



X-015 - ANÁLISE DE DISPERSÃO DE ODORES EM ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO PARA MITIGAÇÃO COM USO DE CORTINAS VERDES

Carlos Adller Saraiva Paiva⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestrando em Engenharia Química pela UFC. Coordenador de Projetos de Inovação da Gerência de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (GEPED) da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece).

Silvano Porto Pereira⁽²⁾

Biólogo pela UFC. Mestre em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela UFC. Doutor em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela UFC. Gerente da GEPED/Cagece.

Dálete Maria Lima de Sousa⁽³⁾

Engenheira Ambiental pela UFC.

Ronney Mendes Magalhães de Lima⁽⁴⁾

Agrônomo pela UFC. Mestre em Engenharia Agrícola pela UFC.

Fernando Victor Galdino Ponte⁽⁵⁾

Engenheiro Químico pela UFC. Mestre em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela UFC.

Endereço⁽¹⁾: Av. Dr. Lauro Vieira Chaves, 1030 – Vila União – Fortaleza - CE - CEP: 60.1420-280 - Brasil - Tel: (85) 3101-1949- e-mail: carlos.saraiva@cagece.com.br

RESUMO

O uso de cortinas verdes em Estações Elevatórias e de Tratamento de Esgoto, situadas em áreas urbanas, possui um papel fundamental na contenção de gases e odores, pois a cortina formada por espécies vegetais em diferentes extratos direciona os ventos para o alto facilitando a dispersão pelo ar. Durante a elaboração de projetos destinados a mitigação do efeito dos odores, a exemplo da cortina verde, faz-se necessário que se conheça qual gás é responsável pelos odores bem como sua concentração e forma de dispersão. Portanto, este trabalho tem como objetivo a definição e utilização de ferramentas computacionais capazes de realizar a simulação da dispersão dos odores em uma Estação Elevatória de Esgoto. Para realização desse estudo foi selecionada uma Estação Elevatória de Esgoto localizada na cidade de Fortaleza. Os dados de orientação e velocidade dos ventos foram coletados a partir das medições realizadas pela estação do INMET situada em um local próximo da área de estudo. Para o tratamento dos dados e simulação da dispersão de odores foram utilizados os softwares WRPLOT View (*Wind Rose Plots for Meteorological Data*) e o ALOHA. Foi possível gerar a rosa dos ventos relativa ao local, apresentando as orientações do vento predominantes na área de estudo e suas respectivas velocidades. A partir da concentração de sulfato no esgoto também foi possível estimar a vazão mássica de liberação do gás sulfídrico. Portanto pode-se concluir que a partir da simulação computacional é possível realizar a implementação de metodologia para elaboração de projetos de cortinas verdes.

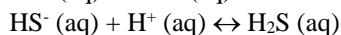
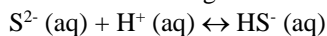
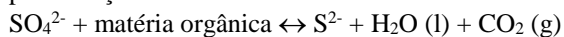
PALAVRAS-CHAVE: Pluma de dispersão, Gás Sulfídrico, Aloha.

INTRODUÇÃO

A presença de gases odorantes no ar é uma problemática recorrente em diversos centros urbanos esses estão associados principalmente a um sistema de esgotamento sanitário deficiente, inadequado ou ausente. Na maioria dos casos, são causadas pela presença de vazamentos no sistema de esgotamento existente, ligações clandestinas a redes de drenagem urbana e/ou a corpos hídricos, além de problemas estruturais na própria rede de esgotamento. Outras fontes desses odores podem ser Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) e Estações Elevatórias de Esgotos (EEE). Quando instaladas em áreas densamente povoadas, as Estações Elevatória de Esgoto (EEE) podem ocasionar reclamações por parte da população em função de possíveis odores emanados durante sua operação.

Dentre as fontes de odores em estações elevatórias e de tratamento de esgoto o Sulfeto de Hidrogênio (H₂S), produto da redução do Sulfato, é o odorante mais comumente associado a este processo, com forte correlação

entre a emissão deste gás e reclamações de mal cheiro. A razão para tanto é altíssima sensibilidade do olfato humano a este gás, sendo possível sua detecção até mesmo em níveis tão baixos quanto 0,47 ppb. Quanto a riscos à saúde humana, a NR-15 estabelece um limite de tolerância, para 8 horas de exposição, de até 8 ppm (cerca de 16 mil vezes maior que o valor acima mencionado) e uma concentração letal de 600 ppm. Sua formação, a partir do sulfato naturalmente presente nos esgotos sanitários e em condições anaeróbias, ocorre pelas reações abaixo:



Uma das formas de atenuar os odores em Estações é através do uso de vegetação adequadamente selecionada na forma de “cortina verde”, que além de funcionar como obstáculo físico à ação dos ventos pode auxiliar na degradação dos odores. Dessa forma, é necessário que a escolha do local e características da “cortina verde” sejam definidos através da análise da pluma de odores que poderia ser gerada a partir da EEE.

OBJETIVOS

Esse trabalho tem os seguintes objetivos:

- implantação de metodologia para elaboração de projetos de cortinas verdes com uso de plumas de dispersão de odores geradas por simulação computacional;
- definição e utilização de ferramenta computacional para apoio na definição de obstáculo físico à ação dos ventos em Estações Elevatórias de Esgoto, com aplicação pioneira na EEE Reversora do Cocó.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para atenuação dos problemas de odor e mitigação dos efeitos causados à população no entorno de uma EEE, optou-se pela escolha da técnica de remediação na fonte com a implantação de um filtro vegetal, visando direcionar a dispersão dos gases a camadas verticais e também auxiliar na sua degradação. Como aplicação pioneira, objeto desse estudo, foi escolhida a EEE Reversora do Cocó, pertencente à Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece) e situada entre a Avenida Rui Barbosa e o lagamar do Rio Cocó, no bairro Aerolândia, Fortaleza-Ce.

As etapas envolvidas nesse estudo foram: definição do gás responsável pelos odores, definição da EEE, levantamento das condições meteorológicas predominantes no local da EEE e elaboração da rosa dos ventos; simulação da pluma de dispersão de odores; definição do local da “cortina verde” e escolha da vegetação.

As medições de orientação e velocidade dos ventos foram realizadas nas estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com medições horárias. Tais dados estão disponíveis no site do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) ou na da Plataforma de Coleta de Dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). Deve-se selecionar a estação meteorológica mais próxima do local de estudo, seja esta do INMET ou da FUNCEME e selecionar o período de tempo que se deseja analisar.

Para o presente estudo de caso da EEE Reversora do Cocó, a estação selecionada como referência foi a estação Fortaleza-CE (822397) do INMET e a partir dos dados obtidos a partir dela se estimou a orientação e direção dos pontos no local de interesse do estudo. O período solicitado dos dados foi de 01/01/2016 a 06/07/2017.

O tratamento dos dados para análise da orientação e velocidade dos ventos da região se deu por uso do software WRPLOT View (*Wind Rose Plots for Meteorological Data*), versão 8.0.0, desenvolvido pelo *Lakes Environmental Software*. Com o WRPLOT foi gerada a rosa dos ventos do local georreferenciada e exportada com arquivo *Keyhole Markup Language* (KML), dando subsídios à simulação da dispersão de odores com o software ALOHA.

O ALOHA é um software freeware desenvolvido e mantido pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) em colaboração com a *Environmental Protection Agency* (EPA). O programa caracteriza-se pela resolução de um modelo Gaussiano que considera fatores como as características do vento e a turbulência na camada de ar responsável pela dispersão do gás liberado. Usualmente, o gás de maior expressão em esgotos de origem doméstica é o gás sulfídrico (H_2S), gerado a partir da redução do sulfato.

Para o cálculo da produção de sulfeto a partir de sulfato considerou-se a relação estequiométrica entre sulfeto e sulfato de 1:3 em massa, ou seja, cada 96 gramas de sulfato (1 mol) produzem até 32 gramas (1 mol) de sulfeto. A quantidade de sulfeto que permanece dissolvido no esgoto varia em função do pH. A quantidade total de sulfeto lançado na estação foi calculada em função da vazão do efluente e considerando-se o pior cenário, que é aquele no qual todo sulfato é convertido em sulfeto e todo esse sulfeto vai para a atmosfera, como forma de garantir o dimensionamento adequado da cortina verde (fator de segurança).

Para gerar a pluma de dispersão, o ALOHA necessita das características do local de estudo, dos dados meteorológicos da estação selecionada e do produto químico disperso. Os seguintes passos devem ser seguidos para a alimentação desse software:

1. Cadastramento da Estação: dados de latitude, longitude, fuso horário, elevação, cidade, estado, país.
2. Seleção do Produto Químico: seleciona-se o produto ou solução que está sendo liberado na atmosfera; caso o software não possua o produto, deve-se cadastrá-lo e identificar suas características (ponto de ebulição, pressão crítica, temperatura crítica, densidade, ponto de fusão, limites explosivos, entre outros).
3. Condições Atmosféricas e do Terreno: valores de velocidade dos ventos, direção, classificação do nível de insolação na área, umidade do local, temperatura do ar e nível de inversão na área.
4. Descrição da fonte: características do vazamento quanto ao local de origem, podendo ser direta (originada em um ponto apenas e que emana contínua ou instantaneamente vapores químicos), poça (área constante, contendo um líquido em evaporação ou não), tanque (tanque no nível do solo, cilíndrico ou esférico, com vazamento emanando de um orifício ou válvula, podendo escapar diretamente para a atmosfera ou formar uma poça) e tubulação de gás (tubulação pressurizada contendo gás, conectada a um grande reservatório ou não, ligado a qualquer vaso de estocagem). Ainda nessa etapa, deve-se incluir valores de vazão mássica, tipo de vazamento contínuo ou estacionário e tempo de duração do evento.
5. Escolha das Concentrações Limite de Exposição ou Percepção (LOC's) e Definição das Zonas de Risco: pode-se simular os gases com dispersão em forma de nuvem de vapor tóxico, inflamável ou explosivo. Há então, a seleção das zonas de risco em níveis de partes por milhão (ppm), caracterizadas em vermelha, laranja ou amarela, indicando as zonas de maior a menor concentração, nessa ordem.
6. Exportação da Zona de Risco: o software permite exportar a definição das zonas em dois tipos de documentos, PAS ou KML. Usualmente, o segundo é o mais adotado, visto que é utilizado no software Google Earth Pro para exibição da pluma georreferenciada. Para tal deve ser informada a latitude e longitude do local de origem do gás.

Quanto aos níveis de gás sulfídrico emitidos pela EEE Reversora do Cocó, adotou-se como valor típico de sulfato a média do monitoramento mensal do principal sistema de esgotamento sanitário do Ceará, a Estação de Pré-condicionamento de Esgotos de Fortaleza (EPC), correspondente a 85 mg/L. Este valor está coerente com a faixa entre 30 e 250 mg/L, indicadas por Metcalf & Eddy (2003). Quanto aos valores de vazão de chegada para o problema exemplificado, admitiu-se valores por meio do "Diagnóstico do Sistema de Esgotamento Sanitário", incluso no Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza.

RESULTADOS OBTIDOS

A partir dos dados meteorológicos foi possível gerar a rosa dos ventos relativa ao local, apresentando as orientações do vento predominantes na área de estudo e suas respectivas velocidades. A Figura 1, abaixo, representa a rosa dos ventos georreferenciada.



Figura 1 – Rosa dos ventos georreferenciada relativa à EEE Reversora do Cocó.

A partir da concentração de sulfato no esgoto e considerando sua completa conversão em sulfeto e liberação para atmosfera, foi possível estimar a vazão mássica de liberação do gás sulfídrico. Adicionalmente, foi considerado um lançamento contínuo de forma estacionária com tempo de duração de uma hora (NOAA, 2013). O método utilizado permitiu a obtenção das plumas de dispersão apresentadas na Figura 2, exportadas como arquivo KML para visualização no *software* Google Earth Pro.

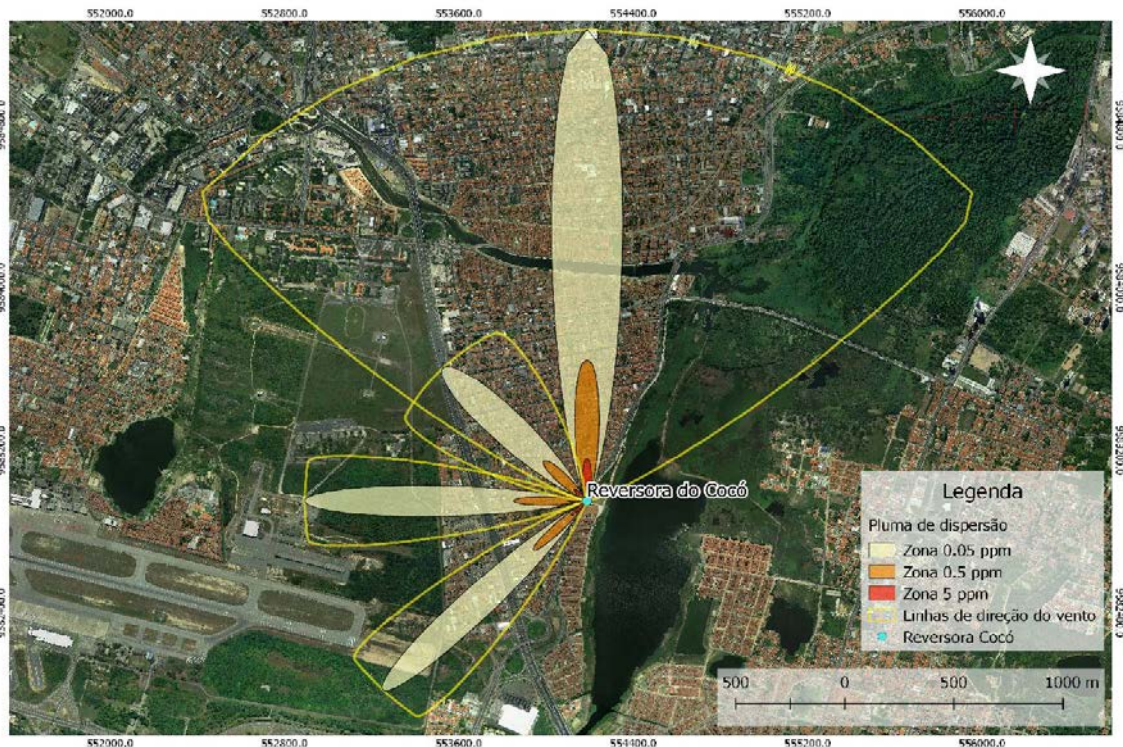


Figura 2 – Pluma de dispersão de odores.



Após a análise do local e seleção da área a ser implantada a cortina com base na pluma de dispersão de odores, realizou-se o estudo da vegetação adaptada ao local, que deve possuir uma boa cobertura do ambiente, ser densa e de preferência deve possuir características de degradabilidade dos elementos componentes do gás emitido. Para o presente estudo, analisou-se duas espécies vegetais usualmente presentes em cortinas vegetais e de boa adaptação ao clima local.

A casuarina (*Casuarina equisetifolia*) é uma árvore nativa da Austrália e possui boa adaptação a regiões litorâneas. Geralmente é utilizada com as funções de quebra-ventos, ornamentação de ruas, conservação de solos e fixação de dunas. Para uso no projeto, a mesma irá compor o extrato médio localizado na parte externa da cortina em relação à elevatória, auxiliando na verticalização do vento. As plantas estarão dispostas em fileira simples com espaçamento de 1 metro entre as mesmas. Já o Eucalipto (*Eucalyptus* sp.) funcionará como extrato superior localizado na parte mais externa da cortina verde. As plantas estarão dispostas em fileira simples com espaçamento de 3 metros entre as mesmas.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Por meio da análise da rosa observou-se a predominância dos ventos em cerca de 60% dos casos na orientação oeste, seguidos por 20% a noroeste, 11% a sudoeste e apenas 3% da orientação norte. Em cada orientação há a expressão de velocidades dos ventos majoritárias, a oeste encontram-se entre 3 m/s e 4 m/s, já a noroeste e a sudoeste prevalecem velocidades de 1 m/s a 2 m/s, enquanto a norte destaca-se a faixa entre 0,5m/s e 1m/s.

Avaliando-se a dispersão da pluma de odores, observou-se que seu alcance atinge zonas circunvizinhas habitadas. A pluma de maior cobertura corresponde a orientação na qual os ventos são mais brandos, visto que a diluição na camada de ar vertical ocorre de forma mais lenta, logo a concentração atingirá zonas mais distantes do ponto de emissão, como observado no lado da pluma norte, que chega a 2300m da fonte, a concentrações de 0,05ppm, nas concentrações de 0,5ppm e 5ppm alcançaram respectivamente, 500m e 190m.

Os resultados alcançados com este trabalho foram: aplicação do uso de ferramentas computacionais visando o estudo de dispersão de odores e sua respectiva mitigação; definição da vegetação mais adequada à mitigação de odores em estações elevatórias e de tratamento de esgotos; implementação de metodologia para elaboração de projetos de cortinas verdes com suporte de plumas de dispersão de odores obtidas a partir de simulação computacional.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O ALOHA é capaz de modelar a dispersão de odores em áreas nas quais não há a presença de obstáculos naturais (serras, montanhas, etc.) ou artificiais (edifícios ou grandes construções) ao redor da origem da emissão gasosa. Tal situação foi aplicável no caso em estudo e é muito comum, tendo uma ampla aplicação em companhias de saneamento. Entretanto, para situações nas quais as EEE's estão situadas cercadas de edifícios ou em regiões de relevo que não seja plano é necessário fazer uso de ferramentas computacionais que sejam capazes de modelar a dispersão de gases em tais casos. Atualmente, os autores já estão utilizando o COMSOL Multiphysics com tal finalidade.

Adicionalmente, esse trabalho pode resultar nos seguintes ganhos para a companhia de saneamento: possibilidade de melhoria no relacionamento entre a população e empresa de saneamento e consequente redução no número de reclamações; facilitação da obtenção e renovação de licenças ambientais; introdução de novas ferramentas no fluxo de projeto de EEE's e de licenciamento ambiental e redução de gastos com multas por parte dos órgãos ambientais.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GLÓRIA, Roberto Meireles.; CHERNICHARO, Carlos Augusto Lemos; AQUINO, Sérgio Francisco de. Estudo dos processos de formação, acumulação, emissão e oxidação de sulfeto de hidrogênio em reatores UASB tratando esgotos domésticos. 2009. 53 f., enc. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.
2. LAKES ENVIRONMENTAL. WRPLOT View™ - Freeware. Disponível em: <<https://www.weblakes.com/products/wrplot/?AspxAutoDetectCookieSupport=1>>. Acesso em: 12 janeiro 2017.
3. METCALF & EDDY. Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th ed. Boston: McGraw Hill, 2003. xxviii, 1408 p. ISBN 007124140X
4. NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 43. ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) 5.4.4: Technical Documentation. Seattle, 2013.