



X-307 - MODELAGEM DE DISPERSÃO DE ODOR EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO: UM ESTUDO DO H₂S NA ETE CARIRÉ – CEARÁ

João da Silva Cavalcante⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestrando em Engenharia Civil - Recursos Hídricos pela UFC. Engenheiro da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).

Rafael Santiago da Costa⁽²⁾

Engenheiro Agrônomo pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB). Mestre e Doutorando em Agronomia/Fitotecnia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Engenheiro da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).

Herivanda Gomes de Almeida⁽³⁾

Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Mestra e Doutoranda em Engenharia Civil pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (DEHA/UFC). Técnica de Suporte em Saneamento da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).

Cristiano Dantas Araújo⁽⁴⁾

Engenheiro Ambiental e Sanitarista pelo Centro Universitário Farias Brito (FBUNI). Mestre em Recursos Hídricos pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB). Engenheiro da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).

Cailiny Darley de Menezes Medeiros⁽⁵⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Engenharia Civil com Área de Atuação em Saneamento pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Especialista em Águas de Abastecimento e Esgotamento Sanitário pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE). MBA em Gestão Empresarial. MBA em Inovação em andamento. Gerente de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da CAGECE.

Endereço⁽¹⁾: Rua Taquari, 291 - Condomínio Andressa - Bonsucesso - Fortaleza - CE - CEP: 60541-706 - Brasil - Tel: (88) 99851-3119 - e-mail: joacavalcante@alu.ufc.br

RESUMO

O artigo aborda a questão da emissão de odores pelas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), que impacta diretamente na qualidade de vida das comunidades que vivem em seu entorno. A emissão de gás sulfídrico (H₂S) é o principal indicador da presença de mau odor nessas estações. O estudo tem como objetivo apresentar, por meio de simulação computacional, cenários de dispersão de H₂S gerado em uma Estação de Tratamento de Esgoto na cidade de Cariré, no estado do Ceará, Brasil, a fim de avaliar as áreas susceptíveis aos impactos da poluição do ar. O software *Areal Locations of Hazardous Atmospheres* (ALOHA) foi usado para modelar a dispersão de H₂S. A definição dos cenários de simulação foi baseada no comportamento dos ventos na região, obtidos por meio do ERA5, ferramenta global de monitoramento do clima. Os resultados obtidos por meio da simulação computacional mostraram que as concentrações de H₂S na área circundante à lagoa facultativa estão abaixo dos limites de tolerância estabelecidos pela NR-15, o que indica que a exposição aos gases gerados pela ETE Cariré não apresenta riscos à saúde pública. O estudo mostra que a modelagem computacional pode ser uma ferramenta poderosa e eficaz para avaliar o potencial de impactos da poluição do ar em áreas urbanas próximas a estações de tratamento de esgoto, principalmente em casos em que não há dados de monitoramento disponíveis, no entendimento da dinâmica do transporte de contaminantes no ar e na avaliação de áreas com potencial de causar desconforto à população residente ou flutuante.

PALAVRAS-CHAVE: Emissão de Odores, ETE, Simulação Computacional, Poluição do Ar, Saúde Pública.

INTRODUÇÃO

A problemática da emissão de odores em estações de tratamento de esgoto (ETE) tem efeito direto na qualidade de vida das comunidades que residem em seu entorno. Os principais impactos são referentes à saúde, ao meio ambiente e à sociedade, de acordo com pesquisa desenvolvida por Brostel e Souza (2005).



O sulfeto de hidrogênio (H_2S) ou gás sulfídrico é o principal indicador da presença de mal cheiro nas ETEs, sendo diretamente proporcionais às taxas de emissão deste gás e as reclamações de odor nas áreas circunvizinhas às estações. Isso se justifica a alta sensibilidade do olfato humano a este gás, sendo possível sua detecção em valores da ordem de 0,5 ppb (WARK e WARNER, 2001). No processo de tratamento de esgoto, o H_2S surge como produto da redução do sulfato, naturalmente presente nos esgotos sanitários, em condições de ausência de oxigênio, os sistemas anaeróbios.

Quanto aos riscos de exposição ao H_2S , a Norma Regulamentadora No. 15 (NR-15), que trata das “Atividades e Operações Insalubres”, estabelece um limite de tolerância de 8 ppm em até 48 horas por semana de trabalho, e uma concentração letal de 600 ppm.

Diante disso, o conhecimento e monitoramento dos processos de emissão de gases é fundamental. A aplicação de modelagem computacional surgiu neste cenário como uma ferramenta poderosa que proporcionou, por exemplo, uma melhor compreensão da dinâmica do transporte destes contaminantes no ar, permitindo relacionar as concentrações de gases na fonte geradora com os dados de velocidade e direção dos ventos para determinação da área com potencial para gerar desconforto na população residente ou flutuante. Esta aplicação será o objeto deste trabalho.

OBJETIVOS

O presente trabalho tem por objetivo geral apresentar, por meio de simulação computacional, cenários de dispersão de gás sulfídrico gerado em uma estação de tratamento de esgoto do município de Cariré no Estado do Ceará gerida pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) que permitam avaliar as áreas passíveis dos impactos da poluição do ar.

Além disso, espera-se apresentar metodologia que auxilie em estudos de mesma natureza em que a ausência de dados coletados em campo seja fator limitante para a elaboração de novos estudos.

METODOLOGIA UTILIZADA

A área de estudo fica situada no município de Cariré, na mesorregião do Noroeste Cearense, microrregião de Sobral, nas coordenadas geográficas $3^{\circ}56'20''S$ e $40^{\circ}28'46''O$ e altitude média de 162 m acima do nível do mar. A ETE a qual foi objeto de estudo está instalada a noroeste do perímetro urbano, a uma distância de cerca de 500 m em linha reta e trata-se de um sistema composto por uma lagoa facultativa e duas de maturação, conforme pode ser observado na Figura 1. A fonte geradora de gases foi atribuída à lagoa facultativa.

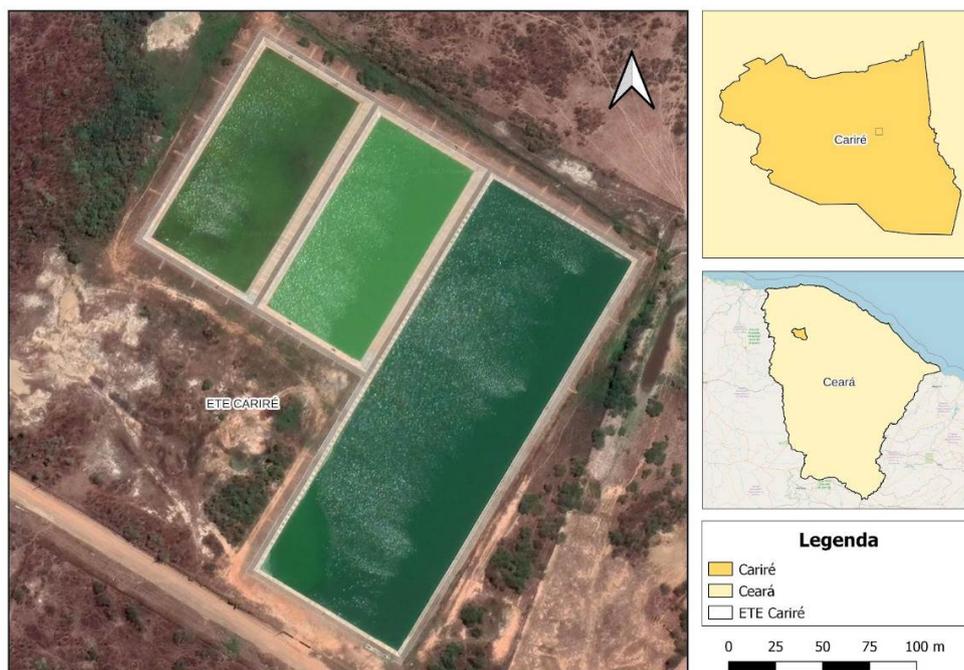


Figura 1: Localização da Estação de Tratamento de Esgotos de Cariré.

Para modelagem da dispersão do H_2S foi utilizado o *Areal Locations of Hazardous Atmospheres* (ALOHA) desenvolvido e disponibilizado pela *Environmental Protection Agency* (EPA), este software possibilita avaliar as plumas de dispersão espacial de contaminantes químicos no ar, auxiliando em estudos de impactos potenciais em sistemas implantados ou para definição de locação de obras, tendo em vista a segurança ambiental e social.

A definição dos cenários de simulação foi feita a partir das características do comportamento dos ventos na região. Devido a inexistência de estação meteorológica na ETE Cariré, tais dados foram obtidos por meio do ERA5, disponível no portal *Meteoblue*. O ERA5 se trata de uma ferramenta global de monitoramento climático, operado pelo Centro Europeu de Previsões Meteorológicas a Médio Prazo – *ECMWF*. Essa ferramenta em sua versão gratuita forneceu a velocidade e direção horária dos ventos no município de Cariré para o período de janeiro de 2019 a janeiro de 2020. O tratamento dos dados de vento foi realizado com o software gratuito *WRPLOT View*, este por sua vez é uma ferramenta específica para elaboração de rosa dos ventos que facilita a determinação da velocidade, direção e frequência dos ventos dominantes em uma série de dados. No estudo foram avaliados 3 cenários para simulação, a saber, as duas condições de direção de vento predominantes na região e a direção que resultaria na incidência direta de odor no núcleo urbano, determinados a partir da rosa dos ventos. A concentração adotada como geração de H_2S na ETE foi de 28 mg/L, sendo equivalente à capacidade máxima de produção da Estação de Pré Condicionamento de esgotos de Fortaleza (EPC), o maior sistema de esgotamento do Estado. Com isso, contornou-se a ausência de medições de gás na ETE Cariré com uma situação que favorece a segurança.

RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

O tratamento dos dados do ERA5 com o *WRPLOT View*, resultou na rosa dos ventos da Figura 2, a partir da qual se observa uma dominância de ventos sudeste e nordeste em Cariré, havendo uma ocorrência menor que 7% de ventos Sudeste e em torno de 5,4% de ventos nordeste, ambos com velocidades até 5,7 m/s. A região noroeste é responsável pelo transporte dos gases potencialmente gerados na ETE em direção ao núcleo urbano. Nessa condição, houve incidências de menos de 1,35% das ocorrências, com velocidade de até 2,1 m/s. Houve ocorrências de ventos nas demais direções, porém, com menos de 1,35% de frequência no período.

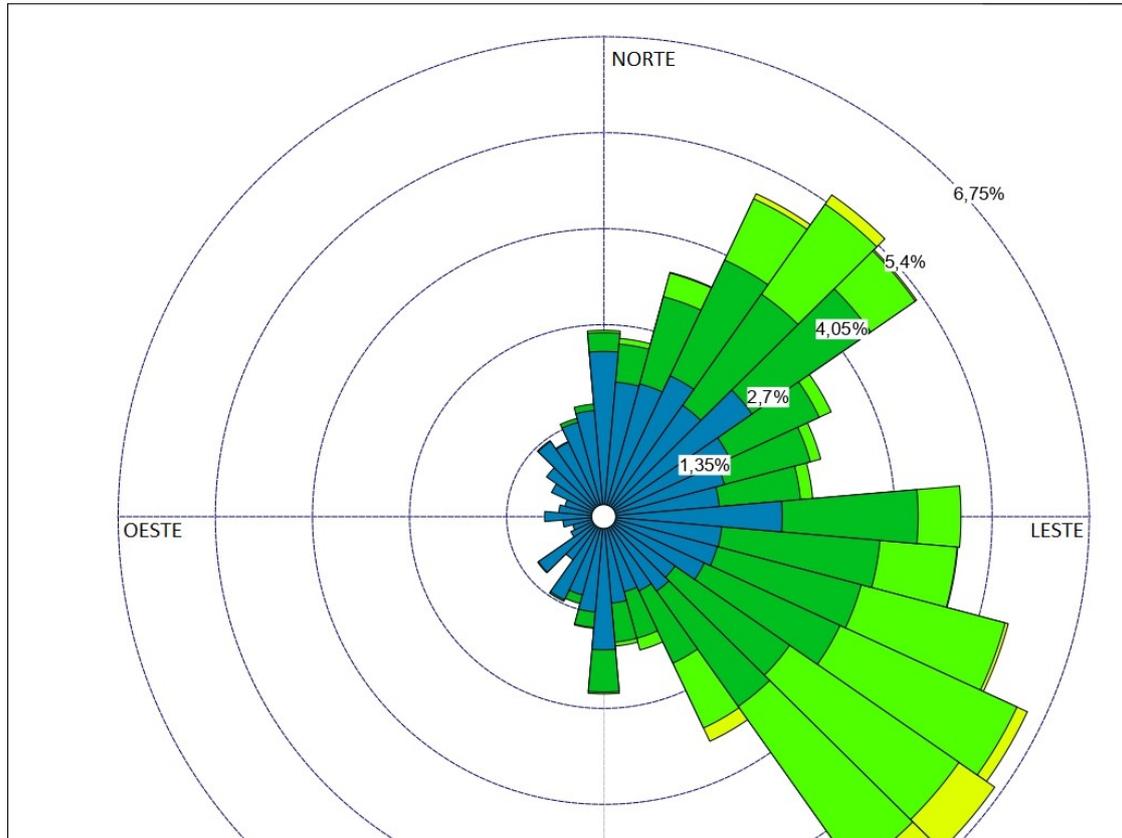


Figura 2: Rosa dos Ventos de Cariré com registros do ERA5.

Foram elaboradas três plumas, referentes a simulação da dispersão de H₂S para ventos de 4,20 m/s na direção sudeste (Figura 3A), para ventos de 3,5 m/s na direção nordeste (Figura 3B) e a situação mais crítica, ventos de até 2,1 m/s incidindo diretamente no núcleo urbano, na direção noroeste (Figura 3C).



Figura 3: Plumias de dispersão de H₂S em Cariré.

A área amarela nas plumas indica o local em que se poderia detectar gás sulfídrico em concentração de 0,5 ppb, enquanto a área laranja se refere à delimitação dos limites para concentração de 0,005 ppm.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com base nos dados do ERA5, pôde-se avaliar um período de 1 ano do comportamento dos ventos para a área de estudo, com isso foram obtidas respostas da predominância dos ventos e sua magnitude com as interferências sazonais da mudança climática, em especial, entre os períodos chuvoso e seco. Para o conjunto de dados avaliados, a predominância dos ventos variou em torno de duas direções, a sudeste e a nordeste, tendo frequência em torno de 80% das observações. A velocidade média foi de 2,25 m/s. De acordo com Silva



(2003) a intensidade dos ventos decresce à medida que se distancia do litoral, pelos efeitos da rugosidade, barreiras naturais e redução dos efeitos das brisas marítimas.

Ao avaliar as plumas geradas nas duas condições predominantes, as áreas referentes a concentração de 0,005 ppm, ou seja, o limite de percepção do olfato humano para H₂S, têm direção e sentido contrários às residências do perímetro urbano de Cariré. Na situação com incidência dos ventos de noroeste, a pluma gerada fica no limiar de atingir a área ocupada, mesmo com todos os parâmetros extremos adotados.

As pétalas geradas com ventos de sudeste apresentaram comprimento de 122 m com concentração de 0,005 ppm e 400 m com concentração de 0,5 ppb. Em nordeste os comprimentos foram de 135 m e 440 m e em noroeste comprimentos de 175 m e 570 m, nas concentrações de 0,005 ppm e 0,5 ppb, respectivamente.

Conforme o esperado, a variação de velocidades adotadas em cada cenário de modelagem, mantendo-se a concentração de emissão constante, resultou em extensões maiores nas plumas com velocidades mais baixas e extensão menor para a maior velocidade. Isso se dá pela predominância do transporte dos gases em velocidades menores e predominância dos efeitos de dispersão devido à turbulência, à medida que a velocidade aumenta.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A metodologia empregada neste trabalho se mostrou uma excelente alternativa para estudos em que a ausência de campanhas de medição em campo seja um fator limitante para avaliação das áreas próximas a fontes geradoras de gases.

Com base nos resultados obtidos, a adoção de concentrações conhecidas de H₂S gerados em sistemas maiores como dado de entrada para estudos em estações de pequeno porte, permitiu simular cenários para avaliação de impactos potenciais do contaminante, além de garantir uma margem de segurança devido ao superdimensionamento na fonte geradora. Desta forma, foi atestado que mesmo em condições extremas o município de Cariré não seria afetado pela incidência de gás sulfídrico gerados pela ETE.

Sugere-se que sejam realizadas medições de gás sulfídrico nas áreas da pluma resultante do estudo com equipamento específico, para verificação e validação do modelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BROSTEL, R. C.; SOUZA, M. A. A. Uma proposta para avaliação do grau de impacto ambiental provocado por estações de tratamento de esgotos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., Campo Grande. Anais Eletrônicos. Campo Grande, 2005.
2. JONES, R. et al. ALOHA® (*Areal Locations of Hazardous Atmospheres*) 5.4.4: *Technical Documentation*. Seattle, WA: *Emergency Response Division*, NOAA, 2013.
3. Ministério do Trabalho e Previdência. Segurança e Saúde no Trabalho. Norma Regulamentadora No. 15 (NR-15) – Atividades e Operações Insalubres. Disponível em: < <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-15-atualizada-2022.pdf> > Acesso em: 01 de novembro de 2022.
4. Rodrigues Silva, Gustavo; Alencar do Nascimento Feitosa, Everaldo. Características de vento da Região Nordeste: análise, modelagem e aplicações para projetos de centrais eólicas. 2003. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.
5. WARK, K.; WARNER, C. F. *Contaminación del aire: origen y control*. Mexico: Limusa, 2001.