

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
LABORATÓRIO DE EFLUENTES LÍQUIDOS E GASOSOS - LABEFLU

Marina Victória da Silva Souza

**Pesquisa sobre Gestão dos Odores em Sistema de Esgoto - Estudo em
Balneário Camboriú**

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

Florianópolis
Agosto 2021

Marina Victória da Silva Souza

**PESQUISA SOBRE GESTÃO DOS ODORES EM SISTEMA DE ESGOTO –
ESTUDO EM BALNEÁRIO CAMBORIÚ**

Relatório de bolsista PIBIC no
Laboratório de Efluentes Líquidos e
Gasosos do Departamento de
Engenharia Sanitária e Ambiental do
Centro Tecnológico da Universidade
Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Paulo Belli Filho, Dr.

Florianópolis
Agosto 2021

RESUMO

Áreas residenciais cada vez mais próximas as estações de tratamento de esgotos (ETE) trazem reclamações acerca das emissões odorantes e expõem seus impactos na população. A intensidade e o espalhamento dos odores decorrentes dessas instalações dependem de inúmeros fatores, como das características da fonte emissora, da meteorologia, da variabilidade dos compostos e da topografia. O uso de modelos de emissão e dispersão com o intuito de prever o impacto tem sido uma abordagem adotada em larga escala. Modelagem de odores com a adoção de emissões constantes são comumente utilizadas, já que há uma dificuldade de medição in loco das emissões de ETE, principalmente nas superfícies líquidas passivas. Porém, essa prática não é fiel a realidade e induz uma sucessão de erros que são propagados da estimativa de emissão para os modelos de dispersão, resultando em estimativas falhas de distâncias de separação, o que dificulta prevenir o impacto odorante sentido pelos receptores. Para uma tomada de decisão certa, é necessário que a modelagem de dispersão de odores na atmosfera retrate a realidade, por isso a adoção de emissões variáveis é tão importante. Assim, estudou-se por meio de revisão bibliográfica a influência na escolha dos parâmetros e tipos de taxa de emissão no cálculo e modelagem das distâncias de separação. Como resultado, foi possível perceber que o impacto odorante ocasionado por emissões variáveis são mais fieis a realidade e permitem prever melhor o impacto causado por essa fonte.

Palavras chaves: tratamento de esgotos, odores, dispersão de odores, AERMOD, avaliação de odores.

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	6
1.1	Contextualização, justificativa e objetivo	6
1.2	Revisão Bibliográfica	7
1.2.1	Limites de Percepção de Odor (LPO)	7
1.2.2	Impacto Odorante	8
1.2.3	Critérios de Avaliação de Impacto Odorante	9
1.2.4	Fator peak-to-mean	10
2	MATERIAIS E MÉTODO.....	11
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
3.1	Artigo 1: Assessing the inter-annual variability of separation distances around odour sources to protect the residents from odour annoyance (BRANCHER et al, 2019).....	12
3.1.1	Objetivo do trabalho.....	12
3.1.2	Contextualização	12
3.1.3	Pontos elencados	12
3.1.4	Resultados e Discussões.....	16
3.2	Artigo 2: Temporal variability in odour emissions: To what extent this matters for the assessment of annoyance using dispersion modelling (BRANCHER et al, 2020).....	18
3.2.1	Objetivo do trabalho.....	18
3.2.2	Contextualização	18
3.2.3	Pontos elencados	19
3.2.4	Resultados e Discussões.....	21
3.3	Artigo 3: Correlating Emissions with Time and Temperature to Predict Worst-Case Emissions from Open Liquid Area Sources (NAGARAJ; SATTTLER, 2005).....	22
3.3.1	Objetivo do trabalho.....	22
3.3.2	Contextualização	22
3.3.3	Pontos elencados	22
3.3.4	Resultados e discussões	24
3.4	Artigo 4: Which Meteorological Conditions Produce Worst-Case Odors from Area Sources? (SATTTLER; DEVANATHAN, 2007).....	25
3.4.1	Objetivo do trabalho.....	25
3.4.2	Contextualização	25
3.4.3	Pontos elencados	26
3.4.4	Resultados e discussões	27
3.5	Artigo 5: Time, temperature, and wind speed: the importance of varying emission rates in odor modeling (SATTTLER et al, 2012)	28
3.5.1	Objetivo do trabalho.....	28

3.5.2	Contextualização	28
3.5.3	Pontos elencados	28
3.5.4	Resultados e discussões	31
3.6	Artigo 6: Impact of variable emission rates on odour modelling at WwTW's (STEPHENSON; CALLISTER; HARPER, 2006).....	32
3.6.1	Objetivo do trabalho.....	32
3.6.2	Contextualização	32
3.6.3	Pontos elencados	33
3.6.4	Resultados e discussões	35
4	CONCLUSÕES.....	36
5	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização, justificativa e objetivo

O desenvolvimento das cidades próximo às estações de tratamento de esgotos (ETE) reduz cada vez mais as zonas de amortecimento, as quais têm como função principal mitigar o impacto odorante das emissões gasosas provenientes desses sistemas. Com essa aumentou consideravelmente em número e gravidade de reclamações nos últimos anos (SATTLER; DEVANATHAN, 2007). Os sistemas de ETE que utilizam tecnologias com superfícies líquidas passivas são umas das maiores fontes de emissão de odores. O termo “passiva” refere-se a superfícies com ausência de fluxo de gases forçado artificialmente, como lagoas de estabilização, tanques de decantação e reatores em bateladas sequenciais com pouca ou sem aeração (CAPELLI et al., 2009; HAYES; STEVENSON; STUETZ, 2014).

Os poluentes atmosféricos emitidos pelas ETE são uma mistura complexa de substâncias, como compostos inorgânicos (sulfeto de hidrogênio e amônia), compostos organossulfurados (metil mercaptanas), ácidos graxos voláteis e compostos orgânicos voláteis (VOC, do inglês volatile organic compounds) (CHENG, W. H.; HSU; CHOU, 2008; NAGARAJ; SATTLER, 2005). Para estimar o alcance do odor são utilizados modelos de dispersão de poluentes atmosféricos. Os resultados dos modelos de dispersão dependem de fatores como a taxa de emissão da fonte, da formulação analítica do modelo, da qualidade dos dados ambientais e do número de dimensões adotadas pelo modelo.

Apesar da emissão de odores variar com o tempo, é comum encontrar modelagens feitas com a adoção de taxas de emissão constante ao longo do tempo para fontes do tipo área, o que torna o cálculo torna-se simplificado, sem a necessidade do uso de diversos dados de entrada. Porém, a adoção das taxas de emissão constantes nem sempre retrata a realidade da fonte, sendo assim, o resultado pode gerar uma distância de separação super ou subestimada. Distâncias de separação são as distancias necessárias para que um odor chegue até o seu receptor. Para Brancher et al. (2020b) o cálculo das distâncias de separação é afetado pelos seguintes fatores: frequência da direção do vento; grau de variabilidade das emissões e nível de conformidade com o percentil dos critérios de impacto de odor (do inglês, odour impact criteria, OIC).

O objetivo desse trabalho foi investigar a sensibilidade de modelos de emissão e dispersão atmosférica quanto aos parâmetros usados como dados de entrada, por meio de uma análise teórica, fazendo uma revisão bibliográfica de artigos relacionados estritamente com o tema. Também foi possível verificar quais aspectos interferem de forma direta no impacto odorante nas áreas adjacentes às ETE.

1.2 Revisão Bibliográfica

1.2.1 Limites de Percepção de Odor (LPO)

O sentido do olfato em seres humanos ocorre por meio de dois processos. O primeiro é quando os orantes se ligam a receptores olfativos que são sensíveis às suas estruturas químicas específicas. O segundo acontece no momento em que os receptores olfativos enviam um sinal para o cérebro, que faz associações e determina a reação ou sensação de uma pessoa, a qual gera o que conhecemos como “odor” (BRANCHER, 2017).

Os odores são uma das principais causas de reclamação sobre poluição do ar, já que podem causar reações desagradáveis como estresse emocional e sintomas fisiológicos. Além dos problemas de saúde pública, o impacto odorante resulta também na depreciação imobiliária da região (CAPELLI et al., 2013; LEBRERO et al., 2011). O limite de detecção de um odor (LDO) é o que faz com que ele se torne perceptível pelo olfato humano e algumas das substâncias odoríferas possuem o limite de detecção bem inferior ao limite de concentração normal de exposição. Desse modo, o odor é percebido concentrações extremamente baixas (HENSHAW; NICELL; SIKDAR, 2006).

Os limites de percepção de odor (LPO) encontrados na literatura variam muito entre si por serem produto de diferenças nos métodos de apresentação de odorantes e na aplicação de critérios estatísticos. Entretanto, existe um consenso geral de que LPO de humanos são muito baixos. Por exemplo, se apenas três gotas de etilmercaptana fossem adicionadas em uma de duas piscinas olímpicas, uma pessoa comum seria capaz de detectar ou perceber qual piscina apresentava a etilmercaptana adicionada (JOHNSON; KHAN; SOBEL, 2008 *apud* BRANCHER, 2017).

1.2.2 Impacto Odorante

Devido ao avanço das cidades, as distâncias de separação entre zonas habitadas e sistemas de esgotamento sanitário (SES) diminuíram consideravelmente, e por consequência um aumento significativo no número de reclamações por incômodos ocasionados pelos odores emitidos por essas instalações. A partir da interação dos receptores com os odores, os principais efeitos adversos podem ser aborrecimento ou incômodo, sendo o aborrecimento o efeito adverso mais comum relatado pelos receptores (CANTUARIA et al., 2017). O aborrecimento (do inglês, *annoyance*) é a sensação imediata após sentir um odor, já o incômodo (do inglês, *nuisance*) é o efeito do aborrecimento repetidamente acumulado por um período prolongado (BRANCHER et al., 2017).

Apenas a caracterização da fonte emissora de odor não é suficientemente capaz de mensurar o impacto odorante nos receptores. O impacto de odor das emissões odorantes depende do caráter ou tom hedônico dos gases constituintes da emissão, da interação entre os compostos e da sensibilidade dos receptores varia de indivíduo para indivíduo. Para avaliar o impacto odorante de maneira precisa, seria necessária a medição dos odores *in loco*, contudo, essa avaliação torna-se inviável devido à complexidade, principalmente quando a emissão ocorre em uma fonte área.

Os modelos de emissão e de dispersão para poluentes atmosféricos avançaram muito nos últimos anos, o que possibilitou o uso dessas ferramentas para controle e definição de critérios de avaliação de impacto odorante (CAPELLI et al., 2013). O impacto odorante das emissões pode ser estimado com maior precisão quando é respaldado em quatro etapas listadas a seguir (SCHAUBERGER; PIRINGER, 2012):

- i. Determinação do fluxo de odor fonte;
- ii. Diluição na atmosfera, descrita por modelos de dispersão, calculando séries temporais de uma hora média;
- iii. Concentrações máximas de curta duração derivadas dos valores médios de uma hora, para imitar a sensação de odor do nariz humano (fator peak-to-mean);
- iv. Critérios de impacto do odor, definidos pelo limite de concentração de odores e sua probabilidade de excedência;

1.2.3 Critérios de Avaliação de Impacto Odorante

A maioria das regulamentações de odores em todo o mundo está baseada na aplicação de modelos de dispersão, devido a disseminação do uso dos modelos matemáticos para prever as concentrações odorantes no ambiente. Órgãos ambientais adotam as ferramentas que estão sendo utilizadas e, dessa forma, a regulação da emissão dos odores segue alguns padrões (BRANCHER et al., 2017; CAPELLI et al., 2013). A regulação das emissões odorantes por meio desses padrões é conhecida como critérios de impacto de odor (do inglês, *odour impact criteria* - OIC).

Agências de regulação de cada país costumam adotar diferentes OICs, cujos padrões adotados variam no quão restritivos são para os limites de concentração de odor, para a probabilidade de exceder os limites toleráveis (nível de conformidade) e para as concentrações médias horárias. As legislações adotadas limitam os OIC por meio de dois parâmetros, que costumeiramente são os limites de concentração de odor e o nível de conformidade. O estudo realizado por Brancher et al. (2017), fez uma revisão abrangente da legislação de odor e dos OIC adotados em 28 países e concluiu que os limites impostos pela regulação ambiental de odores não pretendem zerar as emissões odoríferas, mas sim, minimizar seus efeitos a condições aceitáveis para os mais diversos receptores adjacentes.

A prática atual é modelar emissões odoríferas usando os mesmos modelos regulatórios de modelagem de outros poluentes atmosféricos. Apesar desta abordagem ter várias vantagens inerentes, tempos de média mais curtos, no entanto, devem ser usados para odores, porque a percepção de odores pode ocorrer em períodos de tempo muito mais curtos. Considera-se o tempo de uma respiração, 5 segundos, o tempo necessário para a interação entre odor e receptor. (SATTLER; DEVANATHAN, 2007; SCHAUBERGER et al., 2012).

As legislações que definem valores de OIC encontram um obstáculo no uso das concentrações de odor estimadas por modelos de dispersão atmosférica. As vantagens dos modelos então utilizados incluem a aceitação mais fácil da metodologia (porque os modelos já foram revisados e validados), revisão mais rápida por agências regulatórias e consistência dos resultados. Porém, os modelos de dispersão estimam concentrações médias em intervalos de uma hora, o que pode ocultar picos de odor que ocorrem em períodos inferiores a uma hora. Para que esse parâmetro seja adotado pelos OIC corretamente deve-se empregar o fator *peak-to-*

mean no cálculo das estimativas de emissão, muitas vezes sugerido pelas próprias legislações (SATTLER; DEVANATHAN, 2007; SCHAUBERGER et al., 2012).

1.2.4 Fator *peak-to-mean*

Como os odores são percebidos pelo olfato humano em um curto espaço de tempo, da ordem de poucos segundos, as concentrações médias horárias adotadas por modelos de dispersão podem direcionar a uma estimativa subestimada de impacto odorante. Assim, os modelos usuais não consideram os valores de pico que podem ter ocorrido durante segundos ou até mesmo minutos, e que geraram um impacto odorante significativo nos receptores. O fator *peak-to-mean* é utilizado para avaliação dos picos de emissões odorantes, tendo como objetivo reproduzir a percepção do nariz humano, a qual ocorre em segundos, e extrapolar esses valores a médio e longo prazo (BRANCHER et al., 2020a; SATTLER; DEVANATHAN, 2007; SCHAUBERGER et al., 2012).

2 MATERIAIS E MÉTODO

Devido a pandemia, o projeto não teve participação prática presencial. O trabalho se baseou em um acompanhamento da doutoranda Maria Joana na sua pesquisa, o qual permitiu um conhecimento sobre emissão e dispersão de odores, por meio da leitura de artigo e afins. Como resultados para discussão, foram elaborados análises de caso a caso de artigos selecionados ligados estritamente ao tema, dos quais buscou-se elencar as principais conclusões relacionadas a cada estudo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são descritos os principais resultados e discussões obtidos a partir da revisão bibliográfica de 6 artigos, os quais apresentam o objetivo principal, bem como uma contextualização breve sobre o estudo neles abordados. Tais conteúdos estão inter-relacionados no domínio deste trabalho de forma a contribuir para o atendimento do objetivo geral.

3.1 Artigo 1: **Assessing the inter-annual variability of separation distances around odour sources to protect the residents from odour annoyance (BRANCHER et al, 2019)**

3.1.1 *Objetivo do trabalho*

Estudar a viabilidade de uso de dados de um único ano para calcular distâncias de separação entre fontes de odor e áreas residenciais dependentes da direção, juntamente da análise e quantificação da variabilidade interanual das distâncias de separação.

3.1.2 *Contextualização*

O trabalho baseou-se em duas cidades com condições meteorológicas diferentes, uma no Brasil, em São José dos Pinhais, e outra na Áustria, em Groß-Enzersdorf. Cinco anos de observações meteorológicas de hora em hora foram usadas para cada local. Dois OIC nacionais foram selecionados como referências para calcular as distâncias de separação. Para a modelagem da dispersão atmosférica foi utilizado o AERMOD (U.S. EPA), um modelo de pluma gaussiana estacionária, o qual é adotado e aceito para demonstrações regulatórias em diversas agências ambientais pelo mundo.

3.1.3 *Pontos elencados*

- Odores ambientais têm sido causa de frequentes reclamações, por ser um fator perceptível fisicamente, avaliado negativamente, imprevisível e difícil de controlar;
- Problemas de saúde e incômodos com odor têm sido associados à exposição à odores. Porém, dificilmente se consegue provar essa associação devido a diluição que ocorre do odor na atmosfera, o qual chega até a população em níveis muito abaixo dos limites de toxicidade;

- A distância de separação é um parâmetro conveniente para medir a influência de uma fonte de odor próxima de áreas em que o odor apresenta um potencial incômodo;
- As distâncias de separação são classificadas em fixas, dadas por distâncias pré-estabelecidas, ou variáveis, determinadas caso a caso, como distâncias dependentes da direção, cujo cálculo pode ser feito por meio de modelos de dispersão;
- Normalmente, os modelos de dispersão preveem séries temporais horárias de concentrações de odores ambientais;
- Enquanto a variabilidade ano a ano tem sido pouco usada, a variabilidade interanual de distância de separação dependentes da direção já foi explorada como ferramenta para evitar incômodos por odores;
- Séries temporais de concentrações de odores previstas por modelos de dispersão são avaliados pelos chamados critérios de impacto de odores (OIC), o qual as distâncias de separação são calculadas de maneira dependente da direção;
- O coeficiente de variação (CV), definido como o desvio padrão dividido pela média, sendo seu resultado expresso em porcentagem, é usado para mostrar a variabilidade dos valores médios da distância de separação ao longo dos anos meteorológicos individuais;
- Com os resultados apresentados graficamente pela rosa dos ventos sobre as condições meteorológicas da superfície (Figura 1 e Figura 2), é possível observar uma variação dos dados de vento de um ano ao outro, apesar das características gerais estarem preservadas;

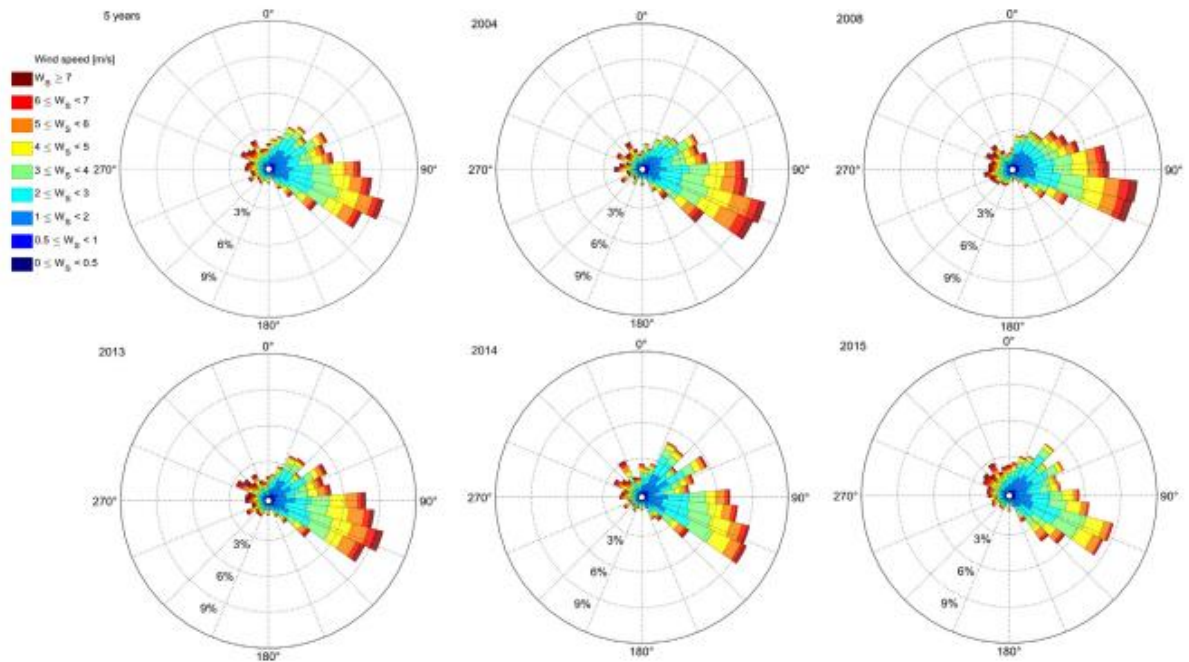


Figura 1: Rosas dos ventos em São José dos Pinhais (estação SBCT, Brasil): A legenda indica as categorias de velocidade do vento e suas cores associadas. WS: velocidade do vento.

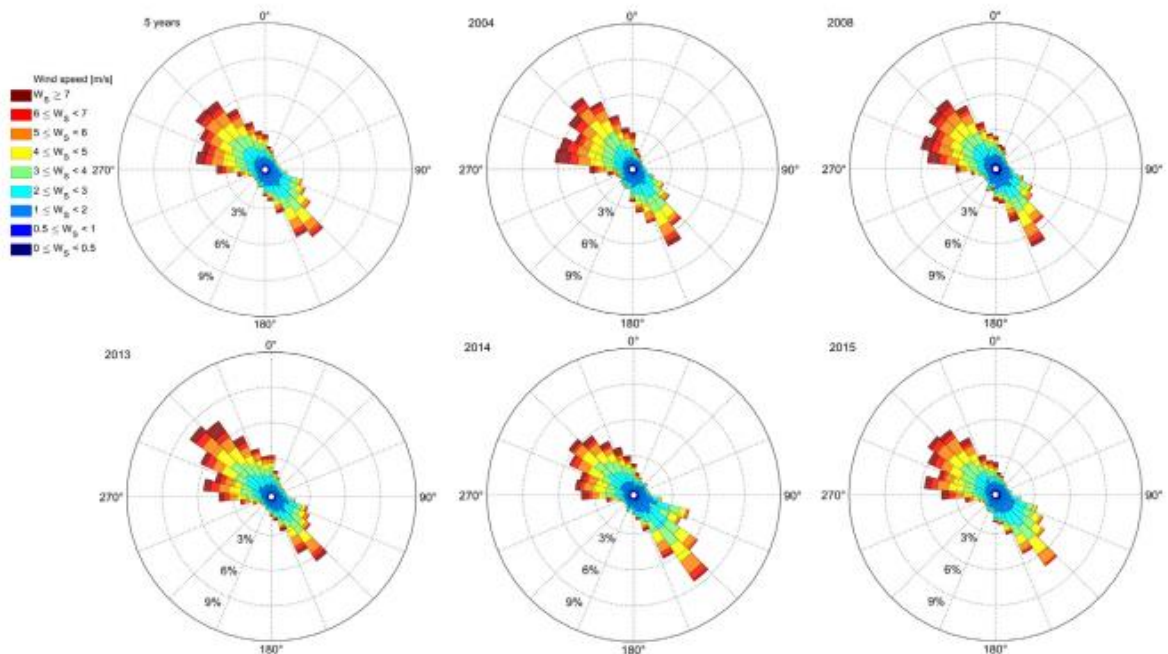


Figura 2: Rosas dos ventos em Groß-Enzersdorf (estação GE, Áustria): a legenda indica as categorias de velocidade do vento e suas cores associadas. WS: velocidade do vento

- A partir do gráfico de valor de Obukhov ($1/L$) contra a velocidade do vento, a dependência da turbulência com a velocidade do vento é confirmada, onde

com o aumento da velocidade do vento tende a ocorrer apenas condições quase neutras para ambas as cidades (Figura 3);

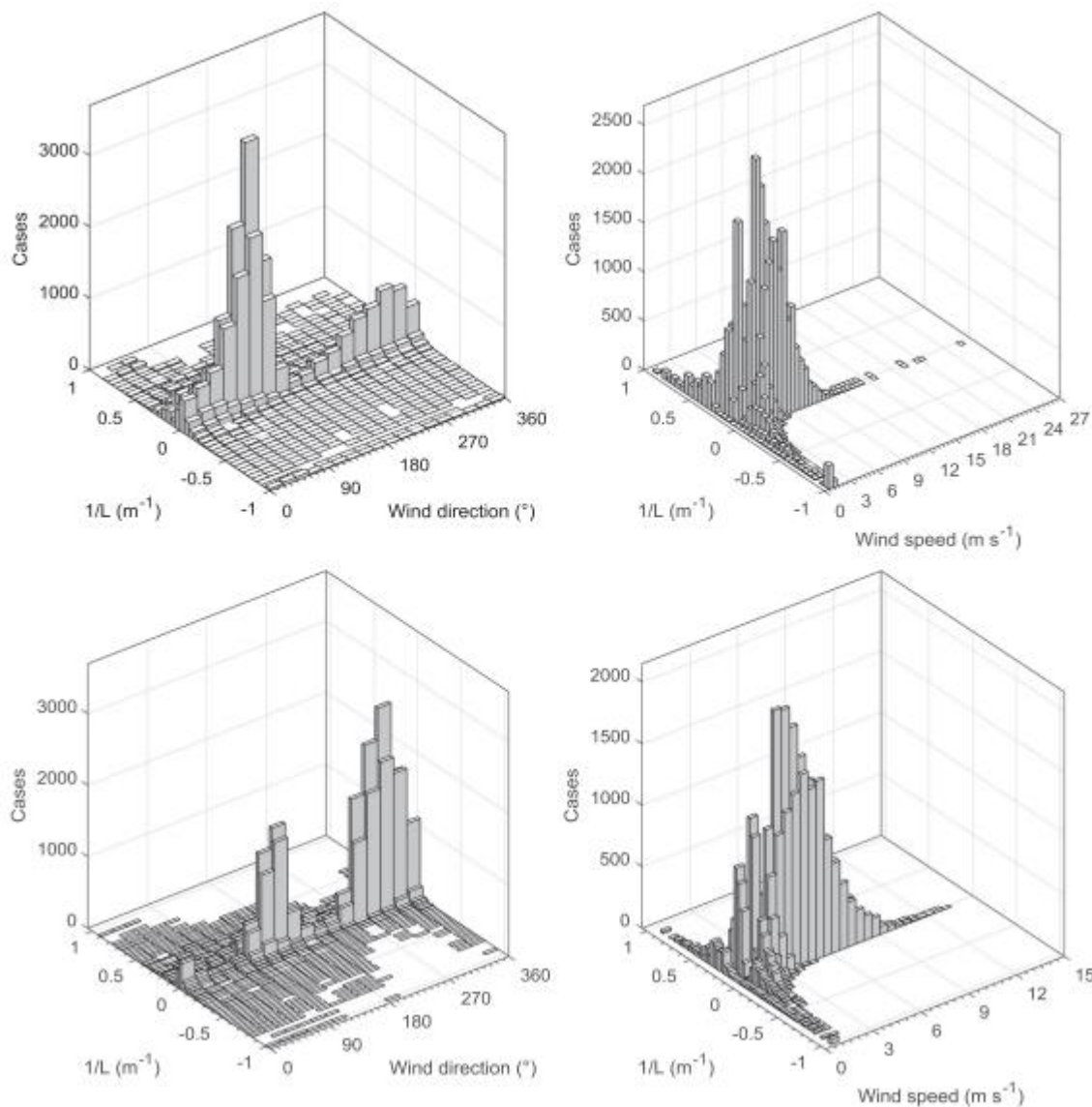


Figura 3: Parâmetro de estabilidade de Obukhov estimado pela AERMET contra direção e velocidade do vento em (topo) São José dos Pinhais / Brasil e (abaixo) Groß-Enzersdorf / Áustria. Dados meteorológicos para os anos: 2004, 2008, 2013, 2014 e 2015. $1/L$: Parâmetro de estabilidade de Obukhov.

- Para ambos os locais a estabilidade neutra domina, juntamente com velocidades do vento superiores a aproximadamente 5m / seg. Enquanto isso, condições extremas de estabilidade moderada e instabilidades estão associadas à apenas certas condições do vento e são estimadas para velocidades do vento mais baixa (<1m/s);
- Algumas diferenças de um ano para outro podem ser observadas na estabilidade superficial, em maior parte devido à dependência da direção do

vento. Já a variabilidade interanual se mostra menor do que para dados de vento;

- A distribuição da direção do vento (W_d) induz, principalmente, o espalhamento da distância de separação. No entanto, é provável que a extensão das distâncias seja uma combinação de muitos fatores, como a distribuição de frequência da estabilidade atmosférica e velocidades do vento por setor de direção do vento, bem como a seleção do OIC;
- As distâncias de separação são normalmente traçadas para o lado oposto do W_d , pois esta é a direção para a qual as emissões se espalham. Por exemplo, se o vento é do Sul, ou seja, ele sopra de Sul para Norte, as emissões irão se espalhar na direção Norte, que é a direção Sul. Esta direção é chamada de direção de transporte T_d (dada por $T_d = W_d + 180^\circ$);
- Em alguns setores da cidade brasileira a variação das distâncias de separação é alta. Isso é explicado pela tendência relativa, a qual mostra que a frequência relativa para o período meteorológico estudado está aumentando;
- Logicamente, é preferível o uso de vários anos de dados meteorológicos para análise da qualidade do ar. Porém, um único ano de dados meteorológicos pode ser usado para melhorar a relação entre precisão e recursos financeiros em estudos e auxiliar na harmonização das diretrizes de modelagem de odores;
- O estudo mostrou que um ano de dados meteorológicos de hora em hora é o suficiente para se obter distâncias confiáveis, visto que as condições meteorológicas num intervalo de onze anos de estudo não mudam muito e que as distâncias de separação observadas estão em concordância;
- As análises estatísticas mostram uma variabilidade anual relativamente baixa e dentro de uma faixa aceitável. Os resultados mostram que as distâncias para os cinco anos de meteorologia estão continuamente dentro do intervalo de confiança dos valores médios ao longo dos anos meteorológicos individuais, o que evidencia a representatividade de um único ano meteorológico.

3.1.4 Resultados e Discussões

De acordo com os pontos elencados, é possível ver uma forte influência da estabilidade atmosférica e da velocidade do vento nas distâncias de separação. As maiores distâncias observadas no estudo estão nas direções predominantes do

vento. Consequentemente, a priori pode-se esperar que quanto maior a frequência de um determinado setor de direção do vento, maior será o alongamento da distância de separação nessa direção.

A estabilidade atmosférica é um dos parâmetros principais para a modelagem de emissão e dispersão. A estabilidade atmosférica influencia na emissão dos odores, pois em condições de atmosfera estável você não favorece a dispersão da pluma de odor, mas também tem uma menor emissão de odor pela fonte. Já as condições de atmosfera instável favorecem muito a dispersão, ou seja, a pluma de odor se espalha com muita facilidade, mas também tem uma taxa de emissão de odor maior pela fonte. Nos estudos de modelagem, busca-se, em geral, atmosferas neutras, onde não há interferência direta da estabilidade da atmosfera na emissão e dispersão.

Qual variabilidade inter-anual esperada se um ano de observações meteorológicas for usado para calcular distâncias de separação dependentes da direção depende das características meteorológicas do local com o qual está lidando. A variação no artigo em questão foi relativamente baixa e está em concordância com as variações ano a ano, o que é bom. Os autores costumam chegar à conclusão de que as variações anuais são pequenas (8% e 21%), por isso usar uma série meteorológica de dados observados de apenas 1 ano é viável, já que isso reduziria o custo de análise com recurso humano, temporal e financeiro. O uso de uma série temporal mais longa é visto como padrão ouro, mas que talvez não seja sempre necessário.

A extensão das distâncias é provavelmente uma combinação de muitos fatores, como a distribuição de frequência da estabilidade atmosférica e velocidades do vento por setor de direção do vento, bem como a seleção dos critérios de impacto de odores (OIC). Esses critérios de impacto são baseados nas concentrações de odor e na probabilidade aceita de exceder a concentração, ou seja, percentil. Então a modelagem da pluma se baseia em até que ponto aquele limiar afeta a vizinhança e se, depois dessa distância, ele já se diluiu o suficiente para não causar incômodo.

Quando o objetivo é modelar odores é preciso pensar que a poluição odorante se dissolve muito rápido na atmosfera, por isso os critérios de impacto de odor são tão importantes. Os critérios são baseados nas concentrações, na probabilidade de exceder a concentração e no nível de conformidade, este seria o quanto é aceitável que odor ultrapasse esse nível de conformidade. Quando a pluma de dispersão de odor é desenhada, a análise não se trata apenas da concentração odorante resultante

no receptor, mas também da aplicação de um critério de impacto de odor para que essa concentração odorante calculada no receptor seja transformada em um grau de incômodo ou não.

3.2 Artigo 2: Temporal variability in odour emissions: To what extent this matters for the assessment of annoyance using dispersion modelling (BRANCHER et al, 2020)

3.2.1 Objetivo do trabalho

Compreender até que ponto a variabilidade temporal é importante para a análise da emissão de odores através da modelagem de dispersão.

3.2.2 Contextualização

O estudo foi ambientado em Groß-Enzersdorf, um município a leste de Viena, Áustria. O terreno é predominantemente plano, têm clima quente e úmido, com principal uso da terra por fazendas e áreas residenciais.

No trabalho aqui referido, foi utilizada uma técnica baseada em Monte Carlo (amostragem por transformação inversa) para gerar valores de taxa de emissão de odores (OERs) aleatórios em uma resolução de hora em hora. Para a modelagem da dispersão foi utilizado o modelo Lagrangeano de dispersão de partículas LASAT, o qual têm sido a base para o desenvolvimento do modelo de dispersão regulatória alemã AUSTAL2000. Foi utilizada uma série temporal de um ano de observações meteorológicas específicas do local em intervalos de uma hora.

Para determinar as distâncias de separação, foram escolhidos os seguintes OIC:

- R1 (Queensland): 99.5th percentile (pT = 0.5%), CT = 0.5 ouE m⁻³, AT = 1 h;
- R2 (Norway): 99th percentile (pT = 1%), CT = 1.0 ouE m⁻³, AT = 1 h;
- R3 (Flanders): 98th percentile (pT = 2%), CT = 1.0 ouE m⁻³, AT = 1 h;
- R4 (Germany): 90th percentile (pT = 10%), CT = 0.25 ouE m⁻³, AT = 1 h.

Para análise das emissões, foram adotados quatro cenários diferentes. O primeiro, ESconv, é o cenário convencional dado por uma taxa de emissão constante (E=20 000), usado como base comparativa. Os outros três cenários, ES0,5; ES10 e ES20, foram projetados para mostrar a variabilidade crescente, onde a taxa de

emissão foi mantida, porém, com a incorporação do coeficiente de variação (CV) de 5, 10 e 20%.

Para a análise estatística, as distâncias de separação devido a ES05, ES10 e ES20 foram, então, normalizadas por distâncias relacionadas a ESconv. Essa relação deu origem a fatores de escala, adimensionais, utilizados para quantificar a magnitude das possíveis diferenças nas distâncias de separação emergentes dos diferentes cenários de emissão.

3.2.3 Pontos elencados

- A modelagem da dispersão atmosférica tem sido a mais usada para analisar as conformidades com os regulamentos de odores, devido às suas propriedades descritivas e de previsão;
- A distância de separação caracteriza a *pegada do incômodo pelo odor*;
- As modelagens de dispersão atuais tratam as taxas de emissão como invariantes no tempo. Porém, é sabido que as emissões flutuam com o tempo e para que haja uma análise mais realista da dispersão e, conseqüentemente, tomadas de decisão mais confiáveis é necessário que seja considerada a influência dessa variação.
- A variabilidade nas emissões de odores pode ser devido a diversas causas, sendo as mais importantes as condições temporais e as de gerenciamento na fonte emissora;
- Os critérios de impacto de odor (OIC) são especificados por um limite de concentração de odor (CT), o nível de conformidade percentual deste limite e o tempo médio do modelo (AT);
- O percentil do OIC indica que o CT não deve ultrapassar um certo percentual de tempo, definição a qual é chamada de probabilidade de excedência tolerada (pT);
- Valor médio de curto prazo é relacionado a percepção de odores em segundos;
- Valor médio de longo prazo é previsto por um modelo de dispersão, normalmente em base horária;
- O fator de pico médio é a razão entre o valor de curto prazo e o valor de longo prazo;
- Diferentes picos de valor médio podem ser aplicados dependendo do OIC escolhido;

- Para fazer a análise estatística dos resultados é necessário compatibilizar as escalas das distâncias de separação. Um fator de escala igual a 1 demonstra igualdade entre o par de distâncias. Quanto mais distante de um estiver o fator de escala, mais significativa será a diferença;
- A estabilidade atmosférica é dada pelo comprimento L de Obukhov, o qual representa até que altura a geração de turbulência domina;
- Para valores positivos de $1/L$ a estratificação é estável, para valores negativos é instável e para valores próximos a zero é neutro;
- Uma boa ventilação atmosférica impulsiona a estratificação neutra;
- Os resultados gráficos (Figura 4) mostram que a condição neutra foi a que dominou nas direções predominantes do vento;

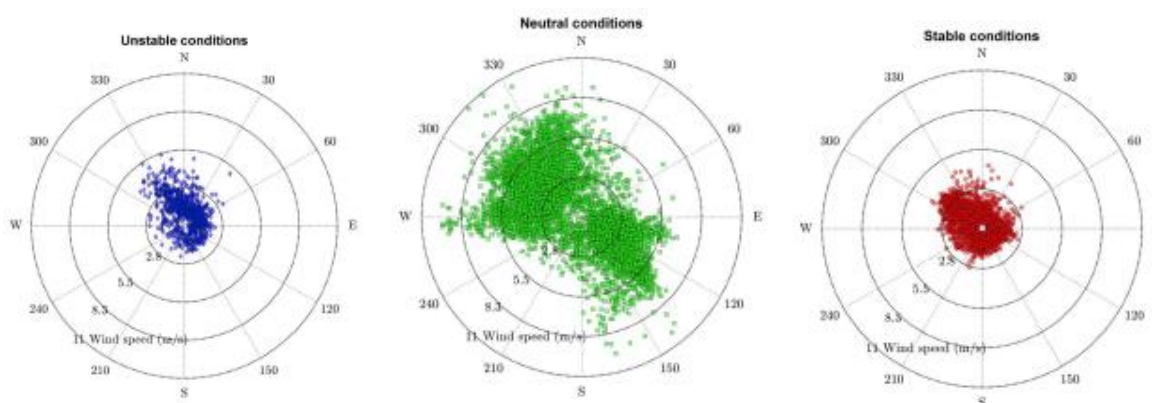


Figura 4: Espalhe rosas dos ventos para a estabilidade atmosférica expressa pelo recíproco do comprimento de Obukhov ($1/L$). Os painéis superior, central e inferior mostram as condições instáveis, neutras e estáveis, respectivamente.

- Assim como no estudo anterior, a condição neutra ocorreu majoritariamente em velocidades altas (≥ 5.5 m/s), enquanto as condições estável e instável ocorreram com velocidades mais baixas (≤ 2.8 m/s);
- Analisando a Figura 5 é possível notar que o percentil de 90% de conformidade foi o que resultou em uma distância de separação menor entre os cenários. Também é possível notar por esse gráfico que quanto maior a variabilidade da taxa de emissão de odor (do inglês *odour emission rate* - OER), maior é a distância de separação;
- Se for considerado um valor constante para OER, então a sua distância de separação será dependente somente das variações meteorológicas, o que não representa uma situação real, já que a taxa de emissão também varia independentemente do clima.

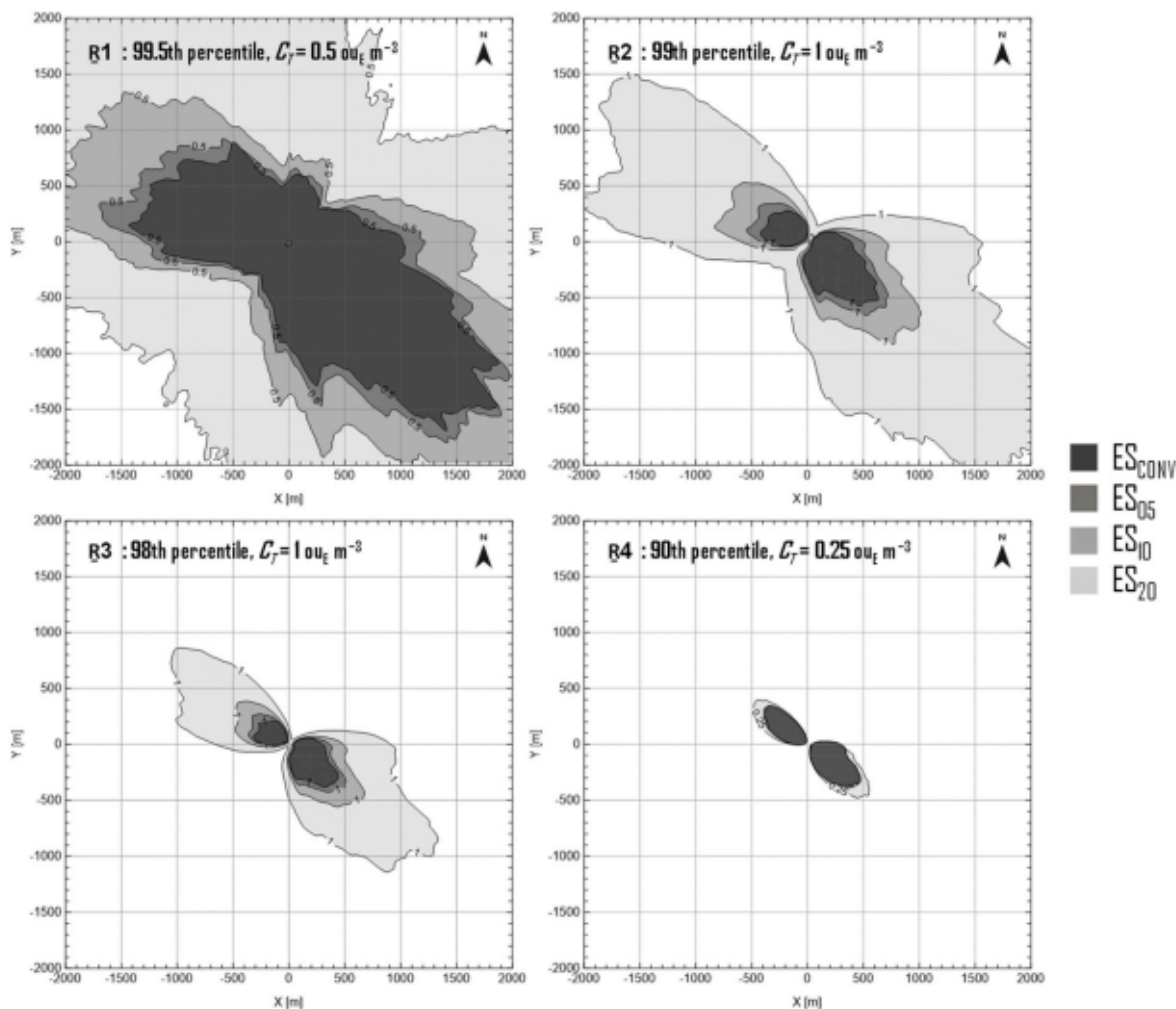


Figura 5: Distâncias de separação mostradas como linhas de contorno envolvendo a área de excedência de quatro critérios de impacto de odor (R1, R2, R3 e R4). ES_{CONV} é o cenário convencional (CV ¼ 0%) e ES_{05} (CV ¼ 5%), ES_{10} (CV ¼ 10%) e ES_{20} (CV ¼ 20%) são os três cenários resolvidos pelo tempo.

3.2.4 Resultados e Discussões

Os resultados trazidos nesse estudo evidenciam a subestimação das distâncias de separação com a utilização de valores de OERs constantes. Quando se utiliza OER constantes os cálculos de modelagem são simplificados, pois acabam por excluir a parte da modelagem de emissão. Essa abordagem pode levar a erros, visto que em uma ETE a taxa de emissão de odor varia ao longo do dia, já que é dependente da concentração do composto na fase líquida do esgoto, das condições meteorológicas (velocidade do vento, temperatura, cobertura de nuvens, entre outros) e da própria gestão da fonte emissora. Portanto, quando adotadas OER constantes, as distâncias de separação entre a fonte emissora e os receptores para que estes não sofram com o incômodo odorante, tendem a ser menores, o que significa que

provavelmente os receptores estarão sofrendo com incômodo odorante pois as taxas de emissão constantes não são realistas.

3.3 Artigo 3: Correlating Emissions with Time and Temperature to Predict Worst-Case Emissions from Open Liquid Area Sources (NAGARAJ; SATTLER, 2005)

3.3.1 Objetivo do trabalho

Estudar um método de variação das taxas de emissão com base na temperatura e hora do dia para prever o pior caso de emissões.

3.3.2 Contextualização

O estudo foi conduzido em uma planta de tratamento de esgoto na cidade de Garland, no estado do Texas (USA). Um monitor data-logging de poluentes foi alocado abrigado do vento, o qual fazia leituras horárias de tempo, temperatura e emissão. A variação das taxas de emissão captadas foi usada como dados de entrada no modelo de dispersão ISCST3 para prever as concentrações atmosféricas horárias de H₂S.

3.3.3 Pontos elencados

- Os principais influenciadores na concentração de odores são a taxa de emissão e a dispersão;
- A dispersão Gaussiana é modelada com valores de hora em hora, mas as taxas de emissão normalmente são assumidas como um valor constante, o que pode causar equívocos na avaliação do impacto do odor;
- Emissões de áreas líquidas abertas, unidades de tratamento de esgoto, tem maiores emissões durante o verão, pois temperaturas mais altas influenciam na volatilização de compostos, como compostos orgânicos voláteis;
- A metodologia desenvolvida no estudo apresenta potencial para ser aplicada em outras plantas que tenham qualquer área líquida aberta a atmosfera que seja fonte de odor;
- A variação das emissões de poluentes atmosféricos de fontes líquidas de acordo com a temperatura e a hora do dia baseia-se na teoria de transferência de massa de líquido para gás;

- A lei de Henry diz que quanto maior a temperatura, menor a solubilidade dos gases na massa líquida, ou seja, mais partículas odorantes estarão dispersas no ar conforme o aumento da temperatura;
- O aumento da temperatura ocasiona a volatilização do oxigênio para a massa de ar, o que, em plantas de tratamento de esgoto, promove a atividade de organismos anaeróbico que produzem sulfeto de hidrogênio (H_2S), o qual possui um odor incômodo;
- As taxas de emissão também podem variar dependendo da concentração de poluentes na massa líquida;
- Para medir como as emissões variam com o tempo, é possível se colocar sobre a superfície do líquido, protegido da ação do vento, um monitor que registra as concentrações e a temperatura;
- Estudos feitos em diferentes temperaturas comprovam a correlação linear da temperatura, capaz de prever emissões em temperatura mais alta; como previsto pela variação linear da constante da Lei de Henry com a temperatura;
- Variações na emissão de poluentes podem variar durante o dia, independentemente da temperatura. Por exemplo, se a intensidade do esgoto é rotineiramente mais alta no início da manhã, as emissões aumentarão no início da manhã (sem levar em conta a temperatura);
- Os resultados mostram que as concentrações de poluentes no efluente permaneceram constantes, enquanto as emissões mudaram com o tempo apenas quando a temperatura mudou também, evidenciando a correlação das emissões com a temperatura;
- Nos resultados da modelagem de dispersão, a área correspondente às emissões constantes foi cerca de 1/3 da área correspondente às emissões variáveis;
- A modelagem para as emissões constantes foi feita nos dias mais frios, enquanto a modelagem de emissão variável em dias mais quentes, o que demonstra uma subestimação da área de impacto do odor pela modelagem dos dias mais frios por não considerar o pior caso de emissão (Figura 6);
- A correlação entre tempo e temperatura permite prever o aumento das emissões para dias mais quentes, além de refletir o cenário mais próximo do real;

- Uma equação de décimo grau pode representar as variações periódicas das emissões em plantas de tratamento de efluentes, sendo seus coeficientes dependentes da composição do efluente, condições de turbulência e de fluxo e superfície disponível para volatilização dos gases odoríferos. Isso significa que por mais que haja uma correlação linear entre as concentrações de emissão com a temperatura, os coeficientes devem ser definidos caso a caso.

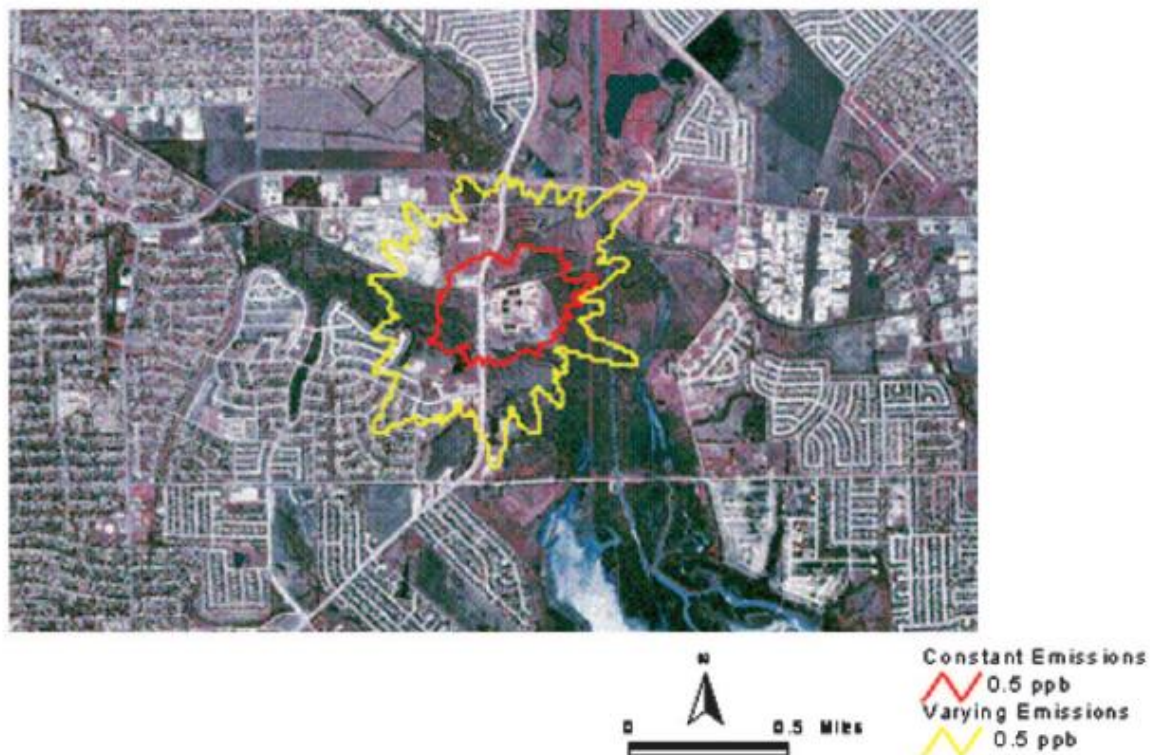


Figura 6: Comparação de contornos de concentração de sulfeto de hidrogênio de 0,5 ppb para taxas de emissão constantes e variáveis.

3.3.4 Resultados e discussões

O estudo demonstra a forte relação entre a temperatura e a emissão de poluentes odorantes se utilizando da Lei de Henry. Os resultados apresentados mostram a subestimação das distancias de separação do caso das emissões constantes, pois além de não representar a realidade, ainda foi medida em dias mais frios, cujo o potencial de emissão é mais baixo. Um outro fator que reafirma a precisão de se usar dados de taxas de emissão constante, é a variação da concentração de poluentes na própria água residuária que está em tratamento. Conforme a sua variação durante o dia, a sua emissão também pode variar em uma proporção parecida.

A temperatura é um fator que influencia na emissão e portanto, se uma área líquida tem sua maior concentração no período da manhã e a maior temperatura do dia também ocorre naquele momento, provavelmente a distancia de separação para aquele período será a maior.



3.4 Artigo 4: Which Meteorological Conditions Produce Worst-Case Odors from Area Sources? (SATTLER; DEVANATHAN, 2007)

3.4.1 Objetivo do trabalho

Determinar se as maiores concentrações atmosféricas de fonte de áreas líquidas abertas ocorrem com mais frequência no verão, quando as emissões são maiores, mas a dispersão também, ou no inverno, quando as emissões são menores, mas dispersão também.

3.4.2 Contextualização

A fonte das emissões odoríferas neste estudo de caso foi um clarificador primário, aproximadamente 27mX23m, localizado em Dallas, TX.

A modelagem, com base na equação de dispersão gaussiana, foi conduzida usando ISCST3 e AERMOD, a partir de 5 anos de dados meteorológicos horários divididos por estação. As taxas de emissão foram variadas de hora em hora com base em um ajuste de curva desenvolvido a partir de dados de campo previamente coletados.

A partir do resultado do modelo para cada estação, o seguinte foi determinado: (1) concentrações médias máximas de 2 minutos, (2) número de eventos de odor e (3) áreas de impacto. Um evento de odor foi definido como um período de 2 minutos com uma concentração estimada maior que o limite de detecção de odor de H₂S de 0,5 ppb.

3.4.3 Pontos elencados

- Dois fatores meteorológicos principais afetam a concentração de odores: temperatura e estabilidade;
- No verão, com as altas temperaturas, a constante da Lei de Henry aumenta, ou seja, as substâncias se tornam mais voláteis;
- Com as altas temperaturas, os odores aumentam a atividade anaeróbia pela falta de oxigênio solúvel na água, o que cria sulfetos reduzidos, que são os compostos causadores de odores mais prevalentes;
- Apesar das altas temperaturas do verão impulsionarem a emissão de áreas líquidas abertas como plantas de tratamento de esgoto (WWTs), a instabilidade atmosférica desse período tende a dispersar os poluentes mais rapidamente;
- Nesse mesmo sentido, no inverno as emissões são menores, porém a dispersão também ocorre devagar devido às condições de estabilidade atmosférica;
- O resultado da modelagem mostra que para ambas as modelagens, tanto no AERMOD quanto no ISCST3, que o maior número de eventos ocorreu durante o verão, enquanto o menor número ocorreu no inverno, dentro da média dos 5 anos de dados;
- Para a modelagem considerando taxa de emissão constante, com valor de uma tarde de julho, o maior valor ocorre para as condições de tempo do inverno, o que faz sentido devido a estabilidade atmosférica. Porém isso não representa o cenário real, visto que julho não é mês de inverno para a região.
- Uma previsão acertada da dispersão das taxas de emissão ajuda no controle dos sistemas que geram os poluentes. No entanto, pode-se observar pelos resultados que taxas constantes de emissão resultam em modelagens superestimadas da dispersão dos poluentes, o que pode atrapalhar na otimização do controle da dispersão dos poluentes.
- As condições atmosféricas podem variar de região para região. Então, por mais que as temperaturas mais altas gerem condições mais instáveis, o que provoca uma maior dispersão de poluentes, isso não quer dizer que em todas as regiões com verões quentes a dispersão será maior;

Segundo resultados obtidos pelo estudo, as maiores concentrações de odor na atmosfera ocorreram em condições estáveis (cerca de 71%) e em condições

neutras (23%), o que evidencia a influência positiva da condição atmosférica instável na dispersão dos odores;

- Os valores de concentração utilizando o modelo ISCST3 foram mais altos do que do modelo AERMOD em praticamente todos os âmbitos do estudo, se mostrando um método mais conservador de avaliação;
- As metodologias desenvolvidas no estudo podem e devem ser utilizadas para a modelagem da dispersão em todos os casos, mas sempre com o cuidado de se usar os dados meteorológicos horários específicos da região que se deseja trabalhar;
- Como nos meses mais quentes a produção de sulfetos é maior, o cuidado pelos operadores das plantas de tratamento com o controle de odores deve ser maior, como, por exemplo, a dosagem de ferro para precipitar os sulfetos e mantê-los longe da atmosfera;

3.4.4 Resultados e discussões

Conforme os pontos elencados, para determinar as áreas de impacto, foram utilizados dois critérios onde o limite de detecção de odor de H₂S 0,5 ppb foi excedido, 10 vezes por temporada por uma duração de 2 minutos e 50 vezes por temporada por uma duração de 2 minutos. Os modelos de emissão e dispersão comumente utilizados geram outputs em resultados de hora em hora, ou no caso no ISCST3 de 10 em 10 minutos. Quando se trabalha com odores, a percepção pelo receptor ocorre em uma fração de segundos ou minutos, ou seja, o modelo esconde picos de concentração odorante. Para compensar esse intervalo horário de outputs do modelo e trazer para a realidade os resultados é utilizado o fator *peak-to-mean*. O fator *peak-to-mean* é calculado e ele transforma as concentrações horárias em concentração em intervalos menores. No caso do artigo em questão, as concentrações foram transformadas através de uma equação em concentrações a cada 2 minutos, pois este foi assumido como o melhor intervalo.

3.5 Artigo 5: Time, temperature, and wind speed: the importance of varying emission rates in odor modeling (SATTLER et al, 2012)

3.5.1 Objetivo do trabalho

Apresentar métodos para variar as emissões de uma estação de tratamento de águas residuais de com a temperatura, hora do dia e velocidade do vento, a fim de produzir resultados de modelagem de odores mais realistas.

3.5.2 Contextualização

Esse estudo apresenta uma modelagem de dispersão para uma planta de tratamento de esgoto (WWWTP) em Dallas, TX. As taxas de emissão foram coletadas através de um aparelho de câmara de fluxo, enquanto as concentrações ambientais e temperaturas foram registradas durante o dia por um monitor datalogging.

Com base nos dados de campo, correlações entre horário do dia, temperatura e taxa de emissões horárias foram criadas como arquivo de entrada para o modelo. A câmara de fluxo foi ajustada para contar com o impacto do da velocidade do vento nas taxas de emissão de acordo com o estudo conduzido por Jiang and Kaye (2000).

As modelagens feitas no modelo US EPA ISCST3, foram executadas para os seguintes casos:

1. Caso de base: emissões constantes baseadas diretamente na medição da câmara de fluxo;
2. Caso de pico 1: pico da taxa de emissão constante com as medições da câmara de fluxo ajustadas para o horário de pico do dia com temperatura de 100°F às 4 da tarde (~37°C);
3. Caso de pico 2: pico da taxa de emissão com as medições da câmara de fluxo ajustadas não apenas para o horário de pico do dia com temperatura de 100°F às 4 da tarde (~37°C), mas também contando com impacto da velocidade do vento;
4. Caso realista: taxas de emissão variadas de hora em hora de acordo com a temperatura, hora do dia e velocidade do vento.

3.5.3 Pontos elencados

- Para medir como as emissões variam com a temperatura e a hora do dia, um monitor pode ser alocado para registrar as emissões de H₂S e a temperatura por um período de dias;

- Métodos de ajuste de curva podem ser usados para correlacionar as emissões medidas com o tempo e a temperatura, onde o H₂S é uma variável dependente e o tempo e a temperatura são variáveis independentes;
- No estudo de caso trazido pelo presente trabalho, foi descoberto que na maioria dos casos, uma função linear do tempo e uma função polinomial de 10^a ordem se ajustam bem aos dados;
- O efeito da velocidade do vento já tem sido contado para a modelagem da dispersão dos poluentes atmosféricos, mas o efeito da velocidade do vento na geração e liberação das emissões até então não era tão considerado;
- As emissões podem variar muito conforme o vento sopra sobre a superfície do efluente, sendo que altas velocidade de vento podem aumentar as emissões por:
 - aumentar o coeficiente de transferência de massa, devido à diminuição da fina camada resistente da interface ar/água,
 - diminuir a pressão parcial do H₂S, devido ao fluxo de ar limpo.
- Resultados para o caso de pico 1 mostram que a temperatura pode ser usada como uma substituta para o tempo e vice versa, ou seja, as emissões variaram com o tempo porque a temperatura variou com o tempo, mas não porque as características do efluente variaram com o tempo;
- Não foi detectada emissão de H₂S na unidade do biofiltro, pois bactérias mesofílicas consomem com eficiência o H₂S em temperaturas mais quentes (~100°F);
- Para o caso de base e o caso de pico 1, os resultados foram parecidos, o que não surpreende, visto que usaram valores de temperatura e taxa de emissão parecidas. A modelagem para esse caso é subestimada, principalmente quando comparada às reclamações da vizinhança;
- Para o caso de pico 2 (Figura 7), o resultado da modelagem se mostra superestimado, visto que mantém o horário e taxa de emissão de pico dos dois casos anteriores, mas inclui o efeito da velocidade do vento. Porém, esse resultado também mostra o quanto a velocidade do vento influencia na geração das emissões;
- Para o caso realista (Figura 8), vemos que a modelagem produz curvas menores que para o caso 2, o que faz sentido, visto que aqui as emissões

variam com a temperatura e o tempo, sendo que para temperaturas menores a emissão é menor;

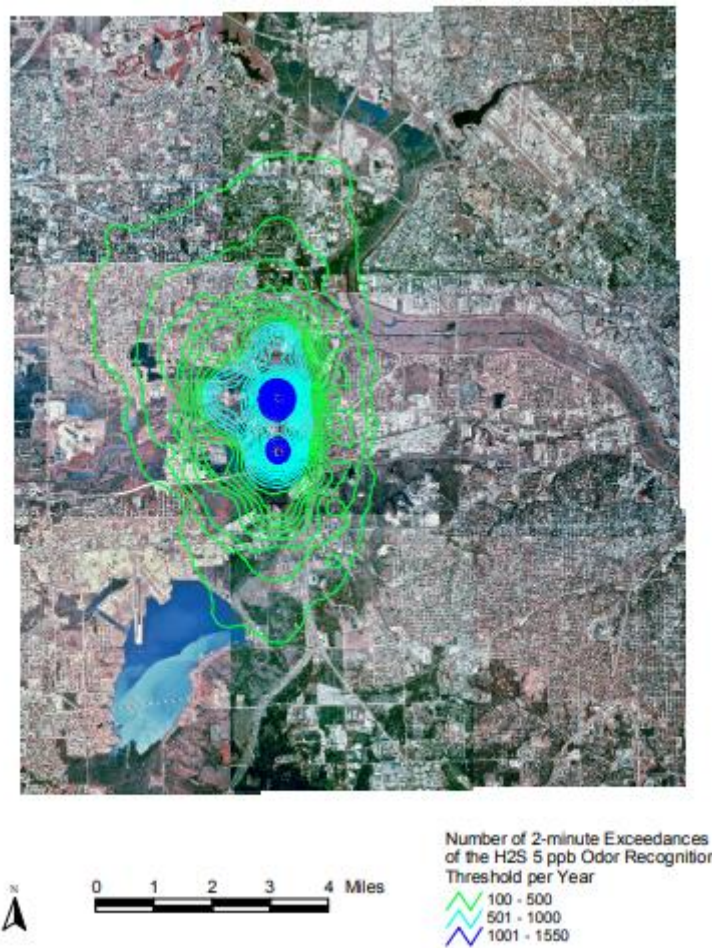


Figura 7: Caso de pico 2: Número de Excedências de 2 minutos do Limite de Reconhecimento de Odor de H₂S de 5 ppb por ano



Figura 8: Caso realista: Número de Excedências de 2 minutos do Limite de Reconhecimento de Odor H₂S de 5 ppb por ano

3.5.4 Resultados e discussões

É possível observar que a excedência nos limites de concentração de H₂S (5ppb) ocorre mais vezes e percorre uma distância maior no caso de pico 2, onde a dispersão só depende de fatores meteorológicos, mantendo uma taxa alta de emissão constante. Comparando o caso de pico 2 com o caso realista, é visível a importância de se variar as emissões de acordo com a temperatura, pois as distâncias alcançadas pelo excedente nos limites de emissão de H₂S é mais de duas vezes maior no caso de pico 2 do que no caso realista;

Esse estudo mostrou que é possível e efetivo o uso do monitor *data logging* para fazer as correlações de tempo e temperatura nas emissões. O estudo também mostra que utilizar apenas a câmara de fluxo se considerar a influência da velocidade do vento para geração da taxa de emissão pode gerar modelagens subestimadas,

principalmente quando se trata do fator de excedência do limite do poluente na atmosfera. Isso pode ser visto no caso de base e no caso de pico 1, o qual não foi observado nenhuma descensão do limite de 5 ppb de H₂S.

O efeito do vento na geração das emissões é diferente do efeito do vento na dispersão das emissões, essa última a qual já é levada em consideração na modelagem de dispersão e não deve ser confundida com a primeira. É possível concluir, também, que os túneis de vento associados a câmara de fluxo são uma ferramenta melhor de se registrar os efeitos do vento.

Para o caso realista, para que ocorra uma excedência, as emissões precisam ser altas e a meteorologia precisa ser não dispersiva. Para o caso do Pico 2, uma vez que as emissões são constantemente altas, o único fator necessário para uma excedência é a meteorologia não dispersiva.

3.6 Artigo 6: Impact of variable emission rates on odour modelling at WwTW's (STEPHENSON; CALLISTER; HARPER, 2006)

3.6.1 Objetivo do trabalho

Este artigo tem o objetivo de verificar o impacto das emissões variáveis nos resultados da modelagem de dispersão usando ODOURsim®.

3.6.2 Contextualização

O local do caso é uma planta de tratamento de esgoto (WwTW) de tamanho médio na região de East Anglian. Esse artigo apresenta um estudo de caso de modelagem de taxa de emissão variável usando ODOURsim® e o impacto das emissões variáveis nos resultados da modelagem de dispersão. ODOURsim® é um pacote de software de modelagem de emissão de odores que foi desenvolvido para prever com precisão os odores de plantas de esgoto, determinando a taxa de geração na fonte. Um modelo biológico derivado do modelo cinético ASM2 é usado para calcular a formação de H₂S na fase líquida. O modelo de dispersão, examinará apenas o impacto das condições meteorológicas na dispersão, e não na formação e emissão de odores. ODOURsim® foi desenvolvido baseado na modelagem do mecanismo de formação e emissão de transferência de massa de H₂S.

3.6.3 Pontos elencados

- Os gráficos de contorno de odor resultantes da modelagem são frequentemente usados no gerenciamento do potencial de incômodo, podendo também ser usados para informar as decisões sobre a seleção de tecnologias de controle de odores;
- Observa-se pelos resultados que as emissões constantes têm valores majoritariamente maiores do que a amostragem micrometeorológica (mapeamento de H₂S usando o analisador Jerome 631X H₂S) e a amostragem do OdourSim. Isso significa que os gráficos da modelagem usando os dados de emissão constante podem gerar resultados superestimados, isso apenas analisando os dados de entrada no modelo;
- Comparando agora as medições micrometeorológicas com a do OdourSim, nota-se que os valores estão próximos, tanto para o dia 1 quanto para o dia 2, então se presume que eles irão gerar plumas de dispersão de odor parecidas;
- Resultados gráficos gerados pelos modelos a partir das três diferentes fontes de dados de entrada evidenciam a influência da disparidade na diferença das emissões constantes e das emissões micrometeorológicas e do OdourSim (Figura 9, Figura 10 e Figura 11);

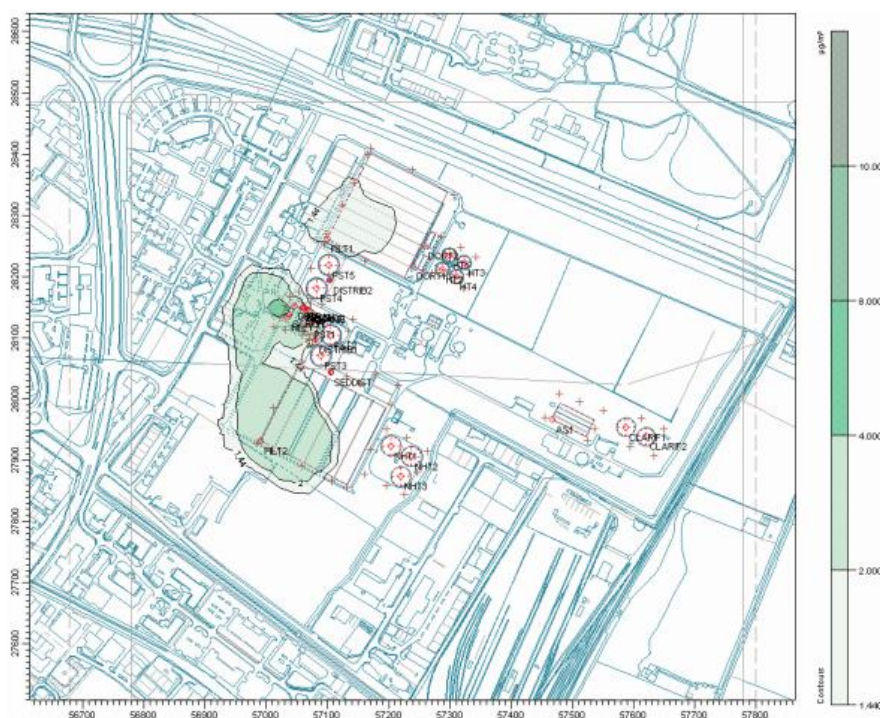


Figura 9: Levantamento Micrometeorológico Ajustado com Plotagem de Contorno, Dia 1

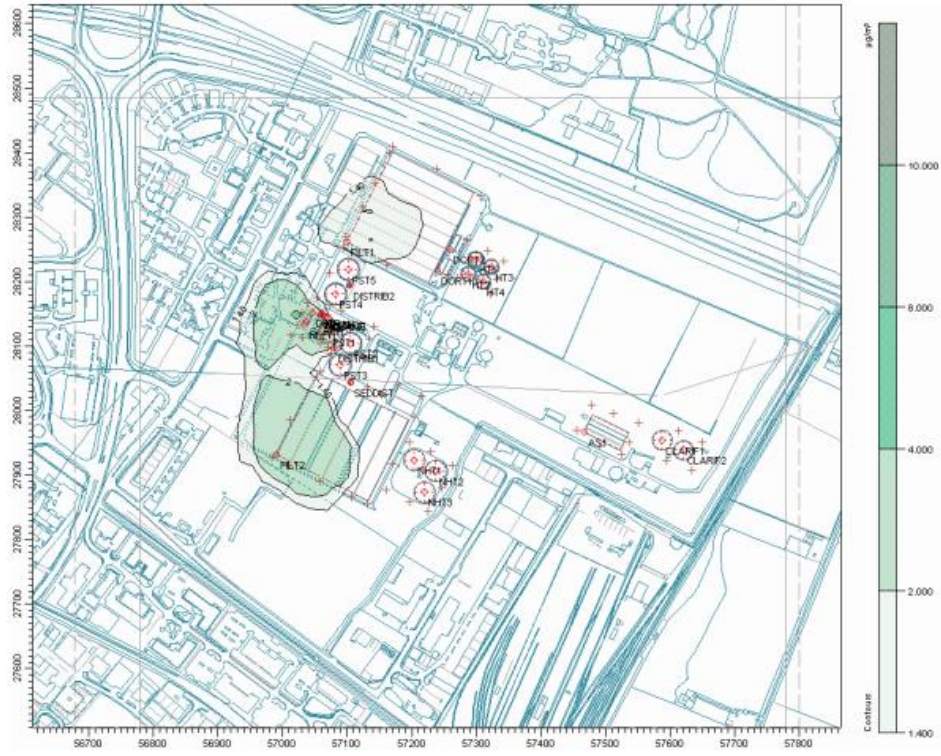


Figura 10: Contour Plot ODOURsim® Dados calibrados Dia 1

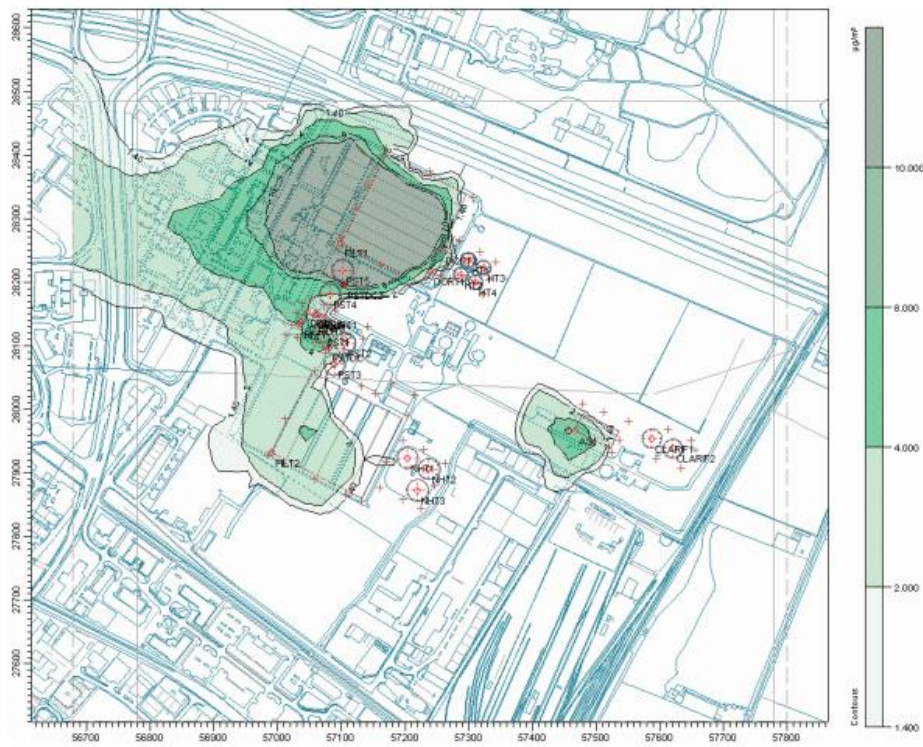


Figura 11 Contour Plot LUT emissões "típicas" Dia 1

3.6.4 Resultados e discussões

As plumas de H₂S se espalharam mais e com mais intensidade com os dados de emissão constante quando comparadas às das emissões micrometeorológicas e do OdourSim, como previsto. Os gráficos de dispersão do ar usando as emissões do modelo ODOURsim® calibrado e as concentrações medidas no local durante o levantamento micrometeorológico ficaram muito parecidos, como previsto. Isso indica que as equações usadas no modelo ODOURsim® podem ser calibradas para descrever as emissões de uma WwTW durante um período de tempo, com um bom grau de confiança. Por último, conclui-se que o uso de taxas de emissão constantes superestima o impacto do odor das WwTW se forem usadas para a modelagem dos odores.

4 CONCLUSÕES

Foi observado em todos os estudos que a pegada geral de odores para as plantas de tratamento de esgoto é superestimada ou subestimada se as taxas de emissão constantes forem usadas nos modelos de dispersão. Outros parâmetros importantes estudados nos artigos e que estão ligados as emissões variáveis referem-se a temperatura e o tempo ao longo do dia. A variação de temperatura e tempo na modelagem de dispersão odorante tende a refletir as emissões reais de fontes de área líquida aberta. No caso das emissões constantes, a dispersão representa as emissões em um determinado momento à uma determinada temperatura. Se nesse tempo as concentrações de poluente na massa líquida forem baixas e a temperatura for a mais fria do dia, provavelmente irá gerar resultados subestimados e os odores ao longo do dia irão afetar os receptores. Isso significa que, considerando o impacto da estação nas emissões e na dispersão, o pior caso de meteorologia ocorre no verão. Aqui deve-se salientar o efeito da estabilidade atmosférica na colaboração da dispersão dos odores. Embora uma maior dispersão de odores normalmente ocorra nos meses de verão devido à prevalência de condições atmosféricas instáveis, condições estáveis também ocorrem, ocasionando concentrações atmosféricas maiores.

Condições meteorológicas relacionadas a direção e velocidade do vento estão diretamente ligadas a dispersão dos poluentes odoríferos. Em adição a isso conclui-se que um único ano de observações meteorológicas por hora suficiente para atingir uma precisão confiável ao calcular distâncias de separação. Além disso, longas séries de dados meteorológicos nem sempre estão disponíveis e pode ser caro preparar um grande conjunto de dados para inserir em um modelo de dispersão.

O método de ajuste da velocidade do vento usando as taxas de emissão do túnel de vento para câmara de fluxo desenvolvidas para uma estação de tratamento de águas residuais para outra, tem precisão limitada e podem variar de acordo com as diferenças na turbulência e na composição das águas residuais e nas diferenças na estratificação nas câmaras de fluxo usadas para medição. Isso enfatiza a importância das visitas ao local e amostragem na calibração dos modelos de dispersão do ar.

No geral, os resultados indicam que a prática comum de assumir um valor constante para a taxa de emissão de odores pode subestimar as distâncias de separação, tornando-se mais pronunciadas nas direções predominantes do vento. Os resultados também mostram que quanto maior o nível de conformidade percentual de um critério de impacto de odor específico, mais significativa é a subestimação da distância de separação. Portanto, além da frequência da direção do vento, temperatura e a variabilidade da emissão, os estudos devem avaliar e o percentual de OIC como outro fator que influencia o nível de subestimação da distância de separação.

5 REFERÊNCIAS

BRANCHER, Marlon; PIRINGER, Martin; FRANCO, Davide; BELLI FILHO, Paulo; LISBOA, Henrique de Melo; SCHAUBERGER, Günther. Assessing the inter-annual variability of separation distances around odour sources to protect the residents from odour annoyance. **Journal Of Environmental Sciences**, [S.L.], v. 79, p. 11-24, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jes.2018.09.018>.

BRANCHER, Marlon et al. A review of odour impact criteria in selected countries around the world. *Chemosphere*, [s. l.], v. 168, p. 1531–1570, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.160>. Acesso em: 4 set 2021.

BRANCHER, Marlon et al. Performance evaluation of approaches to predict sub hourly peak odour concentrations. *Atmospheric Environment: X*, [s. l.], v. 7, n. February, p. 100076, 2020a. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2020.100076>. Acesso em: 4 set 2021.

CANTUARIA, Manuella L. et al. Public perception of rural environmental quality: Moving towards a multi-pollutant approach. *Atmospheric Environment*, [s. l.], v. 170, p. 234–244, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.09.051>

CHENG, Wen H.; HSU, Shu K.; CHOU, Ming S. Volatile organic compound emissions from wastewater treatment plants in Taiwan: Legal regulations and costs of control. *Journal of Environmental Management*, [s. l.], v. 88, n. 4, p. 1485–1494, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.07.022>

CAPELLI, Laura et al. Measuring odours in the environment vs. dispersion modelling: A review. *Atmospheric Environment*, [s. l.], v. 79, p. 731–743, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.07.029>

GOSTELOW, P.; PARSONS, S. A.; STUETZ, R. M. Odour measurements for sewage treatment works. *Water Research*, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 579–597, 2001a. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00313-4](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00313-4)

LEBRERO, Raquel et al. Odor assessment and management in wastewater treatment plants: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, [s. l.], v.

4, n. 10, p. 915-950, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10643380903300000>

HENSHAW, Paul; NICELL, James; SIKDAR, Anamika. Parameters for the assessment of odour impacts on communities. *Atmospheric Environment*, [s. l.], v. 40, n. 6, p. 1016–1029, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.11.014>

NAGARAJ, Archana; SATTTLER, Melanie L. Correlating Emissions with Time and Temperature to Predict Worst-Case Emissions from Open Liquid Area Sources. **Journal Of The Air & Waste Management Association**, [S.L.], v. 55, n. 8, p. 1077-1084, ago. 2005. Informa UK Limited. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/10473289.2005.10464713>.

SCHAUBERGER, Günther; PIRINGER, Martin. Assessment of separation distances to avoid odour annoyance: Interaction between odour impact Criteria and peak-to-mean factors. *Chemical Engineering Transactions*, [s. l.], v. 30, p. 13–18, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/232747575_Assessment_of_Separation_Distances_to_Avoid_Odour_Annoyance_Interaction_Between_Odour_Impact_Criteria_and_Peak-to-Mean_Factors. Acesso em: 4 set 2021.

Stephenson, T., Callister, S., Harper, P.L.S. Impact of variable emission rates on odour modelling at WwTW's. Artigo apresentado na quarta conferência anual do CIWEM. Water Innovate Ltd. 2006

SATTTLER, Melanie; DEVANATHAN, Sapna. Which Meteorological Conditions Produce Worst-Case Odors from Area Sources? **Journal Of The Air & Waste Management Association**, [S.L.], v. 57, n. 11, p. 1296-1306, nov. 2007. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.3155/1047-3289.57.11.1296>.

SATTTLER, Melanie et al. Time, temperature, and wind speed: the importance of varying emission rates in odor modeling. *Revista de publicação: Odors and Toxic Air Emissions* 2002. Copyright © 2002 Water Environment Federation. All Rights Reserved.