

X-009 - AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES ODORANTES DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA (GO)

Marlon André Capanema⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre e Doutor em Engenharia Civil pela Université de Sherbrooke (Canadá). Pós-doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Professor da Coordenação de Meio Ambiente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG, câmpus Goiânia).

Byanca Rodrigues Dourado

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG, câmpus Goiânia).

Ludmilla Neas Bitencourt

Engenheira Ambiental e Sanitarista pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG, câmpus Goiânia). Especialização em Saneamento e Saúde Ambiental pela Universidade Federal de Goiás.

Luanna Gonçalves de Paula

Engenheira Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO). Engenheira Civil da Saneamento de Goiás S.A. (SANEAGO).

Theyssa Fernanda Barbosa Borges

Bióloga pela Universidade Estadual de Goiás (UEG) e Mestre em Ciências Biológicas com ênfase em Biologia Molecular pela Universidade de Brasília (UnB). Supervisora da Operação da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto da Saneamento de Goiás S.A. (SANEAGO).

Endereço⁽¹⁾: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, câmpus Goiânia. Rua 75, nº 46. Centro. Goiânia, GO. CEP: 74055-110. Tel: (62) 3227-2861. E-mail: Marlon.capanema@ifg.edu.br.

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo avaliar as emissões odorantes em termos de gás sulfídrico (H_2S) da estação de tratamento de esgoto (ETE) Dr. Hélio Seixo de Britto, em Goiânia (GO). A ETE realiza tratamento primário quimicamente assistido do esgoto sanitário de 88,5% da população local. As concentrações de H_2S foram analisadas em 12 pontos diferentes no interior da ETE e em 11 pontos na região circunvizinha, em um raio de 1,5 km. Ao todo, nove amostragens foram realizadas entre abril de 2017 e fevereiro de 2018. O método de amostragem consistiu na pré-concentração de H_2S em cartucho adsorvente e posterior extração e análise em laboratório por espectrofotometria. As concentrações de H_2S foram medidas em partes por bilhão (ppb). Os valores de H_2S obtidos nos 23 pontos analisados nas 09 campanhas foram todos inferiores a 2,0 ppb. O valor mínimo foi igual a 0,0006 ppb (em uma residência na região circunvizinha à ETE) enquanto que o máximo foi de 1,6 ppb (na centrífuga de lodo). Os pontos avaliados no interior da ETE que obtiveram as maiores médias de concentração foram respectivamente grade fina, decantador, centrífuga de lodo e elevatória de esgoto. A totalidade dos valores de H_2S se encontrou abaixo do limite de insalubridade do Ministério do Trabalho do Brasil. Esta avaliação de odores em termos de gás sulfídrico consiste em uma importante investigação preliminar dos odores relacionados à ETE de Goiânia, pois foi possível identificar os pontos de maior concentração de H_2S dentro dos limites da ETE. Entretanto, a diversificação da avaliação de odor com análises físico-químicas, olfatométricas e/ou senso-instrumentais é fortemente recomendada.

PALAVRAS-CHAVE: Odor, Gás Sulfídrico, Esgoto, Emissões.

INTRODUÇÃO

A poluição ambiental causada pelas emissões de odores produzidos pelos diferentes tipos de atividades industriais e de estações de tratamento de esgotos (ETEs) consiste num relevante problema e de difícil controle. Nas últimas décadas, tais emissões se tornaram uma grande preocupação socioambiental, principalmente no que se refere às estações de tratamento de efluentes (LISBOA, 2002; SIRONI et al., 2005).

Odor é uma mistura complexa de diferentes compostos químicos de natureza orgânica e inorgânica. Identifica-se, por exemplo, compostos nitrogenados, sulfurados, oxigenados (aldeídos, cetonas, ácidos orgânicos, álcoois e ésteres), aromáticos e compostos clorados (CAPELLI et al., 2008; HUDSON e AYOKO, 2008; SENANTE et al., 2003). Em relação às ETEs, o gás mais importante em termos de odor é o gás sulfídrico (H_2S), por apresentar um forte odor desagradável, característico de ovo podre. O H_2S é perceptível a concentrações a partir de 0,5 ppb a 300 ppb (ATSDR, 2006). Além disso, o H_2S pode causar problemas à saúde humana (GOSTELOW et al. 2001; KIM et al., 2005; SILVA, 2007; ZHANG et al., 2013).

A proximidade de ETEs das áreas urbanas, o lançamento de efluentes nos corpos d'água e a geração de subprodutos como o lodo são exemplos de impactos potenciais causados pelas ETEs (SILVA, 2007). Os maus odores podem provocar diversos impactos negativos sobre o ambiente e a população, a saber: alteração do comportamento fisiológico da população (dor de cabeça, náuseas, vômitos, irritação e fadiga), influência no comportamento psicológico (falta de apetite, ansiedade, distúrbios do sono, alterações de humor, incômodo para a sensação de bem-estar, diminuição da tolerância e raiva), redução da qualidade de vida e até riscos à saúde humana. Por exemplo, alguns compostos orgânicos voláteis (COV) são tóxicos e podem ser cancerígenos. Ademais, existe um medo da população sobre os efeitos desconhecidos da exposição a longo prazo às emissões odorantes (SIRONI et al., 2005; SCHEUTZ et al., 2008; USEPA, 2008).

As emissões odorantes associadas aos sistemas de tratamento de esgotos constituem um problema de gestão, de engenharia e até de saúde pública (LILIAMTIS, 2003). Além disso, poucas informações relacionadas às concentrações odorantes têm sido reportadas na literatura, notadamente nas ETEs nacionais. Assim, este estudo busca avaliar as emissões odorantes da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, localizada na cidade de Goiânia (GO), bem como seu potencial poluidor sobre o ambiente e sobre a população vizinha. Os dados obtidos nesse estudo consistem em uma importante documentação de emissões odorantes provenientes de ETE, e podem subsidiar programas de controle e mitigação de odores pelos gestores de ETEs.

OBJETIVO

Avaliar as emissões odorantes, em termos de gás sulfídrico, na ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, localizada na cidade de Goiânia (GO), bem como seu potencial poluidor sobre o ambiente e sobre a população circunvizinha.

METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado na ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, localizada na cidade de Goiânia (GO) e nas suas imediações. A ETE, inaugurada no ano de 2003, trata esgoto sanitário com uma vazão média de 1700 L/s e atende 88,5% da população de Goiânia. A capacidade máxima projetada é de 2300 L/s. O tratamento é realizado por processos físico-químicos através de tratamento primário quimicamente assistido, e contempla as seguintes etapas: i) gradeamento, ii) elevatória de esgoto bruto, iii) grade fina ou peneiramento, iv) caixa de areia aerada, v) coagulação com cloreto férrico ($FeCl_3$) e polímero, vi) decantação e vii) unidade de condicionamento de lodos com centrifugação e higienização alcalina com cal.

Os odores foram avaliados em termos de concentração de H_2S , um dos principais gases mal odorantes gerados em estações de tratamento de efluentes líquidos, reconhecido pela comunidade técnica e científica (KIM et al., 2005; ZHANG et al., 2013). O H_2S é gerado por meio de processos anaeróbios de decomposição da matéria orgânica contendo, além de carbono (C), compostos de enxofre (S).

A ETE de Goiânia possui tratamento primário quimicamente assistido, o que teoricamente não emite gás sulfídrico como produto do processo por não apresentar etapas anaeróbias de tratamento. Entretanto, é necessário considerar que o H_2S pode ser gerado em algum determinado ponto na rede de esgotamento e/ou do tratamento do esgoto no interior da ETE, a saber: i) na tubulação da rede coletora que conduz o esgoto até a ETE (gerando odor já na etapa de gradeamento), ii) no processo de decantação cuja velocidade de escoamento do esgoto diminui para possibilitar a sedimentação dos sólidos (a camada de lodo no fundo do decantador gera condições anaeróbias e o H_2S pode ser emitido), e iii) no manejo do lodo. Além disso, a ETE de Goiânia recebe esgoto e lodo de caminhões limpa-fossa e lixiviados do aterro sanitário de Goiânia, cuja presença de H_2S pode ser importante, ou provocar a posterior geração de H_2S no processo de tratamento. Ademais, pode haver

descarte irregular (ligação clandestina) de efluentes contendo H_2S na rede de esgotamento que são encaminhados à ETE. Uma investigação detalhada é necessária para avaliar a presença de H_2S nos locais mencionados.

As concentrações de H_2S foram analisadas em 12 pontos diferentes no interior da ETE (P1 a P12) que são respectivamente: piscicultura (P1), grade fina ou peneira (P2), centrífuga de lodo (P3), descarte do lodo no caminhão (P4), tanque de lodo (P5), elevatória de esgoto bruto (P6), recebimento e despejo de caminhão de chorume (P7), recebimento e despejo de caminhão limpa fossa (P8), descarte e armazenagem de óleo doméstico usado (P9), decantador (P10), viveiro de plantas (P11), e portaria da ETE (P12). Na região circunvizinha à ETE foram analisados 11 pontos (P13 a P23), com um raio de influência de 1,5 km. Os locais de amostragem externos à ETE foram: duas residências (P13 e P18), padaria (P14), condomínio residencial vertical (P15), corpo de bombeiros (P17), posto de combustível (P19), unidade industrial (P20), campo de futebol society (P21), lançamento do esgoto tratado no Rio Meia Ponte (P22), ponte à montante do lançamento do esgoto tratado (P23) e ponte à jusante do lançamento (P16). Os pontos de amostragem são apresentados na Figura 1. Eles foram selecionados com base nos relatos dos gestores, operadores e técnicos da ETE, bem como em entrevistas com moradores e trabalhadores do entorno da ETE.



Figura 1: Localização dos pontos de amostragens internos e externos à ETE.

Fonte: Adaptado de Google Earth.

As campanhas de amostragem de gás sulfídrico e os respectivos pontos avaliados são apresentados na Tabela 1. Ao todo, nove amostragens foram realizadas entre abril de 2017 e fevereiro de 2018, contemplando as variações sazonais típicas da região do cerrado, a saber, a estação chuvosa (final de abril e a partir de outubro até maio) e estação seca (de maio a setembro). A primeira campanha de amostragem foi realizada somente nos pontos internos da ETE (P1 a P12), de modo a estabelecer o procedimento operacional padrão para análise laboratorial das campanhas futuras.

Tabela 1: Campanhas de amostragem de gás H₂S na ETE de Goiânia.

Campanha de amostragem	Período de amostragem		Pontos amostrados
	Início	Final	
01	05/04/17	11/04/17	P1 a P23
02	30/05/17	06/06/17	
03	24/07/17	31/07/17	
04	29/08/17	05/09/17	
05	28/09/17	06/10/17	
06	23/10/17	30/10/17	
07	21/11/17	04/12/17	
08	14/12/17	21/12/17	
09	02/02/18	09/02/18	

Os amostradores (Figura 2a) foram posicionados observando a direção predominante dos ventos, a segurança, o acesso aos locais de amostragem e a disponibilidade dos moradores em colaborar com o estudo, os quais assinaram um termo de consentimento.



Figura 2: Kit amostrador de H₂S (a), cartucho adsorvente de H₂S (b) e amostragem passiva (c).
 Fontes: Radiello ® (a e b) e autores (c).

O amostrador é constituído por placa de suporte (código R1), etiqueta de identificação da amostra (código R2), corpo de difusão branco (código R3, Figura 2a) e cartucho adsorvente para H₂S (Figura 2b). Os gases foram amostrados de maneira passiva (Figura 2c) em cartuchos contendo um meio adsorvente para H₂S (Radiello®). O tempo de amostragem de uma semana foi adotado com base em Grasel (2014), que também avaliou concentrações de H₂S em uma ETE de Curitiba (PR). Os resultados obtidos com o cartucho exposto durante uma semana foram semelhantes aos obtidos com o cartucho exposto durante duas semanas. Assim adotou-se 01 semana. Após o período de exposição ao ar ambiente, os cartuchos foram recolhidos e encaminhados para o laboratório da ETE em estudo para extração e análise da concentração de H₂S seguido do tratamento dos dados.

O método laboratorial utilizado especificado pelo fabricante e descrito por Grasel (2014) foi o método azul de metileno, pelo qual os cartuchos foram submetidos a uma solução de cloreto férrico-amina (N-N – dimetil-p-fenilenodiamônio), e posteriormente foi realizada leitura por meio de espectrofotometria. Informações meteorológicas locais foram obtidas a partir da estação meteorológica da Universidade Federal de Goiás e do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores de concentração de H_2S obtidos nos 23 pontos analisados e nas 09 campanhas foram todos inferiores a 2,0 ppb. O valor mínimo foi igual a 0,0006 ppb (em uma residência na região circunvizinha à ETE) enquanto que o máximo foi de 1,6 ppb (na centrífuga de lodo), ambos amostrados na campanha 02, de 30/05 a 06/06/17. As concentrações estão muito abaixo dos valores documentados em outras ETE's com processos anaeróbios. Por exemplo, concentrações de H_2S entre 2,0 ppm (= 2000 ppb) e 37 ppm (= 37000 ppb) foram medidas em unidades de pré-tratamento, e concentrações de 4,5 ppm (= 4500 ppb) foram medidas em unidade de desidratação de lodo (CHERNICHARO et al., 2010).

As concentrações médias de H_2S obtidas no interior da ETE são apresentadas no gráfico da Figura 3. O limite inferior de percepção de 0,5 ppb, documentado pela agência de saúde pública federal dos Estados Unidos (ATSDR, 2006), foi utilizado para comparação das concentrações de H_2S obtidas neste estudo. O valor de 0,5 ppb indica a concentração a partir da qual indivíduos humanos começam a identificar a presença do odor do gás sulfídrico no ambiente.

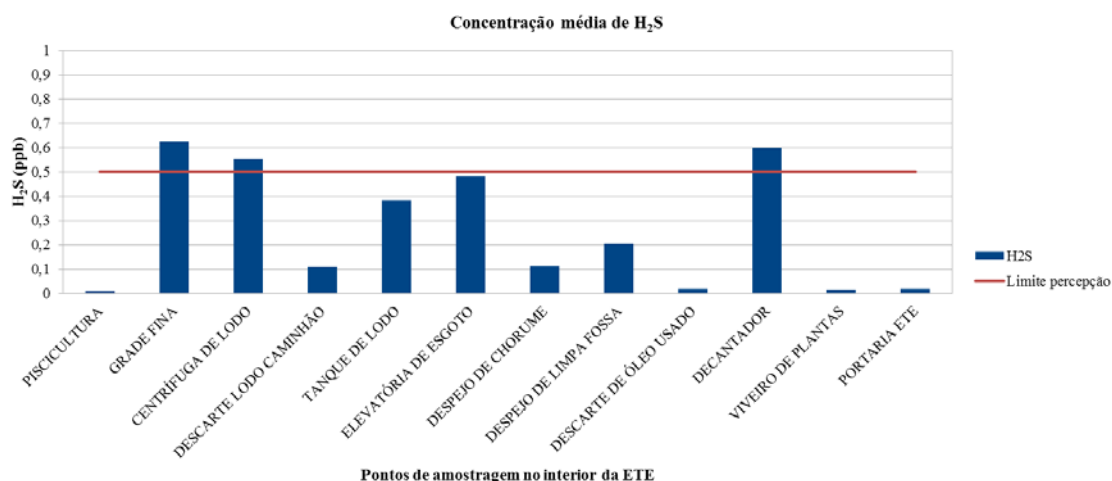


Figura 3: Concentrações médias de H_2S no interior da ETE.

Dos 12 pontos avaliados no interior da ETE, os que obtiveram as maiores médias de H_2S foram respectivamente: grade fina (0,6256 ppb), decantador (0,5981 ppb), centrífuga de lodo (0,5527 ppb) e elevatória de esgoto (0,4832 ppb). A centrífuga de lodo e a elevatória são edificações fechadas que tendem a concentrar os gases odorantes mais do que as outras áreas da ETE. O decantador apresentou uma concentração média relativamente elevada devido ao fato do amostrador ter sido locado há alguns centímetros da lâmina de esgoto, o que tende a receber maiores concentrações de gases emitidos do esgoto em tratamento. Além disso, o fato do esgoto se encontrar com alto teor de sólidos e matéria orgânica relativamente elevada no tanque de decantação favorecem as maiores concentrações de odor nesta unidade. A grade fina por sua vez, apesar de estar instalada em uma edificação aberta e ventilada, recebe os gases diretamente do decantador situado ao lado e do prédio do lodo, por meio da ação do vento. Os menores valores médios de concentração de H_2S foram obtidos na piscicultura (0,0106 ppb) e no viveiro de plantas (0,0153 ppb), que são pontos com maior presença de vegetação no entorno que atua como barreira física para os odores.

Segundo o Anexo XI da Norma Regulamentadora N° 15 - Atividades e Operações Insalubres, do Ministério do Trabalho (BRASIL, 2015), a concentração limite de H_2S para uma exposição de até 48 horas por semana é de 8,0 ppm (12 mg/m³ ou 8000 ppb), cujo grau de insalubridade a ser considerado é máximo. A ETE em estudo apresentou concentrações inferiores ao referido limite durante todas as amostragens e nos pontos avaliados no interior da mesma.

As concentrações médias de H_2S obtidas na região externa circunvizinha à ETE são apresentadas na Figura 4. Dentre os pontos analisados, os que apresentaram maiores médias de concentração foram respectivamente: ponto de lançamento de esgoto tratado (0,0263 ppb) e ponte à jusante do lançamento (0,0239 ppb), ambos no Rio Meia Ponte. Todos os outros pontos analisados fora da ETE obtiveram valores médios menores que

0,0125 ppb, ou seja, próximos aos menores valores obtidos no interior da ETE e inferiores ao limite de percepção de 0,5 ppb.

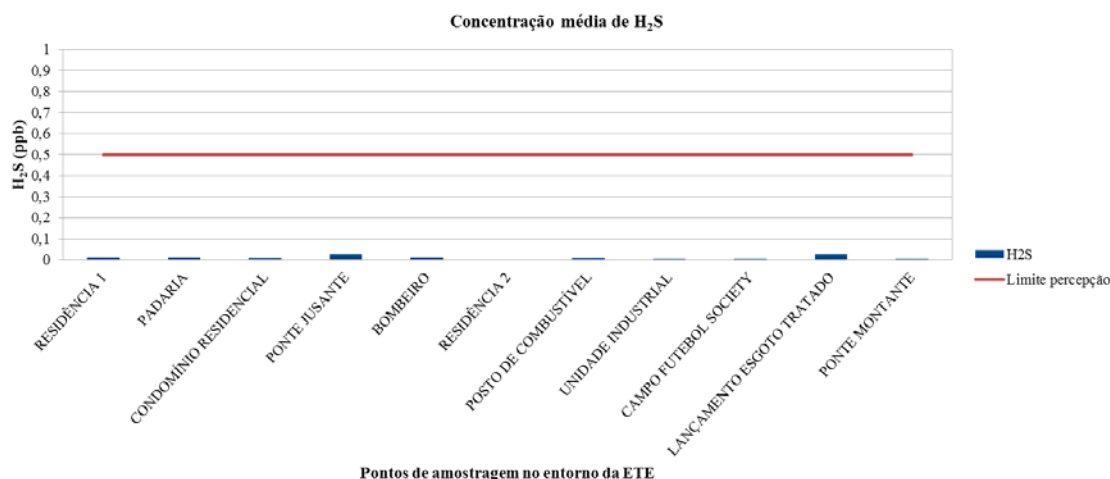


Figura 4: Concentrações médias de H₂S na região circunvizinha à ETE.

As baixas concentrações de H₂S obtidas tanto dentro quanto fora dos limites da ETE podem ser atribuídas à inexistência de etapas anaeróbias no sistema de tratamento. Entretanto, é relevante considerar que a ETE recebe despejos de caminhões limpa-fossa e lixiviados do aterro sanitário de Goiânia. Ademais, o H₂S pode ser conduzido até a ETE pela rede de esgotamento. O presente estudo não realizou amostragens no interior da tubulação da rede.

Esta avaliação de odores em termos de gás sulfídrico consiste em uma importante investigação preliminar dos odores relacionados à ETE de Goiânia. Um estudo mais aprofundado por meio de análises físico-químicas, olfatometria dinâmica e/ou nariz eletrônico se faz necessário para avaliar a influência de outros compostos odorantes (além do H₂S) e do potencial poluidor da mistura gasosa emitida a partir da ETE. Por meio de análises físico-químicas, é possível identificar e quantificar diferentes compostos químicos odorantes presentes na mistura gasosa. A olfatometria dinâmica, por sua vez, utiliza o nariz humano como sonda de odor, o que possibilita quantificar o odor em “unidade de odor por metro cúbico de gás” (uo.m³). Este tipo de análise é realizado com um painel de indivíduos humanos previamente selecionados segundo a sensibilidade olfativa, e expõe diferentes diluições do gás em análise. Como resultado, a concentração odorante é obtida em função das diluições percebidas pelo mencionado painel. Por fim, a análise senso-instrumental com a utilização de nariz eletrônico é a junção da análise físico-química e da análise olfatométrica (CAPANEMA et al., 2016).

Concomitantemente, a modelagem das concentrações de H₂S (e dos demais gases mal odorantes) pode ser feita para avaliar a dispersão da pluma de odor a partir dos pontos amostrados na ETE. Entretanto, em escala real, há diversas variáveis que estão fora do controle do sistema em análise, por exemplo, toda atividade potencialmente poluidora no entorno da ETE (indústrias, comércios, etc.), descarte inadequado de resíduos no solo e na água (rio Meia Ponte), entre outros.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente estudo avaliou as emissões odorantes (em termos de H₂S) da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, em Goiânia (GO), bem como seu potencial poluidor sobre o ambiente e sobre a população vizinha. A partir das concentrações de H₂S obtidas, verificou-se que a ETE é uma potencial fonte de odores. Entretanto, tais odores são relativamente inferiores quando comparados às concentrações reportadas na literatura técnica. Além disso, as concentrações foram menores quando analisadas fora dos limites da ETE.

Por meio desta avaliação, foi possível identificar os pontos de maior concentração de H₂S dentro dos limites da ETE, o que pode subsidiar intervenções futuras para mitigação e/ou controle de emissões mal odorantes.

A diversificação da avaliação de odor com análises físico-químicas, olfatométricas e senso-instrumentais (nariz eletrônico), bem como a utilização da modelagem é considerada para estudo futuro, pois é essencial para aumentar o conhecimento sobre os odores em questão, analisar a pluma de emissão dos mesmos e auxiliar na avaliação final fornecendo parâmetros de dispersão das emissões odorantes, que irão subsidiar as propostas de melhoria e de gerenciamento de gases na estação de tratamento de esgotos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ATSDR (2006). Public Health Statement: Hydrogen Sulfide, Agency for Toxic Substances and Disease Registry: 6.
2. BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Trabalho. Norma Regulamentadora Nº 15 – Atividades e Operações Insalubres. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-15-atividades-e-operacoes-insalubres>. Acesso em: 22 de nov. 2018.
3. CAPANEMA, M. A.; BELLI FILHO, P.; LISBOA, H. M.; SCHIRMER, W. N. Principais metodologias de avaliação físico-química e olfatométrica de compostos orgânicos voláteis (COV) e odorantes: uma breve revisão. XVII Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - SILUBESA, 2016, Florianópolis. XVII SILUBESA, 2016.
4. CAPELLI, L.; SIRONI, S.; DEL ROSSO, R.; CÉNTOLA, P.; IL GRANDE, M. A comparative and critical evaluation of odour assessment methods on a landfill site. Atmospheric Environment, v. 42, p. 7050–7058, 2008. EN 13725, 2003. Air Quality - Determination of Odour Concentration by Dynamic Olfactometry. European Committee for Standardization (CEN), Brussels (B).
5. CHERNICHARO, C. A. L., STUETZ, R. M., SOUZA, C. L., MELO, G. C. B. Alternativas para o controle de emissões odorantes em reatores anaeróbios tratando esgoto doméstico. Engenharia Sanitária Ambiental, Rio de Janeiro, RJ, v.15, n.3, p. 229-236. 2010.
6. GRASEL, A. M. Determinação de sulfeto de hidrogênio nas proximidades de estações de tratamento de esgoto em Curitiba-PR, Brasil. 2014. 86f. Dissertação – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Curitiba, 2014.
7. GOSTELOW, P., PARSONS, S. A. & STUETZ, R. M. Odour measurements for sewage treatment works. Water Research, vol., 35, 579-597, 2001.
8. HUDSON, N.; AYOKO, G. A. Odour sampling 1: Physical chemistry considerations. Bioresource Technology, v.99, p.3982-3992, 2008.
9. KIM, K.H.; CHOI, Y.J.; JEON, E.C.; SUNWOO, Y. Characterization of malodorous sulfur compounds in landfill gas. Atmospheric Environment, v.39, n.6, p.1103–1112, 2005.
10. LILIAMTIS, T. B. A geração de maus odores na rede coletora de esgotos do município de Pereira Barreto: um problema de saúde pública. Saúde soc. vol.12 no.2 São Paulo jul/dez. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12902003000200009>. Acesso em: 17 abr. 2016.
11. LISBOA, H. M. Metodologias para avaliação de odores em refinaria de petróleo. In: XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 28., 2002, México. Anais eletrônicos... Cancún: AIDIS, 2002. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/vi-003.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2016.
12. Radiello®. Disponível em: <http://www.radiello.it/english/h2s_en.htm>. Acesso em: 07 de jul. 2017.
13. SCHEUTZ, C., J. BOGNER, J. P. CHANTON, D. BLAKE, M. MORCET, C. ARAN ET P. KJELDSSEN. Atmospheric emissions and attenuation of non-methane organic compounds in cover soils at a French landfill. Waste Management, v.28, n.10, p. 1892-1908, 2008.
14. SENANTE, E.; GALTIER, L.; BEKAERT, C.; LAMBOLEZ-MICHEL, L. Odours management at MSW landfill sites: odours sources, odourous compounds and control measures. Proceedings Sardinia 2003, Ninth International Waste Management and Landfill Symposium. Cagliari, Italy. Cagliari: CISA, 2003.
15. SILVA, A. B. Avaliação da produção de odor na estação de tratamento de esgoto Paranoá e seus problemas associados. Dissertação Mestrado, Publicação PTARH.DM-105/2007, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, p. 111.
16. SIRONI, S.; CAPELLI, L.; CÉNTOLA, P.; ROSSO, R.D.; GRANDE, M. Odour emission factors for assessment and prediction of Italian MSW landfills odour impact. Atmospheric Environment, v.39, n.29, p.5387-5394, 2005.

17. USEPA. Frequently Asked Questions About Landfill Gas and How It Affects Public Health, Safety, and the Environment. United States Environmental Protection Agency, 2008.
18. ZHANG, X.L.; YAN, S.; TYAGI, R.D.; SURAMPALLI, R.Y. Odor control in lagoons. Journal of Environmental Management, v.124, p.62-71, 2013.