

TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS COM ARGILA ESMECTÍCA

Natália Porfírio Albuquerque (1); Adriana Valéria Arruda Guimarães (2); André Luiz Fiquene de Brito (3); Ana Cristina Silva Muniz (4).

(1) Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Química - nataliapalbuquerque@gmail.com

(2) Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Química - adri.valeriauepb@hotmail.com

(3) Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Química - andre@deq.ufcg.edu.br

(4) Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Química - anamuniz@deq.ufcg.edu.br

RESUMO: A poluição causada por efluentes industriais é uma fonte de preocupação constante atualmente. Dentro desse quadro destacam-se os odores causados pelas Estações de Tratamento de Efluentes. Os odores são responsáveis por cerca de 70% das queixas relacionadas a qualidade do ar. Nessa temática, as refinarias de petróleo representam o ramo industrial que mais se destaca na geração de odores, devido às inúmeras quantidades de substâncias com elevada intensidade odorante nas etapas do refino. O sulfeto de hidrogênio (H_2S) destaca-se entre as substâncias geradoras de odores, tendo em vista que pode causar desconforto já em baixas concentrações (0,00047 ppm). Portanto, nessa temática, a presente pesquisa busca avaliar o tratamento de efluentes de refinarias de petróleo com teor de H_2S por meio da aeração com e sem a presença da argila, buscando analisar a eficiência da mesma como adsorvente na remoção de odores. Para isso montou-se um sistema piloto composto por 6 reatores, utilizando como adsorvente a argila esmectítica Chocolate. A concentração de H_2S foi determinada antes e depois da aeração, por um detector instantâneo, onde foram obtidas as médias de 12,2 ($\pm 1,57$) ppm (reator sem argila) e 8,2 ($\pm 0,37$) ppm (reator com argila). Para comprovar a significância dos resultados obtidos, foi realizada a análise de variância (ANOVA) aplicando-se o modelo *One-way* a 1% de significância, onde foi obtido um valor de *F* de 30,64; mostrando que de fato a presença da argila na aeração promove diferença nos resultados alcançados no tratamento de efluentes com elevada carga odorante.

Palavras-Chave: odor, argila, sulfeto de hidrogênio, refinarias de petróleo.

1. INTRODUÇÃO

Os efluentes industriais causam inúmeros problemas de poluição ambiental, gerando diversas substâncias exógenas ao meio ambiente. Dessas substâncias emitidas destacam-se os gases, os quais são gerados continuamente, e muitas vezes em concentrações acima dos limites estabelecidos por lei, causando problemas à saúde da população residente

no entorno da fonte emissora ou mesmo são levados a regiões distantes por meio da dispersão atmosférica.

Desses gases emitidos destacam-se os gases odorantes, os quais correspondem a 70% das queixas relacionadas a poluição atmosférica, pois afetam a qualidade do ar dos residentes no entorno da fonte emissora, sobretudo de instalações industriais, em especial, das refinarias de

petróleo, causando incômodo e problemas respiratórios à população (GUERRA et al., 2015).

Os gases odorantes são gerados por misturas complexas de moléculas químicas como enxofre (H_2S , mercaptanas), nitrogênio (NH_3 e aminas), fenóis, aldeídos, cetonas, alcoóis e ácidos orgânicos. As substâncias responsáveis pela geração de odores são resultantes da decomposição anaeróbia de matéria orgânica contendo, principalmente, enxofre e nitrogênio. Destaca-se a redução de sulfatos produzindo sulfeto de hidrogênio (H_2S) e a produção da amônia (NH_3). Os compostos com enxofre podem ser tóxicos e irritantes para os olhos e vias respiratórias, mesmo em baixas concentrações (TORRES e MUNIZ, 2012).

Os sulfetos podem ser produzidos pela redução biológica de sulfatos e outros compostos orgânicos contendo enxofre (BELLI FILHO et al., 2001). O H_2S é um gás incolor e venenoso, que possui como característica principal o cheiro de ovo podre, sendo este odor aparente ao olfato humano na faixa entre 0,05 e 500 partes por milhão (ppm), além de ser inflamável e formar misturas explosivas com o ar (BECKER, 2013).

Entre as principais fontes de emissão de H_2S destacam-se as refinarias de petróleo, pois há geração deste gás nas diversas etapas do refino. BRAILE 1979

apud MARIANO (2001) afirma que a concentração média de H_2S normalmente encontrados nos dejetos das refinarias de petróleo é 24 mg.m^{-3} (16 ppm), ou seja, acima do que permite a legislação brasileira do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE, 2014), que estipula um limite de tolerância de exposição ao H_2S para jornadas de trabalho de até 48 h.semana⁻¹ de 8 ppm (12 mg.m^{-3}).

Segundo Schirmer, Lisboa e Muniz (2005) as indústrias do petróleo (petroquímicas e refinarias) estão no topo da lista dos órgãos controladores ambientais, uma vez que figuram entre as mais passíveis de emissão de odores. No Brasil atualmente existem 15 refinarias de Petróleo, com a capacidade de Produção de 2 milhões e 799 mil barris de óleo por dia (bpd) [PETROBRÁS,2016]. Essa grande produção gera uma enorme quantidade de efluente contendo diversos poluentes que conseqüentemente necessitam de tratamento.

Dentre as fontes de odores na indústria do refino do petróleo destacam-se as estações de tratamento de efluentes líquidos. Numa estação de tratamento de águas, quanto mais anaeróbio é o processo, mais gases odorantes são microbiologicamente formados. (SCHIRMER, 2004). As lagoas de tratamento constituem fontes potenciais para emissão de odores, por suas próprias

características físicas – elevada área superficial, pH fora da faixa ideal e altas temperaturas, entre outras. O H₂S, produto da redução do sulfato, é o odorante mais comumente associado a este processo, com forte correlação entre a emissão deste gás e a concentração de odores (SCHIRMER, LISBOA e MUNIZ, 2005).

Diante disso as refinarias de petróleo e indústrias em geral visam cada vez mais aplicar técnicas de redução e abatimento dos gases odorantes. Entre as técnicas mais aplicadas destaca-se a aeração com uso da adsorção.

A injeção de ar faz com que a concentração de O₂ no meio aumente transformando o H₂S (odorante) em formas ionizadas como S⁻² e SO₄⁻² (não odorantes), conforme as Equações (1) e (2) (SCHIRMER, 2004):



A adsorção é um fenômeno no qual moléculas de uma fase fluída aderem em uma superfície sólida, sem modificação química. De um modo geral, a adsorção acontece como resultado de forças não balanceadas na superfície de um agente sólido, o adsorvente, e que seguram certas moléculas do fluído, o adsorvato, ao redor da superfície do sólido (SILVA, 2014).

O processo de adsorção envolve a passagem de uma corrente gasosa contendo as moléculas odorantes na solução contendo o adsorvente. A técnica é baseada na transferência de moléculas odorantes da corrente principal de ar até a superfície dos poros internos do material adsorvente, onde estas são capturadas e retidas (BALBINOT, 2010).

A escolha do adsorvente é fundamental para a aplicabilidade deste processo em larga escala. As argilas se destacam entre os adsorventes pela sua viabilidade técnico-econômica decorrente dos seus potenciais de adsorção que, associados as suas disponibilidades, as tornam adsorventes de baixo custo (GUERRA et al., 2015).

Vários estudos têm apontado a argila, como bom material adsorvente. De acordo com os resultados obtidos pela pesquisa realizada por CAVALCANTI et al (2009) sobre a remoção de um efluente sintético (fenol) por adsorção em uma argila esmectítica regional, denominada Chocolate, apresentou uma eficiência superior a 80% para remoção do fenol em soluções aquosas.

As argilas esmectíticas são denominadas de “bentonitas”, sendo constituídas essencialmente por um ou mais argilominerais do grupo das esmectitas especialmente a montmorilonita, não importando qual seja

a origem geológica. Elas são constituídas por lamelas formadas por uma folha octaédrica e duas folhas tetraédricas (CUNHA, 2013).

Diante disso, o uso de argila como adsorvente surge como uma alternativa vantajosa para a desodorização de efluentes de refinarias, pois além de possuir viabilidade econômica, apresenta alta eficiência na remoção de contaminantes com perfil odorante em efluentes.

Segundo Pereira (2008), o Estado da Paraíba é um importante produtor de bentonitas, com a cidade de Boa Vista sendo expressiva na produção das argilas, as quais existem em grandes quantidades e são caracterizadas como argilas esmectíticas. A abundância e o baixo custo dessas argilas, agregados ao potencial que elas representam (modificadas ou não), fazem das mesmas uma atração científica e industrial.

Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME, 2009), Boa Vista (PB) representa 8.886.991 t de reservas medidas; 4.443.876 t indicada; 357.348 t inferida e 5.283.841 t lavrável, contra 374.715 t (reservas medidas e lavrável) de Campina Grande e 1.088.340 t (reservas medidas e lavrável) de Cubati, PB. Em relação a produção brasileira de bentonita no ano de 2008, a Paraíba produziu 88,5% de toda bentonita bruta brasileira. São

Paulo vem em seguida, com 7,3%, a Bahia em terceiro lugar com 3,9% e, por último, o Paraná, com 0,2%.

Por conseguinte, pesquisar a aplicação da argila esmectítica, como agente adsorvente, no sistema de aeração de gases odorante pode ser alternativa viável, seja pela importância que as refinarias de petróleo representam, seja pela necessidade de busca de alternativa de tratamento desses gases, seja pela disponibilidade geográfica e pelo poder adsorvente que esse tipo de argila representa; motivos que mostram os benefícios que essa pesquisa representa para o meio ambiente e para a população.

Portanto, diante do exposto, a presente pesquisa objetiva avaliar a eficiência da argila esmectítica em um sistema de aeração, objetivando analisar a capacidade da mesma como adsorvente na remoção de gases odorantes produzidos pelos efluentes industriais de refinarias de petróleo.

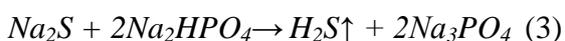
2. METODOLOGIA

Essa pesquisa foi realizada no Laboratório de Gestão Ambiental e Tratamento de Resíduos (LABGER), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Química (UAEQ), no Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), Campus I, da Universidade Federal de Campina

Grande (UFCG), no Estado da Paraíba, Brasil.

2.1 Materiais

Foi utilizado efluente sintético foi preparado conforme adaptação de Canela (1999) *apud* Godke (2011), através da dissolução de sulfeto de sódio comercial (Na_2S – CAS 901-94-7) adicionando de fosfato dissódico (Na_2HPO_4 – CAS 89140-32-9) padrão analítico (p.a.) e ácido sulfúrico p.a. (H_2SO_4 – CAS 7664-93-9) a 2M para correção de pH em torno de 10 ± 1 , em 500 ml de água deionizada e, conseqüente geração de H_2S , conforme a Equação (3).



A preparação desse efluente foi executada objetivando simular um efluente com forte potencial odorante de sulfeto de hidrogênio, similar ao odor desse gás encontrado nas estações de tratamento de efluentes das refinarias de petróleo, segundo GODKE (2011).

Outro material utilizado na metodologia foi o adsorvente, a argila. A argila esmectítica chocolate empregada nesse trabalho tem como origem o Município de Boa Vista ($07^{\circ}15'32''\text{S}$, $36^{\circ}14'24''\text{O}$), Paraíba. A mesma foi usada na forma “*in natura*”, ou seja, sem nenhum tratamento térmico e químico.

2.2 Método

2.2.1 Etapa 1: Montagem e Monitoramento do Experimento

A montagem do sistema de aeração foi adaptada de Schirmer (2004), a partir de um equipamento piloto em regime de batelada, no qual foram montados 6 reatores piloto com capacidade para 1 Litro (L), onde em cada um foi adicionado 500 mL do efluente sintético, enquanto que 500 mL foram deixados como “*headspace*” para a contenção dos gases. Dos 6 reatores, 3 continham apenas o efluente sintético, enquanto que os outros 3 continham, também $7,2 \text{ g.L}^{-1}$ de argila Chocolate natural em pó, segundo sugerido por GUERRA et al (2015).

A aeração foi realizada de forma a promover agitação do meio, ocorrendo com o uso de aerador, com capacidade para vazões de ar de até 2 L.min^{-1} . O sistema de tubulação do aerador aos difusores contou com um regulador de vazão (rotâmetro), de maneira a se obter a vazão desejada nos reatores. A Figura 1 apresenta o sistema usado na pesquisa.

Figura 1: Foto sistema de aeração com e sem argila.



O monitoramento do sistema experimental foi realizado por meio dos seguintes fatores: tempo de aeração de 6 horas, vazão de ar de $2 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e difusão com jato de ar.

Os procedimentos de determinação da concentração do H_2S para verificação do desempenho dos reatores (sem e com argila) foram feitos através da medida da concentração de H_2S na entrada do reator, em dois pontos do sistema: início e final da aeração (sem/com argila).

O monitoramento foi realizado usando o detector Multigases “*Dräger X-am 7000*” com limite de medição de 100 ppm para o H_2S . O “*Dräger X-am 7000*”, é um detector modular, a prova d’água e de impactos. Um equipamento capaz de trabalhar em temperaturas de -20 a $+55 \text{ }^\circ\text{C}$, pressão de 700 a 1300 hPa, umidade de 10 a 95% u.r., sensor eletroquímico, capacidade de monitoramento de até 24 para quantificação de H_2S (*TECHNICAL HANDBOOK DRAGER, 2013*).

2.2.2 Etapa 2: Planejamento experimental e análise estatística dos resultados obtidos

Foi adotado neste trabalho o planejamento experimental completamente aleatório com um único fator (*One-way*), utilizando o *SOFTWARE MINITAB 17.0* (2014), em que a variabilidade dentro de cada técnica é explicada pelo acaso, ou

seja, pela soma dos efeitos de diversos fatores (procedimento metodológico, parâmetros de análise, etc) que variam ao acaso. A finalidade de aplicar o teste estatístico deveu-se ao fato de serem usadas duas técnicas diferentes de aeração. Para decidir a existência, ou não, da diferença significativa entre os resultados da aeração sem e com argila sendo realizada a comparação entre as médias. Objetivando observar se diferença significativa entre as médias obtidas pela aeração sem e com argila serão suficientemente grandes para serem tomadas como evidência de que os resultados apresentados são estatisticamente diferentes, usando para isso a análise de variância (ANOVA). A resposta a ser analisada foi a magnitude da concentração de H_2S em partes por milhão (ppm).

Neste caso, a ideia consistiu em realizar a decomposição da variação, ou seja, das variâncias em: variação atribuída às diferenças entre as unidades experimentais (quadrado médio do resíduo – QMR) e variação atribuída às diferenças entre as unidades experimentais e atribuída às diferenças causadas pelos tratamentos ou fatores (quadrado médio dos tratamentos – QMTrat). Na Tabela 1 está apresentado o esquema para o experimento do tipo *One-way*.

Tabela 1-Dados para um experimento com um único fator (One-way)

Aeração	Observações	Totais	Médias
1	$Y_{11} Y_{12}$	Y_1	Y_1
2	$\dots Y_{1n}$	Y_{12}	Y_{12}
.	$Y_{21} Y_{22}$		
.	$\dots Y_{2n}$		
.	\dots		
A	$Y_{a1} Y_{a2}$	Y_a	Y_a
	$\dots Y_{an}$		

Os dados que aparecem na Tabela 1 representam a j -ésima observação (Y_{ij}) sujeita ao i -ésimo tratamento (Técnica de Aeração). Para o fator técnica de aeração, foram feitos níveis (n) das observações de um único fator (técnica de aeração sem e com argila) que se deseja comparar. Cada nível de um fator é chamado de um tratamento, denominado aqui de técnica de aeração em comparação. A resposta, para cada um dos a tratamentos é uma variável aleatória (MONTGOMERY e RUNGER, 2003).

A Tabela 2 mostra o resultado da análise de variância (ANOVA) para o experimento com um único fator.

Tabela 2-Resultado da Análise de Variância

FV	GL	SQ	MQ	F	p^{1e2}
Tipo de Aeração	N-1	SQ	MQ	MQ/MQ _E	-
Erro	N(n-1)	SQ _E	MQ _E	-	-
Total	Nn-1	SQ _T	-	-	-

NOTA: 1: significativamente diferente ($p < 0,01$) e 2 não significativo ($p \geq 0,01$)
Fonte: MONTGOMERY e RUNGER (2003) e MINITAB (2014).

A Tabela 2 mostra que para os critérios de decisão serão observadas as seguintes hipóteses:

- H_0 : – Admite que as médias da aeração sem e com argila foram todas iguais, não existindo diferença significativa entre elas ao nível de 1% de significância ($p < 0,01$);
- H_1 : – Admite que as médias da aeração sem e com argila, não foram todas iguais, existindo diferença significativa entre elas ao nível de 1% de significância ($p > 0,01$).

A ANOVA foi aplicada após o monitoramento do sistema com o *Dräger X-AM 7000*. Para $p < 0,01$ as médias foram diferentes, então foi necessário realizar a comparação de médias. A comparação de médias pode ser feita por meio do teste de *Tukey*, afim de determinar quais médias foram estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade. O teste de *Tukey* foi aplicado para obter o valor da diferença mínima significativa (d.m.s) entre duas médias. Enquanto que para $p > 0,01$ não há necessidade de aplicar o teste de *Tukey*, haja vista, não haver diferença significante entre as médias encontradas. Para obter o valor da d.m.s pelo teste de *Tukey* foi usada a Equação (4):

$$d.m.s = q_{\alpha(k, N-k)} \sqrt{\frac{Q_{MR}}{r}} \quad (4)$$

Onde (d.m.s) é a diferença mínima significativa; (q) o valor dado na tabela ao nível de significância estabelecida; (Q_{MR}) quadrado médio do resíduo na análise de variância e (r) número de repetições de cada tratamento.

Para verificar a validação do modelo, checar as respostas e verificar se existem efeitos significativos entre a resposta foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) no *SOFTWARE MINITAB 17.0* (MINITAB, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussões foram realizados levando-se em consideração as variáveis em estudo, ou seja, o teor de gás sulfídrico nos reatores, antes e após aeração de 6 horas com difusor jato de ar, vazão média de 2 $\text{Lar}\cdot\text{min}^{-1}$ com e sem o uso de argila.

As concentrações médias H_2S nos reatores antes e após a aeração com e sem o uso de argila são mostradas na Tabela 3.

Tabela 3 - Concentração em ppm do H_2S encontrado pelo *Dräger X-am 7000* nos experimentos.

N	Sem o uso de Argila (ppm)		Com o uso de Argila (ppm)	
	Antes	Depois	Antes	Depois
1	31	11	24	8
2	31	10	28	9
3	27	13	22	8
4	30	12	22	8
5	26	15	23	8
6	30	12	22	8
Média	29,2	12,2	23,5	8,2
Desvio padrão	1,95	1,57	2,14	0,37

Na Tabela 3, observa-se que houve uma variabilidade das leituras de concentração com o *Dräger X-Am 7000*, haja vista, ter sido obtida uma média de 29,2 ppm e um desvio-padrão de 1,95 ppm

com relação aos reatores sem argila (antes da aeração). Já com respeito aos reatores com argila (antes da aeração) foi obtida uma média de leitura de 23,5 ppm para um desvio-padrão de 2,14 ppm. Essas variações podem ser atribuídas a homogeneização do sistema após a adição de todos os componentes (Na_2S , Na_2HPO_4 e H_2SO_4), ou seja, o sistema poderia ter sido homogeneizado por mais tempo, conforme sugerem Godke (2011) e Guerra et al (2015), agitação por 5 minutos antes da leitura, já que foi homogeneizado por apenas 2 minuto.

Já com relação às concentrações tomadas após a aeração observa-se uma média de 12,2 ppm e desvio-padrão de 1,57 ppm para os reatores sem argila, enquanto que para os reatores com argila foi obtida uma média de 8,2 ppm e 0,37 ppm de desvio-padrão. Para ambas as técnicas de aeração foram observadas menor variabilidade em torno da média, fato que pode ser atribuído ao próprio sistema de aeração em si, haja vista, ter sido aerado por 6 horas, promovendo a diminuição da concentração do H_2S e eficiência na homogeneização do efluente. Já que, segundo GUERRA et al (2014), o tempo de aeração, relação de área de superfície de arejamento, volume de água, assim como a ventilação são fatores determinantes da eficiência de aeração.

Todavia, nota-se que os reatores com argila obtiveram maior abatimento das concentrações de H_2S em relação aos reatores sem argila. Esse fato pode ser atribuído a capacidade adsorvente da argila usada (argila esmectítica chocolate), que possivelmente pode ter exercido elevado poder de adsorção, fazendo com que a concentração do gás tenha diminuído, podendo ser relacionado (segundo CUNHA, 2014) a capacidade da argila possuir em sua constituição lamelas formadas por uma folha octaédrica com metais entre duas folhas tetraédricas, o que a caracteriza como argilomineral, contribuindo para a adsorção do H_2S .

Com o objetivo de comprovar a significância do efeito do uso da aeração sem e com argila para a remoção do H_2S foi aplicada a ANOVA através do software MINITAB 17.0 (2014), conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: ANOVA para o planejamento One-way para os resultados de redução de H_2S através da aeração com e sem o uso de argila.

FV	GL	SQ	MQ	Valor de F	Valor de P
Técnica Aeração	1	48,00	48,00	30,64	0,00
Resíduo	10	15,67	1,567		
Total	11	63,67			

Através da ANOVA apresentada na Tabela 4 é possível afirmar que há diferença significativa entre os tratamentos utilizados, neste caso aeração com e sem o uso de argila, pois foi obtido um $F_{calculado} = 30,64$ e

um $p = 0,00$; menor que 0,01; provando-se a hipótese alternativa (H_1). A ANOVA mostrou que há diferença significativa a 99% de probabilidade, logo, fez-se necessário empregar o teste da diferença mínima significativa (d.m.s). A Tabela 5 apresenta a d.m.s encontrada.

Tabela 5 - Diferença mínima significativa, segundo teste de Tukey

Aeração sem Argila	Aeração com Argila	d.m.s
12,17 a	8,17 b	1,61

De acordo com a Tabela 5, nota-se que as médias são seguidas de letras diferentes, logo é um indicativo de que as médias diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade. Logo, para um quadrado médio dos resíduos de 1,567; obteve-se uma d.m.s de 1,61. Como a diferença entre as médias é 4,00; então se rejeita a igualdade das magnitudes obtidas nos reatores aerados sem e com adição da argila esmectítica chocolate, isto é, ocorre d.m.s para os dois tipos de aeração aplicada a uma significância de 5%.

Essa diferença pode ser atribuída a possível presença da argila, pois conforme Cavalcanti et al. (2009) a argila é um bom material adsorvente. Já que as demais condições do experimento (tempo, vazão, tipo de difusor) foram iguais, portanto a d.m.s pode ser atribuída a presença da argila.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que a aeração em conjunto com a argila esmectítica apresentou-se como uma alternativa viável à redução do H₂S presente em efluentes industriais (de refinarias de petróleo), que possuem elevada carga odorante. Tendo em vista que após a aeração com argila foi observado um valor médio de 8,2 (\pm 0,37) ppm de H₂S contra 12,2 (\pm 1,57) ppm para aeração sem argila, com o uso do medidor instantâneo.

Com os resultados alcançados foi possível também realizar a ANOVA, aplicando-se o modelo *One-way*, por meio do qual pode-se avaliar que ocorreu diferença a 1% de significância entre as técnicas de aeração utilizadas. Obtendo-se um valor de $F_{calculado} = 30,64$ e um $p = 0,00$ ($p < 0,01$), o qual permitiu aplicar a d.m.s (1,61) a 5% de significância, demonstrando que de fato a presença de argila na aeração promove diferença os resultados alcançados na aeração.

5. REFERÊNCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

BALBINOT, A. *Poluição olfativa – composição, mensuração e técnicas de tratamento de efluente com potencial odorífero*. 2010. 44p. Monografia (Graduação). Universidade Federal do Rio

Grande do Sul. Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/35184>>. Acesso em 25 jun 2014.

BECKER, H. R. *Remoção de H₂S por meio de adsorção em óxido de ferro granular*. 2013. 110p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/130908.pdf>> Acesso em 12 mai 2015.

BELLI FILHO, P.; WOLFF, D.B.; CABRAL, F.A.S.; CARVALHO, C.M.; Chiaranda, H.S; COSTA, R.H.R. *Controle e tratamento de odores de um reator anaeróbio com biofiltração*. PROSAB. Pós-Tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Coletânea de trabalhos técnicos, vol. 2, 2001, p. 241-252.

CAVALCANTI, J.V.L.; ABREU, C.A.M.; SOBRINHO, M.A.M.; BARAÚNA, O.S.; PORTELA, L.A.P. *Preparação e utilização de uma argila esmectítica organofílica como adsorvente de fenol*. Química Nova, v. 32, n° 8, p. 2051-2057, 2009.

CUNHA, R. S.S. *Obtenção de argila organofílica visando o processo de descontaminação de águas oleosas*. 2013.

101p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

GODKE, M. M. *Avaliação do potencial de degradação de H₂S por fotocatalise heterogênea*. 2011. 60p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

GUERRA, T. F. M. F.; MUNIZ, A. C. S.; RODRIGUES, M. G. F.; BRITO, A. L. F de; ARAÚJO, J. G. *Determinação da Eficiência na Remoção de Gás Odorante em Sistema de Aeração com Argila*. In: 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais... Rio de Janeiro, 2015.

MARIANO, J. B. *Impactos Ambientais do Refino de Petróleo*. 2001. 216p. Tese (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/teses/jbmariano.pdf>> Acesso em 01 mai 2015.

MINITAB INC. STATISTICAL SOFTWARE–Data *Analysis Software*. Version 17, 2014.

[MME] Ministério de Minas e Energia. *Contrato nº 48000.003155/2007-17: desenvolvimento de estudos para elaboração do plano duodecenal (2010 - 2030) de geologia, mineração e transformação mineral*. Brasília, 2009. 59p.

Ministério do Trabalho e Emprego Brasileiro - MTE. **Norma Regulamentadora 15**. São Paulo, 1992.

MONTGOMERY, D.C; RUNGER, G. C. *Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros*. 2ed. LTC editora. São Paulo, 2003, 463p.

PEREIRA, K. R. de O. *Estudo, em escala de laboratório, do uso de argilas do tipo bofe na obtenção de argilas organofílicas e ativadas*. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/..tde/Tese_KleberPereira.pdf> Acesso em 15 mai 2015.

[PETROBRAS] Pétroleo Brasileiro, Refinarias da Petrobras. Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/refinarias> Acesso em: 10 de janeiro de 2016.

SCHIMER, W. N. *Amostragem, Análise e Proposta de Tratamento de Compostos Orgânicos Voláteis e Odorantes na Estação de Tratamento de Efluentes de uma Refinaria de Petróleo*. 2004. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis – SC.

SCHIRMER, W. N.; DE MELO LISBOA, H.; MUNIZ, A. C. S. *Determinação de gases inorgânicos odorantes a partir de superfície líquida: aplicação de câmera de fluxo em lagoas de tratamento de fluentes em refinaria de petróleo*. Revista de Ciência e Tecnologia. V.13.n25/26, p.55;63. 2005. Disponível<www.unimep.br/phppg/editora/revistaspdf/rct25art06.pdf>. Acesso em 05 jul 2014.

SILVA, E. L. **Tratamento de Efluentes Oleosos Utilizando Processo de Adsorção Através de Argila Organofílica para Separação Óleo/Água**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual da Paraíba, 2014.

TECHNICAL HANDBOOK DRÄGER X-AM 7000. Multi-gas monitor – software 2.nm. Dräger, 2013.

TORRES, J. N. M, MUNIZ, A. N. S. **Desodorização de efluentes líquidos de refinarias de petróleo através da aeração e estudo da aplicação do teste de intensidade odorante**. VIII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande, 2012.