

Caracterização física e química do composto orgânico tratado por compostagem e caracterização do afluente e efluente de lixiviados da Meia Serra



Relatório de Estágio realizado no âmbito do programa
de estágios no Ensino Superior do PRODEP III

Eng^a Zélia Freitas

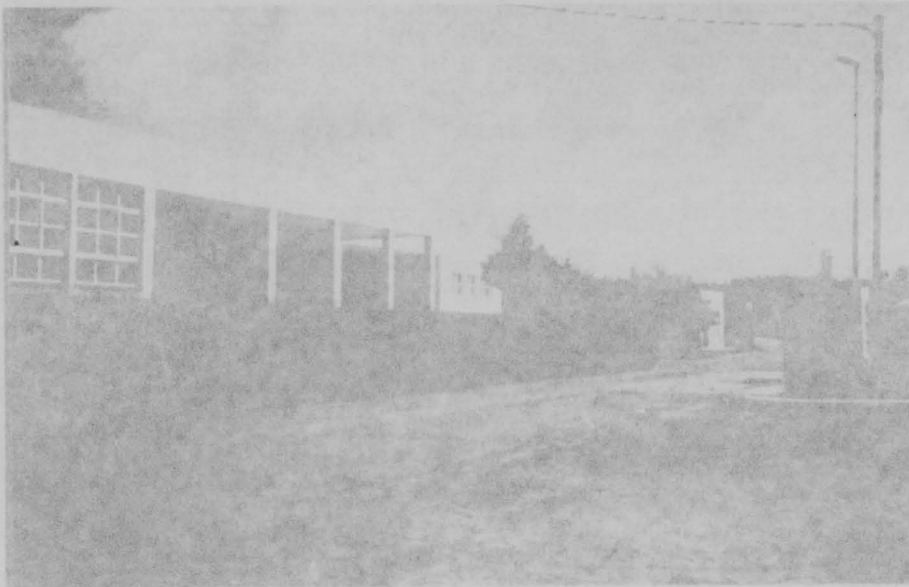
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

De Zembra/00

o de Tratamento de Resíduos Sólidos da Meia Serra, Maio de 2001

66(047.3)
LEQ 1999
FREZ

Caracterização física e química do composto orgânico tratado por compostagem
e caracterização do afluente e efluente de lixiviados da Meia Seta



Relatório de Estágio realizado no âmbito do programa
de estágios no Ensino Superior do PRODEP III

Eng.ª Zélia Freitas
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

66(047.3)/LEQ1999/FRE 3

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
Biblioteca
Nº 78313
CDU
Data 16/4/2007

Agradecimentos

Ao Eng.º Eduardo Castelo Branco e ao Eng.º Emanuel Jardim por me terem dado a oportunidade de realizar o estágio na ETRS da Meia Serra. Pela simpatia e disponibilidade demonstradas ao longo destes seis meses.

À Eng.ª Diana Marques pela sua ajuda preciosa na resolução dos problemas com que me deparei. Pela amizade, paciência e pela boa disposição que demonstrou.

Ao Eng.º António Livramento que contribuiu com a sua ajuda, na resolução dos diferentes problemas, mesmo nas situações mais difíceis.

Ao Eng.º Rui Boaventura que aceitou orientar este estágio.

À Eng.ª Joana Rodrigues o meu muito obrigado pela sua ajuda, sem a qual este estágio teria sequer começado.

Quero ainda agradecer à minha amiga Ana Luísa Costa, que contribuiu não só com a sua paciência, amizade e disponibilidade como também com a sua ajuda na elaboração deste relatório.

Os meus agradecimentos à Águeda Araújo, ao Jerónimo Martins e ao Sr. Miranda que também contribuíram com o seu trabalho e amizade disponibilizando-se sempre que foi necessário.

A todos o meu muito obrigado.

Zélia Freitas

	Pág.
1. Processos de tratamento destas águas	23
I – Introdução	1
II – Apresentação da ETRS	24
1. Introdução	2
1.2 Processamento dos diferentes resíduos.....	3
A – Tratamento Primário	4
B – Tratamento Biológico	5
C – Tratamento Final	6
D – Incineração	7
E – Aterro Sanitário	7
F – Tratamento das Águas Lixiviantes	8
G – Trituradora de Pneus.....	9
2. Quantidades de resíduos processadas desde 1992 até 1999	10
III – Processo de Compostagem – reutilização dos resíduos orgânicos	34
1. Introdução	11
2. Fases determinantes do processo	11
3. Qualidade do composto orgânico com vista à sua utilização como fertilizante e acção exercida por este no solo	13
4. Composto orgânico produzido na ETRS	15
4.1 Análise dos resultados obtidos	15
A – Grau de Maturação ou Estabilização.....	15
B – Teor de Matéria Orgânica.....	16
C – Metais Pesados.....	17
D – Outros Parâmetros.....	17
E – Granulometria.....	17
IV – Origem das Águas Lixiviantes	19
1. Introdução	19
• Decomposição dos Resíduos Sólidos Urbanos.....	19
• Formação das Águas Lixiviantes.....	19
• Características das Águas Lixiviantes.....	20
• Protecção das Águas Subterrâneas.....	22
• Captação e drenagem das Águas Lixiviantes.....	22

• Drenagem das Águas Pluviais e Superficiais.....	22
2. Processos de tratamento destas águas	23
2.1 Processos de tratamento aplicado a águas lixiviantes.....	23
2.2 Processos de tratamento biológico.....	24
• Lagoa de Arejamento.....	24
2.3 Processos de tratamento físico-químico.....	25
• Coagulação-floculação.....	26
• Processos de membranas.....	26
V - Tratamento efectuado na ETAL da Meia Serra	
1. Descrição do processo de tratamento.....	27
2. Ensaios realizados com o lixiviado.....	29
3. Arranque da ETAL, após remodelação.....	31
VI - Recolha das amostras de águas	
1. Introdução.....	34
2. Pontos de recolha das amostras	34
2.1 Parâmetros a analisar	38
3. Análise dos resultados	41
3.1 Análise às águas lixiviantes	41
3.2 Análise às águas destinadas ao consumo humano	42
3.3 Análise às águas doces superficiais sem utilização específica	43
VII – Anexos	45

Sumário

O trabalho que se apresenta, está inserido no *Programa de Estágios do Ensino Superior – Estágios curriculares e profissionais*. Para a sua realização ser possível, foi celebrado um acordo entre a Entidade Beneficiária – FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO e a Empresa – HIDURBE/PRIMA, tendo em vista o aproveitamento recíproco das potencialidades científicas, técnicas e humanas na realização do mesmo. O estágio teve lugar na Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos da Meia Serra (ETRS) – na Região Autónoma da Madeira – com duração de seis meses e sob o título: **Caracterização física e química do composto orgânico tratado por compostagem e caracterização do afluente e efluente de lixiviados da Meia Serra.**

Estabeleceram-se como objectivos:

- Avaliação aos resultados das análises efectuadas durante o ano 2000, ao “composto orgânico” produzido na ETRS, avaliando a sua qualidade para ser usado como fertilizante;
- Avaliação da qualidade do afluente e efluente à Estação de Tratamento de Águas Lixiviantes (ETAL). Efectuou-se também uma avaliação da qualidade das águas, que se encontram a jusante da ETAL, através de uma apreciação aos resultados das análises efectuadas, durante o ano 2000, às amostras recolhidas em pontos pré-estabelecidos.

Observações sobre o composto orgânico:

Observou-se em termos médios, um grau de maturação razoável. Relativamente aos macronutrientes as análises revelaram valores aceitáveis, visto que estes pouco se afastaram dos valores recomendados, à excepção da composição em matéria orgânica, que esteve quase sempre abaixo do valor recomendado. Apenas o azoto total apresentou, ao longo do ano, alguns valores abaixo do recomendável, os outros parâmetros como o fósforo, o potássio, o magnésio e o cálcio apresentaram teores sempre acima dos valores mínimos aconselhados. No que se refere a metais pesados verificou-se que os resultados destas análises, foram sempre bastante inferiores aos valores impostos pela legislação. No entanto alguns ultrapassaram os limites aconselhados pela literatura da especialidade, nomeadamente: o Cádmiu, o chumbo, o níquel e nalguns casos o cobre e o zinco.

Em termos de humidade, pH e salinidade, o composto não apresentou diferenças significativas ao longo do ano 2000. No que respeita à granulometria do composto, 95% do material apresentou valores inferiores a 9,51 mm, assim, em termos de granulometria considera-se um composto de boa qualidade.

De uma maneira geral e tendo em conta os resultados obtidos, pode-se dizer que o composto apresenta uma qualidade razoável. A melhoria da qualidade do composto orgânico está directamente relacionada com a redução dos metais pesados nos RSU's – isto pode ser conseguido através da selecção dos resíduos a compostar, o que implica directamente a ausência nos mesmos, de materiais como pilhas, baterias de automóveis e outros contaminantes; embora a situação ideal seria compostar apenas resíduos verdes e orgânicos. Obviamente, esta selecção tem como ponto de partida uma deposição selectiva por parte de toda a população.

Observações sobre as águas:

A análise dos resultados obtidos ao lixiviado bruto (afluente), mostrou que realmente este não pode ser descarregado em meio hídrico natural, sem ser devidamente tratado. Relativamente ao efluente da ETAL e dado que o seu arranque esteve também no âmbito deste trabalho pôde-se concluir que a ETAL tem uma eficiência média na ordem de 75 %. Embora seja uma eficiência alta, alguns dos valores ainda se encontram acima daqueles permitidos pela legislação em vigor, nomeadamente os parâmetros respeitantes à carência química e bioquímica de oxigénio e o azoto amoniacal. O não cumprimento da totalidade dos parâmetros exigidos para descarga em meio hídrico natural, é certamente consequência do não funcionamento de toda a linha de tratamento.

No que respeita às águas superficiais para consumo humano, a jusante da ETAL, observou-se que os pontos de recolha, para fins de consumo humano, não apresentaram valores alarmantes. No entanto a amostra recolhida no reservatório de abastecimento à ETRS, apresentou alguns parâmetros microbiológicos, acima do valor recomendado.

I – Introdução

Numa primeira parte deste relatório, é efectuada a apresentação da ETRS, descrevendo-se sucintamente os processos de tratamento que os resíduos sofrem desde a sua entrada na ETRS até respectiva deposição em aterro.

A compostagem é um processo que permite reutilizar os resíduos orgânicos, com vista à produção de fertilizante. Neste capítulo são mencionadas as características que o composto deve possuir para ser considerado um composto de boa qualidade e a acção exercida por este no solo. Com base nestes critérios, é efectuada uma avaliação ao composto produzido na ETRS da Meia Serra, tendo em conta os resultados das análises efectuadas ao longo do ano 2000.

Considerou-se interessante e até importante para uma melhor compreensão, referir sumariamente, o processo de decomposição dos resíduos num aterro – como causa da formação das águas lixiviantes – as consequências que daí advêm e a necessidade de proteger o meio hídrico circundante. Menciona-se ainda alguns tipos de tratamento que são efectuados às águas com estas características, apresentando resumidamente aqueles que são efectuados na ETAL da Meia Serra.

O tratamento efectuado às águas lixiviantes é descrito, mais adiante, com maior pormenor, visto que o estágio teve uma vertente bastante prática, que consistiu no acompanhamento da fase de arranque da ETAL. Como tal serão mencionados alguns problemas ocorridos e a forma como se procedeu para a sua resolução.

A recolha das águas durante o ano 2000, foi efectuada no âmbito da monitorização das águas superficiais próximas da ETRS da Meia Serra, segundo um plano de colheitas pré-estabelecido. Na última parte do relatório ilustram-se os vários pontos de recolha e apresentam-se os parâmetros a analisar em cada um deles de acordo com a sua utilização específica. É efectuada uma apreciação da qualidade das águas através da comparação dos valores obtidos com os valores máximos admissíveis, impostos pelo Decreto-lei n.º 236/98.

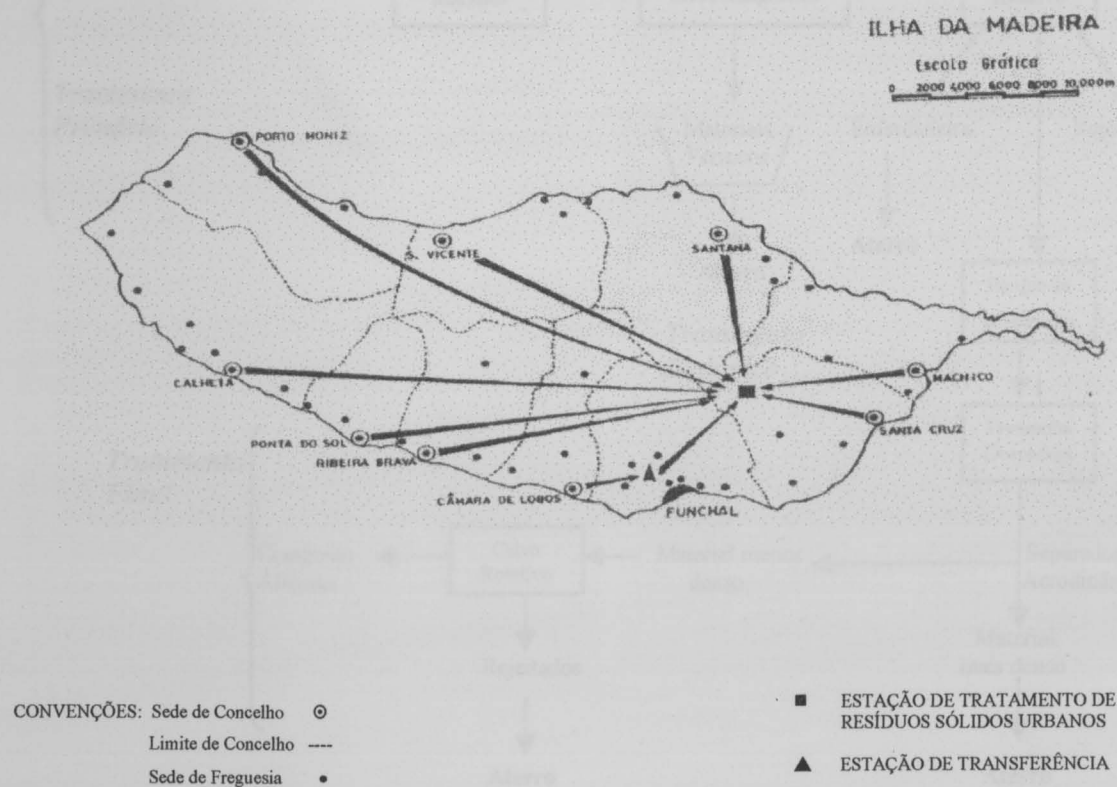
II – Apresentação da ETRS

1. Introdução

A Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos (ETRS), fica situada na Meia Serra, freguesia da Camacha, Concelho de Santa Cruz, a cerca de 20 km do Funchal. Esta unidade efectua o tratamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) provenientes dos seguintes concelhos:

- Calheta
- Câmara de Lobos
- Funchal
- Machico
- Ponta do Sol
- Porto Moniz
- Ribeira Brava
- Santa Cruz
- Santana
- São Vicente

Os resíduos do Funchal e parte dos resíduos de Câmara de Lobos passam pela Estação de Transferência do Funchal, onde são compactados e enviados em viaturas de transferência para a Meia Serra. Os outros concelhos enviam os seus resíduos directamente para a mesma.



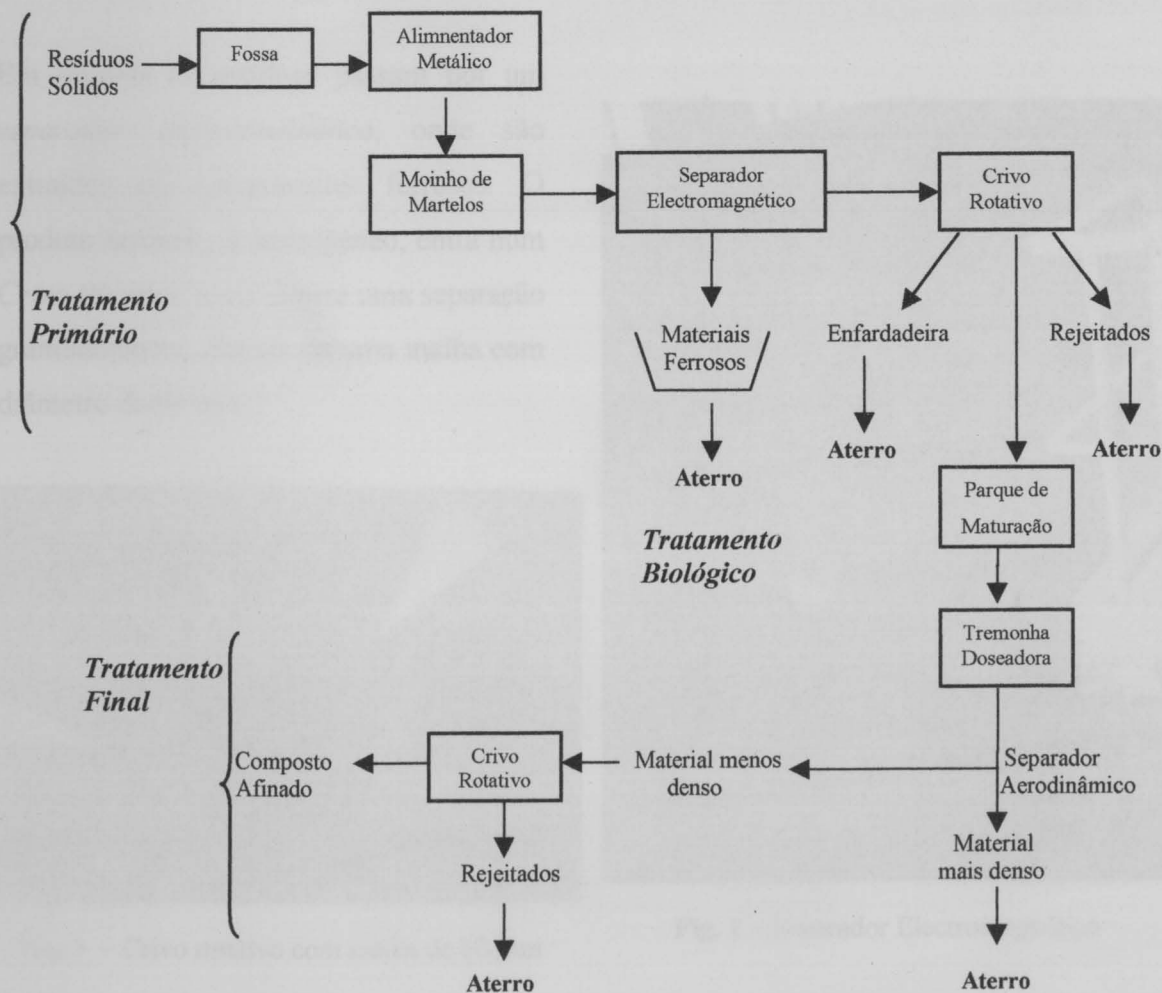
1.2 Processamento dos Diferentes Resíduos

Os resíduos são tratados mediante as suas características físicas e a sua proveniência. Assim, após a sua recepção na ETRS é efectuada uma pré-selecção dos resíduos e em seguida estes são encaminhados para o tipo de tratamento mais adequado.

A actual ETRS engloba seis tipos de tratamentos distintos que serão descritos mais detalhadamente:

- A- Tratamento Primário
- B- Tratamento Secundário
- C- Tratamento Final
- D- Incineração
- E- Aterro Sanitário
- F- Tratamento de Águas Lixiviantes
- G- Trituradora de Pneus

O seguinte fluxograma, mostra o processamento dos resíduos em cada uma das etapas:



A – TRATAMENTO PRIMÁRIO (MECÂNICO)

Esta primeira fase, fundamentalmente mecânica, tem como objectivo efectuar a separação dos metais ferrosos e a trituração dos resíduos, com a finalidade de obter um produto orgânico homogéneo e de granulometria inferior a 60 mm.

Os RSU são despejados na *Fossa Principal* de onde são retirados por um *balde de garras* acoplado a uma ponte rolante e colocados numa *Tremonha Doseadora* que abastece o *Alimentador Metálico* que os transporta para o *Moinho de Martelos*. O Moinho de Martelos com capacidade de 10 ton./h tem por função triturar e uniformizar os resíduos, rompendo os sacos plásticos e fracturando os componentes maiores.



Fig. 1 – Fossa Principal

Em seguida os resíduos passam por um *separador electromagnético*, onde são extraídos os componentes ferrosos. O produto restante, já homogéneo, entra num *Crivo Rotativo*, onde ocorre uma separação granulométrica, através de uma malha com diâmetro de 60 mm.

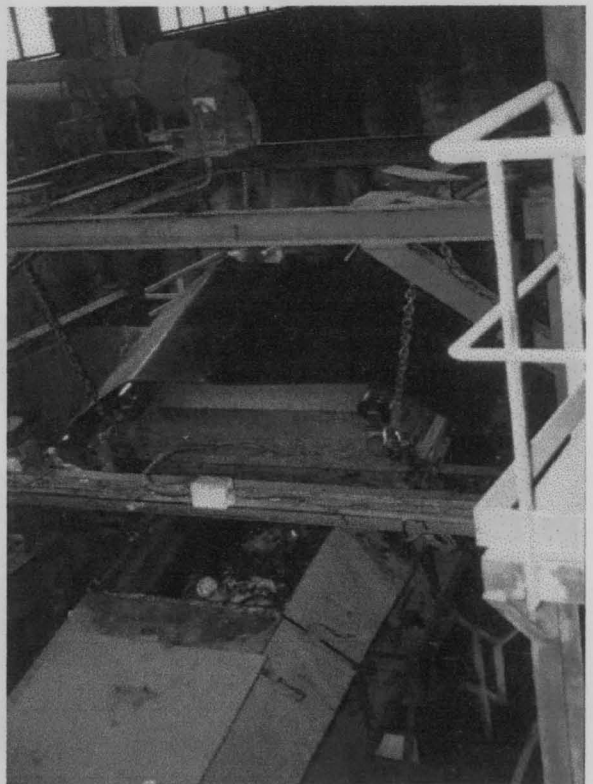


Fig. 2 – Separador Electromagnético

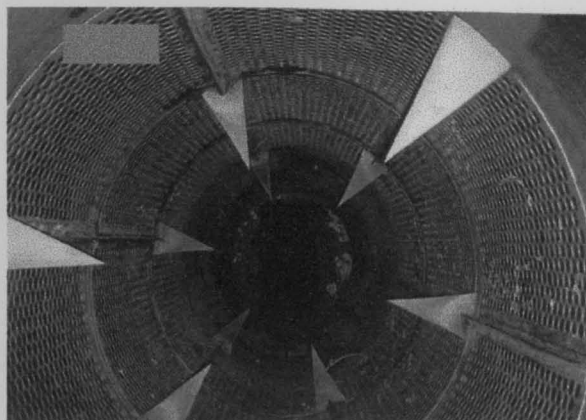


Fig. 3 – Crivo rotativo com malha de 60 mm

O produto de dimensões inferiores a 60 mm é na maioria, produto orgânico e é encaminhado para o Parque de Fermentação onde se processará o **TRATAMENTO BIOLÓGICO**.

O produto de dimensões superiores a 60 mm, constituído principalmente por plásticos, é prensado e enviado em fardos para o Aterro Sanitário.

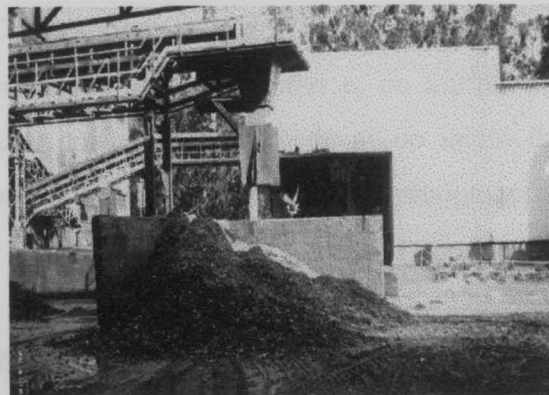


Fig. 4 – Composto a cair no Parque de Maturação



Fig. 5 – Enfardadeira que compacta o produto de dimensão superior a 60 mm para enviar para aterro.

B - TRATAMENTO BIOLÓGICO

Este tratamento é efectuado na *Nave de Fermentação*, que está equipada com canaletes (canais existentes na parte inferior das medas destinado à circulação do ar), por onde é insuflado e/ou aspirado, o ar comprimido. O produto é colocado sobre estes canaletes, formando “*medas*” ou “*cúmulos*” com cerca de dois metros de altura.



Fig. 6 – Parque de Maturação onde se encontram as medas.

O arejamento permite que a fermentação seja aeróbia e uniformizada, pelo que as temperaturas de fermentação estabilizam nos 55 °C , garantindo-se assim, a qualidade do ciclo biológico. O factor a variar é o maior ou menor caudal de ar a insuflar e, ou aspirar no produto, começando por haver necessidade de uma maior quantidade de ar no início da fermentação que diminui progressivamente até ao 28º dia a partir do qual o produto está estabilizado.

Nessa altura o “composto” obtido apresenta uma humidade não superior a 35% - 40%. Este é submetido a um período de cura (maturação) durante cerca de 30 dias antes de ser afinado e após o que está pronto para o **TRATAMENTO FINAL**.

C - TRATAMENTO FINAL

Nesta fase o “Composto Orgânico” é submetido a uma refinação onde são extraídos os inertes, tendo em vista uma maior valorização do “composto” e para que o mesmo possa ser utilizado na floricultura e na agricultura. Este tratamento consiste na separação dos elementos mais pesados como por exemplo: pedras, cerâmicas, vidros e outros.



Fig. 7 – Linha de Afinação do composto

A separação é efectuada num *Separador Aerodinâmico (ciclone)* que aspira os produtos leves e provoca a queda dos componentes mais densos. Estes últimos têm como destino final o *Aterro Sanitário*, enquanto que os mais leves passam pela malha de um *Crivo Rotativo* com uma malha de 16 mm de diâmetro.

Com esta separação granulométrica consegue-se um produto muito fino, óptimo para o enriquecimento orgânico dos solos. O produto fica ainda no parque durante mais 2 ou 3 meses para uma perfeita maturação sendo posteriormente fornecido a granel ou ensacado.

D – INCINERAÇÃO

Para este tipo de tratamento a ETRS conta com um *incinerador* de 0.5 ton./h que funciona em regime contínuo de 24 h/dia e destina-se a incinerar os Resíduos Hospitalares e Produtos provenientes dos Matadouros e Aviários.

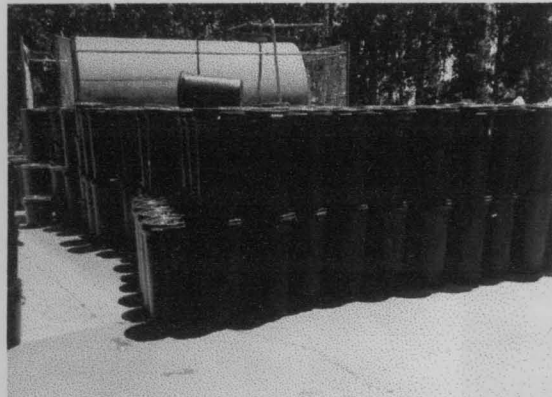


Fig. 8 – Embalagens hermeticamente fechadas, contendo resíduos hospitalares.

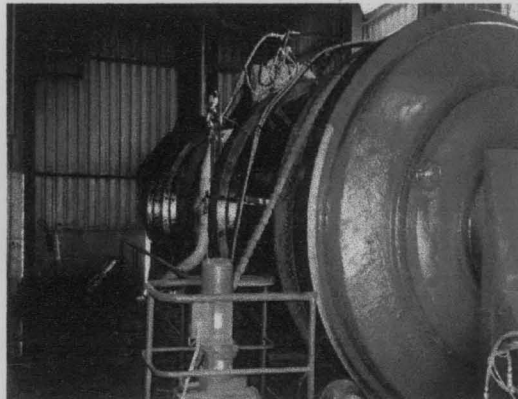


Fig. 9 – Incinerador existente na ETRS da Meia Serra.

E – ATERRO SANITÁRIO

O Aterro Sanitário é o destino final de :

- Produtos que pelas suas características possam causar entupimentos da Linha de Tratamento Primário (resíduos volumosos),
- Rejeitados das ETAR's da Região Autónoma da Madeira,
- Produtos rejeitados da Linha de Tratamento Primário,
- Produtos mais densos da Linha de Afinação, que servem como terra de cobertura,
- Cinzas resultantes da Incineração,
- Lamas do Filtro Prensa.

A exploração do *Aterro Sanitário* faz-se com o enchimento de células, onde se depositam os resíduos em camadas sucessivas, que são cobertas no final de cada dia de trabalho, com terra de cobertura.



Fig. 10 – Enchimento do Aterro Sanitário da Meia Serra

F – TRATAMENTO DE ÁGUAS LIXIVIANTES

Todas as águas lixiviantes provenientes dos vários tipos de tratamento da ETRS são encaminhadas para a ETAL onde são tratadas, através dos seguintes processos:

- **Tratamento Biológico**
numa Lagoa Arejada que possui 4 arejadores, que efectuam a mistura completa da massa de água, introduzindo também quantidades de ar, promovendo uma redução significativa da carga poluente;



Fig. 11 – Lagoa arejada onde se processa o tratamento biológico.

- **Tratamento Físico - Químico**
constituído por uma etapa de coagulação-floculação na qual se processa a adição de cloreto férrico, leite de cal e polielectrólito. Além da preparação e armazenamento dos reagentes, este sistema é composto por câmaras de mistura, onde se promove a coagulação mediante a introdução dos reagentes e por decantação onde se separa a fase líquida da fase sólida;

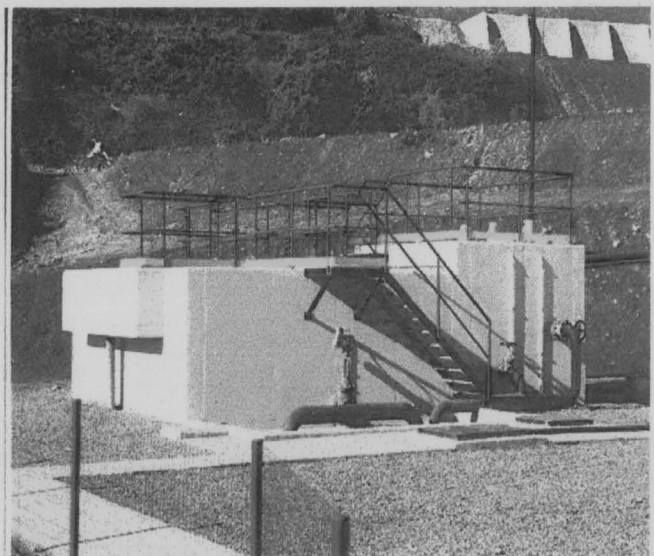


Fig. 12 – Tanques misturadores e decantador.

- **Desidratação das lamas.**

A fase sólida – Lamas – após a adição de polielectrólito e seguida do processo de coagulação-floculação, as lamas são desidratadas em *Filtro Prensa* e posteriormente depositada em Aterro Sanitário. A fase líquida retorna para a lagoa de arejamento.

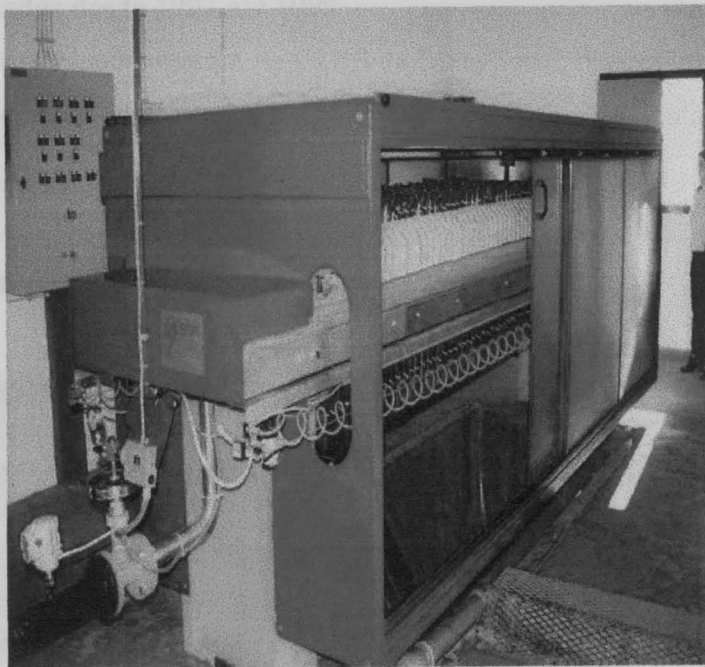


Fig. 13 – Filtro Prensa onde as lamas são desidratadas.

G – TRITURADORA DE PNEUS

A Estação está munida de um parque de armazenamento de grandes volumes como por exemplo pneus. Estes são triturados numa instalação própria que consiste numa trituradora composta por uma câmara de trituração que contém dois eixos de rotação dotados de lâminas circulares com um ou mais cantos de diferente espessura, consoante o material para o qual é utilizado. Os pneus triturados são depois utilizados para efectuar a protecção do geotêxtil e geomembrana dos taludes do aterro sanitário.

Nota: Não foi possível colocar uma foto, demonstrativa da trituradora.

2. Quantidades de resíduos processados desde 1992 até 1999

As quantidades de resíduos em toneladas, que entraram na ETRS da Meia Serra, bem como as quantidades tratadas por cada tipo de tratamento desde 1992 até 1999, são apresentadas resumidamente na tabela seguinte:

Tabela 1 – Quantidades processadas na ETRS desde 1992 até 1999

Quantidades (toneladas)	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Quantidade entrada	57946	68650	75424	82036	86471	92772	94837	101038
Compostagem	25778	41323	37335	49587	48766	44939	34358	32292
Incineração	2393	4627	4880	4904	3595	1885	4795	4058
Aterro Sanitário	28780	20200	30077	23279	30048	42849	53368	62855
P. Armazenamento	995	2500	3132	4266	4062	3099	2316	1833

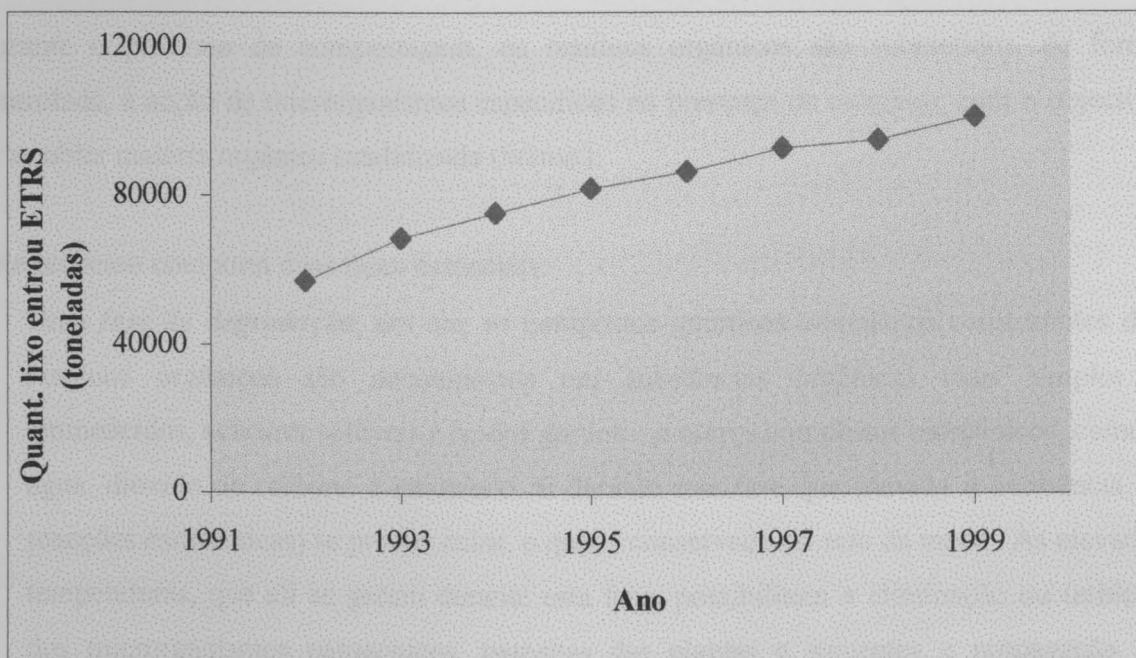


Gráfico 1 – Evolução quantitativa dos resíduos sólidos que deram entrada na ETRS desde 1992 até 1999.

III – Processo de compostagem – reutilização dos resíduos orgânicos

1. Introdução

Ao contrário do que há cerca de 150 anos era afirmado, sabe-se hoje que a matéria orgânica não entra directamente na alimentação das plantas, mas não há qualquer dúvida de que aquela substância, sobretudo quando se encontra na forma estabilizada (*substâncias húmicas*), exerce uma forte influência benéfica, quer na formação dos solos quer na capacidade destes adquirirem e manterem a sua fertilidade.

Por razões associadas à defesa do ambiente e devido a um aumento progressivo de resíduos e efluentes, surgiu a necessidade de efectuar-lhes um tratamento adequado. Como tal optou-se em tratar determinados resíduos – RSU – que são ricos em matéria orgânica, tirando partido do poder depurador dos solos e com a vantagem adicional de se aproveitarem as suas características fertilizantes. O tratamento efectuado a estes resíduos é conhecido como *Processo de Compostagem*.

2. Fases determinantes do Processo de Compostagem

Durante o processo de compostagem, os resíduos orgânicos são submetidos, de forma controlada, à acção de microrganismos específicos na presença de oxigénio, com o objectivo de se obter matéria orgânica estabilizada (*húmus*).

Este processo comporta duas fases essenciais:

- Uma **fase de degradação**, em que os compostos químicos complexos constituintes dos resíduos orgânicos são decompostos em substâncias orgânicas mais simples – aminoácidos, açúcares solúveis e ácidos gordos – e outros compostos inorgânicos, como a água, dióxido de carbono e amoníaco. É durante esta fase que (devido à ocorrência de reacções exotérmicas) se produz calor, o qual é conservado no seio da meda. As elevadas temperaturas, que ali se geram durante esta fase, possibilitam a eliminação ou inibição dos microrganismos patogénicos, parasitas das plantas e sementes e propagação de infestantes que os resíduos possam conter.

- Uma *fase de humificação*, em que os compostos químicos simples, obtidos na fase de degradação dos resíduos orgânicos, se recombinaem, constituindo compostos químicos de peso molecular cada vez maior, desde fenóis até ácidos húmicos, com a formação de outros compostos químicos intermédios, como os ácidos fúlvicos. Os ácidos húmicos constituem a componente estabilizada da matéria orgânica que se integra na fracção húmica do solo e que tem um papel fundamental na melhoria das suas *características físicas, químicas e biológicas*. Quanto mais elevado é o grau de maturação do composto produzido, maior é o teor de compostos húmicos na sua fracção orgânica. Durante o processo de compostagem a relação C/N reduz-se devido à oxidação da fracção orgânica, com as resultantes perdas de carbono, e aumento da massa microbiana, viva ou morta (Gonçalves, 1995).

Quando se adiciona ao solo um composto não estabilizado, isto é, com baixo grau de maturação, o processo de oxidação prossegue no solo, libertando, como atrás se referiu amoníaco, fenóis e ácidos gordos de baixo peso molecular. Estes são tóxicos para as plantas quando em contacto com as suas raízes ou sementes. Outros fenómenos que podem ocorrer são o consumo de oxigénio do solo e fixação do azoto, uma vez que o “composto” ainda apresenta relações C/N relativamente elevadas. Por estes motivos se se verificar através de análises apropriadas que o composto ainda não apresenta um grau de maturação suficiente é aconselhável efectuar a sua incorporação no solo cerca de um mês antes da sementeira ou plantação.

Os compostos que revelam, na sua análise, uma grau de maturação elevado, revelam um controlo adequado do processo de compostagem. Este grau de maturação é avaliado em laboratório através de análises e ensaios apropriados. Outras características do composto que são também determinadas em laboratório, como o teor de humidade, pH, salinidade, teor de matéria orgânica total e fracção rapidamente biodegradável, teor de nutrientes (azoto, fósforo, potássio, cálcio e magnésio), teor de metais pesados (cádmio, chumbo, cobre, crómio, mercúrio, níquel e zinco) e ainda, a granulometria e o teor de inertes (vidro, plástico, metais, etc.).

3. Qualidade do composto orgânico com vista à sua utilização como fertilizante e acção exercida por este no solo

Como já foi referido anteriormente, para que o composto orgânico seja um bom fertilizante, este deve possuir determinadas características qualitativas, quer em termos *físicos*, *químicos* e *biológicos*.

As características físicas a ter em conta são sobretudo, o teor de humidade e a granulometria já que estas características condicionam a maior ou menor facilidade de aplicação e a garantia de uma distribuição uniforme. Em termos *físicos*, o composto promove a formação dos agregados e consolida os arranjos da fase mineral, contribuindo para a melhoria da estrutura do solo e, conseqüentemente para a sua resistência à compactação e erosão. A granulometria do composto é determinante para a utilização deste, caso se pretenda aplicá-lo em profundidade, poderá utilizar-se um composto mais grosseiro e com maior percentagem de inertes, no caso da sua aplicação ser em culturas hortícolas, florícolas ou relvados deverá utilizar-se um composto mais fino e isento de vidro, plástico e metais perfurantes.

Do ponto de vista *químico*, o composto orgânico aumenta a capacidade de troca catiónica e o poder tamponizante do solo; liberta nutrientes, limitando a imobilização dos mesmos por fixação. “Absorve”, ainda, produtos tóxicos existentes no solo, prevenindo o seu efeito nocivo para as plantas. Em termos químicos, diversos parâmetros devem ser considerados pois estes são susceptíveis de valorizarem o produto, ou de pelo contrário, limitarem a sua aplicação. Assim convirá que o produto apresente elevado teor de matéria orgânica – superior a 40 %, mas que esta se encontre já humificada, em apreciável extensão. A humificação é avaliada pelo conhecimento da razão C/N – que não deverá ser inferior a cerca de 20, e sobretudo, da relação entre os ácidos húmicos e fúlvicos – a qual deverá ser superior a 1,1.

A razão C/N está limitada ao valor referido anteriormente, dado que se este for ultrapassado poderá originar, temporariamente, diminuições no teor de azoto disponível para as plantas, exageradas subidas de temperatura e criação de condições de anóxia (por vezes com proliferação de doenças das plantas, etc.). Entretanto, se temporariamente, as quantidades de azoto forem decrescendo, será favorável em termos ecológicos, visto que irá contribuir para a diminuição da poluição do solo por excesso de azoto mineral em particular de nitratos.

Em termos de macronutrientes, os mais importantes são o azoto e o fósforo. A sua concentração no produto final deve ser tal, de forma que não crie problemas de poluição no solo. Quanto a estes dois elementos é conveniente determinar os teores totais mas também os das fracções que podem estar presentes em apreciável extensão e cujo efeito poluente tende a ser mais elevado. É o caso do azoto amoniacal – além de ser fitotóxico pode originar nitratos com muita facilidade – que não deverá ser superior a 400 mg/kg de correctivo; e do fósforo orgânico, o qual sendo mais solúvel que o fósforo mineral, tem tendência para ser transferido para as águas subterrâneas e arrastar consigo outros poluentes em particular os metais pesados.

No que respeita a micronutrientes – ferro, manganês, cobre, zinco, cloro, boro, etc. – a sua presença mesmo nos resíduos sólidos a compostar deve ser muito reduzida, pois estes são fitotóxicos em extensão variável.

O principal factor que limita o uso do composto orgânico como fertilizante é o teor de metais pesados – chumbo, cádmio, mercúrio, níquel nos quais se incluem também os micronutrientes cobre e zinco. Pois além de fitotóxicos para a maior parte de microrganismos úteis do solo, são susceptíveis de, através das águas e/ou produtos alimentares, entrarem na cadeia alimentar do homem e dos animais, prejudicando a sua saúde.

O valor do pH é também um parâmetro através do qual pode ser avaliado o grau de compostagem e conseqüentemente a qualidade do correctivo.

A condutividade eléctrica, também chamada salinidade do composto orgânico é também um dos aspectos a ter em conta e não deve ser superior a 3 mS.cm^{-1} , pois é susceptível de inibir a absorção de água e da maior parte dos nutrientes vegetais. Este parâmetro indica o teor em sais dissolvidos do composto.

Quanto aos aspectos biológicos há que ter em conta a possibilidade de veicularem agentes patogénicos – salmonelas, coliformes fecais e estreptococcus fecais.

4. Composto orgânico produzido na ETRS da Meia Serra

A produção de fertilizante, através do processo de compostagem efectuado aos RSU's, na ETRS da Meia Serra, encontra-se descrita no capítulo respeitante à apresentação da estação.

Após a afinação do composto, são recolhidas três amostras e enviadas para diferentes laboratórios – *Laboratório da Direcção Regional de Entre-Douro e Minho do Ministério da Agricultura, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) e para Laboratório de Geotécnia e Materiais de Construção (CICCOPN)* – estas são sujeitas a análises de carácter físico e químico, a fim de avaliar a sua qualidade e quantidades de matéria orgânica e de nutrientes. São também avaliados parâmetros que possam influenciar negativamente o solo e o meio envolvente, nomeadamente os seres vivos, o ambiente e a saúde pública ou que por algum motivo condicionem a sua aplicação.

4.1 Análise dos resultados obtidos

Em anexo são apresentados os resultados das análises efectuadas ao composto orgânico, durante o ano 2000 – tabelas 7 e 8.

Relativamente aos parâmetros analisados e tendo em vista a sua aplicação em culturas destinadas à alimentação humana e animal, e ainda comparando com valores da legislação em vigor e com valores recomendados na literatura da especialidade, observa-se que:

A. Grau de Estabilização ou Maturação

- 1) **Relação C/N** – verificou-se que no que respeita a este parâmetro, todas as amostras apresentaram valores dentro da gama recomendada por diversos autores ($< 20 \%$). Esta relação indica um bom grau de composição dos materiais orgânicos, no entanto não pode ser considerado como um indicador absoluto do estado de estabilização de um composto, uma vez que depende bastante das características químicas dos compostos que lhe deram origem.

- 2) **Carbono Orgânico Total** – à exceção do valor apresentado no mês de Agosto (32,60 %), todos os outros encontraram-se abaixo do valor considerado ideal – 25 %.
- 3) **Taxa de humificação** - no que se refere a este parâmetro, e segundo a literatura da especialidade, o composto deve apresentar uma taxa de humificação superior a 20%. Dos valores analisados, constatou-se que o composto apresentou bons resultados ao longo do ano, embora o resultado obtido no mês de Agosto (20,9 %) seja menos satisfatório.
- 4) **Compostos húmicos** – o valor recomendado por vários autores é de cerca de 7 %. Verificou-se ao longo do ano uma variação de 4,34 % (em Outubro) a 10,16 % (em Junho). Note-se que as amostras respeitantes aos restantes meses apresentaram valores mais próximos do valor recomendado.
- 5) **Razão ácidos húmicos/ácidos fúlvicos** – valor desta razão é também considerado um bom indicador do grau de maturação do composto, segundo a literatura específica este valor deve ser superior a 1. Pela análise dos resultados apresentados, observou-se que este critério foi cumprido em todas as amostras.

B. Teor de Matéria Orgânica e Macronutrientes

- 1) Em termos de matéria orgânica, os valores observados encontravam-se um pouco abaixo do recomendado (> 40 %), à exceção do mês de Agosto que apresentou um valor de 56,20%.
- 2) Relativamente ao teor de macronutrientes principais, particularmente os teores de azoto total e fósforo total (que têm como limites inferiores respectivamente de 1,1 % e de 0,7%), observou-se que: o primeiro apresentou uma variação ao longo do ano entre 0,88 % (em Outubro) e 1,35 % (em Julho); o segundo esteve sempre acima do valor recomendado.
- 3) Os teores em potássio, magnésio e cálcio encontram-se todos acima do valor mínimo aconselhado – respectivamente : 0,7 %, 0,5 % e 0,5 %.

C. Metais Pesados

Da análise aos resultados obtidos ao longo do ano verificou-se que os teores de metais pesados foram bastante inferiores aos limites impostos pela legislação em vigor. No entanto ao compará-los com os valores limite recomendados pela literatura da especialidade, observou-se que o cádmio, o chumbo, o níquel, o cobre (excepto em Fevereiro e Agosto) e o zinco (em 50 % das amostras analisadas), apresentaram valores ligeiramente acima dos recomendados.

No que respeita a estes contaminantes, a quantidade de composto a utilizar deverá ter em conta a composição natural do solo onde vai ser aplicado, nomeadamente a concentração nestes elementos, o pH e a capacidade de troca iónica deste.

D. Outros Parâmetros

No que respeita à percentagem de humidade todas as amostras analisadas apresentaram valores inferiores relativamente ao recomendado – 40 %.

Em termos de pH, apenas três amostras apresentaram valores ligeiramente superiores, à gama recomendada, $6,0 < \text{pH} < 8,6$. Ao longo do ano este parâmetro variou entre 7,55 e 8,75.

Relativamente à condutividade, são recomendados valores inferiores a 3 mS.cm^{-1} . Das amostras analisadas apenas duas delas apresentaram valores ligeiramente superiores e iguais a $3,157 \text{ mS.cm}^{-1}$ (nos meses de Maio e Junho)

E. Granulometria

Para que o composto possa ser considerado de boa qualidade, em termos granulométricos, este deve apresentar uma percentagem de finos elevada ou seja, um grau de finura menor que 1 – 1,5 cm.

As amostras foram peneiradas, recorrendo a peneiros de malha quadrada com dimensões: 19,00 mm, 9,51 mm, 4,76 mm e 2,00 mm de abertura. Os resultados destas análises são apresentados em anexo, na tabela 11.

Analisando os resultados obtidos ao longo do ano, observou-se que em todas as amostras o composto tem dimensões inferiores a 19,00 mm. Todas elas apresentaram pelo menos 95% de material com granulometria inferior a 9,51 mm – o que já se encontra dentro dos valores recomendados. Tendo em conta a malha de 2,00 mm, observou-se que a percentagem de material aqui retido foi quase sempre inferior a 50% (excepto os meses de Junho, Agosto e Outubro). Deste modo e no que respeita à granulometria pode-se considerar um composto de boa qualidade.

Como observação final, pode dizer-se que, um melhoramento na qualidade do composto, implica por um lado, e em termos de qualidade de resíduos a compostar, uma diminuição na quantidade de metais pesados nos RSU – o que está directamente relacionado com a ausência de pilhas, baterias de automóveis e outros contaminantes – pois estes parâmetros podem restringir o campo de aplicação do composto ou até mesmo impedir a sua utilização como fertilizante. Por outro lado, um aperfeiçoamento no processo de compostagem, com o objectivo de melhorar o seu grau de maturação.

* Decomposição dos Resíduos Sólidos Urbanos

Os resíduos sólidos depositados em aterros controlados sofrem no decurso do tempo diversas transformações físicas, químicas e biológicas, formando-se nos diversos processos de degradação produtos residuais sólidos, líquidos e gasosos. Duma forma geral pode-se dizer que há fundamentalmente uma redução do volume da matéria dos resíduos e uma formação de líquidos e gases residuais, alguns fortemente poluentes, aos quais haverá que promover adequado tratamento e destino final para que a exploração se processe sem graves riscos ambientais.

* Formação das Águas Lixiviantes

A degradação da fracção orgânica dos resíduos sólidos é um dos processos de decomposição mais significativos em aterros, processando-se durante um curto período inicial em condições aeróbias e, posteriormente, com excepção duma pequena camada superficial, desenvolve-se em condições anaeróbias.

IV - Origem das águas lixiviantes

1. Introdução

Em Portugal, o tratamento e destino final dos resíduos sólidos urbanos está longe de ser satisfatório, apesar dos esforços da Administração Central e Local e da colaboração empenhada das empresas consultoras. As notícias veiculadas pela Comunicação social relativas à contaminação das águas, originada pela inadequada deposição dos lixos mostra que as lixeiras e os vazadouros ainda proliferam um pouco por todo o país.

Ao longo dos últimos anos tem-se verificado uma evolução positiva nas diversas fases do circuito desde a sua produção até ao destino final, mas independentemente do tratamento operado nos resíduos, o aterro controlado aparece sempre como o ponto crítico onde todas as soluções se encontram.

Por esta razão, os aterros para resíduos sólidos devem ser concebidos e projectados para assegurarem convenientemente a protecção dos recursos hídricos. E para garantir a não contaminação das águas subterrâneas é primordial minimizar a formação e promover o tratamento e controle dos factores poluentes existentes nos aterros.

- **Decomposição dos Resíduos Sólidos Urbanos**

Os resíduos sólidos depositados em aterros controlados sofrem no decurso do tempo diversas transformações físicas, químicas e biológicas, formando-se nos diversos processo de degradação produtos residuais sólidos, líquidos e gasosos. Duma forma geral pode-se dizer que há fundamentalmente uma redução do volume da matéria dos resíduos e uma formação de líquidos e gases residuais, alguns fortemente poluentes, aos quais haverá que promover adequado tratamento e destino final para que a exploração se processe sem graves riscos ambientais.

- **Formação das Águas Lixiviantes**

A degradação da fracção orgânica dos resíduos sólidos é um dos processos de decomposição mais significativos em aterros, processando-se durante um curto período inicial em condições aeróbias e, posteriormente, com excepção duma pequena camada superficial, desenvolve-se em condições anaeróbias.

IV - Origem das águas lixiviantes

1. Introdução

Em Portugal, o tratamento e destino final dos resíduos sólidos urbanos está longe de ser satisfatório, apesar dos esforços da Administração Central e Local e da colaboração empenhada das empresas consultoras. As notícias veiculadas pela Comunicação social relativas à contaminação das águas, originada pela inadequada deposição dos lixos mostra que as lixeiras e os vazadouros ainda proliferam um pouco por todo o país.

Ao longo dos últimos anos tem-se verificado uma evolução positiva nas diversas fases do circuito desde a sua produção até ao destino final, mas independentemente do tratamento operado nos resíduos, o aterro controlado aparece sempre como o ponto crítico onde todas as soluções se encontram.

Por esta razão, os aterros para resíduos sólidos devem ser concebidos e projectados para assegurarem convenientemente a protecção dos recursos hídricos. E para garantir a não contaminação das águas subterrâneas é primordial minimizar a formação e promover o tratamento e controle dos factores poluentes existentes nos aterros.

• Decomposição dos Resíduos Sólidos Urbanos

Os resíduos sólidos depositados em aterros controlados sofrem no decurso do tempo diversas transformações físicas, químicas e biológicas, formando-se nos diversos processo de degradação produtos residuais sólidos, líquidos e gasosos. Duma forma geral pode-se dizer que há fundamentalmente uma redução do volume da matéria dos resíduos e uma formação de líquidos e gases residuais, alguns fortemente poluentes, aos quais haverá que promover adequado tratamento e destino final para que a exploração se processe sem graves riscos ambientais.

• Formação das Águas Lixiviantes

A degradação da fracção orgânica dos resíduos sólidos é um dos processos de decomposição mais significativos em aterros, processando-se durante um curto período inicial em condições aeróbias e, posteriormente, com excepção duma pequena camada superficial, desenvolve-se em condições anaeróbias.

O desenvolvimento deste fenómeno biológico, aliado à compactação dos resíduos e às reacções de oxidação-redução de diversos compostos neles existentes, produz líquidos muito corrosivos e agressivos que ao percolarem através dos resíduos contribuem para a dissolução de sais minerais e substâncias metálicas. *Estes líquidos residuais têm cor negra, mau cheiro e são bastante poluidores.* Juntam-se a estes líquidos, outros que entram no aterro provenientes de fontes externas, formando-se assim as chamadas “*águas lixiviantes*”. Sendo as águas pluviais aquelas que mais contribuem para o aumento significativo do caudal de lixiviado. Verifica-se que a quantidade de águas lixiviantes é directamente proporcional à quantidade de água exterior que entra no aterro. – Note-se que se o aterro for bem concebido estas quantidades podem ser reduzidas.

• **Características das Águas Lixiviantes**

De forma generalizada, estas águas têm uma elevada carência química e bioquímica de oxigénio (CQO e CBO₅), portanto, são altamente putrescíveis, têm elevada dureza e teor em sais, nomeadamente cloretos e sulfatos. Estas têm também na sua constituição ácido carbónico – decorrente da solubilização do dióxido de carbono – e ácido sulfídrico dissolvido, que provocam um abaixamento do seu pH. Estas condições aliadas a temperaturas relativamente altas que se verificam devido à decomposição anaeróbia dos resíduos, favorecem bastante a dissolução dos sais minerais.

As características e composição das águas lixiviantes dependem de vários factores como por exemplo: a natureza dos resíduos depositados no aterro, as condições de exploração do mesmo, as características das águas exteriores que entram para o aterro, a natureza do material de cobertura dos resíduos e a fase do processo de degradação em que se encontra.

CQO	1 500 – 20 000	6 000
CBO ₅	3 000 – 45 000	15 000
pH	6 – 10,00	3,00
Dureza	100 – 1 000	5 000
Cloratos	200 – 2 000	500
Cloratos	100 – 3 000	500
Sulfatos	100 – 1 500	300
Ferro total	50 – 600	60

(1) - excepto o pH

No quadro seguinte apresentam-se valores médios dos parâmetros indicados, bem como a possível amplitude dos mesmos, que contudo devem ser usadas como guia e não como valores padrão

Tabela 2 – Valores médios da composição dos líquidos lixiviantes em aterros sanitários

Parâmetro	Valores extremos (mg/L) ⁽¹⁾	Valor típico (mg/L) ⁽¹⁾
CBO ₅	2 000 – 30 000	10 000
COT	1 500 – 20 000	6 000
CQO	3 000 – 45 000	18 000
SST	200 – 1 000	500
Azoto orgânico	10 – 600	200
Azoto amoniacal	10 – 800	200
Nitratos	5 – 40	25
Fósforo total	1 – 70	30
Ortofosfatos	1 – 50	20
Alcalinidade em CaC O ₃	1 000 – 10 000	3 000
pH	5,3 – 8,5	6
Dureza total em CaC O ₃	300 – 10 000	3 500
Cálcio	200 – 3 000	1 000
Magnésio	50 – 1 500	250
Potássio	200 – 2 000	300
Sódio	200 – 2 000	500
Cloretos	100 – 3 000	500
Sulfatos	100 – 1 500	300
Ferro total	50 - 600	60

(1) – excepto o pH

- **Protecção das Águas Subterrâneas**

A principal causa de contaminação das águas subterrâneas, deve-se ao facto dos efluentes líquidos gerados nos aterros juntamente com as águas pluviais e de superfície, percolarem através da massa de resíduos depositada, a qual sofre os processos de degradação já referidos acabando por poluir as águas subterrâneas, que normalmente afluem em rios. Para evitar a poluição destas águas, é necessário minimizar a produção de águas lixiviantes, atenuar os efeitos negativos das mesmas e eliminar os caudais afluentes aos aquíferos subterrâneos.

- **Captação e Drenagem das Águas Lixiviantes**

A captação e drenagem destas águas é indispensável para evitar a contaminação das águas subterrâneas. Com a protecção do leito do aterro, as águas lixiviantes tendem a acumular-se no fundo do aterro, sendo necessário proceder à sua captação, drenagem a fim de serem tratadas. Geralmente é projectado um sistema de valas de drenagem que colectam as águas lixiviantes produzidas para um tanque de recepção onde são encaminhadas para o devido tratamento. Posteriormente poderão ser descarregadas para um meio receptor desde que satisfaçam as normas de descarga legalmente fixadas.

- **Drenagem das Águas Pluviais e Superficiais**

Como já foi referido anteriormente a quantidade de águas lixiviantes acumuladas no interior de um aterro depende em grande percentagem da infiltração das águas pluviais e das escorrências de águas superficiais afluentes à massa de resíduos depositada. Neste sentido devem ser tomadas medidas que minimizem estas infiltrações. Uma solução vulgarmente utilizada consiste na execução de valetas periféricas, envolventes de toda a área em questão, colectando estas águas e promovendo a sua drenagem para terrenos afastados das zonas de exploração. Estas obras, são normalmente de fácil execução e proporcionam uma elevada eficácia para o objectivo pretendido.

A selagem do aterro tem também uma grande importância no que respeita à infiltração de águas pluviais, pois antes de se efectuar o recobrimento final com terra vegetal, que permitirá a florestação da área onde se encontra o aterro, deverá ser aplicada uma camada de material com características impermeáveis minimizando a entrada das águas das chuvas. Por outro lado, a plantação de vegetação após a selagem do aterro irá favorecer a perda de água por evaporação do interior do aterro.

2. Processos de tratamento destas águas

2.1 Processos de tratamento aplicados a águas lixiviantes

Os métodos aplicáveis ao tratamento de lixiviados podem ser: *biológicos, físico-químicos, uma combinação destes dois processos ou um tratamento combinado com água residual municipal*. A maioria destes processos aplicáveis a lixiviados de aterros, podem ser consultados em excelentes livros, onde são descritos a teoria e o projecto dos mesmos.

Os processos discutidos na bibliografia da especialidade, são procedimentos tradicionais, aplicáveis sobretudo ao tratamento de águas residuais. Para o tratamento de lixiviados é sugerida uma aproximação generalizada que consiste em utilizar processos de tratamento físico, combinados com:

- tratamento biológico;
- tratamento químico – em particular processos de coagulação-floculação, precipitação, oxidação química, adsorção em carvão e processos de membranas.

O lixiviado de um aterro, na fase acidogénica, como já foi referido contém uma carga poluente elevada, caracterizada por um pH baixo, uma grande carência química e bioquímica de oxigénio (CQO e CBO₅) e pela presença de químicos tóxicos. Estas características modificam-se ao longo do tempo e em particular com a idade do aterro; além de que, variam de aterro para aterro. Consequentemente, nem um processo de tratamento biológico convencional nem um de tratamento químico, serão eficientes durante toda a vida do aterro.

Os processos biológicos como: tratamento por *lagunagem*, processo de *lamas activadas* e *reactores anaeróbios de filme fixo* foram adoptados para tratar a matéria biodegradável. Os melhores resultados obtêm-se na generalidade com tempos de retenção de 5 a 85 dias e temperaturas acima dos 10 °C, todavia, fortes compostos de azoto amoniacal constituem um factor limitante. Além de que é muitas vezes necessária a adição de compostos de fósforo, pois os lixiviados em geral são deficientes neste composto (Qasim, 1994).

2.2 Processos de Tratamento Biológico

O processo de tratamento biológico serve essencialmente para reduzir os componentes orgânicos degradáveis para valores bastante baixos, embora as concentrações de CQO e AOX (como hidrocarbonetos clorados), sejam ainda bastante altas. Este processo de tratamento é eficaz especialmente no tratamento de lixiviados de aterros jovens, que são ricos em ácidos gordos voláteis.

O processo de tratamento biológico implica a colocação de microrganismos em contacto com a matéria orgânica que será consumida por aqueles. O processo deve proporcionar condições de desenvolvimento para que se dê a degradação da matéria orgânica. Os métodos de otimizar a degradação biológica incluem o controlo de nível de Oxigénio (O_2) dissolvido, adição de nutrientes, crescente concentração de microrganismos e a manutenção de factores ambientais como o pH e a temperatura.

Será descrito, sucintamente o processo de tratamento biológico que é aplicado na ETAL da Meia Serra: **Lagoa de arejamento**.

- **Lagoa de arejamento**

Este processo consiste normalmente numa bacia, de paredes inclinadas e com cerca de 2 a 5 metros de profundidade. Tendo em conta que o processo de mistura é pouco eficaz, e devido ao facto das águas residuais nestas bacias, não serem tão bem misturadas como o são, por exemplo no processo de lamas activadas, pode ocorrer que uma porção de sólidos se deposite no fundo da bacia e se dê uma estabilização com uma consequente decomposição microbiana anaeróbia; por este motivo, geralmente estas bacias são impermeabilizadas. O tempo de retenção é de vários dias e tem sido usado com sucesso no tratamento de águas residuais de indústrias de: petroquímica, têxtil, papel, conservas e refinarias. Este processo de tratamento apresenta uma eficiência de remoção de CBO na gama de 60 a 90 %, enquanto que por exemplo um dos processos de tratamento biológico que foi mencionado – lamas activadas – apresenta uma eficiência de remoção de CQO e CBO_5 entre 90 e 99 %, e no que respeita à remoção de metais, varia entre 80 e 99 %. A concentração de sólidos suspensos na lagoa arejada e no efluente, está na gama dos 80 a 250 mg/L.

2.3 Processos de Tratamento Físico-Químico

Os processos de tratamento físico-químico utilizam a adição de químicos às águas residuais para melhorar a remoção de contaminantes. Deve-se deixar claro que os sistemas de tratamento químico são sempre usados em conjunto com sistemas de tratamento físico bem como, com sistemas de tratamento biológico. Como por exemplo o processo de lamas activadas utiliza a transferência de oxigénio cujo fenómeno é químico. Do mesmo modo que a coagulação e a precipitação requerem floculação e sedimentação, que são operações físicas unitárias. Assim também o processo químico unitário, no tratamento do lixiviado, é usado conjuntamente com outros processos de tratamento quer sejam físicos ou biológicos.

Os processos de tratamento físico e químico mais requisitados no tratamento de lixiviados são:

- (1) Processos de Tratamento Químico: **a)** Coagulação e Precipitação; **b)** Adsorção em carvão activado; **c)** Permuta iónica e **d)** Oxidação química.
- (2) Processos de Tratamento Físico: **a)** Evaporação natural; **b)** Arrastamento por vapor; **c)** Floculação e Sedimentação; **d)** Filtração e **e)** Osmose Inversa e Ultrafiltração.

Os processos de coagulação, floculação, precipitação e sedimentação são processos completamente desenvolvidos e usados frequentemente com uma vasta variedade de aplicação em processos industriais e tratamento de resíduos.

Enquanto a floculação, sedimentação e precipitação são passos individuais de um processo, estão interrelacionados e são muitas vezes combinados com um só processo de tratamento global (podem ser requisitados para remoção de substâncias precipitáveis, como metais pesados solúveis, orgânicos dissolvidos e para remoção de partículas coloidais suspensas em líquidos), a floculação é já um processo através do qual pequenas partículas coloidais e instáveis de um líquido são aglomeradas em partículas maiores e mais estáveis (o processo utiliza dispersão química num tanque de mistura rápida, seguida por floculação para aglomerar coloides em flocos).

O processo de tratamento físico-químico efectuado na ETAL da Meia Serra é o de Coagulação-Floculação, que se descreve em seguida:

• **Coagulação-Floculação**

Os compostos químicos mais comuns para usar no processo em questão são: o sulfato de alumínio (alumina), sulfato ferroso, *cloreto férrico* e clorofosfato férrico, também designados de coagulantes. Os sais de ferro mostram-se mais eficientes que os de alumínio. As percentagens de remoção de CQO e CTO (carência total de oxigénio) obtidas por coagulação-floculação são de 10 a 25 % , para lixiviados jovens, mas é alta (50 a 65 %) para lixiviados que apresentem uma baixa razão de CBO_5/CQO (lixiviados estabilizados ou lixiviados que tenham um pré-tratamento biológico). Existem ainda os polielectrólitos aniónicos, catiónicos ou não iónicos; que são usados como adjuvantes de coagulação, fazem aumentar a razão de floculação sem no entanto melhorar a eficiência de remoção da turvação.

✓ **Processos de membranas**

Diversos processos têm sido estudados a fim de renovar as águas lixiviadas. Como exemplo temos os processos de membranas que proporcionam níveis de eficiência elevados. Destes processos, aqueles que podem ser usados no tratamento de lixiviados são: microfiltração (MF), ultrafiltração (UF) e osmose inversa (OI). A MF e a UF foram testadas principalmente como pré-tratamento da OI, visto que esta foi estudada para remover a CQO residual da água lixiviada. Todavia a praticabilidade da OI está altamente condicionada pela escolha do pré-tratamento efectuado à corrente de alimentação da unidade de OI. O tratamento biológico por si só, mostra-se muitas vezes ineficaz. Pelo contrário a precipitação com hidróxido de cálcio ou a coagulação-floculação podem ser adaptados como pré-tratamento; embora este último seja o mais aconselhável pois apresenta uma melhor remoção de partículas colóidais, que são as principais causadoras da sujidade das membranas na OI. Da mesma forma a MF e a UF também são apropriados mas desde que precedidos por processos físico-químicos como os atrás mencionados.

V – Tratamento efectuado na ETAL da Meia Serra

1. Descrição do processo de tratamento

O tratamento tem uma primeira fase – *tratamento preliminar* – constituído por uma cantoneira na parede do tanque anexo à estação elevatória e tem como objectivo principal a retenção das areias e dos sólidos mais grosseiros.

Em seguida o efluente, constituído por lixiviado do aterro velho e do aterro novo, segue para o *tratamento biológico* constituído por uma lagoa arejada com elevado tempo de retenção, onde são adicionados os nutrientes necessários para uma óptima degradação da matéria orgânica existente.

Após esta etapa, o lixiviado pré-tratado é conduzido ao *tratamento físico-químico* que consiste num processo de coagulação-floculação. Os reagentes adicionados são o cloreto férrico e o leite de cal. Neste tratamento o objectivo é remover: metais pesados, fósforo e compostos de elevado peso molecular pouco solúveis.

Dada a elevada produção de lamas provenientes do tratamento anterior, e sendo o seu teor de humidade bastante elevado, estas têm de ser tratadas adequadamente. Assim, após a

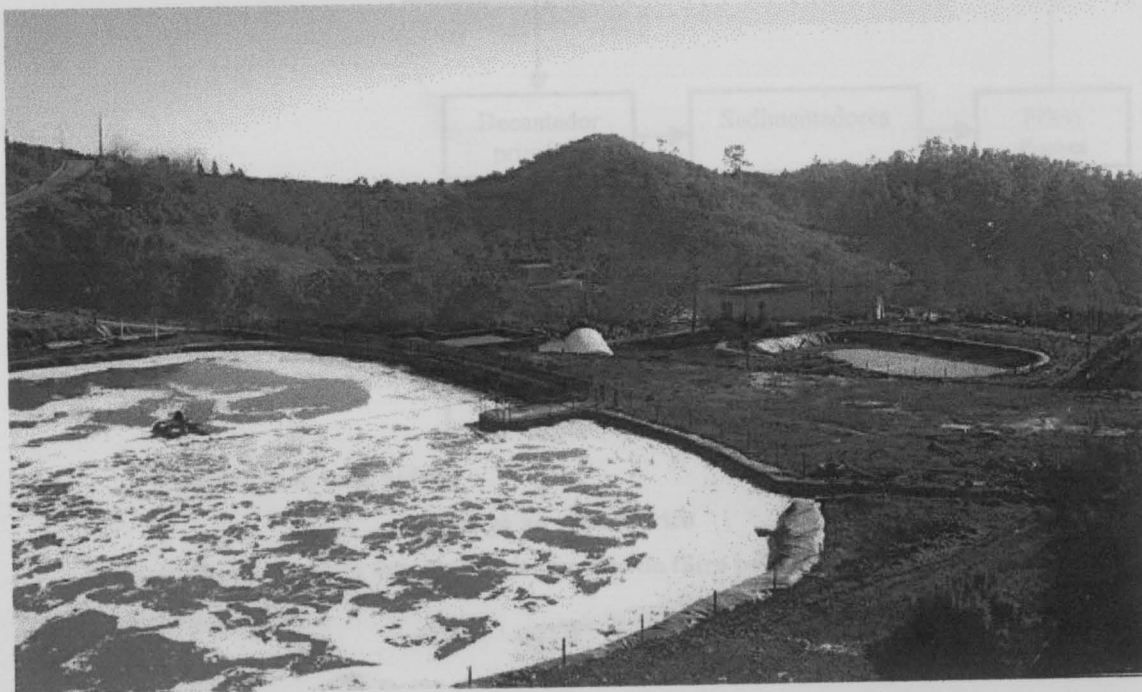


Fig. 14 – Vista sobre a ETAL da Meia Serra – Lagoa de arejamento.

sedimentação, efectua-se o *tratamento das lamas* enviando-as para dois tanques de floculação equipados cada um com um agitador lento. Será utilizado um polielectrólito como agente floculante, cuja solução é preparada num tanque apropriado e posteriormente injectado nos tanque de floculação, de onde são bombeados até o filtro prensa para desidratação mecânica. À saída do filtro prensa obtêm-se dois produtos: lamas desidratadas, que serão enviadas para aterro e águas de escorrência, que serão encaminhadas para a lagoa arejada.

Para melhor compreensão, é apresentado o seguinte fluxograma representativo de todo o processo:

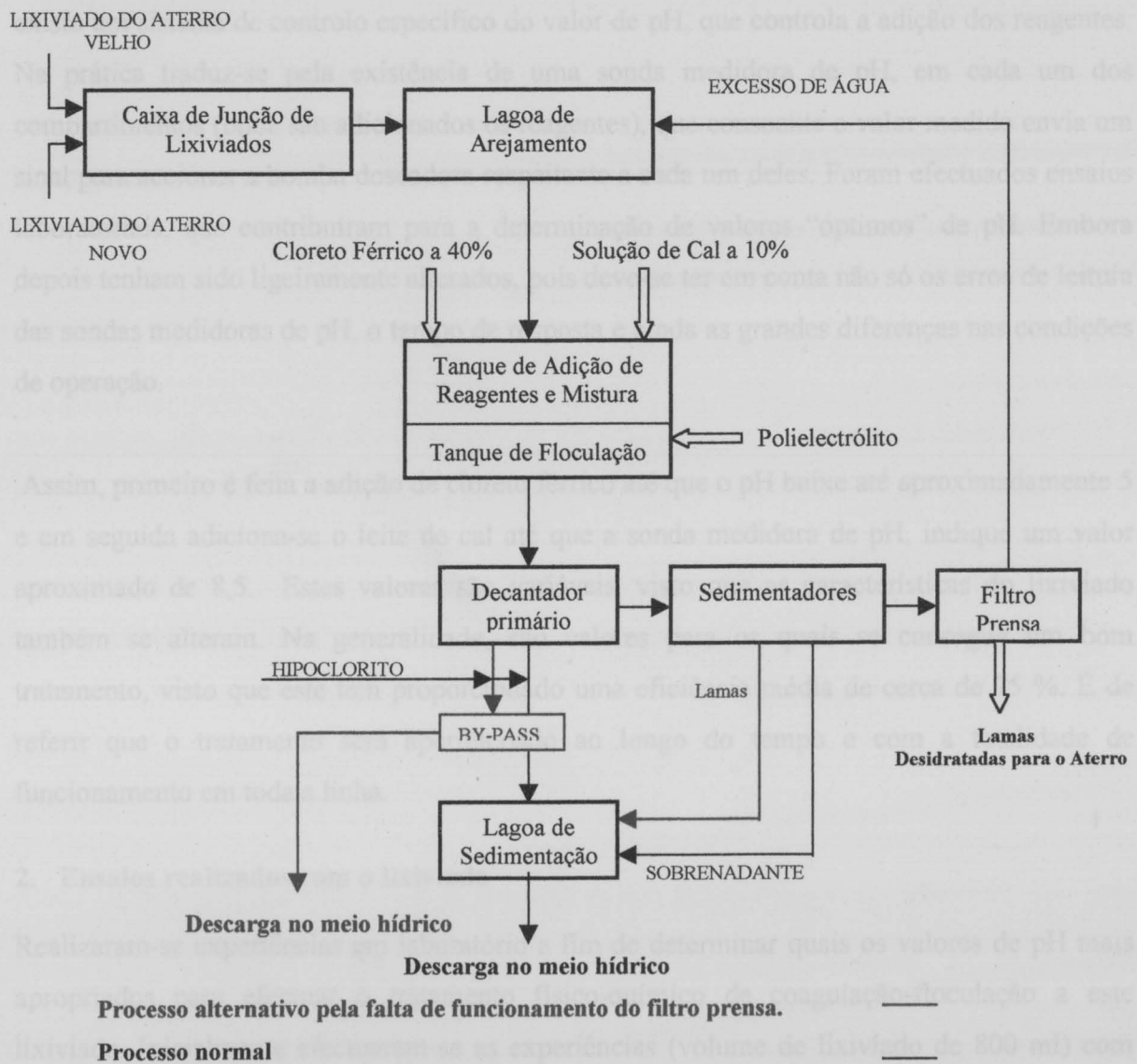


Fig. 15 - Fluxograma representativo do tratamento das águas lixiviantes da Meia Serra

Em seguida indica-se o percurso pormenorizado do afluente ao longo do tratamento.

O processo de tratamento encontra-se quase todo automatizado e temporizado. À excepção da descarga de lamas que é efectuada quando o operador observa que a camada de lamas já é visível.

Existem duas bombas, programadas para funcionarem alternadamente, que bombeiam o lixiviado após o tratamento biológico para o tratamento físico-químico. Destas bombas estão dependentes todas as outras, que bombeiam os reagentes para o tanque misturador, assim como os agitadores que lá se encontram. Dado que este tratamento é bastante sensível ao pH, existe um sistema de controlo específico do valor de pH, que controla a adição dos reagentes. Na prática traduz-se pela existência de uma sonda medidora de pH, em cada um dos compartimentos (onde são adicionados os reagentes), que consoante o valor medido envia um sinal para accionar a bomba doseadora respeitante a cada um deles. Foram efectuados ensaios laboratoriais, que contribuiram para a determinação de valores “óptimos” de pH. Embora depois tenham sido ligeiramente alterados, pois deve-se ter em conta não só os erros de leitura das sondas medidoras de pH, o tempo de resposta e ainda as grandes diferenças nas condições de operação.

Assim, primeiro é feita a adição de cloreto férrico até que o pH baixe até aproximadamente 5 e em seguida adiciona-se o leite de cal até que a sonda medidora de pH, indique um valor aproximado de 8,5. Estes valores são variáveis, visto que as características do lixiviado também se alteram. Na generalidade, são valores para os quais se consegue um bom tratamento, visto que este tem proporcionado uma eficiência média de cerca de 75 %. É de referir que o tratamento será aperfeiçoado ao longo do tempo e com a totalidade de funcionamento em toda a linha.

2. Ensaios realizados com o lixiviado

Realizaram-se experiências em laboratório a fim de determinar quais os valores de pH mais apropriados para efectuar o tratamento físico-químico de coagulação-floculação a este lixiviado. Inicialmente efectuaram-se as experiências (volume de lixiviado de 800 ml) com lixiviado recolhido de uma só vez. Tendo em conta que as características do lixiviado, são variáveis, optou-se por efectuar uma amostra composta (volume de lixiviado de 500 ml). Assim foram feitas recolhas de duas em duas horas de um litro de lixiviado, perfazendo um

total de cinco litros. Partiu-se desta amostra e seguiu-se uma metodologia, que se encontra descrita em anexo, assim como as observações efectuadas para cada ensaio. Os aspectos tidos em conta na avaliação dos resultados foram:

- a) aspecto do sobrenadante,
- b) tamanho dos flocos,
- c) velocidade de sedimentação.

Numa primeira parte fez-se a *determinação do melhor valor de pH*: adicionou-se uma dosagem mínima de coagulante ($V_{\text{cloreto f\u00e9rrico}} = 1,00 \text{ ml}$) e através da adição de leite de cal a 10%, acertou-se o pH das soluções a valores entre 5 e 8. Destes ensaios observou-se que o melhor correspondia a um valor de pH 6 .

Numa segunda parte fez-se a *optimização da dosagem de coagulante*: adicionou-se volumes crescentes de coagulante a partir do volume mínimo e acertaram-se os valores de pH das soluções ao valor óptimo. A apreciação dos resultados levou a concluir que para o volume de lixiviado a ser ensaiado a dosagem óptima de cloreto f\u00e9rrico era de 1,00 ml, que correspondia à dosagem mínima.

Em seguida fez-se a avaliação da *adição de um adjuvante de floculação* (Poliectr\u00f3lito n\u00e3o i\u00f3nico). Nas condi\u00e7\u00f5es \u00f3ptimas referidas anteriormente, ensaiou-se duas solu\u00e7\u00f5es, das quais, em uma delas procedeu-se \u00e0 adi\u00e7\u00e3o de polielectr\u00f3lito. A diferen\u00e7a entre os dois ensaios \u00e9 bastante n\u00edtida. Pode-se concluir que a adi\u00e7\u00e3o de polielectr\u00f3lito influencia significativamente no que respeita \u00e0 dimens\u00e3o dos flocos e consequentemente \u00e0 velocidade de sedimenta\u00e7\u00e3o. Em termos de remo\u00e7\u00e3o de c\u00f3r n\u00e3o apresenta diferen\u00e7as. Mediu-se o pH final dos ensaios e observou-se que este n\u00e3o foi afectado pela adi\u00e7\u00e3o do adjuvante de flocula\u00e7\u00e3o.

Refira-se que, seria importante medir a turva\u00e7\u00e3o do sobrenadante respeitante a cada ensaio, de forma a poder calcular a efici\u00eancia de remo\u00e7\u00e3o de c\u00f3r, deste processo de tratamento. N\u00e3o foi poss\u00edvel atingir este objectivo, devido \u00e0 falta de um turbid\u00edmetro.

3. Arranque da ETAL após remodelação

Após um período de paragem do tratamento, em que as águas lixiviantes eram armazenadas num reservatório e recirculadas para o aterro – como situação provisória – procedeu-se à remodelação da ETAL. Foram efectuadas algumas alterações na linha de tratamento físico-químico, nomeadamente a construção de um tanque de mistura, munido de 5 agitadores, seguido de um decantador e de dois sedimentadores. Como tal o tratamento físico-químico arrancou no mês de Novembro de 2000, altura em que a lagoa arejada já continha volume de lixiviado suficiente para se iniciar aquele tratamento. Daí o acompanhamento do arranque de uma “2ª fase” da ETAL.

Durante esta fase, os problemas surgidos foram na sua maioria de ordem técnica, de entre os quais referem-se alguns:

- Bomba doseadora de leite de cal – dado o seu funcionamento quase contínuo, e também devido ao tipo de solução que está a ser bombeada (solução com sólidos em suspensão), dá-se um desgaste interno que tem como consequência, a perda de reagente pela própria bomba (vulgarmente chamado “desgaste do empanque” que faz com que o reagente comece a gotejar naquela parte da bomba).

Como seria de esperar, este tipo de problemas reflecte-se no equilíbrio que tem de existir, na adição de reagentes. Na prática, a perda deste reagente e consequentemente a sua “deficiência” no tanque misturador, faz com que os flocos coagulados não sedimentem; ao fim de algumas horas o decantador apresenta uma pequena camada de lama à superfície, de cor “castanho-avermelhada”, idêntica à cor do cloreto férrico.

- Bomba doseadora de cloreto férrico – por vezes, o filtro à entrada desta bomba, ficava obstruído com algum tipo de material e como nada era indicado pelo quadro eléctrico, deduzia-se que o seu doseamento efectuava-se como o previsto. Outra situação que também não era indicada pelo quadro eléctrico, ocorria quando se verificava a presença de ar na tubagem que transporta este reagente até ao tanque.

Obviamente a falta deste reagente também desestabilizava o processo de tratamento; neste caso e passado algum tempo, quando era perceptível no decantador que algo não estava bem, o que se observava era uma turvação diferente na água, esta apresentava um aspecto “esbranquiçado”.

- Um grande problema que ainda subsiste, é o tratamento de desidratação das lamas. Inicialmente, quando se arrancou com o tratamento físico-químico, este era efectuado em descontínuo (apenas durante o dia). Nesta altura a prensa ainda não estava em funcionamento, também não se efectuavam descargas de lamas do decantador para o sedimentador o que levou a uma acumulação de lamas no decantador.

Estas, com o tempo foram fermentando e estabilizaram.

Com a libertação de gás as lamas estabilizadas foram se desprendendo do fundo e acumularam-se à superfície.

A figura 16 mostra esta ocorrência; note-se que apesar disto a água que saía do decantador apresentava um aspecto razoável.

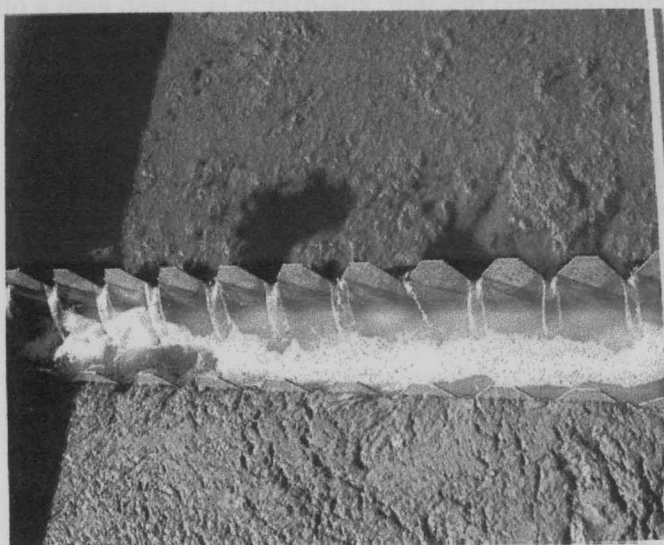


Fig. 16 – Aspecto do decantador por não efectuar a descarga de lamas.

- Com o mau tempo que se começou a fazer sentir, de chuvas intensas, a lagoa arejada depressa encheu e foi necessário iniciar-se o tratamento em contínuo. Pelo facto da prensa não estar ainda em funcionamento (refira-se que esta entraria em fase de experiências antes da remodelação), não havia para

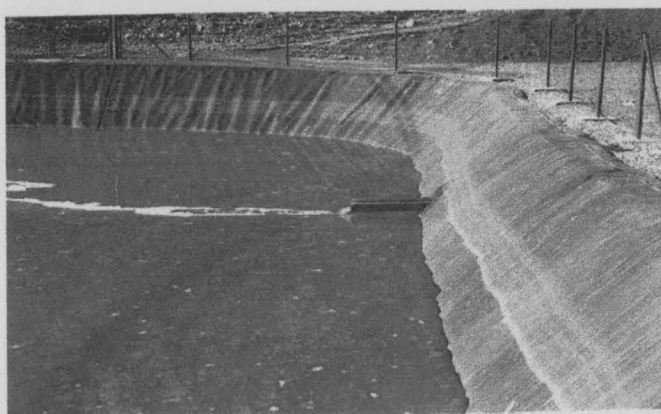


Fig. 17 – Lagoa de sedimentação – armazenamento de lamas

onde descarregar as lamas, o que era um grande obstáculo à continuidade do processo de tratamento. Perante este problema foi decidido construir um by pass que conduzisse a água tratada directamente para o meio hídrico e armazenar as lamas na lagoa de sedimentação, isto provisoriamente enquanto se aguarda o funcionamento em pleno do filtro prensa.

VI – Recolha das amostras de águas

- Como já foi referido todo o processo está automatizado, à excepção da descarga das lamas que são efectuadas pelo operador, quando se observa a camada de lamas que se vão acumulando e chegam quase perto da saída da água. Surgiu novamente o problema, de num período de tempo (00:00 e as 08:00), as lamas saírem junto com a água. Este problema foi contornado procedendo a uma descarga controlada, mas em contínuo durante aquele período de tempo, de forma que não saíssem lamas para o meio hídrico natural.

Departamento de Ambiente e Poluição – DAP. As amostras são recolhidas em recipientes apropriados consoante o tipo de análise a que se destinam. Os valores de temperatura à hora de recolha, são medidos *in situ* e anotados para cada amostra.

2. Pontos de recolha das amostras

A recolha das águas é efectuada seis vezes por ano, com a regularidade de dois meses e em pontos pré-estabelecidos. Todas elas encontram-se a jusante da ETAL à excepção de amostra referente ao lixiviado (amostra L) e aquela representativa da água do reservatório. A primeira é recolhida na caixa de junção dos lixiviados provenientes do aterro velho e do aterro novo, imediatamente antes do tratamento biológico.

O ponto de recolha da amostra

A, situa-se dentro das instalações da ETR5, e é proveniente deste reservatório



Fig. 18 – Reservatório de abastecimento à ETR5

Fig. 19 – Ponto de recolha da amostra 1) – Nascente de Cima.

VI – Recolha das amostras de águas

1. Introdução

No âmbito do plano de monitorização da ETRS da Meia Serra, é entregue ao Governo Regional da Madeira, por parte da entidade exploradora da – Hidurbe/Prima – um relatório de apreciação da qualidade das águas, tendo como referência o Decreto-lei n.º 236/98. As análises são efectuadas pelo *Instituto de Desenvolvimento e Inovação Tecnológica - IDIT, Departamento de Ambiente e Poluição – DAP*. As amostras são recolhidas em recipientes apropriados consoante o tipo de análise a que se destinam. Os valores de temperatura e hora de recolha, são medidos *in situ* e anotados para cada amostra.

2. Pontos de recolha das amostras

A recolha das águas é efectuada seis vezes por ano, com a regularidade de dois meses e em pontos pré- estabelecidos. Todos eles encontram-se a jusante da ETAL à excepção da amostra referente ao lixiviado (amostra L) e aquela representativa da água do reservatório. A primeira é recolhida na caixa de junção dos lixiviados provenientes do aterro velho e do aterro novo, imediatamente antes do tratamento biológico.

O ponto de recolha da amostra A, situa-se dentro das instalações da ETRS, e é proveniente deste reservatório.



Fig. 19 – Ponto de recolha da amostra B – Nascente de Cima.



Fig. 18 – Reservatório de abastecimento à ETRS.



Fig. 20 – Nascente de Baixo –
Ponto de recolha **D**

Não foi possível mostrar o ponto de recolha **C**
– Nascente do Meio.



Fig. 21 – Caixa de Distribuição/Casa do Sr.
Pedro – Amostra **E**

Tabela 3 – Pontos de recolha das amostras, com as especificações a que se destinam.

AMOSTRA	LOCAL DE RECOLHA	TIPO DE ÁGUA
A	Reservatório da Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos	ÁGUAS DOCES SUPERFICIAIS DESTINADAS A CONSUMO HUMANO
B	Caixa de Distribuição da Rede de Captação de Água do Governo Regional da Madeira Nascente de Cima - 1	
C	Caixa de Distribuição da Rede de Captação de Água do Governo Regional da Madeira Nascente do Meio - 2	
D	Caixa de Distribuição da Rede de Captação de Água do Governo Regional da Madeira Nascente de Baixo – 3	
E	Caixa de Distribuição/Casa do Sr. Pedro	



Fig. 23 – Ribeiro Porto Novo/Fujo do Cabeço, ponto de recolha G.



Fig. 22 – Ribeiro do Valinho/Pináculo, ponto de recolha F.

Fig. 26 – Ponto de recolha neste ponto.



Fig. 24 – Ponto de recolha da amostra H – Ribeiro Porto Novo/ Levada dos Caniceiros

Nota: Não foi possível obter fotografias representativas dos pontos de recolha G e H.



Fig. 25 – Nascente Cerejeira, ponto de recolha da amostra I.



Fig. 26 – Pormenor da recolha neste ponto.

(continuação da tabela 3)

F	Ribeiro do Valinho/Pinácula	ÁGUAS DOCES SUPERFICIAIS SEM UTILIZAÇÃO ESPECIFICADA – QUALIDADE MÍNIMA
G	Ribeiro Porto Novo/Fujo do Cabeço	
H	Ribeiro Porto Novo/ Levada dos Caniceiros	
I	Nascente Cerejeira	
J	A jusante da junção da confluência do Ribeiro do Porto Novo/Nascente Cerejeira.	
L	Caixa de junção das águas lixiviantes dos Aterros Sanitários	ÁGUAS LIXIVIANTE – DESCARGA NO MEIO HÍDRICO

Nota: Não foi possível obter fotografias representativas dos pontos de recolha J e L.

2.1 Parâmetros a analisar

Os parâmetros a analisar são classificados em grupos (G1, G2 e G3) consoante a frequência de amostragem e análise, o intervalo máximo de colheitas e pelo número mínimo de pontos de amostragem.

Tabela 4 – Parâmetros a analisar nas águas destinadas ao consumo humano

ÁGUAS DOCES SUPERFICIAIS DESTINADAS AO CONSUMO HUMANO		
G1 (analisar 6 vezes ao ano)	G2 (analisar 3 vezes ao ano – Março, Julho e Novembro)	G3 (analisar 1 vez ao ano – Julho)
pH	Cobre	Arsénio
Côr	Ferro Dissolvido	Bário
Cheiro	Manganês	Boro
Temperatura	Zinco	Cádmio
Condutividade eléctrica	Detergentes	Chumbo
Sólidos Suspensos Totais	Fenois	Crómio Total
Cloretos	Sulfatos	Mercúrio
Fosfatos	Azoto Kjeldah	Selénio
Nitratos	Estreptococos Fecais	Cianetos
Azoto Amoniacal		Fluoretos
Oxigénio Dissolvido		Pesticidas Totais
Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO ₅ -20 °C)		Hidrocarbonetos Dissolvidos ou Emulsionados
Carência Química de Oxigénio (CQO)		Hidrocarbonetos Aromáticos
Coliformes Totais		Polinucleares
Coliformes Fecais		Óleos e Gorduras
Germes Totais a 22 °C		Carbono Orgânico Total
Germes Totais a 37 °C		Substâncias Extraíveis com
Clostrídeos sulfito-redutores		Clorofórmio
		Salmonelas

Tabela 5 – Parâmetros a analisar nas águas superficiais sem utilização especificada

ÁGUAS DOCES SUPERFICIAIS SEM UTILIZAÇÃO ESPECIFICADA – QUALIDADE MÍNIMA –
pH Temperatura Oxigénio Dissolvido Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO ₅ – 20 °C) Azoto Amoniacal Fósforo Total Cloretos Sulfatos Clorofenois Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares Bifenilos Policlorados (PCB's) Azoto Kjeldah Cianetos Totais Arsénio Total Cádmio Total Chumbo Total Crómio Total Cobre Total Mercúrio Total Níquel Total Zinco Total Substâncias Tensioactivas Aniónicas Pesticidas

A pedido da Direcção Regional de Saneamento Básico foram ainda realizadas análises microbiológicas aos seguintes parâmetros:

Coliformes Totais Coliformes Fecais Estreptococos Fecais Germes Totais a 22 °C Germes Totais a 37 °C Clostrídeos sulfito-redutores

A análise dos resultados às águas lixiviantes é feita de acordo com o Decreto-lei n.º 236/98 – Anexo XVIII, relativo aos valores limite de emissão na descarga de águas residuais. Embora o efluente não esteja a ser descarregado no meio hídrico foram considerados do anexo, os parâmetros mais importantes.

Tabela 6 – Parâmetros a analisar nas águas lixiviantes

ÁGUAS LIXIVIANTES	
	Temperatura
	pH
	Côr
	Cheiro
	Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO ₅ – 20 °C)
	Carência Química de Oxigénio
	Sólidos Suspensos Totais
	Aldeídos
	Sulfatos
	Sulfuretos
	Sulfitos
	Fósforo Total
	Óleos e Gorduras
	Azoto Kjeldah
	Azoto Amoniacal
	Nitratos
	Cádmio Total
	Crómio Hexavalente
	Cobre Total
	Níquel Total
	Zinco Total
	Manganês Total
	Selénio Total
	Mercúrio Total
	Alumínio
	Ferro Total
	Cianetos Totais
	Fenois
	Arsénio Total
	Cobalto Total
	Bário Total
	Chumbo Total
	Detergentes

em anexo. Os parâmetros cujos valores ultrapassam o VLE encontram-se a negro e destacados com o fundo sombreado.

No que diz respeito às águas lixiviantes (afluente), dos parâmetros analisados, muitos estiveram em conformidade com os valores legislados, no entanto alguns parâmetros apresentavam valores bastante superiores ao VLE. O cheiro e a cor das amostras recolhidas apresentavam-se acima do valor limite, à excepção do mês de Dezembro, os sólidos suspensos totais também foram superiores ao valor limite de emissão (excepto Junho e Outubro). A análise destes resultados mostra, que os parâmetros que apresentam valores bastante superiores ao VLE são os que dizem respeito à carência química e bioquímica de oxigénio. A

3. Análise de Resultados

A apreciação da qualidade de águas para consumo humano foi realizada comparando os resultados obtidos com os Valores Máximos Admissíveis (VMA) impostos pelo Decreto-lei n.º 236/98.

O resultado das análises referente às amostras **A, B, C, D, e E** é comparado com os VMR do *Anexo VI do Decreto-lei 236/98 – Água para Consumo Humano*. Uma vez que estas águas não se encontram especificadas em termos de Oxigénio Dissolvido, Carências Química e Bioquímica de Oxigénio recorreu-se ao *Anexo I (Classe A1)* do referido Decreto-lei, relativo à qualidade de águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano, para a avaliação destes parâmetros.

O resultado das análises referente às amostras **F, G, H, I, e J** é analisado tomando como referência os valores impostos pelo mesmo Decreto-lei – *Anexo XXI – Objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais*.

O resultado das análises à amostra **L** são comparados com o *Anexo XVIII do Decreto-lei 236/98*, relativo aos *Valores limite de emissão na descarga de águas residuais*.

3.1 Análise às águas lixiviantes

A apreciação da qualidade do lixiviado, durante o ano 2000 foi efectuada, comparando os resultados obtidos nas análises com o Valor Limite de Emissão (VLE) definido no anexo XVIII do Decreto-lei já referido. Os resultados são apresentados na tabela 9 que se encontra em anexo. Os parâmetros cujos valores ultrapassam o VLE encontram-se a negrito e destacados com o fundo sombreado.

No que diz respeito às águas lixiviantes (afluente), dos parâmetros analisados, muitos estiveram em conformidade com os valores legislados, no entanto alguns parâmetros apresentaram valores bastante superiores ao VLE. O cheiro e a cor das amostras recolhidas, apresentaram-se acima do valor limite, à excepção do mês de Dezembro; os sólidos suspensos totais também foram superiores ao valor limite de emissão (excepto Junho e Outubro). A análise destes resultados mostra, que os parâmetros que apresentam valores bastante superiores ao VLE são os que dizem respeito à carência química e bioquímica de oxigénio. A

CQO apresentou um valor de 1890 mg O₂/L quando o seu VLE é de 150 mg O₂/L. A análise ao azoto amoniacal também apresentou valores muito superiores ao VLE (que é de 10 mg N/L); por exemplo em Abril foi de 927 mg N/L. Os nitratos também mostraram resultados altos sendo o mais alto de 140 mg N/L, em Dezembro. Outros parâmetros como os sulfitos, o alumínio, o ferro total e o manganês, também mostraram valores acima do VLE, embora não tão altos quanto os anteriores.

Tendo em conta os resultados destas análises, naturalmente que este lixiviado não apresenta características para poder ser descarregado no meio hídrico, assim estas águas são encaminhadas para o tratamento que já foi descrito anteriormente.

Dado que o arranque do tratamento físico-químico na ETAL, ocorreu em Novembro de 2000, a análise ao efluente, apenas começou a ser efectuada nessa altura. Encontra-se em anexo a tabela 10, onde são apresentados resultados obtidos das análises ao lixiviado bruto (amostra L), ao lixiviado tratado (amostra M) e ainda um cálculo aproximado de alguns valores, correspondentes à eficiência de remoção de alguns dos parâmetros.

Com base na análise da referida tabela, pôde-se concluir que o tratamento efectuado na ETAL da Meia Serra é eficaz, apresentando uma eficiência média aproximada de 75 %. Vários parâmetros, nomeadamente carência química de oxigénio, sulfuretos, fósforo total, cádmio total, manganês total, ferro total, bário total e detergentes apresentam eficiências de remoção superiores a 90 %. No entanto alguns dos parâmetros como carência bioquímica de oxigénio, carência bioquímica de oxigénio e azoto amoniacal, apesar de apresentarem também uma eficiência de remoção alta (respectivamente: 80,0 %; 90,7 % e 80,1 %), não cumprem ainda os limites legais de descarga no meio hídrico natural. O não cumprimento de todos os parâmetros exigidos, pode ser explicado pelo não funcionamento de toda a linha de tratamento.

3.2 Análise às águas destinadas ao consumo humano

A apreciação da qualidade das águas referentes às amostras **A, B, C, D e E** teve como critério, a comparação dos valores obtidos (tabelas 11 e 12 em anexo), com VMA do Anexo VI do Decreto-lei 236/98 – *Água para Consumo Humano*. Considera-se que este valor não deve ser ultrapassado, caso isto aconteça deverá proceder-se a um tratamento de desinfecção.

As amostras recolhidas ao longo do ano, no ponto **A** – Reservatório de Abastecimento à Estação – mostraram a existência de contaminação em termos de coliformes totais e fecais, visto que, quase todos os valores ultrapassaram o VMA; o valor mais alto foi atingido no mês de Dezembro e foi referente a coliformes fecais. Provavelmente, a ocorrência destes valores deveu-se a um problema que foi constatado posteriormente – o Hipoclorito de sódio, usado como desinfectante, não estava a ser adicionado correctamente. No referido mês, também o VMA respeitante a estreptococcus, foi ultrapassado. Quanto aos fenóis, o aparelho que efectuou esta análise não detectava valores inferiores a $4 \mu\text{g C}_6\text{H}_5\text{OH/L}$. Os restantes parâmetros encontraram-se todos abaixo do VMA.

As amostras recolhidas no ponto **B** – Nascente de Cima – apresentaram resultados melhores, visto que os parâmetros cujos valores foram ligeiramente superiores ao VMA foram: os coliformes totais (Dezembro) e o teor em ferro (Setembro).

No ponto **C** – Nascente do Meio – o resultado das análises efectuadas, demonstraram uma boa qualidade de água pois nenhum parâmetro apresentou valores superiores ao VMA.

No que se refere à amostra **D** – Nascente de Baixo – e à amostra **E** – Caixa de Distribuição/Casa do Sr. Pedro, os parâmetros que não se encontraram em conformidade com o critério de análise foram novamente os coliformes totais e fecais.

De maneira geral, a amostra que realmente apresentou resultados mais preocupantes foi aquela, recolhida à saída do reservatório de abastecimento à ETRS. Neste aspecto e como já foi referido, o problema já foi detectado e como tal foram também tomadas medidas a fim de resolvê-lo. É de referir que uma das medidas tomadas de imediato, foi o facto de se ferver toda a água destinada ao consumo humano.

3.3 Análise às águas doces superficiais sem utilização específica

A apreciação da qualidade das águas referentes às amostras **F, G, H, I e J** teve como critério, a comparação dos valores obtidos (apresentados na tabela 13 em anexo), com os VMA's impostos pelo mesmo Decreto-lei – *Anexo XXI – Objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais*.

De uma forma geral as amostras referentes a estes pontos de recolha, encontravam-se com uma qualidade razoável. Os parâmetros referentes às amostras **F** – Ribeiro do Valinho/Pinácula – e **G** – Ribeiro Porto Novo/Fujo do Cabeço – não apresentaram nenhum parâmetro cujos valores fossem superiores ao VMA. O mesmo não se verificou com as amostras recolhidas no ponto **H** – Ribeiro Porto Novo/ Levada dos Caniceiros. O parâmetro referente à CBO_5 encontrava-se ligeiramente acima do valor admissível (Outubro), assim como o teor em crómio total (Dezembro). As amostras recolhidas na Nascente da Cerejeira – ponto **I** – mostraram deficiência em termos de Oxigénio dissolvido (encontrava-se inferior ao mínimo admissível), nos meses de Abril e Setembro; o valor referente à CBO_5 encontrava-se acima do VMA, assim como os teores em azoto amoniacal e em mercúrio. No que respeita ao ponto de recolha **J** – A jusante da junção da confluência do Ribeiro do Porto Novo/Nascente Cerejeira – durante três campanhas não se efectuaram as recolhas destas amostras, pelo facto da ribeira encontrar-se seca (Junho, Setembro e Outubro). Das recolhas que foram efectuadas, observaram-se valores superiores aos máximos admissíveis, nos seguintes parâmetros: CBO_5 (Abril), azoto Kjeldhal e azoto amoniacal (Dezembro). Os restantes parâmetros encontravam-se abaixo do VMA.

De maneira geral, a qualidade das águas a jusante da ETRS, e naquilo que depende a entidade exploradora da ETRS, apenas poder-se-á controlar as águas que saem do tratamento, de modo a que estas estejam em conformidade com os valores impostos pela legislação em vigor.

QUELHAS DOS SANTOS, J. 1997. Síntese e Conclusões do Seminário: Produção de Correctivos Orgânicos a partir de Resíduos Sólidos Urbanos – sua Importância para a Agricultura Nacional. Exponer (Matosinhos). 12 pp

SANTIAGO, A. M. Aplicação de novas tecnologias na concepção de aterros controlados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GONÇALVES, M. J. S. 1997. Composto de RSU's: Qualidade e Utilizações. Seminário: Produção de Correctivos Orgânicos a partir de Resíduos Sólidos Urbanos – sua Importância para a Agricultura Nacional. Exponor (Matosinhos). 17 pp.
- HIDURBE/PRIMA (Recolha e Tratamento de Resíduos, A.C.E.). 2000. Relatórios de Avaliação Qualitativa da Amostras de Águas Recolhidas na Meia Serra (referentes às recolhas de Fevereiro, Abril, Junho, Setembro, Outubro e Dezembro). Direcção Regional do Saneamento Básico da Secretaria Regional do Equipamento Social e Ambiente do Governo Regional da Região Autónoma da Madeira.
- HIDURBE/PRIMA (Recolha e Tratamento de Resíduos, A.C.E.). 2000. Relatórios de Avaliação Qualitativa do Composto orgânico da ETRS da Meia Serra (referentes às recolhas de Fevereiro, Março, Abril, Maio, Junho, Julho, Agosto e Outubro). Direcção Regional do Saneamento Básico da Secretaria Regional do Equipamento Social e Ambiente do Governo Regional da Região Autónoma da Madeira.
- QASIM, S. R. & CHIANG, W. 1994. Sanitary Landfills Leachate Generations, Control and Treatment. Ed. Technomic, Publishing Company. Chapter 9.
- QUELHAS DOS SANTOS, J. 1997. Síntese e Conclusões do Seminário: Produção de Correctivos Orgânicos a partir de Resíduos Sólidos Urbanos – sua Importância para a Agricultura Nacional. Exponor (Matosinhos). 12 pp.
- SANTIAGO, A. M. Aplicação de novas tecnologias na concepção de aterros controlados.

1. Ensaio realizado com o lixiviado

1.1 Introdução

Realizaram-se experiências em laboratório a fim de determinar quais os valores de pH mais apropriados para efectuar o tratamento físico-químico de coagulação-floculação a este lixiviado. Inicialmente efectuaram-se as experiências (volume de lixiviado de 800 ml) com lixiviado recolhido da terra só vez. Tendo em conta a variabilidade dos parâmetros que compõem o lixiviado, optou-se por efectuar novos ensaios partindo de uma amostra composta (volume de lixiviado de 500 ml). Assim foram feitas duas experiências em duas horas de um litro de lixiviado, realizando um total de 4 experiências com a amostra e seguiu-se o mesmo procedimento.

1.2 Procedimento

Materiais utilizados no laboratório:

- gobetas de 1000 ml e de 500 ml,
- vareta de vidro,
- solução de leite de cal a 10 % já preparada,
- solução de alúmen férrico a 40 % já preparada,
- solução de polieletrólito já preparada - DRY FLOC 968
- papel colorimétrico medidor de pH.

A - Determinação da dosagem mínima de coagulante e optimização do pH

Volume de solução a ensaiar = 500 ml e 800 ml

Volume mínimo de coagulante = 1,0 ml

A.1. Em quatro gobetas com 800 ml de lixiviado, adicionar o volume mínimo de coagulante e através da adição de solução de leite de cal a 10 %, acertar o pH entre 5 e 8.

A.2. Submeter os ensaios a agitação durante alguns minutos (primeiro rápida e depois lenta). Deixar repousar fazendo uma apreciação visual, tendo em conta os seguintes aspectos:

- a) aspecto do sobrenadante,
- b) tamanho dos flocos,

VII - ANEXOS

1. Ensaio realizados com o lixiviado

1.1 Introdução

Realizaram-se experiências em laboratório a fim de determinar quais os valores de pH mais apropriados para efectuar o tratamento físico-químico de coagulação-floculação a este lixiviado. Inicialmente efectuaram-se as experiências (volume de lixiviado de 800 ml) com lixiviado recolhido de uma só vez. Tendo em conta a variabilidade dos parâmetros que compõem o lixiviado, optou-se por efectuar novos ensaios partindo de uma amostra composta (volume de lixiviado de 500 ml). Assim foram feitas recolhas de duas em duas horas de um litro de lixiviado, perfazendo um total de cinco litros. Partiu-se desta amostra e seguiu-se o mesmo procedimento.

1.2 Procedimento Experimental

Material utilizado no laboratório:

- gobelés de 1000 ml e de 600 ml,
- varetas de vidro,
- solução de leite de cal a 10 % já preparada,
- solução de cloreto férrico a 40 % já preparada,
- solução de polielectrólito já preparada – DRY FLOC 968
- papel colorimétrico medidor de pH,

A – Determinação da dosagem mínima de coagulante e optimização do pH

Volume de solução a ensaiar = 500 ml e 800 ml

Volume mínimo de coagulante = 1,0 ml

A.1 Em quatro goblés com 800 ml de lixiviado, adicionar o volume mínimo de coagulante e através da adição de solução de leite de cal a 10 %, acertar o pH entre 5 e 8.

A.2 Submeter os ensaios a agitação durante alguns minutos (primeiro rápida e depois lenta). Deixar repousar fazendo uma apreciação visual, tendo em conta os seguintes aspectos:

- a) aspecto do sobrenadante,
- b) tamanho dos flocos,

c) velocidade de sedimentação.

A.3 Ler o pH final dos melhores resultados.

A.4 Medir a eficiência de remoção de cor.

B – Otimização da dosagem de coagulante

B.1 Em quatro goblés adicionar dosagens crescentes de coagulante a partir da dosagem mínima, agitar com uma vareta e ajustar o pH de todos os ensaios ao valor de pH obtido anteriormente, isto é, o pH ótimo.

B.2 Realizar os ensaios seguindo o procedimento anterior fazer a apreciação dos resultados tendo em conta os mesmos aspectos.

C – Avaliação do efeito da adição de um adjuvante de floculação (Poliectrólito aniónico)

C.1 Em dois goblés adicionar a dosagem ótima de coagulante e acertar ao pH ótimo.

C.2 Realizar o ensaio como em A mas fazendo a adição de polielectrólito a um dos ensaios antes de se efectuar a mistura mais lenta.

C.3 Fazer apreciação dos resultados tendo em conta os aspectos atrás referidos.

A – Resultados obtidos ($V_{\text{lixiviado}} = 800 \text{ ml}$)

Tabela A1 – Volumes de solução de leite de cal a 10% gastos para o acerto do pH

Ensaio	$V_{\text{cloreto férrico}}$ (ml)	$V_{\text{leite de cal}}$ (ml)	pH _{final}
1	1,00	10	5
2	1,00	12	6
3	1,00	14	7
4	1,00	20	8

Apreciação visual : Os ensaios que apresentaram a formação de flocos mais depressa foram o 1 e o 2, logo sedimentaram primeiro que os outros. Quanto ao tamanho dos flocos: os do 1º ensaio são os maiores, nos ensaios 2 e 3 são idênticos e ligeiramente inferiores e no 4º são muito pequenos, neste a sedimentação foi lenta. Passado mais algum tempo fez-se a apreciação do sobrenadante. Os melhores ensaios foram o 2º e 3º, embora o 2º esteja ligeiramente mais claro. O 1º ensaio apresentava um sobrenadante de cor amarelada enquanto que o 4º apresentava um sobrenadante turvo.

O melhor ensaio, tendo em conta aqueles parâmetros foi o 2º, cujo valor de pH corresponde a $\text{pH}_{\text{ótimo}} = 6$.

B – Resultados obtidos ($V_{\text{lixiviado}} = 800 \text{ ml}$)

Tabela B1 – Volumes de solução de leite de cal a 10% para optimização do volume de coagulante.

Ensaio	$V_{\text{cloreto férrico}}$ (ml)	$V_{\text{leite de cal}}$ (ml)	pH final
1	1,0	10,0	≈ 6
2	2,0	30,0	≈ 6
3	3,0	60,0	≈ 7,0
4	4,0	*	*

(*) – Não foi completado porque observou-se que o ensaio 3 já continha muito cloreto férrico e este ensaio era desnecessário.

Apreciação visual : No que respeita à formação de flocos e sedimentação, o 1º e o 2º ensaio comportaram-se de maneira idêntica, isto é, têm um tamanho razoável e levaram cerca de 5 minutos a sedimentar. O 3º ensaio comportou-se de forma idêntica mas apresenta um sobrenadante de cor amarela enquanto os dois primeiros mostraram uma remoção quase completa de cor. O ensaio representativo de melhor volume de coagulante foi o primeiro visto que os resultados foram idênticos aos do segundo mas em que se gastou menos quantidade de reagentes para tratar igual volume de lixiviado. $V_{\text{ótimo Cl}_3\text{Fe}} = 1,00 \text{ ml}$.

C – Resultados obtidos ($V_{\text{lixiviado}} = 800 \text{ ml}$)

Tabela C1 – Avaliação da adição de um adjuvante de floculação

Ensaio	$V_{\text{cloreto férrico}}$ (ml)	$V_{\text{leite de cal}}$ (ml)	$V_{\text{polielectrólito}}$ (ml)	pH final
1	1,00	10,00	1,5	≈ 7,0
2	1,00	10,00	1,5	≈ 7,0
3	1,00	10,00	4,5	≈ 7,0
4	1,00	10,00	4,5	≈ 7,0

Apreciação imediata: Os ensaios 3 e 4 formaram flocos grandes e de imediato, conseqüentemente sedimentaram primeiro. Os ensaios 1 e 2 sedimentaram muito lentamente. Passados cerca de 20 minutos todos apresentavam um sobrenadante límpido.

Apreciação passadas 24 horas: A cor dos sobrenadantes mantiveram-se idênticas, a lama decantada no 1º e 2º tem um aspecto mais denso enquanto que a lama decantada nos outros dois ensaios tem um aspecto leve e pouco “estável”. Nos ensaios 3 e 4 observava-se uma agregação de flocos à superfície. Donde se pode concluir que o excesso de polielectrólito faz com que as lamas se tornem mais leves e tenham mais dificuldade em sedimentar.

As experiências foram repetidas para uma amostra composta, onde foi ensaiado um volume de lixiviado de 500 ml. Seguiu-se o procedimento descrito anteriormente mas adicionando desde o início uma pequena quantidade de polielectrólito, visto que este composto tem um efeito bastante positivo no tratamento que se pretende. Os resultados obtidos foram os seguintes:

A – Resultados obtidos ($V_{\text{lixiviado}} = 500 \text{ ml}$)

Tabela A2 – Volumes de solução de leite de cal a 10% gastos para acertar diferentes valores de pH.

Ensaio	$V_{\text{cloreto férrico}}$ (ml)	$V_{\text{leite de cal}}$ (ml)	$V_{\text{polielectrólito}}$ (ml)	pH final
1	0,7	1,0	1,0	5
2	0,7	2,0	1,0	6
3	0,7	3,0	1,0	7
4	0,7	3,5	1,0	8

Observações: Os ensaios 1 e 2 apresentaram melhor remoção de cor enquanto que nos ensaios 3 e 4 observou-se um sobrenadante mais amarelado. Nenhum dos ensaios apresentou flocos em suspensão, a sedimentação ocorreu de forma idêntica e as lamas têm todas o mesmo aspecto. Os melhores ensaios foram então os de pH = 5 e pH = 6.

B – Resultados obtidos ($V_{\text{lixiviado}} = 500 \text{ ml}$)

Tabela B2 – Volumes de solução de leite de cal a 10% para otimização do volume de coagulante.

Ensaio	pH Lixiviado	V cloreto férrico (ml)	V leite de cal (ml)	V polielectrólito (ml)	pH final
1	≈ 7	0,5	0,5	1,0	≈ 6
2	≈ 7	0,7	1,5	1,0	≈ 6
3	≈ 7	0,9	3,0	1,0	≈ 6
4	≈ 7	1,2	5,0	1,0	≈ 6

Observações: A sedimentação ocorreu primeiro no ensaio 1 de seguida no ensaio 2 e depois no ensaio 3, o 4º demorou muito mais tempo a sedimentar. Nos quatro ensaios a remoção de côr deu-se de forma idêntica, obtendo-se um sobrenadante praticamente límpido, embora no 3º e o 4º ensaios se verifique a formação de pequenas espumas à superfície. Tendo em conta estas observações e atendendo ao facto de se ter gasto menor quantidade de reagentes no 1º ensaio, pode-se dizer que foi este o que proporcionou melhores resultados.

C – Resultados obtidos

Tabela C2 – Avaliação da variação na quantidade de polielectrólito.

Ensaio	Volume de cloreto férrico (ml)	Volume de leite de cal (ml)	Volume de polielectrólito (ml)	pH final
1	0,5	0,5	-	≈ 5,5
2	0,5	0,5	1,0	≈ 5,5
3	0,5	0,5	2,0	≈ 5,5
4	0,5	0,5	3,0	≈ 5,5

Observações: É nítida a diferença entre o 1º ensaio e os restantes, isto é, estes formaram os flocos rapidamente e sedimentaram mais ou menos ao mesmo tempo enquanto que o 1º manteve os flocos em suspensão por algum tempo. A remoção de côr é idêntica nos 3 primeiros ensaios. Quanto ao melhor sobrenadante, considerou-se o 2º ensaio pois no 3º e 4º observaram-se pequenos flocos em suspensão.

1.3 Discussão geral dos ensaios realizados em laboratório

Em termos laboratoriais e apesar das leituras efectuadas, nomeadamente dos valores de pH, não serem rigorosas, observou-se que este processo de tratamento é adequado, pelo menos em termos de clarificação das águas lixiviantes. No que respeita aos valores de pH, ensaiados no laboratório, servem de referência pois as condições de operação são completamente diferentes. O processo passa a ser efectuado em contínuo e como tal ocorrem perturbações, por vezes difíceis de controlar.

Tabla 7 - Resultados obtidos dos ensaios de composto orgânico ao longo de ano 2006

Tipo de matéria orgânica	DATA DE REALIZAÇÃO DO COMPOSTO											
	23 Fevereiro	23 Março	26 Abril	24 Maio	28 Junho	26 Julho	23 Agosto	20 Setembro	18 Outubro	16 Novembro	14 Dezembro	11 Janeiro
Carbono Orgânico Total (%)	14,79	14,79	13,26	20,36	25,97	15,45	17,60	17,60	17,60	17,60	17,60	17,60
Taxa de humificação (%)	26,6	42,5	70,5	45,99	69,89	65,2	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7	70,7
Chlorofila total (mg/L)	8,74	6,79	9,42	6,18	10,36	8,63	9,73	9,73	9,73	9,73	9,73	9,73
Acidez (mmol/L)	1,52	1,44	1,17	1,95	1,17	1,26	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28
Materia Orgânica (%)	25,37	24,99	23,03	15,11	34,38	15,67	16,29	16,29	16,29	16,29	16,29	16,29
Amónia total (mg/L)	1,08	1,06	1,25	1,62	1,24	1,25	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Proteína total (mg/L)	0,86	1,03	0,71	1,92	1,27	0,85	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Calcio total (mg/L)	5,19	4,47	4,80	7,64	5,58	4,49	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66
Perdido total (mg/L)	0,87	0,71	0,80	0,85	0,95	0,89	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
Magnésio total (mg/L)	0,78	0,65	0,76	1,06	1,01	0,87	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Calcio total (mmol/L)	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6
Chlorofila total (mg/L)	619	117	837	682	1074	978	413	413	413	413	413	413
Carbono total (mmol/L)	66	87	68	95	82	25	64	64	64	64	64	64
Carbono total (mmol/L)	198	324	1766	357	359	703	250	250	250	250	250	250
Microbio total (%)	2,2	1,58	1,5	1,4	2,26	4,29	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Proteína total (mg/L)	82	87	77	88	69	78	64	64	64	64	64	64
Proteína total (mg/L)	1396	787	914	1014	1278	1101	743	743	743	743	743	743



Nota: Os valores finais são os valores finais, (1) - Valores finais estabilizados pelo lagrange em vigor.

Tabela 7 – Resultados obtidos das análises ao composto orgânico ao longo do ano 2000

Determinação	DATA DE RECOLHA DO COMPOSTO											Valor recomendado pela literatura da especialidade	
	23 Fevereiro	22 Março	26 Abril	24 Maio	28 Junho	26 Julho	23 Agosto	25 Outubro					
Grau de maturação	Razão C/N	14	13	11	14	16	11	31	14			<20 %	
	Carbono Orgânico Total (%)	14,73	14,79	13,36	20,36	20,00	15,45	32,60	12,22			25 %	
	Taxa de humificação (%)	26,8	42,5	70,5	45,09	50,80	62,2	20,9	35,52			>20 %	
	Compostos húmicos (%)	8,74	6,29	9,42	9,18	10,16	9,61	6,81	4,34			7 %	
	Razão ácidos húmicos/ácidos fúlvicos	1,32	1,44	1,17	1,05	1,17	1,36	1,28	1,48			>1	
	Matéria Orgânica (%)	25,39	25,50	23,03	35,11	34,48	26,63	56,20	21,07			>40 %	
	Azoto total (% N)	1,05	1,16	1,25	1,42	1,24	1,35	1,06	0,88			>1,1 %	
	Fósforo total (% P ₂ O ₅)	0,90	1,00	0,71	1,82	1,27	0,85	0,88	0,99			>0,7 %	
	Cálcio total (% CaO)	5,18	4,47	4,80	7,64	5,58	4,49	4,66	4,95			>0,5 %	
	Potássio total (% K ₂ O)	0,87	0,71	0,80	0,85	0,95	0,86	0,79	0,76			>0,7 %	
Teor de matéria orgânica e Macronutrientes	Magnésio total (% MgO)	0,78	0,65	0,76	1,06	1,01	0,87	0,61	0,76			>0,5 %	
	Cádmio total (ppm Cd)	<6	<6	<6	5	6	<6	<6	<6			20 – 40 ⁽¹⁾	
	Chumbo total (ppm Pb)	619	717	837	682	1074	978	413	492			750 – 1200 ⁽¹⁾	
	Crómio total (ppm Cr)	66	87	68	55	82	<25	64	94			<150	
	Cobre total (ppm Cu)	198	326	1768	357	359	303	250	417			1000 – 1750 ⁽¹⁾	
	Mercurio total (*) (ppm Hg)	2,2	1,58	1,5	4,5	2,26	4,20	1,6	2,9			16 – 25 ⁽¹⁾	
	Níquel total (ppm Ni)	82	87	77	84	92	78	64	66			300 – 400 ⁽¹⁾	
	Zinco total (ppm Zn)	1006	757	924	1014	1278	1191	743	742			2500 – 4000 ⁽¹⁾	
	Teor de metais pesados reportados à matéria seca												

(*) - Esta medição, não é reportada à matéria seca; (1) – Valores limite estabelecidos pela legislação em vigor.

(Continuação da tabela 7)

Determinação	DATA DE RECOLHA DO COMPOSTO										Valor recomendado pela literatura da especialidade
	23 Fevereiro	22 Março	26 Abril	24 Maio	28 Junho	26 Julho	23 Agosto	25 Outubro			
Outros parâmetros	Humidade a 100 °C (%)	18,52	32,20	22,22	14,63	13,04	26,79	11,32	18,50	<40 %	
	pH	7,60	8,75	7,60	8,75	8,70	7,90	7,55	7,65	6 - 8,6	
	Condutividade eléctrica (salinidade) mS.cm ⁻¹	2,26	1,84	2,780	3,157	3,157	3,099	2,153	2,132	<3 mS.cm ⁻¹	
Teor de Micronutrientes	Sódio total (% Na)	0,6	0,51	0,54	0,60	0,07	0,54	0,60	0,56	-	
	Cloretos (% NaCl)	0,89	0,87	0,82	1,22	1,01	0,88	0,66	0,78	-	
	Boro total (ppm B)	21	16	17	31	21	12	18	12	-	
	Ferro total (*) (ppm Fe)	4018	29388	30999	28193	39632	31905	29099	27648	-	
	Manganês total (*) (ppm Mn)	353	369	370	449	483	432	298	375	-	
	Cobalto total (*) (ppm Co)	<31	<27	<24	682	<24	<25	<24	25	-	
	Enxofre (%S)	0,40	0,30	0,35	0,26	0,36	0,30	-	0,26	-	

Tabela 8 – Resultados obtidos das análises granulométricas do composto orgânico.

Dimensões da malha dos peneiros	DATA DE RECOLHA DO COMPOSTO									
	23 Fevereiro	22 Março	26 Abril	24 Maio	28 Junho	26 Julho	23 Agosto	25 Outubro		
	% da massa total que passou a malha	% da massa total que passou a malha	% da massa total que passou a malha	% da massa total que passou a malha	% da massa total que passou a malha	% da massa total que passou a malha	% da massa total que passou a malha	% da massa total que passou a malha		
19,00 mm	100	100	100	100	100	100	100	100		
9,51 mm	99,22	98,19	99,59	98,14	98,87	99,52	98,25	95,24		
4,76 mm	82,64	88,68	88,96	79,99	78,33	93,91	79,72	59,52		
2,00 mm	53,44	72,93	64,31	57,45	31,53	79,15	39,49	30,84		

Tabela 9 – Comparação da composição das amostras de lixiviados com o disposto no Decreto-lei 236/98 para descarga num meio hídrico público – Anexo XVIII

PARÂMETRO ANALÍTICO	(unidades)	AMOSTRA L						VLE
		DATA DE RECOLHA						
		24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez 2000	
pH	Esc. Sørensen	7,9	8,05	7,96	8,04	7,98	7,12	6,0 – 9,0
Temperatura	°C	-	-	-	-	12,5	12,8	Aumento de 3°C ⁽¹⁾
Cheiro	Taxa de diluição	>19	>19	>19	>19	>19	<19	19
Côr	mg/L Pt	>19	>19	>19	>19	>19	<19	19
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	131	187	47	96	131	2,6	60
Sulfatos	mg SO ₄ /L	377	52,6	155,0	109	131	52,3	2000
Fósforo	mg P/L	2,2	<0,164	1,7	0,35	0,078	<0,06	10
Carência Química de Oxigénio	mg O ₂ /L	1890	1334	759	525	518	204	150
Carência Bioquímica de Oxigénio	mg O ₂ /L	404	136	62,0	24	44,6	6,3	40
Cianetos Totais	mg CN/L	<0,008	<0,008	<0,008	<0,004	<0,004	<0,004	0,5
Óleos e Gorduras	mg/L	11,8	11,2	7,6	14,2	10,0	5,4	15
Aldeídos – Formaldeído	mg/L	1,53	0,93	0,85	0,42	0,33	0,58	1,0
Fenóis	mg C ₆ H ₅ OH /L	1,47	<0,35	<0,07	<0,07	0,13	<0,07	0,5
Detergentes Aniônicos	mg laurisulfato/L	2,7	2,18	2,12	0,95	0,97	0,801	2,0
Azoto Kjeldhal (mg N/L)	mg/L	902	963	945	319	235	22,4	-
Azoto Amoniacal	mg NH ₄ /L	851	927	448	302	230	21	10

Nota: VLE – Valor Limite de Emissão

(1) – Temperatura do meio receptor após a descarga de água residual, medida a 30 metros a jusante do ponto de descarga, podendo o valor médio exceder o valor médio mensal do segundo.

(continuação da tabela 9)

PARÂMETRO ANALÍTICO	(unidades)	AMOSTRA L						VLE
		DATA DE RECOLHA						
		24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez 2000	
Azoto – Nitratos	mg N/L	12,5	32,3	2,5	1,68	14	140	11,3
Sulfitos	mg SO ₃ /L	<5,0	3,0	7,5	38,2	<1,0	<0,5	1,0
Sulfuretos	mg S/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,0
Arsénio	mg As/L	<0,02	<0,01	<0,01	<0,05	0,012	<0,005	1,0
Bário	mg Ba/L	0,5	0,5	<1,0	<0,5	<0,5	<0,2	-
Alumínio	mg Al/L	20	19	5,8	11	13	<1,0	10
Cádmio	mg Cd/L	<0,05	<0,025	<0,05	<0,05	<0,02	<0,025	0,2
Chumbo	mg Pb/L	0,10	<0,05	0,14	0,06	0,11	0,05	1,0
Cobalto	mg Co/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
Cobre	mg Cu/L	<0,10	0,12	<0,05	<0,10	0,07	<0,05	1,0
Crómio Hexavalente	mg Cr (VI) /L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	0,1
Crómio	mg Cr /L	0,13	0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	2,0
Ferro Total	mg Fe /L	18	18	7,2	7,4	8,3	0,36	2,0
Manganês	mg Mn/L	3,0	3,3	2,8	1,2	1,0	2,4	2,0
Mercurio	mg Hg /L	0,025	0,014	0,009	<0,01	<0,05	0,009	0,05
Níquel	mg Ni /L	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<0,05	2,0
Selénio	mg Se/L	<0,05	<0,01	<0,01	<0,05	<0,10	<0,01	-
Zinco	mg Zn /L	0,18	0,22	0,11	0,17	0,10	<0,05	-

Nota: VLE – Valor Limite de Emissão

Tabela 10 – Comparação da composição das amostras de lixiviados com o disposto no Decreto-lei 236/98 para descarga num meio hídrico público – Anexo XVIII

PARÂMETROS	(unidades)	VLE	AMOSTRAS		Eficiência
			L	M	
Temperatura	°C		11	11	
PH	Esc. Sørensen	6,0 – 9,0	7,9/14,4 °C	6,5/14,4 °C	
Côr	mg/L Pt	19	22,3	4,2	81,2 %
Cheiro	Taxa de diluição	19	sulfuroso	inodoro	
CBO ₅	mg O ₂ /L	40	700	140	80,0 %
CQO	mg O ₂ /L	150	3079	286	90,7 %
SST	mg /L	60	232	0	100,0 %
Aldeídos	mg/L	1,0	<1	<1	
Sulfatos	mg SO ₄ /L	2000	109,8	40,4	63,2 %
Sulfuretos	mg S/L	1,0	0,7	<0,05	92,9 %
Sulfitos	mg SO ₃ /L	1,0	1,2	0,6	50,0 %
Fósforo total	mg P/L	10	11,1	0,4	96,4 %
Óleos e Gorduras	mg/L	15	12,8	7,2	43,8 %
Azoto Kjeldhal	mg/L	-	637	137	78,5 %
Azoto Amoniacal	mg NH ₄ /L	10	588	117	80,1 %
Nitratos	mg NO ₃ /L	50	51,8	16,6	68,0 %
Cádmio total	mg Cd/L	0,2	< 0,001	< 0,001	
Crómio total	mg Cr/L	2,0	0,026	< 0,002	> 92,3 %
Crómio VI	mg Cr VI /L	0,1	< 0,006	< 0,006	
Cobre total	mg Cu /L	1,0	< 0,10	< 0,10	
Níquel total	mg Ni/L	2,0	< 0,012	< 0,012	
Zinco total	mg Zn/L	-	0,077	< 0,05	> 35,1 %
Manganês total	mg Mn/L	2,0	1,9	0,012	99,4 %
Selénio total	mg Se/L	-	< 0,010	< 0,010	
Mercúrio total	mg Hg/L	0,05	0,0011	0,0007	36,4 %
Alumínio	mg Al/L	10	0,96	0,086	10,4 %
Ferro total	mg Fe/L	2	24	< 0,040	> 99,8 %
Cianetos totais	mg CN/L	0,5	< 0,05	< 0,05	
Fenóis	mg C ₆ H ₅ OH/L	0,5	< 0,0003	< 0,0003	
Arsénio total	mg As/L	1,0	< 0,012	< 0,012	
Cobalto total	mg Co/L	-	0,004	< 0,001	> 75,0 %
Bário total	mg Ba/L	-	0,91	< 0,010	> 98,9 %
Chumbo total	mg Pb/L	1,0	< 0,012	< 0,012	
Detergentes	mg/L	2,0	0,9	< 0,02	> 97,8 %

Nota: VLE – Valor Limite de Emissão



Tabela 11 – Composição e comparação da qualidade das amostras A, B, C, D e E com o disposto no Decreto-lei 236/98 – Anexo VI

Parâmetro analítico (unidades)	AMOSTRA																											VMR	VMA				
	A						B						C						D						E								
	DATA DE RECOLHA																																
	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez. 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez. 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez. 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez. 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000			6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez. 2000	
Germes totais a 22 °C (/ml)	103	5	103	0	4400	>300	7	0	3	5	9	22	0	0	0	0	2	0	>300	0	>300	1	910	272	10	1	>300	5	1230	1	100	-	
Germes totais a 37 °C (/ml)	22	17	1	5	797	61	2	5	6	5	3	1	0	0	0	1	1	0	265	11	103	6	819	24	14	5	319	5	970	6	10	-	
Coliformes totais (/100 ml)	2,2	6,9	<1,1	5,1	>23,0	23,0	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	>23,0	<1,1	5,1	<1,1	23,0	<1,1	1,1	1,1	9,2	23,0	>23,0	9,2	-	NMP≤1	
Coliformes fecais (/100 ml)	1,1	2,2	<1,1	2,2	2,2	156,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	>23,0	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	1,1	<1,1	<1,1	5,1	<1,1	5,1	-	NMP≤1	
Estreptococos fecais (/100 ml)	-	<1,1	-	<1,1	-	2,2	-	<1,1	-	<1,1	-	<1,1	-	<1,1	-	<1,1	-	<1,1	-	<1,1	-	<1,1	-	<1,1	-	<1,1	-	<1,1	-	<1,1	-	NMP≤1	
Clostrédeos sulfito-redutores (/20 ml)	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	*	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	-	NMP≤1
Salmonelas (/1000 ml)	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0	-	-	-	0	
Temperatura (°C)	10,0	12,0	14,0	13,0	14,5	13,0	10,0	12,0	11,0	12,0	10,0	12,5	11,0	12,0	11,0	12,0	10,0	13	10,0	10,0	12,0	12,0	10,5	13	9,0	12,0	13,0	12,0	12,0	12	12	25	
PH (escala Sorensen)	7,3	6,9	6,4	6,4	6,4	5,3	7,5	7,3	7,1	7,2	6,8	6,5	7,6	7,5	7,5	7,4	6,9	6,8	7,8	7,3	7,5	**	6,8	7	7,7	7,3	7,3	7,0	6,9	6,8	6,5-8,5	9,5	
Côr (mg/l escala Pt/Co)	3	2	4	7	3	3	2	3	4	4	3	2	2	3	3	3	5	3	6	4	4	**	14	3	7	2	3	3	8	3	1	20	
Cheiro a 25 °C (Taxa de diluição)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
Condutividade (µS/cm)	129	78	66	80	75	103	210	180	187	196	167	168	185	170	181	195	168	170	111	142	143	**	144	142	135	121	130	143	130	125	400	-	
Boro (µg B/L)	-	-	-	<200	-	-	-	-	-	210	-	-	-	-	-	540	-	-	-	-	-	**	-	-	-	-	-	-	350	-	-	1000	-
Cloretos (mg Cl/L)	15,0	12,0	11,2	8,5	11,5	15,6	29,0	23,6	22,6	20,6	20,9	24,5	25,3	20,2	24,5	18,6	22,7	24,6	14,5	13,8	16,5	**	19,1	18,3	13,8	10,3	13,8	9,7	10,2	12,1	25	-	
Fluoretos (µg F/L)	-	-	-	260	-	-	-	-	-	280	-	-	-	-	-	370	-	-	-	-	-	**	-	-	-	-	-	-	160	-	-	-	700
Fósforo (µg P ₂ O ₅ /L)	<751	<751	<504	<275	<275	<275	<751	<751	<504	<275	<275	<275	<751	<751	<504	<275	275	916	<751	<751	<504	<275	<275	<275	<751	<751	<504	<275	458	916	400	5000	
Sulfatos (mg SO ₄ /L)	-	8,96	-	<0,47	-	2,3	-	9,4	-	<0,47	-	1,4	-	9,4	-	<0,47	-	1,4	-	9,4	-	<0,47	-	1,4	-	11,7	-	<0,47	-	0,52	25	250	
Nitratos (mg N/L)	0,78	0,9	0,6	0,65	0,60	0,67	1,9	1,7	1,2	1,0	0,93	0,93	1,8	1,7	1,4	1,3	1,2	1,2	0,9	0,9	0,9	0,76	0,58	0,66	0,9	0,7	0,6	0,7	0,64	0,54	5,6	11,2	
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	<0,028	<0,010	<0,010	<0,008	<0,008	<0,008	<0,028	<0,010	<0,010	<0,008	<0,008	<0,008	<0,028	<0,010	<0,010	<0,008	<0,008	<0,008	<0,028	<0,012	<0,010	**	<0,008	<0,008	<0,028	<0,010	<0,010	<0,008	<0,008	<0,008	0,05	0,5	
Azoto Kjeldhal (mg N/L)	-	<0,056	-	<0,056	-	0,253	-	<0,056	-	<0,112	-	0,224	-	<0,056	-	<0,056	-	0,197	-	0,39	-	**	-	0,159	-	0,056	-	<0,056	-	0,316	-	1	
SST (mg/L)	<0,4	<0,4	<0,44	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,44	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,44	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,44	**	1,2	<0,4	<0,4	<0,4	<0,44	<0,4	<0,4	<0,4	ausência	-	

NOTA: VMR – Valor Máximo Recomendável ; VMA – Valor Máximo Admissível

(*) – A análise não foi realizada porque o recipiente destinado ao transporte da amostra relativa a esta determinação não continha amostra suficiente.

(**) – A análise não foi realizada porque o recipiente destinado ao transporte da amostra relativa a esta determinação chegou vazio.

(continuação da tabela II)

Parâmetro analítico (unidades)	AMOSTRA																											VMR	VMA			
	A						B						C						D						E							
	DATA DE RECOLHA																															
	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez. 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez. 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez. 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez. 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000			6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez. 2000
Cianetos (µg CN/L)	-	-	-	<4	-	-	-	-	-	<4	-	-	-	-	-	<4	-	-	-	-	-	**	-	-	-	-	-	<4	-	-	-	-
Fenois (µg C ₆ H ₅ OH/L)	-	<4	-	<4	-	<4	-	<4	-	<4	-	<4	-	<4	-	<4	-	<4	-	<4	-	**	-	<4	-	<4	-	<4	-	<4	-	<4
Carbono Orgânico Total (mg C/L)	-	-	-	<0,5	-	-	-	-	-	<0,5	-	-	-	-	-	<0,5	-	-	-	-	-	<0,5	-	-	-	-	-	<0,5	-	-	-	-
Óleos e gorduras (mg/L)	-	-	-	<0,010	-	-	-	-	-	<0,010	-	-	-	-	-	<0,010	-	-	-	-	-	**	-	-	-	-	-	<0,010	-	-	-	-
Hidrocarbonetos Dissolvidos e Emulsionados (µg/L)	-	-	-	<10	-	-	-	-	-	<10	-	-	-	-	-	<10	-	-	-	-	-	<10	-	-	-	-	-	<10	-	-	-	-
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (µg/L)	-	-	-	<0,006	-	-	-	-	-	<0,006	-	-	-	-	-	<0,006	-	-	-	-	-	<0,006	-	-	-	-	-	<0,006	-	-	-	-
Detergentes Aniônicos (µg laurissulfato/L)	-	<35	-	<35	-	<35	-	<35	-	<35	-	<35	-	<35	-	<35	-	<35	-	<35	-	**	-	<35	-	<35	-	<35	-	<35	-	<35
Pesticidas Organoclorados (µg/L)	-	-	-	<0,05	-	-	-	-	-	<0,05	-	-	-	-	-	<0,05	-	-	-	-	-	<0,05	-	-	-	-	-	<0,05	-	-	-	-
Substâncias Extraíveis c/ Clorofórmio (resíduo seco mg/L)	-	-	-	<0,1	-	-	-	-	-	<0,1	-	-	-	-	-	<0,1	-	-	-	-	-	**	-	-	-	-	-	<0,1	-	-	0,1	-
Arsénio (µg As/L)	-	-	-	<5	-	-	-	-	-	<5	-	-	-	-	-	<5	-	-	-	-	-	**	-	-	-	-	-	<5	-	-	-	50
Bário (µg Ba/L)	-	-	-	<50	-	-	-	-	-	<100	-	-	-	-	-	<50	-	-	-	-	-	**	-	-	-	-	-	<50	-	-	100	-
Cádmio (µg Cd/L)	-	-	-	<5	-	-	-	-	-	<5	-	-	-	-	-	<5	-	-	-	-	-	**	-	-	-	-	-	<5	-	-	-	5
Chumbo (µg Pb/L)	-	-	-	<20	-	-	-	-	-	<20	-	-	-	-	-	<20	-	-	-	-	-	**	-	-	-	-	-	<20	-	-	-	50
Crómio (µg Cr/L)	-	-	-	<20	-	-	-	-	-	<20	-	-	-	-	-	<20	-	-	-	-	-	**	-	-	-	-	-	<20	-	-	-	-
Cobre (µg Cu/L)	-	<20	-	<20	-	<50	-	<20	-	<20	-	<50	-	30	-	<20	-	<50	-	<20	-	**	-	<50	-	<20	-	<20	-	<50	100 ¹ 3000 ²	-
Ferro (µg Fe/L)	-	<25	-	110	-	<20	-	<25	-	350	-	<20	-	<25	-	150	-	<20	-	<25	-	**	-	<20	-	<25	-	60	-	<20	50	200
Manganês (µg Mn/L)	-	<20	-	<20	-	<20	-	<20	-	<20	-	<20	-	<20	-	<20	-	<20	-	<20	-	**	-	<20	-	<20	-	<20	-	<20	20	50
Mercúrio (µg Mg/L)	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	**	-	-	-	-	-	<1	-	-	-	1
Selénio (µg Se/L)	-	-	-	<5	-	-	-	-	-	<5	-	-	-	-	-	<5	-	-	-	-	-	**	-	-	-	-	-	<5	-	-	-	10
Zinco (µg Zn/L)	-	20	-	<50	-	140	-	10	-	<50	-	<20	-	20	-	<50	-	90	-	10	-	**	-	<20	-	<10	-	<50	-	<20	100 ¹ 5000 ²	-

NOTA: VMR – Valor Máximo Recomendável ; VMA – Valor Máximo Admissível ;

(**) – A análise não foi realizada porque o recipiente destinado ao transporte da amostra relativa a esta determinação chegou vazio.

(1) – Valor a ser cumprido à saída das estações de tratamento. (2) – Valor a ser cumprido após doze horas de permanência na rede de distribuição e no ponto em que é posta à disposição do consumidor.

(3) – O limite de detecção do aparelho é de 4 µg C₆H₅OH/L

Tabela 12- Composição e comparação da qualidade das amostras A, B, C, D, e E com o disposto no Decreto-lei 236/98 – Anexo I

Parâmetro analítico (unidades)	AMOSTRA																											VMR	VMA			
	A						B						C						D						E							
	DATA DE RECOLHA																															
	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000			6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez 2000
Oxigênio Dissolvido (% saturação)	119	113	108	86	112	102	96	98	115	97	107	98	96	97	115	96	105	98	104	98	117	95	107	101	96	99	116	96	108	100	Mínimo 70%	
CQO (mg O ₂ /L)	<20	<20	8,5	<20	<20	<20	<20	<20	13,3	<20	<20	<20	<20	<20	16,1	<20	<20	<20	<20	<20	11,9	**	<20	<20	<20	<20	10,7	<20	<20	<20	30	-
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	1,9	2,3	0,5	3,0	<2,0	2,6	0,4	2,6	<0,9	0,7	<1,5	<2,0	1,5	2,3	<1,0	0,5	<1,0	<2,0	2,5	3,3	<1,2	**	<1,0	<2,0	1,5	2,1	<1,1	0,8	<1,5	<2,0	3	-

NOTA: VMR – Valor Máximo Recomendável

VMA – Valor Máximo Admissível

(**) – A análise não foi realizada porque o recipiente destinado ao transporte da amostra relativa a esta determinação chegou vazio.

Tabela 13 – Comparação da qualidade das amostras de águas superficiais sem utilização especificada com o disposto no Decreto-lei 236/98 – Anexo XXI

Parâmetro analítico (unidades)	AMOSTRA																											VMA (ANEXO xxi)			
	F						G						H						I						J						
	DATA DE RECOLHA																														
	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000		6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez 2000
pH	7,5	7,4	7,4	7,3	7,1	7,1	7,8	7,6	7,6	6,9	6,7	7,0	7,9	7,5	7,5	7,4	7,3	6,9	+	6,2	++	6,3	7,2	6,4	7,8	7,1	+++	+++	+++	7,8	5,0 - 9,0
Temperatura (°C)	9,0	10,0	11,0	13,0	11,0	11,0	9,0	10,0	12,0	14,0	11,0	9,0	9,0	10,0	12,0	13,0	11,0	9,0	+	11,0	++	13,0	11,5	13,0	10,0	10,0	+++	+++	+++	13,5	30
Cloretos (mg Cl/L)	102,5	69,7	93,3	86,1	73,7	65,8	17,3	14,5	15,6	19,1	20,0	16,3	17,0	12,9	13,8	13,8	17,4	17,4	+	104,2	++	94,9	93,6	116,6	28,0	31,6	+++	+++	+++	113,6	250
Sulfatos (mg SO ₄ /L)	5,2	4,8	2,4	8,8	8,9	8,3	0,099	13,2	0	1,4	7,4	3,1	0,099	11,7	0	1,4	10,7	2,3	+	12,7	++	22,0	30,6	46,6	2,43	2,4	+++	+++	+++	37,8	250
Oxigénio Dissolvido (% saturação)	99,4	102,0	111,3	91,4	102,2	100,6	103,3	107,0	115,6	79,4	88,0	107,1	103,8	107,0	114,3	111,6	106,0	102,4	+	43,0	++	13,2	*	83,9	97,6	82,3	+++	+++	+++	82,3	min. 50%
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	2,1	1,3	0,16	1,6	<2,2	<2,0	1,7	1,5	0,25	1,2	<3,6	<2,0	1,3	1,6	<1,06	1,0	5,6	<2,0	+	7,6	++	100	34,0	<2,0	1,7	12,5	+++	+++	+++	<2,0	5
Azoto Kjeldhal (mg N/L)	0,28	0,168	0,112	0,112	0,28	0,336	0,056	0,056	<0,056	0,112	0,168	0,112	0,056	0,056	<0,056	0,112	0,168	<0,056	+	1,12	++	0,67	0,392	1,46	0,50	0,62	+++	+++	+++	2,13	2
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	<0,028	<0,008	<0,008	<0,008	<0,085	<0,008	<0,028	<0,008	<0,008	<0,008	0,012	<0,008	<0,028	<0,008	<0,008	<0,008	0,12	<0,008	+	1,10	++	0,57	0,22	1,33	0,196	0,59	+++	+++	+++	2,12	1
Fósforo (mg P/L)	<0,164	<0,164	<0,011	<0,06	<0,06	<0,06	<0,164	<0,164	<0,11	<0,06	<0,06	<0,06	<0,164	<0,164	<0,11	<0,06	0,06	<0,06	+	<0,008	++	<0,06	<0,06	<0,06	0,17	<0,164	+++	+++	+++	<0,06	1
2-Clorofenol (µg/L)	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	+	<1,6	++	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	+++	+++	+++	<1,6	100
2,4-Diclorofenol (µg/L)	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	+	<0,8	++	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	+++	+++	+++	<0,8	100
2,4,6-Triclorofenol (µg/L)	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	+	<1,5	++	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	+++	+++	+++	<1,5	100
Pentaclorofenol (µg/L)	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	+	<2,3	++	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3	+++	+++	+++	<2,3	100
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (µg/L)	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	#	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	+	<0,006	++	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	+++	+++	+++	<0,006	100
Policloreto de Bifenilo (ng/L)	<50	<50	*	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	+	<50	++	<50	<50	<50	<50	<50	+++	+++	+++	<50	20
Cianetos (mg CN/L)	<0,008	<0,004	<0,008	<0,004	<0,004	<0,004	<0,008	<0,004	<0,008	<0,004	<0,004	<0,004	<0,008	<0,004	<0,008	<0,004	<0,004	<0,004	+	<0,004	++	<0,004	<0,004	<0,004	<0,008	<0,004	+++	+++	+++	<0,004	0,05

NOTA: VMA – Valor Máximo Admissível

(*) – A análise não foi realizada porque o recipiente destinado ao transporte da amostra relativa a esta determinação chegou partido.

(#) – A análise não foi realizada porque o recipiente destinado ao transporte da amostra relativa a esta determinação chegou vazio.

(+) – Não foi feita a recolha da amostra relativa a este ponto.

(++) – A amostra não foi recolhida devido ao facto da nascente estar canalizada e não existir ainda ponto de recolha.

(+++)- A amostra não foi recolhida por neste período a Levada encontrar-se seca.

(continuação da tabela 13)

Parâmetro analítico (unidades)	AMOSTRA																											VMA (ANEXO xxi)			
	F						G						H						I						J						
	DATA DE RECOLHA																														
	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000	6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez 2000	24 Fev. 2000	26 Abr. 2000	28 Jun. 2000		6 Set. 2000	25 Out. 2000	13 Dez 2000
Substâncias Tensioactivas Aniónicas (mg laurissulfato/L)	0,110	<0,035	<0,035	<0,100	<0,035	<0,035	<0,038	<0,035	<0,035	<0,035	<0,035	<0,038	<0,035	<0,035	<0,035	<0,035	<0,035	+	<0,051	++	0,213	0,117	<0,035	<0,038	<0,035	+++	+++	+++	<0,035	0,5	
Pesticidas (µg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	+	<0,05	++	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	+++	+++	+++	<0,05	2,5	
Arsénio (mg As/L)	<0,01	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	+	<0,01	++	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,012	+++	+++	+++	<0,005	0,1	
Cádmio (mg Cd/L)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,004	<0,003	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,004	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,004	<0,003	+	<0,005	++	<0,005	<0,004	<0,003	<0,005	<0,005	+++	+++	+++	<0,003	0,01	
Crómio Total (mg Cr/L)	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,08	<0,02	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,02	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,02	<0,09	+	<0,01	++	<0,05	<0,02	<0,02	<0,04	<0,01	+++	+++	+++	<0,02	0,05	
Cobre (mg Cu/L)	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,04	+	<0,02	++	<0,02	<0,02	<0,01	<0,03	<0,02	+++	+++	+++	<0,01	0,1	
Chumbo (mg Pb/L)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	+	<0,02	++	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	+++	+++	+++	<0,02	0,05	
Mercurio (mg Hg/L)	<0,001	<0,002	<0,002	<0,001	<0,02	<0,001	<0,001	<0,002	<0,002	<0,001	<0,02	<0,001	<0,002	<0,002	<0,001	<0,02	<0,001	+	<0,002	++	<0,001	<0,02	0,003	<0,001	<0,002	+++	+++	+++	<0,001	0,001	
Níquel (mg Ni/L)	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	+	<0,02	++	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	<0,02	+++	+++	+++	<0,02	0,05	
Zinco (mg Zn/L)	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,02	0,02	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,02	0,07	+	<0,01	++	<0,05	<0,02	<0,01	0,04	<0,01	+++	+++	+++	<0,01	0,5
Germes Totais a 22°C (/ml)	245	27	>300	41	>300	77	214	8	>300	19	>300	312	272	10	>300	32	>300	229	+	7	++	189	>300	23	>300	52	+++	+++	+++	>300	-
Germes Totais a 37°C (/ml)	38	19	270	15	898	17	69	13	>300	5	2360	52	71	21	276	15	>300	52	+	0	++	462	>300	>300	>300	76	+++	+++	+++	>300	-
Coliformes Totais (/100 ml)	>23,0	23	>23,0	>23,0	>23,0	>23,0	>23,0	16,1	>23,0	>23,0	>23,0	>23,0	23,0	23	>23,0	>23,0	>23,0	>23,0	+	1,1	++	5,1	>23,0	9,2	>23,0	>23,0	+++	+++	+++	>23,0	-
Coliformes Fecais (/100 ml)	23,0	6,9	>23,0	>23,0	>23,0	>23,0	>23,0	9,2	>23,0	9,2	>23,0	23,0	16,1	16,1	>23,0	>23,0	>23,0	>23,0	+	<1,1	++	5,1	>23,0	<1,1	>23,0	>23,0	+++	+++	+++	23,0	-
Estreptococos Fecais (/100 ml)	3,6	1,1	1,1	2,2	2,2	2,2	6,9	<1,1	1,1	2,2	1,1	3,6	<1,1	<1,1	2,2	5,1	16,1	2,2	+	<1,1	++	<1,1	5,1	<1,1	3,6	2,2	+++	+++	+++	12,0	-
Clostrídios sulfito-redutores (/20 ml)	1,8	1,8	<0,44	<0,44	1,0	<0,44	1,0	0,44	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44	0,44	0,44	1,0	<0,44	1,8	<0,44	+	<0,44	++	<0,44	>3,2	<0,44	>3,2	>3,2	+++	+++	+++	1,8	-

NOTA: VMA – Valor Máximo Admissível.

(+) – Não foi feita a recolha da amostra relativa a este ponto

(++) – A amostra não foi recolhida devido ao facto da nascente estar canalizada e não existir ainda ponto de recolha.

(+++) – A amostra não foi recolhida por neste período a Levada encontrar-se seca.



FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000088313