

**Tratamento Biológico (Lamas
Activadas) de Águas Residuais das
Indústrias do Papel e da Cortiça
e
Medição de Emissões Gasosas em
Fontes Fixas.**

103

1/2000

66(047.3)
LEQ 2000
MAIs



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Social Europeu

prodep III

Mais Educação

**Tratamento Biológico (Lamas
Activadas) de Águas Residuais das
Indústrias do Papel e da Cortiça
e
Medição de Emissões Gasosas em
Fontes Fixas.**



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Social Europeu



prôdep III
Mais Educação

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Departamento de Engenharia Química

Relatório de Estágio PRODEP

*Tratamento Biológico (Lamas Activadas)
de Águas Residuais das Indústrias do
Papel e da Cortiça*

e

*Medição de Emissões Gasosas em
Fontes Fixas.*

Autor: Sandra Andreia de Oliveira Maia

08 de Janeiro de 2001

66'047.2 / LEQ 2000 / MAI 15

Universidade do Porto Faculdade de Engenharia Biblioteca	
Nº	88319
CDU	
Data	16 / 4 / 2003

O objecto deste estágio era a familiarização com o mundo do trabalho. Inicialmente, era a implementação do tratamento biológico (lamas activadas) para águas residuais industriais, posteriormente era a medição de emissões gasosas em fontes fixas.

Ambos os trabalhos foram concluídos com óptimos resultados, mas o primeiro, por motivo da mudança de estágio, apenas se concluiu a fase de aclimatização.

A empresa onde se realizou o estágio foi o IDIT – Instituto de Desenvolvimento e Inovação Tecnológica.



O IDIT é uma associação privada sem fins lucrativos, de utilidade pública, fundada em 1989, que tem por missão a promoção do desenvolvimento e a introdução da inovação tecnológica no tecido empresarial envolvente, e o aconselhamento e a resolução de problemas tecnológicos das empresas, em áreas tecnológicas seleccionadas.

Em 1999, realizou-se a fusão por incorporação no IDIT do CCP - Centro de CIM do Porto, uma organização activa em projectos de I&D nacionais e internacionais e em formação avançada, utilizando a sua plataforma CIM.

Localizado em Santa Maria da Feira, 30 km a sul do Porto, no centro de uma importante área industrial, rica quer em sectores tradicionais como o calçado, a cortiça, a madeira e a cerâmica, quer em novos sectores como os moldes e os componentes para a indústria automóvel, e vizinho do Europarque, um moderno Centro de Congressos e Exposições, e do futuro Parque de Ciência e Tecnologia do Porto, o IDIT actua num conjunto seleccionado de áreas horizontais, nomeadamente processamento de materiais por laser, robótica, sistemas integrados de fabrico, acústica e vibrações e tecnologias ambientais.

Sumário	i
Empresa Onde se Realizou o Estágio	ii
Parte 1 – Tratamento Biológico (Lamas Activadas) de Águas Residuais das Indústrias do Papel e da Cortiça	1
1 Introdução	2
2 Fundamentos Teóricos	3
2.1 Princípio do Processo	3
2.2 Factores que Afectam o Sistema de Lamas Activadas	5
2.2.1 Caudal e Qualidade da Água Residual	5
2.2.2 Tempo de Arejamento da Água Residual	6
2.2.3 Volume e Carga da Lama	6
2.2.4 Índice Volumétrico de Lamas	8
2.2.5 Sólidos Suspensos Totais no Tanque de Arejamento	9
2.2.6 Sólidos Suspensos Voláteis no Tanque de Arejamento	10
2.2.7 Oxigénio Dissolvido e Necessidades de Arejamento	10
2.2.8 Idade da Lama	10
2.2.9 Efeitos de Agitação e Turbulência	11
2.2.10 Efeito da Temperatura do Efluente	12
2.2.11 Efeito da Concentração da Água Residual	12
3 Procedimento Experimental	13
3.1 Descrição das Instalações	13
3.2 Dimensionamento da Instalação	14
3.2.1 Cálculo da Razão de Recirculação da Biomassa	15
3.2.2 Cálculo do Oxigénio Necessário	16
3.2.3 Cálculo do Caudal de Lama em Excesso, Q'' , e do Caudal de Efluente Final, Q'	17
3.2.4 Cálculo do Excesso de Lama	17
3.2.5 Cálculo do Tempo de Passagem no Reactor	18
3.3 Procedimento	19
3.3.1 Como Operar com o Equipamento	19
3.3.2 Controlo do Sistema	21
4 Resultados	23
	iii

5 Conclusões	28
6 Bibliografia	29
Anexos	30
Anexo A – Caudais das Bombas do Biotest	31
Anexo B – Valores da Variação da CQO do Efluente a Tratar e Tratado, ao longo da Etapa de Aclimatização.	34
Anexo C – Valores da Variação da CBO ₅ do Efluente a Tratar e Tratado, ao longo da Etapa de Aclimatização.	35
Anexo D – Valores da Variação do pH do Efluente a Tratar e Tratado, ao longo da Etapa de Aclimatização.	36
Anexo E – Valores da Variação de SST e SSV no tanque de Arejamento, ao longo da Etapa de Aclimatização.	37
Anexo F – Valores da Variação do OUR no Tanque de Arejamento, após retirar o Oxigénio.	38
Parte 2 – Medição de Emissões Gasosas em Fontes Fixas	43
1 Introdução	44
2 Normas e Legislação Aplicáveis	45
2.1 Valores Limite Fixados	46
2.2 Normas e Legislação	46
2.2.1 Pr NP-2167	47
2.2.2 NP 1796	49
2.2.3 Dec. Lei n.º 352/90	50
2.2.4 Portaria n.º 283/93	51
2.2.5 Portaria n.º 1058/94	52
2.2.6 Portaria n.º 125/97	53
2.2.7 Norma Portuguesa 2167	54
3 Métodos Utilizados para Execução de uma Amostragem de um Efluente Gasoso	68
4 Equipamentos Utilizados para Execução de uma Amostragem de um Efluente Gasoso	69
4.1 Madur GA 40T – Plus	70
4.2 TCR – Tecora Isostack Plus	71

4.3 Componentes do TCR – Tecora Isostack Plus	72
4.4 O Tubo de Pitot	73
4.5 Sonda Metálica	74
4.6 Esquema de Montagem do TCR – Tecora Isostack Plus	74
4.7 Esquema de Montagem para uma Amostagem de Partículas	75
4.8 Esquema de Montagem para uma Amostagem de Metais	75
4.9 Esquema de Montagem para uma Amostagem de Cloreto de Hidrogénio	76
5 Conclusões	77
6 Bibliografia	78

1 Introdução

Os efluentes produzidos pelas actividades industriais apresentam características poluentes capazes de provocarem grandes impactos ambientais se descarregados directamente nos meios naturais. As indústrias confrontam-se, portanto, com a obrigatoriedade de gerirem adequadamente as descargas dos seus efluentes.

Para descarga no meio natural, o tratamento a efectuar às águas residuais resultantes de actividades industriais, ou mesmo domésticas, deve garantir que o efluente final não cause degradação dos meios naturais.

Na selecção do tratamento deverão considerar-se as características iniciais do efluente e a qualidade final pretendida. As etapas envolvidas no tratamento são: pré-tratamento, tratamento primário, **Parte 1** tratamento secundário e tratamento terciário ou de afinção.

O tratamento biológico por lamas activadas enquadra-se no tratamento secundário.

Tratamento Biológico (Lamas Activadas) de Águas Residuais das Indústrias do Papel e da Cortiça.

Os estudos foram levados a cabo à escala laboratorial que simulou o tratamento do efluente em continuo.

Os principais objectivos deste estudo foram a quantificação da eficiência do processo e a definição do tempo de residência adequado para a operação, de forma a obter um efluente cujas características permitam a sua descarga no meio hídrico.

1 Introdução

Os efluentes produzidos pelas actividades industriais apresentam características poluentes capazes de provocarem grandes impactos ambientais se descarregados directamente nos meios naturais. As indústrias confrontam-se, portanto, com a obrigatoriedade de gerirem adequadamente as descargas dos seus efluentes.

Para descarga no meio natural, o tratamento a efectuar às águas residuais resultantes de actividades industriais, ou mesmo domésticas, deve garantir que o efluente final não cause degradação dos meios naturais.

Na selecção do tratamento deverão considerar-se as características iniciais do efluente e a qualidade final pretendida. As etapas envolvidas no tratamento são: pré-tratamento, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário ou de afinação.

O tratamento biológico por lamas activadas enquadra-se no tratamento secundário.

A função deste tipo de tratamento consiste em remover do efluente os compostos orgânicos biodegradáveis dissolvidos ou coloidais, assim como os sólidos suspensos e outros constituintes que possam ser absorvidos ou encapsulados pelos flocos de lamas activadas. Alguns nutrientes, como o fósforo e o azoto, podem ser parcialmente removidos por este sistema.

Os ensaios foram levados a cabo à escala laboratorial que simulam o tratamento do efluente em contínuo.

Os principais objectivos deste estudo foram a quantificação da eficiência do processo e a definição do tempo de residência adequado para a operação, de forma a obter um efluente cujas características permitam a sua descarga no meio hídrico.

2 Fundamentos Teóricos

2.1 Princípio do Processo

O processo de lamas activadas é um sistema contínuo, no qual microrganismos aeróbios são misturados com água residual, num reactor biológico aeróbio e agitado, e depois separados num sedimentador. Os microrganismos estão aglomerados em bioflocos, que sedimentam logo que cesse a agitação. Uma parte da lama concentrada é reciclada e misturada com a água residual adicionada.

O seu aparecimento remonta a 1914, em Manchester, inspirado na autodepuração microbiológica da matéria orgânica que se verifica nos cursos de água, traduzindo-se numa transferência de poluição da fase líquida para uma lama biológica, que é necessário tratar posteriormente.

A massa líquida é mantida em agitação de modo a impedir o aparecimento de zonas anaeróbias na parte mais profunda do reactor biológico e a recirculação de parte da biomassa formada tem por objectivo manter uma concentração suficiente de microrganismos no reactor. A jusante do reactor biológico existe um decantador secundário ou clarificador, que assegura a separação do efluente depurado da lama biológica, por gravidade.

A remoção de compostos carbonados (medidos como CBO₅ ou CQO), coagulação de sólidos coloidais não decantáveis e estabilização de matéria orgânica é efectuada por uma variedade de microrganismos, principalmente bactérias e fungos, que constituem as chamadas "lamas activadas". Os microrganismos, na presença de oxigénio, convertem colóides e matéria orgânica dissolvida em vários gases e material celular, ou seja, utilizam o efluente como fonte de energia e de carbono.

A acção purificadora da Natureza está concentrada, no tempo e no espaço, num processo de oxidação biológica. De facto, através dos microrganismos e na presença de oxigénio, a natureza transforma a poluição das moléculas orgânicas em produtos elementares, no entanto, este processo requer muito tempo e muito espaço.

Em particular, isto só ocorre porque os microrganismos presentes na água encontram matéria orgânica dissolvida e usam-na como alimento, emitindo produtos desprezáveis (CO₂+H₂O+NO₃,etc), tal qual os outros organismos. Acima de tudo

necessitam de oxigénio para a respiração e como fonte de energia, que juntamente com o alimento (material orgânico dissolvido) os ajuda a proliferar.

No entanto, o número de microrganismos deve ser aumentado e a quantidade de oxigénio suficiente para o seu metabolismo deve ser admitida. Isto não quer dizer que as lamas activadas (nome dado a colónias de microrganismos agrupados em flocos) sejam capazes de comer todos os tipos de substâncias orgânicas dissolvidas. De facto, alguns produtos que não são metabolizados pelas lamas activadas existem e são chamados de inertes à biodegradação; pelo contrário, outros produtos causam a destruição das lamas activadas.

Assim o primeiro resultado obtido com o BIOTEST é o de avaliar a natureza das substâncias orgânicas dissolvidas na água a tratar (água residual), ou seja, para determinar se é:

- Biodegradável (isto é pode ser destruída por uma acção biológica);
- Inerte (isto é, se não é destruída por acção biológica);
- Tóxica (isto é, se é negativa para os microrganismos).

Para uma melhor compreensão do que tem sido referido até agora é necessário introduzir duas quantidades para o rendimento do controlo analítico da purificação de águas residuais:

- CBO: Carência Bioquímica de Oxigénio

É a quantidade de oxigénio requerida pelas lamas activadas para metabolizar a fracção biodegradável da matéria orgânica dissolvida. É usualmente indicada como CBO₅, pois para o seu cálculo é considerado o oxigénio consumido durante 5 dias pelo contacto da água residual com as lamas activadas. De facto, a reacção de oxidação bioquímica fica completa ao fim de 5 dias para a maior parte das substâncias biodegradáveis. De outra forma, se se quiser determinar a quantidade de oxigénio necessária para uma completa degradação das substâncias orgânicas deve ser adoptado um tempo de contacto de 20 dias.

- CQO: Carência Química de Oxigénio

É a quantidade de O₂ necessária para destruir quimicamente as substâncias orgânicas presentes. No entanto, na determinação analítica da CQO, o oxigénio é substituído por um forte agente oxidante (K₂Cr₂O₇) em condições ácidas de oxidação, a elevada temperatura, com uma efectiva capacidade de oxidação.

Assim é obvio que a relação CQO/CBO₅ é, em média, aproximadamente igual a 2 para águas domésticas. Esta relação pode ser muito diferente para o caso das águas industriais, pois depende da fracção de matéria orgânica biodegradável.

Pode-se assim concluir, que a determinação da CQO e também da CBO₅ é suficiente para estabelecer quando é conveniente, ou não, purificar as águas residuais biologicamente. No entanto, isto não é sempre verdadeiro, pois não é possível criar condições para que a biodegradação possa ocorrer. De facto, é possível em muitos casos seleccionar espécies particulares de microrganismos capazes de metabolizar um dado produto, por aclimação destas espécies ao produto orgânico em questão (formaldeído, fenol, etc).

Finalmente deve ser mencionado, mesmo que resumidamente, que em todos os processos bioquímicos, a transformação do material ocorre também na oxidação biológica com lamas activadas. De facto o resultado final desta degradação, à parte da produção de produtos elementares (CO₂, H₂O, etc) é o aumento em peso e em volume dos microrganismos.

A quantidade de lama activada produzida depende de certas condições de operação e dimensionamento da instalação de oxidação biológica.

2.2 Factores que afectam o Sistema de Lamas Activadas

Numerosos factores afectam o processo de sistema de lamas activadas. Os factores mais importantes, os quais são denominados por “parâmetros” do processo são a variabilidade do caudal de efluente, qualidade da água residual, tempo de arejamento, características das cargas no tanque de arejamento, carga da lama (razão alimento/microrganismos), manutenção do tempo de retenção dos sólidos, características físicas da lama, características de agitação e turbulência no tanque de arejamento, temperatura do líquido agitado e concentração do efluente.

2.2.1 Caudal e Qualidade da Água Residual

O funcionamento dinâmico do processo de lamas activadas é influenciado pela flutuação da qualidade e quantidade do efluente (esgoto ou água residual industrial), bem como pelas dificuldades resultantes na manutenção da estabilidade requerida dos

parâmetros processuais. A característica da não uniformidade do esgoto ou a qualidade e quantidade específica da água residual, podem ser parcialmente controladas através do projecto e operação de sistemas conjuntos de águas residuais e pela aplicação de unidades de equalização individuais. Geralmente, a equalização das águas residuais a montante do sistema de tratamento de lamas activadas é mais importante para alguns efluentes domésticos.

2.2.2 Tempo de Arejamento da Água Residual

Os períodos de arejamento das águas residuais com lamas activadas, também denominados por tempos de retenção hidráulicos nos tanques de arejamento, foram, historicamente, os primeiros a serem considerados como principais parâmetros do processo. Os tempos de arejamento das águas residuais são normalmente expressos em horas; são baseados somente no caudal da água residual e ignoram o caudal da lama reciclada. Estes valores são normalmente seleccionados com base nas características da água residual e respectivo grau de tratamento desejado. No entanto, elevados tempos de retenção são sugeridos para aumentar a “capacidade redutora” do sistema contra eventuais choques de elevadas cargas.

O tempo de arejamento é o tempo teórico que um determinado volume permanece no tanque. Se o caudal do efluente é expresso em m^3/h , e o volume do tanque em m^3 , então:

$$T_{ret.} = \frac{V}{Q} \quad (1)$$

em que :

$T_{ret.}$ – Tempo de retenção;

V – volume do reactor;

Q – Caudal de alimentação.

2.2.3 Volume e Carga da Lama

Uma prática antiga no uso de processos de lamas activadas era a quantificação da carga em termos de gramas de carência bioquímica de oxigénio (CBO_5) por volume do tanque de arejamento (carga volúmica). Como níveis substancialmente diferentes de microrganismos podem ser mantidos em tanques de arejamento, uma aproximação mais racional consiste em referir a razão alimento/microrganismos (A/M) em gramas de CBO_5 por grama de sólidos suspensos totais (SST) ou sólidos

Tratamento Biológico (Lamas Activadas) de Águas Residuais

suspensos voláteis (SSV). A razão A/M é denominada por carga da lama ou carga de substrato.

Diminutos valores da razão de A/M (até cerca de 0.7 g CBO₅/g SST/dia) são aplicáveis para modificações do processo de lamas activadas associados com um grau de remoção de CBO e alguma nitrificação da amónia; valores elevados de A/M caracterizam o tratamento parcial de lamas activadas ou elevadas modificações da quantidade de oxigénio dissolvido do processo. O valor mais elevado observado para a razão A/M costuma ser 5.7 g CBO₅ /g SST.dia.

A tabela 1 mostra a relação geralmente existente entre a razão A/M e a fracção removida de CBO. No entanto, unidades de tratamento possuem um melhor nível de performance devido a um melhor controlo de alguns factores limitativos inerente aos processo.

Tabela 1 - Relação existente entre a carga orgânica e a eficiência do processo.

Carga Orgânica (g CBO/ g SST. Dia)	Redução da CBO (%)
0.1	90
0.2	90
0.3	90
0.4	90
0.5	90
1.0	75
1.5	67
2.0	62
2.5	58
3.0	57
3.5	56
4.0	55
4.5	54
5.0	53

Algumas investigações sobre tratamento de lamas activadas indicaram que o sucesso do tratamento é função do tempo de retenção dos sólidos e do tempo de retenção hidráulico, e que nem a carga de sólidos nem a carga hidráulica estudadas individualmente promovem toda a informação requerida. Assim, é comum reportar ambos os valores, de modo a caracterizar totalmente o processo de tratamento de lamas activadas específico.

A resposta do processo de lamas activadas a variações do tempo hidráulico e/ou orgânico tem vindo a ser objectivo de muitos estudos. O mecanismo de resposta

é complexo e depende das características do processo de lamas activadas aplicado e da magnitude da variação.

2.2.4 Índice Volumétrico de Lamas (*IVL*)

O índice volumétrico de lamas (*IVL*), também denominado índice de Mohlman (Mohlman, 1934) é o volume de lamas activadas (em ml de lama/ mg de SST) após uma hora de sedimentação do líquido agitado num cone Imhoff de 1 litro, ou seja, mede a capacidade de sedimentação das lamas. As variações do valor deste índice são as respostas biológicas a muitos factores ambientais, tais como, a carga de lama, a constituição da água residual, carência de nutrientes, etc. A maior parte destes factores torna difícil prever a respectiva tendência e valores de *IVL*.

O *IVL* é dado pela seguinte expressão:

$$IVL = \frac{\text{Volume de lama decantada (ml)}}{\text{SST no reactor (g)}} \quad (2)$$

Os valores geralmente encontrados para vários casos de tratamento situam-se na gama de 40 a 300 ml/g. Na prática este valor deve ser inferior a 150 ml/g. Com elevados valores de *IVL* aparecem dificuldades na performance do sedimentador secundário. Um aumento súbito no *IVL* é denominado por *bulking* das lamas. O desenvolvimento de microrganismos filamentosos torna-se uma causa considerável para o aparecimento do *bulking* das lamas activadas. Estes factores são influenciados pela carga de lama e a composição química da água residual a tratar.

Uma das causas mais frequentes do *bulking* das lamas activadas é o crescimento excessivo de microrganismos filamentosos na cultura agitada. Efectivamente este crescimento compete com outras formas de crescimento bacteriológico aeróbio a níveis baixos de oxigénio dissolvido (inferiores a 2mg/L), porque desenvolve uma enorme superfície por unidade de massa bacteriana. A sua presença em níveis moderados pode ser benéfico para a remoção da CBO residual e sólidos suspensos, mas em concentrações excessivas, a separação de águas tratadas e das lamas activadas por sedimentação torna-se difícil.

Para evitar o *bulking* das lamas activadas, é prática corrente controlar a carga orgânica dentro de uma gama apropriada tendo em conta o processo de tratamento e as características do efluente.

Um outro modo de controlar o índice volumétrico de lamas consiste em estender a retenção das lamas activadas no segundo sedimentador. Este possível método de encontrar um possível decréscimo no *IVL* é muito conhecido e muito utilizado na prática. O mecanismo envolvido nestas trocas não é muito claro. É aqui possível que a anaerobiose prolongada das lamas activadas seja uma das causas.

O nível de concentração das lamas activadas do tanque de arejamento tem alguma influência nos valores de *IVL*.

Para controlo químico do *bulking* das bactérias filamentosas das lamas activadas tem sido utilizado um tratamento oxidativo por cloração ou adição de peróxido de hidrogénio. A adição de 20 a 40 mg/L de peróxido de hidrogénio (H_2O_2) na corrente de recirculação das lamas, diminui os valores de *IVL* de 250-350 ml/g para 50-60ml/g após 24-48 horas de tratamento. Valores diminutos de *IVL* permanecem por duas ou mais semanas após o tratamento com peróxido de hidrogénio.

Um outro método possível para controlo do *bulking* das lamas activadas consiste na troca rápida de alguns parâmetros de tratamento os quais podem causar uma troca na dinâmica da população biológica.

Os testes de medição do *IVL* não medem todas as propriedades das lamas activadas.

2.2.5 Sólidos Suspensos Totais no Tanque de Arejamento

Os sólidos suspensos totais (SST) do tanque de arejamento são compostos por massa microbiológica activa, massa biológica não activa, compostos orgânicos não biodegradáveis e massa inorgânica. Nos sistemas convencionais de lamas activadas de tratamento de águas municipais, a massa microbiológica activa representa, usualmente 30% (ou menos) dos sólidos suspensos totais. Nos sistemas de lamas activadas de arejamento extenso, a massa microbiológica activa é normalmente inferior a 10% deste valor. O nível de sólidos suspensos totais no tanque de arejamento varia muito para as diversas modificações do sistema da lamas activadas e dentro da mesma modificação para diferentes modos de operação. Geralmente, elevados níveis de SST precisam de elevadas capacidades de oxigenação no sistema e requerem sedimentadores secundários largos. No entanto, o excesso de lama resultante deste tipo de tratamento é muito menor. Análises optimizadas indicam que a gama mais atractiva economicamente, em relação a SST, situa-se entre 2000 e 4000 mg/L.

2.2.6 Sólidos Suspensos Voláteis no Tanque de Arejamento

Os sólidos suspensos voláteis são a fracção suspensa das lamas activadas, viva. São determinados analiticamente por aquecimento do resíduo obtido;

2.2.7 Oxigénio Dissolvido e Necessidades de Arejamento

Várias observações indicam que uma concentração de 1 a 2 mg/L de oxigénio dissolvido no tanque de arejamento é suficiente para o tratamento de lamas activadas.

No entanto, algumas experiências mostraram que para tratamentos de alguns tipos de efluentes concentrados (com elevadas cargas orgânicas), as bactérias podem não estar possibilitadas de utilizar oxigénio se não for mantida uma tensão de oxigénio dissolvido elevada. Assim, as necessidades para um nível mínimo de oxigénio dissolvido no tanque de arejamento devem ser função da dispersão de microrganismos, dependendo deste modo das características dos tanques e do nível de sólidos suspensos totais no tanque de arejamento. Um erro comum normalmente cometido em instalações laboratoriais de sistemas de lamas activadas é a manutenção da concentração de oxigénio dissolvido marcadamente mais elevada do que aquela utilizada à escala real. Estas experiências mostram normalmente produção de pouca lama e conseqüentemente, uma estimação por baixo deste factor de tratamento.

Para resultados consistentes de bons tratamentos é muito importante manter a concentração requerida de oxigénio dissolvido no tanque de arejamento continuamente.

2.2.8 Idade da Lama

Nos tratamentos de águas residuais por lamas activadas, a idade da lama (θ_c), ou tempo de residência médio dos sólidos (células) no tanque de arejamento, são mais característicos que o tempo de arejamento. Este factor precedente está intrinsecamente relacionado com a taxa de crescimento específico de microrganismos e pode ser representado por:

$$\frac{1}{\theta_c} = a \cdot \frac{A/M}{R} - b \quad (3)$$

em que:

A/M é a razão alimento/microrganismos;

a é o coeficiente de rendimento celular em mg por mg de substracto;

b é o coeficiente de decaimento endógeno de microrganismos em dias⁻¹;

R é a eficiência de remoção de CBO.

O valor da idade da lama pode ser determinada pelo cálculo da massa total de microrganismos no sistema de tratamento de lamas activadas e dividindo este valor pela razão à qual os microrganismos são, intencionalmente ou não, rejeitados do sistema. Como é claramente difícil estimar a quantidade de lama activada retida no sedimentador secundário, muitas vezes estas quantidades são ignoradas no cálculo da idade da lama. A aproximação mais comum para este cálculo é baseada exclusivamente num inventário da lama do tanque. Para processos completamente agitados operando em estado estacionário, a idade da lama é normalmente calculada pela seguinte equação:

$$\theta_c = \frac{V \cdot X_{v,r}}{Q'' \cdot X_{v,u} + Q' \cdot X_{v,e}} \quad (4)$$

onde:

V = volume do tanque de arejamento;

Q' e Q'' = caudal volumétrico do efluente e do líquido rejeitado;

$X_{v,r}$, $X_{v,u}$ e $X_{v,e}$ = concentração em sólidos suspensos no tanque de arejamento, linha de reciclo e efluente final, respectivamente

A manutenção de um valor para o tempo de residência médio das células no tanque de arejamento tem sido referido como o melhor método para controlar o sistema de lamas activadas. Se um excesso de lamas é rejeitado directamente do tanque de arejamento, como porção de líquido agitado, a taxa de rejeição é independente da concentração de líquido agitado e da lama reciclada, e é somente igual ao volume total do tanque de arejamento dividido pelo tempo de retenção desejado. Isto é denominado o controlo hidráulico do processo de lamas activadas.

Com base em numerosos casos de processos de tratamento de lamas activadas estudados, parece possível determinar os valores óptimos da idade da lama para minimizar a concentração de CBO₅ residual e sólidos suspensos totais para um determinado tipo de tratamento das águas residuais.

2.2.9 Efeitos da Agitação e Turbulência

A agitação e turbulência nos tanques de arejamento de lamas activadas podem ser consideradas em micro e macro escala. A agitação em macro promove

uniformidade no sistema. A agitação ideal em macro escala pode ser descrita por uma concentração constante de sólidos suspensos e dissolvidos e/ou coloidais através de todo o volume do tanque.

2.2.10 Efeito da Temperatura do Efluente

A influência da temperatura no tratamento de lamas activadas é muito complexa. Um aumento da temperatura diminui a viscosidade da água residual e a sua tensão superficial, e o oxigénio dissolvido. Algum aumento da temperatura da água residual aumenta usualmente a performance da sedimentação secundária. Normalmente é utilizada a seguinte relação para descrever a influência da temperatura do líquido agitado na cinética do processo de lamas activadas:

$$K_t = K_{20^{\circ}\text{C}} \times \theta^{(t-20)} \quad (5)$$

em que:

t = temperatura em °C.

2.2.11 Efeito da Concentração da Água Residual

A concentração da água residual, que é normalmente um substracto comum para um processo de lamas activadas, varia usualmente de 100 e 300 mg/L de CBO5. No entanto, quando é necessário tratar uma água residual diluída ou concentrada, podem aparecer muitos problemas tecnológicos. No caso de efluente diluído, os compostos orgânicos residuais relativamente elevados que aparecem no líquido tratado, podem diminuir drasticamente a eficiência do processo de lamas activadas. No caso de se tratar de um efluente concentrado, para atingir o tratamento requerido, é normalmente sugerida uma diluição da água residual.

A influência da concentração da água residual a tratar na performance do processo de lamas activadas tem sido objecto de diversos estudos. Tem-se observado que para águas residuais muito concentradas é impossível reduzir a concentração do efluente, num só estágio, para valores inferiores a determinados níveis específicos.

3 Procedimento Experimental

3.1 Descrição das Instalações

Para testar o tratamento biológico foi usada uma instalação, denominada correntemente por BIOTEST, sendo constituída por uma unidade de controlo, um tanque de arejamento e um tanque de sedimentação (Figura 1).

A unidade de controlo é constituída por um interruptor on/off, uma bomba de alimentação do efluente ao tanque de arejamento (Bomba A), uma bomba de recirculação das lamas do tanque de sedimentação para o tanque de arejamento (Bomba B) e uma bomba que fornece ar ao tanque de arejamento; todo o sistema de bombagem é temporizado.

O tanque de arejamento consiste num recipiente cilíndrico com entradas para o efluente a tratar, para as lamas recirculadas do tanque de sedimentação e para o ar (introduzido através de difusores colocados na base do tanque). Existe uma saída para que o efluente, misturado com as lamas, passe, após o tratamento, para o sedimentador.

O tanque de sedimentação consiste num cilindro com fundo cónico, que facilita a sedimentação das lamas. O efluente tratado transborda através de um tubo localizado no cimo do sedimentador para um recipiente de recepção e as lamas sedimentadas são removidas pelo fundo do tanque ou recirculadas para o tanque de arejamento.

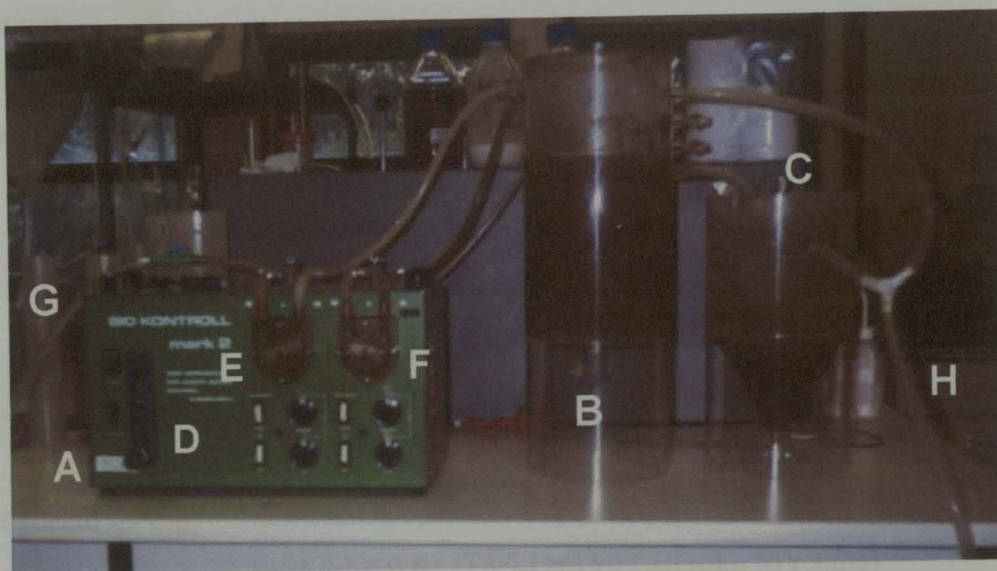


Figura 1 – Representação esquemática do sistema BIOTEST.

Para uma melhor compreensão do esquema do sistema de Biotest é apresentado, de seguida, a legenda da figura 1:

- A – Unidade de controlo
- B – Tanque de arejamento
- C – Tanque de sedimentação
- D – Regulador de caudal de ar
- E – Bomba de alimentação do efluente a tratar
- F – Bomba de recirculação de lamas
- G – Entrada do efluente a tratar
- H – Saída do efluente tratado

3.2 Dimensionamento da Instalação

Para o dimensionamento do tanque de arejamento é necessário admitir as seguintes hipóteses:

- o conteúdo do reactor é perfeitamente misturado, isto é, a concentração de substrato e biomassa é constante em qualquer ponto do reactor;
- a remoção de substrato só ocorre no reactor, isto é, no decantador secundário há apenas uma separação física da biomassa;
- a quantidade de biomassa no decantador secundário é pequena face à quantidade no reactor, pelo que o volume usado no cálculo de θ_c é apenas o volume do reactor (esta hipótese não é verdadeira quando se usa oxigénio puro como fonte de oxigénio, situação em que 50% da biomassa pode estar no decantador secundário);
- a recirculação de biomassa do fundo do decantador secundário para o reactor é contínua.

Um parâmetro usado no dimensionamento e controlo de reactores de lamas activadas é a razão “alimento/microrganismos”, A/M , definida como:

$$A/M = \frac{Q \times CBO_5}{X_{v,r} V} \approx 0.4 \quad (6)$$

Esta razão é também muitas vezes designada por factor de carga mássica.

As características de sedimentabilidade de uma lama biológica têm sido correlacionadas, por vários autores, com a razão (A/M).

Para um sistema convencional de lamas activadas, o valor óptimo de A/M para o tratamento de esgotos domésticos costuma situar-se na gama:

$$0.2 < A/M < 0.6 \quad (A/M \text{ em kg } CBO_5/\text{kg MVS.dia})$$

Um valor de A/M imediatamente inferior a $0.2 \text{ kg CBO}_5/\text{kg SST.dia}$ provoca o desencadear do processo de respiração endógena, com o aparecimento de cápsulas de células, muito leves e de difícil sedimentação. Valores ligeiramente superiores a $0.5 \text{ kg CBO}_5/\text{kg SST.dia}$ levam ao aparecimento de filamentosas e à suspensão (“bulking”) da lama.

O regime hidrodinâmico no reactor influi nas características da lama biológica. Assim, num reactor pistão, se se verificar uma elevada razão (A/M) à entrada, podem surgir bactérias filamentosas e fracas condições de sedimentabilidade que se podem propagar ao longo do reactor. Um reactor perfeitamente agitado é mais susceptível ao aparecimento de filamentosas, mas como a razão alimento/biomassa é constante em qualquer ponto do reactor, podem obter-se lamas densas e de fácil sedimentação, se se adoptar uma razão (A/M) adequada.

A existência de um compartimento ou “selector” onde é misturada a alimentação nova com a corrente de recirculação de lama, constitui um elemento de prevenção contra a formação de microrganismos filamentosos. Este compartimento pode ser um tanque separado do reactor ou apenas uma zona delimitada, à entrada do reactor. Dá-se uma adsorção rápida da matéria orgânica aos microrganismos formadores de flocos, ficando pouco alimento disponível para as filamentosas. Têm-se obtido bons resultados arejando ou não o “selector”. Em qualquer caso, porém, deve-se promover uma boa mistura entre as duas correntes. O tanque é, de um modo geral, dimensionado para um tempo de residência médio entre 10 e 30 minutos, recomendando-se, no entanto, ensaios à escala piloto para a fixação correcta deste tempo.

3.2.1 Cálculo da razão de recirculação da biomassa

A razão de recirculação r determina-se a partir de um balanço mássico ao decantador secundário, admitindo $X_{v,e}=0$:

$$Q X_{v,e} = \Delta X_v + Q_a X_{v,a} + r Q_a X_{v,u} \quad (7)$$

em que:

$Q_a X_{v,a}$ representa o caudal mássico de sólidos voláteis na água residual, dificilmente biodegradáveis, que atravessam o sistema sem sofrerem praticamente alteração.

Sendo $Q = (1+r) Q_a$, resulta:

$$r = \frac{Q_a X_{v,r} - \Delta X_v - Q_a X_{v,a}}{Q_a (X_{v,u} - X_{v,r})} \quad (8)$$

Se $(\Delta X_v + Q_a X_{v,a}) \ll Q_a X_{v,r}$, obtém-se:

$$r = \frac{X_{v,r}}{X_{v,u} - X_{v,r}} = 0.4286 \Rightarrow Q_r = r Q_a = 0.4 \text{ L/h} \quad (9)$$

O cálculo de r pressupõe a fixação prévia de valores para $X_{v,r}$ e $X_{v,u}$. O valor de $X_{v,r}$ é, no sistema convencional de lamas activadas, fixando geralmente entre 2000 e 4000 mg MVS/L. Para $X_{v,u}$ adopta-se normalmente um valor entre 10 e 15 g/L.

A aplicação da equação (8) implica a determinação prévia de ΔX_v , que depende, como se verá adiante, de se verificar uma ou outra das seguintes hipóteses alternativas:

- (i) - θ é determinado em função da qualidade pretendida para o efluente final.
- (ii) - θ é determinado a partir do factor de carga mássico fixado (razão A/M)

3.2.2 Cálculo do oxigénio necessário

O oxigénio necessário para:

- (i) oxidação do substracto para produção de energia

A massa de oxigénio necessário por unidade de tempo, m_1 , é dada pela expressão:

$$m_1 = a'(s_0 - s_e) Q \quad (10)$$

ou

$$m_1 = \frac{a'(s_a - s_e)}{(1+r) Q} = a'(s_a - s_e) Q_a \quad (11)$$

- (ii) Respiração endógena

A massa de oxigénio necessário por dia, no processo de respiração endógena, m_2 , é dado pela expressão:

$$m_2 = b' X_{v,r} V \quad (12)$$

A massa total de oxigénio a fornecer ao reactor por dia, m , será, então:

$$m = a' (s_a - s_e) Q_a + b' X_{v,r} V \quad (13)$$

em que Q_a é o caudal diário.

O cálculo do oxigénio não foi efectuado pois foi regulado, através da bomba de regulação de ar.

3.2.3 Cálculo do Caudal de Lama em Excesso, Q'' , e do Caudal de Efluente Final, Q'

Admitindo $X_{v,e} = 0$,

$$Q'' X_{v,u} = \Delta X_v + Q_a X_{v,a} \quad (14)$$

Ou seja,

$$Q'' = \frac{\Delta X_v + Q_a X_{v,a}}{X_{v,u}} \quad (15)$$

Por outro lado,

$$Q' = Q_a - Q'' \quad (16)$$

3.2.4 Cálculo do Excesso de Lama

O excesso de lama a remover do sistema resulta de dois processos antagónicos:

(i) produção de biomassa correspondente à síntese de novas células:

$$MVS \text{ produzida} = a (s_o - s_e) Q \quad (17)$$

(ii) destruição de biomassa por respiração endógena:

$$MVS \text{ destruída} = b X_{v,r} V \quad (18)$$

O excesso de biomassa a remover do sistema será, então:

$$\Delta X_v = a (s_o - s_e) Q - b X_{v,r} V \quad (19)$$

ou, ainda,

$$\Delta X_v = a (s_a - s_e) Q_a - b X_{v,r} V = 0.0032 \text{ kg/dia} \quad (20)$$

sendo:

$$a = 0.7 \text{ kg MVS/kg CBO}_5 \text{ removida}$$

$$b = 0.1 \text{ kg MVS oxidada/ dia.kg MVS no reactor}$$

$$s_a = 335.0 \text{ mg CBO}_5/\text{L}$$

$$s_e = 15.0 \text{ mg CBO}_5/\text{L}$$

$$Q_a = 1\text{L/h}$$

$$X_{v,r} = 3000 \text{ mg MVS/L}$$

$$V = 6\text{L}$$

Para além de ΔX_v há a considerar no cálculo do excesso de lama a remover por unidade de tempo mais as duas parcelas seguintes:

- excesso de matéria não volátil em suspensão:

$$\begin{aligned} \Delta X_{nv} &= Q'' X_{nv,u} = Q_a X_{nv,a} - Q' X_{nv,e} = Q_a X_{nv,a} - (Q_a - Q'') X_{nv,e} \\ &= Q_a (X_{nv,a} - X_{nv,e}) + Q'' X_{nv,e} = 0 \end{aligned} \quad (21)$$

- matéria volátil em suspensão presente na alimentação nova ($Q_a X_{v,a}$), que se admite atravessar o sistema sem sofrer alterações:

Admitindo $X_{v,e} = 0$, o excesso de lama a remover, ΔX_t , pode ser, então calculado como:

$$\Delta X_t = \Delta X_v + Q_a (X_{nv,a} - X_{nv,e}) + Q'' X_{nv,e} + Q_a X_{v,a} = 0.0032 \text{ kg/dia} \quad (22)$$

3.2.5 Cálculo do Tempo de Passagem no Reactor, θ

O tempo de passagem no reactor é dado pela seguinte expressão:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{6}{1} = 6 \text{ h} \quad (23)$$

3.3 Procedimento

A fase mais importante de um processo de oxidação biológica é a aclimatização, isto é, a habituação das lamas activadas ao efluente que se pretende tratar. Neste período ocorre a selecção natural das estirpes que mais facilmente metabolizam os nutrientes existentes nas águas residuais. Esta fase, dada a sua influencia na eficiência do sistema biológico, deve ser realizada com o maior cuidado de modo a não provocar qualquer impacto nocivo nas lamas activadas.

Anteriormente, a esta fase, foram feitos testes às bombas de alimentação (Bomba A) e de recirculação das lamas (Bomba B), para posterior ajuste dos caudais (Anexo A).

A evolução do sistema utilizado foi acompanhada mediante análises ao efluente à entrada do tanque e após tratamento (CQO e pH) e por determinação de outros parâmetros, tais como, índice volumétrico de lamas (IVL), taxa de consumo de oxigénio (OUR) e sólidos suspensos voláteis (SSV). Controlou-se, também, a quantidade de sólidos suspensos totais (SST) no tanque de arejamento e sempre que este parâmetro aumentava, ultrapassando os limites estabelecidos, procedia-se à purga de lamas.

3.3.1 Como Operar com o Equipamento

De modo a arrancar com o equipamento "BIOTEST", é necessário possuir uma certa quantidade de lama, originada numa estação de tratamento de águas (4 - 5 litros) ou, se isto não for possível, um volume similar de água de esgoto (neste caso o processo de aclimatização demorará mais tempo).

Estas lamas foram transferidas para o tanque de arejamento, ao qual foi adicionada água até que esta transborde a saída dos 6 litros. Neste momento o sistema "BIOTEST" pode ser iniciado, pressionando o botão principal, e accionando a bomba de ar (caudal a 4 - 5 litros) e a bomba de reciclo.

A bomba de alimentação foi regulada par debitar um caudal de 1l/h, uma vez que o volume do tanque é de 6 litros e o tempo de retenção escolhido é de 6 horas.

A bomba de recirculação das lamas foi regulada para um caudal de 0.4 l/h.

Tratamento Biológico (Lamas Activadas) de Águas Residuais

O efluente usado no sistema foi um efluente sintético, pois poderia ocorrer algum erro e assim, seria mais fácil de o descobrir. A composição do efluente é a seguinte, por cada litro:

- 30 gr. de açúcar;
- 10.7 gr. de hidrogenofalato de hidrogénio (K_2HPO_4);
- 5 gr. de sulfato de amónia $[(NH_4)_2SO_4]$;
- 1 gr. de sulfato de magnésio ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$);
- 5 ml de cloreto triférrico ($FeCl_3$) de concentração.

Este efluente contém uma CQO aproximadamente de 30 000 mg/L.

Nestas condições o equipamento estará “em reciclo”; desde que a água a tratar não entre, e também não seja expelida, haverá passagem contínua entre os tanques de arejamento e de sedimentação, e vice-versa.

Foi adicionado ao tanque de arejamento um volume da água a tratar contendo aproximadamente 500 mg/L de CQO e uma CBO_5 de 325 mg/L. Nestas condições a carga orgânica é baixa, para não provocar qualquer choque com as lamas activadas, pois estas lamas aguentam uma carga orgânica mais elevada.

O sistema pode operar “em reciclo” por pelo menos 3 dias, adicionando sempre uma quantidade superior de CBO_5 cada dia.

Os controlos para testar o processo de aclimatização podem ser iniciados a partir do 3º dia, ou seja:

- se a concentração de SST aumenta em peso de modo visível (peso de SST presentes num volume de água do sistema);
- se as lamas, no decantador, sedimentam rapidamente;
- se as substâncias orgânicas dissolvidas, medidas antes da adição da nova amostra, são menores do que as do dia anterior medidas após a adição.

Em relação a este último ponto é preferível efectuar a CQO em vez da CBO_5 , pois este teste é muito mais rápido e dá uma ideia sobre o que está a ocorrer com o equipamento nesta fase.

Se a remoção de CQO não aumentar, reduz-se a adição de amostra a tratar, até que aumente nitidamente.

Estas condições são mantidas pelo menos uma semana desde o início das operações (este período pode ser aumentado ou reduzido após se adquirir alguma prática e dependendo da natureza da água a tratar).

Assim, uma alimentação contínua pode ser iniciada após uma semana, usando a bomba de alimentação para alimentar gradualmente, dia após dia, volumes superiores.

Deste modo, é preparado um recipiente com água a tratar e é determinado o valor da CQO; o efluente clarificado do tanque de decantação é recolhido num outro recipiente. A CQO alimentada ao sistema e a CQO do efluente recolhido à saída ao fim do dia, são registados numa tabela, dia após dia. Será assim possível verificar como evolui a remoção de CQO, sendo esta dada por:

$$\% \text{ remoção} = \frac{CQO_{\text{do dia anterior}} - CQO_{\text{do presente dia}}}{CQO_{\text{do dia anterior}}} \times 100 \quad (24)$$

Estas condições são mantidas pelo menos uma semana, de modo a levar o sistema a um estado estacionário, isto é, até se obter, por exemplo, uma concentração de SST equivalente a 3000 mg/L no tanque de arejamento. Nesta fase o sistema é operado de acordo com os parâmetros que foram escolhidos entretanto.

Foram feitos cálculos de modo a otimizar o sistema.

3.3.2 Controlo do Sistema

A verdadeira operação do equipamento piloto, BIOTEST, pode ser iniciada após terem sido efectuadas as operações preliminares de aclimatização e terem sido estabelecidos os principais parâmetros de operação.

Nesta fase os principais controlos a efectuar são:

- CQO - todos os dias, na amostra à entrada e à saída;
- CBO₅ - em dias alternados (este tipo de análise requer muita prática), em ambas as amostras;
- SST e SSV - em dias alternados, efectuando um esvaziamento quando necessário de modo a manter a concentração de SST e SSV constantes;
- IVL - semanalmente;
- OUR: diariamente;
- pH: diariamente; é essencial para a vida das lamas que o pH da amostra à entrada permaneça entre 5.5 e 8.5. Se não é este o caso, o valor de pH é corrigido com H₂SO₄ ou NaOH.

Tratamento Biológico (Lamas Activadas) de Águas Residuais

- Nutrientes: ou seja, a quantidade de nitrogénio e fósforo que é necessária para a actividade fisiológica das lamas activadas; a relação óptima para a $CBO_5:N:P$ deve ser da ordem de 100:5:1. Se esta proporção não é encontrada na amostra à entrada, adiciona-se a quantidade necessária de NH_4OH e/ou Na_2PO_4 . Como o efluente usado é o sintético, este já contém todos os nutrientes necessários.

4 Resultados

A teoria de oxidação biológica já foi mencionada, e as principais operações a ter em conta no andamento do sistema, e o controlo dos resultados já foram descritos.

Para controlo do sistema de lamas activadas foi necessário fazer alguns testes, como referido anteriormente, entre os quais: CQO , CBO_5 , pH , SST , SSV , IVL , OUR e para além disso foi registado o volume de lamas retirado na purga. Os resultados obtidos apenas correspondem à etapa de aclimatização das lamas, pois não se prosseguiu com o estudo.

Quanto à variação da CQO do efluente a tratar com o tempo, esta encontra-se representada na figura 2 (ver tabela dos valores no anexo B).

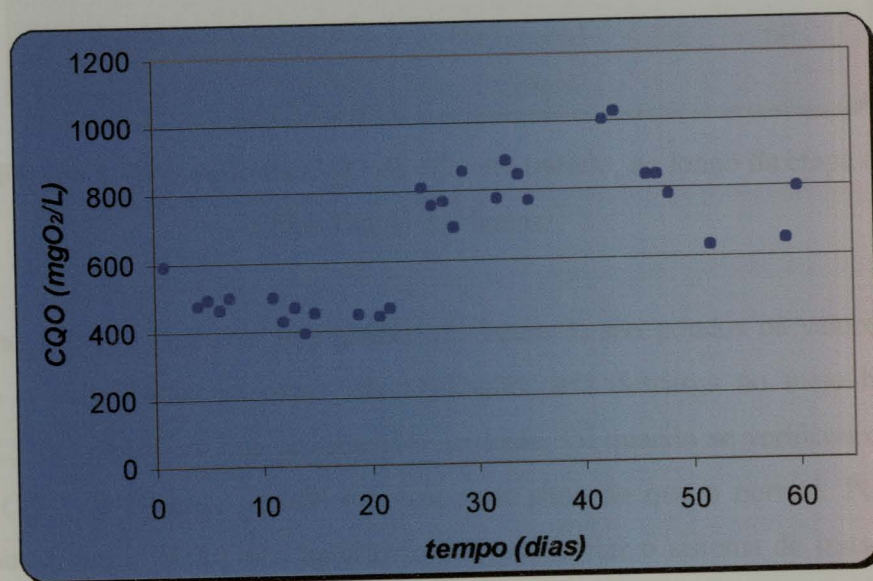


Figura 2 – Variação da CQO do efluente a tratar, ao longo da etapa de aclimatização das lamas.

Como se pode observar no gráfico existem quatro patamares: um em que a $CQO \approx 500 \text{ mgO}_2/\text{L}$, outro em que é aproximadamente $800 \text{ mgO}_2/\text{L}$, outro em que atinge os $1000 \text{ mgO}_2/\text{L}$ e por fim um outro em que a carga orgânica é aproximadamente $700 \text{ mgO}_2/\text{L}$. Inicialmente, a carga orgânica do efluente a tratar era de $500 \text{ mgO}_2/\text{L}$, depois aumentou-se para $800 \text{ mgO}_2/\text{L}$. Posteriormente, houve um acidente, em que rebentou um tubo do sistema e optou-se por retirar todas as lamas e substituir por lamas novas. Como as lamas vieram de uma ETAR, colocou-se o efluente a tratar com uma carga orgânica de cerca de $1000 \text{ mgO}_2/\text{L}$.

Quanto ao efluente tratado, na figura 3 está representado a variação da CQO ao longo do tempo de aclimatização (ver tabela dos valores no anexo B).

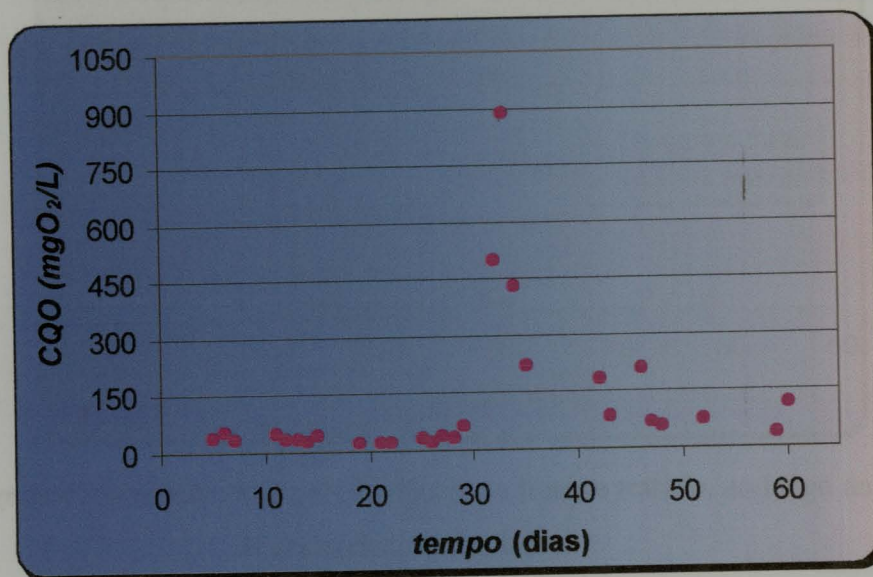


Figura 3 – Variação da CQO do efluente tratado, ao longo da etapa de aclimatização das lamas.

Como se pode observar pela gráfico da figura 3, são poucos os valores que ultrapassam o valor limite imposto pela legislação para descarga no meio hídrico ($150\text{mgO}_2/\text{L}$). Na altura em que aconteceu o acidente, foi quando se verificou que os valores da CQO do efluente tratado estavam mais altos do que o normal. Por esta razão, optou-se, como já foi dito anteriormente, por iniciar o sistema de tratamento biológico com lamas activadas novas.

A variação da CBO_5 ao longo da etapa de aclimatização, para o efluente a tratar e tratado, ao longo do tempo, pode ser observada na figura 4 (ver tabela dos valores no anexo C).

Figura 4 – Variação da pH do efluente a tratar e tratado, ao longo da etapa de aclimatização das lamas.

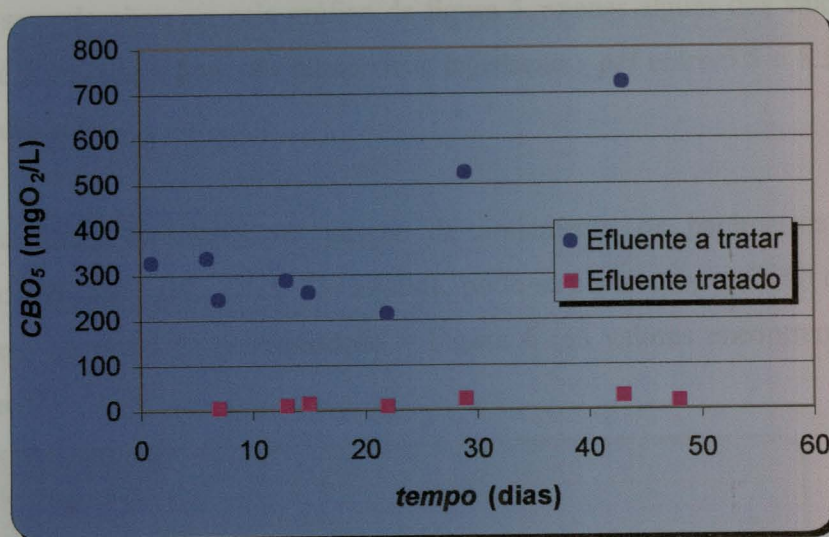


Figura 4 – Variação da CBO_5 do efluente a tratar e tratado, ao longo da etapa de aclimatização das lamas.

Observando o gráfico, constata-se que apesar do valor da CBO_5 do efluente a tratar ser elevado, a CBO_5 do efluente tratado não ultrapassou o valor limite imposto pela legislação ($40 \text{ mgO}_2/\text{L}$).

O pH, também foi um parâmetro medido, pois este é muito importante. A sua variação ao longo da etapa de aclimatização, quer para o efluente a tratar, quer para o efluente tratado, pode ser visualizada na figura 5. Os valores encontram-se na tabela do anexo D.

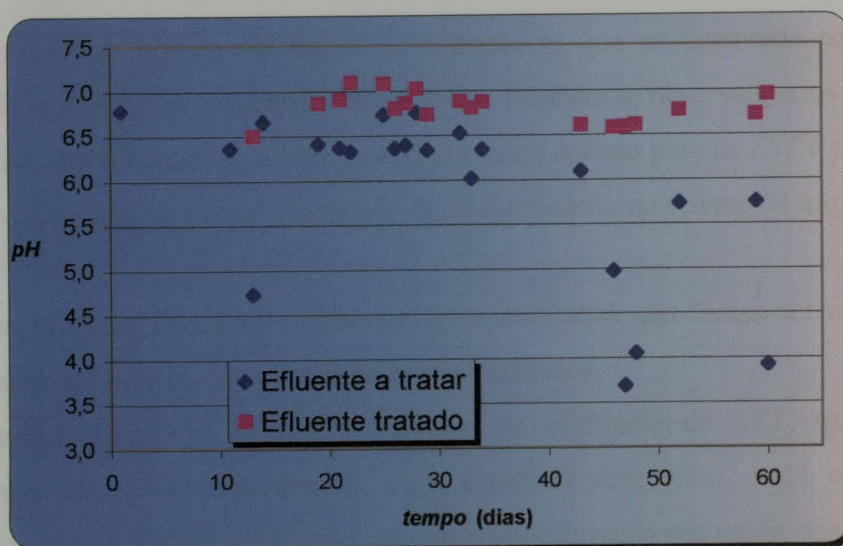


Figura 5 – Variação da pH do efluente a tratar e tratado, ao longo da etapa de aclimatização das lamas.

Como se pode observar pela gráfico da figura 5, apenas alguns dos valores de *pH* do efluente à entrada é que não cumprem a legislação (*pH* entre 5.5 e 8.5) para descarga no meio hídrico.

Para as lamas existentes no tanque de arejamento os parâmetros a ser analisados são: *SST*, *SSV*, *IVL*, *OUR*. De seguida, pode-se observar a variação de *SST* e *SSV* ao longo da etapa de aclimatização – Figura 6 (os valores encontram-se na tabela do anexo E).

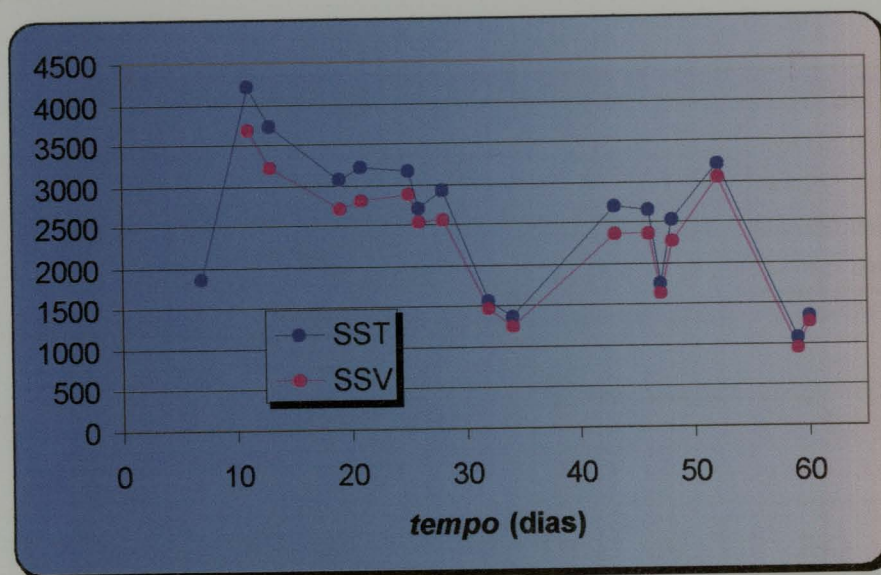


Figura 6 – Variação de *SST* e *SSV* no tanque de arejamento, ao longo da etapa de aclimatização das lamas.

Observando o gráfico da figura 6, constata-se que praticamente todos os valores de *SST* e *SSV*, se situam entre 2000 e 3500. Também se observa que os valores de *SSV* são mais baixos que os valores de *SST*. O valor óptimo para os *SST* é cerca de 3000 mg/L, verificando-se que a quantidade de *SST* existente no tanque de arejamento está ótima.

É muitas vezes necessário aumentar a concentração das lamas activadas no tanque de arejamento, de modo a obter melhores resultados.

É sempre preferível estudar a variação da eficiência de *SST*, quando a instalação está numa fase estacionária. Para aumentar este valor, tudo o que é necessário fazer é não deitar fora a lamas até que a concentração requerida seja obtida.

O valor de *IVL* foi medido semanalmente, não havendo, portanto, muitos valores a apresentar. Então no 7º dia o *IVL* era de 455.3 ml/g, no 13º dia era de 229.1 ml/g e no 29º dia o *IVL* era de 318.5 ml/g.

Outro dos parâmetros medidos foi o *OUR* no tanque de arejamento, este foi medido semanalmente. Foi medido com um eléctrodo, medidor de oxigénio dissolvido. No gráfico da figura 7, pode-se visualizar a variação ao longo de poucos minutos após desligar o arejamento. Os valores encontram-se na tabela do anexo F.

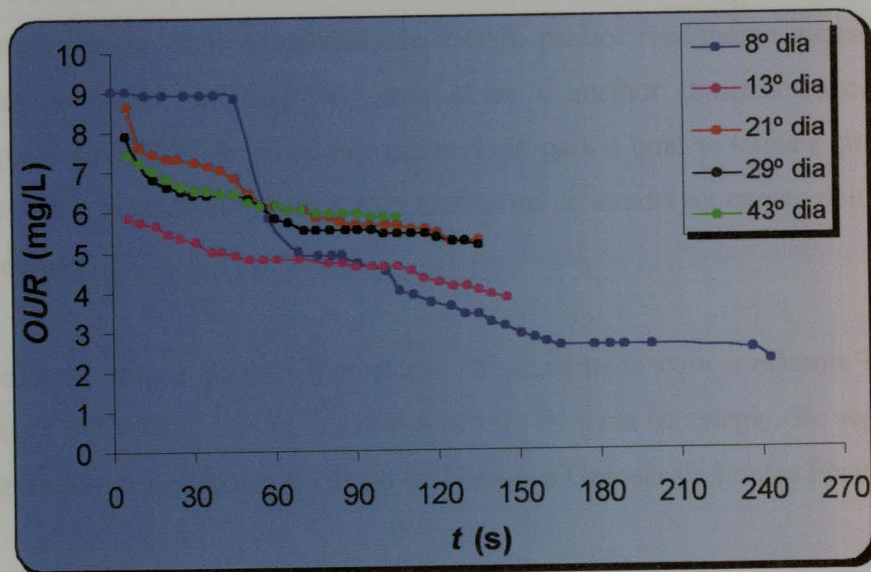


Figura 7 – Variação do *OUR* no tanque de arejamento, ao longo de algum sem arejamento.

Como se pode observar, após desligar o arejamento o oxigénio dissolvido baixa, o que indica que as lamas estão vivas. A quantidade de oxigénio dissolvida deve variar de 1 a 3 mg/L no tanque de arejamento. De facto, isto mostra que a quantidade de O_2 admitida está ligeiramente em excesso, o que é muito importante para as funções metabólicas das lamas activadas.

5 Conclusões

Analisando os resultados, concluiu-se que na etapa de aclimatização das lamas obteve-se bons resultados. Todos os valores dos parâmetros analisados no efluente de saída se encontravam abaixo dos valores limite impostos pela legislação (Decreto-de-lei 236/98, de 1 de Agosto) para descarga no meio hídrico. Durante a etapa de aclimatização das lamas o efluente usado foi o sintético.

Para o dimensionamento de uma instalação industrial, antes de se usarem os dados obtidos durante a operação de BIOTEST, deve ser dada atenção à forma como estes parâmetros variam, com a finalidade de obter o melhor rendimento industrial o mais depressa possível. Por exemplo, para obter o melhor dimensionamento é importante que o BIOTEST funcione por um período para o qual se tenha a situação real. Deste modo, a reacção do sistema para alterações do caudal ou cargas poluentes pode ser observada.

De salientar que, o sistema Biotest não foi alimentado com o efluente bruto, mas apenas com o sintético, pois houve uma mudança de tema de estágio. De seguida, vai ser apresentado o relatório de “Medição de Emissões Gasosas de Fontes Fixas”.

6 Bibliografia

📖 - Tchobanoglous, George and Burton, Franklin L.; “Wastewater engineering – Treatment, disposal, and reuse”; 3rd edition, Metcalf & Eddy, inc.; McGraw – Hill, inc.; 1991.

📖 - Montgomery, James M.; “Water treatment – Principles & design”; John Wiley & sons, inc.; 1985.

📖 - Patterson, James W.; “Industrial wastewater treatment technology”; 2nd edition; Butterworth publishers; 1985.

📖 - Eckenfelder, W. W. and Ford, D. L.; “Water pollution control – Experimental procedures for process design”; Jenkins book publishing co.; 1970.

📖 - Ramalho, R. S.; “Introduction to wastewater treatment processes”; 2nd edition; Academic press; 1983.

Anexos

Anexo A – Caudais das Bombas do Biotest.

A.1 Bomba A

Wait	Operate	Q descontinuo (ml/min)	Volume do Reactor Biológico			
			6 Litros	7 Litros	8 Litros	9 Litros
			Tempo de residência (min)			
0	10	221,41	27,09	31,062	36,131	40,65
2	10	102,43	58,58	68,34	78,1	87,86
4	10	54,17	110,76	129,22	147,68	166,14
6	10	38,01	157,85	184,16	210,47	236,78
8	10	27,56	217,71	253,99	290,28	326,56
10	10	25,74	233,1	271,95	310,8	349,65
0	8	216,61	27,7	32,32	36,93	41,55
2	8	93,84	63,94	74,6	85,25	95,91
4	8	48,13	124,66	145,44	166,22	186,99
6	8	31,17	192,49	224,57	256,66	288,74
8	8	26,06	230,24	268,61	306,98	345,36
10	8	21,25	282,35	329,41	376,47	423,53
0	6	211,98	28,3	33,02	37,74	42,46
2	6	76,44	78,49	91,58	104,66	117,74
4	6	38,77	154,76	180,55	206,35	232,14
5	6	33,19	180,78	210,91	241,04	271,17
6	6	26,28	228,31	266,36	304,41	342,47
7	6	24,49	245	285,83	326,66	367,5
8	6	20,25	296,3	345,68	395,06	444,44
10	6	17,11	350,67	409,12	467,56	526,01
5	5	28,07	213,75	249,38	285	320,63
0	4	202,7	29,6	34,53	39,47	44,4
2	4	59,1	101,52	118,44	135,36	152,28
4	4	25,42	236,03	275,37	314,71	354,05
6	4	15,58	385,11	449,29	513,48	577,66
8	4	9,82	611	712,83	814,66	916,5
10	4	7,32	819,67	956,28	1092,9	1229,51
0	2	168,87	35,53	41,45	47,37	53,3
2	2	30	200	233,33	266,67	300
4	2	13,19	454,89	530,71	606,52	682,34
6	2	9,24	649,35	757,57	865,52	974,03
8	2	5,24	1145,04	1335,88	1526,72	1717,56
10	2	4,46	1345,29	1569,51	1793,72	2017,94
0	1	129,03	46,5	54,25	62	69,75
4	1	4,86	1234,57	1440,33	1646,09	1851,85
8	1	3,05	1967,21	2295,08	2622,95	2950,82
10	1	2,48	2419,35	2822,58	3225,81	3629,03
0	0	89,81	66,81	77,94	89,08	100,21
4	0	3,02	1986,75	2317,88	2649,01	2980,13
8	0	1,98	3030,3	3535,35	4040,4	4545,45
10	0	1,71	3508,77	4093,57	4678,36	5263,16

	Volume do Reactor Biológico			
	6 Litros	7 Litros	8 Litros	9 Litros
Q continuo (ml/min)	Tempo de residência (min)			
236,22	25,4	29,63	33,87	38,1

A.2 Bomba B

	Volume do Reactor Biológico			
	6 Litros	7 Litros	8 Litros	9 Litros
Q continuo (ml/min)	Tempo de residência (min)			
216,9	27,66	32,27	36,88	41,49

Tratamento Biológico (Lamas Activadas) de Águas Residuais

Wait	Operate	Q descontinuo (ml/min)	Volume do Reactor Biológico			
			6 Litros	7 Litros	8 Litros	9 Litros
			Tempo de residência (min)			
0	10	198,05	30,3	35,34	40,39	45,44
2	10	97,28	61,68	71,96	82,24	92,52
4	10	49,69	120,75	140,87	161	181,12
6	10	35,11	170,89	199,37	227,86	256,34
8	10	28,38	211,42	246,65	281,89	317,12
10	10	19,78	303,34	353,89	404,45	455,01
0	8	193,04	31,08	36,26	41,44	46,62
2	8	96,06	62,46	72,87	83,28	93,69
4	8	44,85	133,78	156,08	178,37	200,67
6	8	30,65	195,76	228,38	261,01	293,64
8	8	20,76	289,02	337,19	385,36	433,53
10	8	18,47	324,85	378,99	433,13	487,28
0	6	154	38,96	45,45	51,95	58,44
2	6	86,18	69,62	81,23	92,83	104,43
4	6	37,61	159,53	186,12	212,71	239,3
6	6	23,15	259,18	302,38	345,57	388,77
8	6	17,08	351,29	409,84	468,38	526,93
10	6	15,6	384,62	448,72	512,82	576,92
4	5	21,07	284,77	332,23	379,69	427,15
5	5	29,05	206,54	240,96	275,39	309,81
0	4	146,34	41	47,83	54,67	61,5
2	4	50,22	119,47	139,39	159,3	179,21
4	4	20,43	293,69	342,63	391,58	440,53
6	4	10,67	562,32	656,04	749,77	843,49
7	4	12,79	469,12	547,3	625,49	703,67
8	4	9,02	665,19	776,05	886,92	997,78
10	4	8,13	738,01	861,01	984,01	1107,01
0	2	116,34	51,57	60,17	68,76	77,36
2	2	16,63	360,79	420,93	481,06	541,19
4	2	5,46	1098,9	1282,05	1465,2	1648,35
6	2	4,6	1304,35	1521,74	1739,13	1956,52
8	2	1,79	3351,96	3910,61	4469,27	5027,93
10	2	1,46	4109,59	4794,52	5479,45	6164,38
0	1	91,29	65,72	76,68	87,63	98,59
4	1	3,8	1578,95	1842,11	2105,26	2368,42
8	1	2,62	2290,08	2671,76	3053,44	3435,11
10	1	2,44	2459,02	2868,85	3278,69	3688,52
0	0	63,01	95,22	111,09	126,96	142,83
4	0	2,85	2105,26	2456,14	2807,02	3157,89

Anexo B – Valores da variação da CQO do efluente a tratar e tratado, ao longo da etapa de aclimatização.

DIA	CQO_{bruto} (mgO₂/L)	CQO_{tratado} (mgO₂/L)
1	585,8	—
4	470,8	—
5	485,8	38,3
6	455,8	50,8
7	494,5	33,3
8	—	—
11	489,5	47
12	422	33
13	464	32
14	386	25
15	443,3	42
18	—	—
19	440	20
21	430,8	20
22	459,5	20
25	809,5	32
26	757,8	20
27	767	37
28	690	34
29	852	61
32	772	497
33	885,8	888,3
34	845	431
35	766	223
36	—	—
41	—	—
42	1000,8	185,5
43	1026	86
46	838	210
47	840	70
48	781	59
52	624	72
59	641	39
60	796	118

Anexo C – Valores da variação da CBO₅ do efluente a tratar e tratado, ao longo da etapa de aclimatização.

DIA	CBO₅ bruto (mgO₂/L)	CBO₅ tratado (mgO₂/L)
1	324,8	---
4	---	---
5	---	---
6	334,9	15,3
7	243,4	3,09
8	---	---
11	---	---
12	---	---
13	286,3	8,5
14	---	---
15	259,4	12,1
18	---	---
19	---	---
21	---	---
22	212,9	7,2
25	---	---
26	---	---
27	---	---
28	---	---
29	523,7	22,03
32	---	---
33	---	---
34	---	---
35	---	---
36	---	---
41	---	---
42	---	---
43	722	28,3
46	---	---
47	---	---
48	---	16,7
52	---	---
59	---	---
60	---	---

Anexo C – Valores da variação da CBO₅ do efluente a tratar e tratado, ao longo da etapa de aclimatização.

DIA	CBO₅ bruto (mgO₂/L)	CBO₅ tratado (mgO₂/L)
1	324,8	---
4	---	---
5	---	---
6	334,9	15,3
7	243,4	3,09
8	---	---
11	---	---
12	---	---
13	286,3	8,5
14	---	---
15	259,4	12,1
18	---	---
19	---	---
21	---	---
22	212,9	7,2
25	---	---
26	---	---
27	---	---
28	---	---
29	523,7	22,03
32	---	---
33	---	---
34	---	---
35	---	---
36	---	---
41	---	---
42	---	---
43	722	28,3
46	---	---
47	---	---
48	---	16,7
52	---	---
59	---	---
60	---	---

Anexo D – Valores da variação do pH do efluente a tratar e tratado, ao longo da etapa de aclimatização.

DIA	pH _{bruto}	pH _{tratado}
1	6,78	—
4	—	—
5	—	—
6	—	—
7	—	—
8	—	—
11	6,35	6,8
12	—	—
13	4,72	6,49
14	6,65	—
15	—	—
18	—	—
19	6,4	6,85
21	6,36	6,89
22	6,32	7,08
25	6,73	7,07
26	6,35	6,79
27	6,39	6,85
28	6,75	7,01
29	6,33	6,72
32	6,52	6,87
33	6,01	6,8
34	6,34	6,86
35	—	—
36	—	—
41	—	—
42	—	—
43	6,09	6,6
46	4,97	6,57
47	3,69	6,58
48	4,05	6,6
52	5,73	6,76
59	5,74	6,71
60	3,92	6,93

Anexo E – Valores da variação de SST e SSV no tanque de arejamento, ao longo da etapa de aclimatização.

DIA	SST_{lamas} (mg/L)	SSV_{lamas} (mg/L)
1	---	---
4	---	---
5	---	---
6	---	---
7	1845	1500
8	---	---
11	4210	3670
12	---	---
13	3710	3210
14	---	---
15	---	---
18	---	---
19	3070	2700
21	3210	2795
22	---	---
25	3170	2880
26	2700	2530
27	---	---
28	2920	2560
29	---	---
32	1550	1470
33	---	---
34	1360	1240
35	---	---
36	---	---
41	---	---
42	---	---
43	2710	2370
46	2640	2360
47	1760	1620
48	2540	2260
52	3220	3040
59	1080	960
60	1330	1260

Anexo F – Valores da variação de OUR no tanque de arejamento, após retirar o oxigénio.

F.1 No 8º dia

t(s)	OUR(mg/L)
0	9
5,18	9
12,15	8,9
19,15	8,9
26,97	8,9
32,9	8,9
38,31	8,9
45,62	8,8
57,93	5,8
68,65	5
75,84	4,9
81	4,9
85	4,9
91	4,7
101	4,5
106	4
111	3,9
118	3,7
125	3,6
130	3,4
135	3,4
140	3,2
145	3,1
151	2,9
156	2,8
160	2,7
165	2,6
178	2,6
184	2,6
189	2,6
199	2,6
236	2,5
243	2,2

F.2 No 13º dia

t(s)	OUR(mg/L)	t(s)	OUR(mg/L)
0	6,5	150,55	3,8
5,65	5,8	155,74	3,7
10,55	5,7	161,05	3,7
15,93	5,6	165,49	3,6
20,33	5,4	169,43	3,6
25,21	5,3	179,36	3,6
30,43	5,2	180,4	3,5
36,86	5	185,65	3,4
40,4	5	190,4	3,4
45,3	4,9	196,05	3,4
50,24	4,8	200,86	3,4
55,5	4,8	205,52	3,4
60,46	4,8	210,3	3,4
69	4,8	215,36	3,4
80	4,7	224,36	3,3
85	4,7	230,33	3,3
90,24	4,6	237,36	3,3
95,65	4,6	242,74	3,3
100,55	4,6	246,76	3,3
105,22	4,6	251,65	3,3
110,49	4,5	257,15	3,2
114,68	4,3	261,9	3,2
120,49	4,2	271,61	3,2
125,68	4,1	280,99	3,1
131,05	4,1	290,43	3,1
135,01	4	298,21	3
139,8	3,9	304,36	3
145,55	3,8		

F.3 No 21º dia

t(s)	OUR(mg/L)	t(s)	OUR(mg/L)
0	9	140,51	5,2
5,73	8,6	145,39	5,1
10,32	7,6	150,35	5,1
15,38	7,4	154,32	5
20,29	7,3	160,29	5
24,41	7,3	165,66	5
30,38	7,2	170,38	5
35,54	7,1	175,04	5
40,29	7	180,35	5
45,32	6,8	185,35	5
50,38	6,4	190,38	4,9
55,38	6,1	195,57	4,9
60,35	6,1	200,29	4,8
65,44	6	205,38	4,8
70,66	6	210,79	4,7
75,66	5,8	215,35	4,7
80,26	5,8	220,35	4,6
83,88	5,7	225,32	4,6
90,35	5,6	230,35	4,5
95,44	5,6	240,41	4,5
100,69	5,6	245,51	4,4
105,41	5,6	250,48	4,4
110,41	5,5	255,35	4,3
115,6	5,5	260,66	4,3
120,35	5,4	280,6	4,1
125,41	5,2	290,54	4
130,29	5,2	300,6	3,9
135,41	5,2		

F.4 No 29º dia

t(s)	OUR(mg/L)	t(s)	OUR(mg/L)
0	8,6	140,8	5
5,33	7,9	145,52	5
10,36	7,2	150,49	5
15,39	6,8	155,33	5
20,36	6,6	160,39	5
25,36	6,5	165,36	5
30,36	6,4	170,36	4,9
35,39	6,4	175,39	4,8
40,33	6,4	180,33	4,8
45,36	6,4	185,61	4,7
50,39	6,3	190,46	4,7
55,36	6,1	195,36	4,7
60,36	5,8	200,36	4,7
65,36	5,7	205,36	4,7
70,61	5,5	209,71	4,6
75,33	5,5	215,39	4,6
80,49	5,5	220,24	4,6
86,14	5,5	225,61	4,6
90,39	5,5	231,7	4,5
95,52	5,5	235,77	4,5
100,42	5,4	240,64	4,5
105,36	5,4	245,36	4,5
110,3	5,4	249,46	4,5
115,33	5,4	255,39	4,5
120,33	5,3	263,52	4,5
125,52	5,2	272,08	4,5
130,49	5,2		
135,36	5,1		

F.5 No 43° dia

t(s)	OUR(mg/L)	t(s)	OUR(mg/L)
0	9	110,46	5,8
5,8	7,4	115,46	5,4
10,46	7,2	120,4	5,4
15,43	7	135,37	5,1
20,37	6,8	140,43	5
25,4	6,6	145,75	4,9
30,4	6,5	150,59	4,9
35,4	6,5	155,45	4,8
40,4	6,4	165,49	4,8
45,37	6,4	170,37	4,8
50,52	6,2	175,52	4,7
55,15	6,1	180,4	4,7
60,4	6,1	185,59	4,6
65,37	6	190,84	4,5
70,46	6	196,99	4,5
75,55	5,9	200,68	4,4
80,68	5,9	210,37	4,4
85,77	5,9	220,37	4,3
90,49	5,9	230,4	4,3
95,65	5,8	240,46	4,3
100,37	5,8	250,52	4,3
105,46	5,8	260,4	4,3

1 Introdução

Os poluentes gasosos gerados nos estabelecimentos industriais são susceptíveis de provocar graves impactos ambientais à escala local se não for garantida a sua adequada dispersão, pelo que é preciso cumprir e respeitar os requisitos estabelecidos relativamente às emissões de poluentes para a atmosfera.

O controlo das emissões de poluentes através de medições e quantificações, em contínuo ou pontualmente, com vista à verificação do cumprimento da legislação ambiental em vigor é obrigatório e a responsabilidade pela execução cabe ao proprietário do estabelecimento industrial. Para certos casos, saber quais são os poluentes a medir pode ser tarefa difícil, no entanto, tendo em conta o tipo de operação, combustível consumido e matérias-primas transformadas é possível, para a maioria dos casos, definir os poluentes de maior relevância.

Antes de se iniciar a medição dos efluentes gasosos, foi estudado todos os métodos, já implementados (medição de partículas, NO_x , SO_2 , CO , O_2 , e ainda outros (determinação de HCl em efluentes gasosos).

Medição de Emissões Gasosas em Fontes Fixas.

1 Introdução

Os poluentes gasosos gerados nos estabelecimentos industriais são susceptíveis de provocar graves impactos ambientais à escala local se não for garantida a sua adequada dispersão, pelo que é preciso cumprir e respeitar os requisitos estabelecidos relativamente às emissões de poluentes para a atmosfera.

O controlo das emissões de poluentes através de medições e quantificações, em contínuo ou pontualmente, com vista à verificação do cumprimento da legislação ambiental em vigor é obrigatório e a responsabilidade pela execução cabe ao proprietário do estabelecimento industrial. Para certos casos, saber quais são os poluentes a medir pode ser tarefa difícil, no entanto, tendo em conta o tipo de operação, combustível consumido e matérias-primas transformadas é possível, para a maioria dos casos, definir os poluentes de maior relevância.

Antes de se iniciar a realização das medições dos efluentes gasosos, foi estudado todos os métodos, já implementados (medição de partículas, Nox, SO₂, CO, O₂, , e ainda outros (determinação de HCl em efluentes gasosos).

Para além disto, é necessário ter um conhecimento alargado de leis e normas referentes ao controlo de emissões e poluição atmosférica. Portanto, neste relatório vai ser referido as normas e legislação, assim como, o equipamento necessário para a amostragem.

2 Normas e Legislação Aplicáveis

A implementação da estratégia pela qualidade do ar obriga a que estejam definidos: critérios de qualidade do ar. A Organização mundial de saúde editou várias publicações onde, com base nos resultados dos estudos toxicológicos ou epidemiológicos fixou as relações dose – resposta para os diversos poluentes, isto é os critérios de qualidade do ar. Nos EUA a Environmental Protection Agency (USEPA) editou também publicações ou critérios de qualidade do ar.

As normas de qualidade do ar trata de valores estabelecidos por lei e que fixam os valores máximos permitidos no ar ambiente para certos ambientes. Têm em consideração os critérios de qualidade, factores de segurança e outros aspectos nomeadamente económicos e, na Europa, designam-se por valores limites. No caso das normas de qualidade do ar há normalmente dois valores fixados, um para proteger as populações de exposição de longo prazo e outro para prevenir episódios agudos de curta duração. Os valores para exposição de longo prazo (por exemplo um ano) são sempre menores do que os fixados para episódios agudos de curto prazo (por exemplo um dia).

Um dos objectivos fundamentais do sistema de protecção e controlo da qualidade do ar consiste no estabelecimento de medidas obrigatórias, preventivas e correctivas, de modo a assegurar que os níveis dos poluentes atmosféricos não ultrapassem os valores das normas de qualidade do ar.

O regime jurídico de protecção e controlo da qualidade do ar estabelecidos no decreto de lei n.º 352/90, de 9 de Novembro define o conceito de valores limite de emissão, que é válido não só para efeitos deste diploma, mas também, para toda a legislação complementar.

Os valores limites de emissão visam a protecção do ambiente e da saúde humana e aplicam-se a todas as emissões de poluentes atmosféricos emitidos por fontes fixas de qualquer estabelecimento industrial. Para a sua determinação tem-se em consideração, de acordo com a lei, e existência de tecnologias de controlo adequado, as implicações económicas para as empresas abrangidas e a necessidade de protecção do ambiente e o bem estar das populações.

2.1 Valores Limite Fixados

Nos termos do supra referido diploma são fixados nos anexos IV e V da Portaria n.º 286/93, de 12 de Março (actualizada pelas Portarias n.º 1058/94, de 2 de Dezembro; n.º 125/97, de 21 de Fevereiro; e n.º 399/97, de 18 de Junho, e pelo Decreto de Lei n.º 273/98, de 2 de Setembro, e rectificada pelas declarações de rectificação n.º 91/93 e 11-H/97), valores limite de emissão para:

- ✓ Partículas;
- ✓ Dióxido de Enxofre (SO₂);
- ✓ Sulfureto de Hidrogénio (H₂S);
- ✓ Óxidos de Azoto (Nox);
- ✓ Monóxidos de Carbono (CO);
- ✓ Compostos orgânicos;
- ✓ Compostos inorgânicos fluorados;
- ✓ Compostos inorgânicos clorados;
- ✓ Metais pesados;
- ✓ Amianto;
- ✓ Dioxinas e Furanos.

2.2 Normas e Legislação

As normas e legislação que é aplicável são:

- ✓ Pr NP-2167 – Qualidade do Ar. Secção de amostragem e plataformas para chaminés ou condutas circulares de eixo vertical.
- ✓ NP-1769 – Higiene e Segurança no Trabalho.
- ✓ Dec. - Lei n.º 352/90 – Estabelece o regime de protecção e controlo da Qualidade de Ar.
- ✓ Portaria n.º 286/93 – Define valores limites de poluentes na atmosfera e valores limites de emissão.
- ✓ Portaria n.º 1058/94 – Estabelece valores limites específicos de emissão para o Nox para as instalações de co-geração.
- ✓ Portaria n.º 125/97 – Estabelece ajustamentos ao ponto 11.1 da Portaria 286/93 (Incineração de resíduos sólidos).

2.2.1 Pr NP-2167 – Qualidade do Ar. Secção de amostragem e plataformas para chaminés ou condutas circulares de eixo vertical.

- ✓ OBJECTIVO: Uniformizar e estabelecer as condições a que devem obedecer a secção de amostragem e plataforma de amostragem.

- ✓ LOCALIZAÇÃO DA SECÇÃO DE AMOSTRAGEM
 - I. Uma distância a montante de qualquer perturbação igual ou superior a 8 vezes o diâmetro interno da secção.
 - II. Uma distância a jusante de qualquer perturbação igual ou superior a 2 vezes o diâmetro interno da secção.

- ✓ ORIFÍCIO DE AMOSTRAGEM
 - I. Diâmetro interno mínimo de 102 mm para chaminés de $\varnothing < 3.0\text{m}$.
 - II. Diâmetro interno mínimo de 110 mm para chaminés de $\varnothing > 3.0\text{m}$. O orifício de amostragem consistirá obrigatoriamente numa flange cega. Os eixos longitudinais dos orifícios de amostragem devem interceptar perpendicularmente o eixo da chaminé.

- ✓ LOCALIZAÇÃO E N.º DE ORIFÍCIOS DE AMOSTRAGEM
 - I. No caso em que o $\varnothing + L_t$ (comprimento da toma) $< 3.0\text{m}$, colocar dois orifícios a 90° .
 - II. No caso em que o $\varnothing + L_t$ (comprimento da toma) $\geq 3.0\text{m}$, colocar quatro orifícios desfasados de 90° .

PLATAFORMAS PARA EXECUÇÃO DE AMOSTRAGENS

- LOCALIZAÇÃO: 1.5m abaixo da secção de amostragem.
- DIMENSÕES:

No caso em que $\varnothing + L_t < 3.0\text{m}$, a plataforma abrangerá $\frac{1}{4}$ da circunferência da chaminé mais um arco de 0.9m para cada lado.

No caso em que o $\varnothing + L_t \geq 3.0\text{m}$, a plataforma deve circundar toda a chaminé.

A largura mínima da plataforma será 1.2m. Se $\varnothing + Lt \leq 2.0m$, a largura mínima será de 1.0m.

- **SEGURANÇA:** A plataforma deverá possuir um guarda-corpo com altura de 1.0m e suportar um peso mínimo de 500 Kg.

- **ACESSO:** Facultar o acesso fácil e seguro para pessoas e equipamento. Plataforma dotada de guincho mecânico com capacidade para 150 Kg.

- **ZONA DE MANIPULAÇÃO:** as suas dimensões mínimas serão as seguintes:

1. 0.30m acima da toma de amostragem;
2. 0.45m abaixo da toma de amostragem;
3. 0.60m para cada lado da toma de amostragem;
4. $(\varnothing + Lt + 1.0)$ metros no seguimento do eixo longitudinal da toma de amostragem.

2.2.2 NP-1796 – Higiene e Segurança no Trabalho.

Níveis admissíveis de concentração par substâncias nocivas existentes no ar dos locais de trabalho.

• **OBJECTIVO:**

Esta norma destina-se a fixar os níveis admissíveis de concentração para substâncias nocivas dispersas no ar dos locais de trabalho, com vista a salvaguardar a saúde dos trabalhadores.

• **CAMPO DE APLICAÇÃO:**

A presente norma destina-se a todos os locais de trabalho onde se verifique a libertação de substâncias nocivas resultantes dos processos de trabalho.

• **EXPRESSÃO DAS CONCENTRAÇÕES:**

As concentrações das partículas são expressas em massa por volume (mg/m^3).

As concentrações de gases e vapores são expressas em massa por volume (mg/m^3) em volume por volume (ppm).

2.2.3 Dec. - Lei n.º 352/90 – Estabelece o regime de protecção e controlo da Qualidade de Ar.

• OBJECTIVOS:

1. Criação do quadro normativo para a gestão do ar.
2. Preservação da harmonia entre a natureza e a actividade humana.
3. Estabelecimento de medidas obrigatórias de modo a assegurar que os níveis de poluentes atmosféricos não ultrapassem as normas do ar.

• CAPITULO II:

✓ Normas da qualidade do ar, localização de postos de medida e métodos de cálculo.

• CAPITULO III:

✓ Valores limites de emissão para instalações industriais, condições e periodicidade das medições intervalares e outros processos, tolerância e controlo oficial.

• CAPITULO IV:

✓ Controlo das emissões de poluentes atmosféricos, descarga de poluentes atmosféricos de estabelecimentos industriais, determinação da altura das chaminés e aspectos relativos à sua construção e queima a céu aberto.

• CAPITULO V:

✓ Gestão da qualidade do ar.

• CAPITULO VI:

✓ Fomento da qualidade do ar.

2.2.4 Portaria n.º 283/93 – Define valores limite de poluentes na atmosfera e valores limite de emissão.

• Objectivos:

• Fixar valores limite e valores guia de determinados poluentes no ambiente, sendo estes valores expressos em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e corrigidos para as condições de pressão e temperatura normais (101.3 Kpa e 293.15K).

• Estabelecer os valores limite de emissão de aplicação geral, discriminar as substâncias cancerígenas e estabelecer os valores limite de emissão sectoriais.

• Estabelecer as condições que determinam a realização de medições em contínuo das emissões para a atmosfera.

2.2.5 Portaria n.º 1058/94 – Estabelece valores limite específicos de emissão para o Nox em instalações de co-geração.

• Objectivos:

Ajustar os valores limite de emissão para o Nox, constantes da Portaria 286/93, de forma a que as instalações de co-geração possam cumprir a referida legislação. Desta forma o Governo mandou acrescentar um n.º 12 ao Anexo VI da Portaria 286/93 que estabelece valores de emissão mais baixos para os Óxidos de Azoto em co-gerações. Esse limites variam com a potência instalada.

2.2.6 Portaria n.º 125/97– Estabelece ajustamentos ao ponto 11.1 da Portaria n.º186/93 (incineração de resíduos sólidos).

Introduz ajustamentos ao nº11.1 do Anexo VI da Portaria 286/93 devido à transposição da Directiva nº89/369/CEE de 8 de Junho, relativamente à incineração de resíduos sólidos:

- Introdução de queimadores de reforço.
- Medição e registo ininterrupto da temperatura dos gases na zona em que se encontram satisfeitas as condições de temperatura de pelo menos 850°C, durante um período não inferior a 2 segundos, em presença de pelo menos 6% de oxigénio e do teor de vapor de água dos gases de combustão.
- A entidade responsável pelo funcionamento de incineradoras deve apresentar às autoridades competentes programas de medição adequados de modo a garantir resultados representativos do nível normal de emissão das substâncias consideradas.

2.2.7 Norma Portuguesa 2167

Qualidade do Ar

Emissões de Fontes Fixas. Secção de Amostragem e Plataforma para Chaminé
ou Conduto Circulares de Eixo Vertical

1. Objectivo e Campo de Aplicação

A presente Norma destina-se a estabelecer e uniformizar as condições a que uma secção de amostragem e plataforma respectiva devem satisfazer, aplicando-se tanto a chaminés como a condutas circulares.

2. Definição

2.1 secção de amostragem: secção recta em que se verifique um perfil de velocidades sensivelmente uniforme, e onde a repartição de partículas ou aerossóis não apresente localmente heterogeneidades importantes. Na secção de amostragem não devem existir, portanto, vórtices, zonas mortas, correntes preferenciais ou de retorno.

3. Características Exigidas

3.1 Localização da Secção de Amostragem

A secção de amostragem deverá estar localizada relativamente a quaisquer fontes de perturbação do escoamento, por forma a satisfazer simultaneamente as seguintes condições (ver Figura 1 - A e B):

- Uma distância a montante, d_1 , igual ou superior a 8 diâmetros internos da secção (\emptyset);
- Uma distância a jusante, d_2 , igual ou superior a 2 diâmetros internos da secção (\emptyset).

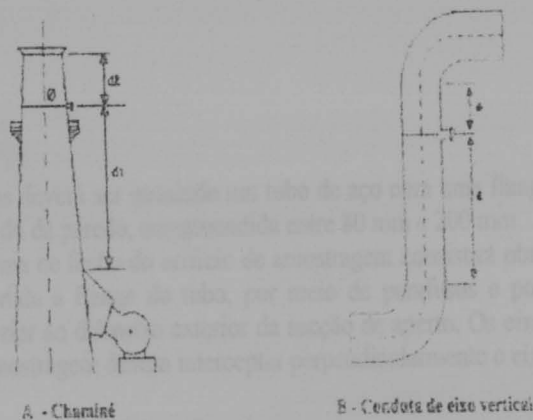


Figura 1 - Localização de secção de amostragem

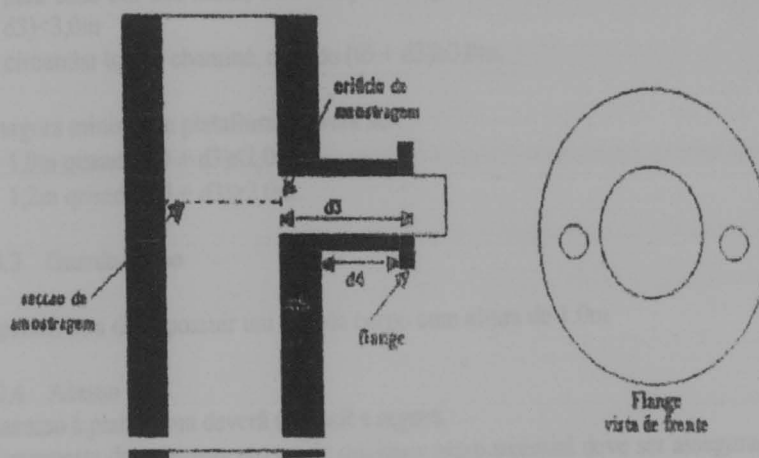
3.2 Instalação do Equipamento

Para a execução do procedimento de amostragem, a secção de amostragem deve estar completamente desimpedida. Os aparelhos que eventualmente existam (opacímetros, por exemplo) devem estar instalados de forma a não perturbar o escoamento de gás e a realização das várias operações.

3.2.1 Constituição e Montagem dos Orifícios de Amostragem

Os orifícios destinados à introdução das sondas deverão apresentar um diâmetro interno mínimo de:

- 102 mm para chaminés com diâmetro $<3,0$ metros
- 110 mm para chaminés com diâmetro $>3,0$ metros.



Nestes orifícios deverá ser instalado um tubo de aço com uma flange exterior situada a uma distância d_4 da parede, compreendida entre 80 mm e 200 mm.

O sistema de fecho do orifício de amostragem consistirá obrigatoriamente numa flange cega unida à flange do tubo, por meio de parafusos e porcas, possuindo um diâmetro superior ao diâmetro exterior da secção de aperto. Os eixos longitudinais dos orifícios de amostragem devem interceptar perpendicularmente o eixo da chaminé.

3.2.2 Localização e Número dos Orifícios de Amostragem

O n.º de orifícios de amostragem será:

- 2 orifícios a 90º quando $(\varnothing + d3) < 3,0\text{m}$;
- 4 orifícios desfasados de 90º quando $(\varnothing + d3) > 3,0\text{m}$.

3.3 Plataforma para a Execução de Amostragem

3.3.1 Localização

A base da plataforma deve estar localizada 1,50m abaixo da secção de amostragem.

3.3.2 Dimensões

A plataforma deverá:

- abranger 1/4 de circunferência da chaminé, acrescido de um arco com 0,9m para cada um dos lados, medidos junto à parede da chaminé, quando $(\varnothing + d3) < 3,0\text{m}$
- circundar toda a chaminé, quando $(\varnothing + d3) \geq 3,0\text{m}$.

A largura mínima da plataforma deverá ser:

- 1,0m quando $(\varnothing + d3) \leq 2,0\text{m}$;
- 1,2m quando $(\varnothing + d3) \geq 2,0\text{m}$.

3.3.3 Guarda-corpo

A plataforma deve possuir um guarda corpo com altura de 1.0m.

3.3.4 Acesso

O acesso à plataforma deverá ser fácil e seguro.

O transporte do equipamento ou de qualquer outro material deve ser assegurado por elevação, através da montagem de um guincho mecânico capaz de suportar uma carga de 150 Kg.

3.3.5 Zona de Manipulação

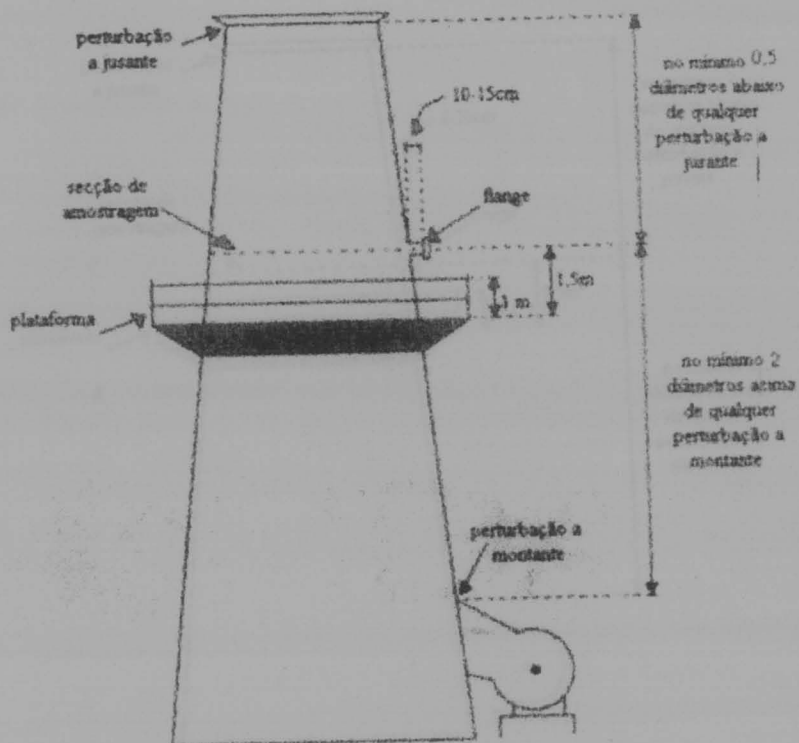
Na vizinhança de cada orifício de amostragem deve ser respeitada uma zona de manipulação do equipamento, livre de quaisquer obstáculos. Esta zona é definida pelas seguintes dimensões mínimas:

- 0,30m acima do orifício de amostragem;
- 0,45m abaixo do orifício de amostragem;
- 0,60m para cada lado do orifício de amostragem;
- a zona de manipulação deve estender-se para além da parede exterior da chaminé numa distância mínima de $(\varnothing + d3 + 0,9\text{m})$.

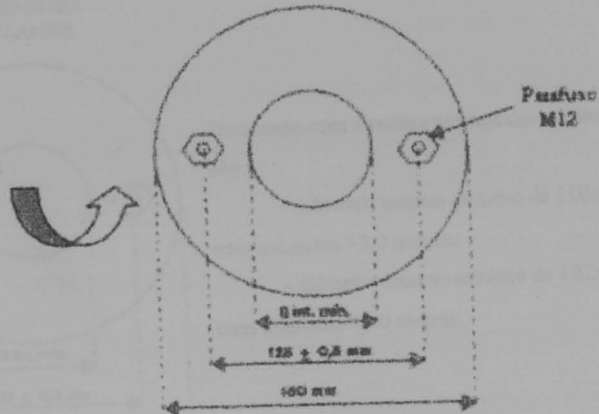
3.3.6 Peso suportado pela plataforma

A plataforma para a execução das amostragens deve estar apta a suportar 200 Kg de equipamento e o peso de 3 pessoas.

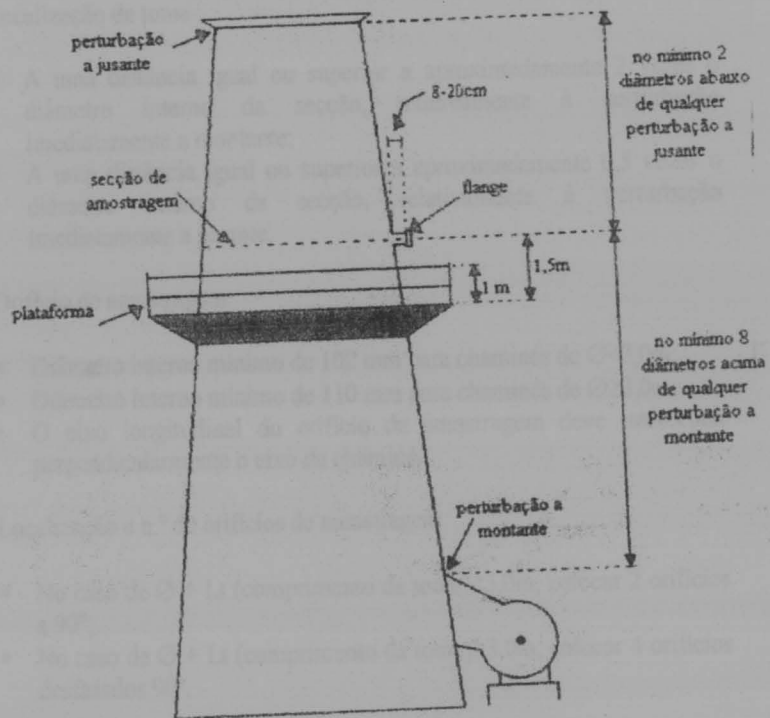
NORMA EPA



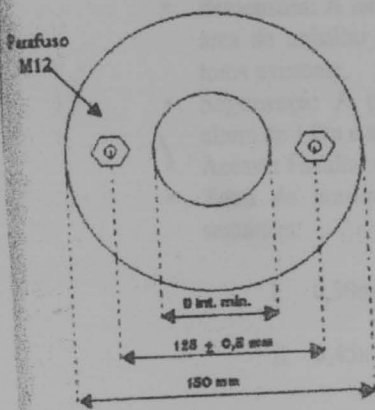
DIMENSÕES DA FLANGE



NORMA PORTUGUESA



DIMENSÕES DA FLANGE



De acordo com a norma portuguesa as dimensões da flange são:

- diâmetro interno mínimo de 110mm para chaminés com diâmetro >3.0 metros;
- diâmetro interno mínimo de 102mm para chaminés com diâmetro <3.0 metros.

PLATAFORMAS E ORIFÍCIOS DE AMOSTRAGEM

Condições Indispensáveis à Realização da Amostragem

1. Localização da toma

- A uma distância igual ou superior a aproximadamente 2 vezes o diâmetro interno da secção, relativamente à perturbação imediatamente a montante;
- A uma distância igual ou superior a aproximadamente 0,5 vezes o diâmetro interno da secção, relativamente à perturbação imediatamente a jusante.

2. Orifício de amostragem

- Diâmetro interno mínimo de 102 mm para chaminés de $\varnothing < 3,0\text{m}$;
- Diâmetro interno mínimo de 110 mm para chaminés de $\varnothing \geq 3,0\text{m}$;
- O eixo longitudinal do orifício de amostragem deve interceptar perpendicularmente o eixo da chaminé.

3. Localização e n.º de orifícios de amostragem

- No caso de $\varnothing + L_t$ (comprimento da toma) $< 3,0\text{m}$, colocar 2 orifícios a 90° ;
- No caso de $\varnothing + L_t$ (comprimento da toma) $\geq 3,0\text{m}$, colocar 4 orifícios desfasados 90° .

4. Plataforma para execução de amostragens

- **Localização:** 1,5m abaixo da secção de amostragem.
- **Dimensões:** A largura mínima da plataforma será de 1,5m, com uma área de trabalho livre de aproximadamente 4m^2 em redor de cada toma existente.
- **Segurança:** A plataforma deverá possuir um guarda-corpo com altura de 1,0m e suportar um peso mínimo de 400 Kg.
- **Acesso:** Facultar o acesso fácil e seguro para pessoas e equipamentos.
- **Zona de manipulação:** As dimensões mínimas deverão ser as seguintes:

I. 0,30m acima da toma de amostragem;

II. 0,45m abaixo da toma de amostragem;

III. $(\varnothing + L_t + 1,0)\text{m}$ no seguimento do eixo longitudinal da toma de amostragem.

5. Nas amostragens de chaminés interiores (isto é, chaminés que se localizam dentro de pavilhões), caso se verifiquem temperaturas levadas e acumulação de gases ou poeiras, poderá ser necessário providenciar condições de salubridade mínimas (arejar, tirar telhas,...).
6. Se a chaminé for metálica é necessário tê-la ligada à terra, em especial se esta tiver um extractor eléctrico associado. As tomadas de corrente a serem usadas pela equipa técnica deverão ser verificadas, para garantir a existência de terra.

DECRETO DE LEI Nº352/90 DE 9 DE NOVEMBRO

Estabelece o Regime de Protecção e Controlo da Qualidade do Ar

CAPÍTULO I

Disposições Gerais

Artigo 4º - Definições

Para efeitos do presente diploma e legislação complementar, entende-se por:

- ♦ **Aerossóis** – partículas sólidas ou líquidas em suspensão num meio gasoso, com uma velocidade de queda irrelevante e cujo tamanho excede normalmente o de um colóide (de 1nm a 1µm).
- ♦ **Chaminé** – conduta de direcção ou controlo de exaustão de fumos ou aerossóis de estabelecimentos industriais.
- ♦ **Combustível** – qualquer matéria sólida, líquida ou gasosa que alimenta uma instalação de combustão, com excepção dos resíduos urbanos e dos resíduos tóxicos ou perigosos.
- ♦ **Concentração excessiva** – concentração provocada por efeitos aerodinâmicos criados pela fonte emissora ou por obstáculos, naturais ou artificiais, que seja, pelo menos superior em 40% à concentração verificada na ausência dos referidos efeitos aerodinâmicos.
- ♦ **Emissão difusa** – qualquer emissão de poluentes para a atmosfera que não é feita através de um dispositivo preparado para a dirigir ou controlar.
- ♦ **Estabelecimento industrial** – fábrica, oficina, estaleiro, laboratório, armazém ou qualquer outra instalação, ainda que móvel, ou mero local, independentemente da sua dimensão, número de trabalhadores, equipamentos ou outros factores de produção, e nos quais seja exercida, principal ou acessoriamente, por conta própria ou de terceiros, qualquer actividade industrial;
- ♦ **Fonte de emissão** – ponto de origem, fixo ou móvel, de poluentes atmosféricos.
- ♦ **Fornalha mista** – qualquer instalação de combustão susceptível de ser alimentada simultânea ou alternadamente por dois ou mais tipos de combustíveis.
- ♦ **Fumos** – efluentes gasosos que contenham emissões sólidas, líquidas ou gasosas, exprimindo-se o respectivo caudal volúmico em metros cúbicos por hora (Nm³/h), às condições de temperatura e de pressão normais, 0°C e 101,3 kPa, após dedução do teor de vapor de água.
- ♦ **Grande instalação de combustão** – qualquer instalação de combustão com potência térmica nominal igual ou superior a 50 MW.

- ♦ **Grande perturbação** – evento não programado relacionado com a actividade de um estabelecimento industrial, que resulta numa emissão, não imediatamente controlada, de poluentes atmosféricos que excede os valores limites de emissão estabelecidos.
- ♦ **Instalação de combustão** – qualquer equipamento técnico onde sejam oxidados produtos combustíveis, sólidos líquidos ou gasosos.
- ♦ **Média aritmética** – soma de todas as observações, depois de arredondadas ao micrograma por metro cúbico mais próximo, dividida pelo número de observações.
- ♦ **Mediana** – corresponde, numa série de N valores de concentração de um dado poluente, arredondados ao micrograma por metro cúbico mais próximo e arredondados por ordem crescente, ao valor de ordem K calculado a partir de

$$K = \text{inteiro}(0,5N) + 1$$

- ♦ **Normas de emissão** – normas que estabelecem os valores máximos de emissão de poluentes atmosféricos provenientes de fontes de emissão fixas ou móveis.
- ♦ **Nova instalação** – normas que estabelecem os valores máximos de emissão de poluentes atmosféricos provenientes de fontes de emissão fixas ou móveis.
- ♦ **Obstáculos artificiais** – edifícios e outras construções.
- ♦ **Obstáculos naturais** – topografia e florestação.
- ♦ **Percentil** – corresponde numa série de N valores de concentração de um dado poluente, arredondados ao micrograma por metro cúbico mais próximo e ordenados por ordem crescente, ao valor de ordem K calculado a partir de

$$K = \text{inteiro}(P/100N) + 1$$

- ♦ **Poluentes atmosféricos** – substâncias ou energia que exerçam uma acção nociva susceptível de pôr em risco a saúde humana, de causar danos aos recursos biológicos e aos ecossistemas, de deteriorar os bens materiais e de ameaçar ou prejudicar o valor recreativo ou outras utilizações legítimas do ambiente.
- ♦ **Poluição atmosférica** – a introdução pelo Homem na atmosfera, directa ou indirectamente, de poluentes atmosféricos.
- ♦ **Próxima** – a distância que se encontra num raio de até cinco vezes a menor dimensão (altura ou largura) de uma estrutura, desde que não seja superior a 500m.
- ♦ **Valor limite de emissão** – concentração ou massa de poluentes contidos nas emissões provenientes das instalações, que não deve durante um período determinado ser ultrapassado.

- ♦ **Valor** limite de qualidade do ar – concentração máxima no meio recepto para um determinado poluente atmosférico, cujo valor não pode ser excedido durante períodos previamente determinados, e nas condições que são especificadas no presente diploma, com vista à protecção da saúde humana e preservação do ambiente.

CAPÍTULO III Normas de Emissão

Artigo 9º - Valores Limites de Emissão para Instalações Industriais

1. Os valores limites de emissão visam a protecção do ambiente e da saúde humana. Aplicam-se a todas as emissões de poluentes atmosféricos emitidos por fontes fixas de qualquer estabelecimento industrial e constam da portaria nº286/93.
2. Na determinação dos valores limites de emissão consideram-se os seguintes elementos:
 - a) existência de tecnologia de controlo adequada;
 - b) implicações económicas para as empresas abrangidas;
 - c) necessidade de protecção do ambiente e do bem-estar das populações.

Artigo 10º - Condições e Periodicidade de Medição

1. O tipo e métodos de medição das emissões de poluentes atmosféricos por fontes fixas são definidos através de normas portuguesas e, na falta destas, por notas técnicas do director-geral da qualidade do ambiente.
2. O auto controlo das emissões sujeitas a valores limites é obrigatório, devendo ser feito por medição contínua nas condições do artigo 11º, de acordo com os critérios definidos na portaria 286/93, ou por medições pontuais nas condições do artigo 12º, pelo menos duas vezes por ano.

Artigo 11º - Medições Contínuas

No caso de medições contínuas, exceptuando as situações específicas previstas na portaria 286/96, os valores limites de emissão consideram-se respeitados se a avaliação dos resultados demonstrar que, para horas de funcionamento da fonte de emissão durante um ano civil:

- a) nenhum valor médio de um mês de calendário excedeu os valores limites de emissão;
- b) nenhum valor médio diário excede em mais de 30% os valores limites de emissão.

Artigo 12º - Medições Intervalares e Outros Processos

No caso de apenas serem exigidas medições intervalares ou outros processos de determinação apropriados, os valores limites de emissão consideram-se respeitados se nenhum dos resultados das medições efectuadas, ou dos processos definidos e determinados de acordo com as regras adoptadas pelas autoridades competentes, ultrapassas o valor limite de emissão.

Artigo 13º - Tolerâncias

1. Os valores limites de emissão podem ser, excepcionalmente ultrapassados nas situações de arranque e paragem programadas das instalações e nos períodos de avaria ou mau funcionamento das mesmas.
2. Os períodos máximos admitidos de acordo com o descrito no número anterior, sem prejuízo das situações específicas previstas na portaria 286/93, não podem exceder 16 horas ininterruptas e a sua duração total, no total de um ano civil, não pode ultrapassar 170 horas por fonte de emissão.
3. A DGA pode autorizar, a título excepcional e com a duração máxima de 180 dias, uma tolerância relativa à observância dos valores limites de emissão previstos quando se verifique uma interrupção brusca no abastecimento do combustível ou da matéria-prima normalmente utilizados.
4. As novas instalações de combustão que pretendam queimar combustíveis sólidos produzidos no país podem exceder os valores limites de emissão de dióxido de enxofre fixados na portaria 286/93, devido às características específicas dos combustíveis, não seja possível observar esses valores limites sem recorrer a uma tecnologia excessivamente dispendiosa.
5. As novas instalações de combustão que pretendam queimar lignites produzidas no país podem exceder os valores limites fixados na portaria 286/93 se, não obstante a utilização da melhor tecnologia disponível que não implique custos excessivos, importantes dificuldades ligadas à natureza deste combustível assim o exigirem e se a lignite for uma fonte essencial de combustível para essas instalações.
6. São objectos de análise caso a caso por parte da DGA e da DGE as instalações indicadas nos artigos n.ºs 5 e 6, tendo em vista a tomada de medidas adequadas que evitem uma degradação sensível da qualidade do ar.

Artigo 14º - Aferição Técnicas

O equipamento de medição, contínua ou intervalar, deve ser submetido ao controlo metrológico, nos termos da legislação aplicável, ou a simples calibração periódica, nos termos adequados a cada caso.

Artigo 15º - Controlo Oficial

1. os resultados obtidos no auto controlo são enviados para as entidades competentes, trimestralmente, no caso de medições em contínuo, e, no caso das outras medições, até 30 dias após a sua realização.
2. A DGA pode, a todo o tempo e por sua iniciativa, efectuar controlo analítico para efeitos de inspecção, podendo este controlo incidir sobre quaisquer parâmetros que julgue necessários e cujos valores máximos estejam estabelecidos na legislação respectiva.

Artigo 16º - Revisão dos Valores Limites

Sempre que outra obrigação não derive das regras comunitárias, os valores limites de emissão constantes da portaria n.º 286/93 são revistos com uma periodicidade nunca inferior a 5 anos, com vista à sua adaptação à melhor tecnologia disponível que não implique custos excessivos, tendo em conta a natureza, as quantidades e a nocividade das emissões em causa.

Artigo 17º - Aplicação

1. Para as grandes instalações de combustão existentes será elaborado um programa coordenado pela DGA tendo por objectivo a redução progressiva das suas emissões anuais totais.
2. Programa referido no número anterior fixará os calendários e regras de aplicação, com o objectivo de serem respeitados, pelo menos, os patamares de emissões e as percentagens de redução fixadas para o dióxido de enxofre e para os óxidos de azoto.
3. Para os sectores industriais ou empresas que venham a estabelecer, nos dois primeiros anos de vigência deste decreto-lei, contratos-programa com a Administração para a redução de emissões, o período de adaptação das instalações existentes aos limites de emissão, pode ser excepcionalmente prorrogado até um máximo de 10 anos, desde que até ao fim do período inicial de 5 anos haja uma redução efectiva e mensurável das emissões poluentes e que estas não excedam em mais de 50% os valores limites.

CAPÍTULO IV

Controlo das Emissões de Poluentes Atmosféricos

Artigo 19º - Estabelecimentos Industriais

1. A instalação, ampliação e alteração de estabelecimentos industriais que sejam fonte de emissão de poluentes atmosféricos ficam sujeitas ao cumprimento de regras e normas de segurança a verificar pelos serviços do Ministério do Ambiente e Recursos Naturais, no espírito da lei de

bases do Ambiente e no cumprimento de portaria conjunta dos ministros responsáveis pelas áreas da indústria e do ambiente.

2. As entidades responsáveis pelo licenciamento de estabelecimentos industriais e pela protecção e gestão da qualidade do ar tomarão todas as medidas adequadas, incluindo as previstas no artigo 7º da lei nº11/87 de 7 de Abril, no âmbito das respectivas atribuições e competências, para garantir o cumprimento dos valores limites de qualidade do ar e zelarão pela observância dos respectivos valores guias.
3. Em caso de incumprimento do disposto nº1, pode o ministro responsável pela área do ambiente determinar o embargo das respectivas obras.

Artigo 21º - Descarga de Poluentes Atmosféricos de Estabelecimentos Industriais

1. A descarga de poluentes atmosféricos dos estabelecimentos industriais será efectuada através de chaminés, de altura adequada à salvaguarda do ambiente e da saúde humana.
2. Se dois ou mais novos estabelecimentos industriais ou de combustão independentes forem construídos de modo que, tendo em conta factores técnicos e económicos, os respectivos fumos possam ser emitidos por uma chaminé comum, o complexo formado por essas instalações deve ser considerado uma só unidade.

Artigo 22º - Determinação da Altura das Chaminés

1. As chaminés industriais não terão, em caso algum, altura inferior a 10m, sendo a altura de cada chaminé determinada em concreto de acordo com a seguinte fórmula:

$$A_c = a + 1,5 l$$

onde:

A_c = altura da chaminé, calculada a partir do nível do solo da respectiva base de implantação;

a = altura da(s) estrutura(s) próxima(s), medida a partir do nível do solo na base da chaminé

l = menor dimensão (altura ou largura) da(s) estrutura(s) próxima(s).

2. A entidade coordenadora, a requerimento dos interessados, ouvida a DGA, pode estabelecer um novo valor para A_c , tomando em consideração a adequação do valor determinado às condições processuais, aos parâmetros meteorológicos e aos obstáculos à difusão do penacho de gases.
3. Em qualquer situação, as emissões gasosas de uma instalação não podem violar os valores limites da qualidade do ar, devendo, se tal se verificar, ser adoptadas medidas de redução das emissões.

3 Métodos utilizados para a execução de uma Amostragem de um efluente gasoso

Tabela 1- Métodos utilizados e a sua Descrição.

Método	Descrição
Epa – PC1	Determinação dos pontos de amostragens
Epa – PC2	Determinação da velocidade do efluente
Epa – PC4	Determinação da humidade
Epa – PC5	Determinação de partículas
Epa – PC13 ^A	Determinação de fluretos
Epa – PC29	Determinação de metais
Epa – PC18 ^A (PID)	Determinação de compostos orgânicos voláteis (Cov's)

4 Equipamentos utilizados para a execução de uma Amostragem de um efluente gasoso

Uma amostragem de um efluente gasoso engloba um conjunto de passos que implicam um determinado equipamento.

Para a determinação de partículas necessitamos de saber as percentagens de CO₂ e de O₂. Para esta determinação utiliza-se um analisador portátil de emissões de modelo *Madur GA 40T – Plus* que possui na sua configuração básica o condicionamento da amostra fornecido com linha aquecida. Este equipamento permite também a análise dos gases SO₂, CO, Nox.

Para a execução dos passos dos métodos EPA 1, 2, 4, 5, 13^A, e 29 é utilizado o medidor isocinético *TCR – Tecora*.

4.1 Madur GA 40T –Plus

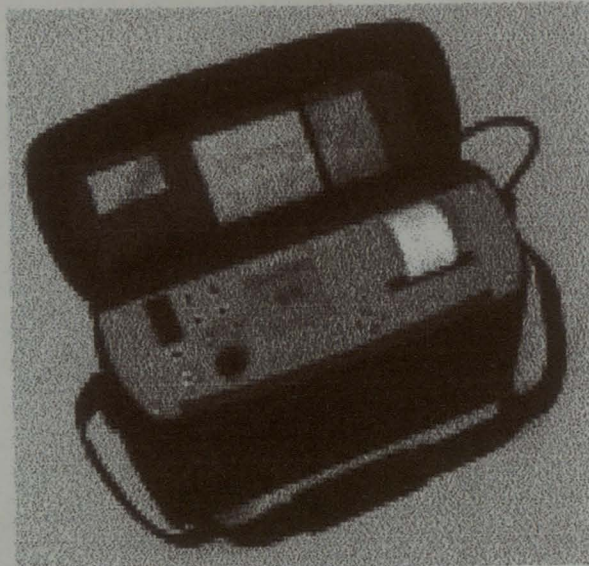


Figura 1 – Madur GA40 T - Plus

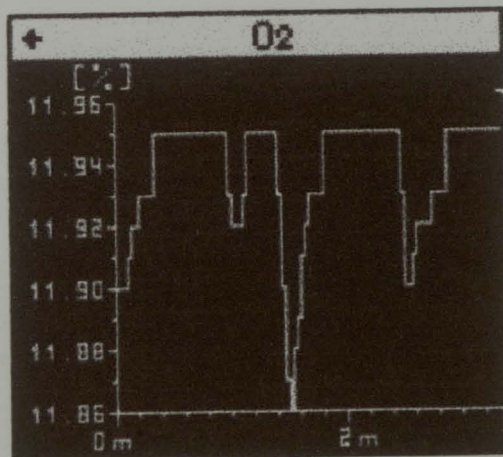


Figura 2 – Imagem do Painel do Madur GA40 T - Plus

4.2 TCR – Tecora Isostack Plus

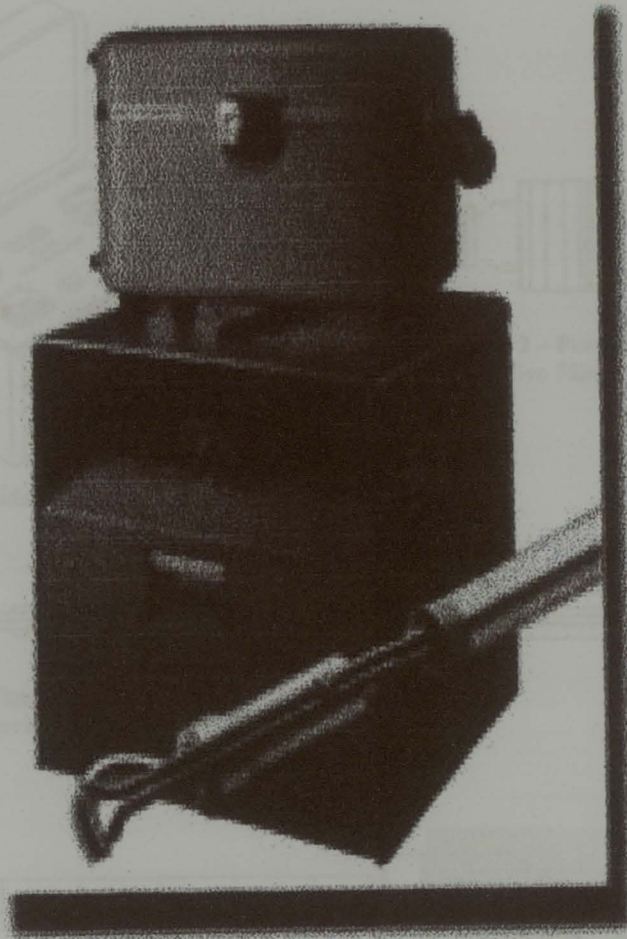


Figura 1 – TCR-Tecora

4.3 Componentes do TCR – Tecora Isostack Plus

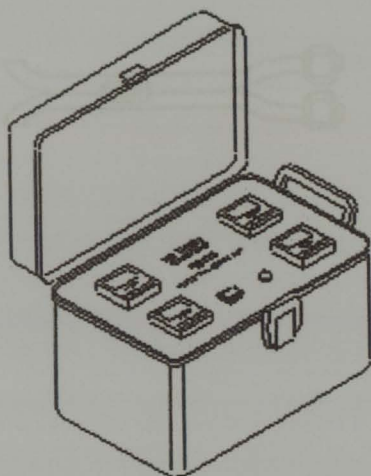


Figura 1 – Unidade de Temperatura

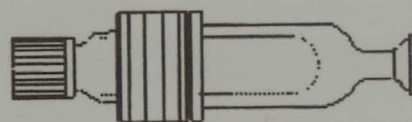


Figura 2 – Porta-Filtros e respectivo Filtro

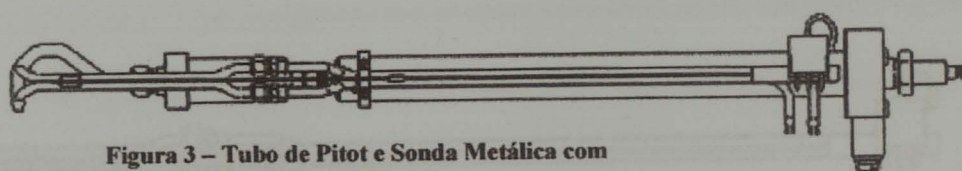


Figura 3 – Tubo de Pitot e Sonda Metálica com porta filtros à frente (USEPA17)

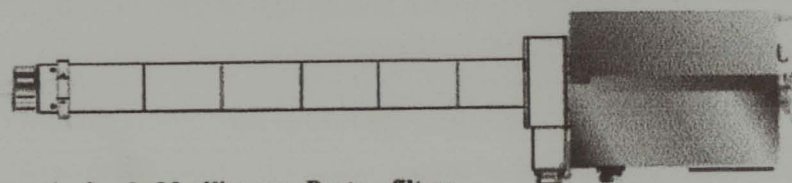


Figura 4 – Sonda Metálica com Porta – filtros atrás (USEPA5)

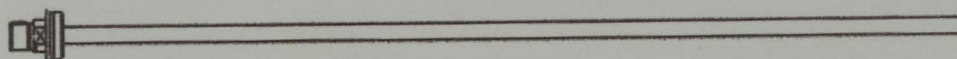
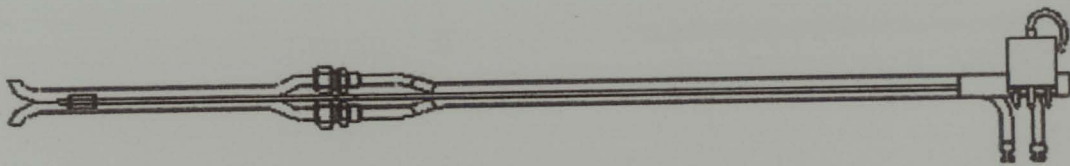
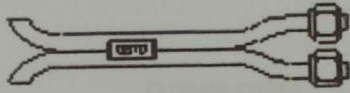
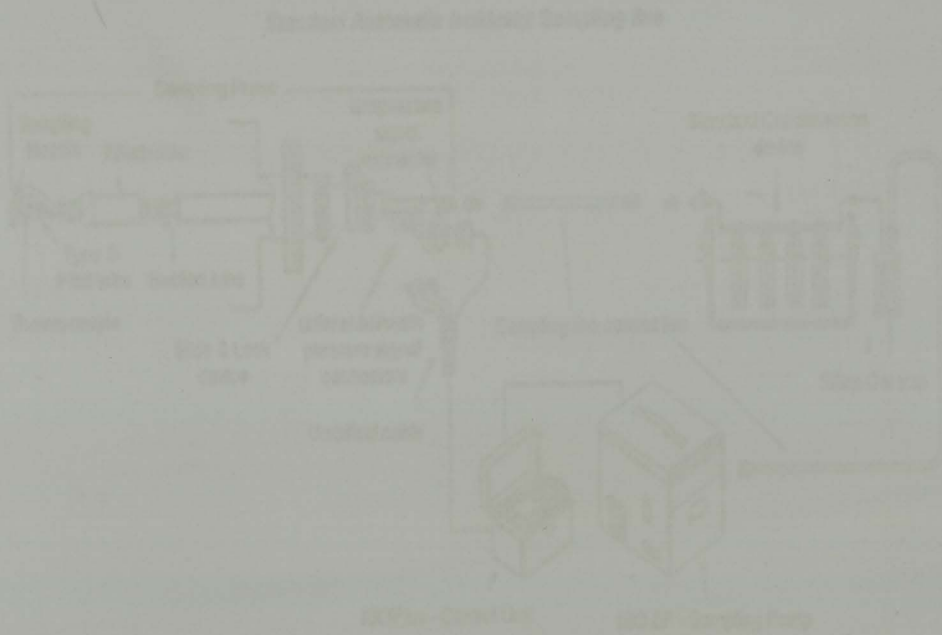


Figura 5 – Sonda em Vidro

4.4 O Tubo de Pitot



4.6 Esquema de Montagem do TCR - Tecura Bestark



4.5 Sonda Metálica

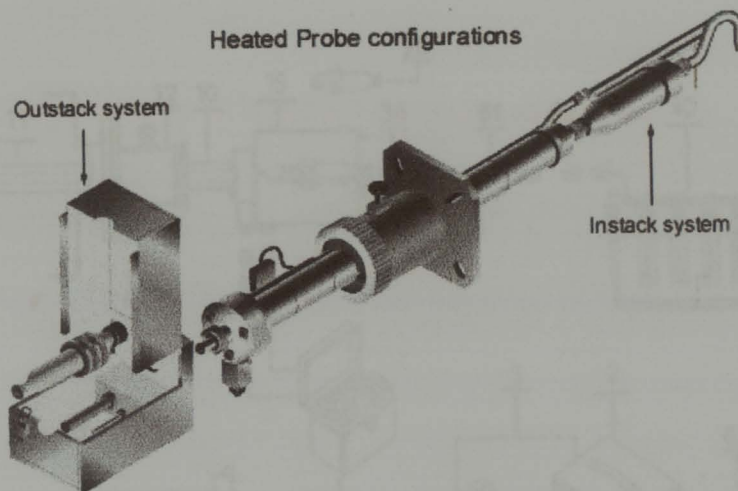
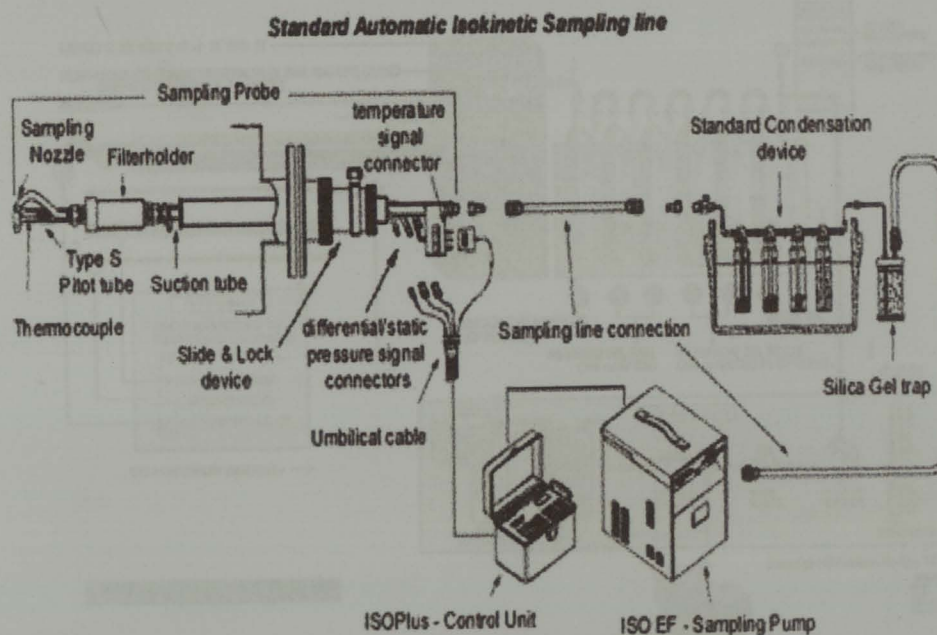
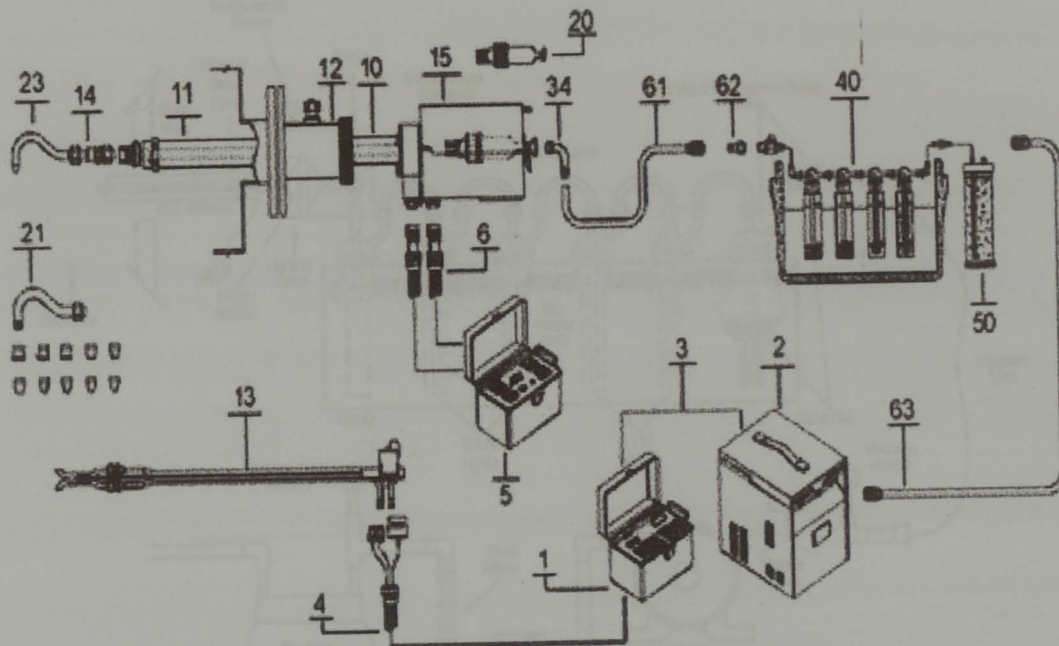


Figura 1 – Sonda Metálica com os dois esquemas de montagem – porta filtros à frente (USEPA17) e porta filtros atrás (USEPA5)

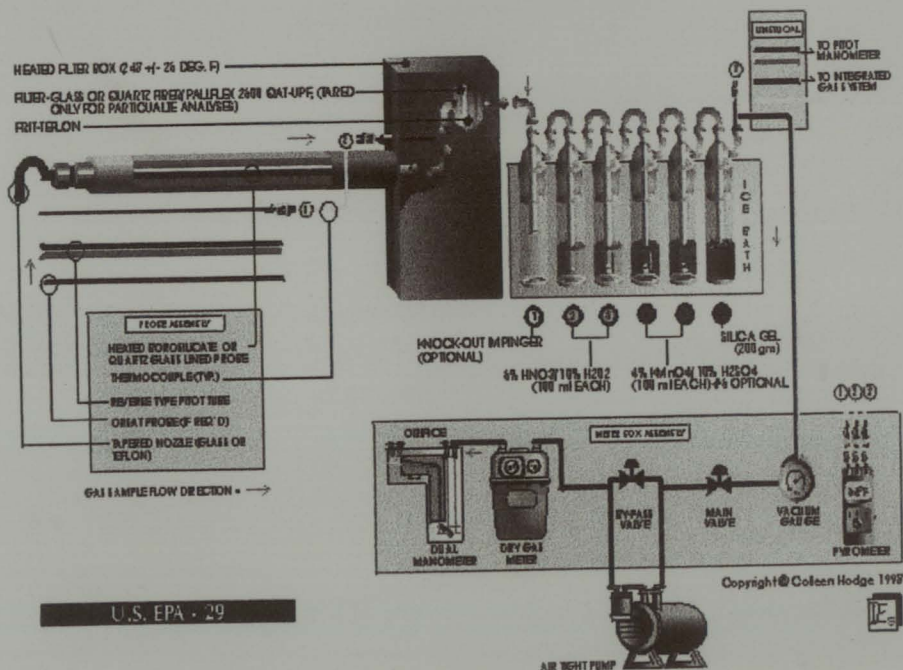
4.6 Esquema de Montagem do TCR – Tecora Isostack



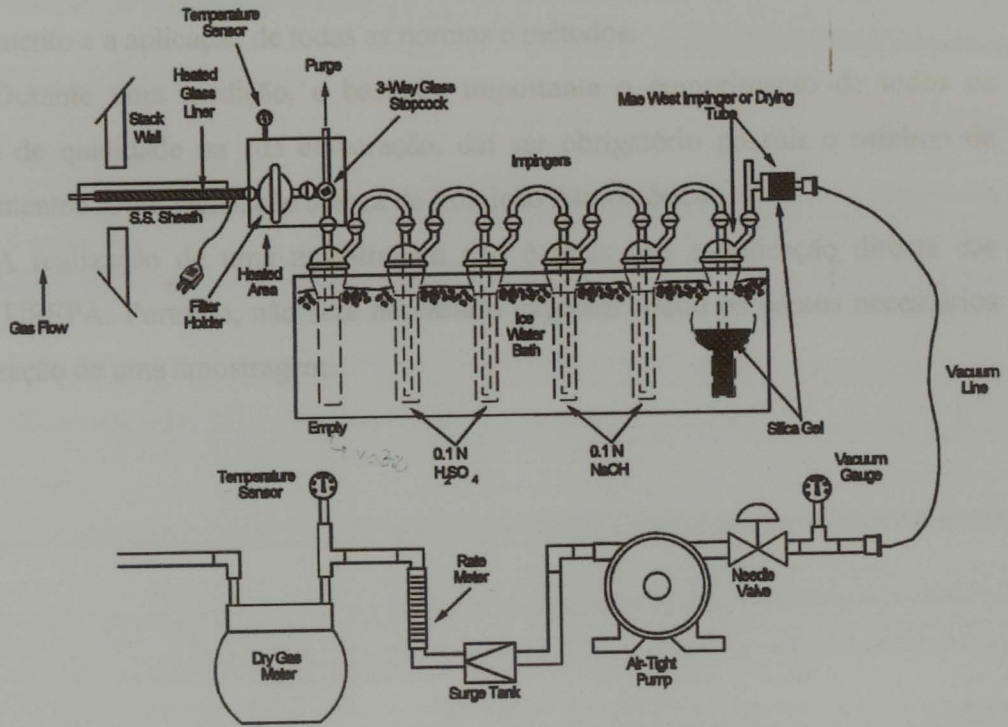
4.7 Esquema de Montagem para uma amostragem de Partículas (USEPA5)



4.8 Esquema de Montagem para uma amostragem de Metais (USEPA29)



4.9 Esquema de Montagem para uma amostragem de Cloreto de Hidrogénio



5 Conclusões


Como se pode verificar, ao longo de todo o relatório, foi apresentado normas e legislação e foram ditos quais os métodos que se usam. Isto é muito importante, pois para a realização de uma amostragem de um efluente gasoso é imprescindível o conhecimento e a aplicação de todas as normas e métodos.

Durante uma medição, é bastante importante o cumprimento de todos os critérios de qualidade na sua elaboração, daí ser obrigatório possuir o mínimo de conhecimentos sobre legislação acerca de Poluição Atmosférica.

A realização de uma amostragem não é mais que a aplicação directa das normas USEPA. Portanto, não será necessário explanar muito os passos necessários na realização de uma amostragem.

6 Bibliografia

 - Diário da República Portuguesa

 - Cadernos de Ambiente da Colecção Ambiente – Livro 4 Ar





FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



000088319