

# USO DE REJEITO DA MINERAÇÃO DE FERRO COMO MEIO FILTRANTE DE ADSORÇÃO DE H<sub>2</sub>S EM REATORES UASB

ANA CLÁUDIA PINTO FERRAZ<sup>1</sup>, ATHOS MOISÉS LOPES DA SILVA<sup>2</sup>, RAFAEL PIVOTO PORTO<sup>3</sup>

1 – Graduanda em Engenharia Hídrica – UNIFEI

E-mail: [anaclaudiapintoferraz@gmail.com](mailto:anaclaudiapintoferraz@gmail.com)

2 – Engenheiro Ambiental, mestrando em Meio Ambiente e Recursos Hídricos – UNIFEI

E-mail: [athos@unifei.edu.br](mailto:athos@unifei.edu.br)

3 – Graduando em Engenharia Ambiental - UNIFEI.

E-mail: [rafapivotoporto@gmail.com](mailto:rafapivotoporto@gmail.com)

## RESUMO

Um dos inconvenientes gerados pelo tratamento de águas residuárias por meio de processos anaeróbios como em reatores UASB (do inglês *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) são a geração de odores ofensivos, principalmente causado pelo sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S). Estes reatores têm sido cada vez mais utilizados no Brasil, porém a emissão de gases odorantes é um problema de grande importância e o controle de sua emissão deve ser considerado na rotina operacional dos reatores UASB. A remoção do sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) do biogás pode ser feita através de adsorção, onde os materiais utilizados devem conter óxidos, óxidos hidratados ou hidróxidos de ferro. Logo, a fim de baratear os custos do controle de odores em estações de tratamento de esgotos, é necessário buscar materiais alternativos que contenham estes compostos. De acordo com estudos recentes tem se observado que os rejeitos gerados no processo de mineração de Ferro podem apresentar concentração consideráveis de Óxido de Ferro. Desta forma, este trabalho buscou analisar a remoção de H<sub>2</sub>S presente em amostras de efluentes de reatores UASB por meio do uso rejeito da mineração de Ferro.

**Palavras-chave:** Reatores UASB, Remoção de odores, Rejeito da mineração de Ferro.

# USE OF IRON TAILINGS OF MINING AS FILTER OF H<sub>2</sub>S ADSORPTION IN UASB REACTORS

ANA CLÁUDIA PINTO FERRAZ<sup>1</sup>, ATHOS MOISÉS LOPES DA SILVA<sup>2</sup>, RAFAEL PIVOTO PORTO<sup>3</sup>

1 – Graduanda em Engenharia Hídrica – Universidade Federal de Itajubá

E-mail: [anaclaudiapintoferraz@gmail.com](mailto:anaclaudiapintoferraz@gmail.com)

2 – Engenheiro Ambiental, Mestrando em Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Universidade Federal de Itajubá

E-mail: [athos@unifei.edu.br](mailto:athos@unifei.edu.br)

3 – Graduando em Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Itajubá

E-mail: [rafapivotoport@gmail.com](mailto:rafapivotoport@gmail.com)

## ABSTRACT

One of the drawbacks generated by wastewater treatment through anaerobic processes such as the UASB reactor (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) is the generation of offensive odors, mainly caused by hydrogen sulphide (H<sub>2</sub>S). These reactors have been increasingly used in Brazil, but the emission of odorous gases is a problem of great importance and the control of their mission must be considered in the operational routine of the UASB reactors. The removal of hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) from the biogas can be done by adsorption, where the materials used must contain oxides, hydrated oxides or iron hydroxides. Therefore, in order to reduce the costs of odor control in sewage treatment plants, it is necessary to search for alternative materials containing these compounds. According to recent studies it has been observed that the tailings generated in the iron mining process can present considerable concentrations of Iron Oxide. Thus, this work sought to analyze the H<sub>2</sub>S removal present in UASB reactor effluent samples through the use of iron ore Tailings.

**Keywords:** UASB Reactors, Odor Removal, Iron Mining Tailings.

## 1. INTRODUÇÃO

Entre os principais agentes contaminantes encontrados na atmosfera está o sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ) (ROCHA, 2007). Trata-se de um gás incolor, solúvel em água e que possui um cheiro característico de “ovo podre”. É altamente tóxico aos seres humanos, porque se combina com o ferro do citocromo e outros compostos essenciais que contêm ferro na célula (SILVA, 2008), podendo causar diversos danos à saúde e muitas vezes levar a óbito, variando conforme tempo de exposição e concentração do gás. É importante dizer que é perceptível ao olfato humano em concentrações a partir de 0,1 ppm, a partir de 10 ppm pode causar dores de cabeça, náusea e irritação nos olhos e garganta e acima de 100 ppm perda de olfato, edema pulmonar, perda de consciência e até levar a óbito em concentrações mais elevadas (OMS, 1981).

Sabe-se que numerosos processos urbanos e operações industriais, incluindo tratamento de águas residuais, processamento de alimentos, indústria petroquímica, fabricação de papel e celulose, renderização e processos de compostagem, produzem Sulfeto de Hidrogênio (SHAREEFDEEN, 2009).

O tratamento de águas residuárias por meio de processos anaeróbios converte a matéria orgânica do efluente em gases como metano ( $CH_4$ ) e dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e os sulfatos em  $H_2S$ . Reatores anaeróbios são cada vez mais utilizados para tratamento de efluentes de centros urbanos e industriais, como os chamados reatores de fluxo ascendente do tipo UASB (do inglês *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*). De acordo com Gloria (2009) o tratamento de esgotos é feito por microorganismos anaeróbios que convertem a matéria orgânica presente no efluente nestes gases.

Estudos de Silva (2007) citam que dentre os impactos negativos do tratamento de esgotos, encontra-se a proliferação de odores ofensivos, um dos principais motivos de reclamações das Estações de Tratamento de Esgotos, ETEs, pois causam grande desconforto para a população dos arredores destas instalações. A emissão de gases odorantes em reatores anaeróbios é um problema de grande importância e, se não resolvido, poderá prejudicar significativamente a aplicação mais ampla da tecnologia anaeróbia no Brasil (CHERNICHARO, 2010).

A remoção do  $H_2S$  do biogás pode ser feita através de adsorção, onde os materiais utilizados devem conter óxidos, óxidos hidratados ou hidróxidos de ferro. Nos materiais utilizados há comumente o óxido de ferro -  $Fe_2O_3$  - e o hidróxido de ferro -  $Fe(OH)_3$  - os

quais capturam o sulfeto de hidrogênio em sua superfície, formando sulfeto de ferro e água (ABATZOGLOU; BOIVIN, 2009).

De acordo com Andrade (2014), tem-se observado, que os rejeitos descartados e armazenados em algumas barragens podem apresentar concentração de  $Fe_2O_3$  superior a alguns minérios de baixo teor, lavrados por empresas minerárias no Brasil. Em estudos realizados por Wolff (2009) para determinação do teor total de ferro de rejeitos de minério de ferro de minas da VALE, por meio de análise de Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES), observam-se concentrações que variam de 44,3 a 64,0%, em rejeitos de nove minas diferentes, indicando elevada concentração de ferro ainda presente, sendo a aplicação do rejeito como adsorvente uma alternativa a ser estudada. Ressalta-se que estes rejeitos representam um grande potencial poluidor podendo citar como exemplo os diversos impactos gerados com rompimento da barragem de Mariana, no Estado de Minas Gerais em novembro de 2015, considerado o maior desastre ambiental ocorrido no Brasil. Sendo assim, torna-se importante estudar alternativas para reuso deste material a fim de mitigar seus impactos.

Desta forma busca-se neste trabalho estudar e analisar a aplicabilidade e eficiência da remoção do sulfeto de hidrogênio da saída do efluente do reator UASB, por meio da adsorção com uso do material recolhido de rejeito de mineração de ferro, bem como comparar com os resultados obtidos com adsorção em carvão ativado, que já apresenta eficácia comprovada para este tipo de tratamento.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Coleta da amostra**

As amostras de água residuária para o ensaio em laboratório foram coletadas na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) – COPASA- localizadas na cidade de Itajubá-MG, nos dias 13/04/2018 e 17/04/2018 (Figura 1). As amostras foram recolhidas na saída de um dos 8 reatores UASB da unidade, conforme Figura 2, com o apoio do técnico de operação da ETE. No total foram recolhidos seis galões de 5 L de amostra de esgoto. Foram tomados os devidos cuidados, além de uso de equipamentos, a fim de não se ter o contato com o efluente coletado.



Figura 1. Reatores UASB da Estação de Tratamento de Itajubá.  
Figure 1. UASB Reactors of the Itajubá Treatment Station.  
Fonte: PROENCIS - Projeto de Engenharia Civil e Saneamento



Figura 2. Amostragem de água residuária.  
Figure 2. wastewater sampling  
Fonte: Autoria Própria

## 2.2. Coleta do rejeito da barragem de mineração de ferro.

O rejeito utilizado no trabalho como meio filtrante foi coletado num ponto à jusante da Barragem de contenção da mina de Conceição, localizada no município de Itabira – MG sob

as coordenadas 19°39'55.9"S 43°14'40.6"W (GPS Garmin – 60Cx) e possui uma área útil de 203 ha (MINAS GERAIS, 2004), conforme mostrado na Figura 3.

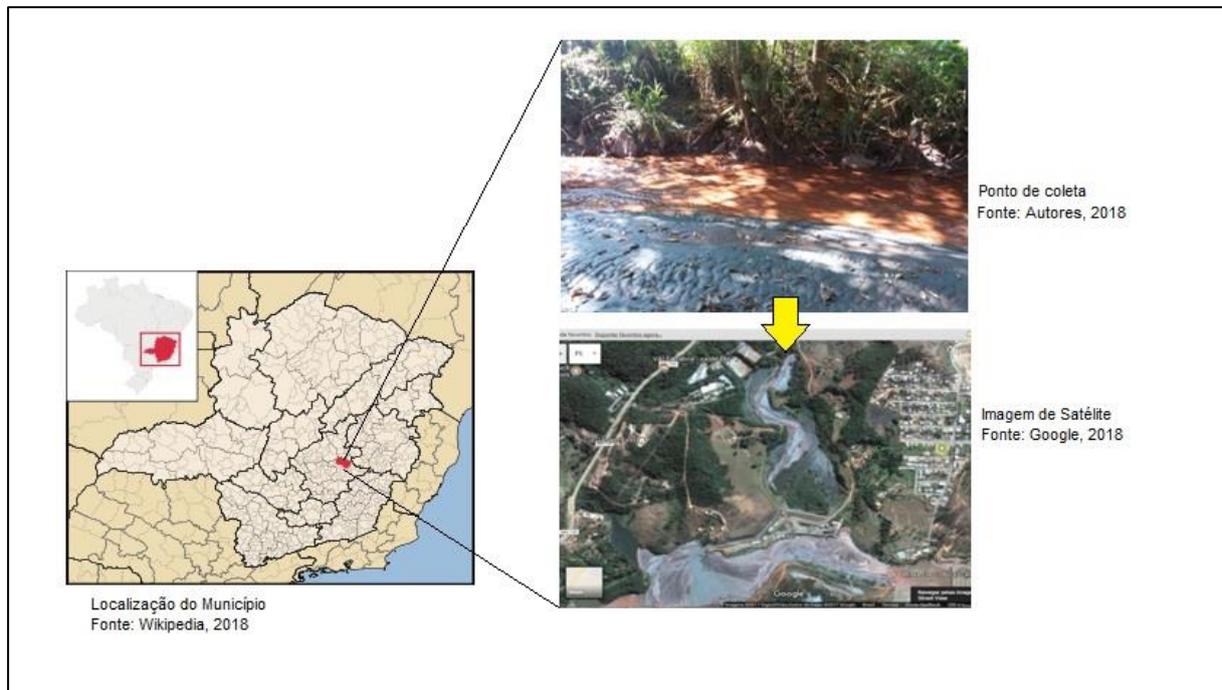


Figura 3. Local de coleta de amostra de rejeito de mineração.  
Figure 3. Site of sample collection of mining tailings.

Fonte: Autoria Própria

Na tabela 1 são apresentadas as granulometrias de ambos meios filtrantes: carvão ativado e rejeito de mineração de ferro.

Quadro 1. Granulometrias de partículas  
Table 1. Granulometry of particles

	<b>Granulometria (diâmetro médio das partículas)</b>	<b>Referência</b>
<b>Carvão ativado</b>	0,250 mm	PREZOTTO, 2014
<b>Rejeito da Mineração</b>	0,125 mm	CALHEIROS; L. SILVA; C. SILVA; ROCHA, 2018

Fonte: Autoria Própria.

## 2.4. Bancada Experimental

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Saneamento localizado no Bloco 9, sala 7 na Universidade Federal de Itajubá - Campus Itajubá. A Bancada foi constituída por

agitador mecânico utilizado para remoção do sulfeto da amostra em fase líquida. O gás foi então sugado por meio de uma bomba à vácuo a fim de transmiti-lo através do filtro onde foram adicionadas as quantidades de carvão e rejeito a serem analisadas de acordo com a remoção de gás. Por fim, após a passagem pelo filtro, a quantidade de gás foi medida por meio de um aparelho medidor de gases.

Para que houvesse o desprendimento do gás da amostra, esta foi agitada pelo agitador mecânico em alta rotação (aproximadamente 1500 rpm) referente à palheta do agitador. Esta mistura rápida foi mantida por um minuto em amostras de um litro em cada ensaio, possibilitando uma remoção inicial do H<sub>2</sub>S e somente após este tempo foi ligada a bomba a vácuo possibilitando a tomada de dados através do medidor de gases.

Ao todo foram realizados sete ensaios, sendo o primeiro um teste de controle a fim de se saber o tempo necessário para que fosse totalmente esgotado o gás das amostras. Nesse ensaio, portanto, não foi utilizado nenhum tipo de meio filtrante de forma que o H<sub>2</sub>S não sofresse nenhuma resistência durante sua remoção. Para os demais ensaios foram medidas três quantidades de meio filtrante tanto para o carvão ativado quanto para o rejeito de minério de ferro, sendo elas 10 mL, 30 mL e 250 mL medidos por meio de uma proveta. Por se tratar de volumes de sólidos, as unidades obtidas na proveta foram convertidas em 7 cm<sup>3</sup>, 26 cm<sup>3</sup> e 238 cm<sup>3</sup> respectivamente.

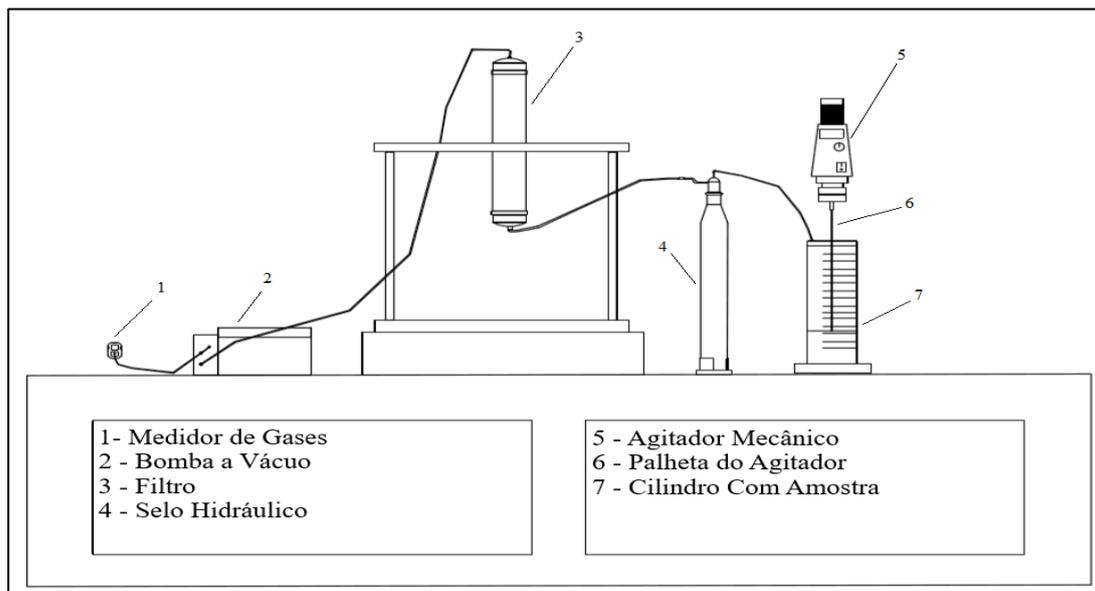


Figura 4. Bancada de Ensaio  
Figure 4. Test Bench

Fonte: Autoria Própria

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente fez-se um teste de controle utilizando o procedimento descrito anteriormente, porém sem nenhum meio filtrante, a fim de se analisar a quantidade de H<sub>2</sub>S existente na amostra coletada e também o tempo gasto para esgotar este gás. Durante os 8'23'' iniciais a concentração de H<sub>2</sub>S excedeu o limite máximo de 100 ppm (acima do limite mensurável pelo aparelho). Após este tempo a concentração começou a cair e esgotando apenas aos 40'22'' após o início do experimento. Diante do resultado, nota-se a grande concentração de H<sub>2</sub>S presente na amostra coletada. Observa-se que os valores excederam o limiar de danos à saúde para exposição prolongada de acordo com a OMS (1981). Os resultados obtidos estão dispostos na Figura 4.

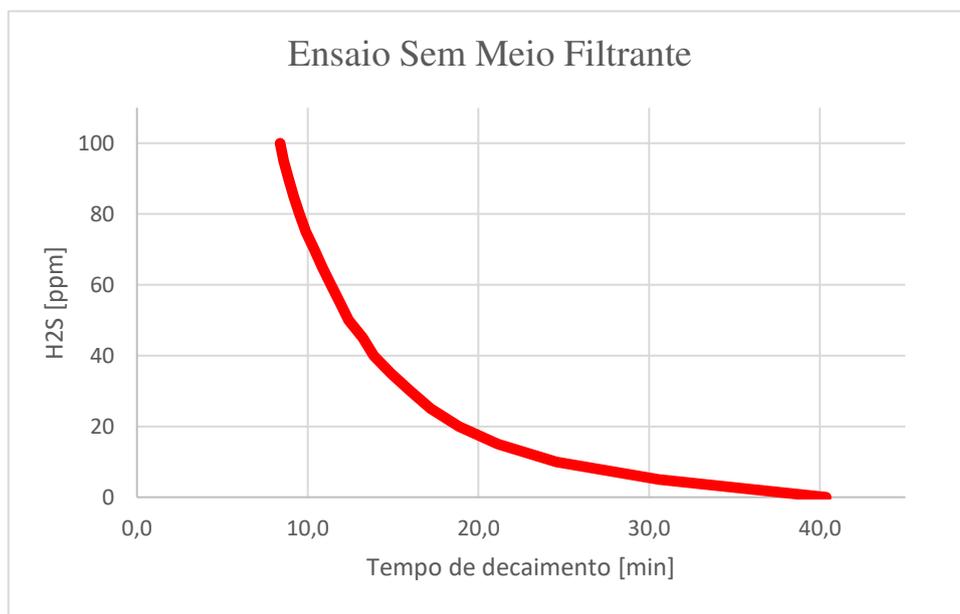


Figura 5. Ensaio sem meio filtrante.

Figure 5. Test without filter

Fonte: Aatoria Própria

Tendo em conta o tempo de esgotamento do gás presente na amostra, buscou-se aplicar o mesmo tempo (40'22') de esgotamento do H<sub>2</sub>S nas amostras para os demais experimentos. O primeiro teste com meio filtrante foi realizado com 7 cm<sup>3</sup> de rejeito sendo este comparado com a mesma quantidade de carvão ativado. Diante dos resultados, nota-se que ambos os meios filtrantes não obtiveram uma remoção satisfatória do gás sendo que a concentração deste excedeu o valor máximo medido pelo aparelho. Entretanto, é possível notar que a remoção total do gás através do carvão aconteceu de maneira mais rápida, com

duração de 30'46'', enquanto o rejeito, por sua vez, esgotou a concentração de sulfeto em 35'55''. Apesar da baixa quantidade de meio filtrante utilizado nesta etapa, nota-se que a remoção de H<sub>2</sub>S se fez presente quando comparada ao teste de controle. Resultados demonstrados na Figura 5.

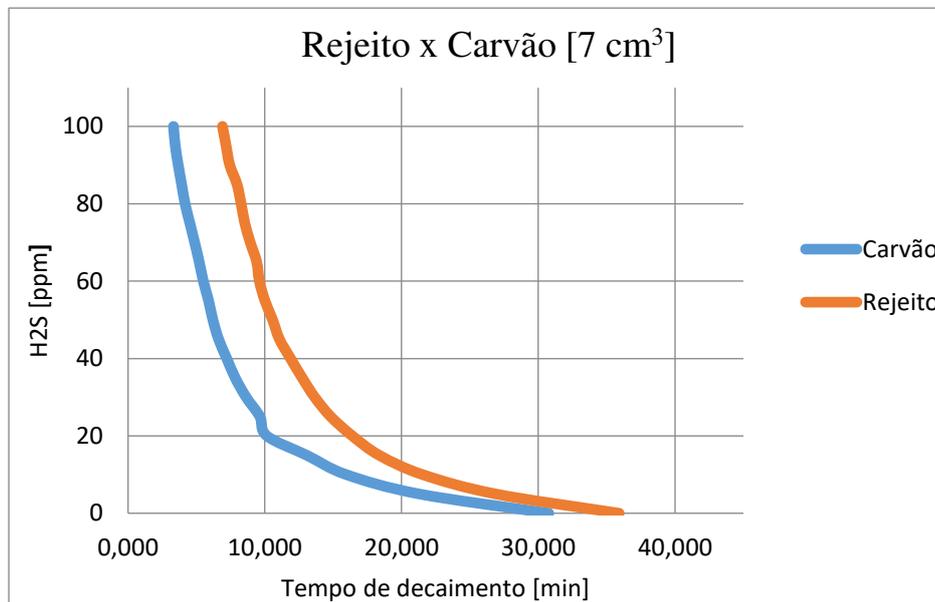


Figura 6. Ensaio rejeito e carvão para 7 cm<sup>3</sup>

Figure 6. Test to coal and tailings 7 cm<sup>3</sup>

Fonte: Aatoria Própria

Para o terceiro teste, aplicou-se 26 cm<sup>3</sup> de rejeito sendo este comparado com a mesma quantidade de carvão ativado. Em ambos os casos não foi excedido o valor máximo capaz de ser medido pelo aparelho, sendo que o rejeito permitiu a passagem de uma concentração máxima de 95 ppm de H<sub>2</sub>S através do filtro enquanto a concentração máxima do gás que passou pelo carvão foi de 85 ppm. Notou-se um menor tempo de esgotamento nos dois casos. Para o rejeito, o tempo foi de 29', já o carvão obteve um tempo de 26'14''. Resultados demonstrados na Figura 6.

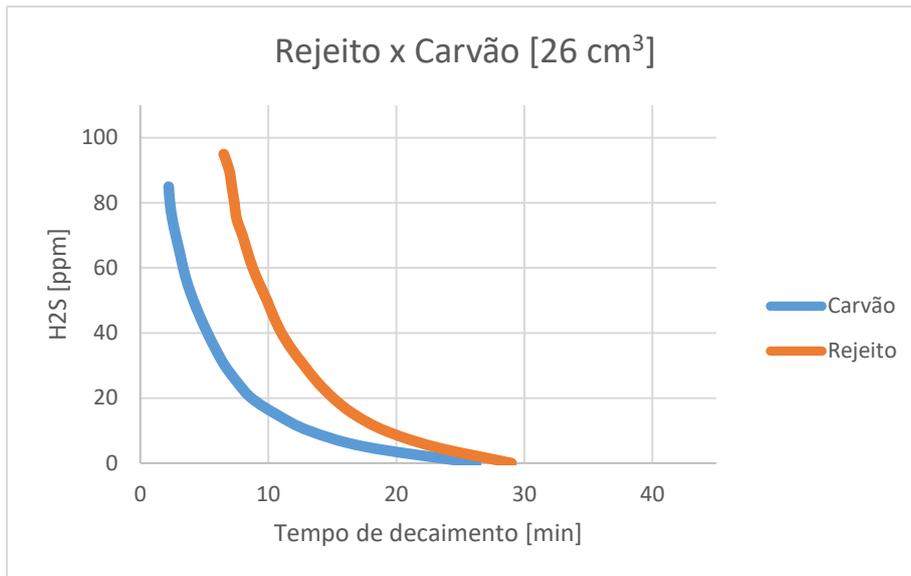


Figura 7. Ensaio para rejeito e carvão 26 cm<sup>3</sup>

Figure 7. Test to coal and tailings 26 cm<sup>3</sup>

Fonte: Autoria Própria

Por fim, realizou-se um teste utilizando 238 cm<sup>3</sup> de rejeito, bem como a mesma quantidade de carvão. Este caso apresentou os resultados mais satisfatórios. O meio filtrante composto por rejeito permitiu a passagem de uma concentração máxima de 30 ppm de H<sub>2</sub>S através do filtro enquanto o meio filtrante de carvão reteve 100% do gás liberado pela amostra. O tempo de esgotamento de H<sub>2</sub>S obtido pelo rejeito foi de 11'56''.



Figura 8. Ensaio para rejeito e carvão 238 cm<sup>3</sup>

Figure 8. Test to coal and tailings 238 cm<sup>3</sup>

Fonte: Autoria Própria

#### **4. CONCLUSÃO**

Diante dos resultados obtidos pode-se constatar que a eficiência de remoção do H<sub>2</sub>S pelo rejeito da mineração de ferro comportou-se de forma satisfatória. Entretanto nota-se que o carvão ativado obteve melhores resultados de remoção para os volumes aplicados. De acordo com os resultados comparativos obtidos, nota-se que para viabilizar o uso do rejeito da mineração, necessita-se a aplicação de um volume maior em relação ao carvão ativado. Sugere-se como pesquisas futuras, variação do volume do meio filtrante e o estudo da influência de aspectos importantes do meio filtrante como sua porosidade e concentração de Óxido de Ferro existente na mostra do rejeito.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Luana Caetano Rocha de. **Caracterização de rejeitos de mineração de ferro, in natura e segregados, para aplicação como material de construção civil.** Tese de Pós-Graduação, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.
- ABATZOGLOU, N.; BOIVIN, S. **A review of biogas purification processes.** *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 3, 42-71. 2009.
- CHERNICHARO, C.A.L. et al. **Alternativas para o controle de emissões odorantes em reatores anaeróbios tratando esgoto doméstico.** Nova Técnica, Belo Horizonte, p.229-236, set. 2010.
- CALHEIROS, H. C.; SILVA, A. M. L.; SILVA, J. M. C.; ROCHA, J. V; **Uso do rejeito da mineração de ferro para obtenção de Cloreto Férrico e sua aplicação como coagulante para clarificação de água.** XIV SIBESA – Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais do Evento. Foz do Iguaçu, 2018.
- SILVA, A.B. **Avaliação da produção de odor na estação de tratamento de esgoto Paranoá e seus problemas associados.** 2007. 132 f. Dissertação de Mestrado, UNB, Brasília, 2007.
- SILVA, M.B. **Influência do tipo de meio suporte no desempenho de biofiltros aplicados à remoção de H<sub>2</sub>S do ar atmosférico em sistemas de esgoto sanitário.** 2008. 156 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental - UFES, Vitória, 2008.
- GLORIA, R.M. **Estudo dos processos de formação, acumulação, emissão e oxidação de sulfeto de hidrogênio em reatores UASB tratando esgotos domésticos.** 2009. 65 f. Dissertação para Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Mestrado), UFMG, Belo Horizonte, 2009.
- MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). Processo COPAM/PA Número 119/186/58/2004 (Companhia Vale do Rio Doce). Belo Horizonte FEAM (1996-2004
- PREZOTTO, A. B. T; **Estudo de emissões de Sulfeto de Hidrogênio em Sistema de tratamento anaeróbio de esgoto doméstico através de adsorção em carvão.** Dissertação de Mestrado. UNIFEI – Universidade federal de Itajubá. 2014
- SHAREEFDEEN, Z.M. **Development of a biofilter media for removal of hydrogen sulphide.** *Global Nest Journal*, Sharjah, v. 11, n. 2, p.218-222, 17 jan. 2009.

## ANEXO

### LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Reatores UASB da Estação de Tratamento de Itajubá.....	5
Figura 2. Amostragem de água residuária.....	5
Figura 3. Local de coleta de amostra de rejeito de mineração.....	6
Figura 4. Bancada de Ensaios .....	7
Figura 5. Ensaios sem meio filtrante.....	8
Figura 6. Ensaio para rejeito e carvão para 7 cm <sup>3</sup> .....	9
Figura 7. Ensaio para rejeito e carvão 26 cm <sup>3</sup> .....	10
Figura 8. Ensaio para rejeito e carvão 238 cm <sup>3</sup> .....	10

### LIST OF ILLUSTRATIONS

Figure 1. Reatores UASB da Estação de Tratamento de Itajubá.....	5
Figure 2. Amostragem de água residuária.....	5
Figure 3. Site of sample collection of mining tailings.....	6
Figure 4. Test Bench.....	7
Figure 5. Test without filter.....	8
Figure 6. Test to coal and tailings 7 cm <sup>3</sup> .....	9
Figure 7. Test to coal and tailings 26 cm <sup>3</sup> .....	10
Figure 8. Test to coal and tailings 238 cm <sup>3</sup> .....	10

### LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Granulometrias de partículas.....	6
---	---

### LIST OF TABLES

Quadro 1. Granulometrias de partículas.....	6
---	---