

## **X-030 - AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES ODORANTES DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS E A EFICIÊNCIA DE UM BIOFILTRO PARA TRATAMENTO DE ODORES**

**Flávia Junqueira de Macedo**<sup>(1)</sup>

Estudante de Engenharia Sanitária e Ambiental na universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).  
Bolsista PIBIC.

**Rodrigo Silva Maestri**

Engenheiro da CASAN

**Anigeli Dal Mago**

Engenheira da CASAN

**Leonardo Hoinaski**<sup>(1)</sup>

Doutorando em Engenharia Ambiental- UFSC.

**Henrique de Melo Lisboa**<sup>(1)</sup>

Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC

**Paulo Belli Filho**<sup>(1)</sup>

Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFSC. Trindade. Florianópolis. SC. CEP 88040-900. Email: [flaviajmacedo@gmail.com](mailto:flaviajmacedo@gmail.com)

### **RESUMO**

Grande parte das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) do Brasil podem ser caracterizadas como fontes emissoras de maus odores devido à liberação, principalmente, de gases sulfetados e nitrogenados. Estes gases são formados por moléculas odoríferas que podem gerar incômodos e repugnância às populações vizinhas às ETE. A atual proximidade da população com as ETE incentiva as concessionárias de saneamento e os cientistas a buscar alternativas para a desodorização dos gases de ETE. A utilização de biofiltros para o tratamento destes gases surge como uma solução simples para o controle e a diminuição destes odores.

O presente trabalho teve objetivo avaliar a emissão de odores em uma ETE em Florianópolis, Santa Catarina. Foram avaliados parâmetros operacionais do funcionamento de um biofiltro e a sua respectiva eficiência para o tratamento de odores. Também foram avaliados os odores nas proximidades externas desta ETE. Foram utilizados métodos de análise olfatométricos, como o uso de júri móvel e a determinação da concentração de odor em unidades olfatométricas na entrada e saída do biofiltro, com auxílio do Olfatômetro. Também foram realizadas análises de concentração de H<sub>2</sub>S na entrada e saída do biofiltro.

Os odores ao redor da ETE foram de intensidade variando de Muito Fraco a Médio, de acordo com a escala de percepção adotada nos ensaios de júri móvel. Os pontos próximos ao pré-tratamento apresentaram odores classificados como Forte e Muito Forte. Em 6 dos 9 pontos analisados, o caráter do odor predominante encontrado foi de esgoto. Para o biofiltro foram encontradas eficiências de remoção de odores variando entre 63 e 69% e eficiência de remoção do gás sulfídrico de 90%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Odores, Tratamento de esgoto, Biofiltro, Olfatometria.

### **INTRODUÇÃO**

As Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) surgem como uma alternativa tecnológica para o tratamento dos esgotos em centros urbanos: concentra-se o efluente em reatores para a otimização do processo de biodegradação natural da matéria orgânica. O efluente tratado, desprovido de características que possam alterar a qualidade dos mananciais retorna à natureza. Porém, em tal processo de tratamento, são gerados subprodutos que podem ser prejudiciais ao ambiente.

Odesprendimento de gases odorantes é um dos subprodutos gerados em uma ETE que é indesejável pela população, causando desta forma um impacto na circunvizinhança da fonte emissora. Em ETE, os odores são provenientes de uma mistura complexa de moléculas de enxofre, moléculas nitrogenadas, fenóis, aldeídos, álcoois, ácidos orgânicos, COV - Compostos Orgânicos Voláteis, etc (BELLI FILHO *et al*, 2001). Nos processos anaeróbios de tratamento de esgotos, os compostos odorantes provenientes da atividade bacteriana

são: gás sulfídrico, mercaptanas, amônia, aminas com baixo peso molecular, entre outros. A tabela 1 apresenta algumas concentrações médias de emissão de gás sulfídrico ( $H_2S$ ) em diferentes unidades de uma ETE. Tal gás é corrosivo e altamente tóxico, sendo detectado pelo sistema olfativo humano em baixas concentrações (ABBOTT, 1993). Sabendo-se que o limite de percepção olfativa do  $H_2S$  é de 0,00047 ppm (partes por milhão em volume) (METCALF; EDDY, 2003), observa-se na tabela 1 que o  $H_2S$  está normalmente presente nas ETE em maiores concentrações que este limite.

**Tabela 1 - Concentrações médias de emissão de  $H_2S$  em diferentes unidades de uma ETE**

Unidade do Sistema	Concentrações (ppm)	Referência
Tubulação de esgoto	0 a 300	Matos e Aires (1995)
Estação elevatória	3,3	Bohn (1993)
Unidade de pré-tratamento	2 a 37	Al-Shammiri (2004)
Desidratação do lodo	4,5	Bohn (1993)
Gás oriundo de decantação de reator UASB	0 a 50	Pagliuso, Passig e Villela (2002), Souza (2010), Souza, Chernicharo e Melo (2010)

**FONTE: Adaptado de Chernicharo (2010)**

Os efeitos dos odores na saúde são difíceis de serem quantificados, mas já foram relacionados a sintomas de náuseas, vômitos e dores de cabeça ou redução da sensação de bem-estar e prazer em atividades cotidianas. Há evidências, mostradas em estudos sob condições controladas, de que determinados odores podem induzir a alterações fisiológicas e morfológicas, sobretudo do sistema respiratório cardiovascular (ÁLVARES JR. *et al*, 2002). Os odores são, de qualquer maneira, associados a condições de insalubridade, causando repulsa e incômodo. Por isso, tem-se grande interesse em controlar os odores geradores de poluição atmosférica.

Diferentes técnicas de tratamento de COV e gases poluentes estão disponíveis no mercado. Dentre as tecnologias para tratamento de gases odorantes, pode-se citar: adsorção, oxidação térmica, oxidação catalítica, oxidação térmica regenerativa (RTO) e biotratamento (JANTSCHAK *et al*, 2004), sendo o tratamento biológico uma alternativa atrativa e economicamente viável para o tratamento de grandes quantidades de ar. A utilização da técnica de biodesodorização é datada de 1920 e constitui na transferência de compostos geradores de odores para uma fase líquida e em seguida na sua degradação por microrganismos, imobilizados em um leito fixo composto de turfa, terra ou outro meio de ativação biológica (DEVINNY *et al*, 1999).

Para que os processos básicos citados estejam funcionando satisfatoriamente, alguns cuidados de controle devem ser efetuados. Os principais parâmetros de controle desta tecnologia são: tipo de microrganismos inoculados, área do biofiltro, concentração de poluentes, variação de pH, temperatura e umidade (DEVINNY *et al*, 1999). Desta forma, a operação deste tipo de tratamento é de extrema importância para seu funcionamento.

O bom funcionamento de um biofiltro pode ser verificado pela medição periódica de sua eficiência através da concentração de poluentes e de odores removidos. A concentração de poluentes atmosféricos pode ser medida com a utilização de aparelhos que captam e quantificam compostos na fonte emissora e ao redor da mesma. Já a concentração de odores pode ser avaliada por um conjunto de procedimentos olfatométricos, que estimam o impacto odorante causado por uma fonte, bem como a eficiência de uma tecnologia escolhida para o tratamento dos gases causadores de odores. Caso sejam constatados odores que garantidamente vem da fonte onde está instalado o tratamento, a eficiência deste pode estar comprometida.

Este estudo utilizou medidas da concentração de  $H_2S$  através do aparelho GEM 2000 e procedimentos olfatométricos, para a avaliação dos odores emitidos pela Estação de Tratamento de Esgotos Insular de Florianópolis, SC e para determinar a eficiência de um biofiltro instalado para fins de evitar o impacto ambiental odorante que se dá pela emissão de odores nos arredores da estação.

Os procedimentos olfatométricos utilizados neste trabalho foram a avaliação via júri móvel e a olfatometria dinâmica. A avaliação de impacto odorante via jurados, em um júri móvel, é feita através de questionários aplicados a jurados previamente calibrados. A olfatometria dinâmica é avaliação da concentração odorante por

um júri de pessoas, através da diluição em série da amostra no olfatômetro, após coleta dos gases na fonte poluidora (DE MELO LISBOA *et al*, 2010). Os dois procedimentos podem revelar características de intensidade, hedonicidade (agradeabilidade) e caráter do odor de uma amostra e estão baseados na percepção humana através do aparelho respiratório.

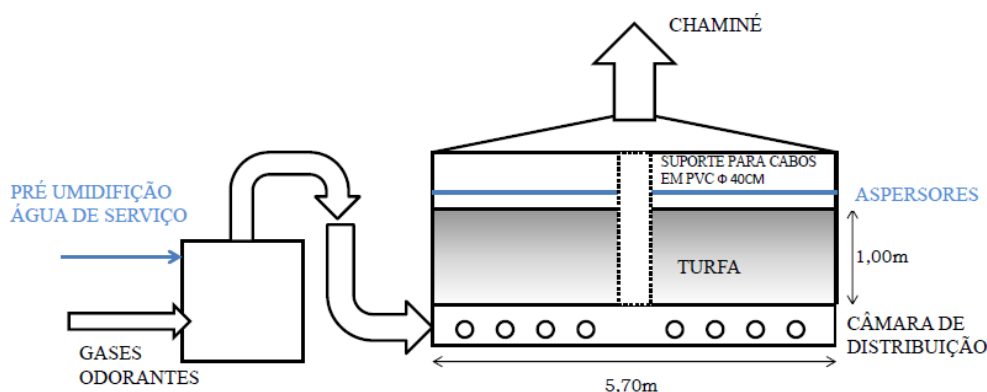
## MATERIAIS E MÉTODOS

### IMPLANTAÇÃO DO BIOFILTRO: CONTEXTO E CONCEPÇÃO

A Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) onde foi implantada a tecnologia para tratamento biológico de odores e realizadas análises olfatométricas, inclusive no seu entorno, é a ETE Insular de Florianópolis, SC. Esta estação conta com unidades de pré-tratamento, tanques de aeração para tratamento aeróbio do afluente e unidades de adensamento do lodo gerado. Foram realizadas análises de Júri Móvel para verificação dos odores existentes na circunvizinhança em locais que possam gerar desconforto à população.

A empresa concessionária (CASAN) optou pela instalação de um biofiltro na unidade de pré-tratamento. O biofiltro foi construído no pré-tratamento após avaliação do relatório de monitoramento para avaliação das principais fontes emissoras de H<sub>2</sub>S na ETE Insular de Florianópolis. A figura 1 apresenta o esquema do biofiltro, implantado em 2011. Seu meio filtrante é a turfa e ele possui superfície de 26,14 m<sup>2</sup>. Possui umidificação do ar de entrada e umidificação da turfa na parte superior, através de aspersores, que são acionados pelos operadores da ETE ao menos uma vez por dia.

**Figura 1 - Esquema do biofiltro instalado na ETE Insular de Florianópolis**



FONTE: MACEDO (2013)

### AValiação DO IMPACTO AMBIENTAL ODORANTE VIA JÚRI MÓVEL

Nesta metodologia de avaliação de impacto odorante sobre a vizinhança de uma fonte geradora de odores, os jurados são selecionados de acordo com um código de conduta, adaptado pelo Laboratório de Controle da Qualidade do Ar – LCQAr/UFSCa partir da norma EN 13.725 (CEN, 2003). No presente estudo, cada campanha de análise contou com a presença de no mínimo 8 jurados, que passaram por uma calibração olfativa para que eles estivessem aptos a avaliar os diferentes níveis de odores de uma escala que vai do muito fraco ao muito forte. A calibração foi realizada com amostras de n-butanol diluído em água destilada, variando de 0,001mg/L a 10mg/L. Em um primeiro momento, realizado em local desprovido de odor, os jurados foram orientados a ordenar cinco frascos com n-butanol na ordem do mais fraco ao mais forte.

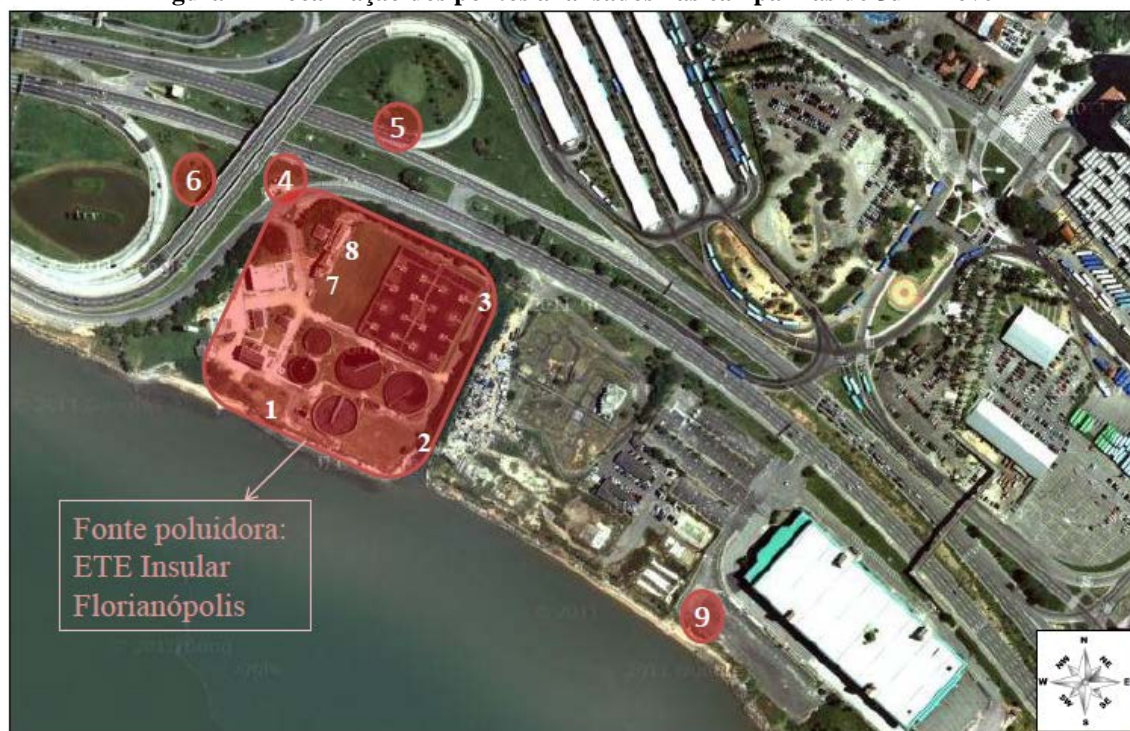
Passada esta etapa, em campo, eles foram convidados a responder ao questionário de quantificação e caracterização de odor (tabela 2) fazendo comparações do odor percebido nos locais da análise com as amostras de n-butanol testadas na calibração. Foram verificados a intensidade do odor percebido (Questões 1 e 2), o grau de incômodo que o odor causa (Questão 3), o caráter odorante (Questão 4) e o tipo de incômodo que o odor causa (Questão 5).

**Tabela 2 - Questionário de avaliação de impacto odorante via júri móvel**

	Questão	Possíveis respostas					
		Sim			Não		
1	Você sente algum odor?						
2	A intensidade do odor que você percebe é...	Muito Fraca	Fraca	Média	Forte	Muito Forte	
3	Quanto este odor lhe incomoda?	Não incomoda	Incomoda pouco	Incomoda	Incomoda muito	Incomoda extremamente	
4	Você saberia descrever este odor (caráter)?	Ovo podre	Esgoto	Queimado	Ferro	Fumaça	Outro
5	Qual incômodo este odor está lhe causando?	Intranquilidade	Dor de cabeça	Irritação	Náusea	Irritação nos olhos	Outro

Foram selecionados 8 pontos para realização das campanhas (figura 2) e foram realizadas duas campanhas de júri móvel, mantendo-se os mesmos jurados para ambas as campanhas. As campanhas de análise foram realizadas nos dias 20 de abril de 2012 e 6 de julho de 2012. A tabela 3 contém uma descrição dos pontos avaliados. Para tal análise, é necessária a avaliação da velocidade e direção do vento. Os dados utilizados são da estação meteorológica do Aeroporto Internacional Hercílio Luz, localizada muito próxima do local investigado. Os dados foram obtidos junto ao site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

**Figura 2 - Localização dos pontos analisados nas campanhas de Júri Móvel**



FONTE: MACEDO (2013)



**Tabela 3 – Pontos analisados pelas campanhas de Júri Móvel**

Ponto	Descrição	Vento de interferência
1	Próximo à baía - Não afeta diretamente a população	N
2	Próximo a um córrego - Sofre interferência externa à ETE	NW
3	Próximo a um córrego - Sofre interferência externa à ETE	W
4	Saída da ETE - odor afetará população	S
5	Fora da ETE - odor afetará população	SW
6	Fora da ETE - odor afetará população	S
7	Próximo ao gradeamento - odor afetará população	-
8	Saída de inspeção do Biofiltro - odor afetará população	-
9	Centro de Convenções - odor afetará população	SE

### **AValiação da Concentração Odorante via Olfatômetro**

As análises foram realizadas por seis jurados, com o uso do olfatômetro de diluição dinâmica. O olfatômetro é um instrumento que mistura um gás odorante (amostra) com um gás neutro (sem odor – em geral ar comprimido altamente limpo) em fatores de diluição conhecidos para apresentação a jurados (CEN, 2003). O olfatômetro utilizado é da marca da marca ODOTeCH, modelo Odile, versão 3500. Foi seguido o protocolo de utilização do fornecedor e técnicas acumuladas pela experiência da equipe do LCQAr. As diluições são realizadas de maneira decrescente e logarítmica. Um software faz a análise contínua dos resultados, trabalhando com a média logarítmica de cada um dos jurados e depois com a média dos seis jurados. Cada baía é provida de um painel para votação e três saídas de ar, dentre as quais apenas uma apresenta a saída da mistura de ar odorante com ar puro. As outras duas saídas recebem somente ar puro. A amostra diluída é apresentada de maneira aleatória aos jurados, e ocorre em diversas ordens de diluição. Anteriormente às análises das amostras, é realizada a análise de um branco laboratorial, que representa a concentração odorante de fundo do sistema de ar puro e do próprio olfatômetro. O valor do branco laboratorial serve para verificar e atestar que o olfatômetro e o sistema como um todo está isento de qualquer contaminação, sendo quanto mais baixo o valor do resultado, menor a interferência no resultado das análises (DE MELO LISBOA *et al*, 2010).

No momento da votação, o jurado tem 15 segundos para cheirar os gases provenientes de cada uma das três saídas e, percebendo algum tipo de odor, deverá apertar o botão correspondente, abaixo do tubo de saída do odor, e o voto será registrado pelo aplicativo. Caso não perceba nenhum odor, deverá apertar o botão “Nenhum odor”. Os resultados do limite de percepção de odor (LPO ou k50) são apresentados pela norma EN 13.725 (2003) da Comunidade Europeia ou pela norma ASTM E679-04 dos Estados Unidos. Pela norma europeia, os limites de percepção individuais passam por um teste lógico, no qual as respostas muito distantes da média geométrica são descartadas e a média é recalculada, em etapas sucessivas, até que o teste lógico seja atendido. A norma americana propõe o cálculo de forma similar, mas sem a realização do teste lógico.

O resultado da análise é dado na forma de concentração, em unidades de odor por metro cúbico (UO.m<sup>-3</sup>). Significa dizer que a concentração da amostra representa o número de vezes que esta deve ser diluída para que seja atingido o seu limite de detecção (quando existe apenas 50% de probabilidade que este odor seja percebido) (DE MELO LISBOA *et al*, 2010). Neste estudo, foram realizadas análises em triplicata, na entrada e saída do biofiltro, para posterior avaliação de sua eficiência (Equação 1).

$$\text{Eficiência de Remoção (\%)} = \frac{\text{Centrada} - \text{Csaída}}{\text{Centrada}} \times 100 \quad \text{Equação (1)}$$

A coleta de material para a primeira análise Olfatométrica foi realizada no dia 6 de julho de 2012, tendo início às 9h. A segunda análise ocorreu no dia 22 de outubro de 2012. Para ambas as análises foram coletadas quatro amostras para a entrada e quatro amostras para a saída do biofiltro, sendo prevista a realização de análise em triplicata para cada ponto. Foi coletado o equivalente a uma amostra mais para cada ponto como reserva para eventuais perdas de amostra.

## MEDIÇÃO DE H<sub>2</sub>S

O medidor de H<sub>2</sub>S utilizado para análise na entrada e saída do biofiltro foi o analisador de gases portátil GEM<sup>TM</sup>2000, da marca Landtec. Ele mede a porcentagem em volume de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S e O<sub>2</sub> com célula de percepção de H<sub>2</sub>S variando entre 0 e 200 ppm, utilizando-se o modo descontínuo para análise. Foram realizadas 3 medidas em cada ponto, sendo o valor anotado após a estabilização dos valores mostrados na tela (LANDTEC, 2010).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

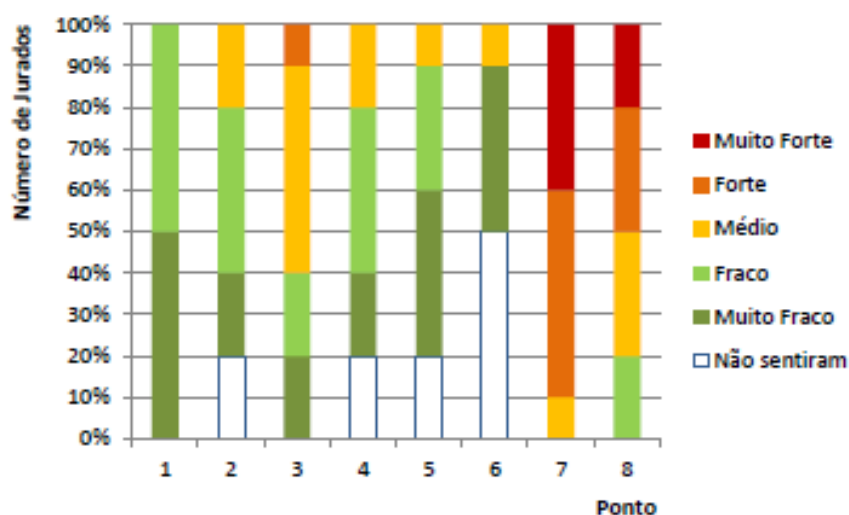
### AValiação DO IMPACTO AMBIENTAL ODORANTE VIA JÚRI MÓVEL

A primeira análise contou com a presença de 10 jurados previamente calibrados e foram analisados os pontos 1 a 8 citados na tabela 2. O vento era nordeste, com velocidade de 6 a 7 km/h. As análises começaram às 9h20 e terminaram às 10h15, sendo dedicados aproximadamente 7 minutos para cada ponto de análise. A segunda análise (dia 6 de julho) contou com a presença de 8 dos jurados que realizaram a análise em abril e foram analisados os pontos de 1 a 6 e o ponto 9. As análises começaram às 9h20 e terminaram às 10h15 e a velocidade do vento manteve-se constante em aproximadamente 0 km/h durante a campanha de análise, caracterizando uma situação de estagnação.

As figuras 3 e 4 apresentam as respostas da questão de caráter eliminatório “você sente algum odor” e “A intensidade de odor que você percebe é...” (Questões 1 e 2 do questionário da tabela 2) dos questionários de avaliação do impacto odorante para a primeira e a segunda análise, respectivamente. Os pontos 7 e 8 não foram analisados na segunda campanha, pois foi considerado que estes pontos seriam de pouca influência para avaliação do impacto causado pela ETE na sua circunvizinhança, já que estes pontos estão muito próximos ao pré-tratamento da ETE. Em contrapartida, o ponto 9 foi adicionado na segunda campanha por constatação de vento sudeste no dia da análise, o que poderia gerar odor desagradável no ponto indicado.

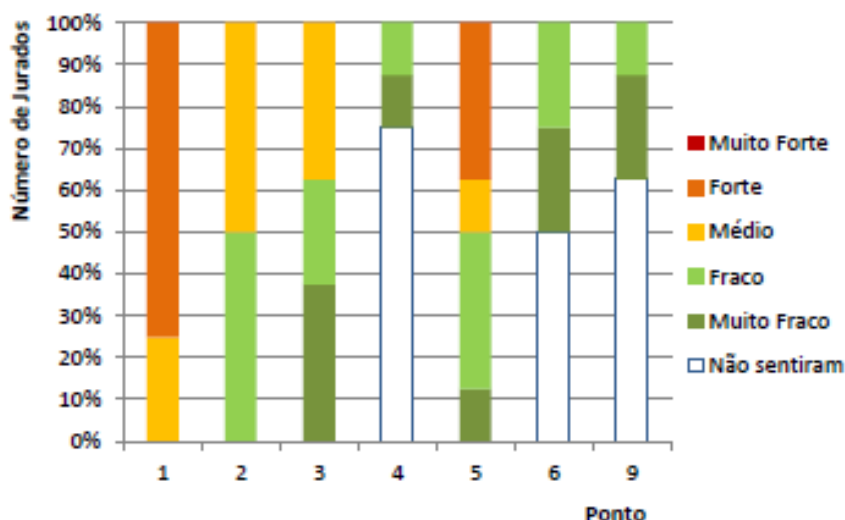
Verificou-se que o ponto 2, localizado no limite leste da ETE, apresenta diferença para a resposta das Questões 1 e 2 entre os dois dias avaliados. Na segunda campanha, todos os jurados perceberam odores neste ponto. Tal diferença pode ser devido a diferenças operatórias na ETE entre os dois dias de análise ou devido à influência externa à estação. O ponto 6 apresenta o mesmo resultado para ambos os dias, enquanto no ponto 4, 75 % dos jurados não perceberam odor durante a segunda análise. Este resultado pode ter ocorrido pela condição de pouco vento na segunda análise.

**Figura 3 - Resultados das análises de intensidade de odor para a primeira campanha**



FONTE: MACEDO (2013)

**Figura 4 - Resultados das análises de intensidade de odor para a segunda campanha**



**FONTE: MACEDO (2013)**

Foram também realizadas análises de irritabilidade do odor. A tabela 4 ilustra os tipos de incômodo detectado em cada ponto. O número de “X” corresponde ao número de vezes em que cada tipo de incômodo recebeu uma marcação por meio de um jurado em cada ponto. Os jurados eram autorizados a marcar mais de um tipo de incômodo, de acordo com a sua percepção. Pode-se verificar que no ponto 1 foi registrado maior incômodo, como Intranquilidade e Irritação, na segunda campanha de análise, coincidindo com o resultado acima referente à Questão 1.

No ponto 7 foi registrado bastante incômodo aos jurados, sendo os principais incômodos a Náusea e a Intranquilidade. O ponto 8, que representa a saída do biofiltro, apesar de apresentar intensidade variando de Muito Forte a Fraco (figura 3), causou menos incômodo nos jurados que o ponto 7. Desta forma, pode-se concluir que o odor desprendido do biofiltro incomoda menos os jurados do que o odor percebido em outros pontos, como o ponto 7 (pré-tratamento da ETE) e o ponto 1, que sofre influência da presença dos caminhões de retirada de lodo.

Os pontos 2 e 3 também apresentaram resultados em que foram alegados incômodos para os jurados. Foi observado nas figuras 1 e 2, que nos pontos 2 e 3 o odor varia de Forte a Muito fraco, e não é percebido por alguns membros do júri na primeira análise. Estes pontos estão próximos a um córrego. O odor sentido nestes pontos, bem como o incômodo que ele causa, pode ter recebido influência deste córrego, devido ao lançamento indevido de efluentes sem tratamento, caracterizando um problema de coleta de esgoto que está além da questão pontual de odores da ETE. Desta forma, não se pode tirar conclusões referentes aos odores causados pela ETE nestes dois pontos.

**Tabela 4 - Resultados das análises de incômodo causado por ponto analisado**

1ª Análise	Incômodo Causado						
Ponto	Intranquilidade	Dor de Cabeça	Irritação	Náusea	Irritação nos olhos	Outro	Nenhum
1	X	-	X	-	-	X	X X X X X X X
2	X X X	-	-	-	-	-	X X X X X
3	X X X X X X	-	X	X X	-	-	X X X
4	X X X X	-	-	X	-	-	X X X X
5	X	-	-	-	-	X	X X X X X X X
6	X X	-	-	-	-	-	X X X X X X
7	X X X X X	X X	X X X	X X X X	-	-	-
8	X	X	X X	X	-	-	-
2ª Análise	Incômodo Causado						
Ponto	Intranquilidade	Dor de Cabeça	Irritação	Náusea	Irritação nos olhos	Outro	Nenhum
1	X X X X X X	-	X X	X	-	-	-
2	X X X X X	-	X	X X	-	-	X
3	X X X	-	-	X X	-	-	X X X X
4	-	-	-	-	-	-	X X
5	X X	-	X X X X	X	-	X	X X X
6	X X	-	-	-	-	-	X X
9	-	-	-	X	-	-	X X

As respostas referentes à Questão 4 (caráter) do questionário apresentado na tabela 2 também foram estudadas e são mostradas na tabela 5. Na maioria dos pontos, o odor que prevaleceu foi o de Esgoto, variando entre 100% das respostas assinaladas no ponto 1 a 29% das respostas assinaladas no ponto 2. Este resultado pode evidenciar a origem do odor percebido pelos jurados, de provável proveniência da Estação de Tratamento de Esgoto analisada.

Os pontos 5 (dia 20/04/2012) e 9 (dia 06/07/2012) foram os únicos em que o odor prevalecido não foi o de Esgoto, e sim o de Fumaça, com 56 e 33 % das respostas. Este odor pode ser de influência do grande número de veículos que passam próximo aos pontos analisados no horário da campanha, sendo o odor Fumaça, característico da combustão no motor dos veículos. Observa-se da mesma forma, que houve uma mudança na caracterização do odor no ponto 5 entre as duas análises, o que pode evidenciar uma possível efluência dos odores da ETE neste ponto em determinadas condições de dispersão.

**Tabela 5- Respostas do Questionário para a caracterização do odor percebido**

Ponto	Primeira Análise		Segunda Análise	
	Odor prevalecido	Porcentagem	Odor prevalecido	Porcentagem
1	Esgoto	44%	Esgoto	100%
2	Esgoto	29%	Esgoto	75%
3	Esgoto	78%	Esgoto	75%
4	Esgoto	63%	Esgoto	50%
5	Fumaça	56%	Esgoto	75%
6	Queimado	40%	Fumaça	50%
7	Esgoto	73%	-	-
8	Esgoto	75%	-	-
9	-	-	Fumaça	33%

## AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO ODORANTE VIA OLFATÔMETRO

As Análises Olfatométricas foram realizadas no LCQAr às 14h do mesmo dia de cada coleta, segundo a metodologia apresentada. As tabelas 6e 7 possuem os valores do limite de percepção olfativo (k50) pelas normas dos Estados Unidos (ASTM E679-91) e da União Europeia (EN13.725) das diferentes amostras e a média das amostras. Os valores são apresentados em UO.m<sup>-3</sup>. Verifica-se que os valores encontrados em cada



amostra são menores para a norma americana do que para a norma europeia. Esta diferença de resultados aparece pelo fato de que a norma americana não faz o teste lógico de exclusão das respostas muito distantes da média geométrica.

**Tabela 6 – Concentrações de odores na Entrada e Saída do biofiltro calculados pelas normas ASTM E679-91 e EN13.725 - 06/07/2012**

Local	Amostra	ASTM E679-91	EN13725
		Estados Unidos (UO.m <sup>-3</sup> )	Comunidade Europeia (UO.m <sup>-3</sup> )
Entrada	01	39987	48378
	02	23285	28218
	03	33097	37862
	Média	32123	38153
Saída	04	10017	14916
	05	10838	14786
	06	9030	12702
	Média	9962	14135
	<b>Eficiência</b>	<b>69%</b>	<b>63%</b>

**Tabela 7 - Concentrações de odores na Entrada e Saída do biofiltro pelas normas ASTM E679-91 e EN13.725 - 22/10/2012**

Local	Amostra	ASTM E679-91	EN13725
		Estados Unidos (UO.m <sup>-3</sup> )	Comunidade Europeia (UO.m <sup>-3</sup> )
Entrada	1	16195	21115
	2	16031	16643
	3	7442	9334
	Média	13223	15697
Saída	4	3970	4029
	5	4771	5340
	6	4149	5199
	Média	4297	4856
	<b>Eficiência</b>	<b>68%</b>	<b>69%</b>

As tabelas 6 e 7 também apresentam a eficiência do biofiltro a partir dos valores para as normas americana e europeia. Observa-se que, na primeira análise, a eficiência do biofiltro para a norma americana é de 69 % e para a norma europeia de 63 %, e que, para a segunda análise, a eficiência do biofiltro para a norma americana é de 68 % e para a norma europeia de 69 %. Esta porcentagem de eficiência pode ser considerada baixa, de acordo com a bibliografia.

Mann *et al* (2002) obtiveram em seus estudos uma média de redução de 76 % em UO.m<sup>-3</sup> para biofiltros abertos em tratamento de odor de celeiros de criação de porcos, em análises olfatométricas entre setembro e fevereiro no Canadá. As medidas foram realizadas em biofiltros abertos com meio filtrante feito de composto de dejetos suínos que operam com a temperatura ambiente externa variando de 5 a -10° C e foram encontrados rendimentos maiores dos que os exibidos no presente trabalho. Além disso, as concentrações de saída do biofiltro apresentam valores altos (tabelas 5 e 6), se comparados com aquelas obtidas por Belliet *al* (2004), que acusam em seus estudos concentrações variando de 3528 e 4562 UO.m<sup>-3</sup> em uma refinaria de petróleo, para as normas ASTM E679-91 e EN13.725 respectivamente.

## AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO ODORANTE VIA MEDIÇÃO DE H<sub>2</sub>S

As medições de H<sub>2</sub>S foram realizadas no dia 26 de novembro de 2012, sobre condições de tempo bom às 15h30. A tabela 8 apresenta os valores coletados na Entrada e Saída do biofiltro, bem como as médias para cada ponto e a eficiência de remoção de H<sub>2</sub>S do biofiltro.

**Tabela 8 - Medições de H<sub>2</sub>S com o aparelho GEM 2000**

Local	Amostra	H <sub>2</sub> S (ppm)
Entrada	1	61
	2	70
	3	77
	Média	70
Saída	4	9
	5	7
	6	7
	Média	7
	<b>Eficiência</b>	<b>90%</b>

A Eficiência encontrada para remoção de H<sub>2</sub>S foi de 90%, conforme observado na tabela 8. Syedet *al*(2006) fizeram uma revisão sobre a remoção de H<sub>2</sub>S de gás odoríferos utilizando processos biológicos. Eles demonstraram que pilotos de laboratório conseguiram eficiências de remoção de H<sub>2</sub>S variando de 85 a 99% para diferentes fluxos de vazão e tipos de meio filtrante. Oyarzúnet *al* (2003) apresentam eficiências de remoção de H<sub>2</sub>S variando entre 65 e 100% para o meio filtrante Turfa, em fluxos pequenos e grandes concentrações de entrada de gás (de 335 a 1400 ppm).

Os resultados mostram que a eficiência de remoção de H<sub>2</sub>S do biofiltro da ETE insular esta dentro da faixa da bibliografia. Por outro lado, a quantidade de 7 ppm ainda pode ser percebida pelo olfato humano, conforme explicado na introdução, o que explica os baixos valores de eficiência encontrados via olfatometria, o que também serve para indicar a importância deste tipo de análise. Tal constatação também pode ser confirmada com as respostas em júri móvel:-

## CONCLUSÕES

Ao se verificar as respostas encontradas nas campanhas de júri móvel observa-se uma diferença de intensidade de odor e caráter de odor identificado entre as duas análises. Ambas as amostragens apresentaram odores de intensidade forte para alguns jurados em determinados pontos. O odor que atinge a circunvizinhança é inferior ao percebido na saída do tratamento de odores, já que este sofre diluição durante sua dispersão. Por outro lado, a constatação da existência de odores nos pontos avaliados levanta o alerta de que a ETE ainda se constitui como uma fonte odorante importante, mesmo depois de instalado o tratamento.

As análises realizadas com o olfatômetro dinâmico acusaram concentrações médias de 32123 e 38153 UO.m<sup>-3</sup> para os gases de entrada e de 9962 e 14135 UO.m<sup>-3</sup> para os gases de saída do biofiltro, segundo as normas americana e europeia. Estas concentrações odorantes são consideradas bastante altas em comparação com outras fontes emissoras de odor. A eficiência do biofiltro está abaixo de valores encontrados na bibliografia, conforme mostrado nos resultados, mas os resultados mostram que a técnica utilizada possui importante potencial de redução de odores. Acredita-se que a melhora de fatores operacionais do biofiltro, como a manutenção da sua umidade, possa atingir eficiência de até 95 % na remoção de odores.

Os valores acusam uma eficiência de remoção de H<sub>2</sub>S de 90%, maior do que a eficiência de remoção de odores (UO.m<sup>-3</sup>). A eficiência encontrada está de acordo com a bibliografia pesquisada. Pode-se concluir destas análises que a percepção dos odores, como resultado de uma mistura complexa de gases não depende apenas do H<sub>2</sub>S, e sim de outras moléculas. Por outro lado, os valores de saída encontrados para o H<sub>2</sub>S encontram-se acima do limite de percepção odorante para este gás, conforme bibliografia pesquisada, e explicam os baixos valores encontrados para a eficiência do biofiltro segundo parâmetros olfatométricos.

O presente estudo apresenta um caso ilustrativo de como a metodologia olfatométrica pode ser utilizada na avaliação de emissões odorantes de impacto ambiental. Tais metodologias podem ser utilizadas em diferentes fontes odorantes de gases e, com exceção da avaliação da concentração odorante via olfatômetro, apresentam baixo custo e resultado interessante, uma vez que a percepção de odores depende do sistema respiratório de cada pessoa e da concentração de gases odorantes na amostra, conforme reproduzido neste estudo. Outros estudos devem ser realizados buscando por um lado, identificar as fontes emissoras de odores, e, por outro, adaptar as metodologias utilizadas a outras metodologias olfatométricas e à legislação ambiental para fins de controle de odores em centros urbanos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABBOTT J. Enclosed Wastewater Treatment Plants – Health and Safety Considerations. Marlow, Buckinghamshire, UK: Foundation for Water Research, Report FR/W0001, 1993.
2. ÁLVARES JR. O M.; LAÇAVA, C. V. I.; FERNANDES P. S. Emissões Atmosféricas: Tecnologias e Gestão Ambiental. Brasília: SENAI/DN 2002. 373 p.
3. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). Standard Practice E679-04: Determination of Odor and Taste Thresholds by a Forced-Choice Ascending Concentration Series of Limits. 2004.
4. BELLI FILHO, P. da COSTA R. H. R.; GONÇALVES R.F.; COURAUCCI FILHO B.; LISBOA H. M. Tratamento de odores em sistemas de esgotos sanitários. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios - PROSAB, cap. 8, 2001.
5. BELLI FILHO, P.; LISBOA, H. de M.; CARMO JR; NOBRE G. Caracterização olfatométrica em uma refinaria de petróleo. In: XXIX Congresso Interamericano de Ingeniería y Ambiental: forjando el ambiente que compartimos, 2004, San Juan; Puerto Rico. Forjando el Ambiente Que Compartimos. Aidis, v. 1, 2004.
6. CHERNICHARO, C. A. de L.; STUETZ, R. M.; SOUZA C. L.; MELO, G. C. B de. Alternativas para o controle de emissões odorantes em reatores anaeróbios tratando esgoto doméstico. Eng. Sanitária e Ambiental, v. 15, n. 3, 229-236, 2010.
7. DE MELO LISBOA, H.; QUADROS, M. E.; CARMO, G. N. da R.; BELLI FILHO, P.; HOINASKI, L.; OLIVEIRA V. V. de; CÂMARA, V.; SCHIRMER, W. N.; GODKE, M. Metodologias Olfatométricas para avaliação do impacto odorante. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010. 47 p.
8. DEVINNY, J. S.; DESHUSSES, M.A.; WEBSTER, T.S. Biofiltration for air pollution control. Lewis Publishers. Estados Unidos, 1999. 299 p.
9. JANTSCHAK, A.; DANIELS, M.; PASCHOLD, R. Biofilter Technology: An Innovative and Cost-Effective System to Remove VOC. IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, v. 17, n 3, 2004.
10. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). EN: 13.725 Air quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry (english version). European Standard. Bruxelas, 2003.
11. LANDTEC – GEM2xxx Instruments Operation Manual – Operation Manual for Serial Numbers 1000 and up. Novembro, 2010.
12. MANN, D. D.; J. C. DeBruyn; Q. Zhang. Design and evaluation of an open biofilter for treatment of odour from swine barns during sub-zero ambient temperatures. Canadian Biosystems Engineering, v. 44, p. 6.21-6.26, 2002.
13. METCALF & EDDY. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse. 4ª Edição, Editora McGraw - Hill, 2003.
14. OYARZÚN, P.; ARANCIBIA F.; CANALES, C.; AROCA, G. E. Biofiltration of high concentration of hydrogen sulphide using *Thiobacillus thioparus*. Process Biochemistry, v. 39, p. 165-170.
15. SYED, M.; SOREANU, G.; FALLETA, P.; BÉLAND, M. Removal of hydrogen sulfide from gas streams using biological processes – A review. Canadian Biosystems Engineering, v. 48, p. 2.1-2.14, 2006.