho Administrativo e terá de ser aprovada pela Assembleia Intermunicipal: como boa norma não poderão ser contraídos empréstimos cujos encargos não tenham compensação suficiente ao rendimento da actividade.

As contribuições financeiras dos Municípios associados são diferenciadas, sendo a sua proporção conforme o volume de lixo entregues, e os valores dos activos dos Municípios na Associação. Os Municípios têm entretanto a obrigação de cobrir anualmente os prejuízos que não puderem ser compensados por reservas livres.

3.5 Disposições Finais

As alterações aos Estatutos estão previstas e têm que ser aprovadas por três quartos dos municípios.

Está prevista a integração da Associação actual na Associação dos Municípios da Área Metropolitana do Porto.

4. A ESTRUTURA ORGÂNICA

Definidos estatutariamente os dois órgãos gestores da Associação, a Assembleia Intermunicipal e o Conselho Administrativo, e tendo-se optado, também estatutariamente, por «entregar» a gestão corrente a um Director-Delegado, que na linha do Director-Geral de qualquer Empresa privada, é por assim dizer, o «manager» de toda a organização, refletiu-se nos objectivos da Associação, e no carácter eminentemente empresarial das suas actividades, para se estabelecer uma estrutura interna que não constitua um estrangulamento às actividades da LIPOR, mas seja antes o próprio motor do seu desenvolvimento.

Estão assim preparados para serem implementados 4 Serviços que abaixo se descrevem.

4.1 Serviços Administrativos e Financeiros

Ocupam-se do expediente geral, apoio aos órgãos da Associação, gestão do Pessoal, operações de Tesouraria (arrecadação de receitas e pagamento de despesas) efectivação de todo o trabalho de contabilidade.

Será dotado de um Director de Serviços, um Técnico de Contabilidade e Administração, um Tesoureiro e nove funcionários Administrativos e auxiliares.

4.2 Serviço de Produção e Desenvolvimento

É o responsável pela produção do actual Centro de Exploração de Ermesinde, nas suas várias componentes de correctivos orgânicos e produtos reciclados de lixo, e relativamente aos Novos Projectos a intervenção corrente destes Serviços será a de manter, o mais actualizado

possível um sistema documental sobre tecnologias de deposição, remoção, transporte e destino final de Resíduos Sólidos quer domésticos, quer industriais, quer especiais (hospitais, p.e.). Aquando do desenvolvimento de qualquer novo projecto serão estes Serviços o núcleo de uma equipa interdisciplinar que agregará os Directores dos restantes Serviços e Técnicos sob a coordenação do Director-Delegado.

Chefiado por um Director de Serviços, licenciado em Engenharia Mecânica, Química ou Agronomia, terá até 79 operários desde não-especializados a especialistas.

4.3 Serviços de Apoio de Manutenção

Garantem a manutenção preventiva e operativa, gerem o aprovisionamento geral em peças, sobressalentes e materiais diversos e bem assim o Ferramental, e têm ao seu cargo o Sector de Transportes e Serviços Gerais.

Chefiados por um licenciado em Engenharia Mecânica, e para além de 1 Engenheiro-Técnico, comportará o seu quadro até 49 operários desde indiferenciados até especialistas

4.4 Serviços Comerciais e Agronómicos

Tem como tarefas fundamentais desenvolver o marketing dos nossos produtos, proceder à assistência antes e pós venda aos nossos clientes, em especial aos dos Correctivos Orgânicos, executar toda a política de Vendas, coordenar toda a promoção de visitas técnicas e de sensibilização quer ao nosso Centro de Exploração, quer aos Serviços Municipais que conosco têm ligações.

Para além de Chefe de Serviços, licenciado em Agronomia, terá mais 2 funcionários especializados.

5. OS DOCUMENTOS FUNDAMENTAIS DA GESTÃO

5.1 O Estatuto

Foi-lhe já dado o tratamento adequado.

5.2 A Definição de Objectivos

Documento previsto no Estatuto da Empresa, assenta obrigatoriamente numa exacta constatação das carências existentes, terá de ser presente para aprovação à Assembleia Intermunicipal até 30 de Junho de cada ano, constituindo o travejamento do Plano de Actividades e Orçamento da Empresa, que é apresentado até Outubro.

Por exemplo a «Definição de Objectivos para 1984» após discorrer sobre o Plano Director de Saneamento Básico para o decénio 1981/90 e mais objectivamente sobre o Plano Director para o Tratamento de Lixos da Região do Porto, e após apresentar uma panorâmica da Associação, define uma Síntese Estratégica que versa em especial nos aspectos relacionados com a ampliação da capacidade instalada no Centro de Exploração de Ermesinde, e com o acelerar da montagem dos 2 novos Centros de Exploração, concluindo pela apresentação dos Objectivos para 1984:

1.ª linha do Centro de Exploração de Ermesinde

— repôr a sua capacidade de tratamento efectiva nas 170 Ton/dia/16 horas, pela substituição dos órgãos deteriorados;

— colocar em funcionamento para os rejeitados a Prensa de Alta Pressão já instalada;

— substituição progressiva da secagem forçada do Fertor

2.ª linha do Centro de Exploração de Ermesinde

— desenvolver a empreitada de construção e montagem, imprimindo-lhe a rapidez que a insuficiente capacidade e condições de laboração da actual linha exigem;

Aterros Sanitários de apoio

— concretizar a cedência dos terrenos, construir e colocar em funcionamento, o Aterro Sanitário de Rio Tinto (Gondomar);

Centro de Exploração de Matosinhos

— diligência pela concretização da adesão da C. M. de Matosinhos à Associação, desenvolver os estudos e lançar os procedimentos que viabilizem o empreendimento no mais curto espaço de tempo possível;

Aplicação de Meios

— utilização óptima dos recursos disponíveis na LIPOR, nomeadamente humanos, financeiros, e das infra-estruturas existentes;

Ambiente

— contribuir para a preservação do meio ambiente, nomeadamente nas zonas envolventes aos Centros de Exploração.

5.3 O Plano de Actividades e Orçamento

Definido estatutariamente, e tendo que ser presente à Assembleia Intermunicipal até Outubro de cada ano, o documento do ano seguinte, tem uma estrutura empresarial, para estar mais em consonância com a dinâmica que nos é exigida.

Por exemplo o documento para o presente ano contempla:

Introdução

Palavras de apresentação são sempre o começo de qualquer documento.

Definição de Objectivos para 1984

É feita aqui a transcrição das orientações do documento já atrás descrito, e que devem servir de normativo para o Plano de Actividades.

Plano Operacional

Estabelece previsionalmente a recepção de lixos e resíduos, para o que se estudam historicamente os valores atingidos pelas várias Câmaras, e bem assim as reestruturações dos serviços de Higiene e Limpeza e os reequipamentos em viaturas.

Estabelecem-se face à situação geral do equipamento, o plano de produção que para os Correctivos orgânicos é subdividido em FERTOR e no F03. Estão também sujeitos a plano previsual a recuperação de Cartão e Papel, alumínio e cobre, vidro, plástico fino e duro e Ferrosos.

Política de Comercialização

Analisado o comportamento da clientela, e da concorrência, directa e indirecta, são estabelecidas as prioridades em termos de uma política comercial, definindo-se campanhas de promoções, participações em Feiras Agrícolas, incentivos para escoamentos para determinadas áreas, etc.

Analisados por outro lado os custos de produção, são estabelecidos os preços dos produtos, isto no caso dos correctivos, pois que para os reciclados utiliza-se o Concurso Público para arrematação. Os preços e as condições gerais de venda são estabelecidas por Campanha (de Agosto a Julho) tendo-se sempre a garantia de vigorem durante 12 meses.

Temos assim definida a política de comercialização e a política de preços.

Política de Pessoal

São estabelecidas as principais orientações relativamente ao Pessoal.

Lembra-se que o Pessoal da LIPOR rege-se pelo mesmo normativo do pessoal da Administração Local.

Política de Investimentos

São aqui definidas as orientações relativas ao Investimento.

Têm depois melhor expressão no Orçamento de Investimentos e no seu anexo, em que se faz a explicitação projecto por projecto.

No caso de 1984 estão previstos 132.850 contos de Investimentos que vão desde a aquisição de terrenos até à construção da 2.ª linha (valor a dispendir neste ano).

Política de Financiamento

As linhas gerais da política de financiamento são também claramente expressas. Tem-se pugnado para que a gestão financeira da LIPOR assente em duas bases que se complementam, o equilíbrio económico da exploração e uma correcta cobertura dos Investimentos.

Para o exercício de 1984 estabeleceu-se como cobertura financeira dos Investimentos:

- 5% de autofinanciamento
- 35% de contribuição financeira das Câmaras Municipais
- 60% de capital alheio

Os capitais alheios são de médio e longo prazo e terão origem em fontes externas e internas.

Relativamente à contribuição financeira dos Municípios ela está correlacionada, conforme estipulam os Estatutos, com as toneladas de lixo entregues. Assim corresponde

- ± 70% à Câmara Municipal do Porto
- ± 7,5% à Câmara Municipal da Maia
- ± 11% à Câmara Municipal de Gondomar
- ± 6,5% à Câmara Municipal de Valongo
- ± 5% à Câmara Municipal de Espinho

Orçamento de Receitas e Despesas

É a tradução em números das orientações do Plano. Assim em termos de Receitas as rubricas são, as Receitas Suplementares (CMs), Vendas de Fertor, Vendas de F03, Vendas de Reciclados, e Receitas Diversas. Em termos de Despesas serão as Despesas com Pessoal, Matérias-Primas, Embalagens de Consumo, Energia, Combustíveis e outros Fluidos, Material de Conservação e Reparação, Conservação e Reparação de Equipamentos, Ferramentas e Utensílios de Desgaste rápido, Despesas com o funcionamento corrente dos Serviços, Despesas com a Actividade Comercial, Seguros, etc.

Conta de Gerência

A Conta de Gerência é também um documento fundamental, tem a mesma configuração dos Relatórios e Contas das Empresas Privadas, pelo que dele se extraem as mesmas informações que é possível extrair daquelas.

Orçamentos de Tesouraria

A gestão de Tesouraria é de extrema importância para uma Empresa que no fundamental «vive» da sua laboração. Assim procede-se a um apertado controlo do crédito aos Clientes, e um apertado controlo aos crónicos atrasos das CMs, em liquidarem as verbas referentes às entregas de lixo, de molde a ter-se permanentemente os fundos para se fazerem face às despesas.

6. CONCLUSÕES

Mais do que seguir cegamente os espartilhos de legislação que não se adequa à realidade, ou que muitas vezes até nem existe, a fluidez de uma gestão «tipo» empresarial, será quanto a nós o melhor garante de viabilizar uma experiência que vale pelos anos que já tem, pelos serviços que já prestou, e pelo exemplo que deve constituir para quem em Portugal, e não só, queira aproveitar economicamente lixo e resíduos.

DISPOSIÇÃO NO TERRENO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SEMI-SÓLIDOS INDUSTRIAIS

ENG.º JOÃO A. LOPES ROSA
(Electricidade de Portugal — EDP)

1. INTRODUÇÃO

Esgotada ou ignorada a possibilidade de utilização de resíduos, o respectivo detentor procurará a forma mais fácil de se desfazer deles, constituindo o solo o seu destino mais frequente, embora o mar, os rios e outros meios hídricos possam também ser utilizados para esse efeito, bem como a própria atmosfera (nomeadamente em resultado de incineração).

A descarga de resíduos para os meios hídricos naturais é quase sempre pernicioso do ponto de vista ambiental, não sendo raro que também nos outros casos referidos a eliminação dos resíduos seja efectuada na ignorância ou na indiferença das respectivas consequências ecológicas ou sobre a própria saúde pública.

A descarga de resíduos (semi-sólidos ou líquidos) através das redes de esgotos para o meio hídrico mais próximo constitui um exemplo de uma situação indesejável, infelizmente frequente entre nós. Impõe-se, a propósito, distinguir entre resíduos (em particular, resíduos líquidos) e efluentes líquidos, adoptando-se neste documento o critério de excluir da categoria de efluentes líquidos e de considerar resíduos aqueles efluentes que, por quaisquer motivos incluindo os de protecção do meio ambiente em causa, não devam ser descarregados através das redes de esgotos ou de drenagem natural.

A resolução de problemas desta natureza passa normalmente pelo tratamento adequado dos efluentes de que resulta então um efluente líquido — descarregável pela rede de esgoto — e um resíduo (sólido ou semi-sólido) ao qual é necessário dar outro destino.

Esse destino não constitui uma questão de somenos importância: pelo contrário, deve ser convenientemente equacionada desde o momento da concepção da estação de tratamento dos efluentes, sob pena de se correr o risco de proceder a uma mera transferência da poluição, eventualmente com piores consequências.

Esta noção é válida igualmente no caso do tratamento de efluentes gasosos, de que resultam em determinados casos resíduos abundantes e de eliminação complexa.

Uma decisão sobre a instalação de um tratamento de efluentes (líquidos ou gasosos) não pode portanto ser indiferente ao destino a dar aos resíduos eventualmente gerados.

Casos haverá em que só um estudo de avaliação contemplando os aspectos técnicos económicos e ambientais poderá fornecer os dados indispensáveis para se concluir se o saldo de custo-benefício justifica a tomada de decisão em causa. É o caso da dessulfuração dos gases de combustão de Centrais Térmicas — ilustrado no Quadro 1.

QUADRO 1

Dessulfuração dos gases de combustão de uma Central Térmica (factores a considerar na avaliação do problema)

Aspecto Técnico (apenas em termos dos resíduos gerados)	<p>Técnicas mais generalizadas usam como matéria-prima a cal ou o calcário — que absorvem quimicamente o SO_2 dando origem a uma mistura de sulfatos e sulfitos de cálcio hidratados (lamas de dessulfuração).</p> <p>Por exemplo, um grupo de 300 MWe, com a operacionalidade anual de 65%, queimando carvão com 1,5% de S, em que se pretende evitar a descarga para a atmosfera de 90% do SO_2, irá gerar uma quantidade de lamas da ordem das 100 000 ton/ano.</p>
Aspecto Económico	<p>Os custos totais determinados pela dessulfuração dos gases encarecem o KW.h produzido na ordem dos 15 a 25%.</p> <p>Em termos do custo directo de investimento, a unidade de dessulfuração representa uma parcela de 15 a 20% (o que, por exemplo, no caso da Central de Sines, corresponderia a cerca de 4,5 milhões de contos por grupo — de 300 MW).</p>
Aspecto Ambiental/ /Regulamentar	<p>Haverá que estimar a concentração média de SO_2 na área de influência da Central com e sem dessulfuração; avaliar o problema do transporte do SO_2 a longa distância e a eventualidade de chuvas ácidas.</p> <p>E terá de ser convenientemente estudado o problema da disposição das lamas de dessulfuração.</p>

Parece pois legítimo esperar que a resolução progressiva dos problemas relativos aos efluentes líquidos e gasosos venha a determinar um aumento significativo dos quantitativos de resíduos sólidos e semi-sólidos actualmente gerados. E sublinha-se a necessidade de prever adequadamente, desde a fase de concepção da forma de tratamento, o destino a dar aos resíduos sólidos ou semi-sólidos que irão ser gerados. Só desta maneira não se assistirá ao agravamento dos problemas postos por este tipo de resíduos no nosso País

2 TÉCNICAS DE DISPOSIÇÃO NO TERRENO

O aterro tem sido a técnica de disposição final mais utilizada, muitas vezes porém sem obedecer a quaisquer regras relativas à protecção do ambiente ou à própria saúde pública.

Se, todavia, o aterro for objecto da adopção de critérios medidas adequadas, desde a procura e escolha do sítio até ao controlo pós-encerramento, passando pelas fases de projecto, exploração e encerramento, então o aterro poderá considerar-se uma alternativa absolutamente correcta do ponto de vista da protecção do ambiente, merecendo nessas condições a designação de «aterro controlado».

Uma das regras básicas a considerar é a de restringir a disposição em aterro controlado aos resíduos sólidos. A água ou quaisquer outros líquidos, quando existentes num aterro em quantidades significativas, são responsáveis pela lixiviação dos resíduos e, eventualmente, pela infiltração no subsolo e conseqüente contaminação de águas subterrâneas pelos poluentes característicos desses resíduos. Ainda quando convenientemente impermeabilizadas, as zonas de aterro são sujeitas à acumulação da água que terá de ser removida, e/ou descarregada, por meios mais ou menos complexos e onerosos.

As próprias condições de trabalho num aterro, envolvendo o transporte, espalhamento e compactação dos resíduos, tornam-se muito difíceis quando a precipitação ou o volume líquido carregado pelos resíduos se tornam significativos.

Conclui-se pois pela necessidade de separar os resíduos sólidos dos semi-sólidos e líquidos, destinando-se apenas os primeiros ao aterro controlado, minimizando desta maneira o volume de líquidos aí existentes. No limite do desejável, este volume reduzir-se-ia ao determinado pela precipitação verificada exclusivamente no próprio local (assumindo que a drenagem de toda a área periférica é desviada da zona do aterro).

Para a disposição dos resíduos semi-sólidos e líquidos, recorre-se à técnica da linguagem. Frequentemente utilizada com carácter temporário para tratamentos diversos de efluentes líquidos ou resíduos semi-sólidos ou líquidos, a técnica da linguagem é entendida neste trabalho apenas como o processo de tratamento/disposição de resíduos semi-sólidos, tendo por objectivo fundamental a separação dos sólidos e a remoção dos líquidos, se possível por simples evaporação.

O volume inicialmente ocupado ficará por fim preenchido apenas pelos sólidos, o que sucederá a título definitivo ou temporário, conforme se opte pela escolha sucessiva de outras lagoas ou pela remoção dos sólidos para um aterro e reutilização da lagoa.

O dimensionamento da lagoa terá de ser calculado tendo em conta não só os quantitativos de resíduos a dispor mas também a precipitação característica da zona em causa e a eventual conseqüente necessidade de efectuar a descarga (continua ou esporádica) da lagoa. Essa descarga poderá requerer um tratamento conveniente

Para além de ser utilizado como destino final dos resíduos, o terreno pode também permitir o seu tratamento. Assim, é possível reduzir ou anular o carácter tóxico ou perigoso de certos resíduos por meio da sua aplicação controlada na camada aeróbia do solo, donde resulta a alteração do estado físico, químico ou biológico do resíduo por via da degradação biológica ou de reacções químicas. Esta técnica, mais elaborada e também menos divulgada do que as anteriores, tem conhecido uma certa expansão nomeadamente para o caso de lamas oleosas, por exemplo provenientes de instalações de tratamento de efluentes líquidos com elevado teor em óleos e gorduras, e é conhecida internacionalmente por diversas designações das quais a de «landfarming» é uma das mais generalizadas.

Refira-se por último a técnica de injeção em profundidade («deep well disposal»), bastante usada nos E.U.A. para eliminação de resíduos altamente tóxicos ou perigosos. Bastante controversa, esta técnica consiste em injectar em formações cavernosas profundas (> 1000 metros, em geral) os referidos resíduos, assumindo-se que a probabilidade de retorno à superfície ou de contaminação de aquíferos é desprezável.

Procurar-se-á de seguida sistematizar algumas recomendações sobre práticas correctas de disposição de resíduos no terreno. Embora parte destas considerações seja aplicável a outras formas de utilização do solo para tratamento ou disposição de resíduos, são as técnicas do aterro controlado e da lagunagem (aquelas que, no momento presente, parecem susceptíveis de mais larga aplicação em Portugal) que, em princípio, se pretende visar.

3. TIPOS DE RESÍDUOS

Um factor fundamental a ter presente desde o início é o tipo de resíduos, cujas características físicas e químicas e respectiva toxicidade ou perigosidade constituem aspectos a ter em conta desde a própria fase de procura de um sítio adequado para a disposição.

Resíduos existem que carecem de tratamento conveniente antes que possam ser aceites para disposição no terreno. Esse tratamento destina-se a eliminar características indesejáveis como a inflamabilidade, corrosividade, reactividade ou incompatibilidade com outros resíduos, excessiva toxicidade, etc.

A classificação dos resíduos segundo estas características bem como a distinção entre resíduos perigosos e não perigosos encontra-se exaustivamente regulamentada por exemplo nos E.U.A., onde a Agência de Protecção do Ambiente (E.P.A.) desenvolveu técnicas analíticas específicas para o efeito.

4. NECESSIDADE DE PROCURA DE UM SÍTIO ADEQUADO

A necessidade de procura de um sítio adequado é bem sensível se se atentar em algumas características

desejáveis para efeito da disposição de resíduos, em especial no caso de resíduos tóxicos ou perigosos. Os factores a considerar podem agrupar-se em quatro categorias mais ou menos distintas: técnicos, ambientais, económicos e legais ou sociais. Vide, a propósito, os Quadros 2 a 5

QUADRO 2

Factores Ambientais:

- a) Evitar zonas especialmente sujeitas a tremores de terra, deslizamentos, etc.
- b) Ter em consideração a possibilidade de contaminação de águas superficiais.
Recomendação: — escolher áreas minimamente propensas a inundações, nomeadamente em que a probabilidade seja inferior a 1 em 100 anos, ou de preferência a 1 em 500 anos.
- c) Ter em consideração a possibilidade de contaminação de águas subterrâneas.
Algumas recomendações:
 - Profundidade mínima dos níveis freáticos (3 metros (abaixo da base da unidade de disposição)
 - Distância mínima de captações de água — 150 metros
 - Distância mínima a outras propriedades — 60 metros
 - Evitar áreas de recarga de águas subterrâneas
 - Evitar aquíferos de origem única (ou seja, aquíferos que sejam objecto de captações a jusante, antes que outros fluxos de águas subterrâneas com eles confluem)
- d) Ter em consideração consequências de emissões fugitivas e odores.
- e) Evitar áreas especialmente produtivas em termos de fauna ou flora, onde existam espécies raras ou ameaçadas ou ainda localizadas em rotas migratórias.
- f) Evitar zonas húmidas.
- g) Ter em consideração consequências de poluição sonora.
- h) Evitar áreas populosas ou com potencialidades para fins recreativos, paisagísticos, etc.
- i) Evitar áreas com interesse histórico, arqueológico ou paleontológico.

QUADRO 3

Factores de ordem técnica

- a) Dimensão ajustada aos quantitativos de resíduos gerados durante a vida útil das unidades industriais donde provém.
- b) Distância mínima aos centros geradores de resíduos.
- c) Boas condições de acesso em todas as condições climáticas.
- d) Topografia que minimize a necessidade de movimentação de terras.
- e) Facilidade de abastecimento de água e energia.
- f) Facilidade da remoção, tratamento e/ou descarga de líquidos percolados (lixiviados) ou águas pluviais contaminadas (se necessário).

QUADRO 4

Factores económicos

- a) Custos dos terrenos.
- b) Custos de escavações, terraplanagens, impermeabilização, novas estradas e outros.
- c) Custos de exploração.
- d) Valor após utilização — a considerar como nulo especialmente no caso da disposição de resíduos perigosos.

QUADRO 5

Factores legais/sociais

- a) Ter em atenção disposições legais eventualmente existentes.
- b) Ter em atenção a eventualidade de oposição das autarquias ou forças sociais locais.

5. CARACTERIZAÇÃO DE SÍTIOS

Terá de concluir-se pois pela necessidade de efectuar a caracterização de sítios alternativos ou de um sítio eventualmente pré-escolhido.

Esta caracterização poderá basear-se em dados já existentes mas não dispensará, em princípio, alguns estudos de campo adicionais.

São os seguintes os domínios a considerar:

- a) Geologia e litologia
- b) Hidrogeologia
- c) Hidrologia
- d) Fauna e flora (meios naturais)
- e) Ordenamento e paisagem
- f) Circulação viária (incluindo acessos)
- g) Nível de ruído
- h) Qualidade do ar.

O tratamento dos dados obtidos poderá concretizar-se de maneira a serem apresentados sob a forma de cartas em que a caracterização do sítio surge de um modo muito sugestivo: cartas geológicas, piezométrica, hidrológica, dos meios naturais, da paisagem, da circulação viária, etc.

6. ESCOLHA DO SÍTIO

A análise dos resultados das acções de prospecção efectuadas e dos dados eventualmente pré-existentes permitirá concretizar a caracterização do sítio (ou sítios alternativos).

A fase seguinte consiste na decisão sobre o sítio definitivo a considerar no projecto. Essa decisão basear-se-á na análise ponderada de todos os factores anteriormente mencionados, relativos não só ao sítio mas também ao tipo de resíduos e à unidade de disposição requerida (aterro controlado, lagunagem, etc.). Tais critérios não são em geral rígidos, o que não deve surpreender atendendo ao carácter altamente específico de cada caso particular.

Existem contudo algumas recomendações sobre valores «mínimos» exigíveis de certos parâmetros para que, em particular, um aterro controlado ou uma lagunagem de determinados resíduos em determinado sítio se

possam considerar aceitáveis. Vide a propósito os critérios do quadro 6, a encarar com flexibilidade, mas na certeza de que podem ser particularmente úteis como contributo para a tomada de uma decisão nesta matéria.

QUADRO 6

Medidas cautelares exigíveis de um aterro controlado ou de uma lagunagem de resíduos tóxicos ou perigosos

- Permeabilidade do subsolo 10^{-7} cm/s
- Alternativa — impermeabilização
- Profundidade mínima das águas subterrâneas — 3 m
- Avaliar necessidade da instalação de um sistema de remoção, tratamento e/ou descarga dos líquidos percolados através dos resíduos.
- Eliminar, tanto quanto possível o risco de inundação da zona do aterro ou o transbordo da lagoa, conforme o caso.
 - Avaliar necessidade de uma bacia de retenção (aterro)
 - Avaliar necessidade de diques secundários (lagunagem)

- Notas:**
- 1) No caso de resíduos não considerados tóxicos ou perigosos, é aceitável a utilização de sítios semipermeáveis (10^{-4} a 10^{-7} cm/s), mantendo-se todavia o interesse de assegurar uma profundidade mínima das águas subterrâneas.
 - 2) Se a permeabilidade exceder o valor requerido de 10^{-7} cm/s mas a profundidade das águas subterrâneas for elevada, o local poderá ser aceitável se as características geológicas do subsolo permitirem prever a atenuação dos poluentes característicos dos resíduos, ainda que perigosos.

7. CONTROLO DOS MEIOS HÍDRICOS CIRCUNDANTES

Ainda antes de abordar de forma muito genérica algumas medidas cautelares a ter em consideração durante a exploração de um aterro ou de uma lagoa, interessa focar a necessidade de controlo do meio ambiente — que se deve iniciar numa fase anterior à exploração, acompanhar toda a vida útil do empreendimento e prolongar-se para além do seu encerramento. O controlo sobre o impacto dos resíduos no meio hídrico subterrâneo pressupõe que, pelo menos parte dos furos efectuados durante a prospecção hidrogeológica do local é aproveitada para amostragem das águas subterrâneas.

Todos estes furos devem ser entubados e o espaço anular exterior compreendido entre a «zona de amostragem» e a superfície entulhada com material de baixa permeabilidade para evitar a percolação de águas superficiais para dentro do furo. Deverá ser adaptada uma tampa na boca do tubo à superfície, que possa ser retirada para colheita das amostras e que evite a entrada de águas pluviais. O diâmetro do tubo será definido por forma a permitir a utilização de uma bomba adequada

na escolha de amostras para análise. O líquido inicialmente contido no furo deverá ser removido antes da colheita da amostra.

Na figura 1 esquematiza-se um furo de amostragem típico.

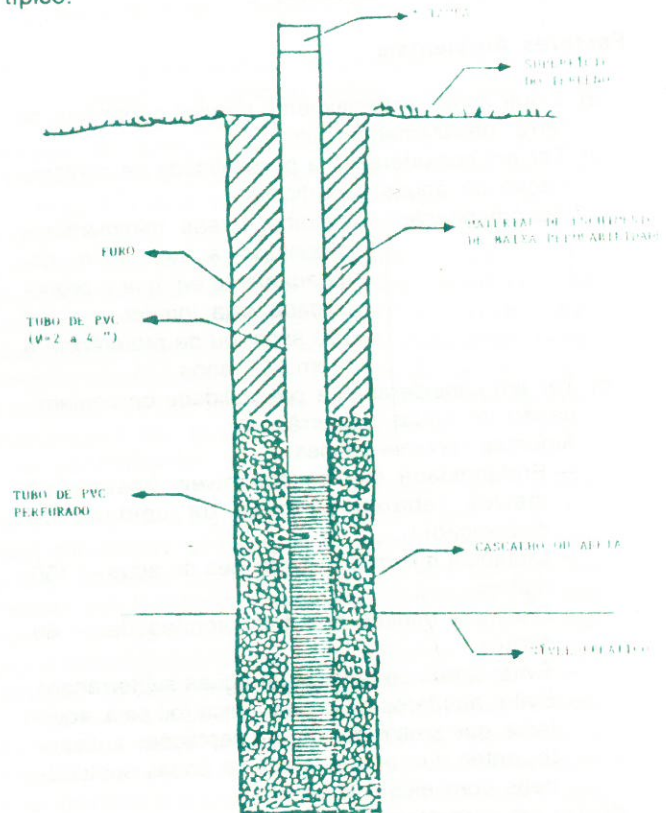


Fig. 1 - Furo de amostragem típico

A frequência da amostragem e os parâmetros a determinar devem ser fixados caso a caso. A título indicativo sugere-se começar com uma frequência da ordem dos três meses, e com a análise dos seguintes parâmetros: condutividade, pH, cloretos, sólidos dissolvidos, carbono orgânico total e os principais constituintes perigosos do resíduo.

Além das águas subterrâneas, também os meios hídricos superficiais bem como o próprio solo devem ser objecto de controlo analítico periódico, nas imediações da unidade de disposição dos resíduos.

Por outro lado, a análise dos resíduos recebidos e dos lixiviados, quando efectuada regularmente, fornece indicações importantes para a gestão da unidade, podendo contribuir decisivamente para a protecção do meio ambiente.

Anote-se, em conclusão, que se torna indispensável o recurso a meios técnicos e humanos que assegurem a realização dos referidos ensaios analíticos.

8. OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE UM ATERRO CONTROLADO

As operações básicas efectuadas num aterro são as seguintes: descarga, espalhamento, compactação e cobertura.

A exploração do aterro pode ser desenvolvida, efectuando ou não escavações. Em geral há necessidade

de dispor de terras para cobrir cada camada de resíduos e também para a cobertura final para o que poderão aproveitar-se as terras extraídas ao efectuar a escavação, quando efectuada.

Quanto ao equipamento a utilizar nas operações a desenvolver no aterro, tanto as máquinas de rasto como as de rodas de borracha podem ser úteis, nomeadamente escavadoras, pás carregadoras e niveladoras. Existem também diversos tipos de máquinas especificamente para compactação, por vezes indispensáveis.

Havendo possibilidade de arrastamento de resíduos pelo vento, convirá usar barreiras portáteis para os conter, bem como proceder à remoção diária dos que, eventualmente, sejam arrastados para as imediações. Deverá providenciar-se para que a compactação e cobertura com terra sejam executadas tão depressa quanto possível após o espalhamento.

Sublinhem-se algumas precauções, já anteriormente referidas, quanto à manutenção de bons acessos viários e prevenção da drenagem de águas pluviais para a zona do aterro.

No caso de existirem resíduos biodegradáveis, há que prever a produção de gases no interior do aterro, nomeadamente o metano, H₂S, etc. Para evitar a acumulação destes gases, cuja mistura com o ar pode chegar a provocar explosões, há que instalar respiradouros adequados no aterro. Estes dispositivos podem consistir em simples perfurações entulhadas com cascalho, com exaustão natural ou forçada para a atmosfera, ou tubos verticais distribuídos pelo aterro, com o mesmo fim.

9. OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE UMA LAGOA

No caso de se optar por um tipo de lagoa em que o nível possa subir acima da cota normal do solo, haverá que prevenir a possibilidade de ruptura dos diques — que originaria a descarga directa para o ambiente. Também é importante verificar se se mantém uma ligação perfeita entre a base dos diques e o solo subjacente por forma a impedir migrações laterais. No caso da disposição de resíduos tóxicos ou perigosos, haverá que decidir sobre a eventual necessidade de diques secundários.

A altura dos diques será calculada em função da precipitação e evaporação características da área. Caso o local escolhido para a lagunagem se caracterize por precipitação superior à evaporação, é indispensável prever a descarga periódica da lagoa e, eventualmente, o tratamento desses efluentes.

A exploração da lagoa deverá desenvolver-se por forma a evitar qualquer ameaça de poluição do meio ambiente. Assim, deverá manter-se a altura adequada das paredes laterais, aceitar somente os resíduos compatíveis com o projecto da lagoa e evitar a ruptura da impermeabilização (quando existente). A quantidade e a qualidade do efluente da lagoa, quando exista, devem ser controlados com regularidade.

É essencial um controlo de rotina sobre as diversas infra-estruturas, nomeadamente estradas, valas, indicações do nível da lagoa, diques, etc.

10. IMPERMEABILIZAÇÃO

10.1 Objectivo

Quando o carácter tóxico ou perigoso dos resíduos e as características geológicas do subsolo assim o aconselharem (vide quadro 6), haverá que proceder à impermeabilização artificial com o objectivo de evitar que os constituintes poluentes dos resíduos atinjam as águas subterrâneas. Esta impermeabilização poderá também ser condição para a instalação de um sistema de remoção dos líquidos percolados através dos resíduos ou das águas pluviais, sistema que aliás poderá revelar-se indispensável para evitar a acumulação crescente de líquidos.

O impermeabilizante poderá actuar por intermédio de dois mecanismos distintos:

- a) Impedir a infiltração do fluido que transporta os poluentes para o subsolo e, em consequência, para as águas subterrâneas.
- b) Absorver ou atenuar poluentes suspensos ou dissolvidos, orgânicos ou inorgânicos, reduzindo desta maneira até níveis aceitáveis as respectivas concentrações susceptíveis de atingir as águas subterrâneas.

A capacidade de absorção ou atenuação depende em larga medida da composição química e da espessura do impermeabilizante.

10.2 Tipos de impermeabilização

Sob o ponto de vista dos materiais empregados e respectivo método de aplicação são os seguintes os tipos mais usados:

- a) Solos argilosos compactados;
- b) Materiais de tipo betão asfáltico, solo de cimento, etc.;
- c) Membranas sintéticas;

10.3 Interações impermeabilizantes-resíduos

Todos os impermeabilizantes estão sujeitos a interações com os resíduos, capazes de originar a sua ruptura, merecendo especial atenção casos em que os resíduos se caracterizem por:

- pH extremo (superior a 10 ou inferior a 3,5)
- Teor elevado em óleos e gorduras, compostos orgânicos ou iões permutáveis
- Temperatura elevada.

No Quadro 7 sintetiza-se o resultado de um estudo realizado pela Agência de Protecção do Ambiente dos E.U.A. sobre o comportamento conhecido de diversos tipos de impermeabilizantes em presença de várias espécies de resíduos.

Note-se, contudo, que, de acordo com o mesmo estudo, a complexidade das misturas de resíduos e dos mecanismos de interacção possíveis com os impermeabilizantes aconselha que, sempre que possível, se proceda a ensaios experimentais prévios para testar a compatibilidade impermeabilizante-resíduo.

QUADRO 7

COMPATIBILIDADE IMPERMEABILIZANTES - RESÍDUOS INDUSTRIAIS

	Lamas oleosas cáusticas	Resíduos ácidos de decapagem do aço	Lamas de galvanoplastia	Formulações tóxicas de pesticidas	Lamas oleosas de refinarias	Resíduos tóxicos da ind. farmac.	Borracha e plástico
Solos:							
Solos argilosos compactados	D	D	D	B	B	B	B
Solo de bentonite	D	D	D	B	B	B	B
Misturas do tipo:							
Betão asfáltico	R	R	R	R	D	R	B
Membrana de asfalto	R	R	R	R	D	R	B
Solo asfáltico	R	D	D	R	D	R	B
Solo de cimento	R	D	D	B	B	B	B
Membranas sintéticas:							
Borracha butílica	B	B	B	R	D	R	B
Poliétileno clorado	B	R	R	R	D	R	B
Poliétileno cloro-sulfonado	B	B	B	R	D	R	B
Borracha de etileno-propileno	B	B	B	R	D	R	B
Poliétileno (baixa densidade)	B	R	R	B	R	B	B
PVC	B	R	R	B	B	B	B

B - Boa R - razoável D - Deficiente

11. ENCERRAMENTO DAS UNIDADES DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS NO TERRENO

O encerramento propriamente dito e o período pós-encerramento exigem a adopção de medidas preventivas, sobretudo quando se trata de resíduos perigosos.

São os seguintes os objectivos em vista:

- Controlo de migração de poluentes para águas subterrâneas ou superficiais ou para a atmosfera.
- Controlo da infiltração de águas superficiais, por forma a evitar nomeadamente a formação de charcos.
- Evitar a erosão.

No caso da lagunagem, poderá ser necessário remover os líquidos ainda existentes no momento do encerramento, os resíduos, o impermeabilizante e parte dos terrenos periféricos e subjacentes que se encontrem contaminados. Em alternativa, a lagoa poderá ser encerrada nas mesmas condições recomendáveis para um aterro controlado, as quais se referem seguidamente. Para este efeito, a cobertura final poderá ainda exigir um tratamento prévio dos líquidos ainda existentes, resíduos ou solos.

Quando ao aterro controlado, um principio fundamental a respeitar é o de que toda a zona do aterro deve ser nivelada e contornada ao longo da sua vida útil tendo em vista o futuro encerramento. À medida que as diversas secções forem concluídas, deve proceder-se ao encerramento, cobertura e revegetação. Desta maneira, minimizam-se os efeitos dos lixiviados e da erosão pela água e pelo vento.

A cobertura final deve ser executada com uma camada de pelo menos 15 cm de argila, de permeabilidade não superior a 10^{-7} cm/s.

Sobre a argila espalhar-se-ão então solo natural com uma espessura não inferior a 50 cm para efeito de revegetação com plantas de raízes curtas ou a 1 m para o caso de plantas de raízes longas.

12. CUSTOS

É extremamente difícil indicar custos médios da disposição de resíduos em aterro controlado ou lagunagem, o que não deverá surpreender se se tiver em conta a multiplicidade de factores que condicionam esses custos e a especificidade de cada caso particular.

A título meramente indicativo, refira-se que em geral os custos, reportados à tonelada de resíduos dispostos, poderão variar nos casos mais normais dentro da gama das centenas a unidades de milhar de escudos por tonelada.

As parcelas mais importantes correspondem com frequência à movimentação de terras (nomeadamente no caso da lagunagem) e à impermeabilização, e apenas para o caso do recurso às membranas sintéticas, vide o Quadro 8, cujos dados eram válidos para os E.U.A. em 1977. Na última coluna deste Quadro faz-se intervir o custo da instalação das membranas.

13. EXEMPLO DE UM CASO ESPECIAL — DISPOSIÇÃO NO TERRENO DE CINZAS DE CENTRAIS TÉRMICAS A CARVÃO

A disposição no terreno das cinzas das Centrais Térmicas a carvão constitui um caso especial, na medida em que pode ser efectuada em aterro ou em lagunagem. Esta particularidade presta-se a tecer alguns comentários comparativos entre as duas técnicas.

O facto é que a remoção de cinzas pode ser efectuada por via seca ou húmida. Neste último caso, opta-se pelo transporte das cinzas por via hidráulica, adicionando-lhes a quantidade de água necessária para permitir a bombagem para a lagoa, onde se efectua a sedimentação das cinzas. Em geral, o sobrenadante da lagoa é, em parte, recirculado e reutilizado para o transporte de cinzas. É inevitável entretanto a descarga para o ambiente de uma fracção do caudal de

QUADRO 8

Custo da Impermeabilização nos E.U.A. (1977)

TIPO DE MEMBRANA	ESPESSURA (polegadas)	CUSTO (DOL/M ²)	
		S/INSTALAÇÃO	C/INSTALAÇÃO
Poliétileno	0,010	0,72-0,84	1,32-1,67
Poliétileno clorado	0,030	3,23-3,77	3,71-4,19
Poliétileno clorossulfonado reforçado	0,030	3,34-3,88	3,88-4,52
Borracha butílica	0,030	3,23-3,77	4,07-4,31
PVC	0,020	1,33-1,83	1,72-2,37
PVC	0,030	1,72-2,26	2,15-2,93

recirculação, o que exige aliás um tratamento prévio e determina, por outro lado, um consumo de água elevado. Para distâncias muito curtas entre a lagoa e o centro gerador das cinzas, esta técnica revela-se por vezes mais económica do que o aterro controlado, tendo sido frequentemente utilizada nos E.U.A.

A tendência actual vai no entanto no sentido da remoção das cinzas por via seca e disposição em aterro. Para além da elevada poupança de água que, só por si, poderá impor esta opção, outros factores devem ser tidos em consideração, conforme o Quadro 9.

QUADRO 9

Factores condicionantes da escolha do método de disposição das cinzas

- Abundância e custo da água (doce)
- Possibilidade e inconvenientes de utilização de água do mar
- Vantagens e desvantagens técnicas específicas dos métodos de remoção de cinzas por via seca ou húmida
- Impacto previsível das descargas da lagoa sobre as águas superficiais do meio ambiente. Necessidade de tratamento prévio
- Impacto previsível da emissão de poeiras sobre o meio ambiente, nomeadamente no caso do aterro. Necessidades de água para humedificação e compactação
- Eventual interesse de utilização futura das cinzas (prejudicada no caso de lagunagem)
- Custos de investimento elevados no caso da lagunagem versus custos de exploração elevados no caso do aterro controlado
- Área disponível
- Factores de ordem estética/paisagística
- Medidas a considerar no encerramento do aterro ou lagunagem
- Destino desejável do sítio após encerramento

Estes factores têm em geral pesos relativos diferentes, consoante o sítio em causa.

As cinzas das Centrais Térmicas a carvão constituem ainda um caso especial pelo facto de se prestarem a alguma controvérsia quanto ao respectivo carácter tóxico ou perigoso, condicionante das características a exigir para a sua disposição no terreno.

O problema coloca-se, em primeiro lugar, pelo facto de a sua composição ser bastante variável em função do tipo de carvão que as origina. Por outro lado, a adopção de medidas muito exigentes para a sua disposição poderia tornar inoportáveis os respectivos custos, dada a enorme abundância com que estes resíduos são gerados.

Este tipo de razões levou a que, por exemplo nos EUA, as cinzas das Centrais Térmicas tenham sido excluídas da categoria dos resíduos tóxicos ou perigosos, mas considerados resíduos especiais que não dispensam a adopção de medidas cautelares importantes.

Por todos estes motivos, o destino ideal das cinzas consiste na sua valorização que se revela viável nomeadamente quando provenientes de carvões betuminosos. Sendo este o tipo de carvão a queimar nas Centrais Térmicas portuguesas, a utilização das cinzas, mediante incorporação no fabrico de cimento, parece não deparar com dificuldades especiais. Outras aplicações poderão entretanto ser encaradas.

15. BIBLIOGRAFIA

- «Solid-Waste disposal: Landfilling»- W.A. Duvel, Jr., Chemical Engineering, July 2, 1979.
- «Lining of Waste Impoundment and Disposal Facilities», Environmental Protection Agency, September 1980. E.U.A.
- «Developments in Environmental Control and Public Health — 1», ed. Andrew Porteous, Applied Science Publishers Ltd., London.
- «Les Residus Industriels», M. Maës, Entreprise Moderne d'Édition, Paris.
- «Hazardous Waste Land Treatment», Environmental Protection Agency, September 1980, E.U.A.
- «Décharge Industrielle et Milieu Naturel», «Coloque International, CAST, Lyon, 1981.
- 2 — NUNES, M. G.; OLIVEIRA, A. V. — «A produção de cimento e a poluição do ar». Direcção-Geral da Qualidade (MIEE) — Lisboa, 1981.
- 3 — SIMÕES, R. F. — «Estudo sobre dimensionamento de chaminés industriais». Direcção-Geral da Qualidade (MIEE) — Lisboa, 1981.
- 4 — SIMÕES, R. F.; PITORRO, I. M. — «Resíduos sólidos industriais: eliminação e tratamento». Direcção-Geral da Qualidade (MIEE) — Lisboa, 1981.

GESTÃO REGIONAL DO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS — MODELO DE DETERMINAÇÃO DOS GRAUS DE TRATAMENTO

ENG.º LUÍS JUNÇA DE MORAIS

(Controlo da Poluição — Direcção-Geral dos Recursos
e Aproveitamentos Hidráulicos)

1. INTRODUÇÃO

A gestão regional do tratamento das águas residuais procura encontrar as soluções mais económicas que simultaneamente permitam obter um ou diversos níveis de qualidade compatíveis com a realização de um ou diversos objectivos atribuídos a uma bacia hidrográfica determinada, tendo em conta as respectivas utilizações das suas águas de superfície.

Há para isso essencialmente três grandes tipos de modelos matemáticos de optimização:

- O modelo de localização de estações de depuração, para encontrar uma bacia hidrográfica, ou parte dela, o traçado e o dimensionamento dos colectores destinados a recolher o conjunto das águas residuais, que se possam misturar com vantagem, o que implica o número, a localização e a dimensão das estações de depuração que possibilitam o tratamento dessas águas residuais antes da descarga nos cursos de água receptores (supõe-se que as estações de depuração efectuam todas o mesmo tipo de tratamento e, visto que este modelo não tem em conta a qualidade do meio receptor, ele deverá ser seguido do modelo seguinte);
- O modelo de determinação dos graus de tratamento, que permite calcular a combinação óptima dos graus de tratamento que seja necessário obter num certo número de estações de depuração já localizadas pelo modelo anterior (quando for caso disso) ao longo dos cursos de água de uma bacia hidrográfica — neste modelo são conhecidos, pois, previamente os locais de implantação das estações de depuração e os seus caudais e concentrações em DBO_5 afluentes, considerando-se agora explicitamente a qualidade desejada das águas superficiais receptoras, troço a troço, para as quais são formulados os objectivos de

qualidade relacionados com os usos actuais ou previsíveis destas águas (os dois modelos enunciados são assim complementares, a menos que as localizações das fontes poluidoras sejam tais que, pelas suas grandes distâncias entre si, não permitam o aproveitamento de economias de escala ou então que as águas residuais a reunir para tratamento conjunto, urbano e industrial, não sejam assimiláveis do ponto de vista de fácil tratabilidade);

- O modelo global, que realiza ao mesmo tempo as operações dos dois modelos precedentes, o que não significa, necessariamente que seja apenas a sua combinação sequencial — no entanto, esta poderá ser suficiente nos casos práticos, se se definirem convenientemente os objectivos de qualidade nos vários troços dos cursos de água (um aperfeiçoamento deste modelo basear-se-ia na consideração de caudais dos cursos de água e das descargas variáveis no tempo).

Este trabalho diz respeito só a um modelo do segundo tipo, na forma determinística, que poderia eventualmente ser conjugado com modelos de optimização económica de estações de depuração baseadas em vários processos, não se reportando estes últimos modelos à gestão regional mas à minimização dos custos de equipamentos de tratamento de águas residuais (investimento e exploração actualizada dentro de um certo período).

Limitar-nos-emos ainda a considerar que basta aplicar o modelo de determinação dos graus de tratamento às quatro situações médias anuais (Verão, Outono, Inverno e Primavera) ou então simplesmente ao Verão, o que, por implicar sobredimensionamento em relação aos três casos restantes, satisfaz os objectivos de qualidade impostos pela política de controlo da poluição de uma dada bacia hidrográfica em estudo de planeamento, embora não traduza o custo mínimo anual que seria obtido com os caudais referentes aos quatro modelos, mas apenas

o custo mínimo da situação estival.

De qualquer forma, se possuímos uma interface que, quaisquer que sejam os dados reais a introduzir, efectue rapidamente os cálculos fastidiosos de preparação do modelo para o programa de optimização económica, a aplicação repetida do modelo a essas diversas situações de base e a alternativas de planeamento não será cansativa.

2 ESTABELECIMENTO DO PROBLEMA

A bacia hidrográfica deve ser decomposta em tantos troços quantos necessários, considerando-se o início de cada troço na secção de descarga das águas residuais efluentes de cada estação depuradora ou na confluência dos cursos de água tributários.

A cada troço aplicam-se os modelos matemáticos obtidos por integração das equações diferenciais lineares, dos quais os mais conhecidos são os sistemas clássicos de Streeter-Phelps do par DBO_5 — OD (demanda bioquímica de oxigénio no 5.º dia — oxigénio dissolvido):

$$B_t = (B_0 - \frac{R}{K_1 - K_3}) e^{-(K_1 + K_3)t} + \frac{R}{K_1 + K_3}$$

$$D_t = \frac{K_1}{K_2 - (K_1 + K_3)} \left[(B_0 - \frac{R}{K_1 + K_3}) (e^{-(K_1 + K_3)t} - e^{-K_2 t}) \right] + \frac{K_1}{K_2} \left(\frac{R}{K_1 + K_3} - \frac{A}{K_1} \right) (1 - e^{-K_2 t}) + D_0 e^{-K_2 t}$$

e a conhecida relação $D_t = C_s - C_t$.

B_0 e B_t são respectivamente a DBO_5 inicial e ao fim de um tempo; semelhantemente D_0 e D_t são os valores do deficit de oxigénio inicial e ao fim de um tempo; K_1 , K_2 , K_3 , R e A são coeficientes de autodepuração; C_t é a concentração de oxigénio dissolvido ao fim de um tempo t e C_s é a concentração de saturação de oxigénio.

Outra hipótese que é geralmente admitida, além da exclusão do modelo das águas industriais não assimiláveis com as domésticas, como por exemplo os efluentes industriais tóxicos, é a não inclusão de povoações com menos de 1.000 habitantes-equivalentes em meio rural e suficientemente afastadas das outras fontes poluidoras mais importantes e incluídas no modelo. Para essas povoações com pouco significado em termos de poluição, poder-se-á propor a adopção de simples fossas sépticas seguidas dos órgãos de infiltração nos terrenos respectivos.

A inclusão de águas residuais industriais não assimiláveis nas águas usadas domésticas só seria possível em proporções relativas, muito pequenas, pois caso contrário correr-se-ia o risco de inibir os tratamentos biológicos das estações conjuntas ou sofisticar de tal modo esses tratamentos que se tornariam economicamente não justificáveis.

3. DADOS DE PARTIDA

Além de se terem de estimar os caudais domésticos,

a partir das captações aconselháveis e das populações extrapoladas para um horizonte temporal definido (dos dados do Instituto Nacional de Estatística, por exemplo), e os caudais médios dos efluentes industriais, é necessário conhecer ainda os caudais de todos os cursos de água afluentes e dos troços do rio principal devidamente corrigidos, de modo a reproduzirem pela sua soma o caudal medido no ponto mais a jusante da bacia hidrográfica, ou melhor uma média de valores obtidos por medição e de acordo com um determinado critério.

Os caudais das águas superficiais atrás referidos podem ser obtidos através da sua proporcionalidade com as áreas de drenagem respectivas e para a medição destas áreas pode utilizar-se o planimetro ou então efectuar-se o seu cálculo por computador segundo um programa simples.

Podem calcular-se a concentração de saturação de oxigénio para cada troço usando a fórmula

$$C_s = 14.54 - 0.39 T + 0.01 T^2$$

sendo T a temperatura em °C, mas é preferível utilizar a tabela do conhecido livro de Metcalf, visto que há desvios consideráveis entre cada um dos resultados provenientes da fórmula e os valores correspondentes tabelados no livro, que é a consequência de experiências práticas.

Há ainda que fazer as hipóteses de considerar o deficit de oxigénio no começo de cada troço com início independente igual a «zero» e de a concentração em oxigénio dissolvido nos efluentes ser «um» (valor experimental usual)!

A calibração dos coeficientes de autodepuração das águas superficiais (1) deve ser feita para todos os troços da bacia hidrográfica se quisermos obter um modelo de um maior rigor. Mas no caso de isso se tornar dispendioso, por via das análises laboratoriais em rio, e relativamente demorado, por causa do trabalho em computador que lhe está inerente, então é de considerar valores usuais médios da literatura, como por exemplo, $K_1 = 0.35 \text{ dia}^{-1}$, $K_2 = 0.50 \text{ dia}^{-1}$, $K_3 = 0.04 \text{ dia}^{-1}$, $A = 0.28 \text{ mg/l dia}$, $R = 0.13 \text{ mg/l dia}$, o que continua a dar resultados válidos se o fim em causa for apenas o planeamento do controlo da poluição na bacia hidrográfica em estudo com base nas alternativas a considerar quanto aos objectivos de qualidade a atingir e aos correspondentes custos dessa política de combate à poluição.

Em rigor o tempo de percurso da água num dado troço é dado por:

$$t = \frac{l}{v(Q)}$$

onde l é o comprimento do troço (medido com o curvímetro na carta topográfica) e $v = v(Q)$ é a relação entre o caudal e a velocidade da corrente nesse troço, mas o método mais prático e directo para encontrar os tempos de percurso seria fazer medições com um marcador radioactivo, um corante como a rodamina ou simplesmente um objecto flutuador.

Com menor rigor pode-se, no entanto, depois de se terem medido as distâncias correspondentes aos troços na carta por meio de um curvímetro graduado na escala

conveniente, calcular a velocidade média na secção de área conhecida mais a jusante da bacia, onde já se mediu o caudal, para depois se obterem, por intermédio de correcção grosseiras os tempos de percurso dos troços, atendendo às diferenças de declive em relação ao troço final do rio.

Se o comprimento dos troços definidos for suficientemente grande a falta de rigor na determinação dos tempos de percurso não é muito importante, já que, a partir de uma dada secção distanciada da secção de descarga, o curso de água recupera significativamente:

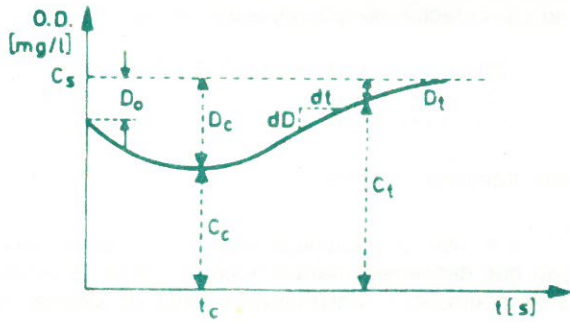


FIG. 1 — CURVA «EM SACO DE OXIGÉNIO» (índice «C» — crítico)

4. BALANÇOS DE MASSA E AUTODEPURAÇÃO NOS CURSOS DE ÁGUA

Introduziremos aqui apenas uma forma condensada das equações (ou inequações) de restrição ou restrições, agrupadas de acordo com as configurações parciais em que podem ocorrer na rede hidrográfica.

Deste modo, podemos ter desigualdades dos tipos:

$$B_b \geq C_1 B_w + C_2 B_b$$

sendo B_b a variável correspondente ao valor da DBO_5 no início de um determinado troço da bacia hidrográfica e B_w a DBO_5 do efluente à saída da estação depuradora colocada no início desse troço;

$$B_b \geq C_3 B_e + C_4 B_{e1} + C_5 B_w$$

sendo B_e o valor da DBO_5 no fim de um determinado troço da bacia hidrográfica. As duas equações anteriores estão relacionadas com a conservação de massa.

Para certos troços pode ainda ser:

$$D_b \geq C_6 - C_7 (C_8 - C_9 D_{b1} - C_{10} B_{b1}) - C_{11} (C_{12} - C_{13} D_{b2} - C_{14} B_{b2})$$

ou

$$D_b \geq C_{15} + C_{16} D_{b1} + C_{17} B_{b1} + C_{18} D_{b2} + C_{19} B_{b2}$$

sendo D_b o deficit de oxigénio dissolvido no início de um determinado troço.

Qualquer das duas desigualdades anteriores significa uma restrição relacionada simultaneamente com o modelo de autodepuração, de dois troços de cursos de água e com a conservação de massa, e provém de:

$$C_e = C^I - C^{II} D_b - C^{III} B_b \text{ (autodepuração)}$$

$$D_b = C^{IV} - C^V C_e - C^{VI} C_{e1} \text{ (conservação de massa)}$$

onde C_e representa a concentração de oxigénio dissolvido no fim de um certo troço e C^I uma constante a calcular.

Do mesmo modo, para certos troços:

$$B_b = C_{20} B_e + C_{21} B_{e1} \text{ ou } w$$

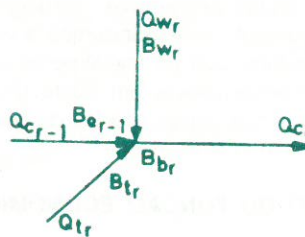
e esta equação indica uma restrição relacionada com a conservação de massa.

Igualmente, para certos troços:

$$B_e = C_{22} B_b + C_{23}$$

expressando esta igualdade uma restrição relacionada com o modelo de autodepuração de um curso de água.

Para melhor compreensão vejamos um exemplo de equação de balanço de massa referida quer à DBO_5 quer à concentração de oxigénio dissolvido:



- Q_w — caudal de descarga
- Q_c — caudal do curso de água no troço r.
- Q_t — caudal de um tributário
- $Q_{c,r-1}$ — caudal do curso de água no troço (r-1)

- B_w — DBO_5 da descarga depuradora do troço r
- $B_{e,r-1}$ — DBO_5 no fim do troço r-1
- $B_{b,r}$ — DBO_5 no fim do troço r
- B_r — DBO_5 no fim do troço tributário

Teremos assim:

$$Q_{Cr} = Q_{Cr-1} + Q_r + Q_{Wr}$$

$$B_{br} = \frac{B_{br-1} \cdot Q_{Cr-1} + B_r \cdot Q_r + B_{Wr} \cdot Q_{Wr}}{Q_{Cr}}$$

$$C_{br} = \frac{C_{br-1} \cdot Q_{Cr-1} + C_r \cdot Q_r + C_{Wr} \cdot Q_{Wr}}{Q_{Cr}}$$

sendo C_{br} a concentração de oxigénio dissolvido no início do troço r , C_r a concentração de oxigénio dissolvido no fim do tributário, C_{br-1} a concentração de oxigénio dissolvido no fim do troço $r-1$ e C_{Wr} a concentração de oxigénio dissolvido no efluente descarregado pela estação de depuração do troço r .

Normalmente $B_{Wr} \cdot Q_{Wr}$ e $C_{Wr} \cdot Q_{Wr}$ são desprezáveis, sobretudo o último produto.

5 OBJECTIVOS DE QUALIDADE

A partir das utilizações da água existentes e dos programas de desenvolvimento regional concernentes à bacia hidrográfica em questão para as utilizações futuras, é possível escolher os troços destinados a abastecimento de água potável e a outros usos da água. Vários critérios (da CEE, etc.) podem ser aplicados quanto ao valor dos parâmetros relacionados com os usos das águas superficiais. Podem recomendar-se, por exemplo, como valores limites para abastecimento de água potável (depois de tratamento por cloragem) 2 a 4 mg/l de DBO₅, 5,0 a 6,5 mg/l de oxigénio dissolvido e 2,8 mg/l para o deficit de oxigénio dissolvido; para usos agrícolas, pesca desportiva, etc. ou abastecimento de água com tratamento mais complexo, 3 a 7 mg/l de DBO₅, 3,0 a 5,5 de oxigénio dissolvido e 4,8 mg/l de deficit de oxigénio dissolvido.

É claro que é variando estes valores que se podem obter as diversas alternativas possíveis de custos globais de controlo da poluição da bacia hidrográfica, constituindo cada conjunto de valores respeitantes aos diversos parâmetros um elemento de decisão da política de controlo da poluição a seguir. Por outras palavras, se para um determinado troço da bacia formos menos exigentes quanto à qualidade das águas respectivas, introduziremos aí um conjunto de valores correspondentes a usos susceptíveis de pior qualidade que os inicialmente previstos e obteremos em consequência um custo global optimizado dos tratamentos das águas usadas da bacia, necessariamente menor que o precedente.

6. FUNÇÃO OBJECTIVO OU FUNÇÃO ECONÓMICA

A forma da função de custo das estações de depuração, que pode ser obtida directamente por análise de regressão, é num dos estudos já efectuados e para o caso português:

$$C_r = A_r \cdot B_w^{-0.4}$$

sendo C_r o custo de primeiro investimento (construção civil e equipamento electromecânico) em milhares de escudos e B_w o valor da DBO₅ a que deve ser tratado o efluente na estação de depuração que descarrega para o troço r .

O valor da constante A_r foi obtido para cada troço por via analítica indirecta a partir de uma função de custo relacionada directamente com o número de habitantes — equivalentes e para o sistema de lamas activadas (preços portugueses de Janeiro de 1982).

Incluindo na função objectivo também os custos de exploração, obteve-se o custo total actualizado

$$C_{r_{ta}} = C_r \left(1 + \frac{\Gamma C_{r_{e1}}}{C_r}\right) (1 + a)^n$$

sendo Γ o factor de actualização

$$\Gamma = \sum_{i=1}^{20} \frac{1}{(1+r)^i} = \frac{1-(1+r)^{-20}}{r} = \frac{1-(1+0.19)^{-20}}{0.19} = 5.1$$

tendo admitido $r = 19\%$.

$C_{r_{e1}}$ é o custo de exploração total da estação de depuração que descarrega para o troço r , e inclui as despesas de operação e conservação e neias os salários, os materiais e os reagentes e a energia; d é a taxa de inflação, que se admitiu 24% em princípios de 1984.

Com $\frac{\Gamma C_{r_{e1}}}{C_r} = 0.3071$ obteve-se $1,3071 \times (1,24)^n - 2,01$

donde: $C_{r_{ta}} = 2,01 C_r$

o que significa que, neste caso, o custo total actualizado é aproximadamente o dobro do custo de investimento. A partir daqui considera-se o somatório das funções de custo para os vários troços que possuem estação de depuração no seu começo.

7. TÉCNICO DE OPTIMIZAÇÃO ECONÓMICA

Calcula-se previamente uma solução inicial realizável de uma maneira fácil se atribuirmos valores arbitrários mas possíveis de encontrar na prática a certas variáveis, decorrendo daí pelas relações já estabelecidas os valores das variáveis restantes, isto é, por substituição dos valores daquelas variáveis nas restrições.

Estabelecidos os limites inferior e superior para cada variável de uma forma logicamente possível, a etapa seguinte consiste na aplicação da técnica de optimização em computador, de acordo com o esquema seguinte:

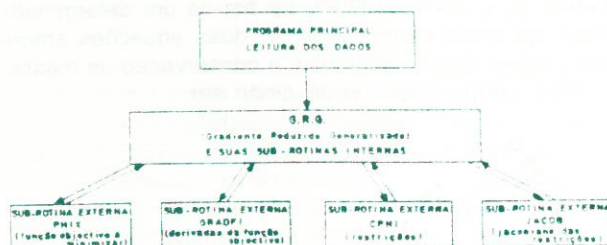


FIG. 2 ESQUEMA DE OPTIMIZAÇÃO EM COMPUTADOR

A utilização deste programa G.R.G., que permite a optimização de funções objectivo não lineares com restrições também não lineares (ou lineares, como caso particular das não lineares), está dependente da autorização, caso a caso, do Prof. Abadie (Université de Paris et Electricité de France, EDF).

8. EXEMPLO FICTÍCIO

Na bacia hidrográfica hipotética ilustrada na Fig.3, o objectivo é mostrar a possibilidade do estabelecimento ou da avaliação de várias políticas de controlo da poluição com a utilização do modelo anteriormente descrito.

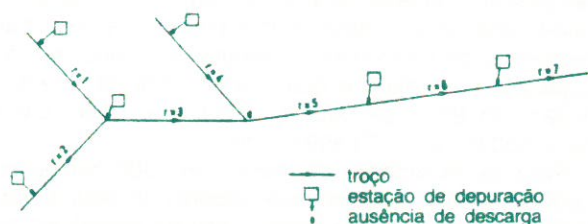


FIG. 3 ESQUEMA DA BACIA HIDROGRÁFICA

Seja, por exemplo, a função de custo do troço 2:

$$\Psi_2 = f(B_{w_2}) = 5\,800 B_{w_2}^{-0.433}$$

$$(R^2 = 0,989)$$

que graficamente é do tipo

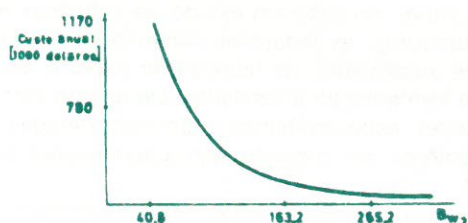


FIG. 4 FUNÇÃO DE CUSTO DE DEPURAÇÃO

Posto isto, facilmente se compreende como se prepara um problema deste tipo que pode ser resolvido com a finalidade de se encontrar o valor óptimo (no sentido de custo mínimo) por meio de um método de investigação operacional (programação linear ou programação não linear).

Tendo-se utilizado uma técnica de programação não linear, o G.R.G., o problema completo foi enunciado nestes termos:

$$\text{Função objectivo: Minimizar } \sum_{r=5}^7 a B_{w_r}^b$$

$$\text{ou Minimizar } (55\,000 B_{w_1}^{-1.87} + 5\,800 B_{w_2}^{-0.433} + 1\,796 B_{w_3}^{0.478} + 6\,360 B_{w_4}^{-0.435} + 12\,300 B_{w_6}^{-0.477} + 5\,450 B_{w_7}^{3-0.43})$$

$$\text{Restrições: } B_{e_1} - 0,92538 B_{b_1} - 0,03392 = 0$$

$$B_{e_2} - 0,55700 B_{b_2} - 0,14096 = 0$$

$$B_{e_3} - 0,64740 B_{b_3} - 0,15609 = 0$$

$$B_{e_5} - 0,8875083 B_{b_5} - 0,0317284 = 0$$

$$B_{e_6} - 0,65018 B_{b_6} - 0,11092 = 0$$

$$B_{e_7} - 0,15898 B_{b_7} = 0$$

$$C_{e_1} - 10,37825 + 0,78686 D_{b_1} + 0,06223 B_{b_1} = 0$$

$$C_{e_2} - 10,140487 + 0,45023 D_{b_2} + 0,2736 B_{b_2} = 0$$

$$C_{e_3} - 9,15318 + 0,50419 D_{b_3} + 0,22416 B_{b_3} = 0$$

$$C_{e_4} - 9,547936 + 0,83025 D_{b_4} + 0,44762 B_{b_4} = 0$$

$$C_{e_5} - 9,1145515 + 0,8022592 D_{b_5} + 0,0878324 B_{b_5} = 0$$

$$C_{e_6} - 8,36117 + 0,8633 D_{b_6} + 0,27627 B_{b_6} = 0$$

$$C_{e_7} - 8,17000 + 0,88462 D_{b_7} + 0,77747 B_{b_7} = 0$$

$$B_{b_1} - 54,3 + 12,6 D_{b_1} \leq 0$$

$$B_{b_2} - 9,3 + 1,8 D_{b_2} \leq 0$$

$$B_{b_3} - 9,5 + 2,2 D_{b_3} \leq 0$$

$$B_{b_4} - 8,0 + 1,9 D_{b_4} \leq 0$$

$$B_{b_5} - 29,7 + 9,1 D_{b_5} \leq 0$$

$$B_{b_6} - 8,7 + 3,1 D_{b_6} \leq 0$$

$$B_{b_7} - 5,3 + 1,2 D_{b_7} \leq 0$$

$$B_{b_1} - 0,9963 - 0,00368 B_{w_1} = 0$$

$$B_{b_2} - 0,07777 - 0,02788 B_{w_2} = 0$$

$$B_{b_4} - 0,95484 - 0,04516 B_{w_4} = 0$$

$$B_{b_3} - 0,50464 B_{e_1} - 0,49239 B_{e_2} - 0,00297 B_{w_3} = 0$$

$$D_{b_3} - 8,99703 + 0,50464 C_{e_1} + 0,49239 C_{e_2} = 0$$

$$B_{b_5} - 0,89684 B_{e_3} - 0,10316 B_{e_4} = 0$$

$$D_{b_5} - 9 + 0,89684 C_{e_3} + 0,10316 C_{e_4} = 0$$

$$B_{b_6} - 0,991422 B_{e_5} - 0,008578 B_{w_6} = 0$$

$$D_{b_6} - 8,341422 + 0,991422 C_{e_5} = 0$$

$$B_{b_7} - 0,98665 B_{e_6} - 0,01335 B_{w_7} = 0$$

$$D_{b_7} - 8,15665 + 0,98665 C_{e_6} = 0$$

Total de equações e inequações: 32 (1 função objectivo + 31 restrições)

Variáveis:

$B_{w_1}, B_{w_2}, B_{w_3}, B_{w_4}, B_{w_6}, B_{w_7}$ — da estação de depuração
 $B_{e_1}, B_{e_2}, B_{e_3}, B_{e_4}, B_{e_5}, B_{e_6}, B_{e_7}$
 $B_{b_1}, B_{b_2}, B_{b_3}, B_{b_4}, B_{b_5}, B_{b_6}, B_{b_7}$ do curso de água receptor
 $C_{e_1}, C_{e_2}, C_{e_3}, C_{e_4}, C_{e_5}, C_{e_6}, C_{e_7}$
 $D_{b_5}, D_{b_6}, D_{b_7} + 7$ variáveis artificiais

Graus de liberdade: $37 - 32 = 5$

Exemplos de cálculo das derivadas para o GRG:

$$\frac{\partial f_0}{\partial B_{w_1}} = -5500 \times 1,87 \times B_{w_1}^{-2,87}$$

$$\frac{\partial f_{55}}{\partial B_{e_1}} = 1 \text{ (com } f_{55} = B_{e_1} - 0,92538 B_{b_1} - 0,03392 = 0)$$

Resultados de computador:

X (1) =	0,879712917858290 + 02	(B _w ≈ 88 mg/l)
X (2) =		(B _w ¹ ≈ 181 mg/l)
X (3) =	-----	(B _w ² ≈ 164 mg/l)
X (4) =		(B _w ³ ≈ 146 mg/l)
X (5) =		(B _w ⁴ ≈ 241 mg/l)
X (6) =		(B _w ⁵ ≈ 109 mg/l)
X (7) =	-----	(B _w ⁶ ≈ 1,2 mg/l)
X (8) =		(B _e ¹ ≈ 2,9 mg/l)
X (9) =		(B _e ² ≈ 1,8 mg/l)
X (10) =		(B _e ³ ≈ 3,5 mg/l)
X (11) =		(B _e ⁴ ≈ 1,7 mg/l)
X (12) =		(B _e ⁵ ≈ 2,6 mg/l)
X (13) =		(B _e ⁶ ≈ 0,6 mg/l)
X (14) =	-----	(B _b ¹ ≈ 1,3 mg/l)
X (15) =		(B _b ² ≈ 5,1 mg/l)
X (16) =		(B _b ³ ≈ 2,6 mg/l)
X (17) =		(B _b ⁴ ≈ 7,6 mg/l)
X (18) =		(B _b ⁵ ≈ 1,7 mg/l)
X (19) =		(B _b ⁶ ≈ 3,8 mg/l)
X (20) =		(B _b ⁷ ≈ 4,0 mg/l)
X (21) =	-----	(C _e ¹ ≈ 9,7 mg/l)
X (22) =		(C _e ² ≈ 7,7 mg/l)
X (23) =		(C _e ³ ≈ 8,4 mg/l)
X (24) =		(C _e ⁴ ≈ 5,9 mg/l)
X (25) =		(C _e ⁵ ≈ 8,2 mg/l)
X (26) =		(C _e ⁶ ≈ 7,1 mg/l)
X (27) =		(C _e ⁷ ≈ 4,1 mg/l)
X (28) =	-----	(D _b ¹ ≈ 0,3 mg/l)
X (29) =		(D _b ² ≈ 0,8 mg/l)
X (30) =		(D _b ³ ≈ 0,1 mg/l)
X (31) =		(D _b ⁴ ≈ 1,0 mg/l)

Solução de custo mínimo (óptimo global): 3 225,4 milhares de dólares.

Duração do cálculo: 2 226 milissegundos ≈ 2 segundos

A fim de se poder avaliar a validade do modelo, apresenta-se a seguir um quadro comparativo das soluções obtidas para a mesma bacia fictícia por dois métodos diferentes.

Número do troço	% necessária de eliminação de DBO ₅	
	Loucks, Revell e Lynn utilizando programação linear por troços.	Morais e Tylca, utilizando o G.R.G. programação não linear).
1	67	64,5
2	55	55,7
3	50	31,4
4	90	89,9
5	-	-
6	90	89,0
7	54	51,0
Custo total optimizado (milhares de dólares)	3270,5	3225,4

QUADRO 1. Quadro comparativo de soluções obtidas.

A Fig. 5 esquematiza os resultados da política económica óptima de controlo da poluição para os objectivos de qualidade pre-estabelecidos na bacia hidrográfica do exemplo.

9. EXEMPLO DO RIO NABÃO

O rio Nabão é um afluente do rio Zêzere, mas a confluência em relação ao Tejo é muito curta, pelo que o rio Nabão pode ser considerado quase um afluente directo do Tejo. A bacia hidrográfica do rio Nabão cobre cerca de 1000 km², sendo o seu principal aglomerado populacional a cidade de Tomar

A figura 6 dá uma representação esquemática da bacia.

A partir das publicações da Direcção dos Serviços de Hidrologia da D.G.R.A.H. transcreveram-se os caudais médios no início do troço r = 43 (perto da fábrica de papel Matrena) tendo os caudais de estiagem, considerados como representativos da situação mais desfavorável, sido considerados, com base nos caudais mais pequenos de cinco dias consecutivos do ano (foi calculada uma média nos quatro anos 1978/79 - 79/80 - 80/81 - 81/82, o que deu um caudal total, para a bacia, de 0,853 m³/s <> 73 699 m³/dia.

Para as localidades de menos de 1000 habitantes, com um habitat relativamente disperso, foi feita a hipótese de depuração por fossas céticas individuais seguidas dos correspondentes órgãos complementares de infiltração no terreno, pelo que não foram consideradas na quantificação das descargas

Do mesmo modo, considerou-se que as indústrias com águas residuais, não ou dificilmente assimiláveis com as águas residuais domésticas, devem ser objecto de um estudo específico para o tratamento dos seus efluentes. Só foram portanto considerados no modelo as indústrias com águas usadas, facilmente biodegradáveis, a saber, no caso em estudo, as indústrias têxteis, os matadouros, as indústrias alimentares, as explorações de suinicultura, as fábricas de papel e as indústrias de fermentação e destilárias. De acordo com a sua localização, estas indústrias foram consideradas individualmente ou em conjunto com aglomerações populacionais.

Visto que existem distâncias importantes entre descargas, da ordem de 5 a 10 km em média, e pouco provável que soluções de tratamento conjunto se apresentem mais económicas, nesta bacia, por causa dos custos importantes de transporte das águas usadas.

As condições retidas de caudal e de temperatura das águas superficiais correspondem à situação estival, pelo que foi considerado o modelo de Verão.

Para um modelo de Inverno, os caudais e temperaturas dos cursos de água constituiriam uma situação mais favorável, pois as estações de depuração podem então ser exploradas abaixo da sua capacidade nominal.

Para a quantificação das descargas de águas residuais, fizeram-se as hipóteses seguintes:

- aguas urbanas:
- número de habitantes > 20 000
- 1 m³/dia ≈ 10 habitantes - equivalentes
- concentração de 540 mg/l DBO₅
- número de habitantes > 20 000 (cidade de Tomar)
- 1 m³/dia ≈ 5 habitantes - equivalentes
- concentração de 270 mg/l DBO₅

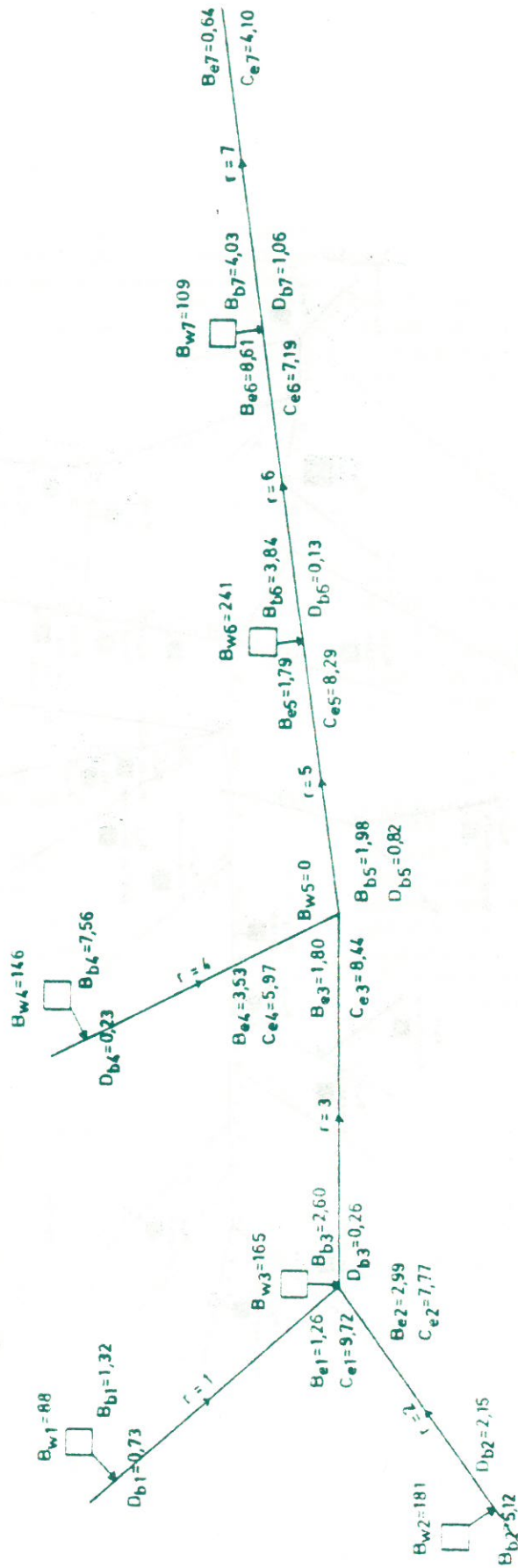


Fig 5 - Resultados da política óptima de controle da poluição para a bacia hidrográfica do exemplo

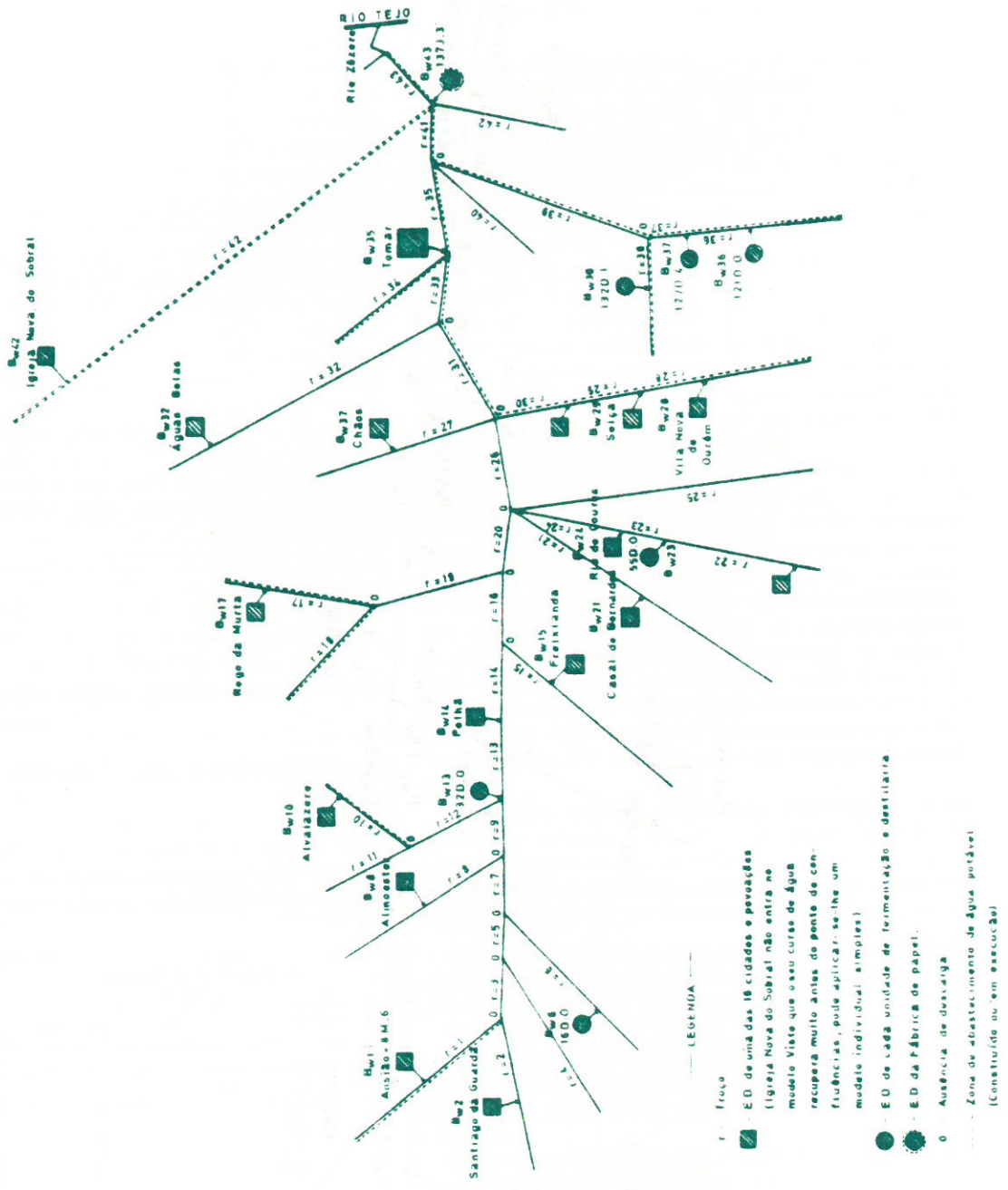


Fig. 6 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA BACIA DO RIO NABÃO PREPARADA PARA APLICAÇÃO DO MODELO DE OPTIMIZAÇÃO

destilarias:

1 m³/dia ≈ 556 habitantes - equivalentes
concentração de 30 000 mg/l DBO₅

fábricas de papel:

1 m³/dia ≈ 10 habitantes - equivalentes
concentração de 540 mg/l DBO₅

As outras indústrias, com caudal pouco importante, foram incorporadas nas zonas urbanas correspondentes.

Para os lagares de azeite, numerosos na região, visto que descarregam águas residuais dificilmente degradáveis e têm funcionamento sazonal, é de encarar um sistema de colecta e tratamento comum em lagoas de evaporação localizadas de modo a diminuir os custos de transporte como se fossem resíduos sólidos.

O significado dos parâmetros de descarga incluídos na Fig. 6 é o seguinte:

- B_w¹ — Ansião + indústria têxtil 8 M.6 (de acordo com o código da Divisão de Controlo da Poluição)
- B_w² — Santiago da Guarda
- B_w⁶ — destilaria 16 D.O
- B_w⁸ — Almoester
- B_w¹⁰ — Alvaiázere
- B_w¹³ — destilaria 32 D.O
- B_w¹⁴ — Pelhã
- B_w¹⁵ — Freixianda
- B_w¹⁷ — Rego da Murta
- B_w²¹ — Casal dos Bernardos
- B_w²² — Urqueira
- B_w²³ — destilaria 55 D.O
- B_w²⁴ — Rio de Couros
- B_w²⁷ — Chãos
- B_w²⁸ — Vila Nova de Ourém
- B_w²⁹ — Seiça
- B_w³⁰ — Sabocheira

- B_w — Águas Belas
- B_w³² — Tomar
- B_w³⁵ — destilaria 121 D.O
- B_w³⁶ — destilaria 127 D.4
- B_w³⁷ — destilaria 132 D.1
- B_w³⁸ — Igreja Nova do Sobral
- B_w⁴²(¹) — Fábrica de Papel 137 J.3
- B_w⁴³

Os quadros 2 e 3 indicam, respectivamente, a lista e correspondência das variáveis da primeira sub-bacia e a lista das restrições da primeira sub-bacia.

O quadro 4 indica a função objectivo da primeira sub-bacia (custos de investimento).

Os quadros 5 e 6 indicam, respectivamente, a lista e correspondência das variáveis da segunda sub-bacia e a lista das restrições da segunda sub-bacia.

O quadro 7 indica a função objectivo da segunda sub-bacia (custos de investimento).

O quadro 8 mostra os resultados de uma análise de sensibilidade referente a 9 situações de critérios de qualidade diferentes, com os custos óptimos e os valores dos parâmetros B_w correspondentes.

O quadro 9 permite-hos observar, além de valores dos parâmetros B_w (referentes às descargas das estações de depuração), valores de B_b, B_e e D_b (respeitante a parâmetros dos cursos de água).

Em Dezembro de 1983 o programa G.R.G., com o programa principal e as suas sub-rotinas externas foi instalado, compilado e testado no computador IBM-370 do Centro de Cálculo da Universidade de Lovaina.

Em Fevereiro de 1984, as mesmas operações foram repetidas em Lisboa, no computador DEC 10 do Laboratório Nacional de Engenharia Civil do Ministério do Equipamento Social.

O quadro 10 compara as condições operatórias que permitiram obter os mesmos resultados.

QUADRO 2. Lista e correspondência das variáveis da primeira sub-bacia

DBO das descargas

B _w ¹	XC(1)
B _w ²	XC(2)
B _w ⁶	XC(3)
B _w ⁸	XC(4)
B _w ¹⁰	XC(5)
B _w ¹³	XC(6)
B _w ¹⁴	XC(7)
B _w ¹⁵	XC(8)
B _w ¹⁷	XC(9)
B _w ²¹	XC(10)
B _w ²²	XC(11)
B _w ²³	XC(12)
B _w ²⁴	XC(13)

DBO no início dos troços

B _b ¹	XC(14)	B _b ¹⁴	XC(25)
B _b ²	XC(15)	B _b ¹⁵	XC(26)
B _b ³	XC(16)	B _b ¹⁶	XC(27)
B _b ⁵	XC(17)	B _b ¹⁷	XC(28)
B _b ⁶	XC(18)	B _b ¹⁹	XC(29)
B _b ⁷	XC(19)	B _b ²⁰	XC(30)
B _b ⁸	XC(20)	B _b ²¹	XC(31)
B _b ⁹	XC(21)	B _b ²²	XC(32)
B _b ¹⁰	XC(22)	B _b ²³	XC(33)
B _b ¹²	XC(23)	B _b ²⁴	XC(34)
B _b ¹³	XC(24)	B _b ²⁶	XC(35)

DBO no fim dos troços

DOD no início dos troços

B_{e1}	XC(36)			D_{b3}	XC(58)
B_{e2}	XC(37)			D_{b5}	XC(59)
B_{e3}	XC(38)	B_{e16}	XC(49)	D_{b7}	XC(60)
B_{e5}	XC(39)	B_{e17}	XC(50)	D_{b9}	XC(61)
B_{e6}	XC(40)	B_{e19}	XC(51)	D_{b12}	XC(62)
B_{e7}	XC(41)	B_{e20}	XC(52)	D_{b13}	XC(63)
B_{e8}	XC(42)	B_{e21}	XC(53)	D_{b14}	XC(64)
B_{e9}	XC(43)	B_{e22}	XC(54)	D_{b16}	XC(65)
B_{e10}	XC(44)	B_{e23}	XC(55)	D_{b19}	XC(66)
B_{e12}	XC(45)	B_{e24}	XC(56)	D_{b20}	XC(67)
B_{e13}	XC(46)	B_{e26}	XC(57)	D_{b23}	XC(68)
B_{e14}	XC(47)			D_{b24}	XC(69)
B_{e15}	XC(48)			D_{b26}	XC(70)

QUADRO 3. Lista das restrições da primeira sub-rotina

1) 13 desigualdades: equilíbrio das DBO nas descargas

$$\begin{aligned}
 VC(1) &= 1,3626 + 0,243 XC(1) - XC(14) \\
 VC(2) &= 1,43917 + 0,20046 XC(2) - XC(15) \\
 VC(3) &= 1,7284 + 0,03978 XC(3) - XC(18) \\
 VC(4) &= 1,52791 + 0,15116 XC(4) - XC(20) \\
 VC(5) &= 1,58222 + 0,12099 XC(5) - XC(22) \\
 VC(6) &= 1,20094 + 0,33281 XC(8) - XC(26) \\
 VC(7) &= 1,63254 + 0,07081 XC(9) - XC(28) \\
 VC(8) &= 1,68736 + 0,06258 XC(10) - XC(31) \\
 VC(9) &= 1,6524 + 0,082 XC(11) - XC(32) \\
 VC(10) &= 0,98285 XC(54) + 0,01715 XC(12) - XC(33) \\
 VC(11) &= 0,93435 XC(55) + 0,06565 XC(13) - XC(34) \\
 VC(12) &= 0,98887 XC(46) + 0,01113 XC(7) - XC(25) \\
 VC(13) &= 0,80638 XC(43) + 0,19028 XC(45) + 0,00334 XC(6) - XC(24)
 \end{aligned}$$

2) 13 desigualdades: déficit de oxigénio dissolvido

$$\begin{aligned}
 VC(14) &= - XC(58) + 0,15902 XC(14) + 0,10582 XC(15) - 0,11143 \\
 VC(15) &= - XC(59) + 0,03022 XC(16) + 0,00427 XC(58) - 0,33925 \\
 VC(16) &= - XC(60) + 0,06160 XC(17) + 0,03451 XC(18) + 0,01249 XC(59) - 0,37929 \\
 VC(17) &= - XC(61) + 0,16368 XC(19) + 0,02129 XC(20) + 0,06472 XC(60) - 0,39732 \\
 VC(18) &= - XC(62) + 0,15295 XC(22) - 0,26795 \\
 VC(19) &= - XC(63) + 0,02781 XC(21) + 0,05586 XC(23) + 0,00393 XC(61) \\
 &\quad + 0,05841 XC(62) - 0,34505 \\
 VC(20) &= - XC(64) + 0,10437 XC(24) + 0,02728 XC(63) - 0,31190 \\
 VC(21) &= - XC(65) + 0,19111 XC(25) + 0,01550 XC(26) + 0,09331 XC(64) - 0,20529 \\
 VC(22) &= - XC(66) + 0,11598 XC(28) - 0,33390 \\
 VC(23) &= - XC(67) + 0,01648 XC(29) + 0,15501 XC(27) + 0,00509 XC(66) \\
 &\quad + 0,06130 XC(65) - 0,43438 \\
 VC(24) &= - XC(68) + 0,01753 XC(32) - 0,20811 \\
 VC(25) &= - XC(69) + 0,26263 XC(33) + 0,21968 XC(68) + 0,10615 \\
 VC(26) &= - XC(70) + 0,14527 XC(30) + 0,00823 XC(31) + 0,01590 XC(34) \\
 &\quad + 0,06584 XC(67) + 0,00492 XC(69) - 0,42759
 \end{aligned}$$

3) 9 igualdades: equilíbrio das DBO nos afluentes

$$\begin{aligned} VC(27) &= 0,58632 XC(36) + 0,41368 XC(37) - XC(16) \\ VC(28) &= 0,87350 XC(38) + 0,22770 - XC(17) \\ VC(29) &= 0,88047 XC(39) + 0,11953 XC(40) - XC(19) \\ VC(30) &= 0,92527 XC(41) + 0,07473 XC(42) - XC(21) \\ VC(31) &= 0,68846 XC(44) + 0,56077 - XC(23) \\ VC(32) &= 0,89416 XC(47) + 0,10584 XC(48) - XC(27) \\ VC(33) &= 0,53700 XC(50) + 0,83349 - XC(29) \\ VC(34) &= 0,83647 XC(49) + 0,16353 XC(51) - XC(30) \\ VC(35) &= 0,72221 XC(52) + 0,11937 XC(56) + 0,08177 XC(53) + 0,13797 - XC(35) \end{aligned}$$

4) 22 igualdades: equação de autodepuração

$$\begin{aligned} VC(36) &= 0,28938 XC(14) + 0,20846 - XC(36) & VC(47) &= 0,17205 XC(25) + 0,25774 - XC(47) \\ VC(37) &= 0,24660 XC(15) + 0,22643 - XC(37) & VC(48) &= 0,81058 XC(26) - 0,01044 - XC(48) \\ VC(38) &= 0,01576 XC(16) + 0,32338 - XC(38) & VC(49) &= 0,12493 XC(27) + 0,27753 - XC(49) \\ VC(39) &= 0,03615 XC(17) + 0,31482 - XC(39) & VC(50) &= 0,13399 XC(28) + 0,27372 - XC(50) \\ VC(40) &= 0,37908 XC(18) + 0,17079 - XC(40) & VC(51) &= 0,08291 XC(29) + 0,29518 - XC(51) \\ VC(41) &= 0,12493 XC(19) + 0,27753 - XC(41) & VC(52) &= 0,15412 XC(30) + 0,26527 - XC(52) \\ VC(42) &= 0,48191 XC(20) + 0,12760 - XC(42) & VC(53) &= 0,05727 XC(31) + 0,30595 - XC(53) \\ VC(43) &= 0,01576 XC(21) + 0,32338 - XC(43) & VC(54) &= 0,00752 XC(32) + 0,32684 - XC(54) \\ VC(44) &= 0,18452 XC(22) + 0,25250 - XC(44) & VC(55) &= 0,32628 XC(33) + 0,19296 - XC(55) \\ VC(45) &= 0,39455 XC(23) + 0,16429 - XC(45) & VC(56) &= 0,08291 XC(34) + 0,29518 - XC(56) \\ VC(46) &= 0,06081 XC(24) + 0,30446 - XC(46) & VC(57) &= 0,00937 XC(35) + 0,32606 - XC(57) \end{aligned}$$

QUADRO 4. Função objectivo da primeira sub-bacia (custos de investimento).

$$\begin{aligned} w1 : C &= 47738 XC(1)^{-0,4} & w15 : C &= 38501 XC(8)^{-0,4} \\ w2 : C &= 34935 XC(2)^{-0,4} & w17 : C &= 20977 XC(9)^{-0,4} \\ w6 : C &= 111517 XC(3)^{-0,4} & w21 : C &= 22370 XC(10)^{-0,4} \\ w8 : C &= 21521 XC(4)^{-0,4} & w22 : C &= 25087 XC(11)^{-0,4} \\ w10 : C &= 23898 XC(5)^{-0,4} & w23 : C &= 111517 XC(12)^{-0,4} \\ w13 : C &= 111517 XC(6)^{-0,4} & w24 : C &= 24883 XC(13)^{-0,4} \\ w14 : C &= 23219 XC(7)^{-0,4} & & \end{aligned}$$

QUADRO 5. Lista e correspondência das variáveis da segunda sub-bacia.

DBO das descargas

B _w 27	XC(1)	B _w 35	XC(6)
B _w 28	XC(2)	B _w 36	XC(7)
B _w 29	XC(3)	B _w 37	XC(8)
B _w 30	XC(4)	B _w 38	XC(9)
B _w 32	XC(5)	B _w 43	XC(10)

DBO no início dos troços

B _b 27	XC(11)	B _b 35	XC(18)
B _b 28	XC(12)	B _b 36	XC(19)
B _b 29	XC(13)	B _b 37	XC(20)
B _b 30	XC(14)	B _b 38	XC(21)
B _b 31	XC(15)	B _b 39	XC(22)
B _b 32	XC(16)	B _b 41	XC(23)
B _b 33	XC(17)	B _b 43	XC(24)

DBO no fim dos troços				DOD no início dos troços			
B _e 27	XC(25)	B _e 35	XC(32)				
B _e 28	XC(26)	B _e 36	XC(33)	D _b 29	XC(39)	D _b 37	XC(44)
B _e 29	XC(27)	B _e 37	XC(34)	D _b 30	XC(40)	D _b 39	XC(45)
B _e 30	XC(28)	B _e 38	XC(35)	D _b 31	XC(41)	D _b 41	XC(46)
B _e 31	XC(29)	B _e 39	XC(36)	D _b 33	XC(42)	D _b 43	XC(47)
B _e 32	XC(30)	B _e 41	XC(37)	D _b 35	XC(43)		
B _e 33	XC(31)	B _e 43	XC(38)				

QUADRO 6. Lista das restrições da segunda sub-bacia

1) 10 desigualdades: equilíbrio das DBO nas descargas

$$\begin{aligned}
 VC(1) &= 1,61696 + 0,10170 XC(1) - XC(11) \\
 VC(2) &= 1,59208 + 0,11551 XC(2) - XC(12) \\
 VC(3) &= 0,95429 XC(26) + 0,04571 XC(3) - XC(13) \\
 VC(4) &= 0,97864 XC(27) + 0,02136 XC(4) - XC(14) \\
 VC(5) &= 1,73579 + 0,03567 XC(5) - XC(16) \\
 VC(6) &= 0,02245 + 0,79819 XC(31) + 0,18934 XC(6) - XC(18) \\
 VC(7) &= 1,98444 + 0,00777 XC(7) - XC(19) \\
 VC(8) &= 0,99228 XC(33) + 0,00772 XC(8) - XC(20) \\
 VC(9) &= 1,82670 + 0,08666 XC(9) - XC(21) \\
 VC(10) &= 0,00726 + 0,47941 XC(37) + 0,00532 XC(10) - XC(24)
 \end{aligned}$$

2) 9 desigualdades: déficit de oxigénio dissolvido

$$\begin{aligned}
 VC(11) &= - XC(39) + 0,04002 XC(12) + 0,01128 \\
 VC(12) &= - XC(40) + 0,06859 XC(13) + 0,01391 XC(39) - 0,22603 \\
 VC(13) &= - XC(41) + 0,00691 XC(11) + 0,01318 XC(14) + 0,00267 XC(40) - 0,34734 \\
 VC(14) &= - XC(42) + 0,00103 XC(16) + 0,00177 XC(15) + 0,00008 XC(41) - 0,33409 \\
 VC(15) &= - XC(43) + 0,03302 XC(17) + 0,00509 XC(42) + 1,17965 \\
 VC(16) &= - XC(44) + 0,07279 XC(19) - 0,32399 \\
 VC(17) &= - XC(45) + 0,01030 XC(21) + 0,15165 XC(20) + 0,05997 XC(44) - 0,42805 \\
 VC(18) &= - XC(46) + 0,00049 XC(18) + 0,02183 XC(22) + 0,00002 XC(43) \\
 &\quad + 0,00863 XC(45) - 0,94505 \\
 VC(19) &= - XC(47) + 0,18335 XC(23) + 0,08311 XC(46) + 0,25248
 \end{aligned}$$

3) 4 igualdades: equilíbrio das DBO nos confluente

$$\begin{aligned}
 VC(20) &= 0,25903 + 0,02668 XC(25) + 0,18838 XC(28) - XC(15) \\
 VC(21) &= 0,91235 XC(29) + 0,08765 XC(30) - XC(17) \\
 VC(22) &= 0,85727 XC(34) + 0,14273 XC(35) - XC(22) \\
 VC(23) &= 0,85612 XC(32) + 0,13151 XC(36) + 0,02474 - XC(23)
 \end{aligned}$$

4) 14 igualdades: equação de autodepuração

$$\begin{aligned}
 VC(24) &= 0,25411 XC(11) + 0,22327 - XC(25) & VC(31) &= 0,00020 XC(18) + 0,32992 - XC(32) \\
 VC(25) &= 0,01964 XC(12) + 0,32175 - XC(26) & VC(32) &= 0,03839 XC(19) + 0,31388 - XC(33) \\
 VC(26) &= 0,03615 XC(13) + 0,31482 - XC(27) & VC(33) &= 0,12493 XC(20) + 0,27753 - XC(34) \\
 VC(27) &= 0,03615 XC(14) + 0,31482 - XC(28) & VC(34) &= 0,03763 XC(21) + 0,31419 - XC(35) \\
 VC(28) &= 0,00070 XC(15) + 0,32971 - XC(29) & VC(35) &= 0,12493 XC(22) + 0,27753 - XC(36) \\
 VC(29) &= 0,00470 XC(16) + 0,32803 - XC(30) & VC(36) &= 0,15412 XC(23) + 0,26527 - XC(37) \\
 VC(30) &= 0,01945 XC(17) + 0,32183 - XC(31) & VC(37) &= 0,02652 XC(24) + 0,31886 - XC(38)
 \end{aligned}$$

QUADRO 7. Função objectivo da segunda sub-bacia (custos de investimento)

$$\begin{aligned}
 w_{27} : C &= 20774 XC(1)^{-0,4} & w_{35} : C &= 199135 XC(6)^{-0,4} \\
 w_{28} : C &= 37992 XC(2)^{-0,4} & w_{36} : C &= 111517 XC(7)^{-0,4} \\
 w_{29} : C &= 25766 XC(3)^{-0,4} & w_{37} : C &= 111517 XC(8)^{-0,4} \\
 w_{30} : C &= 21928 XC(4)^{-0,4} & w_{38} : C &= 205927 XC(9)^{-0,4} \\
 w_{32} : C &= 21860 XC(5)^{-0,4} & w_{43} : C &= 42576 XC(10)^{-0,4}
 \end{aligned}$$

QUADRO 8.

Situação no		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Critérios de qualidade	DBO sem captação	5	5	5	8	10	10	5	5	2	
	DBO com captação	3	3	3	4	4	4	3	2	2	
	DOB sem captação	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	2,8	
	DOB com captação	2,8	2,8	2,8	3,8	3,8	3,8	2,8	1,8	1,8	
Limite superior na DBO das destilarias		540	540	1000	540	540	1000	540	540	540	
Exponente da função de custo		-0,4	-0,07	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	
Custo	sub-bacia 1	254 994	298 808	251 075	207 564	195 523	191 357	319 313	295 735	356 054	
	sub-bacia 2	406 979	403 644	406 979	337 149	335 742	335 742	414 729	767 645	775 395	
Óptimo	Total	661 973	702 454	658 053	544 713	531 265	527 099	730 042	1 063 380	1 131 449	
das despesas	Sub-bacia	w_{01}	6,74	6,74	6,74	10,85	10,85	10,85	6,74	2,62	2,62
		w_{02}	17,76	17,76	17,76	32,73	42,71	42,71	7,79	17,76	7,79
		w_{06}	82,24	82,24	82,24	157,66	207,93	207,93	31,97	82,24	31,97
		w_{08}	22,97	22,97	22,97	42,82	56,05	56,05	9,74	22,97	9,74
		w_{10}	11,72	11,72	11,72	19,98	19,98	19,98	11,72	3,45	3,45
		w_{13}	540	540	1000	540	540	1000	540	540	540
		w_{14}	410,38	410,38	402,08	540	540	540	230,69	410,43	230,74
		w_{15}	11,42	11,42	11,42	20,43	26,44	26,44	5,41	11,42	5,41
		w_{17}	19,31	19,31	19,31	33,43	33,43	33,43	19,31	5,19	5,19
		w_{21}	52,93	52,93	52,93	100,87	132,83	132,83	20,98	52,93	20,98
	w_{22}	40,82	40,82	40,82	77,41	101,80	101,80	16,43	40,82	16,43	
	w_{23}	270,66	270,66	270,66	444,29	540	560,05	154,90	270,66	154,90	
	w_{24}	50,20	50,20	50,20	81,96	104,74	103,14	29,02	50,20	29,02	
	Sub-bacia 2	w_{27}	33,26	33,26	33,26	62,76	82,43	82,43	13,60	33,26	13,60
		w_{28}	12,19	12,19	12,19	20,85	20,85	20,85	12,19	3,53	3,53
		w_{29}	57,68	57,68	57,68	79,15	79,15	79,15	57,68	36,22	36,22
		w_{30}	121,06	121,06	121,06	166,22	166,22	166,22	121,06	75,90	75,90
		w_{32}	91,51	91,51	91,51	175,62	231,69	231,69	35,44	91,51	35,44
		w_{35}	14,34	14,34	14,34	19,62	19,62	19,62	14,34	9,06	9,06
		w_{36}	130,70	130,70	130,70	259,40	259,40	259,40	130,70	2,00	2,00
		w_{37}	333,45	333,45	333,45	458,05	458,05	458,05	333,45	208,85	208,85
		w_{38}	13,54	13,54	13,54	25,08	25,08	25,08	13,54	2,00	2,00
		w_{43}	533,72	533,72	533,72	540	540	540	533,72	345,78	345,78

QUADRO 9. Resultados do computador até ao troço r = 26

	Solução 1 (mg/l)	Solução 5 (mg/l)	Solução 9 (mg/l)		Solução 1 (mg/l)	Solução 5 (mg/l)	Solução 9 (mg/l)
B _{w1}	6,7	10,9	2,6	B _{e1}	1	1	0,8
B _{w2}	17,8	42,7	7,8	B _{e2}	2	3	1
B _{w6}	82,2	207,9	32,0	B _{e3}	0,3	0,4	0,3
B _{w8}	23,0	56,1	9,7	B _{e5}	0,3	0,3	0,3
B _{w10}	11,7	20,0	3,5	B _{e6}	2	4	1
B _{w13}	540,0	540,0	540,0	B _{e7}	0,4	0,4	0,3
B _{w14}	410,4	540,0	230,7	B _{e8}	3	5	2
B _{w15}	11,4	26,4	5,4	B _{e9}	0,3	0,3	0,3
B _{w17}	19,3	33,4	5,2	B _{e10}	0,8	1	0,6
B _{w21}	52,9	132,8	21,0	B _{e12}	0,6	0,7	0,6
B _{w22}	40,8	101,8	16,4	B _{e13}	0,4	0,4	0,4
B _{w23}	270,7	540,0	155,0	B _{e14}	1	1	0,8
B _{w24}	50,2	104,7	29,0	B _{e15}	4	8	2
B _{d1}	3	4	2	B _{e16}	0,5	0,5	0,4
B _{d2}	5	10	3	B _{e17}	0,7	0,8	0,5
B _{d3}	1	2	0,9	B _{e19}	0,4	0,4	0,4
B _{d5}	0,5	0,5	0,5	B _{e20}	0,3	0,4	0,3
B _{d6}	5	10	3	B _{e21}	0,6	0,9	0,5
B _{d7}	0,5	0,8	0,5	B _{e22}	0,4	0,4	0,4
B _{d8}	5	10	3	B _{e23}	2	3	1
B _{d9}	0,5	0,7	0,4	B _{e24}	0,7	1	0,5
B _{d10}	3	4	2	B _{e26}	0,3	0,3	0,3
B _{d12}	1	1	1	D _{b3}	0,9	2	0,5
B _{d13}	2	2	2	D _{b5}	0	0	0
B _{d14}	5	6	3	D _{b7}	0	0	0
B _{d15}	5	10	3	D _{b9}	0	0	0
B _{d16}	1	2	1	D _{b12}	0,2	0,3	0
B _{d17}	3	4	2	D _{b13}	0	0	0
B _{d19}	1	1	1	D _{b14}	0	0	0
B _{d20}	0,5	0,5	0,4	D _{b16}	0,8	1	0,4
B _{d21}	5	10	3	D _{b19}	0	0,1	0
B _{d22}	5	10	3	D _{b20}	0	0	0
B _{d23}	5	10	3	D _{b23}	0	0	0
B _{d24}	5	10	3	D _{b24}	1	3	0,9
B _{d26}	0,5	0,6	0,5	D _{b26}	0	0	0

B_{wr} — DBO⁵ à saída da Estação de Depuração r.

B_{er} — DBO⁵ no fim do troço r do curso de água.

B_{dr} — DBO⁵ no início do troço r do curso de água.

D_{dr} — Déficit de oxigénio dissolvido no início do troço r do curso de água.

QUADRO 10

	U.C.L. Louvain-la-Neuve IBM-370 variáveis reais em precisão dupla		L.N.E.C. Lisboa DEC-10 variáveis reais em precisão simples	
	sub-bacia 1	sub-bacia 2	sub-bacia 1	sub-bacia 2
tempo C.P.U.	13,79"	7,19"	1' 41,82"	37,39"
iterações	29	18	29	21
número de chamadas de PHIX	135	143	216	185
número de chamadas de GRADFI	79	85	103	96
número de chamadas de CPHI	69	64	101	75
número de chamadas de JACOB	33	30	38	32

O aspecto mais interessante dos resultados obtidos é talvez a possibilidade de se obterem rapidamente um grande número de soluções diversificadas.

Vê-se que na maior parte dos casos, e no âmbito das hipóteses formuladas quanto a objectivos de qualidade, nem sempre é necessário depurar as águas residuais até às normas-padrão utilizadas até aqui ($DBO_5 = 30 \text{ mg/l}$, por exemplo).

Vejamos, para exemplificar, o seguinte quadro:

QUADRO N.º 11

	Solução 1	Solução 5	Solução 6
Custo de IA investimento (contos)	328.356	264.324	562.038
Custo total da de- puração do Rio Nabão (contos)	661.973	531.251	1.131.508
Objectivo de quali- dade imposto em cer- tos trechos.	$B_0 < 5$ $D_0 < 4,8$ Solução inter- média (águas β mesoapobras, com abasteci- mento de águas mais difícil, necessitando um tratamento mais complexo)	$B_0 < 10$ $D_0 < 4,8$ Solução menos exigente em quali- dade (águas = mesoapobras, aptas para re- creio, pesca, u- ses agrícolas, etc.)	$B_0 < 3$ $D_0 < 2,8$ Solução mais exigente em quali- dade (águas oligoapobras, aptas para água potável, após tratamento por cloragem)

Vejamos ainda, por exemplo, uma outra solução (a solução 2) que permitiria uma água de boa qualidade no rio. O custo optimizado global da construção e exploração das estações depuradoras necessárias para todo o rio Nabão seria de 661 973 contos.

Se, em vez de determinar os graus de tratamento com o modelo, aplicássemos a norma fixa de descarga de $B_w = 30 \text{ mg/l}$, para todas as estações depuradoras.

obteríamos o custo global correspondente mas não optimizado de 730 458 contos.

A percentagem de redução de custo proveniente da aplicação do modelo é pois de:

$$\frac{730\,458 - 661\,973}{730\,458} = 9,38\%$$

a que corresponde uma poupança de

$$730\,458 - 661\,973 = 68\,485 \text{ contos.}$$

Mas se optássemos por uma outra solução (a solução 7), capaz de conter a poluição dentro de certos limites, mas não tão boa como a solução 2, teríamos uma percentagem de redução de custo de:

$$\frac{730\,458 - 527\,099}{730\,458} = 27,84\%$$

a que corresponde uma poupança de 203 359 contos

Facilmente se pode agora antever, de uma forma aproximada, qual seria a poupança, se generalizássemos a aplicação do modelo a todas as bacias hidrográficas do País, sem contar com a eficiência e ordenação, em termos de despoluição que uma ferramenta matemática deste género permite implementar

10. CONCLUSÕES

10.1 — Vantagens do modelo de optimização dos graus de tratamento

As principais vantagens que se podem concluir do modelo anteriormente exposto e da sua aplicação, são as seguintes:

- 1.ª O modelo é aplicável a qualquer bacia hidrográfica, qualquer que seja a sua dimensão, se bem que possa haver necessidade de aplicar o método de optimização mais do que uma vez para cada

bacia, se o número de restrições for superior a cerca de 100.

- 2.^a A determinação dos graus de tratamento a exigir às estações de depuração (se necessário com o modelo de optimização da sua implantação previamente) conduz a economias de investimento e de exploração, pois em certos troços dos cursos de água, da bacia pode chegar-se à conclusão de que não será preciso um tratamento completo das águas residuais e noutros troços poderá eventualmente dispensar-se mesmo o tratamento. Por consequência, as poupanças de energia dos sistemas de despoluição também serão consideráveis.
- 3.^a O modelo permite proteger as zonas de abastecimento de água potável e de captação de água para as actividades industriais, agro-pecuárias e outras da bacia, de uma forma eficaz e ao custo mínimo, de acordo com os objectivos de qualidade previamente considerados. Na mesma ordem de ideias, poder-se-ão facilmente estabelecer várias políticas de planificação respeitantes a essas actividades, e comparar as alternativas possíveis em termos de custos globais, para uma decisão bem fundamentada.
- 6.^a O modelo permite efectuar estudos de impacto no meio receptor hídrico, variando a localização das estações de depuração e em consequência saber quais as diferenças de qualidade das águas superficiais conseguidas e quais as economias obtidas com essas mudanças.
- 7.^a O modelo indica automaticamente qual o custo global de tratamento (investimento mais exploração por um período geralmente de 20 anos) para toda a bacia hidrográfica e para o cumprimento de cada conjunto de objectivos de qualidade estabelecido.
- 8.^a O modelo possibilita, por conhecimento prévio dos graus de tratamento a exigir, quer conceber projectos de estações de depuração bem ajustados ao meio receptor, quer simular um controlo de funcionamento e logo em condições de exploração a ele ligados.
- 9.^a Pelo conhecimento dos custos de depuração totais ou parciais, será possível prever a evolução de uma política de controlo da poluição para a bacia, quer num horizonte temporal (por faseamento das obras conforme as disponibilidades financeiras) quer por zonas, de acordo com as prioridades conhecidas (em particular considerando a transferência de água entre bacias para melhoramento da sua qualidade).
- 10.^a É possível, a partir do conhecimento prévio dos custos globais de depuração, estabelecer uma gestão regional correcta da bacia, especialmente no respeitante ao cálculo de taxas (em particular com a aparição ou desaparecimento de fontes poluidoras podem-se recalcular facilmente essas taxas).
- 11.^a Num modelo determinístico como este, a formulação matemática pode com frequência ser sintonizada com operações em computador de modo a que seja melhorada a adaptação ao fenómeno real.
Não é necessária geralmente uma informação

exaustiva para formalizar com o modelo matemático um aspecto natural complicado, podendo um número relativamente pequeno de variáveis ser a base suficiente de um modelo eficaz, pois há «factores-chave ou integrantes» que dominam, quase sempre, uma percentagem importante da actividade, permitindo a efectivação de previsões. Além disto, o mesmo formalismo poder-se-á aplicar à fase de nitrificação ou ao conhecimento da evolução da contaminação bacteriológica nos cursos de água.

10.2 — Perspectivas de aplicação do modelo em Portugal

Partindo de um número muito reduzido de dados de base, essencialmente os respeitantes à localização, natureza e caudais das fontes poluidoras de cada bacia hidrográfica, assim como de dados hidrológicos pelo menos da parte mais a jusante dessa bacia, é fácil aplicar a todos os cursos de água de Portugal a metodologia que foi utilizada para o rio Nabão.

No entanto, para que a sua utilidade se torne efectiva é bastante desejável que se proceda a uma gestão integrada em cada bacia hidrográfica, a partir da Comissão de Serviço Regional que, embora controlada pelos serviços competentes da Administração Pública Central, consiga promover uma política de racionalização e protecção da água, dialogando-se com todos os interessados (utilizadores e poluidores), como se verifica nos países mais desenvolvidos. Aliás com a próxima adesão de Portugal à Comunidade Económica Europeia não haverá outra alternativa.

E isso não será tão difícil quanto possa parecer, pois têm sido obtidos resultados bastante aceitáveis no combate à poluição provocada pelos estabelecimentos turísticos e pecuários, precisamente porque tem havido uma quase total aceitação da obrigatoriedade de apresentação de projecto de estação depuradora para licenciamento consequente da descarga por parte dessas entidades poluidoras, mercê do esquema montado e de se ter feito, muitas vezes, depender a autorização de instalação e a concessão de créditos do cumprimento dessa obrigatoriedade.

Já que a construção de estações depuradoras municipais isoladas, conjuntas ou mistas (urbanas e industriais) depende das finanças locais, da colaboração efectiva entre todos e da gestão integrada acima referida, pode considerar-se que as maiores dificuldades têm surgido quanto ao sector industrial (aquele que pode provocar a poluição mais grave, pois muitas vezes é tóxica), onde algumas unidades industriais apresentam os projectos de estações depuradoras e executam as obras respectivas, e outros pelo contrário procuram demorar essa realização. Para isso não contribui certamente a legislação que dispensou as unidades industriais de pequena dimensão de licenciamento industrial e certamente só a gestão integrada por bacias hidrográficas é que poupará os industriais e outro utilizadores das descargas efectuadas por outros industriais a montante, no sentido da diminuição dos prejuízos provocados pela má qualidade da água utilizada (quer nos processos de fabrico quer na saúde pública) e de uma melhor redistribuição dos custos da luta contra a polui-

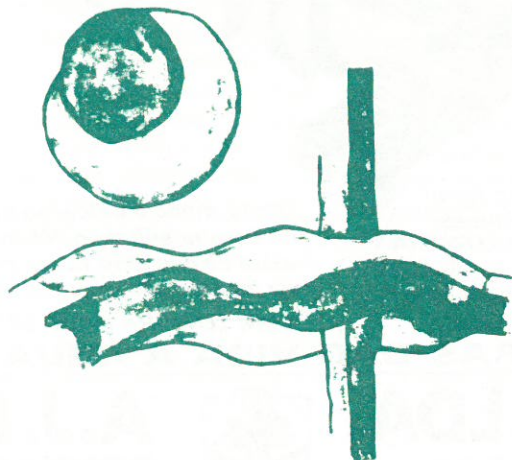
ção, que, com uma gestão integrada e racional serão mínimos para a totalidade das entidades poluidoras. É claro que isso pressupõe um estudo preliminar cuidadoso, no âmbito industrial, das medidas internas fabris e das tecnologias limpas, que não devem deixar de ser encaradas sempre que possível, já que a recuperação de subprodutos valorizáveis e a recirculação de águas contribuem para a diminuição dos encargos da produção industrial ao mesmo tempo que minimizam os custos da luta contra a poluição.

Do mesmo modo, a utilização de águas residuais semitratadas e de lamas, não tóxicas, nos terrenos agrícolas pode constituir uma forma pouco dispendiosa e útil de resolver certos problemas de despoluição, se devidamente controlada nos aspectos agronómico, de saúde pública e de possível contaminação das águas subterrâneas, pelo que tais estudos devem ser anteriores ao modelo de determinação dos graus de tratamento e depois, à medida que forem aparecendo situações novas, incluídas nele para se verificarem as alternativas possíveis.

- (1) O trabalho de calibração dos coeficientes de autodepuração das águas superficiais não foi feito por não ser das atribuições da Divisão de Controlo da Poluição.
- (2) C_1 representa, em geral, o valor de uma constante previamente calculada, quer a partir de valores de caudais nas equações de balanço de massa quer a partir de coeficientes e tempos de percurso nas equações de autodepuração.

BIBLIOGRAFIA

- Abodie, J., 1978. The GRG method for nonlinear programming, in Design and Implementation of Optimization Software, H.J. Greenberg (ed.), Sijthoff & Noordhoff, Alphen-aan-den-Rijn (Pays-Bas), 335-362.
- Guigou, J., 1971. Présentation et utilisation du code GREG, Electricité de France, Direction des Études et Recherches, Service Informatique et Mathématiques Appliquées, note HI 582/2.
- Loucks, D.P., Revell, C.S. & Lym, W.R., 1967. Linear programming models for water pollution control, *Management Science*, 14, B-166-B-181.
- Metcalf & Eddy, Inc., 1977. Wastewater Engineering: Collection, Treatment, Disposal, Mc Graw-Hill, Inc., New York.
- Morais, L.A. Junça de, 1979. Modèles de Gestion des Bassins Hydrographiques (Qualité des Eaux, Réseaux d'Adducteurs, Stations de Pompage, Stations d'Épuration), certificat post-universitaire (3^e cycle) du cours Traitements des Eaux (Residuares et de Surface), Génie Sanitaire, Faculté des Sciences Agronomiques de l'État à Jembloux.
- Morais, L.A. Junça de, 1981. Modélisation et Optimisation Economique des Stations d'Épuration d'Eaux Residuares (Conception d'un Système de Traitement Basé sur les Biodisques), travail développé en qualité de chercheur libre en sciences économiques appliquées (Université Catholique de Louvain, Faculté des Sciences Economiques, Sociales et Politiques, Institut d'Administration et de Gestion).
- Morais, L.A. Junça de, 1981. La Gestion Regionale du Traitement des Eaux Usées (Modèle du Degré de Traitement), travail développé en qualité de chercheur libre en sciences économiques appliquées (Université Catholique de Louvain, Faculté des Sciences Economiques, Sociales et Politiques, Institut d'Administration et de Gestion).
- Morais, L.A. Junça de, 1983. A gestão Regional do Tratamento de Águas Usadas (Urbanas Industriais) — Rio Nabão — Modelo de Optimização Economica dos Graus de Tratamento (Modelo de Verão), estágio em missão de serviço como chefe da Divisão de Controlo de Poluição no Departamento des Affaires Publiques et Internationales (Université de Louvain), e 1984. Relatório Preliminar de Síntese (Contribuição para o Plano Nacional da Água Português, D.G.R.A.H. — M.E.S.)
- Rinaldi, S., Soncini — Sessa, R., Stehfest, H. & Tamura, H. 1979. Modeling and Control of River Quality, McGraw-Hill, Inc. London.
- Smeers, Y & Tyteca, D., 1982. Optimal location and design of wastewater treatment plants under river quality constraints, in Environment Systems Analysis and Management, S. Rinaldi (ed), North Holland Publishing company, Amsterdam, 289-310.
- Smeers, Y & Tyteca, D., 1983. On the optimal location of wastewater treatment plants in Locational Analysis of Public Facilities, J. Thisse & H. Zoller (eds.), North Holland Publishing Company Amsterdam, 395-412.
- Tyteca, D., 1976. Cost functions for wastewater conveyance systems *Journal Water Pollution Control Federation* 48, 2120-2130.
- Tyteca, D., 1979. Modélisation et optimisation économique des stations d'épuration d'eaux résiduares. Thèse de doctorat, en Sciences Naturelles Appliquées, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve (Belgique).
- Tyteca, D., 1984. Optimisation Economique du Traitement des Eaux Residuares dans un Bassin de Rivière — Resolution par le Programme du Gradient Réduit Généralisé — Application au Bassin du rio Nabão (Affluent Secondaire du Tage, Portugal) Département des Affaires Publiques et Internationales (Université Catholique de Louvain), en qualité de consultant UNESCO dans le cadre du Plan National de l'Eau Portugais — Project du PNUD POR/82/004.
- Vaillant, J.R., 1973. Protection de la qualité des eaux et maîtrise de la pollution — Contrôle de déversement d'eaux polluées, Eyrolles, Paris.



O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS E DE LAMAS NA AGRICULTURA

ENG.^a MARIA HELENA F. MARECOS DO MONTE
(Laboratório Nacional de Engenharia Civil — LNEC)

1 — INTRODUÇÃO À FILOSOFIA DA RECUPERAÇÃO DOS PRODUTOS FINAIS DO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Dizer-se que a recuperação de resíduos está na ordem do dia é mais do que um lugar-comum. O crescimento económico observado desde a Revolução Industrial, mais acentuadamente nas últimas décadas, tem provocado o consumo em grande escala dos recursos naturais, quer materiais quer energéticos.

Ao tomar consciência de que os recursos naturais não são infinitos e que a continuar a taxa de consumo actual, o esgotamento desses recursos será uma realidade a prazo dramaticamente curto, de tal modo que as gerações actuais dificilmente podem prever se o mundo que legarão aos vindouros será ou não ainda mais desequilibrado ou pobre em recursos que actualmente, o Homem predisps-se a encarar uma das pontas de solução do problema, que reside na recuperação dos resíduos.

Entre os recursos cujos stocks mundiais estão a diminuir, tornando-se a prazo insuficientes para as necessidades população do Globo, ressaltam, pela sua importância vital, os casos do petróleo e da água. A água é um recurso que pode em parte ser recuperado, se não para os objectivos para que foi consumido inicialmente, pelo menos para outros objectivos menos exigentes na qualidade.

A existência de águas residuais (A.R.) decorre naturalmente da utilização da água própria para consumo. O tratamento dessas águas residuais resulta em primeiro lugar da necessidade de reduzir a sua carga poluente, como medida de protecção do meio ambiente, mas também da imperiosidade crescente de recuperar recursos naturais vitais ao Homem, como é o caso da água.

Qualquer que seja o processo de tratamento de águas residuais, os produtos finais são essencialmente: o efluente líquido depurado; as lamas, constituídas por sólidos sedimentados; e, finalmente, produtos gasosos.

O problema que se coloca com maior frequência relativamente a estes produtos é o do seu destino final. Normalmente é escolhido um meio receptor, após ponderação das previsíveis consequências de ordem sanitária, no qual os produtos finais são lançados. Do mesmo modo que os produtos finais podem ser sólidos,

líquidos ou gasosos, também os meios receptores podem ser outros que não a massa de água, desde a ribeira ao oceano, que habitualmente se associa à ideia do meio receptor. Efectivamente, tanto o solo como a atmosfera constituem também meios receptores possíveis, embora de menor utilização.

Existe uma outra perspectiva de encarar a problemática dos produtos finais de depuração das A. R., diferente da que se coloca relativamente ao seu destino final e que reside na sua recuperação como recursos materiais e energéticos.

É importante salientar que a recuperação de águas residuais para fins diversos não é uma prática recente. Efectivamente, desde a Antiguidade que têm sido utilizadas como fertilizantes. Nos países do Sudeste Asiático, as águas residuais são utilizadas até para produção de proteína (criação de peixes).

Contudo esta prática de recuperação de águas residuais corrente na Ásia e a recuperação da água como um recurso a não desperdiçar, para que se vira o homem da tecnologia moderna, inserem-se em contextos culturais diferentes.

Enquanto na Ásia será difícil convencer as populações da necessidade de proceder a tratamentos das águas residuais a montante do processo de recuperação e reutilização, em virtude dos riscos para a saúde pública, a dificuldade para o homem da cultura ocidental (blocos Leste e Oeste incluídos ambos nesta designação) consistirá em convencê-lo a reutilizar a água e/ou outros produtos provenientes do tratamento de águas residuais.

No entanto, a mentalidade do homem ocidental relativamente aos problemas ecológicos tem evoluído muito nos últimos anos. As preocupações dominantes actualmente incidem sobretudo na não-poliuição do ambiente e na necessidade de encontrar substitutos para os recursos naturais que se vão esgotando progressivamente. Neste contexto, os custos e eficácia dos processos de tratamento assumem primordial importância face à eventual «repugnância» da reutilização dos produtos tratados.

2 — ÂMBITO DO TRABALHO

Este documento tem como objectivo apresentar, dum modo acessível aos técnicos da engenharia sanitária,

a problemática da recuperação de produtos finais da depuração de esgotos para fins agrícolas.

Os produtos finais dos diversos processos depurativos são essencialmente: efluente líquido depurado, lamas em diferentes graus de estabilização (secas e molhadas) e o biogás, proveniente da digestão anaeróbia de lamas.

A recuperação destes produtos pode satisfazer a fins diversos. Assim, o efluente pode ser aplicado em irrigação agrícola, em aquacultura (produção de proteína directamente pela criação de peixe, ou indirectamente pela criação de rações a partir de algas); as lamas podem ser utilizadas como fertilizante, aplicadas na sua forma simples ou após compostagem com resíduos sólidos; o biogás pode ser utilizado como combustível.

Do ponto de vista da agricultura interessa portanto focar a recuperação do efluente para irrigação e das lamas como fertilizante e condicionantes do solo.

Além da caracterização química e biológica destes produtos finais, analisar-se-á o impacte que a sua reutilização poderá ter para a saúde pública e será dada uma ideia dos equipamentos e técnicas de utilização destes produtos.

3 — PRODUTOS FINAIS DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS APLICADOS ÀS PEQUENAS COMUNIDADES

3.1 — Efluente líquido

A utilização de A. R. brutas como fertilizante agrícola data, tanto quanto é conhecido, da Antiguidade Clássica, tendo sido técnica corrente em Atenas.

Em épocas mais recentes, foi utilizada na Alemanha no séc. XVI, continuando a ser prática hoje em dia. Basta citar o caso de Melbourne (Austrália), onde a irrigação com A. R. brutas é praticada há mais de 70 anos, com obtenção de um líquido percolado no solo de melhor qualidade no que respeita aos nutrientes (PeN) do que o efluente de um tratamento secundário.

Como é evidente, a utilização de A. R. brutas na agricultura não pode ser indiscriminada, em virtude dos inerentes riscos para a saúde pública. Obviamente colocam-se menos reservas quanto à utilização de efluentes tratados, sendo um facto que hoje em dia é prática corrente em alguns países a utilização de efluentes depurados em irrigação agrícola. O país onde esta prática se desenvolve em mais larga escala é sem dúvida Israel, que possui mais de 100 sistemas de irrigação com águas residuais tratadas em funcionamento, seguidos pelos EUA.

Desde que seja salvaguardada a não-existência de riscos para a saúde pública, a irrigação com efluentes depurados apresenta vantagens bastantes positivas:

- Aproveitamento de um recurso essencial — a água;
- Depuração do efluente irrigado através da sua percolação pelo solo;
- Possível melhoramento da textura do solo, devido à adição de matéria orgânica.

3.2 — Lamas

É indispensável ao crescimento das plantas que o solo contenha determinadas quantidades de azoto, fósforo e matéria orgânica, além de menores teores de outros elementos, como o potássio, o calcário, etc. À medida que o cultivo intensivo das plantas vai *expor-*

tando estes elementos, há que proceder a uma compensação exterior, normalmente feita através da adição de adubos, químicos, constituídos por compostos inorgânicos, designadamente fosfatos e nitratos e sais de amónia.

É precisamente na composição química das lamas provenientes do tratamento de águas domésticas que reside o seu interesse como recurso a recuperar.

Embora a composição química das lamas seja variável de processo para processo, em qualquer caso apresentam teores em N e P susceptíveis de os tornarem atraentes como fertilizantes ainda com a vantagem de o seu conteúdo em matéria orgânica apresentar propriedades semelhantes às dos húmus do solo vegetal.

4 — FACTORES QUE CONDICIONAM A RECUPERAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS E LAMAS NA AGRICULTURA

4.1 — Introdução

Por muito interessante que se apresente o problema da recuperação de produtos do tratamento de águas residuais, não se deve perder de vista que há um risco para a saúde pública inerente a essa recuperação para fins agrícolas, que pode derivar da contaminação do solo, dos produtos agrícolas ou dos aquíferos. Impõe-se portanto a avaliação dos factores que condicionam a recuperação destes produtos para fins agrícolas de modo a minimizar os riscos para a saúde pública.

Alguns factores condicionantes podem ser comuns ao aproveitamento de lamas e ao aproveitamento de águas residuais tratadas; outros serão específicos de cada um desses produtos, por estarem relacionados com a sua composição química e microbiológica intrínseca.

Um factor muito importante é o tipo de vegetais a fertilizar ou a irrigar com lamas ou efluentes tratados.

Os condicionantes comuns dizem respeito à morfologia do solo e à sua natureza e textura.

Apresentam-se aqui as condições ideais quanto a local e natureza do terreno para aplicação destes produtos em agricultura, sem que se pretenda significar a não-existência de situações distintas das consideradas óptimas, que podem perfeitamente ser utilizadas com estes objectivos. Os princípios que seguidamente se apresentam devem ser considerados apenas como princípios de orientação e que não corresponderão a nenhuma situação concreta, na medida em que as morfologias e natureza dos terrenos são extremamente complexas.

4.2 — Morfologia do terreno

A importância da morfologia do terreno deriva da sua influência no escoamento da água superficial e/ou subterrânea (hidrologia da área). Além disso condiciona a erosão do solo e portanto o transporte de água residual tratada e lamas, bem como dos seus derivados, para outros locais.

Considerando que existem dois tipos distintos de bacias de drenagem, que podemos classificar de *fechada* e *aberta*, esquematizados na Fig. 1, será a bacia de drenagem fechada que melhor se adequa à aplicação de efluentes e lamas, visto que os produtos aplicados e os seus derivados não serão transportados para outros cursos de água ou para os mananciais de água subter-

rânea. O líquido em excesso refugia-se em charco ou lagoa, parte dele evapora-se e outra parte infiltra-se no solo em curta extensão. Deste modo, a poluição arrastada para fora do perímetro da bacia é mínima.

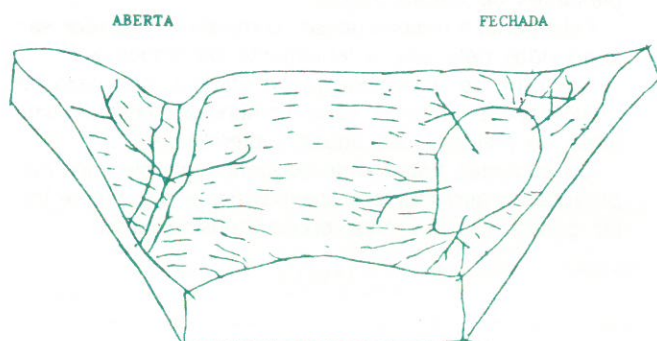


Fig. 1 — Esquema representativo de bacias de drenagem

Mesmo nestas bacias, convém que o declive das vertentes não exceda 4‰ a fim de não favorecer a erosão.

4.3 — Textura do terreno

Um solo que recebe água residual tratada ou que recebe lamas funciona para estes produtos como um filtro e como unidade de depuração, onde se processam reações químicas e bioquímicas que conduzem a uma maior redução da carga poluente (química e microbiológica) dos produtos em causa.

A capacidade depuradora do solo é evidente; basta pensarmos que os microrganismos do solo representam, de longe, a maior biomassa do planeta: 1 hectare de terreno pode conter 1 a 2 toneladas de microrganismos, o que corresponde entre 100 a 200g de biomassa/litro. Consequentemente, a textura e natureza do terreno é de extrema importância, na medida em que influenciam a velocidade de percolação, a capacidade de adsorção de partículas e microrganismos (principalmente vírus) e a penetração do oxigénio atmosférico necessário à biodegradação da matéria orgânica.

Dum modo geral, a textura ideal do solo que irá receber lamas ou água residual tratada deverá ser média. Terrenos de textura mais fina poderão receber efluentes, desde que estes sejam aplicados em escoamento superficial. O problema dos terrenos de textura fina não reside no facto de terem menos espaços vazios do que os terrenos de textura grosseira, mas sim no facto de a velocidade de passagem de água ser menor, de aumentar o risco de colmatação pelos sólidos em suspensão (S.S.) dos efluentes e/ou das lamas, com o conseqüente aparecimento de anaerobiose.

Quanto à natureza química do terreno são indicados os terrenos alcalinos, de pH compreendido entre 6,5 e 8,2.

4.4 — Características químicas das águas residuais tratadas

A utilização de águas residuais tratadas em irrigação pode ser limitada no tempo para algumas das suas características químicas, com particular ênfase para os sólidos em suspensão, matéria orgânica facilmente biodegradável (CBO_5), azoto e salinidade. O teor de fósforo e

metais pesados também podem vir a constituir factor limitante.

Impõe-se portanto a realização de análise químicas dos efluentes a irrigar, como ponto prévio à sua utilização. Os parâmetros que devem indubitavelmente ser analisados são os seguintes: CBO_5 , CQO, pH, azoto nas suas diversas formas (total, amoniacal, nitritos, nitratos) e fósforo total.

Outros parâmetros poderão e deverão ser pesquisados, caso se suspeite, através do conhecimento da origem do efluente, que tais parâmetros poderão atingir valores elevados. Assim, presumindo-se que o efluente contém muitos sólidos em suspensão, deverão ser analisados os sólidos em suspensão totais. Se houver presunção de elevada concentração de sólidos dissolvidos, deverá medir-se a condutividade. Na eventualidade de a condutividade exceder os 250 $\mu mho/cm$ deverá verificar-se o teor de certos iões e cloretos: potássio, cálcio, magnésio e sódio.

Poderá ainda ser necessário analisar outros parâmetros como os metais pesados, boro, pesticidas ou outros compostos.

Nos parágrafos seguintes tenta dar-se uma explicação para a necessidade do conhecimento prévio da composição química dos efluentes tratados relativamente aos parâmetros atrás citados

a) CBO_5 e S.S.

Dum modo geral, as concentrações em CBO_5 e S.S. dos efluentes tratados são baixas, como é conveniente para a sua utilização como irrigante, pois caso contrário a capacidade de infiltração no solo será reduzida por sedimentação dos S.S., o que limitará a quantidade de oxigénio no solo, diminuindo a capacidade respiratória das populações microbianas que decompõem a matéria orgânica infiltrada.

Em conseqüência, entra-se em anaerobiose, com libertação de cheiros desagradáveis e proliferação de insectos.

b) Azoto

O azoto inorgânico pode ocorrer na forma de amónia, nitrito e nitrato. Se o solo possuir boas condições de arejamento, a amónia e nitrito são transformados em nitratos (nitrificação). Em condições de fraco arejamento de solo (e desde que se verifique a existência de matéria orgânica carbonada em determinada proporção relativamente ao azoto) dá-se a desnitrificação, ou seja, a redução dos nitratos e nitritos a azoto gasoso que se evolam para a atmosfera.

Qualquer das formas em que o azoto inorgânico ocorre é assimilável pelos vegetais. Os nitratos além de serem muito solúveis em água possuem uma grande mobilidade neste solvente, o que implica o risco de poluição das águas subterrâneas.

Da carga de azoto orgânico contida na área residual irrigada num ano, um terço será mineralizado a amónia, nitrito e nitrato nesse ano. Os restantes dois terços ficarão retidos no solo, incluídos no húmus. Este continuará a decompor o azoto orgânico durante os anos posteriores, mas a taxas muito reduzidas.

Em face do exposto, parece aconselhável que o teor de azoto de águas residuais tratadas a aplicar em irrigação não exceda a quantidade de azoto a ser utilizada

pelas plantas, acrescida dum certo teor que representará a compensação relativa à desnitrificação e à retenção no húmus.

c) Fósforo

Os compostos fosforados presentes em A. R. tratadas podem por vezes atingir teores preocupantes, o que é em larga medida devido aos detergentes. Felizmente, o solo apresenta uma boa capacidade de reter o fósforo. Esta retenção faz-se a dois níveis: consumo pelos microrganismos do solo e adsorção no solo.

A quantidade de fósforo que é utilizada pelos microrganismos depende da proporção entre carbono e fósforo.

Desde que $C:F > 225$, a totalidade do fósforo será utilizada pelos microrganismos.

A quantidade de fósforo absorvido pelo solo varia consoante a natureza do terreno, apresentando os terrenos argilosos melhor capacidade de adsorção que os terrenos arenosos.

Também a técnica utilizada para distribuir o efluente no solo tem influência no rendimento da eliminação do P, verificando-se melhores resultados com a irrigação por aspersão do que com a infiltração-percolação.

d) Salinidade

Um efluente que contenha um elevado teor de sais dissolvidos pode ser nocivo para o crescimento das plantas, crescendo ainda que o líquido irrigado ao infiltrar-se no solo verá a sua salinidade aumentada.

O valor limite a partir do qual o líquido se torna impróprio para irrigação é uma questão polémica, dados os factos de que depende: tipo de culturas a irrigar, condições atmosféricas, tipo de solo. Todavia, alguns autores consideram que efluentes com condutividade superior a 2500 mmho/cm não são impróprios para irrigação.

e) Micronutrientes

Ao contrário do que sucede nas lamas de tratamentos de A. R., os micronutrientes e os metais não têm tendência a acumular-se nos efluentes. Existe uma única excepção esta regra: o boro.

Este elemento pode ser tóxico para algumas espécies vegetais mesmo em concentrações bastante baixas, da ordem dos 0,5mg/l.

Na tabela 1 apresentam-se os valores médios da concentração de esgotos domésticos em metais pesados, bem como a concentração máxima recomendada para irrigação agrícola.

Pode pois concluir-se que, a menos que se verifique algum lançamento na rede de A. R. industriais não tratadas, os metais pesados não oferecem perigo para o aproveitamento do efluente em irrigação.

Note-se que o cobre e o zinco são nutrientes essenciais ao crescimento das plantas.

f) Compostos orgânicos

Alguns compostos orgânicos, sobretudo sintéticos, como os pesticidas e muitos reagentes da indústria química, são de difícil biodegradabilidade, podendo representar inconvenientes para a recuperação do efluente

tratado, por razões diversas, desde possuírem uns propriedades detergentes a terem outras propriedades complexantes de metais tóxicos.

Felizmente a maioria desses compostos orgânicos são absorvidos pelo solo e lentamente decompostos.

Contudo, se a percolação do efluente pelo solo for muito rápida, poderão estes compostos constituir uma fonte de poluição das águas subterrâneas.

Os efluentes tratados de pequenos aglomerados não provocarão geralmente problemas deste tipo, por se tratar geralmente de zonas pouco industrializadas.

TABELA 1

Concentração média de águas residuais domésticas em metais pesados
Concentração máxima de efluentes em metais pesados para irrigação agrícola

Elemento	Concentração média em A. R. domésticas mg/l	Concentração máxima para irrigação mg/l
Cádmio	0,001-0,023	0,01
Crómio	0,003-0,15	0,10
Cobre	0,09 -0,21	0,20
Níquel	0,01 -0,15	0,20
Chumbo	0,075-0,16	5,0
Zinco	0,13 -0,37	2,0

4.5 — Características químicas das lamas

Sob a designação genérica de «lamas» pretende-se de um modo geral falar de produtos bastante diferentes, quer em composição química, estado físico e biodegradabilidade, mas com o denominador comum de serem sólidos sedimentados em operações de decantação de A. R. e posteriormente submetidas ou não a digestão anaeróbia ou aeróbia, com vista à sua estabilização.

Torna-se assim evidente a impossibilidade de se conhecer a composição química média das lamas, podendo quando muito conhecer-se essas características para determinado tipo de lamas, devendo salientar-se que, mesmo para um dado tipo de lamas, a sua composição pode variar de dia para dia e de ETAR para ETAR.

Na tabela 2 apresentam-se as características mais correntes dos diversos tipos de lamas.

Partindo do princípio em que lamas brutas ou não digeridas não devem ser aplicadas no solo como fertilizante e tendo em atenção os processos de tratamento considerados apropriados aos pequenos aglomerados, cingir-nos-emos apenas às lamas digeridas anaeróbiamente, as quais poderão ser utilizadas húmidas ou desidratadas.

O interesse das lamas como fertilizante reside, como dissemos, no facto de constituírem uma fonte de azoto. O cálculo da taxa de aplicação de lamas por unidade de área de terreno implica que se conheça o teor médio de azoto nas lamas. Além desse dado, pode eventualmente ser útil conhecer a composição das lamas relativamente a outros parâmetros, que de um modo geral não influenciam taxa de aplicação de lamas, na medida em que existem em baixíssimas concentrações, mas que nos casos em que a rede de A. R. recebe efluentes de certas indústrias podem atingir valores susceptíveis de causar deletérios nas culturas.

Deste modo, podemos distinguir entre as características químicas que se devem analisar sempre antes de utilizar uma lama (tabela 3) e aquelas que deverão ser

TABELA 2
Características das lamas

Tipo de lama	Aspecto e condições	Cheiro	Secagem	Humidade
Lamas brutas	Pardo, bastante putrescível, pegajosa	Mau	Não pode ser feita em leitos ou filtros	95,0 ^o -97,5 ^o
Lama secundária	Cinzento-pardo Floculenta Menos putrescível	Não é ofensiva quando recente	Em algumas instalações esta lama é encaminhada directamente para os leitos	92-95 ^o
Lama activada	Castanho-escuro Floculenta	Sem cheiro quando recente	Difícil em leitos, a menos que haja condicionamento	98,5-99,5 ^o
Lamas da precipitação química	Acinzentada, dependendo do coagulante Gelatinosa	Ofensiva	Difícil nos leitos de secagem	93-95 ^o
Lama séptica	Preta	Pútrido		
Lama digerida	Preta, grossa textura homogénea, granular	Não-ofensiva	Fácil em leitos de secagem	Dec Prim 87 ^o Percolador 90 ^o Lamas Act 93 ^o Precip. Quim 90 ^o

analisadas apenas quando o conhecimento da água residual bruta assim o indica.

No conjunto destas últimas características contam-se os metais pesados (zinco, cobre, níquel, cádmio, chumbo, prata, mercúrio, cobalto, crómio, bário, molibdénio, magnésio, cálcio) e também o arsénio, selénio e o enxofre.

Os resultados das análises devem reportar-se a uma base de sólidos secos, visto que o teor de sólidos da lama varia com o seu grau de humidade.

TABELA 3

Parâmetros a analisar numa lama antes do seu aproveitamento

Parâmetro	
% Sólidos	Cu
N Total	Zn
N - NH ₄ ⁺	Ni
N - NO ₃ ⁻	Pb
P Total	Cd
K Total	

A taxa de aplicação das lamas sobre o solo é função de dois factores primordiais: as necessidades de azoto dos vegetais e do teor das lamas em metais. Caso as lamas contenham elevado teor de metais, nomeadamente de cádmio, as lamas apenas poderão constituir uma fonte auxiliar de azoto, ao passo que se o teor de metais for baixo as lamas apenas poderão ser a única fonte de azoto. Contudo, tanto num caso como noutro, poderá ser necessário um fertilizante comercial como fonte de potássio.

Na tabela 4 apresenta-se a composição média de lamas digeridas anaerobiamente, relativamente a sólidos secos, podendo ainda comparar-se o seu valor fertilizante com o dos fertilizantes comerciais. No Anexo I apresentam-se tabelas com a composição média de diversos tipos de lamas.

O valor fertilizante de um produto está condicionado aos teores de azoto, fósforo e potássio (factor N:P:K). Relativamente aos fertilizantes naturais, as lamas secas constituem uma fonte de húmus (cerca de 50% do seu peso em matéria seca) e que além disso contém muitas

substâncias auxiliares para o conveniente desenvolvimento dos vegetais.

Pode ainda encarar-se a hipótese do enriquecimento das lamas com vista a atingir um factor N:P:K próximo dos fertilizantes comerciais.

Disse-se atrás que a taxa de aplicação de lamas depende das necessidades de azoto das plantas. É necessário ter atenção no cálculo dessa taxa, pois que nem todo o azoto aplicado no solo pode ser utilizado pelas plantas no primeiro ano, porque nem todo está sob a forma de amónia, nitritos e nitratos. Durante o primeiro ano apenas 20% do azoto orgânico se transforma em amónia e nitratos, calculando-se que em cada ano posterior se transformará 3% do azoto orgânico remanescente.

TABELA 4

Composição química média de lamas digeridas anaeróbias

Parâmetro	Composição média em lamas anaeróbias	Composição dos fertilizantes comerciais
Azoto orgânico	1 ^o -5 ^o %	4 ^o %
Azoto amoniacal	1 ^o -3 ^o %	
Fósforo total	1,5 ^o -5 ^o %	9 ^o %
Potássio total	0,2 ^o -0,8 ^o %	10 ^o %

O processo de aplicação das lamas no solo também influencia a taxa de aplicação. Efectivamente se a lama for aplicada à superfície do terreno, é preciso contar com cerca de 50% de perda do azoto amoniacal, que se volatiliza sob a forma de amoníaco NH₃. Isto implica que a taxa de aplicação da lama terá que ser um pouco mais elevada.

Se as lamas forem misturadas e incorporadas no terreno, a taxa de aplicação de lamas estará de acordo com as necessidades das culturas em azoto. Neste caso, sucede geralmente que as culturas recebem mais fósforo do que aquele que necessitam para o seu crescimento, o que poderá constituir um factor retardador do crescimento. Assim, os terrenos fertilizados com lamas deveriam ser analisados periodicamente a fim de se pesquisar o teor de fósforo, podendo eventualmente interromper-se aplicação de lamas.

Quando se diz que o teor de metais é um dos factores

limitantes da aplicação de lamas, referimo-nos particularmente ao Pb, Cu, Zn, Ni e Cd.

As cargas totais cumulativas de metais pesados que têm sido praticadas sem provocar alterações significativas no crescimento e composição de muitos vegetais apresentam-se na tabela 5.

TABELA 5

Quantidade de metais pesados susceptíveis de serem aplicados na agricultura sem provocar danos nos vegetais [USEPA, 1977]

Metal	Capacidade de permuta iónica do solo meq/100g		
	0-5	5-15	15
	Quantidade total de metal (g/m ²)		
Chumbo	50,5	100,8	201,6
Zinco	25,2	50,4	100,8
Cobre	12,7	25,2	50,4
Níquel	5,0	10,1	20,2
Cádmio	0,5	1,0	2,0

O facto de estes valores limites serem tabelados em função da capacidade de permuta iónica do solo não significa que os metais adicionados ao solo se apresentem sob a forma de cátions permutáveis. Acontece porém que a capacidade de permuta iónica de um solo é uma propriedade simples de se medir e traduz bem o conteúdo desse solo em matéria orgânica e argila, pois aumenta com o aumento destas substâncias. Ora quanto mais matéria orgânica e argila um solo contiver mais difícil será existirem metais sob forma assimilável pelas plantas. Daí que, conforme se verifica na tabela 5, quanto mais elevada a capacidade de permuta iónica do solo, maiores são as quantidades de metais susceptíveis de ser adicionadas ao solo sem prejuízo dos vegetais.

4.6 — Características microbiológicas dos efluentes tratados e das lamas

4.6.1 — Considerações gerais

Os processos de tratamento convencionais não reduzem significativamente a carga poluente biológica contida nas águas residuais brutas, com excepção da lagunagem natural, desde que o tempo de retenção vá além dos 20 dias.

Deste modo, os efluentes produzidos por qualquer processo de tratamento que não seja a lagunagem, contêm germes patológicos — vírus, bactérias, protozoários e helmintas — provenientes na sua esmagadora maioria dos excreta humanos.

Os efluentes de sistemas de lagunagem cujo tempo de retenção é suficientemente longo poderão conter ainda vírus e bactérias patogénicas, mas a sua carga de poluição biológica será já bastante reduzida, não contendo já protozoários patogénicos, bem como ovos e larvas de helmintas.

A principal razão da maior eficiência da lagunagem na remoção dos germes patogénicos reside no seu elevado tempo de retenção, existindo ainda outros factores importantes como a exposição à luz solar e boas condições de sedimentação dos microrganismos, que constituem um ambiente desfavorável para a sobrevivência dos mesmos.

De entre os microrganismos patogénicos, os vírus são uma fonte de particular preocupação quanto à recuperação de efluentes ou de lamas, pelo que julgamos ser conveniente dedicar-lhe um pouco de atenção.

4.6.2 — Vírus

Existem mais de 100 vírus excretados pelo homem, dos quais se destacam, pelos riscos que implicam, os seguintes:

- Enterovírus (67 tipos)
- Rotavírus
- Pavavírus (2 tipos pelo menos)
- Vírus da Hepatite A
- Adenovírus (31 tipos)

A concentração dos vírus nas águas residuais brutas depende da concentração destas, da época do ano, do tipo de aglomerado populacional e da técnica utilizada para a sua contagem. Contudo, têm-se observado contagens superiores a 10⁵ vírus/litro em águas residuais brutas. É possível que o valor real seria 10 a 100 vezes mais elevado do que o valor medido, em virtude da dificuldade e das limitações das técnicas de análise de vírus.

Os vírus excretados pelo homem são parasitas intracelulares, sendo incapazes de se reproduzirem fora da célula do hospedeiro. deste modo, as lamas constituem um *habitat* hostil para os vírus. Daí que os vírus suficientemente fortes para sobreviverem a um tratamento de lamas podem reactivar-se a uma velocidade que aumenta com a temperatura e outros factores.

Saliente-se que os vírus infecciosos são capazes de sobreviver bastante tempo fora da célula do hospedeiro.

Alguns estudos parecem indicar que há determinados factores a contribuir para a sobrevivência dos vírus, nomeadamente: adsorção sobre outras partículas (de lamas por exemplo), temperaturas baixas e elevados níveis de matéria orgânica e de humidade no solo, além de certas condições iónicas e de pH, que não sejam propícias à desnaturação da cápsula proteica dos vírus que envolve o material genético infeccioso (o DNA ou o RNA).

Muitos autores se têm dedicado ao estudo virulógico dos processos de tratamento. Não obstante não existem dados conclusivos acerca da eficiência da decantação primária na remoção dos vírus.

No que respeita aos tratamentos secundários, tudo indica que as lamas activadas são mais eficientes na remoção de vírus do que os leitos percoladores.

O cloro, habitual agente de desinfecção em tratamentos, consegue resultados menos efectivos na redução de vírus do que de bactérias coliformes. A inactivação dos vírus pela cal também não é um processo seguro, mesmo a pH > 11,5.

A digestão anaeróbia de lamas, que é indubitavelmente o processo de tratamento mais comum para as lamas, é relativamente eficiente no que respeita à remoção de vírus. A digestão termófila (50-60°C) reduz duas potências de 10, enquanto a digestão mesófila reduz uma potência de 10.

4.6.3 — Parasitas

A presença de ovos e cistos de parasitas humanos

em água residuais domésticas depende bastante do grau de desenvolvimento socioeconómico da comunidade. Pode no entanto dizer-se que os problemas de saúde causados por *Ascaris lumbricoides* e *Trichuris trichiura* são altamente endémicos em qualquer parte do mundo.

Além destes, é possível encontrar ovos e cistos de parasitas de animais, alguns dos quais são susceptíveis de provocar doença no homem.

Na tabela 6 apresentam-se os parasitas mais importantes que se podem detectar em efluentes ou lamas. Alguns não são propriamente perigosos, mas são suficientemente resistentes para sair do processo de tratamento num estado viável.

TABELA 6

Principais parasitas em lamas e efluentes

Parasitas	Estado	Hospedeiro definitivo
<i>Ascaris lumbricoides</i>	ovo	homem
<i>Ascaris suum</i>	ovo	homem
<i>Trichuris trichiura</i>	ovo	homem
<i>Trichuris suis</i> *	ovo	porco
<i>Trichuris vulpis</i> *	ovo	cão
<i>Toxara canis</i>	ovo	cão
<i>Toxara cati</i>	ovo	gato
<i>Taenia saginata</i> **	ovo	homem
<i>Taenia solium</i>	ovo	homem
<i>Echinococcus granulosus</i>	ovo	cão
<i>Echinococcus multilocularis</i>	ovo	cão
<i>Toxoplasma gondii</i>	cistos	gato

*Importância médica duvidosa

**Ovo não-infeccioso para o homem

Os factores que afectam a sobrevivência dos parasitas são vários, podendo classificar-se em:

- Químicos — amónia, cloro, ácidos, etc.
- Físicos — temperatura, humidade, radiações, etc.
- Biológicos — fungos, protozoários

Nos processos de tratamento de águas residuais, apenas os mecanismos da filtração, da sedimentação e da digestão termófila parecem contribuir para a remoção dos ovos e cistos de parasitas.

Embora no Anexo II se apresente um resumo da redução de germes patogénicos pelos diversos processos de tratamento, salientamos que o tanque Imhoff e os leitos percoladores conseguem atingir reduções de 50 a 97% dos parasitas e de 38 a 99% respectivamente.

Os leitos de secagem também reduzem a presença destes germes patogénicos, por acção da redução do teor de humidade das lamas a menos de 5%.

Estudos recentes parecem apontar para um processo eficaz e económico de destruição de ovos e cistos de parasitas, o qual consiste na aplicação de ultra-sons a frequências da ordem dos 40 k Hertz.

4.6.4 — Tempo de sobrevivência dos microrganismos

4.6.4.1 — Introdução

Considerando que o objectivo deste tema se reporta à utilização agrícola dos efluentes e das lamas, será conveniente analisar a sobrevivência dos microrganismos nestes dois meios, bem como os factores que

afectam a sua sobrevivência depois de estes materiais serem aplicados ao solo e ainda a sua sobrevivência nos vegetais.

Chamamos a atenção para o facto de não dispormos de informação quanto aos tempos de sobrevivência nas diversas situações acima apontadas para os mesmos germes patogénicos.

No Anexo II apresenta-se uma tabela-resumo da eficiência da remoção de patogénicos nos diversos processos de tratamento.

4.6.4.2 — Tempo de sobrevivência nos efluentes

Os factores que mais afectam a sobrevivência dos microrganismos em efluentes tratados são: a temperatura (a sobrevivência aumenta a baixas temperaturas) e a presença de outros microrganismos que exercem acção predadora ou concorrencial.

TABELA 7

Tempo de sobrevivência em efluentes

Microrganismos	Tempo de sobrevivência
Coliformes fecais	15 a 60 dias
Salmonela	1 a 3 meses
<i>Vibrio cholerae</i>	< 20 dias
Virus entéricos	2 meses a 20-30 C 9 meses a 10 C
<i>Entamoeba histolytica</i>	20 dias
Ovos de <i>Ascaris</i>	> 1 ano

4.6.4.3 — Tempo de sobrevivência nas lamas

A informação disponível sobre este assunto encontra-se considerada na tabela 8.

TABELA 8

Tempo de sobrevivência em lamas

Microrganismo	Tempo de sobrevivência
Coliformes fecais	4 a 5 meses
Salmonela	1 a 5 meses
Vibriões	< 5 dias
Virus entéricos	3 a 5 meses
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	5 meses a 2 anos
Protozoários (cistos)	10 dias a 1 mês
Ovos de <i>Ascaris</i>	> 1 ano

4.6.4.4 — Tempo de sobrevivência no solo

A sobrevivência dos germes patogénicos no solo, como dos microrganismos em geral, é condicionada pelos seguintes factores: temperatura, humidade, pH, teor do solo em matéria orgânica, cobertura vegetal do solo e taxa de aplicação de lamas ou efluente.

Assim verifica-se que a sobrevivência é menor em terrenos arenosos, com baixo teor de humidade e durante tempo seco.

As baixas temperaturas são favoráveis à sobrevivência dos microrganismos.

A luz solar, pelo seu poder germicida, faz com que a sobrevivência seja menor à superfície do solo.

Verifica-se ainda que os solos ácidos (pH 3-5) são mais desfavoráveis que os solos alcalinos para a sobrevivência dos microrganismos.

Os microrganismos que sobrevivem durante mais tempo no solo parecem ser os estreptococos fecais, as Salmonelas e os Ovos de áscaris. Relativamente aos vírus existe pouca informação na literatura da especialidade, sabendo-se no entanto que estes podem ser absorvidos à superfície das partículas constituintes do solo, onde ficam protegidos das condições adversas do ambiente, podendo sobreviver até pelo menos seis meses em climas frios.

TABELA 9

Tempo de sobrevivência no solo

Microorganismo	Tempo de sobrevivência
Coliformes fecais	< 25 dias a vários anos
Salmonela	> 1 ano
Vírus	3 a 6 meses
Protozoários (cistos)	< 10 dias
Áscaris (ovos)	vários anos

4.6.4.5 — Tempo de sobrevivência nos vegetais

Dos estudos efectuados acerca da propagação de germes patogénicos em culturas fertilizantes com efluentes tratados ou lamas, concluiu-se que as bactérias e vírus são incapazes de penetrar nos vegetais desde que a «pele» destes não se apresente danificada. Saliente-se, no entanto, que sobre a membrana que reveste os vegetais foram detectadas todas as espécies de patogénicos.

Isto é motivo suficiente para desaconselhar por completo a utilização de efluentes ou lamas na fertilização de vegetais destinados a ser consumidos em cru.

Relativamente aos factores que afectam a sobrevivência dos microrganismos nos vegetais, verifica-se que condições atmosféricas de baixa humidade e elevadas insolações são as mais desfavoráveis.

É muito curioso que o tempo de sobrevivência nos vegetais é menor do que nos outros meios e que os ovos de áscaris são muito menos resistentes nos vegetais do que as bactérias e os vírus.

TABELA 10

Tempo de sobrevivência nos vegetais

Microorganismo	Tempo de sobrevivência
Coliformes fecais	1 a vários meses
Salmonelas	1 a 6 meses
Vibriões	< 7 dias
Protozoários (cistos)	< 2 dias
Helminas (ovos)	< 1 mês

5 — VANTAGENS E INCONVENIENTES DA RECUPERAÇÃO DE LAMAS E AFLUENTES PARA FINS AGRÍCOLAS

5.1 — Introdução

Tentar-se-á neste capítulo fazer uma análise dos riscos epidemiológicos ligados à utilização de lamas e efluentes confrontada com as vantagens da recuperação de resíduos e do rendimento do crescimento das culturas assim fertilizadas.

5.2 — Inconvenientes

Os principais inconvenientes da recuperação destes produtos residem nos potenciais riscos para a saúde pública. Estes riscos estão ligados tanto à composição química (metais pesados, elementos e compostos tóxicos) como às características microbiológicas das lamas e efluentes, como se torna evidente pela análise das características químicas e microbiológicas anteriormente referidas.

A transmissão dos vectores de doença pode ocorrer por diversas vias:

- Contaminação das origens de águas subterráneas;
- Contacto directo do homem com as lamas ou águas residuais tratadas;
- Manuseamento das culturas fertilizadas com estes produtos;
- Através da cadeia alimentar (consumo de vegetais ou de animais alimentados com produtos fertilizados com efluentes e/ou lamas);
- Contacto com os aerossóis formados durante o processo de irrigação.

De certo modo, estes riscos são um tanto reduzidos pela acção depuradora do próprio solo, o qual é bastante eficaz na remoção de vírus e bactérias, por um mecanismo semelhante ao dos filtros lentos. A eficiência do solo na remoção de microrganismos contidos em lamas ou águas residuais tratadas sobre ele aplicadas depende de determinadas características do solo, consoante se viu em 4.6.4.4.

Dum modo geral, o percurso das bactérias no solo não é muito longo. Não se pode dizer exactamente o mesmo sobre os vírus, porque são partículas de muito pequenas dimensões e já têm sido detectados casos em que os vírus percorrem importantes percursos no solo.

A eliminação dos microrganismos no solo processa-se não só à medida que o líquido que os transporta (o efluente irrigado ou água de irrigação ou de chuva aplicada sobre as lamas) vai progredindo na vertical no sentido de cima para baixo, mas também à medida que se vai escoando lateralmente. Este assunto tem sido estudado experimentalmente em alguns países, nomeadamente em França, ressaltando desses estudos a conclusão de que a carga hidráulica de efluente aplicado é um factor importante na redução bacteriológica e virulógica no sentido do escoamento lateral.

Além da carga hidráulica, a natureza do terreno é também um factor importante, principalmente no caso dos vírus, cujo percurso é reduzido se a natureza do solo for propícia à sua adsorção. Concluiu-se pois que elevadas cargas hidráulicas e terrenos arenosos oferecem pouco rendimento na acção depuradora do solo relativamente aos microrganismos.

Os riscos de saúde inerentes aos aerossóis que se formam na irrigação com A.R. tratadas tornam-se uma realidade quando as pequenas gotículas de líquido se introduzem na garganta ou nos pulmões.

Actualmente ainda se conhece muito pouco acerca do percurso máximo atingido pelos aerossóis e da sobrevivência dos germes que contêm. Sabe-se no en-

tanto, que a acção dos aerossóis depende do vento, temperatura, humidade, existência de obstáculos ou de vegetação. Um processo prático de redução destes riscos consiste em utilizar equipamento de irrigação a baixa pressão, que produz gotas maiores e ainda em não irrigar durante as ocasiões de ventos fortes.

A utilização de efluentes e/ou lamas em explorações agrícolas pode ainda trazer problemas de controle de pragas, como por exemplo insectos e roedores, os quais poderão ser vectores de transmissão de bactérias e vírus. A propagação de mosquitos poderá ser o inconveniente mais preocupante que ocorre em explorações irrigadas com efluentes de tratamento de águas residuais. No entanto, o problema pode ser minimizado se o sistema de irrigação for convenientemente estudado de modo a não provocar inundações do terreno ou mesmo anulado por intermédio dos métodos tradicionais de controle e pragas.

Por tudo o que acaba de ser exposto é facilmente compreensível que em certos casos seja necessário vedar o acesso aos locais em que haja aplicação destes materiais.

Quanto à contaminação das culturas, desde que efluentes ou lamas não sejam aplicados em culturas que sejam ingeridas cruas pelo homem ou animais, o principal problema virá dos metais pesados, cujos efeitos na saúde são ainda pouco conhecidos. Eliminar na origem o lançamento de águas residuais industriais que contenham metais pesados será o melhor remédio, para evitar que esses poluentes entrem na cadeia alimentar.

5.3 — Vantagens

As principais vantagens da reutilização dos produtos finais do tratamento de águas residuais para fins agrícolas são distintas, consoante se trate do aproveitamento do efluente em irrigação ou da fertilização com lamas.

No caso da irrigação com efluente tratado, a recuperação da água que assim se consegue pode representar um benefício de capital importância, sobretudo em zonas onde a água é um recurso escasso.

A fertilização com lamas, apesar do seu teor N:P:K relativamente baixo comparativamente com o dos fertilizantes comerciais, poderá ser perfeitamente satisfatória para algumas culturas, com a vantagem de as lamas conterem húmus e não contribuírem para a poluição química do solo, como é o caso dos fertilizantes comerciais.

No Anexo III apresentam-se as normas correntes em alguns países, respeitantes à utilização de lamas de águas residuais como fertilizantes na agricultura.

No Anexo IV sumarizam-se as normas vigentes em Israel relativas à aplicação de A.R. tratadas em agricultura.

6 — PRINCIPAIS PROCESSOS DE APLICAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS NO SOLO

6.1 — Introdução

Os principais processos de utilização do solo como meio receptor são: irrigação, percolação sobre o terreno e infiltração-percolação.

Do ponto de vista de aproveitamento agrícola, o pro-

cesso que se apresenta com mais interesse é a irrigação.

A irrigação poderá ser definida como a descarga controlada do efluente sobre o solo, com o objectivo de fornecer a água consumida pelas plantas na sua alimentação e nos seus processos de evapotranspiração.

As técnicas da irrigação mais correntes são: por aspersão, sulcos e canais e por inundações.

6.2 — Irrigação por aspersão

A irrigação por aspersão consiste em distribuir o efluente sobre o terreno por meio de bocais aspersores ligados a tubagem sobre pressão enterrada a pouca profundidade (Fig. 2).

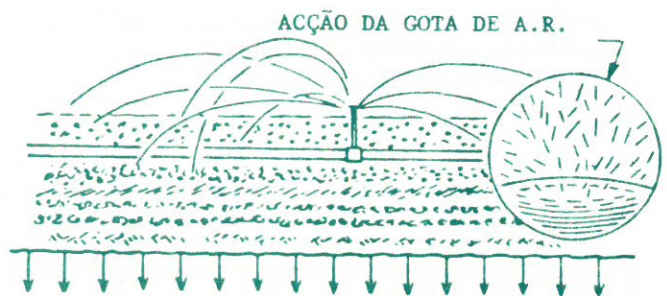


Fig. 2 — Esquema representativo dum sistema de irrigação por aspersão com água residual [11]

A pressão será assegurada por uma bomba ou por um reservatório colocado a cota adequada.

O equipamento para a irrigação por aspersão é bastante diversificado, sobretudo no que respeita aos bocais aspersores, que podem ser fixos ou móveis, portáteis ou permanentes e com capacidade para uma larga gama de caudais, desde 1,5 l/min a 4 m³/min.

A taxa de efluente a irrigar por aspersão depende da textura do solo e da cobertura vegetal. Seria aconselhável efectuar testes de infiltração e percolação no terreno a irrigar, como ponto prévio à determinação da taxa de irrigação.

Alguns sistemas deslocam a tubagem de alimentação sobre o terreno, por meio de grandes rodas, cujo eixo é atravessado pela tubagem de alimentação.

Trata-se de um sistema que só pode ser aplicado a culturas relativamente baixas, isto é, de altura inferior ao raio da roda e em terrenos muito planos.

O sistema mais utilizado, devido à sua versatilidade, nos países em que a irrigação com efluentes é praticada é o aspersor ligado a uma tubagem enrolada, transportada sobre rodas e que se vai desenrolando sobre o terreno. Trata-se de um sistema que requer pouca mão-de-obra, apresentando no entanto a desvantagem de requerer uma pressão elevada.

A mão-de-obra é seguramente o principal índice para a selecção de um sistema de aspersão. Acima de determinados caudais, torna-se praticamente obrigatório optar por um sistema mecanizado.

6.3 — Irrigação por sulcos e canais

A irrigação é praticada distribuindo o efluente através de canais ou sulcos pelos quais se infiltra no solo (Fig. 3). O terreno não precisa de ter uma grande pendente, devendo ser relativamente plano.

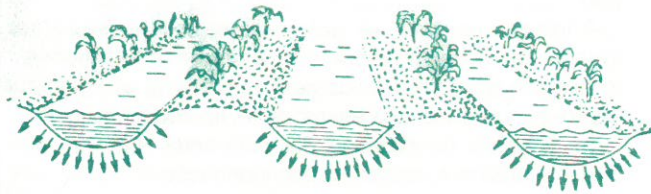


Fig. 3 - Esquema representativo de um sistema de irrigação por sulcos e canais [11]

As vantagens deste sistema são de dois tipos: económicas, pois não necessita de equipamento e a distribuição do efluente é feita por gravidade; e sanitárias, pois o efluente não contacta directamente com a folhagem das plantas.

A quantidade do efluente a aplicar será função da taxa de infiltração do terreno e determinará, por sua vez, a largura e profundidade dos sulcos.

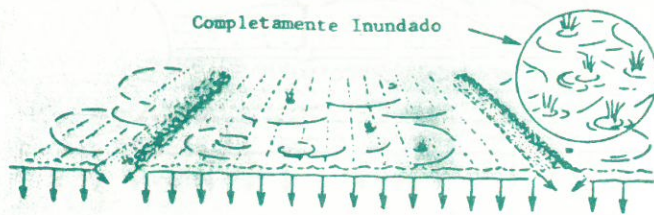


Fig. 4 - Esquema representativo dum sistema de irrigação por inundação do terreno [11]

6.4 - Irrigação por inundação

Este processo consiste em inundar o terreno com efluentes até o líquido atingir determinada altura, que depende da vegetação e do tipo de solo. O terreno deve ser praticamente plano e limitado por uma estrutura de terra (Fig. 4).

7 - MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE LAMAS NO SOLO

A utilização das lamas como fertilizante agrícola envolve três fases interdependentes: o *tratamento* das lamas, o seu *transporte* e a sua aplicação no solo.

O grau de tratamento condiciona os sistemas de transporte e aplicação. Assim, se o tratamento for levado até à desidratação das lamas, o problema do transporte põe-se de maneira diferente do problema do transporte de lamas líquidas. Se a desidratação das lamas for processável a baixo custo, não é de encarar o seu manuseamento noutra estado. Contudo quando se torna difícil ultrapassar o estado pastoso, torna-se interessante a aplicação das lamas no estado líquido. Em muitas estações de tratamento no estrangeiro, o processo de desidratação de lamas foi substituído pela aplicação das mesmas no solo, sob a forma líquida, com resultados satisfatórios.

Na selecção do sistema de transporte, além do estado físico das lamas, há que ter em atenção outros factores, como seja a quantidade de lamas a transportar, a distância e a periodicidade de aplicação das lamas.

Na tabela 11 sumarizam-se os sistemas de transporte de acordo com o estado físico das lamas.

O sistema de transporte mais adequado às quantidades de lamas produzidas em pequenos aglomerados é o tractor ou camião, equipados ou não com contentores, consoante se trate de lamas líquidas ou secas.

TABELA 11

Teor de sólidos das lamas e seu transporte

Lamas	Teor de sólidos	Sistema de transporte
Líquidas	1-10%	Escoamento gravítico ou em pressão
Semilíquidas	8-30%	Transporte em contentores
Secas	25-30%	Transporte em contentores ou camiões-cisternas
		Contentores, camiões, tractores

A aplicação de fertilizantes agrícolas e normalmente uma actividade sazonal ou pelo menos periódica. Consequentemente há que prever a armazenagem de lamas ou na Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) ou na exploração agrícola. De modo geral é preferível proceder à armazenagem das lamas na ETAR. Se o tempo de armazenamento for longo, o sistema mais adequado será a construção de uma lagoa para as lamas.

Se as lamas forem armazenadas no estado líquido dar-se-á uma sedimentação dos sólidos, sendo necessário proceder à agitação do meio antes do transporte.

A selecção do sistema de aplicação das lamas no terreno é função de diversos factores, como sejam: o estado físico da lama, a sua quantidade, a taxa de aplicação por unidade de área, a periodicidade de aplicação, a topografia do local, a época do ano e o tipo de cultura a fertilizar.

Existem dois processos de aplicação principais: incorporação no solo e disposição superficial.

A incorporação no solo é indicada nos casos em que se receia incómodos de cheiros na vizinhança, originados quer por lamas sujeitas a um tratamento incompleto ou por proximidade de populações.

O tipo de cultura determina também o modo de aplicação de lamas. Assim, no caso de árvores e arbustos pode ser aplicada superficialmente em camada fina. Para searas de melão, abóbora e melancia pode ser adicionada aos montículos de terra preparada.

A título orientador, alguns autores recomendam a aplicação das quantidades de lama por hectare de terra indicadas na tabela 12.

A aplicação de lamas à superfície do terreno pode fazer-se por irrigação ou por intermédio de um veículo, normalmente equipado com a tubagem necessária.

TABELA 12

Quantidade de lama por ha de terreno

Cultura	m ³ lama/ha
Pomares	20 m ³
Arbustos, jardins, vegetais	38 a 114 m ³
Relvados	18 a 38 m ³

O sistema de irrigação pode levantar problemas de manutenção, como seja a limpeza da tubagem.

Em qualquer caso, o projecto dum sistema desse tipo deverá competir a um engenheiro-agrônomo dedicado a sistemas de irrigação.

O sistema de distribuir as lamas com um tractor ou outro veículo é sem dúvida o sistema mais flexível.

8 — TIPOS DE EFLUENTES TRATADOS E LAMAS POSSÍVEIS DE SEREM RECUPERADOS NOS PEQUENOS AGLOMERADOS

Os sistemas de tratamento de A.R. mais apropriados a pequenas comunidades foram já objecto de exposição e análise detalhada no tema anterior. Importa nesta altura rever sumariamente de entre os referidos sistemas de tratamento aqueles que produzem efluentes e/ou lamas susceptíveis de serem utilizados na agricultura.

8.1 — Fossa séptica

Existem diversos sistemas de tratamento de A.R. em fossa séptica, desde a fossa séptica monocompartimentada à fossa séptica complementada com elemento filtrante. No âmbito do aproveitamento das matérias fertilizantes, apenas interessa focar a fossa séptica de um ou vários compartimentos, mas desprovida do complemento do elemento filtrante.

A exploração e manutenção de fossas sépticas passa pela sua limpeza periódica, com intervalos de limpeza variáveis, mas de ordem de 1 a 2 anos.

O conteúdo retirado da(s) fossa(s) pode eventualmente ser aproveitado na agricultura. O principal obstáculo reside no carácter sazonal das explorações agrícolas. Seria necessário que a limpeza da(s) fossa(s) coincidissem com a época de utilização de fertilizantes em determinadas culturas. Na Suíça, país bem organizado, as campanhas de limpeza de fossas sépticas são sazonalmente promovidas pelas comunidades, existindo os necessários mecanismos municipais de armazenagem do produto durante a estação em que são necessárias aos agricultores. Esta prática exige uma certa disciplina não só dos utilizadores das fossas sépticas como dos utentes das lamias líquidas delas extraídas, e ainda uma boa organização da comunidade. Num país onde a disciplina e a organização não são apanágio das suas tradições, como é manifesta no caso de Portugal, o produto da limpeza das fossas sépticas poderá eventualmente ser utilizado na agricultura por iniciativa individual dos donos das fossas e dos proprietários das culturas agrícolas.

8.2 — Sistemas de lagunagem

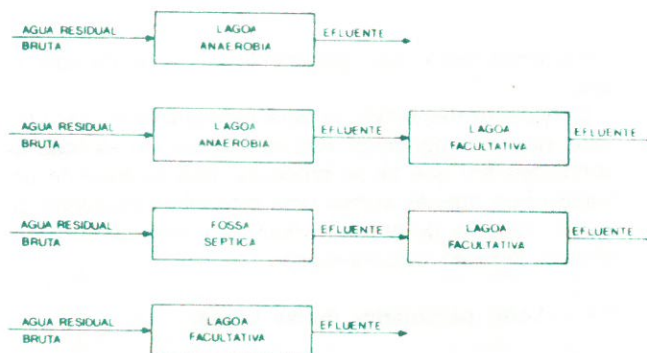
Embora seja um princípio geral que um sistema de lagoas deve compor-se de mais do que uma lagoa, aumentando tanto mais a eficiência quanto mais compartimentado for o sistema, pode haver situações em que, em face da reduzida dimensão do aglomerado, não seja de modo algum justificável mais do que uma lagoa.

Tanto no caso de uma só lagoa como de uma associação de lagoas, é possível ter vários tipos de lagoas: anaeróbias, facultativas, de maturação e arejadas.

Embora o efluente das lagoas de maturação seja de excelente qualidade bacteriológica, não será talvez de incluir este tipo de lagoas nos sistemas de lagunagem para pequenas comunidades, na medida em que se situam normalmente no terceiro ou quarto lugar da série.

Serão portanto viáveis os seguintes sistemas de lagunagem em pequenos aglomerados

Alguns destes sistemas serão de menor aplicação prática do que outros, em virtude de considerações de carácter técnico e económico.



Dentro da perspectiva de aproveitamento das matérias fertilizantes, haverá a considerar as lamias e os efluentes de lagoas anaeróbias, facultativas e arejadas.

A produção de lamias em quantidade susceptível de ser utilizada ocorre em lagoas anaeróbias. Os problemas que aí se apresentam quanto à periodicidade de recolha das lamias e sua distribuição são análogas para o caso das fossas sépticas.

Em lagoas facultativas a produção de lamias é muito reduzida, da ordem de 2 a 3 cm por ano, não sendo prática a sua extracção, problema que de qualquer modo só se põe após muitos anos de utilização.

Os efluentes das lagoas apresentam melhor ou pior qualidade tanto química como bacteriológica consoante o tipo de lagoa. E embora todos esses efluentes possam ser utilizados na agricultura, ao seleccionar o terreno e o tipo de cultura onde serão aplicados, deverá ser tido em atenção o tipo de lagoa donde são provenientes.

O efluente de lagoas anaeróbias será indubitavelmente o de menor qualidade química e bacteriológica, com uma elevada carga de matéria orgânica, de sólidos em suspensão (que acarretarão o risco de colmatar os interstícios do solo). A sua utilização para fins agrícolas deverá pois ser muito cautelosa.

O efluente de lagoas facultativas é susceptível de apresentar qualidade variável, dependendo da ordem da lagoa no sistema, podendo até ser um líquido de excelente qualidade para aplicação em irrigação, como é o caso de a lagoa funcionar como lagoa de maturação.

Dum modo geral, os efluentes de lagoas facultativas são de boa qualidade e o facto de apresentarem um teor relativamente elevado de S.S., composto quase totalmente por algas microscópicas, não é impeditivo da sua aplicação em irrigação.

O efluente de lagoas arejadas será semelhante aos efluentes de lamias activadas, com sólidos em suspensão do tipo floculento, que pode no entanto ser utilizado em irrigação. Caso a lagoa arejada seja seguida de uma lagoa facultativa, que funciona como decantador dos flocos, o efluente apresentará sólidos constituídos por algas na sua maioria.

8.3 — Tratamento primário em tanque Imhoff

Nos casos em que seja considerado suficiente um tratamento primário, este é conseguido normalmente num tanque Imhoff, órgão que conjuga a decantação das A.R. com a digestão anaeróbia das lamias produzidas, as quais são normalmente desidratadas em leitos de secagem.

As lamas secas são geralmente utilizadas na agricultura.

O efluente decantado poderá eventualmente ser utilizado para fins agrícolas, não sem se ter em atenção as condições em que tal se processa, pois se trata de um líquido que apenas sofreu uma grosseira depuração da carga poluente de natureza química e praticamente nenhuma redução bacteriológica.

8.4 — Leito percolador (baixa carga)

Nos pequenos aglomerados de maiores dimensões ou nos casos em que se justifique maior exigência de qualidade de efluente, poderá complementar-se o tratamento primário em tanque Imhoff com um tratamento biológico em leito percolador de baixa carga.

Os produtos disponíveis para utilização agrícola são as lamas secas, análogas às descritas no caso anterior, e um efluente final que pode ser utilizado em irrigação com poucos problemas de ordem sanitária.

8.5 — Discos biológicos

O processo de tratamento por discos biológicos goza de uma certa popularidade em alguns países europeus e está a ser comercializado nos EUA desde há cinco anos a esta parte. Em Portugal não se conhece ainda nenhuma ETAR baseada neste processo, o que não significa que não venha a suceder, em virtude de se tratar de um processo que exige fraca assistência em termos de exploração e manutenção, além de proporcionar bons rendimentos de depuração da carga poluente de natureza química.

Estas características são razão suficiente para tornar o processo atraente para as pequenas comunidades; o mesmo não se poderá dizer acerca do investimento inicial.

Deste processo é possível extrair o efluente para irrigação e as lamas digeridas e secas como fertilizante.

Anexo I

TABELA I-1

Teor em azoto e fósforo de diversos tipos de lamas líquidas

Lamas líquidas	Teor de azoto (% de peso seco)	Teor em fósforo (% de peso seco)
Lama de decantação primária	2,1 a 7,6	0,6 a 3
Lama primária digerida anaerobiamente	2,0 a 8,0	0,7 a 3,6
Lama mista de lamas activadas a média carga digerida aerobiamente	3,0 a 7,0	0,7 a 3,0
Lama mista de lamas activadas a média carga digeridas aerobiamente	0,9 a 6,8	0,5 a 3,0

TABELA I-2

Teor em azoto e fósforo de diversos tipos de lamas secas

Lama seca	Teor de azoto (% de peso seco)	Teor em fósforo (% de peso seco)
Lama primária	1,5 a 7	0,6 a 3
Lama mista de lamas activadas a média carga	1 a 6	0,6 a 2,5
Lama mista de lamas activadas a média carga digerida aerobiamente e desidratadas em leitos de secagem	1,5 a 2,5	0,5 a 1,8
Lama de arejamento prolongado	2 a 3,5	1,2 a 1,8

TABELA I-3

Teor em matéria orgânica de diversos tipos de lamas

Tipo de lama	Teor de matéria orgânica (sólidos voláteis em % de peso seco)
Lama primária	60 a 70% (média: 65%)
Excesso de lama activada a média carga	70 a 80% (média: 75%)
Lama mista húmida de lamas activadas a média carga	65 a 75% (média: 70%)
Lama primária digerida anaerobiamente	50 a 54% (média: 52%)
Lama mista de lamas activadas a média carga digerida anaerobiamente	55 a 60% (média: 57%)
Lama mista de leito percolador digerida anaerobiamente	54 a 57% (média: 56%)
Lama de arejamento prolongado	50 a 65% (média: 57%)

Anexo II

TABELA II.1 [11]

Resumo da remoção de microrganismos patogênicos pelos vários processos de tratamento

	VÍRUS ENTERICOS	SALMONELAS	SIGELAS	E. COLI	VIBRÍOES COLÉRICOS	LEPTOSPIRA	CISTOS DE ESPERMATÓZOA, HISTOPLASMA	DIOS DE VERMES	OVOS DE ASCARIS	OVOS DE SCHISTOSOMA	OVOS DE TÊNIA
Decantação Primária	$10^3 - 10^5 / l$ $10^3 - 10^7 / l$ 0 - 30 X Contaminada	$10^3 - 10^7 / l$ $10^4 - 10^7 / l$ 50 - 90 X Contaminada	$10^3 - 10^7 / l$ $10^2 - 10^7 / l$ 50 - 90 X Contaminada	$10^6 - 10^8 / l$ $10^5 - 10^7 / l$ 50 - 90 X Contaminada	$10 - 10^3 / l$ 1 - $10^2 / l$ 50 - 90 X Contaminada	Barras Barras 0 X Segura	$10 - 10^4 / l$ 5 - $10^4 / l$ 10 - 50 X Contaminada	$10 - 10^3 / l$ 10 - $10^2 / l$ 50 X Contaminada	10 - $10^2 / l$ 1 - $10 / l$ 30 - 80 X Contaminada	1 - $100 / l$ 1 - $10 / l$ 80 X Contaminada	1 - $100 / l$ 0,1 - $10 / l$ 50 - 90 X Contaminada
Leito Percolador, com Decantação Primária e Secundária Digestão e Secagem de Lamas	$10^3 - 10^5 / l$ $10^3 - 10^7 / l$ 0 - 30 X Contaminada	$10^3 - 10^7 / l$ $10^4 - 10^7 / l$ 50 - 90 X Contaminada	$10^3 - 10^7 / l$ $10^2 - 10^7 / l$ 50 - 90 X Contaminada	$10^6 - 10^8 / l$ $10^5 - 10^7 / l$ 50 - 90 X Contaminada	$10 - 10^3 / l$ 1 - $10^2 / l$ 50 - 90 X Contaminada	Barras Barras 0 X Segura	$10 - 10^4 / l$ 5 - $10^4 / l$ 10 - 50 X Contaminada	$10 - 10^3 / l$ 10 - $10^2 / l$ 50 X Contaminada	10 - $10^2 / l$ 1 - $10 / l$ 30 - 80 X Contaminada	1 - $100 / l$ 1 - $10 / l$ 80 X Contaminada	1 - $100 / l$ 0,1 - $10 / l$ 50 - 90 X Contaminada
Lamas Activadas, com Decantação Primária e Secundária Digestão e Secagem de Lamas	$10^3 - 10^5 / l$ $10^3 - 10^7 / l$ 0 - 30 X Contaminada	$10^3 - 10^7 / l$ $10^4 - 10^7 / l$ 50 - 90 X Contaminada	$10^3 - 10^7 / l$ $10^2 - 10^7 / l$ 50 - 90 X Contaminada	$10^6 - 10^8 / l$ $10^5 - 10^7 / l$ 50 - 90 X Contaminada	$10 - 10^3 / l$ 1 - $10^2 / l$ 50 - 90 X Contaminada	Barras Barras 0 X Segura	$10 - 10^4 / l$ 5 - $10^4 / l$ 10 - 50 X Contaminada	$10 - 10^3 / l$ 10 - $10^2 / l$ 50 X Contaminada	10 - $10^2 / l$ 1 - $10 / l$ 30 - 80 X Contaminada	1 - $100 / l$ 1 - $10 / l$ 80 X Contaminada	1 - $100 / l$ 0,1 - $10 / l$ 50 - 90 X Contaminada
Canal de Oxidação com Barcas Digestão e Secagem de Lamas	$10^3 - 10^5 / l$ $10^3 - 10^7 / l$ 0 - 30 X Contaminada	$10^3 - 10^7 / l$ $10^4 - 10^7 / l$ 50 - 90 X Contaminada	$10^3 - 10^7 / l$ $10^2 - 10^7 / l$ 50 - 90 X Contaminada	$10^6 - 10^8 / l$ $10^5 - 10^7 / l$ 50 - 90 X Contaminada	$10 - 10^3 / l$ 1 - $10^2 / l$ 50 - 90 X Contaminada	Barras Barras 0 X Segura	$10 - 10^4 / l$ 5 - $10^4 / l$ 10 - 50 X Contaminada	$10 - 10^3 / l$ 10 - $10^2 / l$ 50 X Contaminada	10 - $10^2 / l$ 1 - $10 / l$ 30 - 80 X Contaminada	1 - $100 / l$ 1 - $10 / l$ 80 X Contaminada	1 - $100 / l$ 0,1 - $10 / l$ 50 - 90 X Contaminada
Leças de Estabilização, Terra celular, Tempo de retenção mínimo = 25 dias	$10^3 - 10^5 / l$ $10^3 - 10^7 / l$ 0 - 30 X Contaminada	$10^3 - 10^7 / l$ $10^4 - 10^7 / l$ 50 - 90 X Contaminada	$10^3 - 10^7 / l$ $10^2 - 10^7 / l$ 50 - 90 X Contaminada	$10^6 - 10^8 / l$ $10^5 - 10^7 / l$ 50 - 90 X Contaminada	$10 - 10^3 / l$ 1 - $10^2 / l$ 50 - 90 X Contaminada	Barras Barras 0 X Segura	$10 - 10^4 / l$ 5 - $10^4 / l$ 10 - 50 X Contaminada	$10 - 10^3 / l$ 10 - $10^2 / l$ 50 X Contaminada	10 - $10^2 / l$ 1 - $10 / l$ 30 - 80 X Contaminada	1 - $100 / l$ 1 - $10 / l$ 80 X Contaminada	1 - $100 / l$ 0,1 - $10 / l$ 50 - 90 X Contaminada
Fosfo-Sênica	0 - $10^9 / l$ 0 - $10^8 / l$ 0 - $10^7 / l$ 30 X Contaminada	0 - $10^8 / l$ 0 - $10^7 / l$ 0 - $10^6 / l$ 50 - 90 X Contaminada	0 - $10^7 / l$ 0 - $10^6 / l$ 0 - $10^5 / l$ 50 - 90 X Contaminada	$10^7 - 10^9 / l$ $10^6 - 10^8 / l$ $10^5 - 10^7 / l$ 50 - 90 X Contaminada	0 - $10^9 / l$ 0 - $10^8 / l$ 0 - $10^7 / l$ 50 - 90 X Contaminada	Barras 0/1 X 100 X Segura	0 - $10^7 / l$ 0 - $10^6 / l$ 0 X Contaminada	0 - $10^6 / l$ 0 - $10^5 / l$ 50 - 90 X Contaminada	0 - $10^4 / l$ 0 - $10^3 / l$ 50 - 90 X Contaminada	1 - $100 / l$ 1 - $10 / l$ 80 X Contaminada	0 - $10^7 / l$ 0 - $10^6 / l$ 0 - $10^5 / l$ 50 - 90 X Contaminada
Legosa como tratamento terciário	10 - $10^4 / l$ 0 - $10^3 / l$ 0 - $10^2 / l$ 99 - 100 X	10 - $10^7 / l$ 0 - $10^6 / l$ 0 - $10^5 / l$ 99 - 100 X	10 - $10^7 / l$ 0 - $10^6 / l$ 0 - $10^5 / l$ 99 - 100 X	$10^4 - 10^7 / l$ $10^3 - 10^6 / l$ $10^2 - 10^5 / l$ 99 - 99,99999 X	0,1 - $10^7 / l$ 0 - $10^6 / l$ 0 - $10^5 / l$ 99 - 100 X	Barras Barras 0/1 X 100 X Segura	10 - $10^4 / l$ 100 X Segura	10 - $10^3 / l$ 100 X Segura	10 - $10^2 / l$ 100 X Segura	1 - $100 / l$ 100 X Segura	1 - $100 / l$ 100 X Segura
Tratamento no Solo ou Filtração lenta em areia como tratamento terciário	10 - $10^4 / l$ 0 - $10^3 / l$ 0 - $10^2 / l$ 99 - 100 X	10 - $10^7 / l$ 0/1 100 X	10 - $10^7 / l$ 0/1 100 X	$10^4 - 10^7 / l$ 0 - $10^3 / l$ 0 - $10^2 / l$ 99,99 - 100 X	0,1 - $10^7 / l$ 0/1 100 X	Barras Barras 0/1 100 X Segura	10 - $10^3 / l$ 100 X Segura	10 - $10^2 / l$ 100 X Segura	10 - $10^2 / l$ 100 X Segura	1 - $10 / l$ 100 X Segura	1 - $100 / l$ 100 X Segura
Cloragem como tratamento terciário	Podem sobreviver	Eliminadas	Eliminadas	Podem sobreviver	Eliminadas	Eliminadas	Previsível a sua eliminação	Sobrevivem	Previsível a sua eliminação	Sobrevivem	Sobrevivem
Efluente descarregado em água doce	Podem sobreviver por várias semanas	Podem sobreviver por várias semanas	Podem sobreviver por várias semanas	Podem sobreviver por várias semanas	Podem sobreviver por várias semanas	Podem sobreviver por várias semanas	Podem sobreviver por várias semanas	Podem sobreviver por várias semanas	Podem sobreviver por várias semanas	Podem sobreviver por várias semanas	Podem sobreviver por várias semanas
Efluente descarregado no mar	Podem sobreviver por poucas semanas	Podem sobreviver por poucas semanas	Sobrevivem até 40 dias	Podem sobreviver por várias semanas	Sobrevivem 11 dias no máximo	Sobrevivem 20 horas no máximo	Podem sobreviver durante 3 semanas	Podem sobreviver por várias semanas	Podem sobreviver mais de 1 mês	Podem sobreviver mais de 1 mês	Sobrevivem alguns meses
Digestão Anaeróbia Não Aquecida	Podem sobreviver mais de 3 meses	Podem sobreviver por várias semanas	Sobrevivem apenas alguns dias	Podem sobreviver por várias semanas	Podem sobreviver por várias semanas	Sobrevivem 2 dias no máximo	Podem sobreviver por várias semanas	Sobrevivem por vários meses	Podem sobreviver mais de 1 mês	Podem sobreviver mais de 1 mês	Sobrevivem durante vários meses
Digestão Aeróbia ou Compostagem	Prezem rapidamente a 60°C	Prezem em 20 horas a 60°C	Prezem em 1 hora a 55°C ou em 10 dias a 40°C	Prezem rapidamente acima de 60°C	Prezem rapidamente acima de 50°C	Prezem em 10 minutos a 50°C	Prezem em 5 minutos a 50°C em 1 hora a 40°C	Prezem em 3 minutos a 50°C e 1 hora a 45°C	Prezem em 1 hora a 50°C e 20h a 30°C e 700h a 45°C	Prezem em 1 hora a 50°C e 20h a 30°C e 700h a 45°C	Prezem em 10 minutos a 50°C e 4h a 45°C
Utilização na Agricultura	Sobrevivem mais de 5 meses no solo. Outras espécies não sobrevivem mais de 1 ano	Sobrevivem 3 meses no solo. Outras espécies sobrevivem mais de 1 ano	Podem sobreviver por 3 meses	Sobrevivem até 1 semana no máximo	Podem sobreviver por 2 semanas	Podem sobreviver por 15 dias no solo	Podem sobreviver até 1 semana	Podem sobreviver por várias semanas	Podem sobreviver por várias semanas	Podem sobreviver por várias semanas	Podem sobreviver por várias semanas

Anexo III

TABELA III-1

Normas respeitantes à utilização das lamas de águas residuais na agricultura

ESPECIFICAÇÕES	PAIS		HOLANDA		ALEMANHA		
	SUECIA						
TIPOS DE LAMAS ACEITÁVEIS PARA UTILIZAÇÃO NA AGRICULTURA	As lamas não estabilizadas são aceitáveis para culturas alimentares e industriais e não para parques, pastagens e vegetais que se consomem crus. As lamas estabilizadas não são aceitáveis para pastagens e vegetais que se consomem crus. As lamas higieniz. são aceitáveis para qualquer uso.		Não especificados		Não especificados		
RECOMENDAÇÕES QUANTO A APLICAÇÃO	Evitar a poluição das águas superficiais e subterrâneas, incómodos e riscos sanitários. A aspersão é desaconselhada. As lamas devem ser incorporadas no solo no dia a seguir à aplicação.		Não especificadas		Precauções a ter contra os patogénicos quando da utilização agrícola.		
QUANTIDADE MÁXIMA APLICÁVEL	5 t de matéria seca/hectare em cada 5 anos ou 1 t de matéria seca/hectare.ano.		Terras aráveis: 2 t MS/ha.ano; 1 t MS/ha.ano ou limitação pelos metais		5 t MS/ha.ano ou limitação pelos metais.		
LIMITES REFERENTES AOS TEORES EM METAIS	Máximo anual a adicionar (g/ha.ano)	Concentração limite das lamas (mg/kg MS)	Máximo anual a adicionar (g/ha.ano)	Concentração limite das lamas (mg/kg MS)	Máximo anual a adicionar (g/ha.ano)	Concentração limite no solo (mg/kg MS)	
VEGETAIS DESTINADOS AO CONSUMO HUMANO	As	-	-	-	-	20	
	Cd	5	15	20	10	5	
	Co	50	50	-	-	-	
	Cr	1 000	1 000	1 000	500	-	50
	Cu	3 000	3 000	1 000	500	-	100
	Hg	3	8	20	10	-	5
	Mn	-	-	-	-	-	-
	Mo	-	-	-	-	-	5
	Ni	500	500	100	50	-	50
	Pb	300	300	1 000	500	-	100
	Se	-	-	-	-	-	10
	Zn	1 000	1 000	4 000	2 000	-	300
S	-	-	-	-	-	25	
PASTAGENS	Variáveis segundo os casos		50% dos valores acima indicados	Os mesmos que os indicados acima	Não especificados		
CULTURAS HORTICOLAS	Variáveis segundo os casos		Os mesmos que os indicados acima	Os mesmos que os indicados acima	Não especificados		
DURAÇÃO DA APLICAÇÃO	5 anos, mas desaconselham-se repetições		50 anos		60 anos		
pH DO SOLO	Não há limites especificados		Não há limites especificados		Não há limites especificados		
RECURSO A NOÇÃO DE "EQUIVALENTE EM ZINCO"	Não		Não		Não		

TABELA III-1

Normas respeitantes à utilização das lamas de águas residuais na agricultura (cont.)

ESPECIFICAÇÕES	PAIS	ESTADOS UNIDOS DA AMERICA (E.P.A.)			ESTADOS UNIDOS DA AMERICA (Estado de Wisconsin)	CANADÁ (Estado de Ontário)	
		0 < CEC < 5 solo	0 < CEC < 15 solo	CEC > 15 solo	Quantidade adicionada acumulada (kg/ha)	Quantidade adicionada acumulada (kg/ha)	Relação N amon./metal superior a
TIPOS DE LAMAS ACEITAVEIS PARA UTILIZAÇÃO NA AGRICULTURA		As lamas devem ser estabilizadas biológica, química, física ou termicamente. As lamas contaminadas por resíduos hospitalares devem ser pasteurizadas, irradiadas, compostadas, armazenadas a longo prazo, ou levadas a pH > 12.			Exclusão de lamas não estabilizadas. Os vegetais que se consomem crus não devem ser cultivados antes de 1 ano após a aplicação das lamas. As vacas não devem pastar antes de 2 meses após a aplicação e outros animais antes de 2 semanas.	Exclusão de lamas não estabilizadas. O solo não deve ser utilizado para cultura de frutas, legumes ou para pastagens nos 6 meses posteriores à aplicação.	
RECOMENDAÇÕES QUANTO À APLICAÇÃO		Evitar os solos porosos, a contaminação directa das plantas e a ingestão pelos animais e pelo homem, assim como inconvenientes visíveis.			Existência de um mínimo de 2 pés de terra por cima da cama da impermeável ou do nível freático. Distância > 1 000 pés a um poço de utilização pública e > 500 pés a um poço privado ou a uma habitação.	Não aplicar sobre solos que contenham mais de 17% de matéria orgânica ou 60 ppm de fósforo disponível.	
QUANTIDADE MÁXIMA APLICAVEL		Cálculo a partir das carências em N das plantas e da concentração em N das lamas. Máximo de Cd a adicionar: 2kg/ha.ano até 1981; 1,25 kg/ha.ano de 1982 a 1985; 0,5kg/ha.ano a partir de 1986.			Cálculo a partir das carências em N das plantas. Adição de metais limitada a 10% da CEC do solo. Adição de Cd limitada a 2 kg/ha.ano.	Cálculo a partir das carências em N das plantas. Adição de azoto amoniacal limitada a 133 kg/ha em 5 anos. Espalhamento líquido limitado a 121 m ³ /ha por aplicação.	
LIMITES REFERENTES AOS TEORES EM METAIS		Quantidade adicionada acumulada (kg/ha)			Quantidade adicionada acumulada (kg/ha)	Quantidade adicionada acumulada (kg/ha)	Relação N amon./metal superior a
		0 < CEC < 5 solo	0 < CEC < 15 solo	CEC > 15 solo			
VEGETAIS DESTINADOS AO CONSUMO HUMANO	As	-	-	-	-	14,3	100
	Cd	5	10	20	24	1,5	500
	Co	-	-	-	-	29,7	50
	Cr	-	-	-	-	216	6
	Cu	125	250	500	364	165	10
	Hg	-	-	-	-	0,9	1 500
	Mn	-	-	-	-	-	-
	Mo	-	-	-	-	2,6	250
	Ni	50	100	200	132	35	40
	Pb	500	1 000	2 000	-	92	15
	Se	-	-	-	-	2,5	500
	Zn	250	500	1 000	728	356	4
S	-	-	-	-	-	-	
PASTAGENS		Podem-se exceder os níveis indicados acima			Os mesmos que indicado acima	Os mesmos que indicado acima	
DURAÇÃO DA APLICAÇÃO		Não especificada			Não especificada	Sugestão: 50 anos com adição todos os 4 anos	
pH DO SOLO		> 5,5			> 6,5	> 6,0	
RECURSO À NOÇÃO DE "EQUIVALENTE EM ZINCO"		Não			Zn/Cu/Ni = 1/2/4 Adição de equivalente em zinco limitada a 10% da CEC.	Não	

CEC = Capacidade de troca de catiões

REGRAS VIGENTES EM ISRAEL PARA UTILIZAÇÃO DE EFLUENTES NA AGRICULTURA

Israel, país de recursos hídricos escassos, cujos efluentes do tratamento de A.R. são correntemente utilizados na agricultura, mas não indiscriminadamente, elaborou um conjunto de regras que vigoraram durante vários anos e foram reavaliadas em 1979.

Na sua essência, as regras consistiram em classificar os efluentes em quatro categorias de qualidade distinta e recomendação das culturas apropriadas às diferentes categorias de efluentes.

A tabela IV.1 apresenta as características das diversas classes de efluentes.

Os efluentes de classe 1, de mais baixa qualidade, são recomendados para culturas de algodão, beterraba açucareira, cereais, árvores de floresta.

É proibido irrigar com este efluente por aspersão a menos de 300 m de residências e a menos de 30 m de estradas pavimentadas.

O efluente de classe 2 pode ser utilizado na cultura de oliveiras, amendoins, citrinos, bananas, amendoeiras, nozeiras, etc.

As limitações relativas a proximidade de residências são reduzidas para 250 m e 25 m de distância mínima às estradas pavimentadas.

O efluente de classe 3, de grande qualidade, exige já um longo de tempo de retenção num sistema de lagunagem. Além disso, é obrigatório desinfetar o efluente por cloração, assegurando um cloro residual de 0.15 mg/l.

O efluente de classe 4 pode ser irrigado sem restrições do tipo de cultura. O seu cloro residual deve ser 0.5 mg/l.

BIBLIOGRAFIA

- (1) AGENCE DE BASSIN LOIRE-BRETAGNE (1980) — *L'assainissement individuel/Principes et Techniques Actuelles*. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, Agence de Bassin Loire-Bretagne, B.P. 6339, 45063 Orleans Cedex, France.
- (2) BLUMENTHAL, D. S.; SCHULTZ, M.G. (1975) — *Invidence of Intestinal Obstruction in Children Infected with Ascaris Lumbricoides*. Am. J. Trop. Med. Hyg. 24, pp. 801-805.
- (3) COLLIN, F. (1980) — *Comunicação Pessoal*.
- (4) ELLIS, H. M. et al. (1970) — *Problemas de Evacuación y Tratamiento de Desechos en las Colectividades*. Cuadernos de Salud Pública n.º 38, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suíça.
- (5) FEACHEM, MARA, D.D., et al. (1980) — *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation/Health Aspects of Excreta and Sullage Management — a State-of-the-Act Review*. World Bank, Washington, D.C. 20433, USA.
- (6) KOTT, YEHUD (1980) — *Agricultural Reuse of Wastewater (Treated and Not-treated). Identification and Justification of Sanitary Constraints*. Seminário sobre Tratamento de Águas Residuais. Grupo de Trabalho Coordenador do Projecto de Saneamento Básico Governo Português/Organização Mundial de Saúde, Lisboa, Portugal.
- (7) MARECOS DO MONTE, M. H. (1980) — *Tratamento e Destino Final de Lamas*. Curso de Actualização em Engenharia Sanitária, Módulo 4, Centro Tecnológico da DGSB, Lisboa.
- (8) PACEY, ARNOLD (1978) — *Sanitation in Developing Countries*. John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto.
- (9) SALES DE MELO, JOSÉ A. (1978) — *Aplicação de Águas Residuárias no Solo como um Método de Tratamento, Disposição Final e Reciclagem das Águas Usadas*. Engenharia Sanitária, V17-n.º 1, pp. 82-91. Jan/Mar. Rio de Janeiro, Brasil.
- (10) SEEP, E. — *The Use of Sewage for Irrigation — A Literature Review*. Bureau of Sanitary Engineering, California State Department of Public Health, Berkeley, CA, USA.
- (11) U.S.E.P.A. (1978) — *Applications of Sludges and Wastewaters on Agricultural Land: a Planning and Educational Guide*. Office of Water Program Operations (WH-546), Washington, D.C. 20460, USA.
- (12) VESILIND, P. AARNE (1980) — *Treatment and Disposal of Wastewater Sludges*. Ann Arbor Science Publishers Inc., P.O.Box 1425 Ahn Arbor, Mich. 48106, USA.

TABELA IV.1

Classificação dos efluentes em Israel

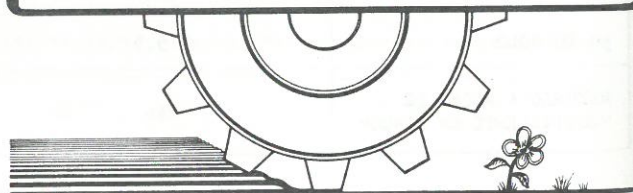
Classe de efluente	Características
Classe 1	CBO < 60 mg/l SS < 50 mg/l
Classe 2	CBO < 45 mg/l SS < 40 mg/l
Classe 3	CBO < 35 mg/l CBO filtrado < 20 mg/l SS < 30 mg/l OD > 0.5 mg/l NMP < 250 CF/100 ml
Classe 4	CBO < 15 mg/l CBO filtrado < 10 mg/l SS < 15 mg/l NMP < 12 CF/100 ml

CBO — Carência Bioquímica de Oxigénio
CQO — Carência Química de Oxigénio
MS — Matéria Sólida
N — Azoto
NMP — Número Mais Provável de
P — Fósforo

Auto Sueco (Coimbra), Lda.

O orgulhamo-nos de ser o principal fornecedor no País de compactadoras a trabalhar em aterros sanitários

VOLVO BM



MODELAÇÃO MATEMÁTICA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA — O CASO DO MUNICÍPIO DE CASCAIS —

ENG.º ALVARO JOSÉ PATRÍCIO COSTA
(Serviços Municipalizados de Cascais)

1 INTRODUÇÃO

Em Portugal e com excepção de um caso, o abastecimento de água é da responsabilidade das Autarquias Locais, envolvendo-as portanto num processo de grande complexidade e responsabilidade para o qual nem sempre possuem os meios adequados quer técnicos quer financeiros.

Afirmar que a problemática inerente a um sistema de abastecimento de água é um processo complexo e de grande responsabilidade, torna-se no momento presente um acto necessário em face de uma certa ligeireza e superficialidade a que ainda se vai assistindo ao abordar estas questões.

Cabe às Autarquias Locais um papel cada vez mais importante nesta problemática, para o que é urgente disporem de meios tecnicamente eficazes para a prestação deste Serviço público tão importante.

É no entanto na escolha dos meios referidos que muitas vezes surgem grandes dificuldades, já que, quer por falta de informação quer porque se pensa o que se passa «lá fora» não é para usar em Portugal, as hesitações são grandes e sobretudo a abordagem a todas as questões inerentes a este processo é feita de modo simplista e quase sempre tendente à fuga de dificuldades.

Também é importante afirmar aqui, que se em Portugal existe uma deficiente gestão da água, isso não se deve apenas aos Municípios. De facto, estes são chamados a tarefas para as quais não existe regulamentação ou se a há é deficiente, já que não são tidas em conta as recomendações que ao longo dos últimos anos diversas organizações internacionais têm expandido sobre esta matéria. A título exemplar transcreve-se a seguir o que referiu a Conferência da Água das Nações Unidas em 1977:

«— todos os países deveriam analisar e manter em processo de permanente actualização as suas estruturas legislativas e administrativas relacionadas com a gestão das águas e, à luz da sua experiência mútua, promulgar, quando conveniente, legislação completa tendente a uma acção coordenada no planeamento dos recursos hídricos; poderá ser

desejável que as disposições adoptadas relativamente à gestão, à conservação e à protecção contra a poluição dos recursos hídricos sejam reunidas num único instrumento jurídico, no caso da estrutura constitucional do país o permitir; a legislação deveria ainda definir o estatuto da propriedade pública das águas e das grandes obras hidráulicas, e incluir disposições relativas aos problemas de propriedade do solo e aos conflitos que deles podem resultar; deveria ainda ser suficientemente flexível para se adoptar à evolução das prioridades e das perspectivas adoptadas em relação aos problemas da água»

Em presença do conhecido vazio legislativo actualmente existente em Portugal, que podem fazer os Municípios que são chamados a gerir a água dentro do seu território administrativamente definido? Pouco mais que recorrer à boa vontade e reconhecido interesse que os seus técnicos vêm dedicando a esta matéria, muito embora diariamente sejam chamados à resolução de tarefas com carácter pontual e transitório.

É assim que cada Autarquia e os seus técnicos se vêm debatendo com problemas de difícil solução, uma vez que, apresentando cada uma delas as suas especificidades nesta matéria, existe uma dispersão e ausência de uniformidade na resolução de situações complexas que inevitavelmente surgem.

Muito embora exista um certo receio em abraçar técnicas actuais que contribuem decisivamente para a resolução de problemas inerentes a um serviço de abastecimento de água, é um facto que elas não podem ser ignoradas e julgamos que é chegado o momento de definitivamente nos desembaraçarmos do espírito do «Velho do Restelo».

É dentro das técnicas actuais referidas que devemos enquadrar a modelação matemática em sistemas de distribuição de água já que através dela é possível atingir objectivos importantes, dentro os quais destacamos os seguintes:

- analisar problemas relativos a baixas ou altas pressões na rede ou falha de bombagens e reservatórios, de modo a estabelecer as necessárias acções correctivas;

- desenvolver programas de acção para emergência tais como incêndios, rupturas, falhas em bombagens, etc.;
- determinar as propriedades nos investimentos a realizar;
- avaliar as capacidades do sistema em face de previsões de consumos antecipadamente conhecidas;
- comparar alternativas ao sistema existente incluindo os respectivos custos;
- avaliar os efeitos devidos a alterações ou ampliações no sistema;
- desenvolver um esquema computadorizado para controlar o sistema em tempo real.

Obviamente que os objectivos atrás enunciados são difíceis de atingir e tornar-se necessário utilizar o bom senso para determinar o enquadramento para cada caso, tendo em atenção a realidade económico-financeira de cada Município. No entanto e a título de aviso não resistimos a transcrever o que já em Julho de 1975 foi publicado no jornal da prestigiada AWWA: «... a modelação matemática é em norma economicamente justificável quando um sistema de abastecimento de água atinge 4000/5000 consumidores».

2. O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE CASCAIS

O Concelho de Cascais possui actualmente cerca de 150.000 habitantes, sendo convicção dos serviços competentes do Município que durante o período de Verão se atingem os 180.000 habitantes. Em face destes números, e tendo presente as características que advêm de se tratar de um Concelho vocacionado para o Turismo, fácil é concluir que a gestão dos recursos hídricos e em particular o abastecimento de água, atinge proporções que envolvem grandes responsabilidades. De facto, não é tarefa fácil para um serviço de abastecimento de água, servir quantitativa e qualitativamente, utentes que naturalmente são exigentes, tendo em conta as carências em águas subterrâneas e em menor grau superficiais.

Para melhor explicitar e justificar, a utilização de um modelo matemático com todas as suas potencialidades, referir-se-ão de seguida as características mais importantes de toda a rede de abastecimento de água ao Concelho de Cascais. (Fig. I)

No que respeita à produção de água potável, podemos considerar a que é resultante das origens próprias do Concelho e a que é fornecida pela EPAL. Fazendo uma descrição sumária, no Concelho de Cascais existem as seguintes origens:

- Captações em galerias de mina na Serra de Sintra
- Águas subterrâneas conseguidas em diversos furos de captação: Atrozela, Quenena, Bicesse, Pizão
- Águas superficiais provenientes de Albufeira do Rio da Mula.

Em termos quantitativos facilmente se pode observar que a produção de água das origens concelhias, é fortemente condicionada às pluviosidades que se verificam em cada ano sendo portanto lícito afirmar que, se não se tomarem medidas adequadas, cada vez mais há-de acentuar-se a dependência relativamente à Empresa Pública das Águas Livres. (Fig. II)

Efectivamente, está de todo provado através de estu-

dos adequados que não há qualquer hipótese de se obterem caudais significativos em águas subterrâneas, e no que respeita às águas superficiais, existem ainda uma série de dúvidas e imprecisões que os SMAS tentam clarificar neste momento através de meios adequados.

No que respeita às necessidades de consumo, apresenta-se de seguida um gráfico da respectiva evolução (Figura III), sendo de notar que em 1983 e no dia máximo se verificou um consumo de ordem dos 45 000 m³.

Analizando agora o que se passa em termos de reserva e de condutas, poderemos afirmar que a rede se distribui por todo o Concelho com completa interligação o que, se por um lado permite uma grande flexibilidade na sua operação, ocasiona problemas de optimização nem sempre fáceis de resolver, sobretudo não existindo meios modernos para o efeito. A título de curiosidade é de destacar que existem 181 válvulas de seccionamento apenas com a finalidade de separar as áreas de influência de todos os reservatórios.

Os SMAS possuem neste momento 27 reservatórios incluindo uma albufeira com a capacidade de 400.000 m³ produzindo num ano de pluviosidade normal cerca de 1.000.000 m³. Os restantes 26 reservatórios apresentam uma capacidade total da ordem dos 58.000 m³, o que, tendo em atenção os consumos verificados em 1983 e que se indicam a seguir, permite extrair as seguintes conclusões:

- (A) Dia de maior consumo: 6/8 — 46.081 m³
 - (B) Caudal diário médio do mês de maior consumo: 38.500 m³
 - (C) Caudal diário médio anual: 33.000 m³
Consumo do mês de maior consumo: 1.193.500 m³
Capacidade dos reservatórios: 50.000 m³
- Reserva em relação a (A): 1,3 dias
Reserva em relação a (B): 1,5 dias
Reserva em relação a (C): 1,8 dias

Em face destes valores poder-se-ia concluir que estamos perante um sistema de abastecimento com a reserva adequada e que portanto responderia a eventuais deficiências. De facto assim não acontece o que se deve fundamentalmente a três razões:

- extrema vulnerabilidade às flutuações no fornecimento por parte da EPAL;
- distribuição física dos reservatórios não adequada em relação à concentração populacional;
- falta de meios técnicos modernos para a gestão do sistema.

Resta acrescentar que também fazem parte do sistema 13 Estações Elevatórias, 3 ETA'S de pequena capacidade e cerca de 800 km de condutas com diâmetros que variam entre os 80 e os 400 mm, sendo 90% em fibrocimento.

Conforme se pode concluir do que atrás foi dito, operar uma rede com tais características é uma tarefa difícil, dado que além dos problemas inerentes à própria rede (manutenção dos equipamentos, gestão do pessoal, reparações, rupturas, etc.), outras questões se levantam e que se prendem com a capacidade de resposta do sistema em face de três problemas fundamentais:

- evolução do Concelho em termos de ordenamento

- gestão de recursos hídricos escassos
- exigências características de uma zona turística

3 METODOLOGIA ADOPTADA

Do que foi dito no capítulo precedente toma-se fácil admitir que estamos em presença de um sistema bastante complexo e que o seu bom funcionamento só será conseguido se houver uma mudança radical dos processos até agora utilizados na sua exploração. De facto, a variedade de situações que tomam necessário pôr em prática soluções em tempo oportuno, exige uma rápida tomada de decisão e execução, de modo a conseguir-se, e este será o objectivo a atingir, uma solução optimizada e que corresponda tanto quanto possível na totalidade, aos parâmetros quantitativos e qualitativos desejáveis.

Obviamente que este objectivo se torna impossível de atingir com os meios actualmente ao dispor dos SMAS de Cascais, e daí que se tenha decidido optar pela elaboração de um modelo matemático da rede de águas muito embora se conhecessem à partida todas as dificuldades que iriam surgir.

Em face desta decisão, restava analisar as diversas hipóteses para a abordagem do problema tendo em atenção todas as condicionantes provenientes fundamentalmente de aspectos económico-financeiros, e de dados de base disponíveis. Relativamente ao primeiro destes pontos, entendemos que apenas se deve avançar para determinado projecto quando estiverem garantidas as condições de financiamento pelo que, logo após a tomada de decisão foi garantida uma verba dentro do orçamento dos SMAS que permitisse ainda dentro do ano corrente a elaboração dos estudos necessários. Sabido que era, que a implementação do modelo matemático conduziria ao apetrechamento em equipamento não existente de momento, foi considerada a verba de cerca de 50.000 contos no Plano Trienal do Município.

Garantidas que foram as condições de financiamento, pelo menos com um razoável grau de certeza, houve que atender aos aspectos técnicos do problema, nomeadamente no que respeita aos dados disponíveis e respectiva fiabilidade. De facto, os SMAS de Cascais possuem de momento um cadastro da rede de águas à escala 1:2000 que se encontra perfeitamente actualizado, assim como elementos estatísticos que embora carecidos de rigor exemplar se mostram suficientes para o seu tratamento.

Dentro desta óptica entendeu-se que haveria toda a vantagem em iniciar o processo recorrendo a entidades estranhas aos SMAS e que tivessem reconhecida idoneidade no que respeitasse ao problema a tratar. Para o efeito foram elaborados uns Termos de Referência que permitissem analisar com rigor e imparcialidade as propostas que viessem a ser apresentadas.

Transcrevem-se de seguida os pontos mais importantes dos Termos de Referência adoptados, que foram conclusão de diversas análises do problema. Em anexo junta-se um exemplar dos mesmos Termos de Referência.

1. OBJECTIVO DO CONCURSO

Com o presente concurso pretendem os Serviços Municipalizados de Água e Saneamento obter propostas para a elaboração de um modelo matemático do sistema

de abastecimento de água Concelhio, tendo em vista os seguintes três objectivos principais:

- 1.1 Verificação do equilíbrio hidraulico do sistema e seu comportamento em face de futuras alterações.
- 1.2 Análise de perdas e fugas no sistema.
- 1.3 Implementação de telecontrolo e telemedida com centralização da informação, tendo em vista o funcionamento em tempo real.

2. ACTIVIDADES DE REALIZAÇÃO OBRIGATÓRIA

Além das actividades que os concorrentes julguem necessário realizar, deverão ser consideradas as seguintes:

- 2.1 Levantamento do sistema actual;
- 2.2 Definição da geometria do sistema;
- 2.3 Avaliação dos consumos;
- 2.4 Análise das perdas do sistema;
- 2.5 Definição do sistema de Hardware a ser utilizado com hipótese de utilização do sistema já existente nos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento;
- 2.6 Construção do modelo e escrita do programa de computador;
- 2.7 Avaliação e calibração do modelo;
- 2.8 Exploração do modelo tendo em vista os objectivos fixados em 1.;
- 2.9 Formação de pessoal;

3. ELEMENTOS A APRESENTAR COM A PROPOSTA

- 3.1 Descrição da metodologia com que os concorrentes pensam realizar o estudo, incluindo o seu faseamento, prazos de execução e honorários;
- 3.2 Meios de cálculo automático próprios para a realização do estudo;
- 3.3 Curricula Vitae dos técnicos que irão realizar o estudo, especialmente a sua experiência quer no campo de redes de distribuição de água quer no domínio da Informática e da Investigação Operacional;
- 3.4 Curriculum Vitae da firma em estudos similares;
- 3.5 Disponibilidade e descrição das características do modelo ou modelos que servirão de base à realização do estudo, incluindo um exemplo de saída de resultados de uma simulação dinâmica.

De notar que à elaboração destes Termos de Referência presidiu a preocupação de privilegiar os seguintes aspectos:

- Capacidade de resposta na escolha de soluções para diversas situações;
- Possibilidade de análise das perdas e fugas na rede;
- Optimização das soluções a adoptar;
- Formação de pessoal;
- Transferência de tecnologia

4. SOLUÇÃO ESCOLHIDA

Após análise criteriosa e imparcial das propostas apresentadas, optou-se por uma que à partida garantia alcançar os objectivos interessados.

De facto, e em correspondência com o que era estabe-

lecido nos Termos de Referência, os autores da proposta indicam ser possível atingir os seguintes objectivos:

- definição do melhor aproveitamento da capacidade disponível do sistema de abastecimento de água, a partir da qual se poderá ser conduzido a prescindir de determinados tipos de investimentos inicialmente previstos pelos SMAS;
- análise previsionial das necessidades de remodelação e/ou ampliação do sistema de abastecimento a curto, médio e longo prazo, que permitirá definir o escalonamento de investimentos no domínio do abastecimento de água;
- análise da viabilidade técnica do licenciamento de novas urbanizações ou unidades industriais e definição das suas implicações em matéria de investimento;
- racionalização da encomenda de projectos de remodelação e/ou ampliação do sistema de abastecimento de água através da identificação prévia, via modelo computacional permanentemente disponível e com possibilidade de resposta quase imediata, de zonas de «estrangulamento» a curto, médio e longo prazo;
- análise de soluções alternativas para a definição de futuras origens próprias, para além das actuais, no Concelho de Cascais, com o objectivo, na medida do possível, de atingir uma maior autonomia em relação ao sistema da EPAL, principalmente em períodos críticos de consumo;
- definição criteriosa de procedimentos de exploração em condições normais de funcionamento do sistema de abastecimento, de forma a minimizar os respectivos encargos, em particular os relativos ao consumo de energia;
- avaliação do nível de qualidade de serviço e das condições de armazenamento no sistema durante e após a ocorrência de situações de emergência, tais como a interrupção do fornecimento de água pela EPAL, a ocorrência de incêndios, a saída temporá-

ria de serviço, parcial ou total, de estações elevatórias ou a rotura de condutas principais, e a definição de procedimentos de exploração para fazer face a tais situações;

- análise dos efeitos de situações anormais de consumo no armazenamento do sistema durante a ocorrência de uma sucessão de dias de elevados consumos, a partir da qual podem ser definidos procedimentos de poupança de água;
- avaliação das condições de funcionamento hidráulico das tubagens do sistema, nomeadamente a detecção de alterações nas rugosidades e nas perdas de carga, assim como a avaliação de **perdas e fugas no sistema**;
- participação e integração activa de técnicos dos SMAS na equipa projectista, durante a realização do estudo;
- realização de acções de formação (cursos de formação ou seminários) com o objectivo de permitir uma melhor divulgação e consequente aproveitamento das possibilidades que o estudo realizado põe à disposição dos SMAS;
- transferência dos modelos computacionais («software») desenvolvidos ao longo do estudo para o equipamento de cálculo automático de que os SMAS disponham ou venham a dispor

5 CONCLUSÃO

Sem dúvida que o processo escolhido, envolve um esforço em meios materiais e humanos da parte dos SMAS de Cascais, que não temos dúvidas irá ocasionar perturbações no seu normal funcionamento. No entanto pensamos que uma vez implementado o sistema descrito será possível obter resultados que permitirão, no mínimo um melhor serviço aos Municipais de Cascais. Na realidade, é este o objectivo primordial dos SMAS e para o alcançar estamos dispostos a enfrentar todas as dificuldades inerentes a este trabalho.

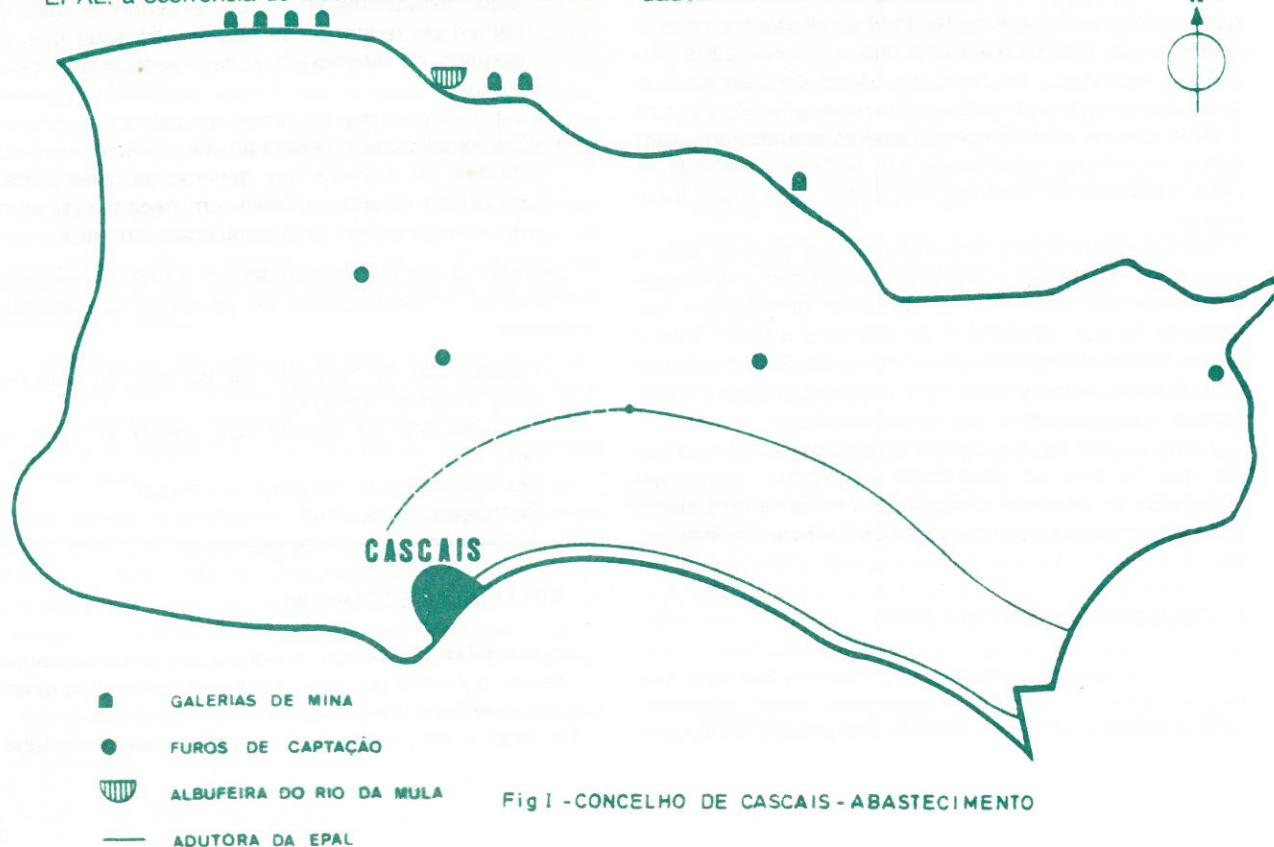
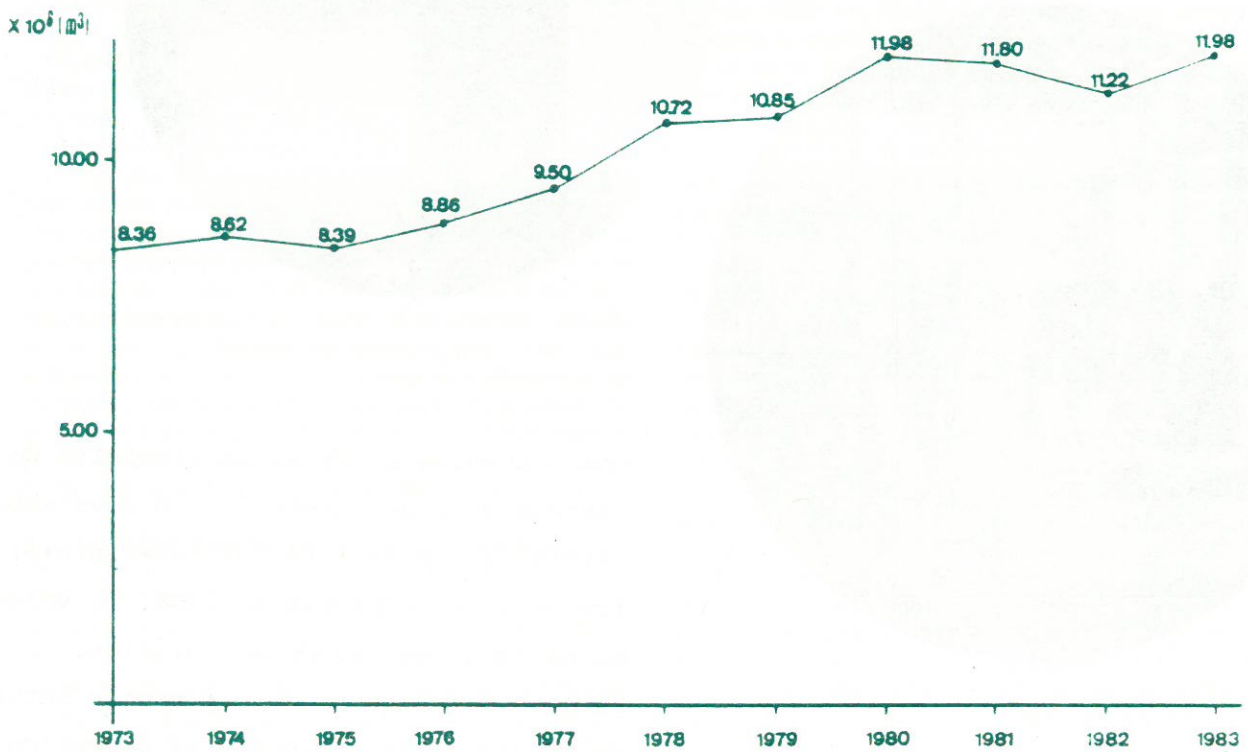
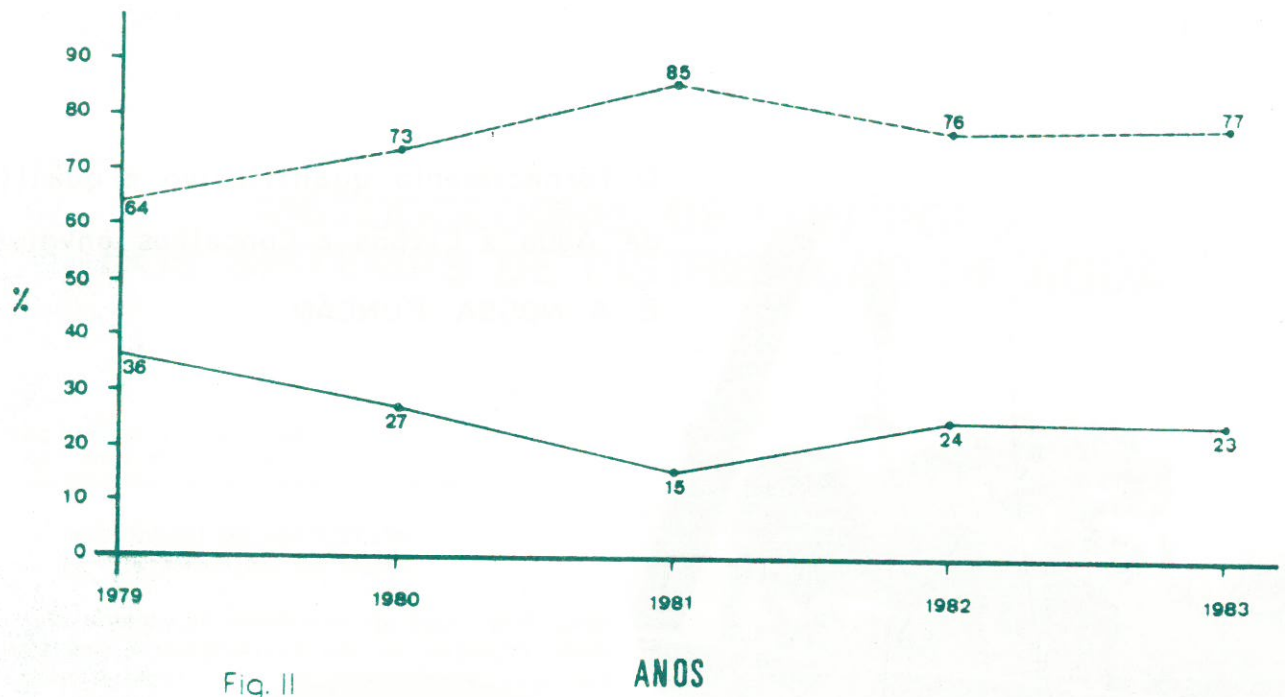


Fig 1 - CONCELHO DE CASCAIS - ABASTECIMENTO



METODOLOGIAS DE CONTROLO DOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

ENG.ª MARIA HELENA ALEGRE
ENG.º JAIME MELO BAPTISTA

(Laboratório Nacional de Engenharia Civil — LNEC)

1 — DESCRIÇÃO DE UM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Um sistema de distribuição de água (SDA) pode considerar-se composto pela rede de distribuição e pelos elementos especiais. A rede de distribuição é, por sua vez, o conjunto de condutas e de elementos acessórios.

As condutas transportam a água em pressão entre um ou mais pontos de alimentação e os diversos pontos de consumo, podendo apresentar diferentes dimensões de secção e materiais constituintes. Podem estar associados de diferentes modos, originando sistemas ramificados, malhados ou mistos.

Os elementos acessórios são os diversos dispositivos cujo efeito no comportamento hidráulico do sistema é praticamente desprezável, limitando-se à introdução de pequenas perdas de carga localizadas. Referem-se, a título de exemplo, as juntas de ligação de tubagens, as curvas e os tês. A nível de estudo hidráulico, podem ser ignorados na maioria dos casos.

Os elementos especiais são os diversos dispositivos que, de uma forma ou de outra, permitem condicionar o escoamento nas condutas, seja por aumento ou diminuição de pressão, seja por regulação de caudal. Aqueles que têm interesse para a análise hidráulica de um SDA resumem-se a reservatórios, instalações elevatórias, instalações sobrepessoras, redutores de pressão, válvulas de retenção e válvulas de seccionamento. Um SDA, hidráulicamente composto por condutas e elementos especiais, é habitualmente representado, para efeitos de análise hidráulica, por «nós» e «troços». Estes últimos, por sua vez, podem estar associados de modo a constituírem um anel fechado, que se designa por «malha».

2 — FORMAS TRADICIONAIS DE EXPLORAÇÃO

Se, em finais do século XIX, alguém se propusesse desenvolver em Portugal o tema desta comunicação, a primeira reacção com que depararia seria inevitavelmente a pergunta «o que é um sistema de distribuição de água?». A população ou ia buscar a água de que necessitava directamente aos cursos de água, às fontes naturais ou aos poços, ou se abastecia através da compra

de água aos «aguadeiros». Em sistemas mais desenvolvidos, como por exemplo no de Lisboa, já era possível recorrer aos fontenários, forma rudimentar de sistema de distribuição.

Esta situação evoluiu progressivamente, começando pelos grandes centros urbanos, continuando por todo o litoral, havendo ainda hoje muitos povoados das zonas interiores do País sem a chamada «água canalizada». Na primeira metade do século, se os sistemas de adução eram, para as situações mais complexas, alvo de alguns cálculos rudimentares, o mesmo não se passava com as redes de distribuição. Basta lembrarmo-nos que só em 1936 foi apresentado nos Estados Unidos da América o método de Hardy Cross para o cálculo do equilíbrio hidráulico de redes malhadas, e que foi este o primeiro método minimamente eficiente com esta função.

Na ausência de métodos de cálculo eficientes que permitissem projectar uma rede com algum rigor científico, como era feita a exploração dos sistemas existentes? Para respondermos a esta pergunta não é necessário recuar no tempo. Em Portugal, a quase totalidade dos SDAs continua a ser explorada da mesma forma artesanal como o era há 50 anos.

Tradicionalmente, o gestor de um SDA não procura de sobremaneira racionalizar os recursos de que dispõe, mas tem como objectivo último minimizar uma função hipotética a que poderíamos chamar «função representativa das queixas dos consumidores».

Em SDAs de pequena e média envergadura, é vulgar que as funções de gestor e de encarregado de obras sejam acumulados pela mesma pessoa, que em regra dedicou toda a sua vida ao «seu» sistema, que «conhece como às próprias mãos». Quase toda a informação é memorizada naturalmente pelo operador, que sabe que no bairro A os consumidores se queixam sempre de falta de água, que no bairro B só se queixam quando é efectuada determinada manobra de válvulas no sistema, e que na rua C passa uma conduta de diâmetro 60 de ferro fundido. Trata-se deste modo de um tipo de informação empírica e pouco rigorosa.

Sentiu-se em determinada altura que os investimentos feitos na construção das infra-estruturas de saneamento básico tinham que ser, pelo menos parcialmente, recuperados de modo a permitir um certo equilíbrio financeiro da entidade exploradora. Decidiu-se então que a forma a adoptar seria tarifar os consumidores em função do seu consumo, o que obrigou a instalar medidores de caudal totalizadores junto dos pontos de consumo pago. Os registos assim obtidos, embora insuficientes (ver 3.5), constituem um primeiro grupo de dados estatísticos de grande valor.

3 — NOVAS FORMAS DE EXPLORAÇÃO

3.1 — Descrição geral

Tal como é inconcebível nos nossos dias construir SDAs sem ter feito previamente os cálculos adequados, também a curto prazo será inaceitável manter as metodologias e exploração actualmente em vigor.

As restrições financeiras actuais não deverão constituir um obstáculo mas sim um incentivo à adopção de novas técnicas que permitam racionalizar os investimentos, tirar o máximo partido dos recursos disponíveis e poupar energia dispendida na exploração.

Em contrapartida aos métodos de exploração hoje utilizados, moderna tendência é a da centralização de informação por um ou mais níveis hierárquicos

de forma a que o gestor possa conhecer em cada instante o estado do SDA e decidir em conformidade qual a actuação mais adequada.

A opção por um ou mais níveis deve ser função fundamentalmente da dimensão e complexidade do sistema que, no caso de serem elevados, tomam convenientes níveis de decisão intermédios.

Tomando o caso mais simples de uma única central, o SDA deve estar a ela ligado por forma a poder enviar os seus principais parâmetros de funcionamento. Estes correspondem naturalmente à indicação do estado de funcionamento de centrais elevatórias, válvulas e outros equipamentos, mas também a valores de caudais, pressões e por exemplo teores de cloro residual.

Estes parâmetros são enviados à central por «telemetria» (3.2), após o que devem sofrer uma conveniente verificação, selecção e tratamento, por forma não só a esclarecerem o operador do funcionamento global do sistema como também a irem alimentar ficheiros de dados para posterior utilização. Estes ficheiros constituem um apoio valiosíssimo para estudos futuros por exemplo de ampliação do sistema.

O operador tem assim possibilidade de acompanhar o funcionamento global do sistema pela análise dos dados numéricos recebidos, que em alguns casos podem e devem ser apresentados na forma gráfica (3.4), para mais cómoda e rápida apreciação

Pode então realizar manobras de órgãos da rede, quer em situações normais de exploração, quer em situações de excepção. Essas manobras podem ser executadas por «telecomando» (3.2).

Naturalmente que o operador deve ter um conhecimento correcto das incidências que cada manobra pode ter no sistema, o que poderá conseguir através da utilização de um «modelo de simulação» (3.3) que, tal como o nome indica, simulará a manobra e indicará as respectivas consequências.

Numa perspectiva a longo prazo, será mesmo possível automatizar parte ou toda a intervenção do operador constituindo assim um ciclo fechado de controlo e operação, com intervenção esporádica do homem.

Nos capítulos seguintes descrevem-se com mais algum pormenor alguns dos aspectos referidos

3.2 — Telemetria e telecomando

No estágio actual da tecnologia já é viável a utilização de sistemas em que alguns registos são transmitidos à distância desde o ponto de medição até à central por qualquer sistema de telemetria. É igualmente viável e largamente utilizado na Europa e no Japão o sistema de telecomando, que permite comandar à distância as manobras de equipamento adequadas a cada situação de funcionamento. Mesmo em Portugal já existem alguns exemplos de utilização destas técnicas.

Os registos captados podem ser de diversos tipos, dos quais se apontam os fundamentais:

- a) *Registos hidráulicos* (caudais, pressões, velocidades, etc.);
- b) *Registos de qualidade da água* (cloro residual, pH, oxigénio dissolvido, etc.);
- c) *Registos mecânicos* (estado de abertura de válvulas, situação de máquinas, etc.);
- d) *Registos eléctricos* (intensidade, potência, factor de potência, etc.);
- e) *Registos meteorológicos* (temperatura, humidade, etc.).

Os comandos são fundamentalmente de tipo mecânico, permitindo abrir e fechar válvulas, ligar ou desligar grupos elevatórios, injectar qualquer correctivo da qualidade da água, ou outros.

A transmissão dos sinais pode ser feita através de rádio, cabo ou linha telefónica, sendo mais utilizadas as duas últimas formas. Para distâncias curtas, por exemplo para máquinas situadas no edifício da central, há ainda a possibilidade de usar selectores com ligação directa.

Nas linhas de exploração, poderá haver uma combinação de sinais eléctricos, electrónicos, pneumáticos e hidráulicos, consoante o tipo de equipamento de que se trate.

A arquitectura do sistema de transmissões depende da geometria do SDA, da localização da central relativamente ao SDA, do tipo de registos a transmitir, de frequência e modo de transferência e da tecnologia e do capital disponíveis. Por exemplo, há que definir à partida se se pretendem obter registos contínuos de todos os pontos de medição, ou se, pelo contrário, é aceitável obter num dado instante apenas um registo correspondendo a uma leitura determinada, no instante seguinte outro registo de tipo diferente ou de um ponto diferente, e assim sucessivamente até fechar o circuito, repetindo o processo com uma frequência seleccionada. O primeiro sistema será inevitavelmente mais caro, mas fornece informação mais completa. Actualmente, os sistemas existentes são em geral do segundo tipo, tendo não um único mas vários canais de recepção.

Seja qual for o sistema seleccionado, há cuidados básicos a ter em atenção, dos quais se referem alguns:

- a) Deve haver redundância das ligações e das informações mais importantes no sentido de aumentar a

segurança e a fiabilidade do sistema:

- b) Deve ser possível isolar qualquer componente não essencial ao funcionamento do SDA sem que isso implique uma paragem global;
- c) Deve ser prevista a existência de alarmes que avisem os operadores da ocorrência de avarias quer do sistema de telecontrolo quer no próprio SDA;
- d) O equipamento deve ser projectado de modo a permitir reparações tão rápidas e simples quanto possível. Isto pode ser conseguido por exemplo através da substituição de circuitos integrados normalizados, existentes permanentemente em stock;
- e) O equipamento deve ser tão versátil quanto possível. Por um lado, a exploração quotidiana do SDA em causa faz nascer sempre novos objectivos a atingir. Por outro lado, há que prever sempre a ampliação do sistema, ou a sua ligação a centrais de grau hierárquico adjacente;
- f) Deve ser previsto um programa de manutenção preventiva periódico de todo o sistema;
- g) O sistema de operação deve ser o mais simples possível, e baseado em raciocínios lógicos dos operadores;
- h) As acções de formação, familiarização e treino dos operadores com o sistema são essenciais.

Os sistemas de telemetria e telecomando estão muitas vezes associados a processadores (ou mesmo a micro-computadores), que permitem seleccionar um conjunto de operações a efectuar num dado instante, mas que simultaneamente fazem um pré-tratamento dos registos recolhidos. Este pré-tratamento poderá ir desde a simples comparação entre os valores registados e valores limite pré-estabelecidos (por exemplo com base em simulações efectuadas *a priori*), até à organização do registo de modo a eles serem armazenados de forma compacta e funcional.

Em paralelo com os sistemas de telecontrolo «em grande» dos SDA começa a surgir interesse em fazer a leitura automática à distância dos contadores domiciliários, em grandes centros urbanos. Cada sinal de leitura do contador é transmitido por exemplo por telefone a um centro de controlo, onde é tratado de forma a conhecer o consumo mensal, que é arquivado em «diskettes» ou em bandas magnéticas, utilizadas para fins contabilísticos, de gestão e de planeamento. Actualmente esta é uma via que, embora já tecnicamente possível, ainda é economicamente desmotivadora.

3.3 — Modelo de simulação

Por simulação de um SDA entende-se a análise hidráulica do funcionamento desse sistema, de modo a ser perfeitamente conhecido o seu comportamento para uma ou mais situações possíveis. É portanto uma ferramenta de extrema utilidade no controlo de SDAs.

Para sistemas com um mínimo de complexidade, a simulação só é exequível através de um «modelo matemático» que representa correctamente o sistema, utilizando um dos métodos disponíveis de verificação de equilíbrio hidráulico.

O modelo matemático, com o apoio de um computador, permite conhecer em poucos segundos a resposta do sistema a qualquer solicitação previsível de consumos e/ou a qualquer alteração da sua geometria. A tendência

ser cada entidade exploradora ter o modelo matemático do ou dos seus SDAs implementada no seu próprio centro de cálculo ou noutra centro ao qual tenha acesso utilizando-o sempre que necessário nomeadamente

- Simulando «situações normais» de funcionamento como as flutuações de caudais ao longo do tempo (dia, mês, ano e vida da obra) e o envelhecimento progressivo das condutas, com a consequente variação das rugosidades.
- Simulando «situações de emergência» possíveis no sistema, analisando os resultados e estudando em tempo útil as soluções mais convenientes para responder a essas situações. Referem-se, a título de exemplo, situações correspondentes à colocação de um troço fora de serviço por necessidade de reparação, à colocação de um reservatório ou instalação elevatória fora de serviço, e ainda a necessidade de combate a um incêndio em zonas topograficamente desfavoráveis.
- Simulando «alterações pontuais» do sistema de modo a melhorar o seu funcionamento. Existem habitualmente zonas desfavorecidas, com problemas de pressão inferiores ou superiores aos limites convenientes e velocidades demasiado baixas ou demasiado altas, que podem por vezes ser resolvidas com pequenas obras de eliminação ou execução de ligações entre condutas, ou com manobras simples de válvulas. Na definição dessas pequenas alterações, a simulação é extremamente útil.
- Simulando «remodelações de fundo» necessárias para manter actualizado o seu sistema de distribuição, uma perspectiva a longo prazo. Os efeitos da localização e características de novas origens, sejam reservatórios ou instalações elevatórias, de novas condutas e de novos elementos especiais capazes de responderem às necessidades previstas em caudais e pressões, podem ser determinados através da simulação do sistema.

3.4 — Visualização gráfica

Quando é necessário interpretar rapidamente um grande volume de números, sejam eles valores registados directamente ou sejam resultados de um programa de cálculo automático, a sua análise directa torna-se numa tarefa que além de difícil, é uma importante fonte de erros. Uma das formas mais eficientes de resolver o problema é o tratamento de informação numérica e a sua transformação gráfica, cuja interpretação, embora menos exacta, se torna muito mais rápida e intuitiva.

No LNEC já se encontram implementadas três formas distintas de visualizar graficamente as grandezas que caracterizam o sistema para uma dada hipótese de funcionamento (por exemplo, as cotas topográficas, as cotas piezométricas ou as pressões). São elas as cartas de perspectivas, de isolinhas ou de manchas, e de que são exemplo respectivamente as Figuras 3, 4 e 5.

Outra forma possível de representação gráfica, também frequentemente utilizada no LNEC, é o registo em forma de gráfico da evolução no tempo de um determinado parâmetro num dado local do SDA. Os processadores ou os computadores ligados aos sistemas de telemetria deverão ter a possibilidade de dar

ao operador a informação colhida sob nesta forma (variação de nível de um dos reservatórios, por exemplo).

Aproveitando as facilidades gráficas que os novos meios informáticos dispõem, pensa-se que o desenvolvimento de novo «software» gráfico é um dos campos onde o LNEC deverá investir dentro deste domínio. Neste contexto, está previsto que dentro de um a dois anos se passa a dispor em Portugal de programas de computador que permitam a entrada de dados directamente através de um terminal gráfico ou de uma mesa digitalizadora, o que facilita por um lado a introdução de alguns dados e por outro elimina as dificuldades inerentes ao manuseamento simultâneo de cartas a escalas diferentes. Como complemento, pretende-se desenvolver ou adoptar programas existentes capazes de reproduzir à escala pretendida os elementos do SDA desejados em cada momento. Como exemplo pode-se referir uma saída gráfica onde figurem, além do esquema do SDA, o número dos nós, o número dos troços, e os respectivos comprimentos e diâmetros, ou uma carta onde figurem apenas o esquema do sistema, os caudais escoados nos troços e os respectivos sentidos de escoamento para uma dada situação simulada; ou qualquer combinação de informação disponível que num dado instante nos seja útil.

Pensa-se com este leque de programas cobrir as principais lacunas que actualmente ainda se sentem neste domínio.

3.5 — Cadastro do sistema e organização dos registos

É frequente considerar-se como assunto secundário face aos problemas mais ou menos graves que os gestores do SDA enfrentam quotidianamente a elaboração cuidada dos cadastros das redes e a sua actualização permanente. A experiência do LNEC mostra que a situação mais comum entre nós é a da existência de projectos parcelares de rede, que foram em geral executados com alterações não assinaladas, associados a parcelas de rede sem qualquer peça escrita que a represente. Se esta situação tem sido possível de manter, não o será mais desde que se tente tomar decisões coerentes e compatíveis com o nosso tempo: as dificuldades financeiras dos municípios não poderão ser invocadas para justificar esta lacuna, que poderá ser tapada em geral sem dispêndio de capital directo, e usando exclusivamente os conhecimentos memorizados dos encarregados das obras, dos fiscais ou dos canalizadores mais antigos.

Tentar usar modelos de simulação muito potentes com base numa geometria de rede fictícia trará inevitavelmente resultados desastrosos, sem qualquer significado real.

Os cadastros deverão ser constituídos por desenhos esquemáticos do SDA a escalas que permitam o fácil manuseamento das cartas mas que sejam suficientemente legíveis e que deverão conter a seguinte informação:

- a) Esquema actualizado da rede, de modo a que fique claro o modo como as condutas se cruzam ou se ligam e a localização em planta de todos os elementos;
- b) Valor do diâmetro, comprimento, material, classe, data de construção e tipo de junta para todas as

condutas;

- c) Cotas de implantação;
- d) Localização e descrição (tipo diâmetro, marca e data de implantação) de todas as válvulas;
- e) Localização dos reservatórios, com referência as cotas de soleira, ao nível máximo e ao nível mínimo;
- f) Localização e descrição das instalações elevatórias e sobreprensoras (n.º de grupos, tipo, potência, marca, curvas características, etc.)

Sempre que haja alguma alteração ao SDA, deverá ser anotada imediatamente no cadastro.

Gerir bem exige saber antes de mais dar a resposta à pergunta «quer o quê?». Na posse de um cadastro permanente actualizado o primeiro passo está dado.

Outro assunto normalmente descuidado e que no entanto merece ser alvo de mais atenção é a forma de organização dos registos de consumos e a repetição periódica de campanhas de medição, de caudais e pressões na rede.

Em Portugal, embora os consumidores paguem taxas proporcionais ao caudal consumido, o que implica instalação e leituras periódicas de contadores domiciliários não têm sido aproveitadas do ponto de vista hidráulico todas as potencialidades de informação recolhida mensalmente pelos cobradores. O eventual tratamento dos registos reflecte exclusivamente uma estrutura administrativa e tarifária que pouco ou nada tem a ver com a estrutura hidráulica do sistema. Os consumidores começam por ser classificados de acordo com regras locais muito variáveis de município para município, e que podem ir desde a classificação num grupo único à classificação por escalões por consumo médio dispendido ou por tipo de consumidor (doméstico, comercial, industrial, público, etc.). Verifica-se ainda uma grande heterogeneidade de conceitos sobre quem pertence a que grupo. Por exemplo há quem englobe nos consumos públicos a diferença entre a macromedição e a soma dos outros grupos, não sendo possível distinguir perdas de água na rede dos consumos reais. Igualmente frequente é ver incluídas em qualquer dos grupos pequenas unidades hoteleiras.

Na nossa opinião, há um trabalho de fundo a desenvolver neste domínio, quer da parte dos organismos centrais quer da parte dos regionais. Aos organismos centrais cabe definir directivas claras e completas que garantam a uniformidade de critérios desejável, a utilizar em todo o País. Aos organismos locais cabe propor critérios que a sua experiência mostre serem adequados, cabe garantir o cumprimento sério das directivas adoptadas, conscientes que a compilação da informação recolhida é fundamentalmente a eles que irá servir.

A classificação por escalões, do ponto de vista hidráulico, permite com facilidade definir o que, para um dado SDA, deve ser considerado como grande consumidor, merecendo tratamento estatístico individualizado. Permite igualmente definir espacialmente manchas de concentração de consumidores por «peso» médio, o que constitui uma boa base de trabalho nomeadamente para a preparação de dados de um modelo de simulação hidráulico do SDA. Apresenta contudo uma grande desvantagem que é a não caracterização dos consumidores. O valor do consumo mé-

dio de uma entidade não é suficiente para inferir sobre o diagrama das flutuações ao longo do tempo. Gerir ou planejar conscientemente um SDA passa pelo conhecimento tão aproximado quanto possível das flutuações diárias, semanais, rasonais, ou outras a que os consumos estão sujeitos. Consequentemente, a informação que é possível extrair de uma classificação por escalões, por si só, é claramente insuficiente.

A classificação por tipo de consumidor pode dificultar o conhecimento espacial da distribuição dos pequenos, médios e grandes consumidores, mas tem o grande mérito de, quando bem estruturada, dar informação muito boa sobre as flutuações dos consumos no tempo. Como se sabe, os consumos domésticos caracterizam-se pela existência de duas pontas diárias muito nítidas, de intensidade e a horas dependentes sobretudo dos hábitos da população, assim como os consumos tipicamente comerciais se caracterizam por terem distribuições quase uniformes dentro dos horários de expediente, nulos nas horas mortas.

Este tipo de classificação permite estabelecer man-

chas de concentração de cada tipo de consumidor informação de muito valor sobre as flutuações de consumo no tempo esperadas para cada zona do sistema. No entanto peca pelo inconveniente de não dar informação sobre a variabilidade de consumos dentro de cada grupo.

Estabelecida que esteja a classificação a referir os municípios costumam calcular somas parciais de consumos mensais, normalmente com base nas zonas de cobrança de cada cobrador ou na divisão administrativa de cada localidade. É importante que esta situação se modifique, e se tenha em conta a estrutura hidráulica dos SDA (zonas de dependência de cada reservatório, ondas de pressão, válvulas de seccionamento normalmente fechadas, etc.)

Para finalizar, salienta-se a importância da contabilização de todos os consumos, mesmo que eventualmente não sejam pagos, da calibração periódica dos debitómetros e do registo do consumo efectivo, mesmo que seja inferior ao correspondente à taxa mínima.



EXPLORAÇÃO TÉCNICA DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO — ASPECTOS LIGADOS À QUALIDADE DA ÁGUA NAS ORIGENS E NORMAS DE QUALIDADE

ENG.^a ANA MARIA BAPTISTA MARTINS
(Direcção-Geral de Saneamento Básico)

A água constitui, na terra, a condição primária mas essencial de toda a vida, quer vegetal quer animal.

É um dos factores ecológicos de especial importância, podendo ser factor limitante na subsistência do homem e no seu desenvolvimento sócio-económico.

Mais do que qualquer outro factor, a disponibilidade em água poderá condicionar a dimensão da população e também o seu estado de desenvolvimento.

Apresenta a particularidade de ser constantemente renovada pelo ciclo hidrológico que determina a quantidade de água considerada disponível para o homem em cada continente.

Dado que os oceanos constituem o maior reservatório de água, costuma considerar-se que o mesmo ciclo começa com a evaporação da água do mar e da superfície do solo.

A superfície terrestre é coberta de água em cerca de 80%, porém somente 1% dessa quantidade apresenta condições para ser utilizado em consumo humano.

As águas que se encontram na natureza contêm matéria diversa, em solução ou em suspensão, em quantidades variáveis segundo a sua origem.

A qualidade da água depende, como já se referiu do caminho por ela percorrido durante o ciclo hidrológico.

No caso das águas de superfície, dependerá do próprio curso de água e da natureza das formações geológicas ocorrentes.

Estas águas estão sujeitas a grandes variações e, no mesmo local, inclusivamente, pode obter-se água de qualidade variável consoante a época do ano.

No que se refere à qualidade química das águas subterrâneas, dependerá fundamentalmente da natureza das formações geológicas que são atravessadas.

Os sais em dissolução na água resultam na maior parte, do ataque aos minerais solúveis, promovido à custa do anidrido carbónico.

Outros produtos de natureza química ou orgânica podem também ser arrastados quando a água atravessa o solo (caso dos compostos de azoto ou fósforo, provenientes de adubos ou de matéria orgânica).

Outras substâncias de natureza inorgânica podem alterar a qualidade da água (caso da intrusão salina).

A qualidade da água subterrânea altera-se, geralmente, quando ela passa do estado de repouso ao contacto com a atmosfera.

As colheitas para análise deverão ser efectuadas sempre após períodos de bombagem prolongados, a fim das características da água estabilizarem.

Para uma interpretação correcta de uma análise, deverão ser consideradas não só a totalidade dos resultados analíticos (exames organoléptico, físico, químico e bacteriológico) mas também toda a informação disponível sobre a origem da água, formações geológicas, zonas de protecção, focos de poluição, etc.

O critério de qualidade depende evidentemente do uso a que a água se destina, podendo as suas características variar muito de região para região e consoante se trate de águas de superfície ou de águas subterrâneas.

A qualidade da água depende de um grande número de factores — hidrológicos, físicos, químicos, biológicos e microbiológicos — cada um deles com um significado próprio.

A qualidade e a quantidade dos diversos constituintes permitem classificar uma água e limitar o seu emprego para os diferentes usos.

A definição corrente de água potável baseia-se na sua inocuidade para o homem e nas características que apresenta para o consumo humano (Directiva 80/778 de 15/7/80 da CEE).

A água destinada ao consumo humano deve ser incolor, inodora e ser isenta de matéria orgânica, germes patogénicos e de substâncias tóxicas.

A avaliação da qualidade da água destinada ao consumo humano deverá ser feita por análise de um grande número de parâmetros. A escolha dos parâmetros e dos critérios de qualidade a eles associados evoluem com o tempo, sendo função de factores científicos e tecnológicos.

A qualidade físico-química da água, dada a inexistência de normas portuguesas, deverá ser avaliada com base nas normas da Organização Mundial de Saúde (Quadros I e II em anexo).

No que concerne às normas de qualidade bacteriológica da OMS (Quadro III, em anexo), elas reportam-se apenas a duas determinações — coliformes totais e E. coli — que constituem o exame bacteriológico de rotina.

Portugal à data da sua adesão às Comunidades Económicas Europeias, tem não só de ter legislação nacional compatível com a legislação comunitária, como também dar cumprimento a essa mesma legislação.

No entanto, e para casos devidamente justificados, pode solicitar que a aplicação em Portugal de alguns desses actos, seja derrogada ou que sejam feitas adaptações, de forma a que sejam contempladas situações específicas portuguesas.

Com base na lista de actos comunitários em vigor Novembro de 1981 e descritos no Inventário dessa data, foram entregues, por Portugal, no âmbito das Conferências entre as Comunidades e Portugal, as declarações e definidas as correspondentes derrogações e, para cada acto, as alterações aceites pelas Comunidades.

Quanto aos actos comunitários publicados entre Novembro de 1981 e Março de 1983, e que já foram analisadas no âmbito das reuniões de direito derivado em Bruxelas, não foram ainda objecto de negociações por Portugal.

A legislação publicada posteriormente a Março de 1983 deverá ser analisada, em data a acordar com as Comunidades, no âmbito de reuniões de direito derivado, e só posteriormente Portugal poderá apresentar a sua posição sobre essa legislação.

QUADRO I
NORMAS DE QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA (OMS)

Substância ou propriedade		Concentração máxima (1)	
		Aceitável	Admissível
Substâncias químicas tóxicas	Arsénio (As, mg/L)	-	0,05
	Cádmio (Cd, mg/L)	-	0,01
	Chumbo (Pb, mg/L)	-	0,10
	Cianetos (CN, mg/L)	-	0,05
	Mercúrio (Hg, mg/L)	-	0,001
	Selénio (Se, mg/L)	-	0,01
Substâncias susceptíveis de constituir um risco para a saúde	Fluoretos (F, mg/L)	Anexo I-Quadro III	
	Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (mg/L)	-	0,0002
	Nitratos (NO ₃ , mg/L)	-	45
Substâncias que influem na potabilidade da água	Cor (escala Pt-Co)	5	50
	Turvação (escala SiO ₂)	5	25
	Sólidos totais (mg/L)	500	1500
	pH	7,0-8,5	6,5-9,2
	Anidrido carbónico agressivo (CO ₂ , mg/L)	-	0
	Cálcio (Ca, mg/L)	75	200
	Magnésio (Mg, mg/L)	30 (2)	150
	Dureza total (CaCO ₃ , mg/L)	100	500
	Cloretos (Cl, mg/L)	200	600
	Sulfatos (SO ₄ , mg/L)	200	400
	Cobre (Cu, mg/L)	0,05	1,5
	Ferro total (Fe, mg/L)	0,1	1,0
	Manganês (Mn, mg/L)	0,05	0,5
	Zinco (Zn, mg/L)	5,0	15,0
	Compostos fenólicos (C ₆ H ₅ OH, mg/L)	0,001	0,002
	Detergentes aniônicos (mg/L)	0,2	1,0
Óleos minerais (mg/L)	0,01	0,3	
Oxigénio dissolvido (O ₂ , mg/L)	-	5 (3)	

(1) - Concentração máxima aceitável - é o limite a partir do qual a qualidade da água diminui, podendo começar a causar problemas ao consumidor.

Concentração máxima admissível - é o limite máximo que se pode tolerar; concentrações superiores são manifestamente perigosas para a saúde.

(2) - Valor aplicável quando o teor em sulfatos for igual ou superior a 250 mg/L.

(3) - É um teor mínimo.

QUADRO III
NORMAS DE QUALIDADE BACTERIOLÓGICA (OMS)

TIPO DE ABASTECIMENTO	PONTO DE COLHEITA	LIMITE ACEITÁVEL
	<p>Água desinfectada</p> <p>À entrada da rede</p> <p>Água não desinfectada</p>	<p>Ausência de coliformes em qualquer amostra</p> <p>Nenhuma amostra deve conter E.coli e, se esta condição for satisfeita, poderá tolerar-se um máximo de 3 coliformes por amostra.</p>
Por rede de distribuição		<p>1. Por ano, a percentagem de amostras isentas de coliformes não deve ser inferior a 95%</p> <p>2. Nenhuma amostra poderá conter E.coli.</p> <p>3. Nenhuma amostra poderá conter mais de 10 coliformes.</p> <p>4. Não deverão ser encontrados coliformes em duas amostras sucessivas.</p>
Sem rede de distribuição (Abastecimento de casas isoladas)	Poços, furos, minas, fontes, etc.	<p>1. Se não se conseguir, medição adequada proteção sanitária da origem de água, que o NMP de coliformes seja inferior a 10, a água deve ser considerada como não potável.</p> <p>2. A presença regular de E. coli impede o uso da água para consumo humano.</p>

QUADRO II
TEORES LÍMITES DE FLUORETOS (OMS)

MÉDIA ANUAL DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DIÁRIAS (9C)	TEOR LIMITE (F, mg/L)	
	INFERIOR	SUPERIOR
10,0 - 12,0 (a)	0,9	1,7
12,1 - 14,6 (b)	0,8	1,5
14,7 - 17,6 (b)	0,8	1,3
17,7 - 21,4 (c)	0,7	1,2
21,5 - 26,2 (c)	0,7	1,0
26,3 - 32,6	0,6	0,8

* - Devido às consequências possíveis sobre a saúde, quer dos baixos quer dos altos teores de fluoratos nas águas, respectivamente cáries dentárias e fluoroses, torna-se necessário recomendar teores limites mínimos e máximos. Admitindo que cada consumidor deverá ingerir diariamente cerca de 1 mg de fluoratos, os teores admissíveis nas águas de abastecimento são fixados em função da média anual das temperaturas máximas diárias da zona considerada.

- (a) - Válido para a Europa do Norte
- (b) - Válido para a Europa Central
- (c) - Válido para a Europa Meridional

EXPLORAÇÃO TÉCNICA DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO — ASPECTOS QUÍMICOS E SANITÁRIOS

ENG.º JOÃO MANUEL GOMES DE SOUSA
(Direcção-Geral do Saneamento Básico
Escola Nacional de Saúde Pública)

Muitas das estações de tratamento de água para abastecimento público existentes em Portugal, particularmente aquelas em que a origem da água bruta é uma massa de água superficial, são constituídas pelo esquema, quase clássico, que engloba coagulação - decantação - filtração - desinfecção, eventualmente completado por pré-oxidação e correcção da agressividade. Noutros casos, particularmente quando se trata de origens de água subterrânea, o esquema do tratamento é mais simples, por exemplo do tipo desferrização — correcção da agressividade — desinfecção, podendo mesmo em determinadas situações ser constituído, apenas, por desinfecção.

Embora a qualidade da água tratada dependa, obviamente, do sucesso de todas as operações e processos que constituem o esquema de tratamento, é particularmente importante a adequada exploração técnica dos processos de coagulação e de desinfecção aos quais, por isso, será dedicada maior atenção.

Por um lado é unanimemente reconhecido que, nas estações de tratamento que envolvem o processo de coagulação, o sucesso das operações e processos que lhe são subsequentes e do tratamento global depende fortemente do seu funcionamento adequado. Dado que o processo de coagulação pode ser considerado como um tratamento prévio da sedimentação e da filtração, ao conferir às substâncias a remover melhores propriedades de sedimentabilidade e, ou de filtrabilidade, tal facto confere ao processo de coagulação, simultaneamente, uma grande importância e uma grande responsabilidade, visto a qualidade final da água tratada e, conseqüentemente, a segurança sanitária dos consumidores dependerem em grande parte de uma coagulação eficaz. Além disso, como principal processo de remoção da turvação e da cor, a aplicação da coagulação acompanhou a subida de importância que, em anos recentes, se verificou naqueles dois conceitos como indicadores da qualidade da água, devidos aos seus marcantes significados estético e sanitário indirecto.

Por outro lado, o processo de desinfecção deve ser entre os processos de tratamento actualmente empregues, o que apresenta origens mais remotas visto ser com certeza, uma das mais potentes armas disponíveis no combate às doenças e epidemias de origem hídrica, donde deriva o seu significado sanitário impar.

Nas estações de tratamento, os compostos químicos usados como coagulantes primários são os sais metálicos clássicos — quase exclusivamente o sulfato de alumínio e sendo conhecida uma estação em que é empregue o cloreto férrico —, sendo raras as que recorrem ao emprego de adjuvantes de coagulação. Pelo contrário, é bastante frequente o emprego de produtos alcalinos — principalmente sob a forma de suspensões de cal ou leite de cal, sendo também usadas soluções saturadas de cal ou água de cal e soluções de carbonato de sódio — com o objectivo de contrariar a acção acidificante das soluções dos sais de alumínio e de ferro. Quanto à desinfecção os métodos mais comuns são os que recorrem aos agentes químicos e, destes, os de maior aplicação são o cloro e os seus compostos derivados (dependendo a opção entre o cloro gasoso e os hipocloritos, fundamentalmente, da dimensão do abastecimento ou, mais exactamente, da quantidade de cloro activo necessário).

Como em muitos casos as águas brutas a tratar apresentam turvações baixas, embora indesejáveis, o mecanismo de desestabilização mais praticado é o de arrastamento por um precipitado. Este mecanismo obriga ao emprego de doses muito elevadas dos sais metálicos coagulantes para que rapidamente se formem quantidades importantes dos respectivos hidróxidos insolúveis dotados de boas características de sedimentabilidade. Aliás, nos casos em que as turvações são mais elevadas, para os quais seriam eficazes os mecanismos baseados nos fenómenos de absorção, a técnica geralmente utilizada consiste igualmente na formação do «sweep floc».

Apesar do mecanismo de desestabilização normal-

mente praticado ser o menos específico e, conseqüentemente, o mais simples, muitas das estações apresentam graves deficiências de funcionamento na parte respeitante ao processo de coagulação. Tais deficiências são de vária ordem, mas as principais têm a sua origem na deficiente caracterização da água bruta — quer a nível de projecto quer durante a exploração da estação —, na inexistência ou não utilização adequada dos equipamentos, materiais e reagentes indispensáveis ao controlo dos processos de tratamento e da qualidade da água nas várias fases do esquema de tratamento e na deficiente preparação profissional do pessoal que tem a seu cargo a operação da estação. Uma situação extrema que pode resultar da conjugação das deficiências citadas e que, infelizmente, se verifica com mais frequência do que seria desejável, pode ser caracterizada do seguinte modo: as únicas determinações efectuadas para controlo da qualidade da água tratada são as do valor do pH (por comparação colorimétrica usando indicadores corados), do teor em cloro residual disponível livre (pelo método desactualizado da ortotoluidina) e, quando oportuno, do teor em ferro total (pelo método colorimétrico da fenantrolina). Não são, portanto, efectuados os indispensáveis exames físico-químico e bacteriológico nem os igualmente necessários ensaios de coagulação, para além dos que normalmente realizam quando da caracterização duma potencial origem de água.

Nestas condições, como a qualidade da água varia ao longo do período de vida da estação relativamente à qualidade inicial, é infalível que, pelo menos em certos períodos, as condições de funcionamento da estação não sejam as ideais, nomeadamente por deficiência dos factores que afectam o processo de coagulação (reagentes aplicados, doses utilizadas, pontos de aplicação, etc.). Em particular a ideia incorrecta, mas bastante divulgada, de que o tipo de relação existente entre a dose óptima do coagulante e a turvação da água bruta é sempre de proporcionalidade directa — quando, de facto, no mecanismo de desestabilização de arrastamento por um precipitado a relação é, pelo menos para águas de baixa turvação, de proporcionalidade inversa — conduz, quando do ocorrência de variações na qualidade da água bruta, a ajustamentos errados da dose do coagulante, de «sentido» oposto ao apropriado. É, além disso, muito frequente a nível de projecto para efeitos de dimensionamento dos tanques de preparação, do equipamento de dosagem e do cálculo da quantidade de reserva do coagulante, a fixação indiscriminada apriorística — sem o recurso a ensaios de coagulação — de uma dada dose de coagulante, em geral cerca de 50 g/m³, que, como é demonstrado por estudos efectuados é, por via de regra, excessiva. São evidentes os inconvenientes não só económicos mas também da qualidade da água tratada que resultam de tal prática.

Sob o ponto de vista da realização prática do processo de desinfecção de águas para abastecimento com compostos de cloro, são notadas três deficiências importantes:

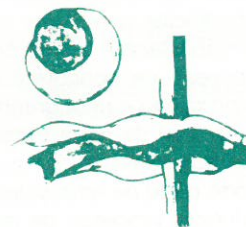
- verificam-se ainda algumas lacunas na obtenção de um adequado residual de cloro em todos os pontos da rede de distribuição, como consequência de deficiências práticas de vária ordem (ausência de recloração, deficiente funcionamento e operação do equipamento de injeção, etc.), embora o conceito

fundamental de que é importante garantir a qualidade da água em toda a rede e não, apenas, na estação de tratamento já tenha adquirido «direitos de cidadania», o que não acontecia ainda há relativamente poucos anos atrás:

- continua a ser prática corrente a aplicação do desinfectante após a aplicação do produto alcalino, nos casos em que esta última é necessária para efeitos de correcção do pH, desprezando-se assim uma parte importante da maior capacidade germicida das espécies de cloro disponível (HOCl e NHCl₂) formadas para valores mais baixos de pH do meio;
- a terceira e última deficiência diz respeito ao método de determinação do teor em cloro residual disponível, normalmente empregue. Com raras e recentes excepções, representadas pela adopção do método DPD na sua versão colorimétrica, a quase totalidade dos sistemas de abastecimento utiliza o método da ortotoluidina (OT) na sua versão ácida modificada (1946). Este método apresenta muitos inconvenientes, tais como baixa precisão e elevada interferência de muitos compostos, pelo que foi desclassificado de método-padrão na penúltima edição dos «Standards Methods» (14.ª edição - 1976).

Outras deficiências menos importantes respeitam à não homogeneização conveniente das soluções aquosas cloradas nas águas a tratar e, no caso da utilização do hipoclorito de sódio, ao emprego de soluções de concentrações diferentes das consideradas apropriadas (1 a 10% em volume — volume da «solução-mãe», à qual é atribuída, normalmente, uma concentração de 130 g/l em cloro activo)

É importante não esquecer um último aspecto que é fundamental sob o ponto de vista sanitário: a toxicidade e as propriedades cancerígenas ou mutagénicas de alguns compostos químicos utilizados nos processos de tratamento ou deles resultantes implicam obrigatoriamente a consideração de compostos alternativos para o mesmo fim.



3.^{AS} JORNADAS DO AMBIENTE

PAINEL FINAL

«Poluição Sonora — Legislação sobre Ruído»

- Eng.^a **Cristina Nunes** (Direcção-Geral Qualidade do Ambiente)
- Eng.^o **António S. Pereira Botão** (Direcção-Geral da Qualidade)
- Eng.^o **Pedro Martins da Silva** (Lab. Nacional Engenharia Civil)



Departamento de Saneamento Básico
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA



POLUIÇÃO SONORA — LEGISLAÇÃO SOBRE RUÍDO

ENG.ª MARIA CRISTINA NUNES
(Direcção-Geral da Qualidade do Ambiente)

1 Antecedentes

A importância fundamental da componente legislação em qualquer acção eficaz para a melhoria da qualidade do ambiente acústico levou um Grupo de Trabalho sobre Ruído, criado no âmbito da ex-Comissão Nacional do Ambiente, a dedicar-lhe a maior atenção.

Da análise dos textos legais que fixam critérios regulamentares no que respeita à poluição sonora verificou-se que a legislação em vigor se encontra desactualizada e desajustada às realidades actuais.

A insuficiência da ferramenta de apoio técnico-laboratorial existente à época de preparação da grande maioria dos diplomas legais fez com que muitos deles não passem de simples declarações de intenções.

Presentemente já existe um corpo de Normas (onde se fixam técnicas de avaliação e critérios de qualidade) que, em paralelo com as potencialidades dos actuais instrumentos de apoio técnico-laboratorial, proporcionam uma base eficiente para a elaboração de diplomas legislativos.

Duas vias alternativas podiam ser seguidas: ou preparar regulamentos específicos (ruído de tráfego, ruído industrial...); ou avançar para um regulamento geral que cobrisse as várias fontes sonoras. O Grupo de Trabalho optou pela segunda via, por considerar que uma acção deste tipo deve processar-se num quadro global e coerente, exigindo no entanto um esforço coordenado dos vários departamentos interessados.

Assim, desenvolveram-se trabalhos de preparação de legislação geral sobre ruído, num percurso naturalmente difícil, havendo que compatibilizar múltiplos interesses e pontos de vista específicos de variados sectores, tais como Saúde, Segurança Social, Urbanização, Habitação, Trabalho e Transportes.

2. Proposta apresentada

O Regulamento Geral sobre o Ruído apresenta, de forma integrada, matéria até agora repartida em legisla-

ção diversa, que se completou e actualizou e esta conforme ao que se estabelece nas directivas da Comunidade Económica Europeia.

Este Regulamento apoia-se num conjunto de Normas que, de forma coerente entre si e de acordo com a normalização internacional, estabelecem as técnicas de avaliação e apreciação subjacentes às disposições regulamentares.

O disposto no Regulamento aplica-se a

- edifícios, sua implantação e compartimentação
- indústria, comércio e serviços;
- equipamentos e sua instalação;
- tráfego;
- sinalização sonora;
- actividades ruidosas em geral, que possam causar incomodidade.

Prevê-se que o Regulamento seja revisto decorridos três anos da sua entrada em vigor. Considera-se que, entretanto, hão-de ser implementadas as medidas complementares necessárias, com vista a

- tornar o diploma um efectivo instrumento de utilização prática para as diversas entidades envolvidas na sua aplicação;
- e contribuir para a correcção e eventual aperfeiçoamento dos elementos técnicos, face aos resultados da aplicação experimental.

Neste sentido, irá ser elaborado um guião de aplicação do Regulamento Geral que contemple as diversas áreas envolvidas e espera-se que os vários sectores ligados à aplicação do Regulamento promovam as acções informativas e formativas necessárias e venham a contribuir, através de relatos críticos da sua prática, para a continuada actualização do seu conteúdo.

3. Ponto da situação

A proposta de Decreto-Lei sobre Ruído preparada pelo Gabinete Jurídico da ex-Comissão Nacional do Ambiente

bem como o projecto de Regulamento Geral respectivo elaborado por aquele Grupo de Trabalho, foram enviados para apreciação superior ao Senhor Secretário de Estado do Ambiente, e em Dezembro de 1983 o diploma foi discutido em Conselho de Ministros, tendo sido aprovado na generalidade.

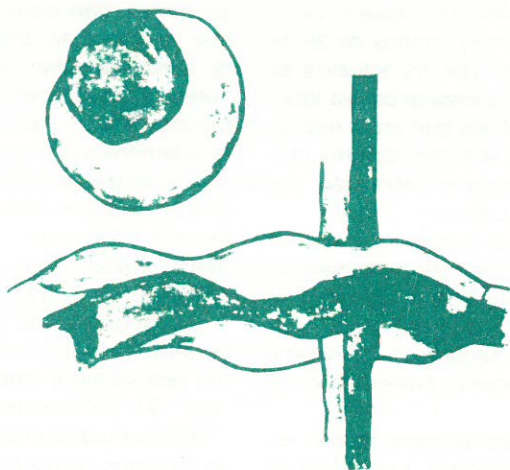
Posteriormente foi enviado a diversas entidades públicas e privadas com interesses e preocupações neste domínio e submetido a apreciação pública até final do mês de Março.

Os comentários ao diploma recebidos na Secretaria de Estado do Ambiente foram transmitidos à Direcção-Geral da Qualidade do Ambiente, que os analisou do ponto de vista técnico, e novamente remetidos ao Gabinete do Secretário de Estado do Ambiente para apreciação dos seus aspectos jurídicos. Findo este trabalho de ajustamento final, será o diploma submetido a Conselho de Ministros para apreciação na especialidade e consequente aprovação.

4. Consideração finais

Um conjunto de normas técnicas e legislativas ajustado às potencialidades e necessidades da realidade nacional e efectivamente cumpridas (para o que terá de ser complementado com dispositivos de controlo e de vigilância persistentes e activos) pode desempenhar um papel importantíssimo na defesa do ambiente acústico.

Neste sentido, julga-se que a elaboração do projecto de Decreto-Lei e Regulamento Geral sobre o Ruído, presentemente em fase de apreciação superior, foi já um primeiro e importante passo para o controlo e melhoria do ambiente sonoro. A matéria de um diploma desta índole é considerada imprescindível: dela resulta o estabelecimento de um quadro regulamentar adequado a uma política nacional de prevenção e combate à poluição sonora e que não deixe de atender também à perspectiva de integração no espaço económico e político europeu para onde estamos orientados.



POLUIÇÃO SONORA — LEGISLAÇÃO SOBRE RUÍDO

ENG.º ANTÓNIO DA SILVA PEREIRA BOTÃO

*(Direcção-Geral da Qualidade do Ministério
da Indústria e Energia)*

Legislação: Indústria e Ruído

Da laboração de um estabelecimento industrial pode resultar ruído incómodo para os trabalhadores e para terceiros. Portanto, a instalação e a laboração dos estabelecimentos industriais devem ser efectuadas de modo a garantir a salubridade dos locais de trabalho, bem como a higiene, comodidade e segurança públicas e dos trabalhadores. Nesta perspectiva foram publicados o Dec.-Lei n.º 46 923 e o Decreto n.º 46 924, ambos de 28 de Março de 1966, em que o primeiro diploma actualiza as condições a que devem obedecer a instalação e a laboração dos estabelecimentos industriais que eram regulados por legislação precedente e o segundo diploma promulga o Regulamento de Instalação e Laboração dos Estabelecimentos Industriais (R.I.L.E.I.).

Este regulamento fixou as regras processuais que se consideravam indispensáveis para permitir a intervenção eficaz dos técnicos do Estado junto dos estabelecimentos industriais, sem outro propósito que não fosse o de fazer cumprir os regulamentos de segurança, de higiene e de localização e de promover o aperfeiçoamento técnico das fábricas.

Define-se estabelecimento industrial como todo o estabelecimento onde se exerça actividade que conste na tabela anexa àquele regulamento. Os estabelecimentos industriais foram classificados em 1.ª, 2.ª e 3.ª classes, de acordo com a respectiva modalidade que, pela sua importância ou pela natureza da fabricação, determina cuidados particulares relativamente aos aspectos técnico-funcionais e de localização.

As instalações, alterações ou ampliações dos estabelecimentos industriais de 1.ª classe só podem efectuar-se depois da aprovação dos respectivos projectos pela direcção-geral que superintenda na indústria considerada (Art.º 3.º do RILEI).

Depois de terminadas, as instalações dos estabelecimentos de 1.ª e 2.ª classes, serão vistoriadas a pedido dos interessados, pois a sua laboração não poderá

iniciar-se sem aprovação das condições de salubridade, higiene, segurança, comodidade e técnico-funcionais próprias de cada modalidade industrial (Art.º 11.º do RILEI).

Classificam-se de 3.ª classe os estabelecimentos que pela sua reduzida importância e pela ausência de inconvenientes, não devem ser incluídas nas classes anteriores. A laboração destes estabelecimentos não depende de aprovação, mas ficam igualmente obrigados a satisfazerem as condições de salubridade, higiene, segurança, comodidade e técnico-funcionais exigidas pelas leis e regulamentos e da sua fiscalização.

A autorização concedida para a instalação ou laboração de qualquer estabelecimento industrial, ou para posteriores alterações, não prejudica os direitos de terceiros pelos prejuízos que venham a sofrer (Art.º 17.º do Decreto-Lei n.º 46923).

Da laboração de qualquer estabelecimento industrial poderão terceiros reclamar a todo o tempo para os chefes dos serviços externos com superintendência técnica (Art.º 9.º do Decreto-Lei n.º 46 923).

Apresentada a reclamação, devidamente fundamentada, os serviços competentes procederão logo às diligências necessárias à sua apreciação. . . Serão tomadas as providências adequadas quando a reclamação for atendida.

Quando a gravidade do caso o justificar, serão tomadas providências imediatas para eliminar ou prevenir as consequências resultantes do não cumprimento das disposições relativas à salubridade, higiene, segurança e comodidade dos estabelecimentos industriais, podendo determinar-se a suspensão do trabalho e encerramento dos respectivos locais, no todo ou em parte, ou selagem de qualquer equipamento (Art.º 5.º do Decreto-Lei n.º 46 923).

A localização dos referidos estabelecimentos em centros urbanos ou abrangidos por planos de urbanização aprovados só poderá ser autorizada dentro das zonas

industriais que tiverem sido previstas ou, na sua falta, mediante aprovação da Direcção-Geral do Planeamento Urbanístico ou da entidade que no local exercer a pertinente jurisdição (Art.º 4.º do RILEI).

As edificações de carácter industrial estão sujeitas a licenciamento municipal e o licenciamento pela Direcção-Geral competente precederá o licenciamento pela câmara municipal de acordo com o disposto no Decreto-Lei n.º 166/70, de 15 de Abril.

Com a Portaria n.º 53/71, de 3 de Fevereiro, foi publicado o Regulamento Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos Estabelecimentos Industriais posteriormente alterado pela Portaria n.º 702/80, de 22 de Setembro.

Em seguida transcrevem-se os dois artigos da Secção IV — Ruído e Vibrações deste Regulamento:

«Art.º 26.º 1 — *Nos locais de trabalho devem eliminar-se ou reduzir-se os ruídos e vibrações prejudiciais ou incómodos*

2 — *Os critérios de avaliação do risco de trauma auditivo por exposição ao ruído, bem como o de avaliação do risco devido à exposição a vibrações devem ser os previstos em normas portuguesas específicas.»*

(Recomenda-se que os valores limites de exposição ao ruído e às vibrações não ultrapassem os indicados em **Normas Portuguesas**).

«Art.º 27.º *Nas situações em que haja riscos devidos ao ruído e às vibrações devem os mesmos ser eliminados ou reduzidos através de medidas técnicas adequadas e ou pela adopção de medidas complementares de organização do trabalho. Quando estas medidas não reduzirem o ruído e as vibrações até aos limites recomendados, o empregador deve colocar à disposição dos trabalhadores os dispositivos de protecção individual adequados.»*

Estas disposições integram-se no que foi dito anteriormente.

As normas portuguesas são elaboradas por Comissões Técnicas permanentes ou ad hoc, constituídas pela Direcção-Geral da Qualidade ou por organismos com funções de normalização sectorial.

Relacionadas com a presente questão, as Comissões Técnicas de Normalização são a de Acústica (CT-28) e a de Segurança e Higiene no Trabalho (CT-42) e as normas portuguesas são as que a seguir se indicam:

- NP — 491 (1967) Frequência normal musical
- NP — 669 (1974) Acústica
Ensaio de transmissão dos ruídos aéreos e de percussão
- NP — 670 (1974) Acústica. Determinação em câmara reverberante do coeficiente de absorção e da área sonora equivalente.
- NP — 708 (1983) Acústica. Ruído emitido pelos veículos rodoviários a motor. Medição com o veículo em aceleração
- NP — 1674 (1980) Acústica. Caracterização do ruído no interior dos automóveis pesados de passageiros.
- NP — 1730 (1981) Acústica. Grau de reacção humana ao ruído.
- NP — 1731 (1981) Veículos Automóveis. Avisadores sonoros. Características acústicas e técnicas.
- NP — 1732 (1981) Acústica. Avaliação de distâncias de inteligibilidade da conversação em ambiente ruidoso.
- NP — 1733 (1981) Acústica. Higiene e Segurança no Trabalho. Estimativa da exposição ao ruído durante o exercício de uma actividade profissional, com vista à protecção da audição
- NP — 1888 (1982) Acústica. Medição do ruído emitido para o exterior por veículos que circulam sobre carris.
- NP — 2067 (1983) Acústica. Ruído emitido pelos veículos rodoviários a motor. Medição com o veículo parado.
- NP — 2069 (1983) Acústica. Ruído aéreo emitido pelas máquinas de terraplanagem. Medição com o veículo parado.
- NP — 2070 (1983) Acústica. Ruído aéreo emitido pelas máquinas de terraplanagem. Medição no posto de condução com o veículo parado.
- NP — 2071 (1983) Acústica. Ruído emitido por serras de cadeia protáteis. Medição na posição do operador.
- NP — 2073 (1983) Acústica. Critério de quantificação do isolamento sonoro em edifícios
- NP — 2075 (1983) Acústica. Zero de referência normalizado para calibração de audiómetros de sons puros.
- NP — 2076 (1983) Acústica. Avaliação do ruído do escape de ar nos veículos equipados com travões de ar comprimido.

POLUIÇÃO SONORA — LEGISLAÇÃO SOBRE RUIDO

ENG.º PEDRO MARTINS DA SILVA
(Laboratório Nacional de Engenharia Civil)

1 — O estabelecimento do quadro normalizador e regulamentador relativo a uma área qualquer de actividade técnico-científica é base essencial para o desenvolvimento da actividade nessa área. O facto é particularmente sensível quando se trate de aspectos relacionados com o ambiente, dado o número, sempre muito elevado, de intervenientes em qualquer questão e a óbvia variedade de proveniências, em termos de preparação e interesses para a abordagem da questão em causa.

Compreende-se, em consequência, a importância que foi dada ao tema normalização e regulamentação ao estabelecer-se uma estratégia global para o tratamento dos problemas da área do ruído ambiental.

2 — A posição aceite actualmente — e defensável por evidência, sem necessidade de qualquer demonstração elaborada minimamente — é a de apoiar a regulamentação em técnicas de avaliação e apreciação normalizadas.

Assim, na área em referência, o primeiro passo para a alteração de uma situação, que se caracterizava, em imagem, por um vácuo povoado de confusão, foi o de reformular a constituição e condições de funcionamento da Comissão Técnica de Normalização de Acústica — CT-28 —, o que foi feito em 1976.

Actualmente, a comissão integra cerca de trinta elementos, representando os diversos sectores que têm interesses directos ou indirectos relativos à Acústica e preparou, desde essa altura, trinta Estudos de Norma, encontrando-se aprovados, como Normas Portuguesas, dezanove. A elaboração destas normas, como é sabido, segue, em linhas gerais, a normalização internacional, em particular a da ISO, de que Portugal é membro participante no Grupo de Trabalho WG 43 (Acústica).

3 — A necessidade de preparação de um Regulamento geral sobre ruído, colocou-se naturalmente atendendo à dispersão da legislação existente e à sua desadequação às necessidades e meios disponíveis, actuais.

Entendeu-se que esse Regulamento seria preparado no âmbito das actividades do Grupo de Trabalho sobre ruído criado na Comissão Nacional do Ambiente e assim, em 1978 foi elaborada a primeira proposta que, analisada e reformalada, conduziu à preparação da proposta de Decreto-Lei e Regulamento correspondente que foi aprovada, na generalidade, em Conselho de Ministros, em Dezembro de 1983.

Foi considerado — numa atitude que se afigura paradigmática da forma como deverá ser tratada legislação com interesse alargado — apresentar a proposta à discussão pública, por um período de noventa dias. O número de respostas e o cuidado que se evidencia ter sido posto na elaboração de algumas delas são bem a prova do acerto da medida.

Com base nos resultados da consulta pública referida foi preparada a proposta final.

4 — Considera-se que a aprovação do diploma em causa constitui uma marca referencial importante no tratamento das questões ambientais, não só pela importância dos problemas postos pelo ruído — primeira causa, em número de reclamações sobre degradações do ambiente — como por se afigurar exemplar a forma como as autoridades ligadas à preservação do ambiente encararam o assunto.

Impõe-se agora — e é de esperar que venha a verificar-se — que sejam tomadas as disposições adequadas a uma correcta implementação, na prática, da aplicação das ferramentas regulamentares e normativas disponíveis.

4.^{AS} JORNADAS DO AMBIENTE

(3 a 5 de Junho 1985)

No. INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

PEDIDO DE INFORMAÇÕES A:

— SECRETARIADO DAS JORNADAS DO AMBIENTE
Departamento de Saneamento Básico
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
R. Conselheiro Emídio Navarro — 1900 LISBOA