



II-157 - ESTUDO DO EFEITO DA MICROAERAÇÃO EM REATORES UASB NO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

Victor Pereira Pupatto⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pelo centro universitário SENAC

Gabriel Resende Pessoa

Engenheiro Ambiental pelo centro universitário SENAC

Stefano Andrea Russo

Engenheiro Ambiental pelo centro universitário SENAC

Rodrigo de Freitas Bueno

Bacharel em Biologia e Eng. Ambiental. Especialista em Engenharia de Controle da Poluição Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública da USP. Mestre em Saúde Pública e Engenharia Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública da USP (FSP/USP) e Doutor em Eng. Civil pela Escola Politécnica da USP (EPUSP).

Endereço⁽¹⁾: Rua Basilio da cunha 199 Vila Deodoro São Paulo/SP – CEO: 01544-000 – Brasil (11) 5573-8773
vpupatto@gmail.com

RESUMO

Esta pesquisa avaliou a microaeração como estratégia simples de oxidação dos compostos de enxofre da fração gasosa, com vistas ao controle de odor e qualidade do biogás em um reator anaeróbio. A pesquisa foi desenvolvida por meio de experimento realizado na ETE *New Ville*, localizado na Estrada Ecoturística do Suru, em Santana de Parnaíba - SP. Foram colocados em operação 02 (dois) reatores UASB de dimensões iguais, tratando esgoto sanitário produzido dentro do condomínio *New Ville*. Em um dos reatores foi adaptado um dispositivo para a promoção da microaeração, na zona de digestão do reator, tendo para isso sido instalada uma bomba peristáltica interligada por tubulação a um difusor de ar colocado no interior do mesmo. Os reatores foram alimentados em fluxo contínuo por gravidade. Para verificar o efeito da microaeração, na oxidação dos compostos de enxofre e no comportamento de remoção de material orgânico, procedeu-se, neste estudo, a uma etapa de injeção de ar com concentração do OD de 40 mL/min. Ao analisar os resultados obtidos na etapa estudada foi possível concluir que o sistema proposto de UASB com microaeração resultou em uma boa eficiência de remoção dos compostos de enxofre, diminuindo significativamente a liberação de odor sem afetar a remoção de material orgânico.

PALAVRAS-CHAVE: Microaeração, Reator UASB, Tratamento Anaeróbio.

INTRODUÇÃO

Para Moraes e Ferreira (2007) o tratamento biológico é uma das alternativas mais econômicas e eficientes para a degradação da matéria orgânica de efluentes biodegradáveis. Neste processo ocorre a ação de agentes biológicos como bactérias, protozoários e algas. Esta degradação pode ocorrer por meio do tratamento biológico aeróbio e anaeróbio. O avanço da tecnologia anaeróbia para tratamento de esgotos deve ser creditado, em grande parte, ao desenvolvimento dos modernos reatores de alta taxa de aplicação orgânica, com os maiores méritos ao filtro anaeróbio ascendente e, principalmente, à configuração do UASB (*Up Flow Anerobic Sludge Blanket*). A evolução dos reatores buscou a maximização da aplicação prática para o aproveitamento de todas as potencialidades dos processos anaeróbios. Todas as modernas configurações têm em comum a preocupação em atender requisitos essenciais em um reator: formação e retenção de grande quantidade de biomassa e melhoria do contato biomassa / matéria orgânica (VELA, 2006). Segundo Chernicharo *et.al* (2001) atualmente, no Brasil, os sistemas anaeróbios encontram uma grande aplicabilidade devido às diversas características favoráveis destes sistemas, como o baixo custo, simplicidade operacional e baixa produção de sólidos, aliadas às condições ambientais no Brasil, onde há predominância de elevadas temperaturas. De acordo com Kuenen e Robertison (1992), os sistemas anaeróbios, aplicados ao tratamento de águas residuárias contendo sulfato, geram sulfeto como produto final. O sulfeto constitui-se em um dos principais problemas nas estações de tratamento devido, principalmente, ao seu mau odor, potencial toxicidade à biota e natureza corrosiva. De acordo com Gostelow *et.al* (2001), as queixas sobre as emissões de odores, pelas estações de tratamento de esgotos, têm aumentado significativamente durante os últimos anos. Além do efeito prejudicial sobre o bem-estar das comunidades

próximas às ETE's, há ainda outros malefícios que podem ser associados a esta situação, como, por exemplo, a depreciação do valor do terreno, provocando baixo *status* social e econômico e inibição do crescimento econômico a partir da queda na arrecadação de impostos de vendas (SILVA, 2007). Desta forma, este trabalho examinou a eficiência da microaeração no tratamento anaeróbio de esgoto sanitário utilizando um Reator Anaeróbio de Manta de Lodo (UASB) com o objetivo de provar que esta é uma alternativa possível, de baixo custo e de eficiência na remoção dos odores produzidos neste tipo de tratamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida por meio de experimento realizado na ETE New Ville, localizado na Estrada Ecoturística do Suru em Santana do Parnaíba. O loteamento prevê a implantação de 784 lotes residências, a população prevista é de 3.920 habitantes sendo 5 habitantes por lote, por ser tratar de um local no qual, possui uma demanda grande de pessoas, e fluxo contínuo de esgoto sem picos de maior ou menor geração, além do esgoto possuir uma alta carga orgânica, possuindo uma média diária de 31,39 m³/h. Serão colocados em operação 02 (dois) reatores UASB de dimensões iguais, tratando esgoto sanitário produzido pelo próprio condomínio. Os reatores USB foram construídos em fibra de vidro com dimensões de 0,20m x 0,20m x 0,50m resultando em um volume de 20,0 litros sendo o volume útil de 19,4 litros e gasômetros de igual volume. Em um dos reatores foi adaptado um dispositivo para a promoção de microaeração (pedra de aeração de aquário) na zona de digestão (Figura 1). Para isto, é utilizada uma bomba peristáltica interligada por tubulação à um difusor de ar instalado no interior do reator. Os reatores serão alimentados em fluxo contínuo por meio de bombas dosadoras Prominent. A Tabela 1 mostra o resumo das principais dimensões e a estratégia operacional dos sistemas pilotos.

Tabela 5: Condições operacionais empregadas no estudo.

Condições Operacionais	Reator 1	Reator 2
Volume útil (L)	19,4	19,4
Dias de operação	150	150
TDH (horas)	9,4	9,4
Vazão de alimentação (L/h)	1,0	1,0
Vazão de microaeração (mL/min)	Sem aeração	40

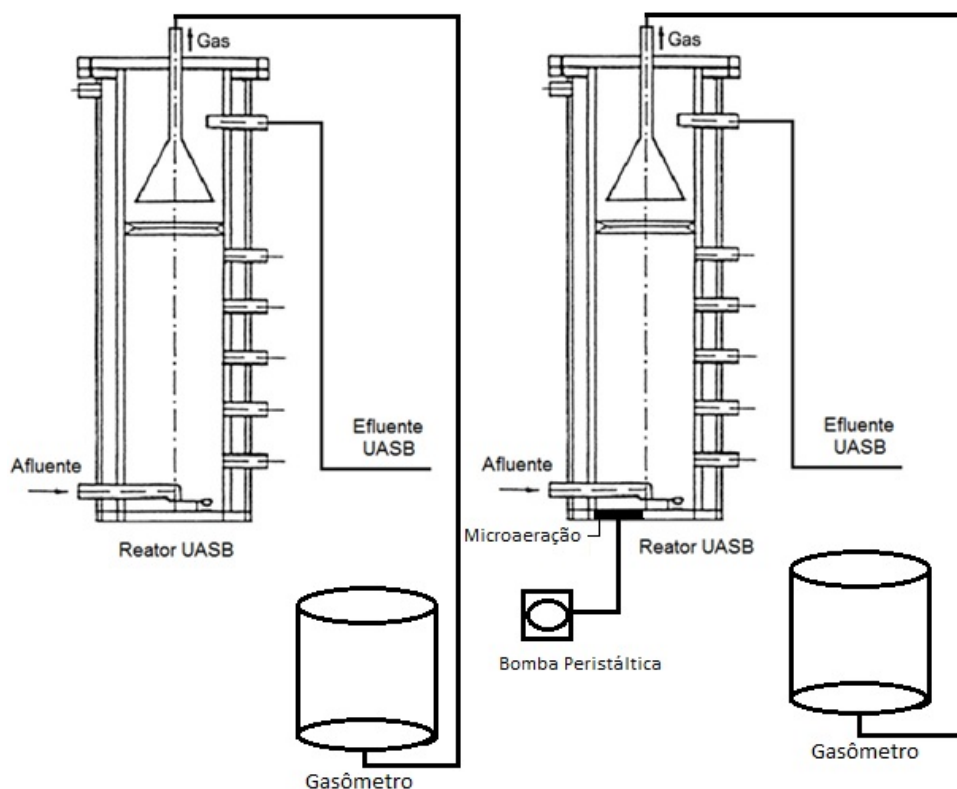


Figura 1: Corte esquemático dos sistemas UASB.

Condições de Operação e Ensaios Laboratoriais

O sistema piloto foi operado em temperatura ambiente e o pH dos processos serão controlados na faixa de 6,5 a 7,5. Os métodos analíticos utilizados foram descritos no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 21th Edition (APHA, 2005). As concentrações de amônia, nitrito, nitrato e fósforo, foram quantificados em um cromatógrafo de íons (Dionex-100, coluna ASCR2_mm e CSCR2_mm) e os parâmetros físico-químicos e a frequência de amostragem realizada são apresentados na Tabela 2. As determinações laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Saneamento Prof. Lucas Nogueira Garcez - Escola Politécnica da USP e no Laboratório de Química do SENAC.

Tabela 2. Programa de Monitoramento do Sistema Piloto.

Variáveis	Unidade	Afluente	Efluente UASB	Método utilizado (Standard Methods)
Temperatura	°C	2xSemana	2xSemana	2550
REDOX	mV	2xSemana	2xSemana	2580
pH	-	2xSemana	2xSemana	4500-H ⁺
OD	mgO ₂ /L	-	-	4500-O
DQO total	mgO ₂ /L	2xSemana	2xSemana	5220
DQO solúvel	mgO ₂ /L	2xSemana	2xSemana	5220
Série-Sólidos	mg/L	2xSemana	2xSemana	2540
N-NTK	mgN/L	2xSemana	2xSemana	4500-N
N-NH ₃ ⁻	mgN/L	2xSemana	2xSemana	4500-N-NH ₃ ⁻
N-NO ₂ ⁻	mgN/L	2xSemana	2xSemana	4500-NO ₂ ⁻
N-NO ₃ ⁻	mgN/L	2xSemana	2xSemana	4500-NO ₃ ⁻
P-PO ₄ total	mgP/L	2xSemana	2xSemana	4500-PO ₄
Alcalinidade	mgCaCO ₃ /L	2xSemana	2xSemana	2320-B

As análises de sulfeto nas amostras líquidas serão realizadas segundo o protocolo adaptado por Plas *et al.* (1992). O procedimento utilizado para a amostragem e análise de metano dissolvido será segundo protocolo descrito em Souza *et al.* (2011). Para a análise de H₂S presente no biogás será utilizado um analisador portátil da marca Odalog, com limite de detecção de 0 a 2000 ppm.

RESULTADOS

Em relação à matéria orgânica tínhamos o sistema UASB 1 e UASB 2 sendo alimentados com esgoto bruto apresentando média de concentração para DQO de 620,9 mg/L. A saída do efluente do UASB 1 apresentou média de 288,6 mg/L contra 307,5 mg/L do UASB 2 (com injeção de ar). Evidenciando uma variação desprezível evidenciando que a microaeração não afetou na remoção de DQO (Figura 2).

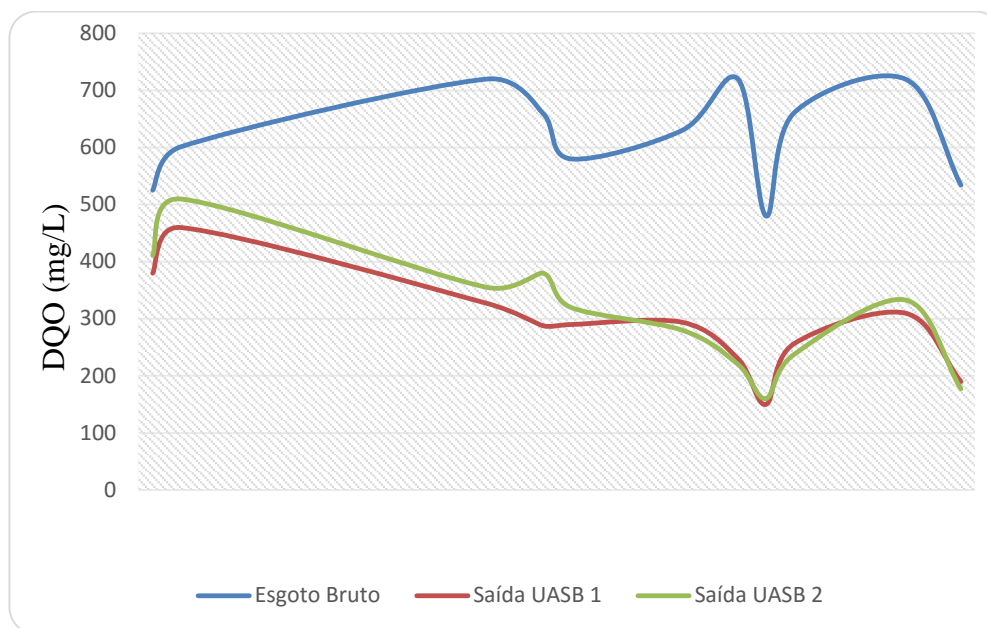


Figura 2: Resultados de DQO

Foi observado que a geração média de metano, por carga de DQO aplicada, observada no gasômetro, do UASB 1, foi de 3,6 (N.L./dia) apresentando valores máximos 6,0 (N.L./dia) e no gasômetro do UASB 2 a média de 3,3 (N.L./dia) com valores máximos de 7,0 (N.L./dia). Confirmando a não existência de efeitos negativos com a microaeração bem como os valores teóricos de geração de metano esperados.

A geração de biogás apresentou uma concentração média de 62,2% de Metano para o UASB 1 (sem microaeração) contendo média de 1570,3 ppm de H_2S no biogás. Em relação ao UASB 2 (com microaeração) tem-se concentração média de 57,7% de metano com média de 979,7 ppm de H_2S no biogás. Os valores mínimos de geração de H_2S apresentam uma variação de 64,7% de remoção do Aerado para o não aerado. Logo a remoção foi satisfatória mostrando a eficiência desta tecnologia, porém, segundo Peu, *et al.* 2012, para evitar-se problemas de operação, em sistemas de aquecimento e geração de energia, por meio da utilização do biogás, a concentração de H_2S deve ficar menor do que 100 ou 300 ppm, dependendo do equipamento utilizado. Logo os resultados obtidos na presente pesquisa, o biogás gerado no reator UASB, ainda não atenderia a estes requisitos. Em relação à produção do ácido sulfídrico foi observado que o sistema UASB 2 (com injeção de ar) apresentou uma redução na concentração de H_2S de 1450 mg/L, após o início da aeração, para 450 mg/L entre as datas de 16/10 e 30/10. Mostrando assim uma eficiência de 70% de redução na geração de ácido sulfídrico (Figura 3).

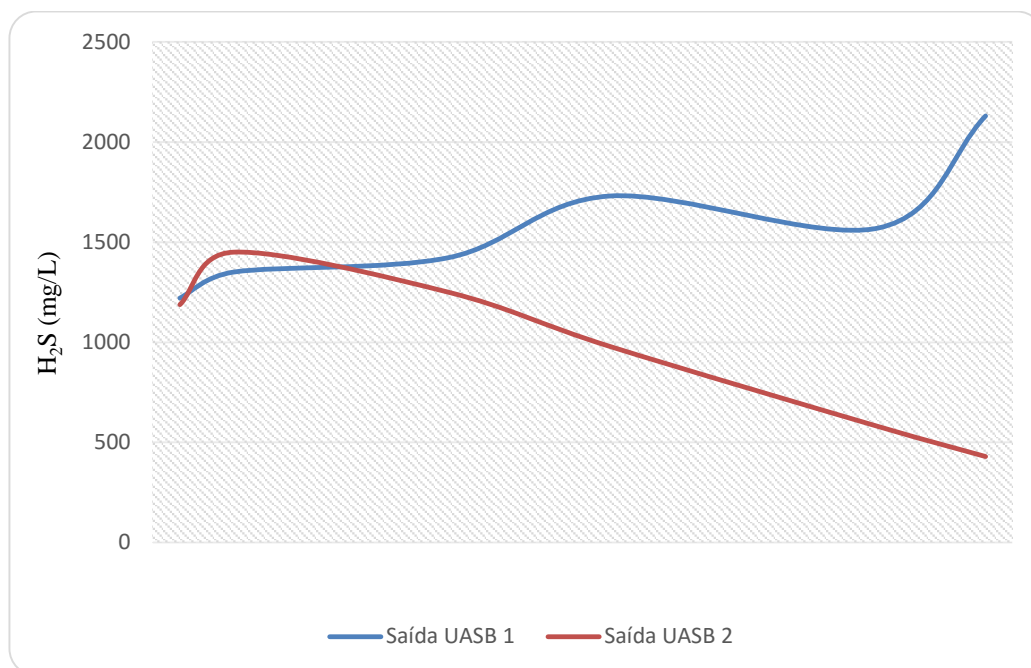


Figura 3: Resultados das análises de H₂S

CONCLUSÕES

Ao analisar os resultados obtidos foi possível concluir que o sistema proposto de UASB microaerado obteve uma boa remoção de H₂S, proveniente de tratamento anaeróbico. Em relação à remoção de nutrientes foi observado que o sistema microaerado apresentou uma pequena melhora de eficiência em relação ao nitrogênio, alterando de 10,9% para 14,9% o índice de remoção. Já a taxa de remoção de fósforo teve uma pequena redução de eficiência passando de 13,9% para 11,7%. Os resultados obtidos foram similares aos obtidos por Oliveira (2013), Sekhar *et al.* (2014) e Duangmanee (2009), todos na média de 80% de eficiência, e, se igualando aos resultados de Souza *et al.* (2015) com o valor de 70% de eficiência. Podemos concluir que a microaeração em sistemas anaeróbios é uma estratégia relevante para remoção de H₂S sem trazer prejuízos ao sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, B. H.; MOCHIDA, G. A.; CRUZ, G. J. G.; DUMA, M.; GOMES, C. S. **Precipitação química e cloração para combate a maus odores em estações de tratamento de esgoto anaeróbios**. SANARE – Revista Técnica da Sanepar, Curitiba, v. 21, n. 21, p. 19-32, 2004
2. ANDRADE NETO, C.O. (1997). **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários**. Experiência brasileira. ABES, Rio de Janeiro, 301p.
3. APHA,AWWA,and WEF,2005.*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st ed. American Public Health Association, Washigton, D.C
4. BELLI ,Paulo Filho, COSTA Rejane Helena Ribeiro da , GONÇALVES Ricardo Franci, CORAICCI Bruno Coraucci Filho e LISBOA Henrique de Melo Lisboa .**Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios – 2001** - autores: – **Capítulo 8 - Publicação da Rede de Pesquisas do Programa em Saneamento Básico (PROSAB); tema: "Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios"**. Coordenação: Prof. Carlos Augusto Lemos Chernicharo - Universidade Federal de Minas Gerais
5. BOTHEJU, D.; SAMARAKOON, G.; CHEN,C.; BAKKE, R. **An Experimental Study on the Effects of Oxygen in Bio-gasification – Part 1**. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON RENEWABLE ENERGIES AND POWER QUALITY**, 2010, Granada, Espanha. Anais...Granada, Espanha: European Association for the Development of Renewable Energies, Environment and Power Quality, 2010.

6. BRASIL. Lei no. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, seção 1, p. 470, v. 135, n. 6, 09 de janeiro de 1997.
7. BRASIL – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**.
8. BRASIL – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 03 de 28 de junho de 1980**. Padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR.
9. BRASIL – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**.
10. Brasil. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos** – 2013. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014.181 p.: il.
11. CABRAL, F.A.S. 2003.93p. **Biofiltração para desodorização de reatores anaeróbios**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
12. CAMILOTI, Priscila Rosseto. **Redução de sulfato e oxidação de sulfeto em Reator UASB combinado a um reator microaerado**. 2012. 183 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.
13. CAMPOS, J.R. Alternativas para tratamento de Esgotos - **Pré-tratamento de Águas para Abastecimento**. Assemae, Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, Americana, SP,1994, 112p.
14. CAMPOS, J.R. **Tratamentos de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro, 1999, ABES , Projeto Prosab, 464p.
15. CIRNE, D.G.; VAN DER ZEE, F.P.; FDZ-POLANCO, M.; FDZ-POLANCO, F. **Control of sulphide during anaerobic treatment of S-containing wastewaters by adding limited amounts of oxygen or nitrate**. Reviews in Environmental Science and Biotechnology, v. 7, p. 93- 105, 2008.
16. CONVERTI, A.; ZILLI, M.; SENE, L.; SATO, S. **Biofiltração: uma tecnologia já firmada no tratamento de emissões gasosas**. Revista Farmácia & Química, São Paulo, v. 34, n.2, p. 26- 36, 2001.
17. CISNEROS, Any Mitchell Torres. Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán Ingeniería Ambiental. **Diseño de Plantas de Tratamiento** .I. Cd. Guzmán
18. CHERNICHARO, C.A.L.; STUETZ, R.M; SOUZA, C.L.; MELO, G.C.B. **Alternativas para o controle de emissões em reatores anaeróbios tratando esgoto doméstico**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 15, n. 3, p. 229-236, 2010.
19. CHERNICHARO, C.A.L. Reatores Anaeróbios – **Princípio do tratamento biológico de águas residuárias** v.5, 2ª Ed, Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2007. 380p.
20. CHERNICHARO, C.A.L.; STUETZ, R.M; SOUZA, C.L.; MELO, G.C.B. **Alternativas para o controle de emissões em reatores anaeróbios tratando esgoto doméstico**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 15, n. 3, p. 229-236, 2010
21. CHERNICHARO, C.A.L. Reatores anaeróbios. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. v.5. DESA-UFMG, (1997), Belo Horizonte.
22. CHERNICHARO, C.A.L. Reatores anaeróbios. **Pós tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**, Belo Horizonte, 2001
23. DÍAZ, I.; PÉREZ, S.I.; FERRERO, E.M.; FDZ-POLANCO, M. **Effect of oxygen posing point and mixing on the microaerobic removal of hydrogen sulphide in sludge digesters**. Bioresource Technology, v.102, p.3768-3775, 2011a.
24. DÍAZ, I.; FDZ-POLANCO, M. **Robustness of the microaerobic removal of hydrogen sulfide from biogás**, Water Science & Technology, v. 65, n.8, p. 1368-1374, 2012
25. DUANGMANEE, T. **Micro-aeration for hydrogen sulfide removal from biogas**. 2009. 118f. (Doctor Thesis) Department Civil, Construction, and Environmental Engineering., Ames, Iowa, 2009.
26. DUAN, H.; KOEA, L.CC.; YANG, R.; CHENG, X. **Biological treatment of H₂S using pellet activated carbon as a carrier of microorganisms in on a biofilter**. Water Research, v.40, n. 14, p.2629-2636, 2006.
27. FDZ-POLANCO, M; DÍAZ, I; PÉREZ, S.I; LOPES, A.; FDZ-POLANCO, F. **Hydrogen sulfide removal in the anaerobic digestion of sludge by micro-aeration process: pilot plant experience**. Water Science & Technology. v. 60, n.12, p. 3045-3050, 2009.
28. FRARE, L. M.; GIMENES, M. L.; PEREIRA, N.C. **Processo para remoção de ácido sulfídrico de biogás**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 14, p. 167-172, 2009.

29. FREIRE, Willian e Martins, Daniela Lara (COORD). **Dicionário de Direito Ambiental e Vocabulário Técnico de Meio Ambiente**. Ed. Mineira - Belo Horizonte, 2003.
30. GOSTELOW, P., PARSONS, S.A.; STUETZ, R.M. Odour measurement in sewage treatment :A review. *Water Research*, v.35, n.3, p.579-597, 2001.
31. GUJER, W.; ZEHNDER, A.J.B. **Conversion processes in anaerobic digestion**. *Wat.Sci.Tech*, 1983.15 p 127-167.
32. JENICEK, P.; KOUBOVA, J.; BINDZAR, J.; ZABRANSKA, J. **Advantages of anaerobic digestion of sludge in microaerobic conditions**. *Water Science & Technology*, v. 62, n.2, p.427-437, 2010.
33. JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de esgotos domésticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Synergia Editora. 2009.
34. KHANAL, S.K. **Single-Stage anaerobic treatment of high sulfate wastewater with oxygenation to control sulfide toxicity**. 2002. 240p. Ph.D. Thesis. The Hong Kong University of Science and Technology, 2002.
35. KATO, M.T et al. **Configuração de reatores anaeróbios**. In: Campos, J.R. et.al. *Tratamento de Esgotos Sanitários por processo Anaeróbio e Disposição controlada do solo*. Rio de Janeiro/Rj:ABES,1999.Cap 3, p. 53-99
36. KUENEN, J.G., ROBERTISON, L.A. **The use of natural bacterial populations for the treatment of sulfur containing wastewaters**. *Biodegradation*, v.3, p.239-254, 1992.
37. LAPLANCHE, A. **Les Odeurs dans l'Industrie Agroalimentaire. Nature et Traitement**. École Nationale Supérieure de Chimie de Rennes. 94p. 1999.
38. MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M.; DUNLAP, P.V.; CLARK, D.P. **Brock Biology of microorganisms**, 12th ed. , San Francisco: Prentice Hall, 2009, 1061 p.
39. MAMROSH, P.; BEITLER, C.; FISHER, K.; STEM, S. **Consider improved scrubbing designs for acid gases. Better application of process chemistry enables efficient sulfur abatement**, *Hydrocarbon Processing*, p. 69-74, 2008.
40. METCALF; EDDY. Inc. **Wastewater Engineering treatment Disposal Reuse**. 4. ed. NewYork: McGraw - Hill Book, 2003. 1815p.
41. MARSH, R. Réduction des émissions par biofiltration. *Eur Coat J*, 78, 528. 1994
42. MIRANDA, Gilson Rodrigo de et al. Características, Natureza e Métodos De Amostragem/ Característica, Natureza e Métodos De Amostragem/ Análise De Gases Odorantes Emitidos Em Processo Industriais: Caso Das Lagoas De Tratamento De Efluentes. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas Rs, v. 2, n. 1, p.1-52, jul. 2007. Semanal.MORAES, Sara Ferreira; FERREIRA, Osmar Mendes. **TRATAMENTO ANAERÓBIO: AVALIAÇÃO DO CONJUNTO REATOR E FILTRO BIOLÓGICO – ESTUDO DE CASO CEASA/GO**. 2007. 17 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2007.
43. NOYOLA, A.; MORGAN-SAGASTUME, J. M.; LOPEZ-HERNANDEZ, J. E. . **Treatment of biogas produced in anaerobic reactors for domestic wastewater: odor control and energy/resource recovery**. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, v.5, p.93-114, 2006.
44. OLIVEIRA, CARLA JAMILE SOBREIRA DE. **AVALIAÇÃO DA MICROAERAÇÃO NA EFICIÊNCIA, ESTABILIDADE OPERACIONAL, QUALIDADE DO BIOGÁS E CONTROLE DE ODOR EM SISTEMAS ANAERÓBIOS DE TRATAMENTO**. 2013. 96 f. tese (doutorado) - curso de engenharia civil, universidade federal do ceará centro de tecnologia departamento de engenharia hidráulica e ambiental programa de pós-graduação em engenharia civil, fortaleza, 2013.
45. OYARZÚN, P.; ARANCIBIA, F.; CANALES, C.; AROCA, G.E. **Biofiltration of high concentration of hydrogen sulfide using Thiobacillus thioparus**. *Process Biochemistry*, v.39, n.2, p. 165-170, 2003.
46. PANTOJA FILHO, J.L.R. **Avaliação da utilização de diferentes materiais suportes na biofiltração de sulfeto de hidrogênio**. 2008. 178p. (Dissertação de Mestrado). Programas de Pós-graduação de área de concentração em Hidráulica e Saneamento. Universidade de São Carlos, São Paulo, 2008.
47. PEU, P., PICARD, S., DIARA, A., GIRAULT, R., BÉLINE, F., BRIDOUX, G., DABERT, P., 2012. **Prediction of hydrogen sulphide production during anaerobic digestion of organic substrates**. *Bioresour. Technol.* 121, 419–424
48. PLAS, C.; HARANT, H.; DANNER H.; JELINEK E.; WIMMER K.; HOLUBAR P.; and BRAUN R. **Ratio of biological and chemical oxidation during the aerobic elimination of sulfide by colourless sulphur bacteria**. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v.36, n.6, p.817-822, 1992.
49. RAMÍREZ, M., GÓMEZ, J.M.; AROCA, G.; CANTERO, D. **Removal of hydrogen sulfide by immobilized Thiobacillus thioparus in a biotrickling filter packed with polyurethane foam**. *Bioresource Technology*, v.100, n. 21, p. 4989-4995, 2009

50. SILVA, A.B. **Avaliação da produção de odor na estação de tratamento de esgoto Paranoá e seus problemas associados.** (Dissertação de Mestrado). 2007. 132p. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília, 2007.
51. SOUZA, Cláudio Leite de et al. **ESTUDO DA MICROAERAÇÃO EM REATORES UASB TRATANDO ESGOTOS DOMÉSTICOS.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA, 28, 2015, Rio de Janeiro. **Anais.** Rio de Janeiro: Abes, 2015. v. 1, p. 1 - 8.
52. SOUZA, L., D. J. Weston, N. J. Sanders, A. Karve, G. M. Crutsinger, and A. T. Classen. 2011. **Intraspecific variation in response to warming across levels of organization: a test with *Solidago altissima*.** *Ecosphere* 2(12):132. doi:10. 1890/ES11-00283.1
53. SCHNEIDER, E.L. **Adsorção de compostos fenólicos sobre carvão ativado.** 2008.93p. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, Paraná, 2008.
54. SYED, M.; SOREANN, G.; FALLETA, P.; BELAND, M. **Removal of hydrogen sulfide from gas streams using biological processes: A review.** *Canadian Biosystems Engineering*, v. 48, p.2.1-2.14, 2008.
55. TACLA, R. **Aproveitamento de resíduos industriais para a biofiltração do sulfeto de hidrogênio.** 2004. 175p. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós- Graduação em Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004
56. VAN DER ZEE, F. P.; VILLAVERDE, S.; GARCIA, P. A. 2007. **Sulfide removal by moderate oxygenation of anaerobic sludge environments.** *Bioresource Technology*, v. 98,n.3, p. 518–524, 2007.
57. VELA, Francisco José. **Tratamento De Esgoto Sanitário Em Reator Anaeróbio Operado em Bateladas De Sequências e Periodicamente Aerado.** 2006. 151 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
58. VON SPERLING, M. **Princípios de tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Ed. UFMG, Belo Horizonte. 1995.
59. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2014. **The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy.** Paris, UNESCO