



# ESTUDO SOBRE CONTROLE DE ODOR LIBERADO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO ATRAVÉS DE ADSORÇÃO DE SULFETO DE HIDROGÊNIO EM CARVÃO ATIVADO GRANULAR, REFUGO DE CARVÃO VEGETAL E TERRA

A. B. T. Presotto<sup>1</sup>; H. C. Calheiros<sup>1</sup>

1- Instituto de Recursos Naturais – Universidade Federal de Itajubá  
Avenida BPS, 000 – CEP: 37500-903 – Itajubá- MG – Brasil  
Telefone: (35) 3629-1101 – Fax: (35) 3622-3596 – Email: [presottoamanda@hotmail.com](mailto:presottoamanda@hotmail.com)

**RESUMO:** os gases odoríferos liberados pelas estações de tratamento de esgoto geram incômodos e podem afetar a saúde da população que vive nas proximidades. O sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) pode ser detectado em concentrações extremamente baixas e, quando presente na atmosfera, pode levar a perda da sensibilidade olfativa após determinado tempo de exposição e concentração. O objetivo principal da pesquisa foi avaliar a eficiência de remoção do sulfeto de hidrogênio comparando o uso de carvão ativado, carvão vegetal e terra como materiais adsorventes. E a aplicação de questionários para avaliar a percepção da população com relação ao odor liberado pela estação. Os filtros apresentaram uma alta eficiência no tratamento do sulfeto de hidrogênio por 21 dias, com uma massa de material adsorptivo inferior a 200g. A melhora na qualidade de vida da população local foi evidente.

**PALAVRAS-CHAVE:** odor; sulfeto de hidrogênio; carvão; terra; adsorção.

**ABSTRACT:** The odorous gases released by sewage treatment plants generate uncomfortable and can affect the health of people living around. Hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) can be detected at extremely low concentrations and, when present in the atmosphere, can cause loss of olfactory sensitivity after a certain exposure time. The main objective of the research was to evaluate the removal efficiency of hydrogen sulfide comparing the use of activated carbon, charcoal and soil materials as adsorbents. And the application of questionnaires to evaluate the perception of the population regarding the odor released by the station. The filters showed a high efficiency in the treatment of hydrogen sulfide for 21 days, with a mass of adsorptive material less than 200g. The improvement in quality of life of the local population it was apparent.

**KEYWORDS:** odor , hydrogen sulfide , coal, soil, adsorption.

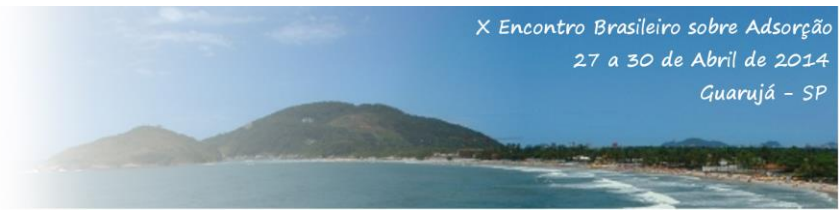
## 1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com o meio ambiente tem resultado em um aumento no número de cidades com esgotamento sanitário no Brasil. A situação atual ainda não é a ideal e a tendência é que mais cidades possuam rede coletora e tratamento de esgoto com o passar dos anos.

As estações de tratamento de esgoto, muitas vezes instaladas em áreas urbanas, produzem gases

odoríferos provenientes de processos anaeróbios (Liliamtis e Mancuso, 2003). Esses gases quando liberados na atmosfera geram desconforto e podem causar problemas à saúde dos moradores da região, podendo chegar a casos de morte dependendo da concentração e do tempo de exposição do indivíduo a determinado gás poluente.

Dentre estes gases, destaca-se o sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) que pode ser detectado em concentrações extremamente baixas e pode levar a



perda da sensibilidade olfativa em concentrações de 150 ppm em média (EPA, 1985). Por isso torna-se um gás perigoso, pois pode estar presente no ar em concentrações extremamente elevadas que podem causar sérios danos a saúde, sendo que a população e/ou o operador não detectam sua presença sem um medidor específico. Além disso, o sulfeto de hidrogênio possui um odor bastante característico, favorecendo seu uso como indicador de poluição em estações de tratamento (Lupatini et al., 2007).

Para controle do sulfeto de hidrogênio o método comumente empregado é a adsorção, tendo como principal material adsorvente o carvão.

O carvão apresenta alta afinidade com o sulfeto de hidrogênio, pode ser reutilizado, e em comparação com os materiais adsorventes mais conhecidos é mais barato, indicando a conveniência do seu uso no tratamento.

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar o uso de carvão ativado e refugo de carvão vegetal no controle de odor, causado pela liberação de sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ) na estação de tratamento de esgoto (ETE) do Bairro Estância no município de Itajubá – MG. O trabalho visou também caracterizar os materiais adsorventes verificando sua capacidade adsorvente e definir os pontos de escape do  $H_2S$  na ETE, com o objetivo final de implantar filtros preenchidos com os carvões para a adsorção do gás sulfeto de hidrogênio.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Local de Estudo

O estudo foi realizado na área rural da cidade de Itajubá – MG, na ETE localizada no bairro Estância. A ETE foi inaugurada em 3 de setembro de 2011 para sanar os problemas de degradação ambiental da área e transmissão de doenças resultantes do lançamento do esgoto diretamente no rio próximo.

Composta por gradeamento, reator UASB, filtro biológico e poço de visita, tem-se um tratamento anaeróbio, com uma eficiência teórica de 80 a 88% de remoção da DBO ( $8,16 \text{ kg dia}^{-1}$ ), o tratamento de aproximadamente  $24.000 \text{ L dia}^{-1}$  de esgoto sanitário, vazão média de  $0,28 \text{ L/s}$  e a vazão máxima  $0,50 \text{ L/s}$ . (Itajubá, 2009). O efluente produzido pela comunidade que antes era lançado *in natura* no ribeirão Estância (que deságua no rio Sapucaí), passou a ser tratado.

### 2.2. Análise de $H_2S$

Foi feita a medição da liberação do sulfeto de hidrogênio no reator UASB, no filtro biológico e no gradeamento para determinação da concentração encontrada nas saídas destas unidades de tratamento. A medida foi feita por medidor multiparâmetro, capaz de ler no intervalo de  $1 - 100 \text{ ppm} \pm 10\%$ .

Na medição do  $H_2S$  na entrada e saída dos filtros, para obter a eficiência de remoção do gás, foi utilizada uma metodologia adaptada do método 4500-S<sup>2</sup> F e H do Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). Essa metodologia consiste em fixar o sulfeto de hidrogênio gasoso em solução alcalina de zinco sob a forma química  $HS^-$ , permitindo assim a titulação para a determinação da concentração de  $S^{2-}$  que será proporcional a concentração de  $H_2S$ .

### 2.3. Caracterização do Material Adsorvente

Os filtros de tratamento foram preenchidos com carvão ativado, refugo de carvão vegetal e terra.

O carvão ativado e o refugo de carvão vegetal foram caracterizados em triplicata quanto ao pH, superfície química (SQ), número de iodo (NI), granulometria, teor de umidade (TU), cinzas, densidade aparente (DA), capacidade adsorvente e microscopia eletrônica de varredura (MEV) acoplada à espectrofotômetro de energia dispersiva (EDS). As análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento da Unifei e o MEV com EDS que foi realizado no Laboratório LCE da Unifei.

Os métodos utilizados para a determinação de cada característica estão descritos na Tabela 1.

### 2.4. Balanço de massa

Foram analisados diversos parâmetros para verificar a eficiência do tratamento do esgoto na ETE, como: pH, temperatura, Alcalinidade, Sólidos, DQO, Ácidos Orgânicos Voláteis (AOV), Nitrogênio Total (NT), Nitrogênio de Kjeldhal (NTK), Sulfato, Sulfeto e  $H_2S$ . A Tabela 2 apresenta os parâmetros analisados, os pontos de coleta e a metodologia utilizada e a Figura 1 traz a localização dos pontos de coleta na ETE. As análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento da Unifei.



**Tabela 1.** Caracterização do carvão ativado e do carvão vegetal e os métodos utilizados.

Análise	Método	Referência
pH	Potenciometria	ASTM D3838-80 (1999)
Cinzas	Gravimetria	ASTM D2866-94 (1999)
Densidade Aparente	Volumetria	ABNT NBR 12076 (1991)
Número de Iodo	Iodometria	ABNT MB 3410 (1991)
Superfície Química	Boehm	GUIMARÃES (2006)
Teor de Umidade	Gravimetria	ASTM D2867-04 (1999)
Granulometria	---	ABNT NBR 12075 (1991)
Capacidade Adsorviva	---	XU et. al. (2010)
MEV - EDS	---	ROCHA (2006)

## 2.5. Instalação Experimental

Para a confecção dos filtros foi utilizado tubo PVC 50 mm de diâmetro e altura 25 cm. Foram construídos três filtros (Figura 2), ligados em paralelo, contendo: um CAG, um CV e um CV + terra. O esquema continha um rotâmetro para controlar a entrada do gás no sistema de tratamento, registros para cada filtro possibilitando a análise de cada filtro individualmente, e um sistema para coleta na entrada e saída de cada filtro.

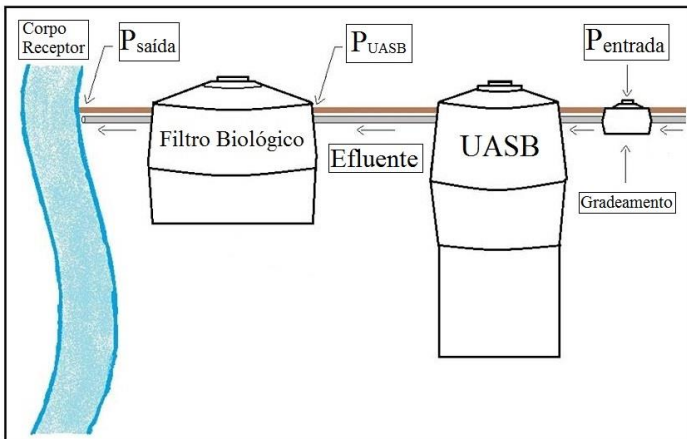
## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Análise de H<sub>2</sub>S

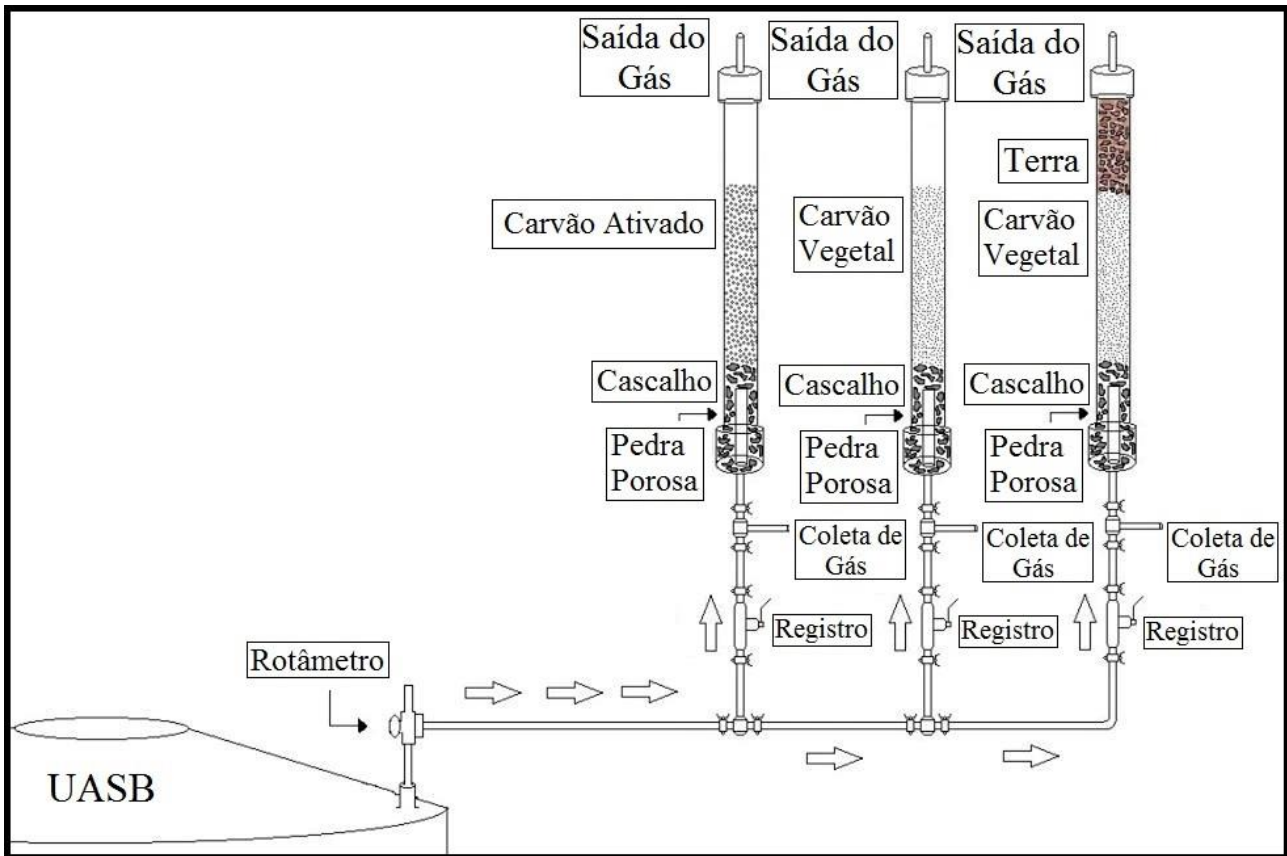
A Figura 3 traz os valores de concentração de sulfeto de hidrogênio medidos no reator UASB, no filtro biológico e no gradeamento. O reator UASB foi o que apresentou maior concentração de sulfeto de hidrogênio liberado ao longo do dia, e por esse motivo foi escolhido como enfoque do trabalho. A maior concentração apresentada pelo reator UASB já era esperada por se tratar de um tratamento anaeróbio, onde preferencialmente ocorre a formação do sulfeto de hidrogênio durante a digestão da matéria orgânica.

A presença do gás no gradeamento ocorre devido ao ambiente anaeróbio formado durante a coleta e conforme a matéria sólida fica retida no gradeamento pode prender uma parcela menor de matéria orgânica que libera o gás. Porém, como para a medição do H<sub>2</sub>S nesta unidade era necessária a retirada da tampa do gradeamento pode ser que o gás tenha escapado para a atmosfera.

O filtro biológico também liberou gás em menores proporções. Parte do sulfeto de hidrogênio produzido durante a digestão da matéria orgânica no reator UASB fica retido na parte líquida do efluente, seguindo para o filtro. Dependendo da vazão do efluente ao chegar no filtro biológico forma-se uma espécie de cascata, essa turbulência faz com que as bolhas de gás presas no líquido se soltem, liberando sulfeto de hidrogênio para a atmosfera.



**Figura 1.** Identificação dos pontos de coleta na ETE.



**Figura 2.** Esquema da instalação dos filtros para tratamento do sulfeto de hidrogênio.

**Tabela 2.** Parâmetros analisados, pontos de coleta e método analítico.

\* Métodos do Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater (APHA,1998)

Parâmetro	Ponto de coleta	Método Analítico
Temperatura	---	---
pH		Potenciometria
Alcalinidade		Titulometria Potenciométrica
Série de sólidos		Gravimetria
DQO	P <sub>entrada</sub> ,	Fotometria
Ácidos orgânicos voláteis	P <sub>UASB</sub> ,	Titulometria
	P <sub>saída</sub>	
Nitrogênio Total		Fotometria
Nitrogênio de Kjeldhal		Titulometria
Sulfeto		Iodometria
H <sub>2</sub> S	Reator UASB	Titulometria

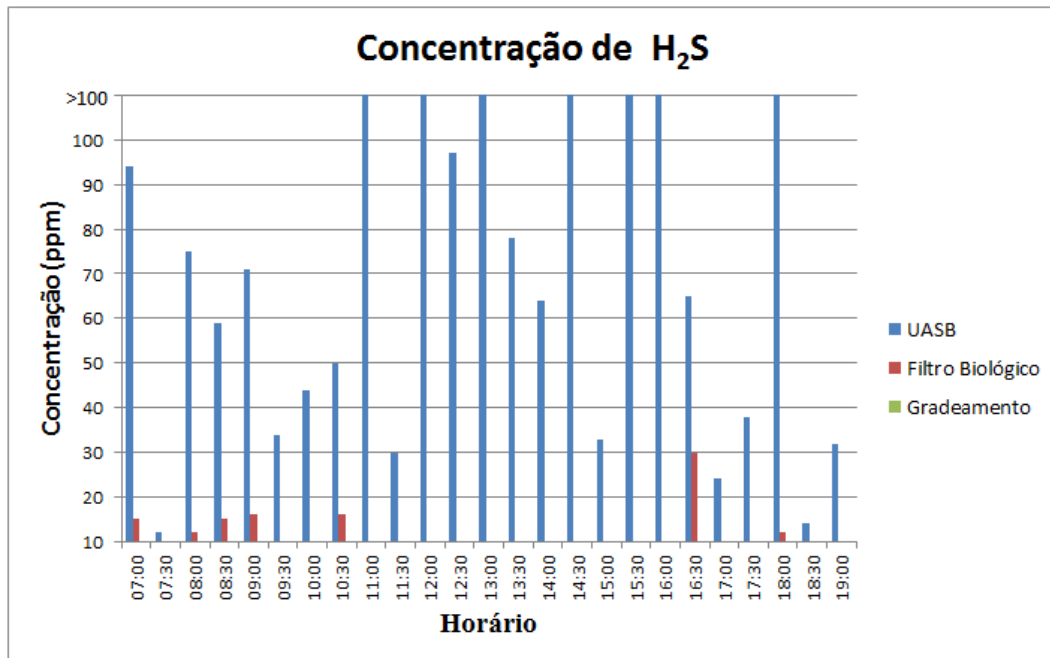


Figura 3. Gráfico com os valores de H<sub>2</sub>S medidos ao longo de um dia na ETE.

### 3.2. Caracterização do Material Adsorvente

Foram analisadas as principais características do carvão vegetal e do carvão ativado, apresentadas na Tabela 3.

Comparando os dois materiais adsorventes observa-se que o carvão ativado tem caráter ácido enquanto o carvão vegetal tem caráter básico. As análises de pH foram confirmadas pela determinação da superfície química do carvão, que especifica os grupos químicos em dominância na superfície do material. Como os materiais provêm de fontes diferentes e apresentam caráter ácido-base também diferentes, devido a sua característica básica o carvão vegetal poderia apresentar maior afinidade pelo sulfeto de hidrogênio. Porém, a adsorção do sulfeto de hidrogênio no carvão não depende apenas do caráter ácido-base deste, depende também do tamanho dos poros e quantidade de poros.

O número de iodo nas análises realizadas foi, em média,  $455,56 \pm 13,36 \text{ mg g}^{-1}$  para o carvão ativado e  $60,39 \pm 1,12 \text{ mg g}^{-1}$  para o carvão vegetal. O número de iodo do carvão vegetal foi muito inferior ao obtido para o carvão ativado,

interferindo diretamente na adsorção do gás. Uma vez que o número de iodo fornece o número de microporos do carvão, onde preferencialmente o H<sub>2</sub>S tende a se ligar, o material que apresentar um maior número de iodo tende a ser o material adsorvente mais eficiente no tratamento do sulfeto de hidrogênio.

A granulometria dos carvões condiz com o fato do carvão ativado estar na forma granular e o carvão vegetal na forma de pó. A Tabela 4 mostra os valores de linearização obtidos para o modelo de Freundlich para os dois carvões.

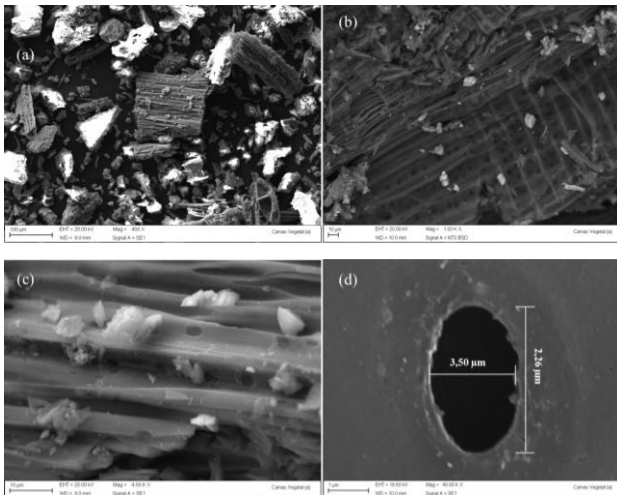
Tabela 4. Parâmetros de linearização do modelo de Freundlich para os carvões.

Parâmetros	CAG	CV
<i>de Linearização</i>		
N	1,02	0,89
Ka ( $\text{mg g}^{-1})(\text{Lm g}^{-1})^{1/n}$	24,80	22,15
R <sup>2</sup>	0,98	0,94

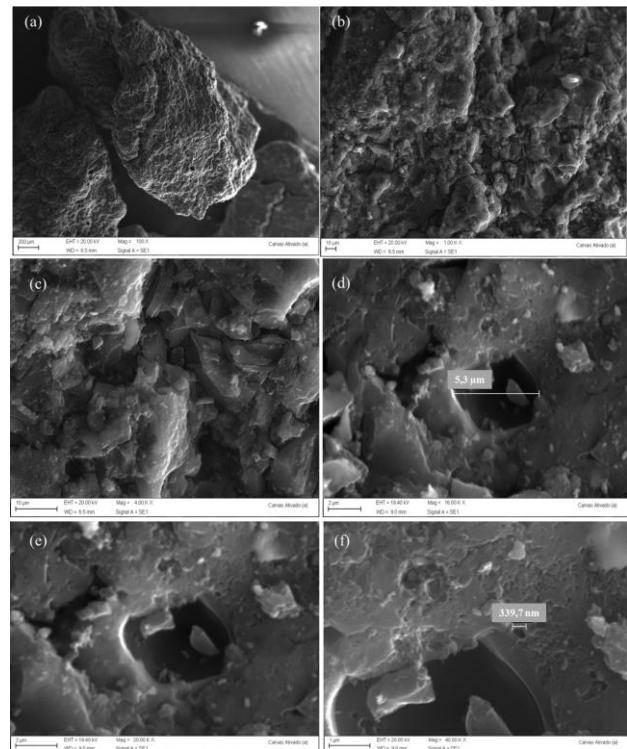
**Tabela 3.** Características do carvão ativado e do carvão vegetal.

Parâmetro	CAG	CV
pH	6,51±0,08	9,17±0,13
Grupos Básicos (mEq g <sup>-1</sup> )	0,267±0,026	1,684±0,025
Grupos Carboxílicos (mEq g <sup>-1</sup> )	0,648±0,040	0,736±0,092
Grupos Fenólicos (mEq g <sup>-1</sup> )	0,319±0,050	0,387±0,046
Densidade Aparente (g (cm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> )	0,590±0,004	0,307±0,027
Teor de Umidade (%)	7,442±0,061	8,960±0,530
Número de Iodo (mg g <sup>-1</sup> )	455,56±13,36	60,39±1,12
Cinzas (%)	4,01±0,37%	9,64±0,23%
Granulometria (mm)	0,6–1,0 mm	<0,25 mm

As análises do MEV visaram mostrar a composição de poros do material e identificar se houve alguma modificação aparente nos materiais adsorventes após o uso destes nos filtros de tratamento. A seguir serão apresentadas as Figuras 4 e 5 dos materiais adsorventes.



**Figura 4.** Fotomicrografias do carvão vegetal anteriormente ao uso nos filtros de tratamento nos diferentes aumentos: (a) 400 vezes; (b) 1.000 vezes; (c) 4.000 vezes e (d) 40.000 vezes.



**Figura 5.** Fotomicrografias do carvão ativado anteriormente ao uso nos filtros de tratamento nos diferentes aumentos: (a) 100 vezes; (b) 1.000 vezes; (c) 4.000 vezes; (d) 16.000 vezes; (e) 20.000 vezes e (f) 40.000 vezes.



Os materiais apresentaram diferenças também na disposição dos poros, o carvão vegetal apresentou os poros dispostos em camadas enquanto o carvão ativado apresentou poros distribuídos irregularmente.

A espectrofotometria de energia dispersiva (EDS) possibilitou observar as poucas modificações químicas que ocorreram no carvão ativado após seu uso. O enxofre não apresentou modificação nas porcentagens, podendo estar preso no material ou, ainda, a região escolhida do material para análise que não continha grandes quantidades do enxofre. Isso pode ter ocorrido porque durante o processo de adsorção o gás forma caminhos preferenciais, logo nem todo o material adsorvente entra em contato com o adsorvato.

Quando se compara o carvão ativado e o carvão vegetal, o carvão vegetal não apresentou poros da ordem de nanômetros, o que influencia diretamente na adsorção das moléculas de sulfeto de hidrogênio. Apesar de ambos apresentarem a grande maioria dos poros na ordem de micrômetros, o que confere a classificação de macroporos (> 50nm).

No EDS do carvão vegetal há um aumento na porcentagem de átomos de enxofre presente no material (0,11% para 0,36% em número de átomos), indicando a adsorção do gás.

No EDS da terra não foram detectados vestígios de enxofre no espectro, e os demais elementos não variaram significativamente. Essa análise pode ser um indício de que a terra não teve

caráter adsorativo, sendo que o sulfeto de hidrogênio adsorvido pelo filtro 3 seria de total responsabilidade do carvão vegetal.

### 3.3. Balanço de Massa

A Tabela 4 apresenta os valores obtidos dos parâmetros para o balanço de massa da ETE.

### 3.4. Instalação Experimental

Para preencher o volume estimado de 70% em altura com carvão e 30% em altura com terra, foram necessários: aproximadamente 180 g de carvão ativado, 140g de carvão vegetal e 178g de terra.

A adsorção do sulfeto de hidrogênio foi de 100% até o 20º dia de tratamento. Os filtros de carvão ativado e de carvão vegetal se comportaram de forma semelhante, apresentando uma queda na remoção com o passar dos dias, chegando a 35,5 e 20,6% de remoção respectivamente. Já o filtro de carvão vegetal e terra apresentou uma aumento na porcentagem de remoção, possivelmente por parte do sulfeto de hidrogênio ter ficado retido na terra e, com o fluxo de sulfeto entrando continuamente, parte deste gás escapou diminuindo muito a porcentagem de remoção (12,62%). Após o escape de gás, o material fica livre para adsorver mais sulfeto de hidrogênio, aumentando novamente a porcentagem de remoção (60,9%).

**Tabela 4.** Valores obtidos do balanço de massa da ETE.

Parâmetros	Unidades	Entrada	Saída UASB	Saída FB	
		( $\bar{x} \pm DP$ )	( $\bar{x} \pm DP$ )	( $\bar{x} \pm DP$ )	
pH	---	6,48 ± 0,17	6,63 ± 0,31	6,82 ± 0,2	
temperatura	°C	22,22 ± 1,7	22,22 ± 1,7	22,22 ± 1,7	
alcalinidade	pH = 8.3	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	0 ± 0	0 ± 0	0,45 ± 1,11
	pH = 4.5	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	30,62 ± 1,47	42,61 ± 8,55	47,82 ± 14,44
AOV	mg L <sup>-1</sup>	8,73 ± 9,57	8,73 ± 9,57	17,46 ± 23,43	
NTK	mg L <sup>-1</sup>	4,79 ± 3,47	3,47 ± 2,45	2,67 ± 2,07	
NT	mg L <sup>-1</sup>	14,68 ± 3,15	19,37 ± 2,31	20,63 ± 3,33	
NO <sub>2</sub> + NO <sub>3</sub>	mg L <sup>-1</sup>	10,13 ± 5,56	15,91 ± 3,83	17,96 ± 3,7	
DQO	mg L <sup>-1</sup>	223 ± 42,89	168,92 ± 25,06	136,42 ± 10	
Sulfeto total	mg L <sup>-1</sup>	2,40 ± 0,83	1,88 ± 1	1,8 ± 1,17	
Sulfeto dissolvido	mg L <sup>-1</sup>	1,59 ± 1,23	0,93 ± 0,88	0,76 ± 0,9	
Sólidos Sedimentáveis	mL h <sup>-1</sup>	0,10 ± 0,20	0,17 ± 0,41	0	

**Tabela 4.** Valores obtidos do balanço de massa da ETE.

Parâmetros		Unidades	Entrada	Saída UASB	Saída FB
			( $\bar{x} \pm DP$ )	( $\bar{x} \pm DP$ )	( $\bar{x} \pm DP$ )
Sólidos	Totais	mg L <sup>-1</sup>	253,33±14,22	238,28±65,01	242,00 ± 75,75
	Fixos	mg L <sup>-1</sup>	100,92±48,27	92,42 ± 58,74	101,67 ± 39,45
	Voláteis	mg L <sup>-1</sup>	154,83±46,15	144,08±39,66	165,83 ± 60,05
Sólidos dissolvidos	Totais	mg L <sup>-1</sup>	59,25 ± 78,81	74,10 ± 93,52	71,80 ± 67,68
	Fixos	mg L <sup>-1</sup>	69,67 ± 44,62	57,25 ± 57,61	34,20 ± 40,36
	Voláteis	mg L <sup>-1</sup>	74,00 ± 52,90	53,20 ± 43,42	61,00 ± 15,90
Sólidos suspensos	Totais	mg L <sup>-1</sup>	208,56±71,29	138,27±78,20	171,40±103,14
	Fixos	mg L <sup>-1</sup>	73,83 ± 34,68	88,76 ± 88,54	65,40 ± 54,86
	Voláteis	mg L <sup>-1</sup>	123,33±49,79	98,00 ± 34,93	106,17 ± 64,96

## 4. CONCLUSÃO

Os carvões apresentaram características bem diferentes, portanto era esperado que apresentassem um comportamento distinto na adsorção do gás. Porém, a adsorção do sulfeto de hidrogênio ocorreu de forma semelhante nos dois materiais adsorventes. Estes materiais apresentaram uma eficiência de remoção de sulfeto de hidrogênio de 100% durante 21 dias, após esse período houve um decréscimo na porcentagem de remoção. Esse tempo é bastante representativo, considerando que foi utilizada uma massa de material adsorvente inferior a 200 g. Como sugestão para trabalhos futuros fica a possibilidade de utilizar esses filtros em série, ou acrescentar outras combinações de materiais adsorventes. É possível ainda testar filtros maiores, com mais material adsorvente e verificar a eficiência de remoção.

## 5. REFERÊNCIAS

APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20.ed. Washington: American Public Health Association, 1998.

EPA, United States Environmental Protection Agency. *Odor and corrosion control in sanitary sewerage systems and treatment plants*. Desing Manual. Washington: EPA, v. 625; p. 1- 6, 1985.

GUIMARAES, I. S.. *Oxidação de Carvões Ativado de endocarpo de coco da baía com soluções HNO<sub>3</sub> e uma investigação sobre o Método de Boehm*. Tese (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

ITAJUBÁ, Prefeitura de Itajubá, 2009. *Manual Descritivo da Estação de Tratamento de Esgoto do bairro Estância*. Itajubá, MG: 14 de outubro de 2009.

LILIANTIS, T.B.; MANCUSO, P.C.S. A geração de maus odores na rede coletora de esgotos do município de Pereira Barreto: um problema de saúde pública. *Saúde e Soc.*, v.12, n.2, p.86-93, 2003.

LUPATINI, G.; GARBOSSA, L. H. P.; CARDOSO, F. A.; WEIGERT, G.; ANDREOLI, C. V.. *Monitoramento de odores de estação de tratamento de esgoto anaeróbia em Quatro Barras/PR*. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, 2007, Belo Horizonte. ABES, 2007.

ROCHA, W. D.. *Carvão Ativado a partir de resíduos agrícolas e suas aplicações na adsorção de íons metálicos*. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.

XU, Q.; TOWNSEND, T.; REINHART, D. Attenuation of hydrogen sulfide at construction and demolition debris landfills using alternative cover materials. *Waste Manag.*, n. 30, p. 660 – 666, 2010.