

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DÉBORA LIA PERAZZOLI

PROPOSTA DE ESTRATÉGIAS PARA AVALIAÇÃO DE ODOR AMBIENTAL NO
BRASIL

CURITIBA

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DÉBORA LIA PERAZZOLI

PROPOSTA DE ESTRATÉGIAS PARA AVALIAÇÃO DE ODOR AMBIENTAL NO
BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com o SENAI-PR e a Universität Stuttgart, Alemanha, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial.

Linha de pesquisa: Tecnologia Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Tarso de Lara Pires
Coorientadores: Prof. Andreas Grauer e Prof. Mauricy Kawano

CURITIBA

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Perazzoli, Débora Lia.

Proposta de estratégias para avaliação de odor ambiental no Brasil. / Débora Lia Perazzoli. – Curitiba, 2022.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial; Universität Stuttgart e SENAI-PR.

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Tarso de Lara Pires.

Coorientador: Prof. Andreas Grauer.

Coorientador: Prof. Mauricy Kawano.

1. Meio ambiente. 2. Odores. 3. Poluição atmosférica. 4. Legislação - Brasil. I. Pires, Paulo de Tarso de Lara. II. Grauer, Andreas. III. Kawano, Mauricy. IV. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial. V. Universität Stuttgart. VI. SENAI-PR. VII. Título.

Bibliotecário: Nilson Carlos Vieira Júnior CRB-9/1797



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MEIO AMBIENTE
URBANO E INDUSTRIAL - 40001016057P5

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação MEIO AMBIENTE URBANO E INDUSTRIAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **DÉBORA LIA PERAZZOLI** intitulada: **PROPOSTA DE ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO DE ODOR AMBIENTAL NO BRASIL**, sob orientação do Prof. Dr. PAULO DE TARSO DE LARA PIRES, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 05 de Setembro de 2022.

Assinatura Eletrônica

08/12/2022 21:30:30.0

PAULO DE TARSO DE LARA PIRES

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

25/11/2022 17:15:33.0

MARGARETE CASAGRANDE LASS ERBE

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

05/12/2022 12:37:08.0

MARLON BRANCHER

Avaliador Externo (UNIVERSITY OF VETERINARY MEDICINE VIENNA)

Centro Politécnico - CURITIBA - Paraná - Brasil

CEP 81531-980 - Tel: (41) 3361-3614 - E-mail: ppgmaui@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 237444

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 237444

Dedico este trabalho a todos os que de alguma forma são afetados pela poluição ligada a odores no Brasil. Aos gestores de órgãos ambientais, aos que trabalham em atividades emissoras de odor, e às comunidades que estão sujeitas à incômodo, pois todos sofrem por falta de conhecimento sobre o tema. Desejo que este trabalho traga um avanço significativo para a abordagem desta temática, para a prevenção e resolução de conflitos e para a manutenção da qualidade ambiental e bem-estar da sociedade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, meu Senhor e meu melhor amigo, que me sustenta, fortalece e capacita. Agradeço por me dar a vida e tantas boas oportunidades de trabalho, estudo e aprendizado, por poder compartilhar com outros o que tenho aprendido, e por me cercar de pessoas maravilhosas.

Agradeço ao meu esposo Anderson, meu maior apoiador e incentivador, pela compreensão, paciência, carinho e por sempre ter uma palavra de motivação. Você sempre se mostra tão orgulhoso de mim! Quando eu desanimava pelo cansaço e dificuldades, você sempre esteve ao meu lado. Sem você, eu não teria chegado até aqui. Te amo muito!

À minha família querida, minha base sólida. Mãe Nelci, obrigada por me incentivar sempre, por cuidar de mim e se preocupar comigo, por me acompanhar em tantas viagens, pela casa sempre bem arrumada, pelos almoços feitos com tanto carinho.... Por estar sempre disposta a ajudar em tudo e mais até do que eu imagino. Você é meu exemplo! Te amo demais!!

Ao meu pai José Perazzoli (*in memoriam*). Seus ensinamentos, valores e os princípios que norteavam sua vida me moldaram e fizeram de mim o que sou hoje. Sempre me incentivou a dar o meu melhor em tudo, a não me contentar com o bom se posso alcançar o ótimo. “Faça sempre o melhor possível, pois o mundo já está cheio de gente medíocre. Não seja você mais um deles.” Nunca esquecerei desta frase. Guardo com amor e saudade tantas boas lembranças no coração! Acredito que ele se orgulharia de mim por este trabalho.

Aos meus irmãos Jean, Anderson e Barbara, cunhados(as) Andressa, Monique e Marko, sobrinhos Jean Lucca e Laís. Muito obrigada por compreenderem minha ausência em tantos domingos e feriados inteiros de estudo... e por estarem no dia a dia me apoiando nas diferentes fases e desafios da vida. Amo muito vocês!

Ao meu orientador Prof. Paulo de Tarso, por me dar liberdade de elaborar a parte técnica e ao mesmo tempo me dar toda orientação na parte de legislação e estruturação do trabalho. Aos professores coorientadores Andreas Grauer e Mauricy Kawano, por compartilharem sua grande experiência com gestão da qualidade do ar, legislação internacional, dentre outros temas. É uma honra trabalhar com vocês, que considero como grandes referências!

Meu agradecimento especial à EnvEx Engenharia e Consultoria, onde nos últimos 10 anos tive a oportunidade de aprender e me desenvolver tanto na área técnica como nas “*soft skills*”. Foi na EnvEx que tive meu primeiro contato com a questão de poluição por odor em 2013, quando minha curiosidade foi despertada para o tema. Tive a oportunidade de trabalhar em dezenas de projetos relacionados a odores e ver na prática as dificuldades de se tratar do assunto pela falta de legislação nacional. Aos diretores André e Helder, por sempre me provocarem a ir além e aprimorar as técnicas e práticas, o que motivou em grande parte esta pesquisa.

Agradeço imensamente aos colegas e amigos da EnvEx, com quem tenho o prazer de trabalhar e conviver. Vocês também sempre me incentivam a me desenvolver na área técnica e como pessoa. Quantos trabalhos de campo, viagens e relatórios fizemos juntos, né? Nossa equipe é demais!! Jacque, João, Lucas, Thomas, Roberto, Marcelo, César, Sandro, Nicoli, Mirelly, Beatriz, Jean, Bruno, Amanda, muito obrigada por fazerem parte da família EnvEx e da minha vida!

Agradeço ao pessoal de órgãos ambientais com quem tive contato ao longo da minha jornada profissional e no desenvolvimento deste trabalho. Para citar alguns: IAT (antigo IAP), INEA, CETESB, FEPAM, SEMAGO, dentre outros. Estes contatos serviram para confirmar a relevância deste trabalho ao perceber a necessidade de uma ferramenta para apoiar na análise de casos relacionados a odores e contribuir para uma correta tomada de decisão para adequada gestão ambiental.

Agradeço e você que está lendo este trabalho. Desejo sinceramente que o mesmo traga informações relevantes e contribua para o avanço do assunto de odor no meio ambiente no Brasil.

Se você não consegue explicar algo de forma simples, você não entendeu
suficientemente bem. (Albert Einstein)

Levantar novas questões, novas possibilidades, considerar velhos
problemas de um novo ângulo, requer imaginação criativa e marca o avanço real na
ciência. (Albert Einstein)

RESUMO

O odor, que em geral é causado por uma mistura de substâncias odoríferas que produzem um efeito sinérgico percebido pelo olfato humano, é muito relevante dentro da poluição atmosférica. A subjetividade e variabilidade na percepção de odor individual aumentam a complexidade da questão. Entretanto, sabe-se que o impacto de um odor resulta de uma combinação de fatores, conhecidos pela sigla FIDOL: Frequência, Intensidade, Duração, Ofensividade e Localização. Estes fatores podem ser quantificados e sujeitos à diretrizes regulatórias. Portanto, uma legislação robusta e completa deve abordar a maioria dos fatores FIDOL, o que já é realizado em países desenvolvidos. A legislação brasileira relacionada a odores é escassa e subjetiva. O objetivo deste trabalho é propor uma estratégia de avaliação de impacto de odor para o Brasil, composta por critérios quantitativos e um protocolo que visa o esclarecimento das partes interessadas (órgãos fiscalizadores, responsáveis por atividades emissoras de odor, consultores e sociedade) quanto ao passo a passo para a avaliação do odor. O trabalho incluiu o levantamento e avaliação da legislação brasileira pertinente, categorizando-a pela abordagem regulatória: Padrão de Máximo Impacto (PMIm), Padrão de Distâncias Mínimas de Separação (PDMS), Padrão de Máxima Emissão (PME), Padrão de Máximo Incômodo (PMIn) e Padrão de Tecnologia de Controle (PTC), e listagem de seus pontos positivos e negativos. Verificou-se que os PTC estão presentes em 79% das legislações estudadas, seguidos do PME (57%). Foi realizado também o levantamento e sistematização de trabalhos técnicos de avaliação do impacto de odores realizados no Brasil, comparando os métodos aplicados, plano de monitoramento, tempo, recursos humanos e outros necessários, e os critérios de avaliação utilizados. Quinze trabalhos foram avaliados, incluindo um ou mais dos seguintes métodos: analíticos, olfatometria estática (OE), olfatometria dinâmica (ODD), olfatometria de campo (OC), modelagem de dispersão de odor (MD), inspeção em campo e questionários. Os métodos mais frequentes foram a ODD, a MD e a OC, presentes em 53%, 40% e 40% dos trabalhos. Os critérios de avaliação de impacto propostos se baseiam nas abordagens de Padrão de Máximo Impacto (PMIm) para MD ($C_t < 8 \text{ ou } \mu\text{g}/\text{m}^3$ (residencial/comercial) ou $< 10 \text{ ou } \mu\text{g}/\text{m}^3$ (outras áreas); P_{98} , $F=1,821$) e para OC ($< 7 \text{ D/T}$); Padrão de Tecnologia de Controle (PTC) (uso de boas práticas e das melhores tecnologias disponíveis) e de Padrão de Distâncias Mínimas de Separação (PDMS) para fontes fugitivas ($> 500\text{m}$ de áreas residenciais). A OC se destaca por ser de custo relativamente baixo, versátil, ágil e por não ter a limitação da ODD de 30h entre amostragem e análise. Espera-se que a adoção de critérios quantitativos claros para a avaliação do impacto relacionado ao odor, e de métodos bem definidos, possibilite prevenir e solucionar conflitos e contribuir para uma convivência harmoniosa.

Palavras-chave: Odor. Fatores FIDOL. Olfatometria de Campo. Modelagem de Dispersão. Critérios de impacto de odores (CIO).

ABSTRACT

Odor, which in general is caused by a mixture of odorous substances that generate a synergic effect perceived by the human sense of olfaction, is very relevant in the context of atmospheric pollution. The subjectivity and variability in individual's odor perception increase the topic's complexity. Nonetheless, an odor's impact is the result of the combination of factors known by FIDOL: Frequency, Intensity, Duration, Offensivity, and Location. These factors can be quantified and subjected to regulation. Therefore, a robust and complete legislation must address the majority of the FIDOL factors, and this is already the case in developed countries. However, the Brazilian legislation related to odors is scarce and subjective. This work's objectives are to propose an odor impact assessment strategy for Brazil comprised by quantitative criteria and a protocol, which aims to elucidate the steps for odor monitoring and assessment for stakeholders (regulators, environmental agencies, those responsible for odor emission activities, consultants and society). The work included review and evaluation of the relevant Brazilian legislation, categorizing it by the regulatory approach: Maximum Impact Standard, Minimum Distance of Separation Standard, Maximum Emission Standard, Maximum Annoyance Standard and Control Technology Standard, and listing its pros and cons. The Control Technology Standard is present in 79% of the studied legislations, followed by the Maximum Emission Standard (57%). The review and systematization of technic and scientific odor impact assessment research studies conducted in Brazil is also included. The methods applied, monitoring plan, time, human resources and other needed resources, as well as the odor impact criteria used, were tabulated and compared. Fifteen studies were evaluated, including one or more of the following methods: analytic analysis, static olfactometry, dynamic olfactometry, field olfactometry, odor dispersion modelling, field inspections and questionnaires. The most frequent methods were dynamic olfactometry, odor dispersion modelling and field olfactometry, present in 53%, 40% e 40% of the studies. Finally, the proposed odor impact criteria are based on the Maximum Impact Standard approach, for dispersion modelling ($C_t < 8 \text{ ouE/m}^3$ (residential/comercial uses) or $< 10 \text{ ouE/m}^3$ (Other areas); P_{98} , $F=1,821$) and for field olfactometry ($< 7 \text{ D/T}$); Control Technology Standard, with the use of best practices and best available control techniques; and the Minimum Distance of Separation Standard for fugitive sources ($> 500\text{m}$ from residential areas). Field olfactometry has the advantages of relatively low cost compared to other methods, versatility, producing prompt results and not having the limitation of 30h between sampling and analysis. The author expects that the adoption of clear and quantitative criteria for evaluating odor impact, as well as defined methods, will enable the prevention and solution of conflicts and aid in a harmonious coexistence between community and odor-emitting sources.

Keywords: Odor. FIDOL Factors. Field Olfactometry. Atmospheric Dispersion modelling. Odor Impact Criteria (OIC).

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – REVISÃO TÉCNICA - TEMAS PRINCIPAIS ABORDADOS E SUAS INTER-RELAÇÕES.....	28
FIGURA 2 – PROCESSO DE PERCEPÇÃO DE ODOR NO SER HUMANO.....	30
FIGURA 3 – DESCRITORES DE CARÁTER DO ODOR - RODA DE ODOR.....	36
FIGURA 4 – OLFATOMETRIA DINÂMICA. (A) SALA DE ANÁLISE COM OLFATÔMETRO DE DILUIÇÃO DINÂMICA "PORTÁTIL" ODOURNET®; (B) JURADOS REALIZANDO A AVALIAÇÃO.....	59
FIGURA 5 – OLFATÔMETRO DE DILUIÇÃO DINÂMICA ODILE 2510 (A) GRUPO DE 6 JURADOS REALIZANDO ANÁLISE; (B) INTERFACE DE APRESENTAÇÃO DA AMOSTRA PARA CADA JURADO.....	59
FIGURA 6 – TIPOS DE AMOSTRAGEM PARA OLFATOMETRIA DINÂMICA. (A) E (B): AMOSTRAGEM EM SUPERFÍCIE SÓLIDA (BIOFILTRO); (C) E (D): AMOSTRAGEM EM SUPERFÍCIE LÍQUIDA COM CÂMARA DE FLUXO FLUTUANTE.	61
FIGURA 7 – OLFATÔMETRO DE CAMPO NASAL <i>RANGER</i> ® (A) VISTA LATERAL; (B) VISTA FRONTAL DO DISCO D/T, MOSTRANDO OS ORIFÍCIOS DE DIFERENTES TAMANHOS QUE PROPORCIONAM DIFERENTES TAXAS DE DILUIÇÃO (D/T).....	67
FIGURA 8 – OLFATÔMETRO PORTÁTIL SCENTROID SM100. (A) COMPONENTES; (B) OLFATÔMETRO EM USO POR JURADA TREINADA.....	68
FIGURA 9 – (A) JURADA UTILIZANDO O OLFATÔMETRO DE CAMPO NASAL <i>RANGER</i> ® E (B) PAINEL DE JURADOS USANDO O NASAL <i>RANGER</i> ®, E TRIPÉ COM MEDIDORES DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.	69
FIGURA 10 – ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DA MODELAGEM DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA USANDO AERMOD.	76
FIGURA 11 – EXEMPLO DE RESULTADO DO MÉTODO DA GRADE (EN 18641-1:2016) EM CONJUNTO COM PLUMA DE MODELAGEM DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA.	83
FIGURA 12 – ESQUEMA ILUSTRATIVO DO MÉTODO DA PLUMA (EM 18641-2:2016).....	84

FIGURA 13 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO DA PLUMA (EM 18641-2:2016).....	85
FIGURA 14 – REVISÃO LEGAL - TEMAS PRINCIPAIS ABORDADOS E SUAS INTER-RELAÇÕES.....	89
FIGURA 15 – PAÍSES CUJAS LEGISLAÇÕES DE ODOR SÃO ABORDADAS NOS ARTIGOS DE BRANCHER <i>ET AL.</i> (2017) E BOKOWA <i>ET AL.</i> (2021).	92
FIGURA 16 – FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA APLICADA A ESTA DISSERTAÇÃO: REVISÃO TÉCNICA, REVISÃO LEGAL E PRODUTOS.....	121
FIGURA 17 – ILUSTRAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS FATORES FIDOL SOBRE O IMPACTO RESULTANTE DO ODOR.	143
FIGURA 18 – MOTIVOS PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE ODOR EM EMPREENDIMENTOS NOVOS, MODIFICAÇÃO E AMPLIAÇÃO E EMPREENDIMENTOS EXISTENTES.	180
FIGURA 19 – FLUXOGRAMA DE AVALIAÇÃO PARA LICENCIAMENTO (LP/LI) DE FONTES DE EMISSÃO DE ODOR NOVAS.	184
FIGURA 20 – FLUXOGRAMA DE AVALIAÇÃO PARA LICENCIAMENTO DE FONTES DE EMISSÃO DE ODOR EXISTENTES (RENOVAÇÃO DE LO) SEM RECLAMAÇÕES DE ODOR.	185
FIGURA 21 – FLUXOGRAMA DE AVALIAÇÃO PARA LICENCIAMENTO DE FONTES DE EMISSÃO DE ODOR EXISTENTES (RENOVAÇÃO DE LO) COM RECLAMAÇÕES DE ODOR.....	187
FIGURA 22 – FLUXOGRAMA PARA INVESTIGAÇÃO DE RECLAMAÇÕES DE ODOR (VALIDAÇÃO DE QUEIXAS).....	188

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – LIMITES DE PERCEPÇÃO OLFATIVA (LPO) DE 51 SUBSTÂNCIAS ODORANTES.	32
QUADRO 2 – EXEMPLOS DE ATIVIDADES E FONTES DE ODOR E RESPECTIVAS CLASSES DE SUBSTÂNCIAS ODORÍFERAS MAIS COMUNS.	39
QUADRO 3 – TIPOS DE USO DO SOLO E RESPECTIVA SENSIBILIDADE ESPERADA DOS RECEPTORES.	47
QUADRO 4 – RELAÇÃO DOSE-EFEITO DO H ₂ S E ALGUNS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO INTERNACIONAIS.	49
QUADRO 5 – COMPARAÇÃO DOS LPOS PARA CERTOS COMPOSTO DE ENXOFRE REDUZIDO COM AS CONCENTRAÇÕES CAPAZES DE AFETAR A SAÚDE E OS LIMITES DE TOLERÂNCIA OCUPACIONAL BRASILEIROS.	50
QUADRO 6 – RELAÇÃO DOSE-EFEITO DE NH ₃ E ALGUNS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO INTERNACIONAIS.	51
QUADRO 7 – DADOS TÉCNICOS DOS PRINCIPAIS OLFATÔMETROS DE CAMPO NO MERCADO.	67
QUADRO 8 – RESUMO DE CRITÉRIOS DE IMPACTO DE ODOR (CIO) EM 28 PAÍSES: PERCENTIS (P), CONCENTRAÇÃO LIMITE DE ODOR (Ct), RAZÃO PICO-MÉDIA (F).	95
QUADRO 9 – COMPETÊNCIAS DOS ENTES FEDERADOS DEFINIDAS NA LC 140/2011 PERTINENTES AO TEMA ODOR.	100
QUADRO 10 – EXEMPLOS DE JURISDIÇÕES QUE APLICAM UMA OU MAIS DAS CINCO ABORDAGENS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE ODOR.	128
QUADRO 11 – RESUMO DOS CRITÉRIOS EXISTENTES NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA, E ABORDAGENS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO CITADAS POR BRANCHER <i>ET AL.</i> (2017) UTILIZADAS (PMIM- PADRÃO MÁXIMO DE IMPACTO; PDMS – PADRÃO DE DISTÂNCIA MÍNIMA DE SEPARAÇÃO; PME – PADRÃO MÁXIMO DE EMISSÃO	137
QUADRO 12 – RESUMO DE DIRETRIZES METODOLÓGICAS ENCONTRADAS NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA, QUE PODEM SER APROVEITADAS	

NA DEFINIÇÃO DE METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE ODOR.	142
QUADRO 13 – RESUMO DOS FATORES FIDOL E FORMAS DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE ODORES.	144
QUADRO 14 – METODOLOGIAS UTILIZADAS EM CADA TRABALHO CIENTÍFICO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE ODOR, TOTAIS E PERCENTUAIS.....	150
QUADRO 15 – RESUMO DE APLICAÇÕES, E EXEMPLOS DE VANTAGENS, DESVANTAGENS E LIMITAÇÕES DE CADA MÉTODO DE MONITORAMENTO E/OU AVALIAÇÃO DE ODOR.	155
QUADRO 16 – DOCUMENTOS LEGAIS VIGENTES NOS EUA E RECOMENDAÇÕES QUANTO À VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO OU VIOLAÇÃO DO CRITÉRIO DE IMPACTO DE ODOR.	163
QUADRO 17 – CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE ODOR NO AR AMBIENTE (IMISSÃO) PARA OLFATOMETRIA DE CAMPO, SUGERIDOS PARA APLICAÇÃO NO BRASIL.	165
QUADRO 18 – COMPARAÇÃO DOS PLANOS DE MONITORAMENTO DE OLFATOMETRIA DE CAMPO DOS TRABALHOS REALIZADOS NO BRASIL.	169
QUADRO 19 – SUGESTÃO DE REQUISITOS MÍNIMOS PARA PLANOS DE MONITORAMENTO DE OLFATOMETRIA DE CAMPO, PARA APLICAÇÃO NO BRASIL.	169
QUADRO 20 – CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE ODOR NO AR AMBIENTE (IMISSÃO) PARA MODELAGEM DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA USADOS NOS ESTUDOS REALIZADOS NO BRASIL.	172
QUADRO 21 – CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE ODOR NO AR AMBIENTE (IMISSÃO) PARA MODELAGEM DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA USADOS EM 24 PAÍSES.....	173
QUADRO 22 – CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE ODOR NO AR AMBIENTE (IMISSÃO) PARA MODELAGEM DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA, SUGERIDOS PARA APLICAÇÃO NO BRASIL.	177
QUADRO 23 – RESUMO DOS CRITÉRIOS LEGAIS PARA AVALIAÇÃO DO ODOR AMBIENTAL DESENVOLVIDOS PARA APLICAÇÃO NO BRASIL.	181

QUADRO 24 – RESUMO DOS CRITÉRIOS EXISTENTES NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA, E QUAIS ABORDAGENS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO CITADAS POR BRANCHER <i>ET AL.</i> (2017) SÃO UTILIZADAS (PMIM- PADRÃO MÁXIMO DE IMPACTO; PDMS – PADRÃO DE DISTÂNCIA MÍNIMA DE SEPARAÇÃO; PME – PADRÃO MÁXIMO	223
QUADRO 25 – RESUMO DOS TRABALHOS CIENTÍFICOS ANALISADOS, OBJETIVOS, METODOLOGIAS ADOTADAS, RECURSOS E TEMPO NECESSÁRIOS, E QUAIS ABORDAGENS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO CITADAS POR BRANCHER <i>ET AL.</i> (2017) SÃO UTILIZADAS (PMIM- PADRÃO MÁXIMO DE IMPACTO; PDMS – PADRÃO DE	230

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CLASSES DE INTENSIDADE DE ODOR SEGUNDO A NORMA VDI 3882-1.....	35
TABELA 2 – RESULTADOS OBTIDOS DE RELAÇÃO ENTRE A CONCENTRAÇÃO DE H ₂ S (ppb) E OS VALORES D/T MEDIDOS COM OLFATÔMETRO DE CAMPO EM CÂMARA DE TESTE.....	65
TABELA 3 – NR15 - ANEXO 11 - QUADRO N.º 1 TABELA DE LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL	105
TABELA 4 – PADRÕES DE EMISSÃO DE SUBSTÂNCIAS ODORÍFERAS EM UBERLÂNDIA.	118
TABELA 5 – RESUMO DE QUANTIDADE DE LEGISLAÇÕES QUE ADOTAM CADA ABORDAGEM DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO.	139
TABELA 6 – QUANTIDADE DE TRABALHOS CIENTÍFICOS QUE CITAM CRITÉRIOS DE IMPACTO CLASSIFICADOS EM CADA ABORDAGEM DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO.	149
TABELA 7 – LIMITES DE ODOR NO AR AMBIENTE UTILIZANDO O SCENTOMETER – EUA.	162
TABELA 8 – CRITÉRIOS DE IMPACTO DE ODOR RECOMENDADOS POR VIEIRA (2017).....	170

LISTA DE SIGLAS

AEGL	- <i>Acute Exposure Guideline Levels</i>
AMS	- <i>American Meteorological Society</i>
APA	- Área de Proteção Ambiental
Art.	- Artigo
ASTM	- Sociedade Americana para Testes de Materiais
BAT	- <i>Best Available Techniques</i>
CEN	- Comunidade Europeia
CETESB	- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CF	- Constituição Federal
CIO	- Critérios de Impacto de Odor
CO	- Monóxido de Carbono
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	- Conselho Estadual do Meio Ambiente
COPAM	- Conselho Estadual de Política Ambiental
COV	- Compostos Orgânicos Voláteis
Ct	- Concentração limite de odor
D/T	- <i>Dilution-to-Threshold</i> (taxa de diluição)
DD	- Decisão de Diretoria
DN	- Deliberação Normativa
EDA	- Estudos de Dispersão Atmosférica
EIA/RIMA	- Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental
EN	- Norma Europeia
ERT	- Enxofre Reduzido Total
ETE	- Estação de Tratamento de Efluentes
EU	- União Europeia
EUA	- Estados Unidos da América
F	- Fator pico-média (<i>Peak-to-mean ratio</i>)
FATMA	- Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina
FEP	- Tetrafluoroetileno hexafluoropropileno copolímero
FID	- <i>Flame Ionization Detector</i> - Detector de Ionização de Chama

FIDOL	- Denominação dada ao conjunto de fatores que afetam o impacto odorante: Frequência, intensidade, Duração, Ofensividade, Localização
GCMS	- <i>Gas Chromatography with Mass Spectrometry</i> - Cromatografia gasosa com espectrometria de massas
GNC	- Gases não condensáveis
GNCC	- Gases Não Condensáveis Concentrados
GNCD	- Gases Não Condensáveis Concentrados
GOAA	- Guideline on Odour in Ambient Air
H ₂ S	- Sulfeto de Hidrogênio
IAP	- Instituto Ambiental do Paraná
IAQM	- <i>Institute of Air Quality Management</i>
IAT	- Instituto Água e Terra
IBAMA	- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
IFPE	- Instituto Federal do Pernambuco
IMA	- Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina
INMETRO	- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPT	- Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo
LC	- Lei Complementar
LCQAr	- Laboratório de Controle da Qualidade do Ar
LI	- Licença de Instalação
LME	- Limite Máximo de Emissão
LO	- Licença de Operação
LP	- Licença Prévia
LPO	- Limite de Percepção de Odor
MD	- Modelagem de Dispersão Atmosférica
MP ₁₀	- Material Particulado inferior a 10 µm
MP _{2,5}	- Material Particulado inferior a 2,5 µm
MTPD	- Melhor Tecnologia Prática Disponível
NAAQS	- <i>National Ambient Air Quality Standards</i>
NH ₃	- Amônia
NO ₂	- Dióxido de Nitrogênio

NR	- Norma Regulamentadora
O ₃	- Ozônio
OC	- Olfatometria de Campo
ODD	- Olfatometria de Diluição Dinâmica
OE	- Olfatometria Estática
OER	- <i>Odour Emission Rate</i>
OIC	- <i>Odor Impact Criteria</i>
OMS	- Organização Mundial da Saúde
P	- Percentil
PDMS	- Padrão de distâncias mínimas de separação
PET	- Polietilenoetereftalato
PFTE	- Politetrafluoretileno
PID	- <i>Photoionization Detector</i> - Detector de Fotoionização
PME	- Padrão Máximo de Emissão
PMIm	- Padrão Máximo de Impacto
PMIn	- Padrão Máximo de Incômodo
PNMA	- Política Nacional do Meio Ambiente
ppb	- Partes por bilhão
ppm	- Partes por milhão
PRONAR	- Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar
PTAs	- Poluentes Tóxicos do Ar
PTS	- Partículas Totais em Suspensão
PUC	- Pontifícia Universidade Católica
RBC	- Rede Brasileira de Calibração
RSC	- <i>Reduced Sulphur Compounds</i>
SANEPAR	- Companhia de Saneamento do Paraná
SO ₂	- Dióxido de Enxofre
TEO	- Taxa de Emissão de Odor
TRS	- Total Reduced Sulphur (Enxofre Reduzido Total)
UFRO	- Universidade Federal de Rondônia
UFSC	- Universidade Federal de Santa Catarina
UNIOESTE	- Universidade Estadual do Centro-Oeste
UO	- Unidade de Odor

US EPA	- <i>United States Environmental Protection Agency</i> , Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
USP	- Universidade de São Paulo
VDI	- Associação Alemã de Engenharia
WHO	- <i>World Health Organization</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	24
1.1 OBJETIVOS	27
1.1.1 Objetivo Geral	27
1.1.2 Objetivos específicos.....	27
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	28
2.1 REVISÃO TÉCNICA.....	28
2.1.1 Introdução ao odor e substâncias odoríferas	29
2.1.1.1 Percepção olfativa	29
2.1.1.2 Características dos odores	34
2.1.2 Atividades e fontes de emissão de odor mais comuns	38
2.1.3 Fatores FIDOL/FIDOR.....	40
2.1.3.1 Frequência	40
2.1.3.2 Intensidade.....	42
2.1.3.3 Duração.....	43
2.1.3.4 Ofensividade/Hedonicidade.....	45
2.1.3.5 Localização	45
2.1.4 Efeitos de substâncias odoríferas na saúde versus incômodo	48
2.1.5 Técnicas de medição e monitoramento de odor.....	53
2.1.5.1 Olfatometria de Diluição Dinâmica (ODD)	55
2.1.5.2 Requisitos para painéis de jurados da ODD (EN13725:2003)	62
2.1.5.3 Olfatometria de campo	63
2.1.5.4 Teste de sensibilidade e treinamento de jurados para olfatometria de campo	70
2.1.5.1 Calibração e manutenção de olfatômetros de campo	72
2.1.5.2 Limitações da olfatometria de campo e possíveis soluções	73
2.1.6 Técnicas de avaliação do impacto relacionado ao odor	74
2.1.6.1 Modelagem de dispersão atmosférica com AERMOD/CALPUFF	75
2.1.6.2 Inspeções em campo – EN16841-1:2016 (método da grade) e EN 16841-2 (método da pluma)	81
2.2 REVISÃO LEGAL.....	89
2.2.1 Legislação Internacional Relacionada a Odor	91
2.2.2 Legislação Nacional – Nível Federal	96

2.2.2.1 Constituição Federal.....	96
2.2.2.2 Lei nº 9605/1998 - Lei de Crimes Ambientais.....	98
2.2.2.3 Lei Complementar nº 140/2011 – Cooperação entre entes federados	99
2.2.2.4 Lei nº 6938/1981 – Política Nacional do Meio Ambiente	101
2.2.2.5 Decretos nº 6.514/2008 e nº 6.686/2008 - Infrações e sanções administrativas ao meio ambiente.....	101
2.2.2.6 Resolução CONAMA nº 419/2018 – Padrões de Qualidade do Ar	102
2.2.2.7 Resoluções CONAMA nº 382/2006 e 436/2011 – Padrões de emissão.....	104
2.2.2.8 Norma Regulamentadora 15 (NR-15).....	104
2.2.3 Legislação Nacional - Nível Estadual	106
2.2.3.1 São Paulo.....	106
2.2.3.1 Goiás	108
2.2.3.2 Santa Catarina	109
2.2.3.1 Minas Gerais	111
2.2.3.1 Rondônia	112
2.2.3.2 Paraná.....	113
2.2.3.3 Bahia	116
2.2.4 Legislação Nacional – Nível Municipal	117
2.2.4.1 Uberlândia (MG).....	117
2.2.4.2 Manaus (AM).....	119
3 METODOLOGIA	120
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	124
4.1 RESUMO E ANÁLISE CRÍTICA DA REVISÃO LEGAL	124
4.1.1 Avaliação das Abordagens Regulatórias Relativas ao Odor.....	124
4.1.2 Avaliação da Legislação Nacional	131
4.1.2.1 Avaliação da Legislação – Nível Federal.....	132
4.1.2.2 Avaliação da Legislação – Nível estadual e Municipal	134
4.1.2.3 Classificação da legislação brasileira relacionada a odor (pontos positivos e negativos).....	136
4.2 RESUMO DA REVISÃO TÉCNICA: FATORES FIDOL E MÉTODOS	143
4.3 ANÁLISE DE ESTUDOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE ODORES REALIZADOS NO BRASIL.....	148
4.4 COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO	154

4.5 ABORDAGENS PARA DESENVOLVER CRITÉRIOS DE IMPACTO DE ODOR (CIO) E JUSTIFICATIVAS PARA A ADOÇÃO DE PERCENTIS E TEMPO DE MÉDIA	159
4.6 PROPOSTA DE CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DO INCÔMODO PARA APLICAÇÃO NACIONAL	160
4.6.1 Olfatometria de Campo (OC).....	161
4.6.1.1 Programa de monitoramento.....	165
4.6.2 Modelagem de Dispersão Atmosférica (MD)	170
4.6.3 Critérios de MTPD e Distâncias Mínimas de Núcleos Populacionais	178
4.7 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO	179
5 CONCLUSÕES	191
6 RECOMENDAÇÕES.....	195
REFERÊNCIAS.....	197
APÊNDICE A – QUADRO RESUMO DE AVALIAÇÃO DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA	222
APÊNDICE B – QUADRO RESUMO DOS TRABALHOS CIENTÍFICOS BRASILEIROS ANALISADOS	229

1 INTRODUÇÃO

Dentre os diferentes tipos de poluição ambiental, o odor pode ser considerado muito relevante dentro do leque da poluição atmosférica. Ele em geral é causado por uma mistura de diversas substâncias odoríferas, as quais interagem entre si produzindo um efeito sinérgico ao ser percebido pelo olfato humano. Segundo Nicell (2009) e Laor *et al.* (2014), o odor pode ser capaz de causar incômodo aos receptores (vizinhos de fontes emissoras). A quantidade de reclamações que chegam aos órgãos ambientais na Europa, América do Norte e mesmo América do Sul relacionadas ao mau odor tem crescido, chamando a atenção para a importância do tema (LEONARDOS *et al.*, 1995; NICELL, 2009; MALHEIROS *et al.*, 2018; CONTI *et al.*, 2020).

Outro fator que aumenta a complexidade técnica da questão do odor é a subjetividade e variabilidade na percepção de odor de pessoa para pessoa, visto que a reação a este estímulo está correlacionada com a memória individual (MILHAU; HAMELIN; TATRY, 1994 apud VIEIRA, 2013). Grupos especiais como idosos e crianças são mais sensíveis do que a população em geral, porém no desenvolvimento de critérios de impacto de odor (CIO), o objetivo é avaliar o impacto não na escala do indivíduo, e sim na escala da comunidade (BRANCHER *et al.*, 2017). Existem métodos e tecnologias já desenvolvidos, e outros em desenvolvimento, que podem ser aplicadas para dar mais objetividade e permitir avaliações quantitativas deste tipo de poluição e seu impacto sobre o meio ambiente e a comunidade (MCGINLEY, 2002).

Ao contrário dos poluentes atmosféricos clássicos, regulados por padrões de qualidade do ar (por exemplo, Resolução CONAMA 491/2018) e por padrões de emissão nas fontes (Resolução CONAMA 382/2006 e 436/2011; Resolução SEMA 016/2014 no Paraná), quanto ao odor a legislação nacional é escassa, vaga e subjetiva, o que dificulta o tratamento e solução do problema.

Esta lacuna na legislação ambiental no que tange ao odor prejudica a fiscalização e a atuação dos órgãos ambientais, visto que não há parâmetros claros nos quais se basear para mediar conflitos entre população e atividades emissoras de odor (VIEIRA, 2013; MALHEIROS *et al.*, 2018). Por sua vez, a ausência de critérios claros dificulta a inclusão de medidas de controle de odor na concepção e projeto de empreendimentos novos, bem como a execução de programas de monitoramento

visando a melhoria contínua e redução de impacto ao entorno (NICELL, 2009; VIEIRA, 2013).

Por este motivo, está se tornando comum o surgimento de conflitos entre os empreendimentos emissores de odor (por exemplo, estações de tratamento de esgoto, indústrias de papel e celulose, abatedouros, indústrias de processamento de subprodutos animais, aterros sanitários, dentre outros) e as comunidades que os cercam. Muitas vezes, ações de fiscalização do órgão ambiental no que diz respeito a odor somente ocorrem quando há um número relevante de reclamações formais de pessoas incomodadas junto a este órgão. Nesta fase, a resolução do conflito costuma ser difícil, demorada e se baseia em remediação de um impacto que já está instalado. Muitas vezes, quando se procura um especialista para realizar uma avaliação técnica e propor soluções, a questão já é objeto de ação pelo Ministério Público ou outras esferas superiores, o que leva a maiores custos e prazos de resposta, bem como a decisões que variam caso a caso (MALHEIROS et al, 2018).

Ao adotar-se critérios quantitativos claros, bem como métodos de avaliação bem definidos para o impacto relacionado ao odor, é possível prevenir muitos destes conflitos e auxiliar todas as partes interessadas (empreendedores, comunidade, órgãos ambientais fiscalizadores, consultores) em atingir uma convivência mais harmoniosa (NICELL, 2009; VIEIRA, 2013).

O impacto de um odor resulta de uma combinação de fatores que interagem entre si, conhecidos pela sigla FIDOL (VIEIRA, 2013; BRANCHER et al, 2017): F - Frequência de ocorrência; I - Intensidade (concentração do odor); D - Duração de cada episódio; O – Ofensividade; L – Localização da fonte e do receptor.

Estes fatores podem ser quantificados e sujeitos à diretrizes regulatórias (EPSTEIN; FREEMAN, 2004). Desta forma, uma legislação robusta e completa deveria abordar, se não todos, pelo menos a maioria dos fatores FIDOL. Países europeus apresentam um histórico mais antigo de legislações detalhadas sobre o assunto, abordando vários destes fatores (BRANCHER et al, 2017).

Na América do Sul, Chile e Colômbia se destacam por estarem desenvolvendo suas legislações neste tema (BRANCHER et al, 2016; BOKOWA, 2021). Por outro lado, a ausência de legislação clara ou critérios objetivos de avaliação prejudica a análise do impacto do odor sobre a população. Este é o caso do Brasil, no

qual a legislação nacional de qualidade do ar nem mesmo menciona o tema de odores ou substâncias odoríferas.

A legislação de alguns estados é vaga e subjetiva, como é o caso do Decreto do Estado de São Paulo nº 8.648/1976, cujo artigo 33 proíbe a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora. Esta constatação pode ser efetuada por técnicos credenciados da CETESB (SÃO PAULO, 1976). O item 2 do parágrafo único do artigo 33 estabelecia a possibilidade de avaliar o atendimento por meio da comparação com Limites de Percepção Olfativos (LPO) de algumas substâncias odoríferas. Entretanto, nenhum método de amostragem ou análise é estabelecido (MALHEIROS et al, 2018). Além disto, alguns anos depois esta parte da legislação foi revogada pelo Decreto nº 15.425/1980 (SÃO PAULO, 1980).

No caso do Estado do Paraná, a Resolução SEMA nº 016/2014, em seu artigo 12, estabelece que as atividades geradoras de substâncias odoríferas devem seguir boas práticas de minimização de odores, e ser implantadas a uma distância suficiente para evitar o incômodo aos núcleos populacionais. Caso estas ações não sejam suficientes, pode ser exigida a implantação de medidas de controle adicionais e, caso a pluma atinja áreas residenciais, o monitoramento da extensão da pluma de odor (PARANÁ, 2014). Cabe explicar aqui que o termo “pluma” é usado comumente para descrever a fumaça ou vapor que sai de uma chaminé ou de outros tipos de fontes de emissão. “Pluma de odor” trata-se da porção de fluido (ar) que carrega o odor e se move dentro da atmosfera. O comportamento da pluma é descrito ou modelado de acordo com as equações de dispersão atmosférica (STULL, 2011).

Ou seja, esta legislação faz menção ao monitoramento de odor no entorno de empreendimentos como uma ferramenta de gestão e controle, apesar de não estipular um método para sua avaliação, nem estabelecer de forma quantitativa quais os níveis de odor aceitáveis. Portanto, a aplicação e fiscalização desta diretriz legal se tornam limitadas pela ausência destas definições (MALHEIROS et al, 2018).

Devido à elevada complexidade técnica do tema e à diversidade de fontes com potencial de emissão de odores, os órgãos ambientais estaduais e municipais têm dificuldade de efetivamente fiscalizar, avaliar e aplicar ferramentas para apoiar a tomada de decisão no processo de licenciamento ambiental em todas as suas fases. Iniciativas tem sido tomadas para fazer avançar esta questão, entretanto, ainda não

houve efetivação de medidas (PARANÁ, 2014; PREFEITURA DE TOLEDO, 2015; MALHEIROS, 2018; GRAUER, 2021).

Desta forma, é necessário o aprofundamento técnico sobre métodos de monitoramento, de avaliação de impacto e de critérios para tomada de decisão nesta temática, e este trabalho visa ajudar a preencher esta lacuna. Os produtos deste trabalho visam o esclarecimento das partes interessadas (órgãos fiscalizadores, responsáveis por atividades emissoras de odor, consultores e sociedade) quanto às alternativas para monitoramento, avaliação e controle do odor, bem como a proposta de critérios claros e objetivos para a avaliação do impacto do odor.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Propor uma estratégia de avaliação de impacto de odor para o Brasil, composta por critérios quantitativos e um protocolo com o passo a passo para a avaliação do odor.

1.1.2 Objetivos específicos

- a. Realizar levantamento e análise de metodologias técnicas de monitoramento e avaliação de impacto de odor;
- b. Analisar a legislação internacional e legislação brasileira (federal, estadual e municipal), relacionada ao tema de odor ambiental;
- c. Avaliar estudos de diagnóstico e avaliação de odores produzidos no Brasil, com destaque às ferramentas e critérios utilizados;
- d. Propor critérios de avaliação do impacto do odor, adaptados à realidade brasileira;
- e. Propor um protocolo de avaliação, indicando as etapas a serem seguidas para avaliação e monitoramento do odor.

2.1.1 Introdução ao odor e substâncias odoríferas

O odor é um tipo de poluição atmosférica mais complexo do que os poluentes convencionais mundialmente regulados e citados, por exemplo, na Resolução CONAMA 491/2018.

Os odores são definidos por Gottfried (2010) como “sensação olfativa percebida que emana de um odorante ou mistura de odorantes”, sendo “odorante” definido como um estímulo químico capaz de evocar uma sensação olfativa. A maioria dos odorantes são moléculas orgânicas de baixa massa molecular que acessam o sistema olfativo por via aérea (GOTTFRIED, 2010), entretanto há também moléculas não orgânicas que causam estímulos ao sistema olfativo humano (POULIOT, 2001), como o sulfeto de hidrogênio (H_2S) e amônia (NH_3).

2.1.1.1 Percepção olfativa

Com base nas definições de odor e odorante, o odor deve ser entendido como uma percepção mental e não uma propriedade fundamental de uma molécula (GUIMARÃES, 2020), tendo em vista que as características individuais influenciam na percepção. Ou seja, o mesmo odorante apresentado a indivíduos diferentes pode causar estímulos e reações distintas.

Todo odor, seja ele de uma única substância (monomolecular) ou uma mistura complexa, ativa uma resposta específica na área olfativa primária do cérebro. O número e identidade das células ativadas depende não somente do número de diferentes substâncias químicas, mas também da concentração do odor e do potencial dos odorantes em ativar os receptores (VID, 1986; SZYSZKA; STIERLE, 2014). Os receptores presentes em ambas as cavidades nasais do ser humano são 10 a 25 milhões de células olfativas, que compõe o epitélio olfativo (MCGINLEY; MCGINLEY, 2002).

Fragrâncias familiares como café moído ou grama cortada consistem em geral de centenas de diferentes de substâncias voláteis. O ser humano, bem como outros animais, percebe estas misturas como uma fragrância unitária, ao invés da combinação de múltiplos odorantes. O sistema olfativo processa misturas odoríferas como objetos que possuem significado e trazem informações relevantes para o

indivíduo, o que gera fortes relações com a memória (GOTTFRIED, 2010; SZYSZKA; STIERLE, 2014). A percepção é a reflexão da informação recebida, que permite o reconhecimento de um objeto e também de seu odor característico (VDI, 1986).

Portanto, pode-se resumir de forma simplificada o processo de percepção de odor conforme a FIGURA 2: há uma primeira etapa fisiológica (interação entre o odorante e as células de receptores olfativos), o que requer que o odorante seja suficientemente volátil e solúvel em água para atingir as células da mucosa nasal. Em seguida, ocorre a etapa de interpretação psicológica do estímulo, considerando as memórias do indivíduo, o que finalmente gera a impressão do odor percebido (MCGINLEY; MCGINLEY, 2002; DIN, 2003; VIEIRA, 2013; MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016).

FIGURA 2 – PROCESSO DE PERCEPÇÃO DE ODOR NO SER HUMANO.



Fonte: Adaptado de DIN (2003) e VIEIRA (2013).

Tendo em vista que a percepção olfativa é um fenômeno tanto fisiológico como psicológico, deve-se levar em conta que esta percepção varia tanto entre indivíduos (devido à diferenças de sensibilidade olfativa, educação e fatores psicológicos específicos), quanto no mesmo indivíduo ao longo do tempo (fenômenos conhecidos como habituação e adaptação), ou mesmo de acordo com a condição física (estado de fome ou saciedade), estado de saúde (presença de doenças do sistema respiratório como rinite, etc.) e a memória da pessoa (VDI, 1986; MILHAU; HAMELIN; TATRY, 1994, apud VIEIRA, 2013).

Ainda que a percepção olfativa seja subjetiva e influenciada por uma série de fatores, através da correta seleção de assessores (também chamados de painelistas ou jurados), do seu treinamento adequado e do uso de métodos padronizados, os membros de um júri olfatométrico podem fornecer respostas objetivas (MCGINLEY; MCGINLEY, 2000; DIN, 2003; CEN, 2022). A fim de contornar a subjetividade individual, a análise de odor por olfatometria dinâmica requer o uso de um grupo de

jurados, e quanto à seleção dos jurados, a norma europeia EN 13725:2022 apresenta alguns requisitos, como número mínimo de 4 indivíduos, com capacidade olfativa normal e idade de pelo menos 16 anos, em boas condições de saúde (CEN, 2022).

Um conceito importante relacionado à percepção olfativa é o Limite de Percepção Olfativa (LPO), um valor determinado experimentalmente que descreve a concentração de uma substância odorífera, a partir da qual é possível para o olfato humano percebê-la (VIEIRA, 2013).

Em relação ao odor, bem como ao paladar, normalmente é possível distinguir um limite de sensação (comumente chamado de limite de percepção – *perception threshold*, em inglês - ou limite absoluto) e o limite de reconhecimento ou de caracterização olfativa (*recognition threshold*) (DE MELO LISBOA, 2010). Ambas as características são específicas para cada odorante e jurado avaliador. Devido à necessidade de maior quantidade de moléculas odorantes nos receptores olfativos para produzir um estímulo que leve ao reconhecimento do odor, o limite de reconhecimento é mais alto do que o limite de percepção (VDI, 1986; DIN, 2003; MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016).

Segundo a norma alemã VDI 3881 parte 1, pioneira neste tema, a definição de Limite de Percepção Olfativa - LPO (*Odor Threshold*) é a concentração de substâncias odoríferas em um nível que gera uma impressão olfativa em 50% da população definida (por exemplo, no grupo de jurados que compõe o painel). Por definição, a concentração odorante no limite é 1 ouE/m³ (VDI, 1986). Esta mesma definição é adotada pela norma EN 13725:2003 (DIN, 2003), que revogou a VDI 3881-1, 2 e 3, atualmente na versão 2022 (CEN, 2022).

A norma alemã VDI 3881 parte 2 define o método de amostragem para determinação do Limite de percepção olfativa (VDI, 1987). Outras normas que também apresentam metodologias para determinação da concentração de odor e também do LPO são citadas por MUNIZ (2007): ASTM E679 (EUA); NVN 2820 (Holanda), A&WMA- EE-6 (EUA), EN 13725 (Comunidade Europeia).

Quanto à determinação dos LPOs, deve-se frisar que existe muita incerteza na sua definição e a variabilidade dos resultados encontrados por diferentes autores pode chegar a várias ordens de magnitude (WU et al, 2017; CAPELLI et al, 2008, RINCÓN et al, 2019). Esta divergência no LPO pode ser causada por uma série de fatores, como diferenças nos requisitos de seleção dos jurados, na forma de

apresentação das diluições ao painel, e mesmo no cálculo da estatística que origina o LPO (WU et al, 2017; RINCÓN et al, 2019).

O

QUADRO 1 apresenta um resumo das categorias e dos LPOs de 51 substâncias odoríferas medidas por Wu *et al.* (2017), a comparação com valores de referência de Nagata (2003), bem como a razão entre os resultados de ambos os autores, Conforme já mencionado, as diferenças entre resultados, expressa pela razão mostrada na última coluna, atingem até 3 ordens de magnitude.

QUADRO 1 – LIMITES DE PERCEPÇÃO OLFATIVA (LPO) DE 51 SUBSTÂNCIAS ODORANTES.

Categoria	Composto	LPO medido ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Wu et al, 2017)	LPO de referência ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Nagata, 2003)	Razão LPO medido/referência
Aromáticos	Benzeno	8624	8595	1,0
	Tolueno	3365	1239	2,7
	Etilbenzeno	250	735	0,3
	o-xileno	3284	2482	1,3
	m-xileno	1610	268	6,0
	Estireno	110	149	0,7
	Fenil propano	970	18,6	52,2
	o-etiltolueno	1666	363	4,6
Compostos oxigenados	1,3,5- Trimetilbenzeno	2890	834	3,5
	Etanol	3662	976	3,8
	Álcool n-butílico	283	115	2,5
	Pentanol	864	359	2,4
	Fenol	21	21,5	1,0
	Pentanal	20,5	1,44	14,2
	Hexanal	12,4	1,14	10,9
	Heptanal	26	0,838	31,0
	Octanal	6	0,0522	114,9
	Nonanal	10,9	1,97	5,5
	Decanal	9,17	2,55	3,6
	Dodecanal	16,1	NE	-
	Benzaldeído	1692	NE	-
	Acetona	48136	99428	0,50
	Ácido Acético	884	14,7	60,1
	Ácido Benzoico	2,08	NE	-
	Acetato de etila	2680	3124	0,9
	Acetato de butila	1337	75,8	17,6
Compostos de enxofre reduzido	Sulfeto de hidrogênio	0,419	0,569	0,7
	Dimetil sulfeto	0,28	7,59	0,04
	Dietil sulfeto	7,02	0,121	58,0
	Dimetil disulfeto	7,85	8,44	0,9
	Disulfeto de carbono	3551	651	5,5
Compostos nitrogenados	Amônia	365	1040	0,4
	Trimetilamina	1,67	0,0771	21,7
Compostos halogenados	Benzonitrila	1243	NE	-
	Clorofórmio	17624	18457	1,0

Categoria	Composto	LPO medido ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Wu et al, 2017)	LPO de referência ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Nagata, 2003)	Razão LPO medido/referência
	Tetracloretileno	28417	5217	5,4
	Tricloropropano	6771	NE	-
	Clorobenzeno	6083	NE	-
	o-diclorobenzeno	3419	NE	-
	2,4-Diclorofenol	2,45	NE	-
	2-Bromooctano	1689	NE	-
	1- Clorohexadecano	1872	NE	-
Terpenos	a-Pineno	4182	99,9	41,3
	Limoneno	255	211	1,2
	Cimeno	1839	NE	-
Alcenos	3-Ethil hexano	104700	5265	19,9
	Octano	485900	7910	61,4
	Nonano	36940	11494	3,2
	Decano	27450	3593	7,6
	Undecano	16940	5540	3,1
	Tetradecano	10450	NE	-

Notas: NE – Não encontrado no trabalho de Nagata (2003).

Fonte: Adaptado de WU *et al.* (2017).

Cabe mencionar que na maioria dos casos a sensação odorante percebida pelo olfato humano é resultado de uma mistura complexa de diversas substâncias odorantes (GOTTFRIED, 2010). Tendo em vista as interações entre elas e os receptores do sistema olfativo, o resultado percebido a partir de uma mistura é diferente do resultado que seria obtido se cada substância odorífera fosse percebida individualmente, pois em geral ocorrem um ou mais dos seguintes efeitos: adição, neutralização, efeito mascarante, ou efeito sinérgico (MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016).

É importante destacar que, sabendo que o odor é uma percepção humana, é muito difícil efetivamente mensurar o odor usando técnicas analíticas ou instrumentais, como as que são usadas para poluentes atmosféricos convencionais, ou para ruído, por exemplo. No presente, a avaliação pelo olfato humano é o método mais confiável para determinar o impacto de um odor, seja em campo, seja em laboratório por meio de painel (DE MELO LISBOA, 2010; CAPELLI *et al.*, 2013; MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016).

2.1.1.2 Características dos odores

Segundo McGinley e McGinley (2002), os odores possuem os seguintes atributos ou parâmetros mensuráveis:

Concentração (ligada aos limites de percepção);

Intensidade (ligado a uma escala de referência com odorante padrão);

Persistência (permanência mesmo quando diluído);

Caráter (ligado a descritores padronizados); e

Tom hedônico ou hedonicidade (medida subjetiva da agradabilidade ou desagradabilidade).

Segundo estes autores, cada um destes parâmetros possui certos limites de acurácia ou precisão, que devem ser corretamente entendidos para embasar a tomada de decisão.

A concentração já foi abordada no

QUADRO 1. E esta grandeza é relacionada à intensidade de odor, ou seja, a força do odor (“*odor strength*”), determinada por comparação com odorante de referência (em geral, n-butanol) (VDI, 1986; CEN, 2003; VIEIRA, 2013). A intensidade percebida de um odor cresce com o aumento da concentração odorante e, conseqüentemente, com o grau de incômodo. No entanto, essa relação não é linear (MCGINLEY; MAHIN; POPE, 2000 apud VIEIRA, 2013).

A relação entre concentração e intensidade do odor pode ser descrita por meio da lei de Weber-Fechner como uma função logarítmica (equação 1), ou da Lei de Stevens, como uma relação de potência (equação 2) (VDI, 1986; VIEIRA, 2013):

Lei de Weber-Fechner	$I = a \log C + b$	(1)
----------------------	--------------------	-----

Lei de Stevens	$I = kC^n$	(2)
----------------	------------	-----

Onde:

I = intensidade;

C = concentração odorante;

a, b, k, n = coeficientes constantes.

A escolha de qual destas leis deve ser usada depende da representação da intensidade do odor. Caso seja usada uma escala de categorias subjetiva, a lei de Weber-Fechner é mais apropriada. Por sua vez, quando escalas de magnitude ou de

referência são usadas, a lei de Stevens fornece um melhor ajuste (GOSTELOW; PARSONS; 2001).

A metodologia para avaliar a variação da intensidade odorante em função da concentração, através de olfatometria dinâmica, é dada pela norma alemã VDI 3882 - Parte 1 (VDI, 1992). Essa norma propõe uma escala de categorias de 6 pontos, na qual 0 corresponde a um odor imperceptível e 6 corresponde a um odor extremamente forte, conforme expresso na TABELA 1. Outras normas que definem intensidade de odor incluem a norma americana ASTM E544-10 (ASTM, 2010), e a norma francesa AFNOR X 43-103 (AFNOR, 1993).

TABELA 1 – CLASSES DE INTENSIDADE DE ODOR SEGUNDO A NORMA VDI 3882-1.

Odor	Nível de intensidade
Extremamente forte	6
Muito forte	5
Forte	4
Distinto	3
Fraco	2
Muito fraco	1
Não perceptível	0

Fonte: VDI 3882 – Parte 1 (VDI, 1992).

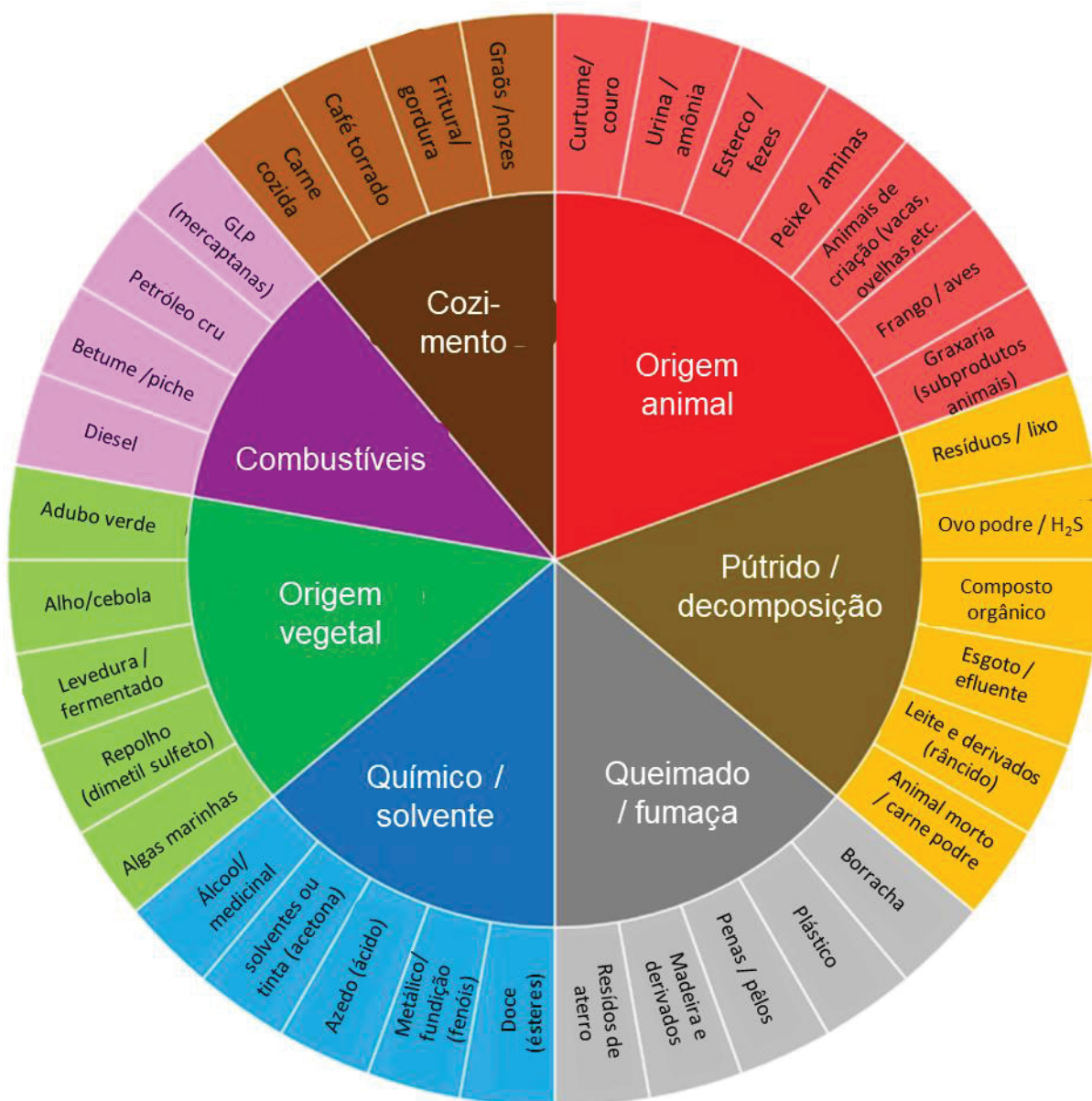
Por sua vez, a persistência é o termo usado para descrever a taxa na qual a intensidade percebida de um odor diminui com a diluição do mesmo na atmosfera. De acordo com a Lei de Stevens (equação (2)), a taxa de variação da intensidade do odor com base na concentração é diferente para diferentes odores e é representada pelo parâmetro “k” (MCGINLEY; MCGINLEY, 2002).

Desta forma, a persistência de um odor pode ser representada como uma função dose-resposta, determinada por medições de intensidade do odor em diferentes diluições. Ao plotar este resultado em escala log-log, o resultado é uma equação linear específica para cada amostra odorífera. A inclinação da reta representa a persistência (MCGINLEY; MCGINLEY, 2002).

A quarta característica básica dos odores é seu caráter ou qualidade odorante. A fim de padronizar a avaliação, este caráter é avaliado pelos jurados por meio do uso de descritores padrão, ou seja, um vocabulário de referência com palavras que descrevem e expressam a resposta ao determinado odor (MCGINLEY; MCGINLEY, 2002; NICELL, 2009).

Existem diversas listas de descritores padrão para o caráter de odor (SUFFET *et al.*, 2004; VIEIRA, 2013; ST CROIX SENSORY, 2020). McGinley e McGinley (2002) propuseram oito categorias de descritores, formando a roda de odor: Vegetal, Frutado, Floral, Medicinal, Químico, Peixe, Ofensivo e Terroso. O estado australiano de Victoria recentemente publicou uma roda de odor em que cada categoria possui descritores mais específicos, conforme ilustrado na FIGURA 3 (EPA VICTORIA, 2021a).

FIGURA 3 – DESCRITORES DE CARÁTER DO ODO - RODA DE ODO.



Fonte: Adaptado de EPA VICTORIA (2021a).

Estes descritores podem ser úteis pra descrever o caráter do odor percebido em determinada região e ajudar a identificar sua origem (por exemplo, aterro sanitário, estação de tratamento de efluentes, indústria, dentre outras) (NICELL, 2009).

O tom hedônico ou hedonicidade de um odor refere-se à medida subjetiva e numérica da sua agradabilidade ou desagradabilidade. É importante destacar que o tom hedônico é independente do caráter do odor e que estas características não devem ser confundidas (VDI, 1994; MCGINLEY; MCGINLEY, 2002, NICELL, 2009).

Existem diferentes escalas de tom hedônico. Os autores McGinley e McGinley (2002) e Nicell (2009) mencionam o exemplo de uma escala arbitrária de 21 pontos, na faixa de -10 (muito desagradável), passando por 0 (neutro) até +10 (muito agradável). Na prática, o jurado usa suas experiências pessoais e memórias como referência para julgar a amostra. Neste método, o valor de tom hedônico reportado por um laboratório é a média dos valores de tom hedônico individuais dados por cada jurado.

A avaliação de hedonicidade através do uso de olfatometria dinâmica foi padronizada inicialmente em 1994 com a publicação da norma alemã VDI 3882 – Parte 2 – *Olfactometry: Determination of Hedonic Odour Tone* (VDI, 1994). Esta norma apresenta duas possibilidades para a avaliação: o perfil de polaridade (*Polarity Profile*), método mais detalhado e complexo; e a escala unidimensional de avaliação, mais simples e direta. Esta escala é composta por nove pontos, a partir de -4 (descrito como “extremamente desagradável”), passando pelo 0 (“nem agradável ou desagradável”), até +4 (extremamente agradável).

Por sua vez, o laboratório ODOURNET (ODOURNET BRASIL LTDA, 2020) realiza a determinação do parâmetro “tom hedônico” de uma amostra usando um olfatômetro de acordo com a norma NVN 2818:2005 "*Odor Quality - Sensory determination of the hedonic value of an odor with an olfactometer*" (NEN, 2005). As medições são realizadas em combinação com a medição de concentração de odor (aumentando a série de apresentação). Os membros de um painel composto por 4 jurados são convidados a indicar a tonalidade hedônica percebida como um valor de uma escala de nove pontos da tonalidade hedônica, variando de + 4, muito agradável, a - 4, de odor muito desagradável (similar à escala da VDI 3882-2). Os resultados da análise hedônica são mostrados em um gráfico, que relaciona a concentração de odor e a agradabilidade de tonalidade hedônica (ODOURNET BRASIL LTDA, 2020).

Cabe mencionar que a hedonicidade é obtida por meio de uma avaliação subjetiva, ou seja, baseada nas crenças e memórias pessoais do jurado. Ainda assim, por meio de treinamento correto, os jurados são capazes de avaliar o tom hedônico e então deixar de lado seus sentimentos pessoais e fazer avaliações objetivas sobre a detecção e reconhecimento de odor, sua intensidade e identificação do caráter por meio de uma escala de referência (MCGINLEY; MCGINLEY, 2002).

2.1.2 Atividades e fontes de emissão de odor mais comuns

Diversas são as fontes de odor que podem expor uma população a incômodos olfativos. Fábricas de processamento de subprodutos de origem animal, indústrias de papel e celulose, curtumes, aterros sanitários, Estações de Tratamento de Efluente (ETE), e instalações de criação intensiva de animais, estão comumente envolvidos em reclamações devido a episódios de exposição a altas concentrações de odor (VIEIRA, 2013; PARANÁ, 2014). Vale destacar que os odores podem estar relacionados às matérias-primas, aos subprodutos ou produtos intermediários, ou aos produtos finais (VIEIRA, 2013). Segundo Brancher *et al.* (2017), exemplos típicos de fontes potencialmente emissoras de odores ofensivos incluem atividades industriais e agrícolas, tais como ETE, indústrias de alimentos, fábricas de processamento de subprodutos de origem animal, aterros sanitários, criação intensiva de animais, fundições, parques petroquímicos, matadouros, fábricas de papel e celulose e usinas de compostagem.

A legislação do Estado de São Paulo (Decreto nº 8.468/1976), no art. 38 lista uma série de atividades para as quais é obrigatória a instalação de sistema de controle de poluentes atmosféricos: torrefação e resfriamento de café, amendoim, castanha de caju e cevada; autoclaves e digestores utilizados em aproveitamento de matéria animal; estufas de secagem ou cura para peças pintadas, envernizadas ou litografadas; oxidação de asfalto; defumação de carnes ou similares; fontes de sulfeto de hidrogênio e mercaptanas; regeneração de borracha (SÃO PAULO, 1976).

O QUADRO 2 resume algumas atividades e fontes de emissão de odor, classificando-as nas principais famílias de substâncias odoríferas (compostos de enxofre, nitrogenados e orgânicos voláteis). Algumas fontes aparecem em todas as famílias, como ETEs municipais e industriais, aterros sanitários e processamento de subprodutos animais. Portanto, fica evidente que o odor resultante destas atividades

é uma mistura complexa de substâncias, cujo efeito sinérgico ao olfato não é adequadamente representado pela avaliação de substâncias odoríferas individuais (CAPELLI et al, 2013; BRANCHER et al, 2017).

QUADRO 2 – EXEMPLOS DE ATIVIDADES E FONTES DE ODOR E RESPECTIVAS CLASSES DE SUBSTÂNCIAS ODORÍFERAS MAIS COMUNS.

Família	Substâncias / parâmetros	Exemplos de atividades e/ou fontes com potencial de emissão de odor
Compostos de enxofre reduzido	Sulfeto de hidrogênio (H ₂ S), mercaptanas, metilsulfeto, Enxofre Reduzido Total (ERT), etc.	ETE municipais e industriais (principalmente tratamento anaeróbico), indústria de papel e celulose; biodigestores, compostagem, aterros sanitários, curtumes, etc.
Compostos nitrogenados	Amônia (NH ₃), Metilaminas, etc.	Frigoríficos, processamento de subprodutos animais (“graxarias”), aterros sanitários, chorume e seus sistemas de tratamento (ETE), granjas de animais, refinarias de petróleo, criação intensiva de animais, compostagem, atividades agrícolas, etc.
Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)	Fenol, Formaldeído, Acetaldeído, Ácido Acético, Acetona, etc.	Aterros sanitários, ETES municipais e industriais, Frigoríficos, fábrica de subprodutos animais (“graxarias”), indústrias de alimentos, granjas, torrefação e resfriamento de café, amendoim, castanha de caju, cevada; estufas de secagem de peças pintadas; oxidação de asfalto; defumação de carnes; regeneração de borracha; refinarias de petróleo; fundições, parques petroquímicos, criação intensiva de animais.

Fonte: Adaptado de SÃO PAULO (1978); PARANÁ (2014); ZARRA *et al.* (2008); VIEIRA (2013); BRANCHER *et al.* (2016); BRANCHER *et al.* (2017).

As fontes de odor podem ainda ser classificadas nos seguintes tipos, quanto ao lançamento para a atmosfera (PULLEN; VAWDA, 2007) e sua geometria (CASA, 2015):

- 1) Emissões controladas: possuem algum mecanismo de controle ou redução de emissões, o que facilita sua quantificação (por exemplo, duto ou chaminé por onde a emissão é lançada na atmosfera). Em geral aqui estão incluídas as fontes pontuais (com ponto de lançamento discreto e com vazão mensurável);
- 2) Emissões difusas: possuem uma área mais ou menos definida, mas não possuem fluxo definido, e inclui em geral as fontes superficiais (em área) como lagoas de tratamento de efluentes, aterros sanitários, etc., e fontes volumétricas (pilhas de compostagem, aberturas em prédios, etc.);
- 3) Emissões fugitivas: emanam para a atmosfera de forma não conduzida e, portanto, liberam quantidades indefinidas de odorantes que não podem ser

facilmente capturadas ou quantificadas com os métodos tradicionais. Incluem também os lançamentos não intencionais.

Cada tipo de fonte citada acima requer metodologias específicas para seu monitoramento e avaliação, conforme detalhado no capítulo 2.1.5.

2.1.3 Fatores FIDOL/FIDOR

Ainda que respostas individuais a odores sejam altamente variáveis e possam resultar em uma variedade de efeitos, geralmente os impactos de odores são gerados devido a uma combinação de fatores que interagem entre si, conhecidos pela sigla FIDOL (VDI, 1993; FREEDMAN; CUDMORE, 2002; NICELL, 2009; VIEIRA, 2013; BRANCHER et al, 2017):

F – Frequência de ocorrência da exposição ao odor;

I – Intensidade (e, portanto, concentração) do odor;

D – Duração da exposição ao odor;

O – Ofensividade, tom hedônico do odor (quão agradável ou desagradável);

L – Localização ou R – Receptor, relacionado ao uso do solo da fonte e do receptor (área rural, residencial, industrial, etc.), o que define a sensibilidade do receptor ao odor (por exemplo, áreas residenciais são mais sensíveis do que área industriais).

Estes fatores podem ser quantificados e regulados, e, portanto, uma legislação robusta deve abordar a maioria dos fatores FIDOL, o que já é feito em vários países europeus (EPSTEIN; FREEMAN, 2004; BRANCHER et al, 2017). A seguir, cada um dos fatores FIDOL é detalhado e discutido.

2.1.3.1 Frequência

A frequência é quantificada pelo número de episódios de odor a que um determinado indivíduo (receptor) está sujeito ao longo do tempo, e, portanto, é diretamente proporcional ao impacto sobre o receptor. A frequência em geral é determinada em termos do número de horas ao longo de um ano que a concentração de odor excede um determinado limite (de concentração) no receptor (VIEIRA, 2013; BRANCHER et al, 2017; MALHEIROS et al, 2018). Por exemplo, visto que um ano

corresponde a 8760h, a frequência de exposição de 1% corresponde a 87,6h ao longo de um ano, ou cerca de 3,65 dias nos quais a concentração de odor supera o limite estipulado. Por sua vez, uma semana de exposição corresponde aproximadamente a 2% das horas do ano, ou ao percentil 98.

A frequência de exposição é influenciada pelas características da fonte de emissão de odor, condições meteorológicas, localização da fonte em relação ao receptor afetado, topografia da região, entre outros fatores. Em geral a frequência é máxima em áreas situadas a jusante das direções predominantes de vento, especialmente sob condições atmosféricas estáveis e baixas velocidades de vento (NICELL, 2009). Isto faz com que a modelagem de dispersão atmosférica seja uma ferramenta importante para avaliação da frequência de exposição, visto que considera todo este conjunto de fatores em sua avaliação (CAPELLI et al, 2008).

Muitas jurisdições ao redor do mundo adotam limites regulatórios que restringem a frequência na qual o impacto relativo ao odor pode ocorrer fora da área da fonte emissora. Em geral, o critério estabelece que o empreendimento deve atender a um limite de intensidade específico (por exemplo, concentração máxima) com frequências de 98, 99, 99,5 e 99,9 % (RWDI AIR INC., 2005; NICELL, 2009; GUIMARÃES, 2020).

A avaliação da frequência é normalmente realizada através da ferramenta de modelagem de dispersão atmosférica das emissões de odor, utilizando modelos matemáticos e a função estatística do percentil. Um critério comumente adotado para fins regulatórios, sobretudo na Europa, estabelece frequências de conformidade de 98% (BRANCHER et al, 2016; GUIMARÃES, 2020).

Outra forma de avaliar a frequência é por meio de repetidos levantamentos em campo, durante um período de 6 meses a um ano, e posterior cálculo do percentil de ocorrência de odor em cada ponto avaliado, conforme sugerido pela norma VDI 3940 Parte 1 (*“Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours - Grid measurement”*) (VDI, 2006a), ou o método proposto na norma EN16841 partes 1 e 2 (CEN, 2016). Mais detalhamento sobre estes métodos é apresentado no item 2.1.6.2.

2.1.3.2 Intensidade

A intensidade é uma grandeza diretamente ligada à concentração, conforme já citado na seção 2.1.1.2 (VDI, 1986; VIEIRA, 2013). A intensidade de um odor se refere à percepção de um indivíduo quanto à “força” (*odor strength*), ou sua concentração (NICELL, 2009). Portanto, verifica-se a necessidade de se aplicar um método de avaliação sensorial para a intensidade ou concentração do odor, visto que está diretamente ligada à percepção.

Há várias maneiras de quantificar a força ou concentração de odor, mas a abordagem mais comum se baseia no princípio de diluição até o limite de percepção (em inglês, denominado de *dilution-to-threshold principle*). De acordo com este princípio, uma amostra de odor é descrita em termos do volume para o qual deve ser diluída para que sua intensidade seja reduzida até o limite de percepção. Ou seja, quanto mais diluições são necessárias para tornar a amostra de odor imperceptível, maior deve ser a concentração de odor da amostra (NICELL, 2009). Este princípio se aplica tanto para a olfatometria dinâmica (CEN, 2022), como para a olfatometria de campo (ST CROIX SENSORY, 2020).

Segundo a norma europeia EN13725 (CEN, 2022), o limite de detecção de um odor (composto químico isolado ou mistura odorante) representa a concentração na qual apenas 50% de um painel dos jurados são capazes de detectar o odor nas condições ideais de um laboratório. A determinação é feita através de olfatometria dinâmica, utilizando olfatômetro de diluição dinâmica e painel de jurados treinados. A norma americana ASTM E679 (ASTM, 2019a) apresenta definição similar.

O número de diluições necessárias para trazer a amostra a este nível é referido como a concentração de odor da amostra, e expresso como “unidades de odor”, abreviado como OU na América do Norte. Note-se que na Europa a unidade de medida dada à concentração de odor é $\text{ou}_\text{E}/\text{m}^3$, numericamente equivalente àquela expressa como OU, mas usando a notação do E para indicar que segue o padrão europeu de definição da unidade (CEN, 2022; NICELL, 2009).

Portanto, exemplificando: Se uma amostra é dita ter concentração de odor de $50 \text{ ou}_\text{E}/\text{m}^3$, isto significa que teve de ser diluída 50 vezes para que o nível se reduza ao limite de percepção olfativo (LPO). Da mesma forma, um odor cuja concentração é de $1 \text{ ou}_\text{E}/\text{m}^3$ corresponde ao nível do LPO. Desta forma, a interpretação dos valores

de concentração de odor medida em unidades de odor é semelhante às unidades típicas de concentração (NICELL, 2009).

2.1.3.3 Duração

A duração se refere ao período de tempo decorrido durante o qual ocorre a sensação do odor, e é influenciado pelo tipo e localização da fonte emissora, e pelas condições meteorológicas locais. O odor pode ser percebido de forma intermitente em períodos curtos, ou ter duração mais longa e contínua, e seu impacto será influenciado por esta duração. Em geral, quanto maior a duração do episódio de odor, maior o impacto percebido pela população exposta (NICELL, 2009; BRANCHER et al, 2017).

O fator duração não pode ser avaliado isoladamente, mas sim em conjunto com a frequência e intensidade. Por exemplo, o efeito de odor durante períodos curtos totalizando um determinado número de horas terá impacto diferente do que o mesmo odor percebido de forma contínua pela mesma quantidade de horas. Ou um odor de alta intensidade durante períodos curtos tem efeito distinto do que o mesmo odor presente em intensidade menor, porém longos períodos (NICELL, 2009; BRANCHER et al, 2017).

Na legislação internacional, a duração é em geral legislada em conjunto com a frequência. Por exemplo, em termos de número de horas em que um determinado limite de concentração pode ser excedido ao longo de um ano (NICELL, 2009; VDI, 1993; 2006a; 2006b). Dessa forma, para fins regulatórios, o fator duração é regulado em termos de frequência de exposição, com base no número total de horas durante um ano em que um determinado limite é ultrapassado.

Por sua vez, a duração de episódios individuais de odor é regulada na legislação de alguns países por meio de razões pico-média, ou seja, fatores a serem aplicados nos modelos de dispersão atmosférica para levar em consideração os picos de curta duração versus os dados médios horários usados como dado de entrada no modelo (NICELL, 2009; MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016; BRANCHER et al, 2017).

O uso de fatores pico-média é necessário visto que o cálculo da média sobre um determinado período suaviza as variações na concentração dos odorantes, e mascara os picos que podem resultar de variações de curto prazo na taxa de emissão ou nas condições meteorológicas (NICELL, 2009; BRANCHER et al, 2017).

Os modelos de dispersão mais utilizados, como o AERMOD e CALPUFF, são capazes de prever a concentração média de poluentes no ar ambiente em escala de 1 hora, que é a resolução temporal dos dados meteorológicos (TURNER, 1994). Entretanto, a resolução temporal da percepção de odores no ambiente (por exemplo, usando o método de olfatométrica de campo) é bem menor que uma hora, em geral da ordem de minutos ou segundos, devido às variações deste fenômeno relacionadas às flutuações das variáveis meteorológicas em escalas menores (NICELL, 2009; DOURADO *et al.*, 2012; CAPELLI *et al.*, 2013).

Por esta razão, é prática comum aplicar um ajuste que relaciona os valores da concentração média à de pico, denominado em inglês de “*peak-to-mean ratio*”, a fim estimar a concentração de pico a partir das concentrações resultantes de modelos de dispersão, que usam médias de 1 hora (POPE; DIOSEY, 2000; BRANCHER *et al.*, 2017).

O ajuste da concentração de pico com base na concentração média é em geral realizado empregando uma lei de potência, que relaciona a razão das concentrações de pico e média (C_p/C_m) com a razão entre os tempos de amostragem da média de longo termo e de pico (t_m/t_p) conforme as equações (SCHAUBERGER *et al.*, 2002; MAVROIDIS, 2009; SANTOS *et al.*, 2009):

$$\frac{C_p}{C_m} = \left(\frac{t_m}{t_p} \right)^a \Rightarrow C_p = C_m \left(\frac{t_m}{t_p} \right)^a \quad (3)$$

$$P/M = \left(\frac{t_m}{t_p} \right)^a \quad (4)$$

Onde:

C_p = Concentração de pico no período de interesse t_p ;

C_m = Concentração média no período medido t_m (valor resultante da modelagem);

t_p = Duração do período de pico de interesse;

t_m = Duração do período de medição (o período de 1 hora da modelagem);

a = Expoente da lei de potência;

P/M = “*Peak-to-Mean Ratio*”; Razão que relaciona a concentração do pico e a concentração média.

Pesquisadores encontraram diferentes valores para o expoente α , dependendo da estabilidade atmosférica e da distância entre fonte e receptor, sendo recomendada a faixa de 0,17 a 0,68 (BEYCHOK, 2001; VENKATRAM, 2002 apud NICELL, 2009). Entretanto, o valor $-1/5$ ($-0,2$) é o recomendado pela maioria dos autores (SCHAUBERGER *et al.*, 2002; MAVROIDIS, 2009) e usado no modelo CALPUFF (DOURADO *et al.*, 2012).

2.1.3.4 Ofensividade/Hedonicidade

O fator ofensividade busca incorporar a questão do tom hedônico na avaliação do impacto de determinado odor (NICELL, 2009), tendo em vista que a concentração e intensidade sozinhas não são capazes de descrever o efeito do odor aos receptores, pois sabe-se que odores de fontes diferentes (de pão e de esgoto, por exemplo) irão gerar impactos diversos, mesmo que suas concentrações sejam idênticas no receptor (NICELL, 2009).

Atualmente, não há uma escala universalmente aceita para avaliação da ofensividade de um odor (NICELL, 2009). Entretanto, várias jurisdições tem incorporado o fator ofensividade em suas legislações relativas a odor considerando limites de concentração de odor diferenciados conforme o tipo de atividade geradora do odor. Um exemplo é a Holanda, onde os limites toleráveis para odor oriundo de padarias (5 ouE/m^3) ou processamento de cacau ($3,5 \text{ ouE/m}^3$) são mais altos do que para odor de abate de animais ($1,5 \text{ ouE/m}^3$) (BRANCHER *et al.*, 2017).

De forma similar, no Reino Unido os limites aceitáveis de concentração de odor variam de $1,5 \text{ ouE/m}^3$ para odores considerados muito ofensivos, 3 ouE/m^3 para odores moderadamente ofensivos até 6 ouE/m^3 para odores pouco ofensivos (EA, 2011 apud BRANCHER *et al.*, 2017). A Catalunha na Espanha, Colômbia e Panamá possuem legislações seguindo uma lógica semelhante (BRANCHER *et al.*, 2017).

2.1.3.5 Localização

A localização onde um odor é percebido é um fator importante quando se avalia a probabilidade de um efeito adverso. A localização pode englobar o tipo de área onde a pessoa afetada vive, trabalha ou visita, o tipo de atividade realizada e a

sensibilidade do ambiente (NICELL, 2009). O fator “localização” também é denominado como “receptor” (GUIMARÃES, 2020).

Em geral, o grau de impacto do odor está diretamente ligado às expectativas da população que ocupa ou visita uma determinada região. Por exemplo, odores de atividades industriais são provavelmente melhor tolerados em zonas industriais, onde há uma expectativa de que estas atividades irão ocorrer. Por sua vez, áreas residenciais e/ou de escolas, hospitais ou mesmo de turismo são consideradas sensíveis e a ocorrência de odores não é uma expectativa de seus ocupantes, e, portanto, o incômodo é mais provável (NICELL, 2009).

A ideia de localização e do tipo de receptor e sua influência e relação com os padrões ambientais é bem conhecida no Brasil em se tratando de poluentes atmosféricos convencionais e mesmo de ruído. A antiga Resolução CONAMA nº 03/1990 (BRASIL, 1990) que estipulava os padrões de qualidade do ar e que foi revogada e substituída pela Resolução CONAMA nº 491/2018 (BRASIL, 2018) estabelecia dois níveis de proteção, considerando diferentes áreas: os padrões primários (menos restritivos) e os padrões secundários (mais restritivos). Estes últimos deveriam a serem aplicados em áreas enquadradas como Classe II segundo a Resolução CONAMA nº 05/1989 (BRASIL, 1989), nas quais se desejava maior nível de proteção ambiental.

Por sua vez, com relação à ruído, a norma NBR 10.151:2019, versão corrigida 2020 (ABNT, 2020) estabelece limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas, sendo que estes são mais restritivos para áreas sensíveis como residências rurais e escolas, hospitais e áreas estritamente residenciais, e menos restritivos para áreas predominantemente industriais. O tipo de área é definido com base no zoneamento e legislação municipal, ou na ausência deste, por meio do levantamento das características predominantes de ocupação do solo (ABNT, 2020). Uma proposta de legislação referente a odor poderia englobar a questão de localização seguindo esta mesma lógica.

A questão da localização da fonte emissora ou dos receptores afetados pelo odor é abordada em diversas legislações internacionais. Segundo Brancher *et al.* (2017), na Austrália as províncias estipulam limites de concentração de odor variáveis conforme a densidade populacional e tipo de área (rural ou não rural). Outros países que incluem critérios sobre a sensibilidade dos receptores ou tipo de uso do solo (rural,

residencial, industrial, etc.) em suas legislações pertinentes a odor são Nova Zelândia, Áustria, Dinamarca, Noruega, Israel, França, Holanda, Alemanha, Bélgica e Canadá (província de Manitoba).

O Guia de Boas Práticas para Avaliação e Gestão do Odor da Nova Zelândia (MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016) apresenta uma classificação dos tipos de uso do solo e respectiva sensibilidade dos receptores, que deixa claro como cada tipo de uso do solo deve ser classificado para a aplicação dos critérios da legislação. O QUADRO 3 apresenta esta classificação, que pode ser útil no desenvolvimento de regulamentação relacionada ao impacto de odores em diferentes áreas.

QUADRO 3 – TIPOS DE USO DO SOLO E RESPECTIVA SENSIBILIDADE ESPERADA DOS RECEPTORES.

Uso do solo	Classificação	Motivos para sensibilidade
Hospitais, escolas, creches, asilos	Alta	Pessoas de alta sensibilidade (crianças, doentes, idosos) são provavelmente expostas continuamente (até 24h por dia, 7 dias por semana)
Residencial	Alta	Pessoas de alta sensibilidade (crianças, doentes, idosos) são expostas, as quais esperam um alto nível de conforto em seus lares e entorno imediato. Podem estar presentes em todas as horas do dia e da noite, dentro ou fora das edificações. Visitantes que não estão familiarizados com odores locais podem ser afetados (causando constrangimento e aumentando a consciência do problema)
Áreas turísticas, culturais ou de conservação	Alta	Estas áreas tem alto valor ambiental, então qualquer efeito adverso é pouco tolerado.
Áreas recreacionais abertas	Moderada a alta	As áreas são usadas para atividades ao ar livre e exercício, em circunstâncias que as pessoas estão mais conscientes da qualidade do ar. Pessoas de todas as idades e sensibilidades podem estar presentes.
Comercial e administrativo	Moderada a alta	Estas áreas tem densidade populacional similar à de áreas residenciais e pessoas de todas as idades e sensibilidades podem usá-las. Atividades comerciais podem ser sensíveis a outros usos (por exemplo, serviços de alimentação afetados por outros odores desagradáveis). Pode haver constrangimento para os clientes. Importante considerar os horários de exposição (pessoas tipicamente estão presentes menos de 24h por dia).
Residencial rural / chácaras	Moderada a alta	A densidade populacional é menor, então há menor risco de efeito adverso. Porém, pessoas de alta sensibilidade podem estar expostas 24h por dia. Muitas vezes as pessoas mudam para estes locais e podem ser particularmente sensíveis a desconfortos ou ter maior percepção de riscos à saúde.
Rural	Baixa para atividades rurais; moderada ou alta para outras atividades	A densidade populacional é menor, então há menor risco de efeito adverso. Pessoas morando ou visitando áreas rurais geralmente tem alta tolerância às atividades rurais, mas podem ser sensíveis a outros tipos de atividades (por exemplo, industriais).
Indústria "leve"	Moderada	Estas áreas em geral são misturas de pequenas indústrias e atividades comerciais. Algumas atividades são incompatíveis com efeitos ao ar (serviços de alimentação). Importante

Uso do solo	Classificação	Motivos para sensibilidade
		considerar os horários de exposição (pessoas tipicamente estão presentes menos de 24h por dia).
Indústria pesada	Baixa	Efeitos adversos podem ser tolerados desde que não sejam severos. Há muitas fontes de emissão, então em geral há mistura de efeitos. Pessoas que ocupam estas áreas são em geral adultos em boas condições de saúde e mais tolerantes à efeitos, particularmente se estão associados ao emprego. O uso de EPIs aumenta a proteção. Exposição deve considerar o período do dia, já que pessoas tipicamente permanecem menos de 24h por dia.
Estradas e vias públicas	Baixa	Usuários das vias tipicamente são expostos a efeitos adversos de emissões de odor por curtos períodos de tempo.

FONTE: Adaptado de MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT (2016).

Desta forma, após abordar os 5 fatores que compõe o FIDOL, na sequência são abordados os efeitos das substâncias odoríferas à saúde e a questão do incômodo.

2.1.4 Efeitos de substâncias odoríferas na saúde versus incômodo

O odor é considerado um incômodo de vizinhança, o qual pode interferir negativamente na realização de atividades cotidianas e causar a desvalorização de propriedades (NICELL, 2009; VIEIRA, 2013; BRANCHER et al, 2016), o que é comum nas proximidades de fontes de odor importantes como aterros sanitários, estações de tratamento de efluentes (ETEs), dentre outras.

Entretanto, é frequente que os poluentes atmosféricos apresentem limites de percepção olfativa detectáveis a concentrações da ordem de 500 a 10.000 vezes mais fracos que seus limites de tolerância à exposição aguda (MAES, 1990, apud DE MELO LISBOA, 2010).

Alguns membros da família de substâncias denominada Enxofre Total Reduzido (ERT) ou *Reduced Sulphur Compounds* (RSC) são odorantes a concentrações muito baixas, conforme já ilustrado no

QUADRO 1. Esta propriedade os diferencia de outros poluentes atmosféricos que não podem ser detectados pelo olfato nos níveis nos quais podem causar efeitos adversos à saúde (ALBERTA ENVIRONMENT, 2004). O principal representante desta família, o sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico, causa incômodo em concentrações muito abaixo daquelas capazes de causar risco à saúde (WHO, 2000).

O QUADRO 4 apresenta uma compilação dos efeitos agudos do H₂S a diferentes concentrações. Verifica-se que os efeitos agudos à saúde ocorrem somente

a concentrações cerca de 3 ordens de magnitude mais elevadas do que aquelas que podem ser percebidas na atmosfera.

QUADRO 4 – RELAÇÃO DOSE-EFEITO DO H₂S E ALGUNS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO INTERNACIONAIS.

Concentrações de H ₂ S		Efeito agudo à saúde	Referência
µg/m ³	ppb		
> 30.000	> 20.000	Outros efeitos à saúde (oculares, olfativos, respiratórios)	WHO (2000)
15.000 – 30.000	10.000 – 20.000	Limiar da irritação ocular	WHO (2000)
12.000	8.000	Limite de exposição ocupacional para jornadas de trabalho de 8h/dia e 48h/semana	MTE - NR15, BRASIL (1978)
150	100	<i>Guideline value</i> - média de 24h	WHO (2000)
140	93	Efeitos à vegetação devido à exposição de longo prazo	ALBERTA ENVIRONMENT (2004)
30,0 - 50,0	20 - 33,3	Limite da percepção olfativa (LPO)	ALBERTA ENVIRONMENT (2004)
14,0	10,0	Padrão de qualidade do ar para H ₂ S – média de 1h	ALBERTA ENVIRONMENT (2004)
7,0	5,0	Limite sugerido a fim de evitar incômodo e reclamações da comunidade (média de 30 minutos)	WHO (2000)
6,0 - 8,0	4,0 - 5,3	Limite de caracterização olfativa (<i>recognition threshold</i>)	WHO (2000)
0,2 – 2,0	0,14 – 1,4	Limite da percepção olfativa (LPO)	WHO (2000)

FONTE: Adaptado de BRASIL (1978); WHO (2000); ALBERTA ENVIRONMENT (2004).

Por sua vez, o QUADRO 5 apresenta uma lista de outros compostos reduzidos de enxofre, seus LPOs e os níveis nos quais se verifica efeitos à saúde durante exposição aguda, com base em levantamento internacional (ALBERTA ENVIRONMENT, 2004), e comparação com os níveis de tolerância ocupacional determinados pela NR-15 (BRASIL, 1978). De forma similar ao H₂S, estes compostos também apresentam odor perceptível em níveis muito menores do que os capazes de causar efeito agudo à saúde.

QUADRO 5 – COMPARAÇÃO DOS LPOS PARA CERTOS COMPOSTO DE ENXOFRE REDUZIDO COM AS CONCENTRAÇÕES CAPAZES DE AFETAR A SAÚDE E OS LIMITES DE TOLERÂNCIA OCUPACIONAL BRASILEIROS.

Composto de Enxofre Reduzido	Fórmula	LPO (µg/m³)	Limites de tolerância NR15 (µg/m³) (BRASIL, 1978)	Efeitos agudos à saúde (µg/m³) (ALBERTA ENVIRONMENT, 2004)
Metil mercaptana	CH ₃ SH	31,5	800	33.446
n-butil Mercaptana	C ₄ H ₉ SH	0,2 - 2	1.200	369.000
Etilmercaptana	S ₂ H ₅ SH	36,9	800	6.925.000
t-butil Mercaptana	(CH ₃) ₃ CSH	ND	ND	332.000
Propilmercaptana	C ₃ H ₈ S	2,3	ND	22.739.000
Dimetilsulfeto	(CH ₃) ₂ S	2,5 - 160	ND	3.000.000
Dimetildisulfeto	(CH ₃) ₂ S ₂	ND	ND	30.071.000
Dissulfeto de carbono	CS ₂	60	47.000	3.400
Metil dissulfeto	(CH ₃) ₂ S ₂	3 - 14	ND	7.500
Carbonil sulfeto	COS	ND	ND	123.000

FONTE: Adaptado pela autora com base em BRASIL (1978) e ALBERTA ENVIRONMENT (2004).

Nota: ND – Não Disponível.

Uma exceção de substância odorífera cujo LPO e nível de potencial incômodo é próximo ao nível capaz de causar efeito agudo à saúde é a amônia (NH₃). O QUADRO 6 apresenta a compilação de algumas concentrações e respectivos efeitos, dentre os muitos existentes, apenas para ilustração. Cabe mencionar que as unidades desta tabela são em ppm e mg/m³, portanto três ordens de grandeza superiores do que a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e o QUADRO 5.

Verifica-se que o LPO abrange uma faixa ampla de menos de 1 ppm até 53 ppm, e dentro desta faixa já é possível haver algum efeito adverso, como irritação ocular mesmo em exposição de curto prazo a 30 ppm (10 min) (NCBI, 2008). Portanto, algumas agências como a do estado norte-americano da Califórnia (CAL EPA, 1999) e a província canadense de Alberta (ALBERTA ENVIRONMENT, 2004) estabelecem níveis de referência para o ar ambiente ainda abaixo do LPO.

QUADRO 6 – RELAÇÃO DOSE-EFEITO DE NH₃ E ALGUNS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO INTERNACIONAIS.

Concentrações de NH ₃		Efeito	Referência
mg/m ³	ppm		
1.888,0	2.700,0	Letal (exposição de 10 min)	NCBI (2008)
273,0	390,0	Letal (exposição de 8h)	NCBI (2008)
154,0	220,0	Irritação de olhos e garganta e vontade de tossir (exposição de 10 min) AEGL-2 ⁽¹⁾ incapacitante	NCBI (2008)
77,0	110,0	Irritação de olhos e garganta e vontade de tossir (exposição de 8h) AEGL-2 ⁽¹⁾ incapacitante	NCBI (2008)
21,0	30,0	Irritação leve (exposição de 10 min a 8h) AEGL-1 ⁽¹⁾ não incapacitante	NCBI (2008)
14,0	20,0	Limite de exposição ocupacional para jornadas de trabalho de 8h/dia e 48h/semana	MTE - NR15, BRASIL (1978)
3,2	4,6	Nível de referência para exposição aguda (<i>acute reference exposure level</i>)	Cal EPA, 1999 apud ALBERTA ENVIRONMENT (2004b)
1,4	2,0	Valor de referência (<i>Guideline</i>) para NH ₃ no ar ambiente	ALBERTA ENVIRONMENT (2004b)
0,5 – 37	0,7 - 53	Limite da percepção olfativa (LPO)	Le CLORIET (1999)

FONTE: Adaptado de BRASIL (1978); NCBI (2008); ALBERTA ENVIRONMENT (2004b).

Nota: AEGL - *Acute Exposure Guideline Levels* – níveis de exposição agudos de referência.

Ressalta-se que, com exceção da amônia, o odor de substâncias odoríferas pode ser percebido mesmo que a concentração seja muito menor do que aquela capaz de causar dano direto à saúde. Portanto, conclui-se que a sensibilidade do olfato humano é notavelmente alta, e pode detectar um grande número de compostos químicos a concentrações extremamente baixas (MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016).

Após abordar os efeitos à saúde da exposição aguda às substâncias odoríferas, considerando a grande sensibilidade do olfato humano, deve-se discutir o efeito da exposição crônica a substâncias odoríferas e ao odor em geral. Os indivíduos podem desenvolver efeitos fisiológicos em resposta ao odor, mesmo que a exposição seja menor do que o requerido para causar efeitos diretos à saúde. Este efeito é relacionado ao stress da percepção de que se há odor, este deve estar causando algum dano à saúde (MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016).

Exposição repetida ou prolongada ao odor pode levar a altos níveis de incômodo ou aborrecimento, e a pessoa que passa por esta experiência pode se tornar particularmente sensível à presença do odor. Entretanto, em outros casos os odores podem ser associados a efeitos diretos à saúde, como irritação em olhos ou nariz (no caso de amônia, conforme já mencionado). Nestes casos, o efeito direto à

saúde deve ser avaliado por um profissional médico qualificado, em conjunto com outros efeitos e impactos (MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016).

Diversos estudos evidenciam a ocorrência de efeitos adversos sobre a saúde humana decorrente de exposições crônicas ao odor, ou seja, com alta frequência e de longo prazo (VIEIRA, 2013). Apesar de em geral o odor, em si, não agir toxicamente ou como uma causa direta de doenças, incômodos olfativos podem afetar a saúde humana de forma indireta (FRENCHEN, 2001). Exposições prolongadas a odores geram reações indesejadas que vão desde estresse emocional até sintomas físicos (ZARRA *et al.*, 2008), podendo afetar a qualidade de vida e o bem-estar dos indivíduos expostos a essas emissões.

Considerando que uma propriedade importante do senso olfativo humano é alertar o indivíduo sobre possíveis efeitos à saúde, geralmente o odor é ligado à uma percepção de risco à saúde (HAYES; STEVENSON; STUETZ, 2014). O incômodo tende a ser cumulativo e desenvolvido ao longo de longos períodos de tempo (DEFRA, 2010; BRANCHER *et al.*, 2017).

Os possíveis efeitos negativos da poluição por odores na saúde humana ainda são amplamente estudados e debatidos. Alguns estudos mostram que a exposição crônica a odores pode causar diferentes efeitos em seres humanos, desde estresse emocional até estado de ansiedade, desconforto, depressão, dores de cabeça, e outros sintomas físicos (CAPELLI *et al.*, 2011).

Dentre os sintomas frequentemente relatados da exposição crônica ao odor estão: insônia, perda de apetite, alterações de humor e de comportamento (ZARRA *et al.*, 2008) náusea; desconforto gastrointestinal; fadiga, irritação nos olhos, nariz e garganta; tosse; falta de ar; rouquidão; congestão nasal; coriza; sonolência; distúrbios do sono; dificuldade de concentração, estresse e alterações de humor (MCGINLEY, MAHIN, POPE, 2000; BRANCHER, 2017), e aumento de efeitos à saúde reportados, mesmo que a exposição seja a concentrações não tóxicas (HAYES; STEVENSON; STUETZ, 2014).

Portanto, o impacto ou efeito adverso causado pelo odor, incluindo efeito à saúde, está relacionado não somente à sua concentração, mas também à frequência de exposição e duração dos episódios de odor. Efeitos diretos podem ocorrer em exposições agudas, ou seja, de curto prazo e a concentrações elevadas, tais como as descritas na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, QUADRO 5 e QUADRO 6,

porém isto é mais raro. Efeitos indiretos, mas reais, podem ocorrer nas populações expostas de forma crônica, ou seja, por longos períodos e elevada frequência, mesmo que a baixas concentrações (BRANCHER, 2017). Este fato confirma mais uma vez a importância de se considerar os fatores FIDOL (Frequência, Intensidade, Duração, Ofensividade e Localização) na elaboração de critérios de avaliação do impacto do odor.

Destaca-se aqui o estudo recente de Guadalupe-Fernandez *et al.* (2021), que executou uma revisão sistemática dos efeitos da poluição por odor sobre a saúde humana, selecionando 30 estudos internacionais realizados na América do Norte, Europa e Austrália. Destes, cinco reportaram efeitos objetivos do odor medidos em laboratório ou resultados clínicos. Os sintomas mais citados foram dor de cabeça, náusea/vômito e tosse. Entretanto, o conjunto de evidências apresentou alto risco de tendência (*bias*), visto que a maioria dos estudos usou informação autorrelatada pelos pacientes ou entrevistados.

As conclusões mostram a elevada importância da poluição odorífera para a saúde pública das populações circunvizinhas. As evidências limitadas para a maioria dos efeitos reforçam a necessidade de estudos epidemiológicos de alta qualidade para determinar a associação entre a poluição odorífera e seus efeitos à saúde (GUADALUPE-FERNANDEZ *et al.*, 2021).

Verifica-se que incômodos gerados pelo odor no meio ambiente tem o potencial de impactar de forma negativa a qualidade de vida e ter consequências físicas, psicológicas e até sociais (no uso da propriedade), caracterizando um problema de saúde pública (BRANCHER, 2017).

2.1.5 Técnicas de medição e monitoramento de odor

A medição dos odores pode ser realizada por meio de diferentes métodos, dentre os quais lista-se os principais abaixo:

1. Métodos analíticos/instrumentais, que analisam quimicamente a concentração das substâncias odoríferas, de forma isolada ou por especiação (identificação de conjunto de substâncias), por exemplo por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/EM), a qual pode ser acoplada à olfatometria (HAYES; STEVENSON; STUETZ, 2014; CONTI; GUARINO; BACENETTI, 2020; BAX; SIRONI; CAPELLI, 2020). Nesta categoria também estão incluídos os sensores

do tipo nariz eletrônico (CONTI; GUARINO; BACENETTI, 2020; BAX; SIRONI; CAPELLI, 2020);

2. Métodos sensoriais, que fornecem a percepção do odor ao senso olfativo de jurados humanos. Nesta categoria estão incluídos os métodos da olfatometria dinâmica (para fontes de emissão), e para avaliação em receptores, a olfatometria de campo, inspeções em campo e enquetes de odor com residentes (GUIMARÃES, 2020; CONTI; GUARINO; BACENETTI, 2020; BAX; SIRONI; CAPELLI, 2020).

No entanto, é importante ressaltar que cada um desses métodos possui vantagens e desvantagens e que as diferentes abordagens são consideradas complementares (JIANG; SANDS, 1999; DESAUZIERS, 2000; ROMAIN; DELVA; NICOLAS, 2008; CONTI et al, 2020). Além disso, a qualidade dos resultados obtidos é fortemente dependente de uma amostragem apropriada, que é uma das questões mais importantes relacionadas com a caracterização e medição de odores (CAPELLI et al, 2013).

Cabe destacar que as mais avançadas análises por cromatografia gasosa e espectrometria de massa (CG/EM) não superam o desempenho do aparelho olfativo humano para detectar, por exemplo, a trimetilamina numa concentração de 2,1 ppb ou de essência de baunilha a uma concentração de 3,2 ppb. A olfatometria consiste, portanto, na utilização do olfato, poderosa ferramenta sensorial do ser humano, como um instrumento de análise laboratorial. (DE MELO LISBOA, 2010; CONTI; GUARINO; BACENETTI, 2020).

Tipicamente, poluentes atmosféricos clássicos presentes no ar ambiente podem ser quantificados objetivamente em termos de concentração mássica por métodos de medição físico-químicos. Entretanto, odores usualmente não podem ser avaliados adequadamente por estas abordagens, pelos seguintes motivos: a resposta ao odor ocorre a concentrações baixíssimas; resulta da interação de várias substâncias; depende muito do caráter resultante do odor; e da sensibilidade das pessoas afetadas. Estes fatores tornam a avaliação de impacto de odor por métodos analíticos físico-químicos muito dispendiosa ou mesmo impossível (NICELL, 2009). Por este motivo, na maioria dos casos os métodos sensoriais (olfatométricos) são os mais indicados para o monitoramento de odor do que os demais métodos (CAPELLI, et al, 2013).

Portanto, neste trabalho são abordados dois tipos de métodos de monitoramento olfatométrico: a Olfatometria de Diluição Dinâmica - ODD (realizada com olfatômetro específico em laboratório), e a Olfatometria de Campo - OC, que é realizada diretamente no receptor em campo usando olfatômetros portáteis.

2.1.5.1 Olfatometria de Diluição Dinâmica (ODD)

A olfatometria de diluição dinâmica (ODD), ou simplesmente olfatometria dinâmica, é o método mais utilizado e internacionalmente aceito para determinação da concentração de odor em uma amostra. Este método era normatizado na União Europeia pela EN13725:2003: *Determination of odour concentration by dynamic olfactometry* (DIN, 2003). Na Austrália e Nova Zelândia, a norma similar é a AS/NZS 4323:3- 2001: *Stationary Source Emissions – Determination of Odour Concentration by Dynamic Olfactometry*. (STANDARDS AUSTRALIA, 2014; MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016).

Cabe destacar que em fevereiro de 2022, foi publicada sua nova versão, a EN13725:2022, intitulada *Stationary source emissions - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry and odour emission rate* (CEN, 2022). Esta revisão trouxe novos conteúdos, o que acrescentou cerca de 50 às 74 páginas da versão anterior, totalizando 125 páginas (HARREVELD, 2021).

As principais novidades tratam de detalhamentos sobre a amostragem nas fontes, alinhados com outras normas europeias; avaliação de incertezas; e aceitação de uma variedade maior de odorantes de referência. A amostragem de fontes em área passivas continuou fora do escopo desta norma, e será abordada na próxima revisão (HARREVELD, 2021).

Por sua vez, nos Estados Unidos, a norma mais utilizada para ODD é a ASTM E679: *Standard Practice for Determination of Odor and Taste Thresholds By a Forced-Choice Ascending Concentration Series Method of Limits* (ASTM, 2019a). Esta norma foi publicada inicialmente em 2004 e confirmada em 2011. A norma pode ser usada para determinação tanto do limite de detecção como o de reconhecimento (*detection and recognition threshold*). Esta norma é mais geral e sucinta do que a EN 13725:2003, e seu conteúdo normativo é de apenas 4 páginas e mais 3 páginas de anexos com

exemplos de aplicação. Os requisitos para seleção de painelistas remetem à EN 13725:2003 (ASTM, 2011).

Resumidamente, o método da ASTM E679 consiste nos seguintes passos (itens 4.1 a 4.4 da norma): Inicialmente, uma série de amostras de teste é preparada diluindo-se a substância de interesse no meio de teste (ar ou nitrogênio). A escala de concentração deve aumentar em incrementos geométricos, ou seja, quaisquer passos de concentração adjacentes devem ser separados por um fator constante de diluição (por exemplo, fator constante de 2 implica na diluição em razões de 128, 64, 32, 16, 8, 4, e 2 – cada passo é resultado do anterior dividido pelo fator 2). A cada passo de concentração, duas amostras em branco, consistindo apenas do meio (ar ou nitrogênio) são apresentadas ao painalista, e uma amostra de teste contendo o odor sob avaliação, totalizando três opções. Esta forma de apresentação é chamada de triangular. Não há nenhuma diferença visual, auditiva, tátil ou térmica entre as amostras a não ser a codificação utilizada (ASTM, 2019a).

O painalista inicia no passo de menor concentração (e maior diluição), que deve ser dois ou três passos abaixo do limiar olfativo estimado. Cada amostra do conjunto de três é comparada com as outras duas pelo painalista, que indica qual das três amostras é diferente das outras duas. A escolha é obrigatória, mesmo que não haja sido percebida diferença (por isto o método é denominado de escolha forçada – *forced-choice*) (ASTM, 2019a).

Os valores estimados do limiar são calculados a partir do padrão de respostas corretas/incorretas de cada painalista. O resultado da avaliação é chamado de critério da melhor estimativa, calculado pela média geométrica entre a última concentração não percebida pelo jurado, e a concentração imediatamente acima. Em seguida, o valor do limiar do grupo de painelistas é calculado como a média geométrica dos limiares individuais, e este valor é o resultado da avaliação, ou seja, a concentração de odor da amostra, em ou/m^3 (ASTM, 2019a).

Por sua vez, a norma EN 13725:2022 é muito mais completa e detalhada do que a norma americana. Ela apresenta os requisitos para seleção dos jurados e sua conduta, para conservação da amostra, materiais aceitos para uso no olfatômetro e equipamentos de amostragem, condições do ambiente de teste, estatísticas de controle de qualidade a serem aplicadas, dentre outros. A seguir, uma breve explicação sobre o método é apresentada.

Segundo o escopo da EN 13725, a norma especifica um método objetivo de determinação da concentração de odor de uma amostra gasosa usando olfatometria dinâmica com jurados humanos, e a taxa de emissão de odor emitida por fontes pontuais e fontes em área ativas (com fluxo próprio). O objetivo é prover uma base comum de avaliação de emissões de odor (CEN, 2022).

Esta norma se aplica à medição da concentração de odor de substâncias puras e misturas definidas e indefinidas de odorantes gasosos em ar ou nitrogênio, usando olfatometria dinâmica com um painel de jurados humanos como sensores. A unidade de medida é a Unidade de Odor Europeia por metro cúbico: ou_E/m^3 . A concentração do odor é medida pela determinação do fator de diluição requerido para alcançar o limiar de detecção ou percepção (LPO). A concentração de odor no limiar de detecção é definida como $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$. Então, a concentração de odor é expressa em termos de múltiplos do limiar de detecção. A faixa de medição é tipicamente de 10 a $10^7 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ (incluindo a pré-diluição) (CEN, 2022).

A norma EN 13725:2022 emprega os termos “método de escolha forçada” e “limiar do grupo” de forma similar aos da ASTM E679 (ASTM, 2019a) e inclui ainda a definição do método sim/não, no qual os jurados são solicitados a responder se o odor é detectado ou não (CEN, 2022).

Com relação à representatividade estatística dos resultados, a norma esclarece que o tamanho da população de jurados (de 4 a 8, selecionados aleatoriamente) é limitado, se comparado com experimentos toxicológicos. A solução é padronizar as características dos jurados, por meio da seleção de membros do painel com sensibilidade conhecida em relação a um material de referência (n-butanol). Pressupõe-se que a sensibilidade para o odorante de referência é um preditor para a sensibilidade para outras substâncias (CEN, 2022).

Quanto à garantia de qualidade e performance, a norma é bastante específica. Para tal, a calibração do equipamento de diluição (olfatômetro) deve ser feita pelo menos anualmente com um gás traçador e um método físico-químico de análise, para definir a precisão e instabilidade. A calibração do sensor (o painel de jurados) é feita com base no odorante de referência, alcançando rastreabilidade a este composto, novamente baseando-se no pressuposto de que as características de performance são transferíveis a outros odores (CEN, 2022).

A norma define os critérios de precisão, acurácia, viés, repetitividade, e reprodutibilidade e as respectivas equações para sua determinação, tanto para o odorante de referência (n-butanol) como para outros odorantes. São exigidos testes de proficiência e ensaios inter-laboratoriais, bem como calibrações do sistema com frequência mínima anual (CEN, 2022).

Quanto aos materiais usados na olfatometria, genericamente devem ser inodoros, selecionados para minimizar interação físico-química com a amostra e componentes do sistema, devem possuir baixa permeabilidade para minimizar perdas por difusão, e possuir superfície lisa. Os seguintes materiais são considerados apropriados: PTFE (politetrafluoretileno), FEP (tetrafluoroetileno hezafluorpropileno copolímero), PET (polietilenoetereftalato), Nalophan, aço inox e vidro (CEN, 2022).

Os equipamentos de amostragem também devem ser calibrados e atender aos requisitos de precisão. Após as coletas, o equipamento de amostragem deve passar por limpeza até ficar inodoro, sem resíduos de produtos de limpeza, e o último passo do processo de limpeza deve ser a secagem usando gás neutro (CEN, 2022).

Bolsas/sacos de amostras não podem ser reutilizados, a não ser que sejam limpos e testados de modo a assegurar que não possuam odor. O gás neutro de diluição da amostra também deve ser inodoro (por exemplo, ar filtrado com carvão ativado ou nitrogênio). A temperatura do gás de referência ou amostra de odor apresentada ao painel no olfatômetro não deve diferir mais de 3°C da temperatura ambiente da sala. Algumas recomendações e possibilidades para o fornecimento do gás neutro são (CEN, 2022):

- Ar comprimido gerado por um compressor sem óleo, seguido de filtração, resfriamento e secagem para prevenir partículas e condensação, e filtro de carvão ativado para remoção de odor residual, seguido de filtro para particulados finos do carvão ativado;
- Nitrogênio de cilindro ou de uma unidade de evaporação de nitrogênio;
- Ar sintético de um cilindro.

A interface de apresentação da amostra ao nariz do jurado deve permitir a avaliação com facilidade, sem distrações, e o fluxo de ar deve ser $\geq 20,0$ L/min. O ambiente da sala de avaliação deve ser agradável e inodoro, sem emissões de odor de equipamentos, mobília ou materiais como tinta, pisos, paredes, etc. A sala deve ser bem ventilada, com temperatura de até 25°C e flutuações ao longo da avaliação dentro da margem de $\pm 3^\circ\text{C}$. A concentração de CO_2 na sala deve ser menor que 0,15% e o

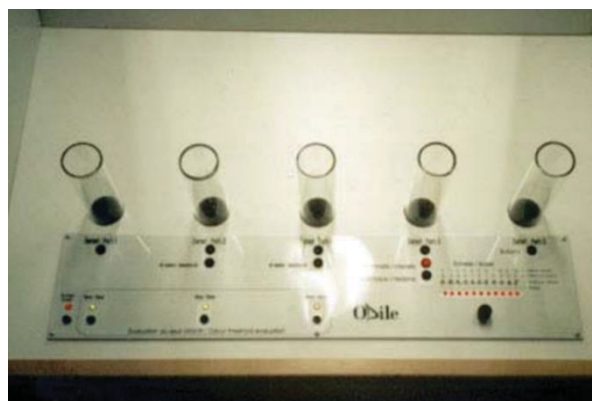
ar que adentra a sala deve passar por filtro de carvão ativado (CEN, 2022). Exemplos de interface de apresentação da amostra são mostrados na FIGURA 4 e FIGURA 5.

FIGURA 4 – OLFATOMETRIA DINÂMICA. (A) SALA DE ANÁLISE COM OLFATÔMETRO DE DILUIÇÃO DINÂMICA "PORTÁTIL" ODOURNET®; (B) JURADOS REALIZANDO A AVALIAÇÃO.



Fonte: ODOURNET BRASIL (2019).

FIGURA 5 – OLFATÔMETRO DE DILUIÇÃO DINÂMICA ODILE 2510 (A) GRUPO DE 6 JURADOS REALIZANDO ANÁLISE; (B) INTERFACE DE APRESENTAÇÃO DA AMOSTRA PARA CADA JURADO.



Fonte: PAGE (2010).

Um aspecto a ser ressaltado quanto à norma EN 13725:2022 é o tempo entre amostragem e análise, que deve ser o menor possível, e no máximo 30h, visando evitar a degradação da amostra (CEN, 2022). Entretanto, este tempo máximo torna-se um fator complicador ao uso desta metodologia no Brasil, devido ao fato de atualmente haver um único laboratório no país que realiza a análise de olfatometria

dinâmica: ODOURNET BRASIL, situado em São Paulo (SP), que iniciou as atividades em 2014 (ODOURNET, 2021b). Portanto, a utilização deste método envolve a organização logística para atender ao critério de tempo entre amostragem e análise, tendo em vista as dimensões e desafios logísticos do Brasil.

Do início dos anos 2000 até 2018, o Laboratório de Controle da Qualidade do Ar (LCQAr) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) também realizava este tipo de análise, usando o olfatômetro modelo Odile 2000, da fabricante Odotech Inc. (DE MELO LISBOA, 2010). Entretanto, em 2018 houve um problema com uma peça do equipamento, e como trata-se de modelo antigo já fora de linha, a peça de reposição não está disponível. Portanto o LCQAr da UFSC parou de oferecer o serviço de olfatometria dinâmica, conforme informado pelo Prof. Coordenador do LCQAr, Leonardo Hoinarski (HOINARSKI, 2018).

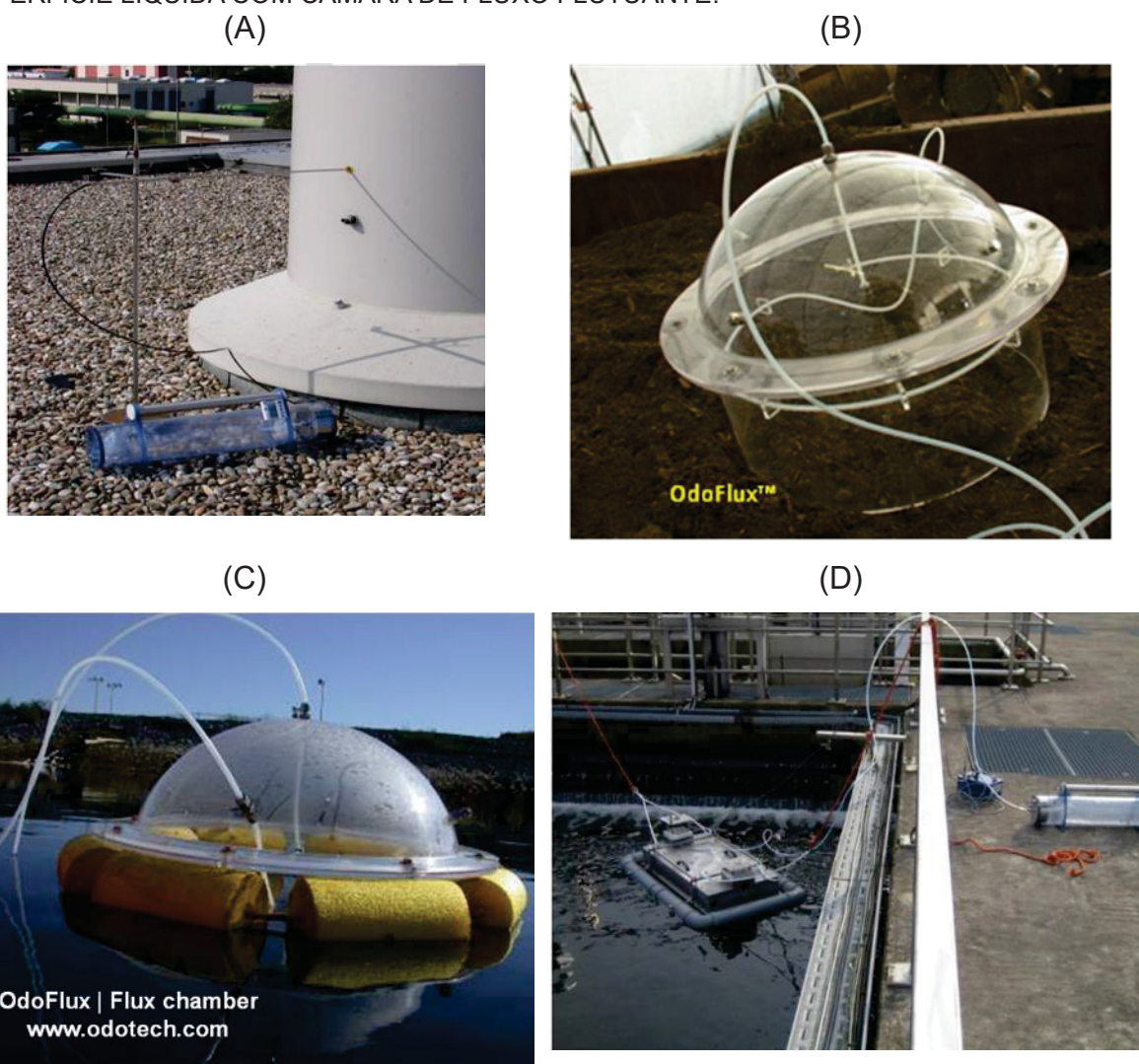
Uma alternativa, em casos onde é inviável realizar a logística de transporte entre coleta e análise da amostra em menos de 30h, é o uso do “Laboratório móvel de odores”, que consiste no olfatômetro de diluição dinâmica mostrado na FIGURA 4B, que pode ser transportado ao local de interesse próximo à fonte odorífera. Jurados podem ser treinados e realizar a análise conforme a EN 13725 (ODOURNET, 2021a), desde que seja providenciado um local com as condições ambientais citadas anteriormente (temperatura, umidade, etc.) (CEN, 2022).

Quanto à amostragem para olfatometria dinâmica, deve-se ressaltar que há metodologias e equipamentos de coleta distintos para cada tipo de fonte, sendo os principais tipos, os seguintes, ilustrados na FIGURA 6. A norma EN 13725 apresenta recomendações para amostragem nestes diferentes tipos de fontes de odor em seu Anexo K (CEN, 2022):

- Fontes em área de superfície sólidas (por exemplo, biofiltros): usa-se campânula construída segundo norma VDI 3477:2004 (BRANCHER et al, 2013; SCHRAIER et al, 2019);
- Fontes em área de superfície líquida: câmara de fluxo flutuante (US EPA, 1986; DE MELO LISBOA 2010);
- Fontes pontuais (chaminés): É necessário usar os métodos clássicos de monitoramento de vazão, temperatura e vazão em fontes fixas, conforme normas ABNT, bem como existência de estrutura mínima na chaminé para possibilitar tal coleta (flange com orifício de no mínimo 10 cm de diâmetro)

(VIEIRA, 2013). É preciso verificar a temperatura dos gases a serem coletados, e se necessário deve ser incluída uma etapa de resfriamento dos gases para que não ocorra o rompimento do saco que contem a amostra (DE MELO LISBOA, 2010). Paralelamente, a condensação no sistema de amostragem e/ou dentro do saco de amostra deve ser prevenida, por exemplo, usando pré-diluição (EA, 2015).

FIGURA 6 – TIPOS DE AMOSTRAGEM PARA OLFATOMETRIA DINÂMICA. (A) E (B): AMOSTRAGEM EM SUPERFÍCIE SÓLIDA (BIOFILTRO); (C) E (D): AMOSTRAGEM EM SUPERFÍCIE LÍQUIDA COM CÂMARA DE FLUXO FLUTUANTE.



Fonte: ODOURNET BRASIL (2019) e ODOTECH (2017).

Em todos os casos, a amostra de odor deve ser coletada no saco apropriado, usando uma caixa pulmão evacuada (para evitar o contato da amostra com a bomba), ou bomba de material inerte ao odor, no caso de contato da amostra com a bomba (CEN, 2022; DE MELO LISBOA, 2010).

2.1.5.2 Requisitos para painéis de jurados da ODD (EN13725:2003)

A norma EN 13725:2003, no item 6.7, apresenta requisitos detalhados sobre Treinamento e Seleção de Jurados, conforme resumido por Guimarães (2020):

- Treinamento em 3 dias não consecutivos;
- Detectar n-butanol em concentração de 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 246 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- Desvio Padrão de 2,3 em pelo menos 10 avaliações;
- O membro do painel deve estar motivado para realizar seu trabalho com consciência;
- O membro do painel deve estar disponível para uma sessão de medição completa;
- O membro do painel deve ser contratado por um período suficiente para construir e monitorar um histórico de medição;
- A partir de 30 minutos antes e durante os membros do painel de medição olfatométrica não podem fumar, comer, beber (exceto água) ou usar goma de mascar ou doces;
- Os membros do painel devem tomar muito cuidado para não causar qualquer interferência em sua própria percepção ou na percepção de outros (falta de higiene pessoal ou uso de perfumes, desodorantes, etc.);
- Os membros do painel que sofrem de um resfriado ou qualquer outra doença que afete sua percepção do cheiro devem ser excluídos;
- Durante as medições, os jurados não devem se comunicar sobre os resultados.

Muitos estudos tem mostrado que não há diferença significativa em limites de detecção entre os sexos masculino e feminino, e que há uma redução da habilidade de detectar odores com o aumento da idade. Fumantes também apresentam limites de percepção levemente mais altos do que os não-fumantes (MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2020). Por este motivo, a faixa etária recomendada para painéis de jurados é acima de 16 anos, de acordo com a EN 13725:2022 (CEN, 2022).

2.1.5.3 Olfatometria de campo

A olfatometria de campo é capaz de fornecer resultados quantitativos referentes à percepção da intensidade do odor resultante da mistura de diferentes compostos no ar ambiente. Ao contrário dos métodos de análise físico-química laboratorial, a olfatometria de campo não avalia cada substância isoladamente, e sim o efeito sinérgico percebido pelo olfato humano, resultante da mistura complexa de compostos. Este método é prático e possibilita a obtenção dos resultados em curto espaço de tempo, diretamente no campo (BRANCHER et al, 2017).

A olfatometria de campo pode ser usada para monitoramento proativo ou ferramenta de verificação para realizar medições de odor na divisa da propriedade ou receptores na comunidade vizinha a alguma fonte de odor (NICELL, 2009), além de vários outros possíveis usos (MCGINLEY, 2002; ST CROIX SENSORY, 2020).

É importante notar que a coleta de amostras de ar ambiente e análise por olfatometria de diluição dinâmica (ODD) em laboratório em geral não é uma abordagem viável devido aos limites de detecção mais elevados desta técnica, em geral insuficientes para atender aos critérios de impacto de odor para entorno. Portanto, medições de odor no campo são frequentemente realizadas usando olfatômetros de campo (NICELL, 2009).

Estes equipamentos medem o número de diluições necessárias para que a amostra chegue ao limite de percepção do avaliador. Portanto, o resultado é a razão de diluição (*Dilution-to-Threshold* – D/T), grandeza correlata à concentração de odor em unidades de odor (ou_E/m³). A concentração do odor é quantificada determinando-se a taxa de diluição com ar puro necessária para a amostra de ar odorífero atingir o seu limite de detecção ao olfato humano. Quanto maior a diluição necessária, maior a intensidade do odor (ST. CROIX SENSORY INC., 2020). As definições das unidades D/T e ou_E/m³ são bastante parecidas, conforme mostrado pelas equações (5) (BAKHTARI, 2018; ST CROIX SENSORY INC, 2020) e (6) (MCGINLEY, 2018; MALHEIROS et al, 2018):

$$C_{\text{odor}} \left[\frac{D}{T} \right] = \frac{\text{Volume de ar filtrado (sem odor)}}{\text{Volume de ar com odor}} = \frac{V_{\text{filtrado}}}{V_{\text{odor}}} \quad (5)$$

$$C_{\text{odor}}[\text{ou}_E/\text{m}^3] = \frac{\text{Volume total de ar}}{\text{Volume de ar com odor}} = \frac{V_{\text{filtrado}} + V_{\text{odor}}}{V_{\text{odor}}} = \frac{V_{\text{filtrado}}}{V_{\text{odor}}} + 1 \quad (6)$$

Desta forma, é possível comparar os resultados de olfatometria de campo, em D/T, e a concentração estimada para o entorno pela modelagem de dispersão com resultados de ODD, em ou_E/m^3 , da seguinte forma (adaptado de MALHEIROS et al, 2018):

$$C_{\text{odor-modelagem}}[\text{ou}_E/\text{m}^3] = C_{\text{odor-campo}} \left[\frac{D}{T} \right] + 1 \quad (7)$$

Algumas publicações, incluindo legislações da região de Flanders na Bélgica usam o termo “*sniffing units per cubit meter*” (su m^{-3}) ao invés de “*Dilution-to-Threshold – D/T*”. Uma su m^{-3} representa a mínima quantidade de odorante presente em 1 m^3 de ar capaz de ser reconhecido por um jurado em condições de campo. O conceito de *sniffing units* é similar ao de unidades de odor, entretanto é medido em campo, ao invés de em laboratório (VIEIRA, 2017; BRANCHER et al, 2017), e é baseado no reconhecimento do odor, enquanto a unidade de odor europeia é determinada pela detecção, e não necessariamente pelo reconhecimento do mesmo. Tipicamente, 1 su m^{-3} corresponde a uma concentração de 1 a $5 \text{ ou}_E \text{ m}^{-3}$ (BOKOWA et al, 2021).

As principais vantagens da olfatometria de campo em comparação com a olfatometria dinâmica tradicional são: zero degradação da amostra; custo unitário por amostra reduzido; e resultados imediatos (BAKHTARI, 2018).

A origem do método de olfatometria de campo foi entre os anos 1958 e 1960, quando o Serviço de Saúde Pública do Estados Unidos patrocinou o desenvolvimento de um instrumento e procedimento para olfatometria de campo (medição da intensidade de odor). A empresa chamada “*Barnebey-Cheney Company*”, e posteriormente a “*Barnebey Sutcliffe Corporation*”. produziu um olfatômetro de campo chamado “*Scentometer*” (HUEY, 1960; MCGINLEY; MCGINLEY, 2004). Posteriormente, no ano 2000, a companhia St. Croix Sensory lançou o olfatômetro de campo *Nasal Ranger*® (MCGINLEY; 2000; MCGINLEY; MCGINLEY, 2004; ST. CROIX SENSORY INC., 2020).

Em 2004, McGinley e McGinley realizaram um teste comparando a concentração de odor medida com os olfatômetros de campo *Nasal Ranger*® (St. Croix Sensory Inc.) e *Scentometer* (*Barnebey Sutcliffe Corp*) em uma câmara de teste

com H₂S como odorante. A concentração de H₂S também foi medida na câmara com analisador Jerome Modelo 631 (*Arizona Instruments, Inc.*), com precisão de 1 ppb.

Os autores encontraram uma correlação entre os resultados em “*Dilution-to-Threshold*” - D/T e a concentração de H₂S (por exemplo, D/T igual a 7 corresponde a concentrações de H₂S de 4 a 11 ppb). Não foi encontrada diferença significativa entre os olfatômetros testados, e nem entre diferentes usuários/jurados. Os olfatômetros obtiveram limites de percepção de odor (LPOs) de H₂S entre 0,5 e 2 ppb, enquanto a olfatometria dinâmica em laboratório obteve resultados parecidos (0,45-0,9 ppb), ambos os resultados consistentes com LPOs já publicados. A TABELA 2 apresenta a correlação entre os dados de H₂S e D/T deste experimento (MCGINLEY; MCGINLEY, 2004).

TABELA 2 – RESULTADOS OBTIDOS DE RELAÇÃO ENTRE A CONCENTRAÇÃO DE H₂S (ppb) E OS VALORES D/T MEDIDOS COM OLFATÔMETRO DE CAMPO EM CÂMARA DE TESTE.

Concentração H₂S (ppb) medido com analisador Jerome 631	<i>Dilution-to-Threshold</i> (D/T) medido com olfatômetro Nasal Ranger®
2-4	2
4-5	4
4-11	7
11-17	15
17-28	30
28-40 ou mais	60

Fonte: Adaptado de MCGINLEY e MCGINLEY (2004).

Após o advento do *Nasal Ranger*®, o *Scentometer* foi caindo em desuso e parou de ser fabricado. Portanto, o olfatômetro de campo mais utilizado é o *Nasal Ranger*® (MCGINLEY, 2018), popularizado inicialmente na América do Norte, mas utilizado também na Europa (SZYŁAK-SZYDŁOWSKI, 2014).

Por volta de 2012 foi lançado um novo modelo de olfatômetro de campo (chamado olfatômetro portátil) pela empresa canadense IDES CANADA INC., o *Scentroid SM100*®, e alguns trabalhos já apresentaram a comparação entre este e o tradicional *Nasal Ranger*, mostrando forte correlação (SZYŁAK-SZYDŁOWSKI, 2014), bem como aplicações do olfatômetro portátil SM100 em estudos de estabilização biológica de resíduos (SZYŁAK-SZYDŁOWSKI, 2021).

No olfatômetro portátil SM100 (IDES Canada, Inc.), o ar contendo odorantes (amostra) é diluído por meio de uma válvula conectada a um cilindro pressurizado de comprimido. O equipamento possui um ajuste de alta precisão para proporcionar um

fluxo constante de ar, permitindo selecionar uma das 15 posições de razão de diluição do ar limpo em relação à amostra. A faixa de diluição é selecionada por meio de 5 placas intercambiáveis, que permitem uma diluição mínima de 2 e máxima de 30.000 vezes. Um filtro de carvão ativado adicionalmente providencia a pureza do ar do cilindro (SZYŁAK-SZYDŁOWSKI, 2014).

Este tipo de olfatômetro é caracterizado por uma faixa mais ampla de diluição do que o olfatômetro do modelo *Nasal Ranger*®, o que permite seu uso inclusive para testar diretamente as fontes de odor como na olfatometria dinâmica, porém com menor número de jurados (SZYŁAK-SZYDŁOWSKI, 2014; BAKHTARI, 2018). Porém, o SM100 possui a limitação do tempo de avaliação de até 20 minutos ou cerca de 15 amostras com um cilindro, que pode ser expandido para 40 minutos com uso de cilindro extra (SCENTROID, 2018).

As principais diferenças entre este modelo e o *Nasal Ranger*® são a fonte de ar de diluição (um tanque com ar limpo carregado pelo avaliador, ao invés de ar filtrado diretamente por filtros de carvão ativado), e as faixas de avaliação (Scentroid SM100 permite 15 passos de diluição, enquanto o *Nasal Ranger*® permite de 6 a 11 passos) (SZYŁAK-SZYDŁOWSKI, 2014).

O QUADRO 7 mostra as especificações técnicas do olfatômetro de campo *Nasal Ranger*® (ST. CROIX SENSORY INC., 2020) e Scentroid SM100 ou SM100i (SCENTROID, 2018). A FIGURA 7 ilustra o primeiro com imagens, enquanto o segundo é apresentado na FIGURA 8.

QUADRO 7 – DADOS TÉCNICOS DOS PRINCIPAIS OLFATÔMETROS DE CAMPO NO MERCADO.

Modelo	<i>Nasal Ranger</i> ®	Scentroid SM100 / SM100i
Fabricante (País)	St. Croix Sensory Inc. (EUA)	IDES CANADA INC. (Canadá)
Técnica de Detecção	Olfato Humano	Olfato Humano
Faixa de diluição	2 - 500	2 – 11.000
Razões de Diluição (Dilution-to-Threshold - D/T)	2, 4, 7, 15, 30, 60, 100, 200, 300, 400 e 500 D/T's	15 passos em diferentes subfaixas: 2-101; 4-678; 44-656; 2-3600; 2000-30,000
Tempo de resposta	A partir de 2 segundos	Não disponível
Acurácia	+/- 10% (2 a 6 D/T); e 5% (60-500 D/T).	Não disponível
Repetitividade	+/- 2%	Não disponível
Taxa de Inalação	16 -20 L/min	20 L/min
Tempo limite de avaliação (capacidade do suprimento de ar)	Não aplicável	20 min (1 cilindro); 40 minutos (2 cilindros)
Número de amostras por avaliação	Não aplicável	Aprox. 15
Fonte de Energia	Bateria alcalina de 9V	SM100: não precisa; SM100i: Bateria de lítio recarregável (36h de duração)
Peso	0,91 kg	3,5 kg

Fonte: Adaptado de ST. CROIX SENSORY INC. (2020) e SCENTROID (2018).

FIGURA 7 – OLFATÔMETRO DE CAMPO *NASAL RANGER*® (A) VISTA LATERAL; (B) VISTA FRONTAL DO DISCO D/T, MOSTRANDO OS ORIFÍCIOS DE DIFERENTES TAMANHOS QUE PROPORCIONAM DIFERENTES TAXAS DE DILUIÇÃO (D/T).

(A)

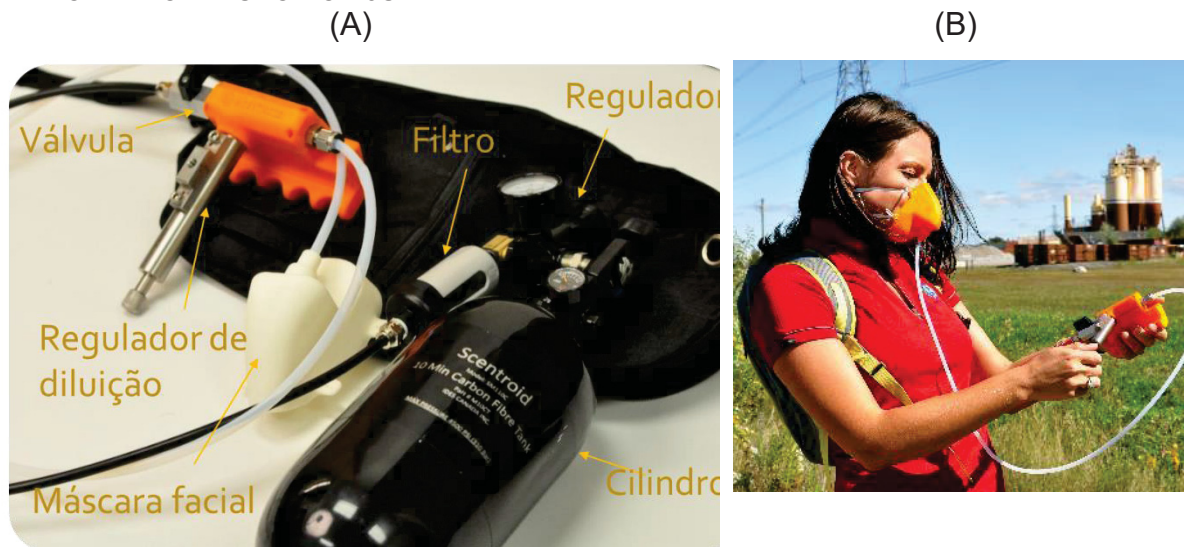


(B)



Fonte: ENVEX ENGENHARIA E CONSULTORIA (2013).

FIGURA 8 – OLFATÔMETRO PORTÁTIL SCENTROID SM100. (A) COMPONENTES; (B) OLFATÔMETRO EM USO POR JURADA TREINADA.



Fonte: Adaptado de BAKHTARI (2018).

O princípio de funcionamento do olfatômetro de campo, independentemente do modelo, é similar ao do olfatômetro de diluição dinâmica, ou seja: a mistura, em razões volumétricas discretas, de ar ambiente contendo odores, com ar filtrado livre de odores. Estas razões volumétricas discretas são chamadas de “*Dilution-to-Threshold ratios*”, ou Razões de Diluição. Esta mistura é conseguida por meio de fluxos de ar provenientes de duas diferentes entradas (ST. CROIX SENSORY INC., 2020).

No caso do *Nasal Ranger*®, o fluxo de ar a ser limpo passa através de um par de filtros de carvão ativado, compostos por vários meios filtrantes para remoção do odor, que ficam encaixados nos lados do olfatômetro. Em seguida, este ar filtrado e livre de odores flui ao longo do olfatômetro, e se mistura com o fluxo de ar proveniente de um dos orifícios do disco D/T, o qual apresenta odor. Esta mistura de ar filtrado (1) com o ar contendo odor (2) percorre o interior do equipamento até o nariz do usuário, acomodado dentro da máscara (ST. CROIX SENSORY INC., 2020).

No caso do Scentroid SM100 ou SM100i, o fluxo de ar limpo (1) procede do cilindro de ar comprimido e também passa por um filtro de carvão ativado e pela válvula, até se misturar com o fluxo (2) que vem da ponta livre da tubulação deste olfatômetro, e se misturam dentro da máscara facial do avaliador (BAKHTARI, 2018).

No *Nasal Ranger*®, a posição rotacional do disco mostrador D/T determina o tamanho do orifício e, conseqüentemente, o volume de ar com odor que entra pelo orifício escolhido. Um orifício maior permite que mais ar com odor entre pelo disco D/T

para se misturar com o ar filtrado, e vice-versa (ST. CROIX SENSORY INC., 2020). Já no Scentroid SM100, a diluição é determinada pela posição da válvula e pela placa utilizada, e posteriormente determinada usando uma tabela que relaciona estes dados com a diluição (BAKHTARI, 2018). O modelo SM100i, por sua vez, possui um microcontrolador que interage com o usuário por meio de uma interface em tablet, para ajuste da diluição, ao invés de placas (SCENTROID, 2018).

A razão do volume de ar filtrado pelo volume de ar odorífero é a chamada de Taxa de Diluição (*Dilution-to-Threshold ratio - D/T*). A olfatometria de campo calcula a Taxa de Diluição por meio da equação (5) (BAKHTARI, 2018; ST. CROIX SENSORY INC., 2020), ou seja, a razão entre o volume de ar livre de odores e o volume de ar com odor.

O olfatômetro de campo *Nasal Ranger®* (FIGURA 7 e QUADRO 7) possui orifícios no disco D/T que medem as seguintes taxas de diluição: 60, 30, 15, 7, 4, e 2, sendo que 60 corresponde ao odor de maior intensidade e 2 ao odor de menor intensidade. Há também um disco D/T opcional para maiores diluições: 60, 100, 200, 300, 400 e 500 D/T (ST. CROIX SENSORY INC., 2020; MALHEIROS et al, 2018). A FIGURA 9 ilustra o uso do equipamento em campo por jurados treinados.

FIGURA 9 – (A) JURADA UTILIZANDO O OLFATÔMETRO DE CAMPO *NASAL RANGER®* E (B) PAINEL DE JURADOS USANDO O *NASAL RANGER®*, E TRIPÉ COM MEDIDORES DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.



Fonte: BRANDT et al. (2011).

As seguintes informações devem ser coletadas e registradas na planilha de campo: Identificação do ponto; coordenadas (obtidas com apoio de GPS ou outra ferramenta), data e horário da medição; descrição do local da medição; concentração do odor medida com o olfatômetro de campo; comentários e percepção /

caracterização do odor, a fim de auxiliar na identificação da fonte odorífera; condições meteorológicas durante a medição: principalmente direção e velocidade do vento (BAKHTARI, 2018; ST. CROIX SENSORY INC., 2020). Estes dados podem ser obtidos, por exemplo, por meio de uma estação meteorológica portátil, montada em um tripé, que faz as medições com resolução temporal de minuto em minuto (MALHEIROS et al, 2018).

Bokowa (2012) comparou os resultados de concentrações de odor ambiente medidas por diferentes técnicas: olfatômetros de campo Scentroid SM-110 e *Nasal Ranger*®, amostragem em ambiente com análise por painel de 8 jurados por ODD, e amostragem na fonte com análise por modelagem de dispersão. Ela concluiu que os resultados do Scentroid SM100 foram geralmente mais elevados (24-38%) do que os obtidos por avaliação de ODD. Houve uma correlação muito alta entre estes resultados, enquanto a correlação com os resultados do *Nasal Ranger*® foi mais baixa (SZYŁAK-SZYDŁOWSKI, 2014).

Destaca-se que o monitoramento deve ser realizado por pessoa treinada, que tenha passado por teste de sensibilidade e por um treinamento específico para operação do olfatômetro de campo (ST CROIX SENSORY, 2020), assim como ocorre para a ODD. Resultados adequados também dependem de calibração e manutenção adequadas, bem como de um plano de monitoramento coerente. Mais detalhes destes aspectos são apresentados no capítulo de resultados.

2.1.5.4 Teste de sensibilidade e treinamento de jurados para olfatometria de campo

Para assegurar a confiabilidade dos dados coletados em investigações de campo, um programa de treinamento teórico e prático deve ser implantado para preparar os jurados para conduzir tais avaliações (MCGINLEY et al, 1995).

O treinamento é necessário para garantir que o avaliador entenda as variáveis que influenciam a dispersão do odor, bem como saiba operar o equipamento adequadamente. No caso do *Nasal Ranger*®, ele deve posicionar o instrumento adequadamente para evitar vazamentos de ar, e inalar na faixa para a qual o instrumento é calibrado – 16 a 20 L/min, o que pode ser verificado por meio de luzes de LED no painel (ST CROIX SENSORY, 2020).

A empresa fabricante do *Nasal Ranger*® desenvolveu um kit para teste da sensibilidade de jurados. O procedimento de teste determina a sensibilidade olfativa individual usando canetas de odor, cuja ponta de feltro contém o odorante de referência 1-butanol (n-butanol). A combinação do método de apresentação padronizado e da análise estatística fazem deste teste um método confiável de medir a sensibilidade olfativa de um indivíduo (ST. CROIX SENSORY, 2006). O procedimento de aplicação do teste foi desenvolvido usando como referência as normas ASTM E544 (ASTM, 2011), E679 (ASTM, 2019a); ASTM E1432-19 (ASTM, 2019b) e EN 13725:2003 (DIN, 2003) (ST. CROIX SENSORY, 2006).

O método combina dois procedimentos padronizados. Primeiramente, o procedimento de concentração ascendente utiliza 14 canetas de odor com concentrações crescentes de n-butanol em passos discretos. Em segundo lugar, o teste usa o modo de apresentação de escolha forçada triangular (*triangular forced-choice method* ou *3-alternatives forced choice*) (ST. CROIX SENSORY, 2006).

O indivíduo sob teste fica vendado, e após cheirar as amostras, deve indicar qual caneta contém o odorante, dentre um grupo de três canetas, uma das quais contém n-butanol, e a outra é uma caneta inodora, usada duas vezes como a caneta de “branco”. Uma nova sequência de três amostras é apresentada, com uma concentração mais elevada e novamente o jurado deve indicar qual delas possui o odorante. A rodada de teste finaliza quando o indivíduo consegue dois acertos sequenciais, sem adivinhar. O teste completo inclui uma rodada de aquecimento, e duas rodadas cujo resultado é computado (ST. CROIX SENSORY, 2006). O resultado médio da população neste teste de sensibilidade de odor é 8, e em geral aceita-se uma faixa de 5 a 10 (BRANDT, 2011; MCGINLEY, 2018).

Outra opção de teste de sensibilidade ao odor é o *Screening Sniffing-Stick Test SST-12* (usando 12 varetas), seguindo procedimento da norma ISO 13301:2002 (SZYŁAK-SZYDŁOWSKI, 2021).

Recomenda-se que a sensibilidade dos jurados que realizam a olfatometria de campo seja aferida periodicamente, para garantir que continuam aptos (BRANDT et al, 2011).

2.1.5.1 Calibração e manutenção de olfatômetros de campo

Assim como outros métodos de avaliação ambiental, a calibração do olfatômetro de campo modelo *Nasal Ranger*® é recomendada pelo fabricante com frequência anual, e consiste na checagem dos fluxos de ar e pelos orifícios do disco D/T e comparação das razões de diluição real produzidas pelo equipamento em calibração, com as razões nominais (em geral 2, 4, 7, 15, 30 e 60 D/T) (MCGINLEY, 2018).

Até meados de 2022, não existia prestador de serviços capaz de realizar a calibração de olfatômetros de campo no Brasil, o que dificultava a realização de calibrações anuais pelos usuários, visto que esta envolvia o envio dos equipamentos para os Estados Unidos para calibração diretamente com o fabricante. Entretanto, em 2022 uma empresa paranaense, a EnvEx Engenharia e Consultoria, se tornou representante exclusiva do olfatômetro *Nasal Ranger*® no Brasil, e passou também a prestar o serviço de calibração em território nacional, tornando este processo mais ágil e barato para os usuários brasileiros (ST CROIX SENSORY, 2022).

Quanto à manutenção, a recomendação do manual do instrumento é que o usuário defina um cronograma de substituição dos filtros de carvão ativado de acordo com a frequência de uso, considerando também as concentrações de odor monitoradas: quanto mais elevadas as concentrações medidas em geral, mais rápido ocorrerá a saturação dos filtros. Uma boa orientação geral é a substituição dos filtros a cada 200h de uso em campo, em média (ST CROIX SENSORY, 2020).

Outras ações de manutenção incluem a limpeza externa do instrumento após cada uso, a substituição da proteção que fica em contato direto com a face do avaliador (*comfort seal*) quando mostrar sinais de sujeira, bem como o uso de máscara (*nasal mask*) individual para cada jurado (ST CROIX SENSORY, 2020).

Quanto à operação do olfatômetro de campo, Brandt *et al.* (2011) sugere que para cada diluição do disco D/T, sejam tomadas 3 inspirações de cerca de 3 s de duração cada uma, sucessivamente em diluições decrescentes, até que ocorra a detecção do odor. Isso visa confirmar que a detecção do odor não está sendo causada por vazamento na máscara. Além disso, devem ser minimizadas as distrações durante a amostragem, pois o avaliador deve estar concentrado na tarefa para obter resultados precisos (BRANDT *et al.*, 2011).

2.1.5.2 Limitações da olfatometria de campo e possíveis soluções

Nicell (2009) e McGinley *et al.* (1995) ressaltam que, além dos benefícios das avaliações em campo, estas também estão sujeitas a algumas limitações importantes. A seguir estas limitações são listadas e possíveis soluções são propostas:

- 1) Variabilidade e imprevisibilidade em condições de vento e influência de topografia complexa podem frustrar a investigação em campo e limitar a coleta de dados. Portanto, para caracterização do impacto, sugere-se a realização de campanhas intensivas com alguns dias de duração, a fim de permitir avaliação em condições meteorológicas diversas (MALHEIROS *et al.*, 2014; 2016; 2018; PERAZZOLI *et al.*, 2018);
- 2) A complexidade do odor (diferenças no caráter da fonte e do odor ambiente) e a variabilidade da emissão pode produzir odores ambientes diferentes do odor da fonte que se deseja avaliar. Neste caso, avaliações com olfatometria dinâmica de amostras da fonte podem dar suporte às investigações de campo por meio da identificação do caráter do odor em uma faixa ampla de diluições (MCGINLEY *et al.*, 1995).
- 3) Estudos de campo sozinhos, em geral, não podem demonstrar a conformidade com algum requisito legal. Isto quer dizer que uma única observação feita durante um episódio de odor pode ser usada para demonstrar não-conformidade; entretanto, para demonstrar conformidade legal, um estudo mais abrangente deve ser realizado contemplando amostragens por toda a área de estudo durante um período longo e representativo de uma variedade de condições meteorológicas (por exemplo, usando o método da grade – EN16841-1:2016 (CEN, 2016), o que torna o estudo custoso e demorado. Por outro lado, o uso conjunto da olfatometria de campo e modelagem de dispersão atmosférica pode contornar esta limitação (MALHEIROS *et al.*, 2014, 2016; 2018; PERAZZOLI *et al.*, 2018; SCHRAIER *et al.*, 2019);
- 4) Em alguns casos, pode não ser possível determinar a conformidade legal através de estudos de campo se houver outras fontes de odor com caráter e hedonicidade similares na região, visto que o odor medido em campo não irá diferenciar entre as fontes, e sim irá apenas apresentar o resultado

no referido ponto e horário (NICELL, 2009). Caso as fontes da região emitam odor de caráter e hedonicidade diferentes entre si, de modo que os odores sejam distinguíveis, ainda é possível fazer a avaliação considerando apenas os episódios nos quais o odor objeto de estudo é percebido, posicionando os pontos de avaliação e jusante da fonte desejada. Se isto não for possível, é necessário utilizar outras técnicas, como a amostragem e análise das fontes de emissão com ODD e modelagem de dispersão (GUIMARÃES, 2020).

2.1.6 Técnicas de avaliação do impacto relacionado ao odor

Para avaliar o incômodo odorante, as emissões de odor devem ser medidas e quantificadas e então deve ser avaliada sua percepção nos receptores a fim de estabelecer uma ligação entre as emissões e os impactos (RANZATO *et al.*, 2012). Isso implica que os limites sejam geralmente estabelecidos ao nível de imissão e não na fonte emissora (VIEIRA, 2013).

Portanto, na maioria dos casos, se faz necessário o uso de modelagem de dispersão atmosférica para avaliar a concentração de odor nos receptores, com base nos dados das fontes emissoras. Por este motivo que a maioria das legislações mais avançadas relativas a odor incluem limites de concentração de odor no receptor, bem como percentis de ocorrência (P98, P99, dentre outros, para representar a frequência) e fatores pico/média (BRANCHER *et al.*, 2017; BOKOWA *et al.*, 2021).

Para Nicell (2009), as metodologias de avaliação de impacto ambiental odorante podem ser classificadas em duas abordagens: caracterização da fonte emissora e previsão dos impactos no entorno (por meio de modelagem de dispersão atmosférica); ou medições diretas de impacto em campo (por exemplo, usando olfatométrica de campo ou inspeções em campo pelo método da grade). Estas abordagens podem ser usadas isoladamente ou em conjunto.

Atualmente, é possível aplicar metodologias internacionais padronizadas de medição de odor, como a EN13725:2022, que estabelece requisitos para olfatométrica dinâmica (CEN, 2022), já abordada no item 2.1.5.1 e as normas EN16841:2016 partes 1 e 2, que tratam de inspeções em campo (CEN, 2016a; CEN, 2016b), que permitem o estabelecimento de um limite objetivo para o odor. Esta última é abordada no item 2.1.6.2.

A seguir, apresenta-se brevemente a metodologia de modelagem de dispersão atmosférica.

2.1.6.1 Modelagem de dispersão atmosférica com AERMOD/CALPUFF

A ferramenta de modelagem matemática de dispersão de poluentes atmosféricos permite calcular as concentrações ambientais de poluentes atmosféricos na área de influência do empreendimento, com base nas características e taxas de emissões das fontes poluentes. A dispersão da poluição lançada pelas fontes se dá em função das condições meteorológicas e da topografia da região (ROMAIN; DELVA; NICOLAS, 2008; MALHEIROS et al, 2014).

Com relação ao odor, uma das técnicas de avaliação de impacto mais comumente aplicadas, e contemplada por diferentes legislações internacionais, envolve o uso do dado de Taxa de Emissão de Odor (TEO, ou em inglês *odour emission rate* – OER), expressa em unidades de odor por unidade de tempo, combinada com dados topográficos e meteorológicos locais, como dados de entrada para modelos de dispersão atmosférica, que permitem estimar como as emissões são diluídas e transportadas na atmosfera (CAPELLI *et al.*, 2013; BRANCHER *et al.*, 2017, CAPELLI; SIRONI, 2018).

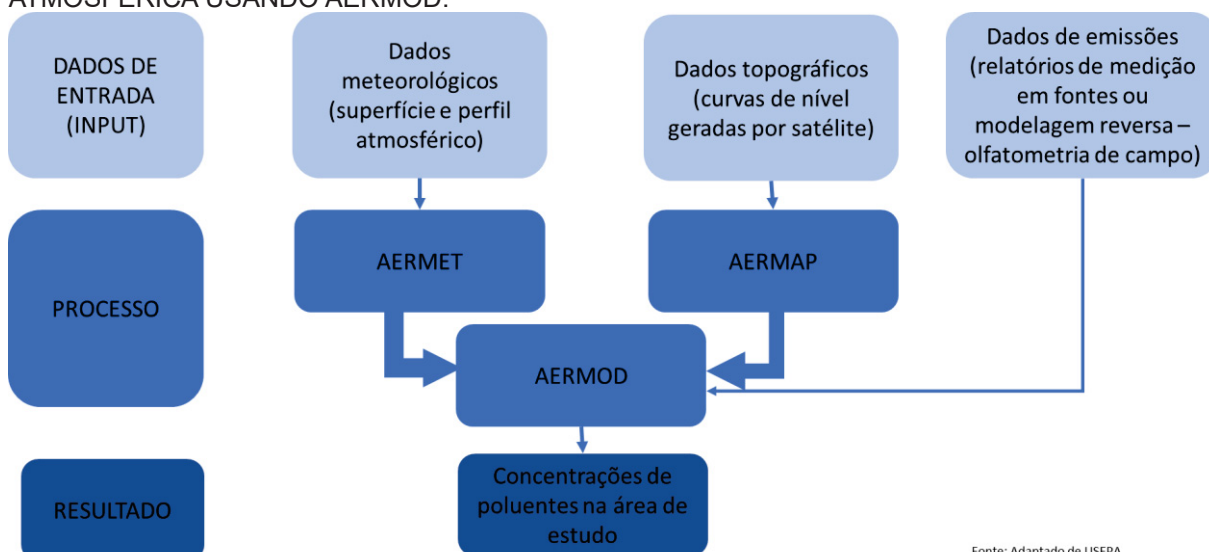
Tendo em vista que a modelagem de dispersão de odor não é o foco deste trabalho, não serão detalhados os outros modelos existentes para este tipo de avaliação, além do AERMOD e CALPUFF. Sugere-se que o leitor consulte o trabalho de Conti, Guarino e Bacenetti (2020), seção 3, para mais detalhes sobre outros modelos de dispersão atmosférica de odor.

Modelos de dispersão atmosférica como o AERMOD, desenvolvido pela *United States Environmental Protection Agency* (US EPA) e pela *American Meteorological Society* (AMS) (US EPA, 2022a; US EPA 2022b) são amplamente utilizados para avaliação de impacto de poluentes atmosféricos convencionais, como os regulados pela Resolução CONAMA 491/2018 (BRASIL, 2018). O AERMOD é o modelo regulatório mais recomendado pela comunidade técnica e científica de qualidade do ar dos Estados Unidos, Canadá e diversos outros países, incluindo o Brasil, sendo rotineiramente solicitado na etapa de licenciamento prévio de

empreendimentos, para poluentes convencionais. Detalhes de como deve ser a implementação das modelagens para este objetivo são definidos pelo órgão ambiental estadual de São Paulo, a CETESB, no Anexo I do Manual para Elaboração de Estudos para o Licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental (CETESB, 2014).

O AERMOD baseia-se na teoria de dispersão Gaussiana. As concentrações são calculadas em função da variância da velocidade vertical e horizontal do vento, que são obtidas pelo modelo a partir de dados médios horários de meteorologia, além de outros parâmetros meteorológicos e topográficos. O sistema de modelagem é composto de três módulos: AERMET (processador de dados meteorológicos), AERMAP (processador de dados topográficos) e AERMOD (que usa os resultados dos outros módulos em conjunto com dados de emissão para gerar os resultados). Detalhes podem ser encontrados na formulação e manual do modelo (US EPA, 2016; US EPA, 2022a; US EPA, 2022b). A FIGURA 10 ilustra estas etapas.

FIGURA 10 – ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DA MODELAGEM DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA USANDO AERMOD.



Fonte: Adaptado de USEPA

Fonte: Adaptado de US EPA (2022a; 2022b).

O AERMOD, sendo um modelo Gaussiano estacionário, pode ser limitado em sua habilidade de abordar situações como terreno complexo, padrões de ventos complexos incluindo alto percentual de calmarias, bem como situações de campo próximo. Neste caso, recomenda-se o uso de modelos Lagrangeanos não estacionários, por exemplo o CALPUFF (EXPONENT, INC, 2022).

O CALPUFF também é composto por três módulos: pré-processador meteorológico CALMET, o modelo CALPUFF e o pós-processador gráfico CALPOST.

Os dados de entrada são similares aos do AERMOD, exceto que para meteorologia o CALPUFF aceita mais uma série de dados meteorológicos, e as combina formando um campo de vento (EXPONENT, INC, 2022). O CALPUFF retém a informação de horas anteriores de emissão, e por isso é adequado para modelar situações de estagnação e recirculação, que são típicas em casos críticos (*worst-case scenario*) de dispersão de odores (BARCLAY et al, 2021).

Alguns exemplos de estudos que utilizaram o CALPUFF para modelagem de odor são: Capelli *et al.* (2011), que avaliaram o impacto de três pólos industriais; Ranzato *et al.* (2012), que estudaram uma planta de digestão anaeróbia de resíduo sólido municipal; Capelli e Sironi (2018), que simularam as emissões de um aterro sanitário na Itália, e Zarra, Belgiorno e Naddeo (2020), que estudaram o impacto de uma estação de tratamento de efluentes em área urbana.

Por sua vez, exemplos de estudos que utilizaram o modelo AERMOD para avaliação de impacto de odor incluem Malheiros *et al.* (2014), que estudou um complexo industrial; Malheiros *et al.* (2016) e Perazzoli et al (2018), que abordaram ETEs composta por lagoas anaeróbias; Schraier *et al.* (2019), que avaliou uma indústria de subprodutos animais, e Damuchali e Guo (2020), que avaliaram uma refinaria de petróleo e desenvolveram um fator de emissão de odor através de modelagem reversa.

Independente do modelo a ser usado, é muito importante que o dado de entrada da taxa de emissão seja adequadamente avaliado, já que é diretamente proporcional ao resultado final. Um número adequado de amostras deve ser obtido das fontes, contemplando a variabilidade operacional das fontes (CAPELLI et al, 2013; CAPELLI; SIRONI, 2018; ZARRA; BELGIORNO; NADDEO, 2020).

A modelagem de dispersão do odor possui algumas particularidades em relação à modelagem de poluentes atmosféricos convencionais. A primeira delas é ligada à estimativa da taxa de emissão, que é um dos principais dados de entrada para a modelagem. Este dado deve preferencialmente ser medido nas fontes e avaliado por método sensorial, ou seja, olfatometria dinâmica – ODD. Se desejado, é possível usar taxas de emissão de substâncias odoríferas específicas, determinadas por métodos analíticos (ROMAIN, DELVA, NICOLAS, 2008; MALHEIROS et al, 2014; ZARRA, BELGIORNO; NADDEO, 2020).

Para fontes não pontuais, por exemplo fontes em área como aterros sanitários ou compostagem a céu aberto, ou mesmo lagoas de tratamento de efluentes, a estimativa de emissão é mais complexa (CAPELLI et al, 2008; CAPELLI et al, 2013). Um estudo realizado na Itália buscou testar o uso de diferentes taxas de emissão de odor para aterros sanitários: valor constante, obtido com base em medições usando túnel de vento específico para este monitoramento; e taxa de emissão variável, calculada com base em equações que levam em consideração a velocidade do vento incidente sobre a superfície do aterro (CAPELLI; SIRONI, 2018). A conclusão foi que a taxa de emissão constante apresentou resultado mais coerente com o da inspeção em campo, tanto em termos de forma como na extensão da pluma de odor, indicando que a emissão é mais ligada à produção do gás interna ao aterro, do que aos efeitos externos do vento sobre o mesmo (CAPELLI; SIRONI, 2018).

A segunda particularidade é em relação ao intervalo de tempo para cálculo das concentrações resultantes. Os modelos tradicionais utilizam séries de dados meteorológicos compostas por dados em intervalos horários; portanto, os resultados calculados também expressam médias horárias da concentração do poluente (US EPA, 2022a). Conforme já mencionado no item 2.1.3.3, a duração de episódios de odor pode ser muito rápida, pois é sensível às flutuações meteorológicas sub-horárias. Portanto, para que os modelos de dispersão representem adequadamente o impacto do odor, vários autores recomendam o uso de fatores pico-média (*peak-to-mean ratios*) (SCHAUBERGER; PIRINGER; PETZ, 2002; MALHEIROS et al, 2014; MALHEIROS et al, 2016; BRANCHER et al, 2017; SCHRAIER et al, 2019; CONTI; GUARINO; BACENETTI, 2020).

Vários estudos utilizam a integração de modelagem de dispersão com inspeções ou medições em campo para a validação do modelo, especialmente em casos que incluem fontes difusas (em área) e fontes fugitivas (MALHEIROS et al, 2014; MALHEIROS et al, 2016; CAPELLI; SIRONI, 2018; SCHRAIER et al, 2019; ZARRA; BELGIORNO; NADDEO, 2020).

Zarra e colaboradores (2020) realizaram um estudo de caso na área de influência de uma grande ETE e sugeriram adaptações para melhorar a predição do incômodo relativo ao odor. Concluíram que os fatores de ofensividade e localização (O e L dos fatores FIDOL) são parâmetros chave para quantificar o incômodo percebido. A modelagem de dispersão integrada multi-nível se destacou como a mais

adequada para definir as estratégias a serem adotadas pela equipe da ETE para redução de seu impacto (ZARRA; BELGIORNO; NADDEO, 2020).

O trabalho de Zarra, Belgiorno e Naddeo (2020) comparou os resultados da modelagem de dispersão atmosférica usando mais de um critério de avaliação: 1 e 1,5 ouE/m³ e percentis 85 e 98. As isopletras (isolinhas de concentração) usando um percentil mais alto, bem como uma concentração de odor mais baixa, produziram os resultados mais conservadores, definindo uma área de impacto maior.

Conforme sugerido por Zarra, Belgiorno e Naddeo (2020), uma metodologia ideal para avaliação de impacto de odor inclui o uso da modelagem de dispersão atmosférica do odor, usando critérios de concentração (ouE/m³) e percentil; determinação dos fatores de ofensividade e localização através de questionários com a população afetada, e validar os resultados por meio de inspeções em campo com assessores treinados, porém em período e área restritos, ou seja, mais simplificado do que o exigido na norma EN 16841-1 (CEN, 2016), visto que este método de inspeções concorda bem com a percepção de incômodo, entretanto possui custo elevado, alta demanda de recursos humanos especializados, e tem longa duração.

A modelagem de dispersão é o método mais usado para predição do impacto de odor de um empreendimento. Ele gera economia de tempo para obtenção dos resultados, mas em geral não leva em consideração os fatores ofensividade e localização, a não ser que os critérios de avaliação (limites) aplicados sejam diferenciados para áreas de usos com diferentes sensibilidades (residencial, industrial, etc), bem como para odores de ofensividades distintas (ZARRA; BELGIORNO; NADDEO, 2020).

As seguintes limitações do método da modelagem de dispersão atmosférica de odor devem ser consideradas na definição de uma estratégia para avaliação do problema (MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016):

- Variabilidade das taxas de emissão de odor, que impeça que sejam adequadamente caracterizadas por medições individuais;
- Falta de dados meteorológicos representativos das condições locais;
- Efeitos sinérgicos de diferentes tipos de odor (mascaramento ou outros), que variam para cada mistura de odorantes e diferentes fontes, levando a efeitos que não são simplesmente aditivos;

- O fato de que a intensidade de odor não varia de forma linear com a concentração, mas sim de acordo com a Lei de Steven ou de Weber-Fechner (item 2.1.1.2).

Nos casos de fontes ainda não existentes (fase de planejamento), a modelagem ainda pode ser aplicada usando dados coletados em fontes de emissão existentes similares (MALHEIROS et al, 2016), ou fatores de emissão de odor adequados (CONTI; GUARINO; BACENETTI, 2020). Estes fatores possuem definição similar aos fatores de emissão de poluentes clássicos, e relacionam a quantidade de odor emitida com algum índice da atividade geradora da emissão (área de produção, número de animais, massa produzida, unidade de tempo) (CONTI; GUARINO; BACENETTI, 2020).

A olfatometria de campo pode prover informações úteis para validar resultados da modelagem de dispersão, e apoiar na aplicação da técnica de modelagem reversa para cálculo das taxas de emissão de odor, através da quantificação da concentração de odor em locais específicos, próximos a fontes de odor (VIEIRA et al, 2015).

A modelagem de odor não deve ser usada como a única evidência de avaliação, e os resultados da modelagem devem idealmente ser validados com dados obtidos em campo, quando disponíveis ou possíveis de serem levantados (MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016; EPA VICTORIA, 2021b). A modelagem é melhor aplicada em situações onde a taxa de emissão de odor pode ser adequadamente medida, e onde as emissões são razoavelmente constantes, causando possíveis efeitos crônicos. Se houver dados suficientes da comunidade para demonstrar que há um problema de odor, a modelagem de odor não deve ser usada para tentar argumentar o contrário (MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016).

Finaliza-se esta seção indicando que está em desenvolvimento um manual internacional de avaliação de exposição ao odor usando modelagem de dispersão, que considera a natureza dos episódios de odor (duração sub-horária) e situações de baixas velocidades do vento ou calmarias. Este documento é uma iniciativa de mais de 50 experts de diversos países, liderados por Carlos Diaz (Espanha), Jennifer Barclay (Nova Zelândia) and Günther Schauburger (Áustria). O trabalho iniciou em Agosto de 2020, e estima-se que até o final de 2022 o documento seja publicado (BARCLAY et al, 2021).

2.1.6.2 Inspeções em campo – EN16841-1:2016 (método da grade) e EN 16841-2 (método da pluma)

Os métodos de inspeção em campo para determinação do odor no ambiente definidos pelas normas VDI 3940 parte 1 - método da grade (VDI, 2006a) e parte 2 – método da pluma (VDI, 2006b), foram adotados em 2016 pela norma de referência europeia EN 16841 (CEN, 2016a; CEN, 2016b; SILVA, 2020), que por sua vez inclui dois métodos: método da grade (parte 1 da norma) e método da pluma (parte 2) (CEN, 2016a; CEN, 2016b).

Em ambos os métodos, membros de um júri caracterizam a área pela presença ou ausência de um odor, usando sua percepção sensorial (GUILLOT et al, 2012). Ambos requerem a seleção prévia dos jurados com base em teste de sensibilidade ao odorante n-butanol, de acordo com a orientação da norma EN 13725 (CEN, 2022), que determina o limiar de percepção de odor do avaliador, verificando se o mesmo representa adequadamente a sensibilidade média da população. Os jurados devem ser testados periodicamente pelo menos a cada seis meses (GUILLOT et al, 2012; WEST, 2015).

Cada jurado se posiciona no ponto de monitoramento e inala o ar em intervalos de 10 segundos de duração, durante 10 minutos. A cada intervalo, o jurado registra se um odor foi detectado, e caso positivo, o tipo de intensidade do odor (na escala de 6 pontos da VDI 3882-1 (VDI, 1992), mostrados na TABELA 1. Um total de 60 medições de odor é realizado a cada ciclo de 10 minutos.

O método da grade (VDI, 2006a; CEN, 2016a) é uma metodologia estatística de monitoramento de longa duração que visa obter um mapa representativo da exposição a um odor reconhecível em uma área selecionada onde várias indústrias operam próximas umas das outras. Este método requer um período mínimo de pesquisa de campo de 6 meses, podendo contemplar 12 meses, para abranger meses mais frios/úmidos e mais quentes/secos no cronograma de amostragem (WEST, 2015; BYDDER; DEMETRIOU, 2019).

A aplicação deste método se inicia com a definição de uma distribuição espacial por grade, composta por quadrantes de espaçamento uniforme, nos arredores da fonte emissora. Caso o empreendimento sob avaliação compreenda apenas fontes emissoras no nível do solo (por exemplo, lagoas), é selecionada uma

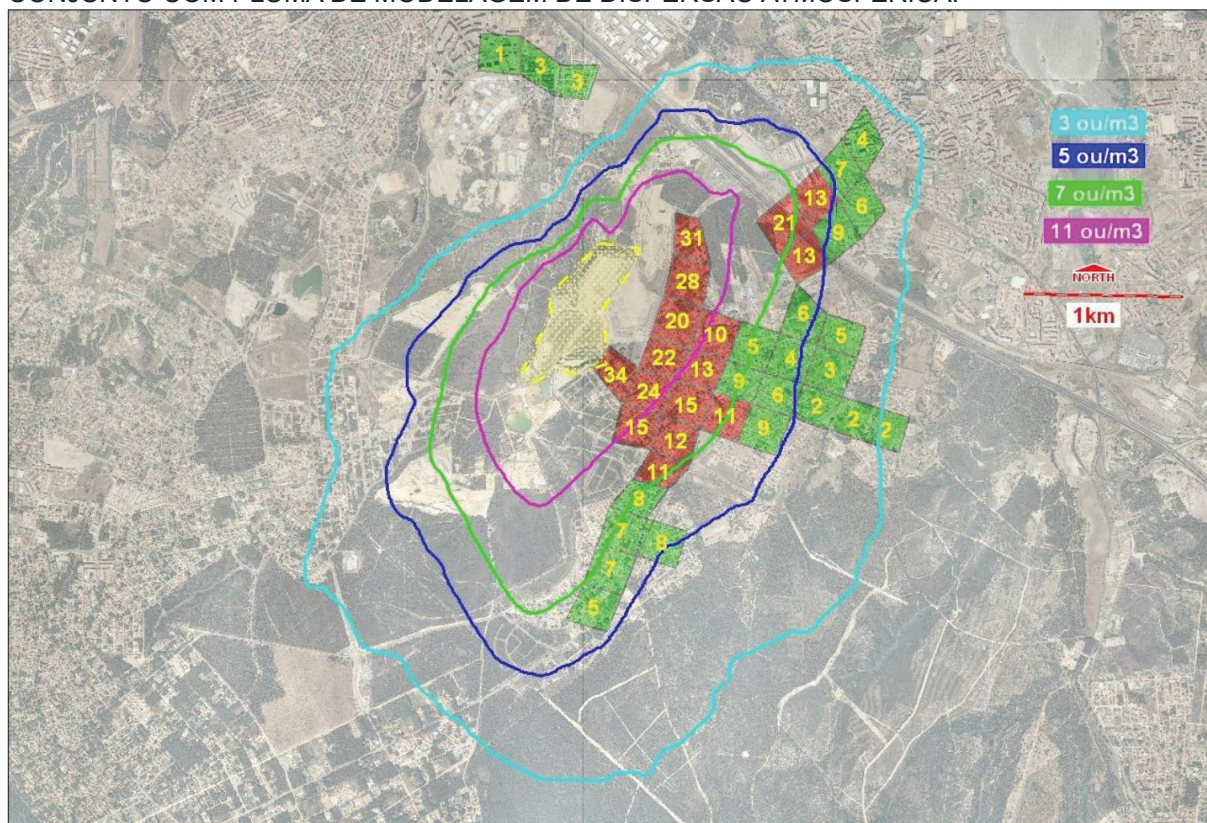
área de avaliação de cerca de 600m de diâmetro ao redor do empreendimento. Caso haja uma ou mais fontes elevadas, por exemplo chaminés, a área de avaliação é definida como 30 vezes a altura da maior chaminé. Esta área é subdividida em uma grade cujas linhas ficam a uma distância de cerca de 250m, que pode ser reduzida ou aumentada em casos específicos. As interseções das linhas da grade (vértices dos quadrantes) correspondem aos pontos de monitoramento, nos quais são feitas as avaliações do odor em campo por jurados treinados, durante o período de seis meses a um ano. Cada vértice da grade é visitado pelos jurados 13 ou 26 vezes, respectivamente nos períodos de seis e doze meses (VDI, 2006a; WEST, 2015; CEN, 2016a; SILVA, 2020).

Esta metodologia requer extenso planejamento logístico, pois exige medições constantes ao longo de no mínimo 52 dias, com pelo menos 8 assessores devidamente distribuídos nos quadrantes, seguindo uma rota pré-estabelecida, e contemplando todos os dias da semana, períodos do dia, e em diversas condições meteorológicas (inclusive chuva), as quais devem ser monitoradas simultaneamente às visitas a campo, para que se obtenha um resultado semestral ou anual representativo (VDI, 2006a; WEST, 2015; CEN, 2016a; SILVA, 2020; GUIMARÃES, 2020).

O resultado da aplicação deste método é a definição da frequência de exposição ao odor de uma população, em termos de “horas de odor”. O cálculo de número de horas de odor em cada ponto é feito verificando casos em que mais de 6 das 60 medições do período de 10 minutos (10%) podem ser atribuídos à fonte que está sendo avaliada. O número de horas de odor total de cada quadrante é calculado somando o número de horas de odor de cada um dos quatro pontos (vértices). A razão entre as horas de odor totais pelo número total de medições (104 ou 52, a depender da duração da pesquisa), em percentual, caracteriza a exposição ao odor em termos de frequência para aquele quadrante (GUILLLOT, 2012; WEST, 2015).

A despeito de ser bastante minucioso, este método é baseado em medições reais, o que possibilita a redução das incertezas do mapa de exposição a odores. (WEST, 2015; SILVA, 2020, GUIMARÃES, 2020). A FIGURA 11 exemplifica a aplicação deste método da grade junto com resultado de modelagem de dispersão atmosférica.

FIGURA 11 – EXEMPLO DE RESULTADO DO MÉTODO DA GRADE (EN 18641-1:2016) EM CONJUNTO COM PLUMA DE MODELAGEM DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA.



Nota: Os quadrantes com mais de 10% de horas de odor estão indicados em vermelho.
 Fonte: GUIMARÃES (2020).

Por sua vez, o método da pluma (CEN, 2016b), que inclui duas variantes chamadas de método da pluma estática ou da pluma dinâmica, é baseado na experiência da Universidade de Ghent, Bélgica, desenvolvido no final dos anos 1980. Este consiste em um monitoramento de curta duração para determinar a distância percorrida pelo odor de uma fonte específica. Pode ser usado para calibrar ou validar estudos de modelagem de dispersão, ou mesmo determinar a fonte causadora do impacto odorífero (GUILLOT et al, 2012; CAPELLI et al, 2013; WEST, 2015; BYDDER, DEMETRIOU, 2019; BOKOWA et al, 2021).

Ele pode ser usado apenas uma vez para examinar uma pluma, ou quantas vezes forem necessárias para caracterizar uma pluma sob condições operacionais ou meteorológicas variáveis. É mais simples do que o método da grade, porém ainda demanda de bastante tempo dos assessores envolvidos (CAPELLI et al, 2013; WEST, 2015; BYDDER, DEMETRIOU, 2019).

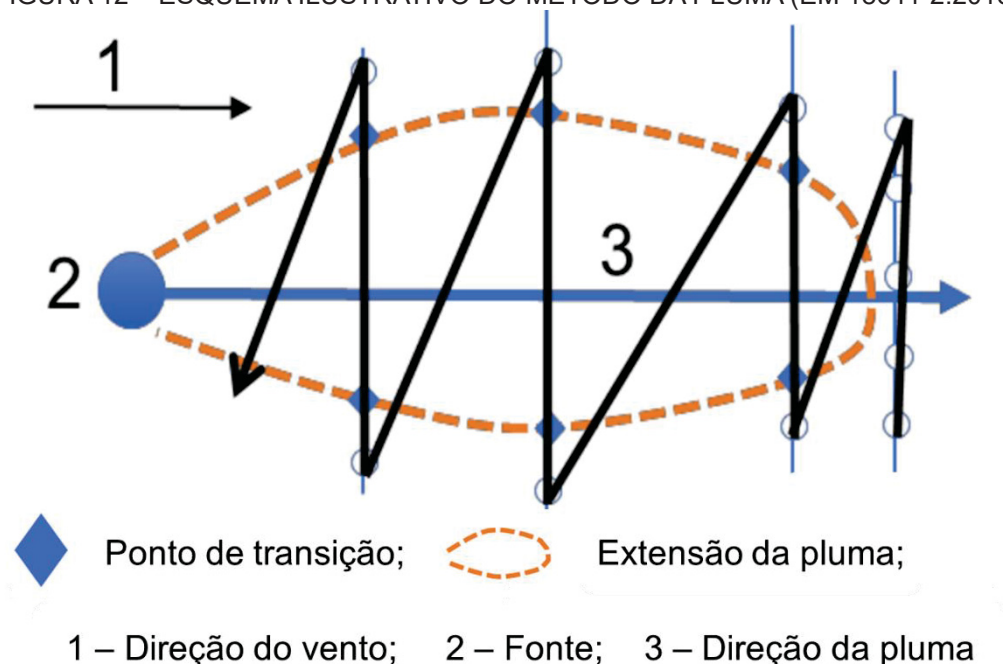
Neste método, os painelistas aferem a presença ou ausência de odores reconhecíveis no entorno da fonte, sob condições meteorológicas estáveis, as quais

são monitoradas simultaneamente. Os percursos podem ser realizados de duas formas: de fora para dentro, ou seja, a partir do limite do raio de identificação do odor até seu núcleo ou fonte, ou de dentro para fora, da fonte emitente até o limiar de percepção do odor, seguindo a direção a favor do vento (a jusante ou *downwind*) (WEST, 2015; CEN, 2016b; SILVA, 2020; GUIMARÃES, 2020).

A extensão da pluma é avaliada como a transição da ausência para a presença do odor reconhecível. A estimativa máxima do alcance da pluma é determinada por observações coletadas durante duas travessias do limite da pluma, incluindo um ponto de presença de odor, e outro ponto de ausência do odor (GUILLOT et al, 2012; SILVA, 2020; GUIMARÃES, 2020). Alternativamente, um sistema de registro mais complexo pode ser usado, no qual vários tipos de odor e intensidades são registrados. É feito o cálculo da frequência percentual do odor para cada tipo e cada intensidade (WEST, 2015), o que pode ser útil em locais com vários empreendimentos emissores de odor com tipos distintos (por exemplo, indústria alimentícia próxima a estação de tratamento de efluentes).

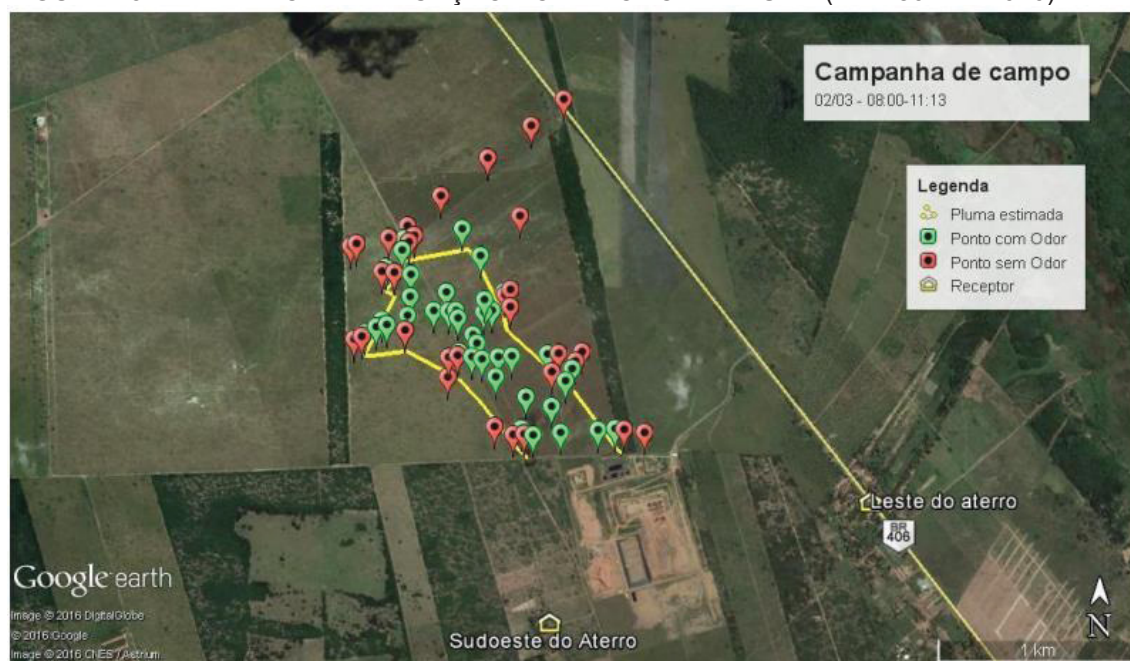
Um esquema ilustrativo é mostrado na FIGURA 12, enquanto a FIGURA 13 mostra um exemplo de aplicação deste método em condições reais e a pluma traçada com base nas observações.

FIGURA 12 – ESQUEMA ILUSTRATIVO DO MÉTODO DA PLUMA (EM 18641-2:2016).



Nota: Os pontos vazados são onde o odor não foi perceptível e os pontos cheios (azuis) são locais onde o odor foi percebido. A pluma é traçada ligando os pontos de odor perceptível mais externos.
 Fonte: Adaptado de GUIMARÃES (2020).

FIGURA 13 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO DA PLUMA (EM 18641-2:2016).



Fonte: GUIMARÃES (2020).

O principal objetivo deste método é a determinação da extensão da pluma, ou seja, o raio de influência da exposição potencial a odores reconhecíveis. Este método pode ser usado ainda nos casos em que não é possível ou adequado medir diretamente a emissão de odor da fonte. Uma vez determinada a pluma, aplica-se a modelagem reversa (a combinação de dados meteorológicos e dados da avaliação de campo) para cálculo de emissão para estabelecer as emissões totais, o que possibilita a aplicação, por exemplo, da modelagem de dispersão (GUILLOT et al, 2012; WEST, 2015; SILVA, 2020; GUIMARÃES, 2020; BOKOWA et al, 2021).

Ressalta-se que segundo a norma EN 16841-2 as avaliações de campo devem ser feitas por no mínimo dois profissionais qualificados e selecionados de acordo com os critérios da EN 13725 (CEN, 2022). Devem ser atendidas as seguintes condições meteorológicas mínimas durante a campanha: ausência de chuvas e ventos entre 2 e 8 m/s (GUILLOT et al, 2012; CEN, 2016b; GUIMARÃES, 2020).

Cada ciclo de medição deve conter ao menos 40 registros, com o mínimo de 20 pontos de transição (ausência/presença de odor) (GUILLOT et al., 2012; SILVA, 2020). A distância entre o cruzamento sem presença de pontos de odor observados e o trecho mais próximo com pontos de presença de odor deve ser inferior a 20% do máximo alcance da pluma. Um ponto de transição é definido como o ponto intermediário entre um ponto de ausência de odor adjacente e o ponto de presença de odor. São marcados ao menos oito pontos de transição (ausência/ presença),

quatro em cada lado da pluma, no qual são registrados a distâncias ao longo da direção das plumas entre 30% e 70% do alcance máximo da pluma de odor (GUILLOT *et al.*, 2012; SILVA, 2020).

Na Bélgica, especificamente na província de Flandres, inspeções de campo com o método da pluma (EN16481-2) (CEN, 2016b) são comumente usadas para determinar a taxa de emissão global de odor de um empreendimento, usando a abordagem da modelagem reversa (BRANCHER *et al.*, 2017; BOKOWA *et al.*, 2021). Tipicamente, cerca de 10 campanhas devem ser realizadas em pelo menos cinco dias diferentes para abranger a maioria das variações. Finalmente, a taxa de emissão média obtida com a modelagem reversa é usada como dado de entrada no modelo de dispersão, para simulação com o período de dados (minimamente um ano) (BOKOWA *et al.*, 2021).

Cabe ressaltar as diferenças entre os métodos da grade e da pluma, principalmente em relação a seus objetivos. O método da grade objetiva determinar a frequência anual (em horas) na qual o odor é percebido em uma área particular, ou seja, a exposição ao odor (CEN, 2016a). Por sua vez, o método da pluma busca determinar a extensão geográfica da pluma de odor (GUILLOT *et al.*, 2012; VAN EST; DELVA, 2016; CEN, 2016b), e por isso não são tão rigorosamente planejados, mas sim conduzidos em condições mais prováveis para a formação da pluma junto ao solo.

Existem algumas limitações práticas para a execução das inspeções em campo com ambos os métodos. Estudos de campo com o método da grade são caros devido ao grande número de avaliações em cada ponto para obtenção de resultados estatisticamente representativos. É necessário adequado planejamento e verificação prévia em campo para adequada definição dos pontos de medição, tendo em vista possíveis obstáculos que impeçam o acesso aos pontos planejados, como espaços ocupados por indústrias, ferrovias, terrenos privados, rios, lagos e rodovias (WEST, 2015). Neste planejamento, deve ser avaliada também a direção predominante do vento (GUILLOT *et al.*, 2012). A longa duração para sua realização também causa uma demora na obtenção de resultados e início de medidas de mitigação (WEST, 2015).

No caso do método da pluma, as limitações são que a avaliação de impacto obtida é específica para as condições meteorológicas particulares durante a avaliação. Ainda, condições meteorológicas estáveis são fator relevante para o delineamento mais preciso da pluma odorante (VDI, 2006b; WEST, 2015; CEN, 2016b). Além disso,

a localização dos pontos de monitoramento acaba ficando restrita às vias públicas ou outras áreas abertas e acessíveis, e precisa ser determinada diretamente em campo (WEST, 2015). O uso deste método não possibilita a diferenciação da emissão por sub-fontes dentro de uma área emissora, mas apenas do conjunto de fontes ligadas ao tipo de odor avaliado (VAN ELST; DELVA, 2016 *apud* SILVA, 2020).

Cabe mencionar ainda que trabalhos tem surgido apresentando os resultados da aplicação destes métodos (normas EN 1841 partes 1 e 2 e versões anteriores), apontando limitações e oportunidades de melhorias e uso de ambos em conjunto, principalmente para otimização de custos. West (2015) sugere a preferência do uso do método da pluma, mas incluindo planejamento prévio de diversos pontos nos arredores da fonte emissora, para que o trabalho em campo seja facilitado pela escolha do subconjunto de pontos mais adequado de acordo com a direção do vento.

Silva (2020) aplicou o método da pluma dinâmica, mas simplificando a seleção dos jurados usando o odorante alternativo acetona ao invés de n-butanol, e seguindo os critérios mais simples das normas ASTM 679 (ASTM, 2019) e ASTM 544 (ASTM, 2010), ao invés da EN 13725 (DIN, 2003). A EPA Victoria (província australiana) usou o método da pluma em seis diferentes campanhas em diferentes locais e tipos de fontes odorantes, em conjunto com modelagem reversa, para estimar a extensão típica e frequência das plumas em função da distância das fontes, e assim validar critérios de distâncias de separação praticados nesta jurisdição (BYDDER; DEMETRIOU, 2019).

Outro caso interessante é o trabalho realizado em uma grande ETE em Paris, na França (DIALLO; MAALEM; PIET-SARNET, 2018). O programa de monitoramento já executado foi reformulado após a publicação das normas europeias EN 16841, e foi feita uma avaliação de viabilidade de atendimento aos requisitos destas novas normas. Dos 25 critérios identificados nas normas, 8 precisaram ser ajustados em função de limitação orçamentária, principalmente os seguintes critérios do método da grade (DIALLO; MAALEM; PIET-SARNET, 2018):

- Painel de assessores composto por 2 pessoas, e não 8;
- Cada assessor realiza 50% das medições, e não 20%;
- Distâncias entre pontos de medição a cada 500m, e não de 250 a 500m;
- Distribuição das medições apenas em dias úteis e das 07-19h, não incluindo finais de semana e período noturno;

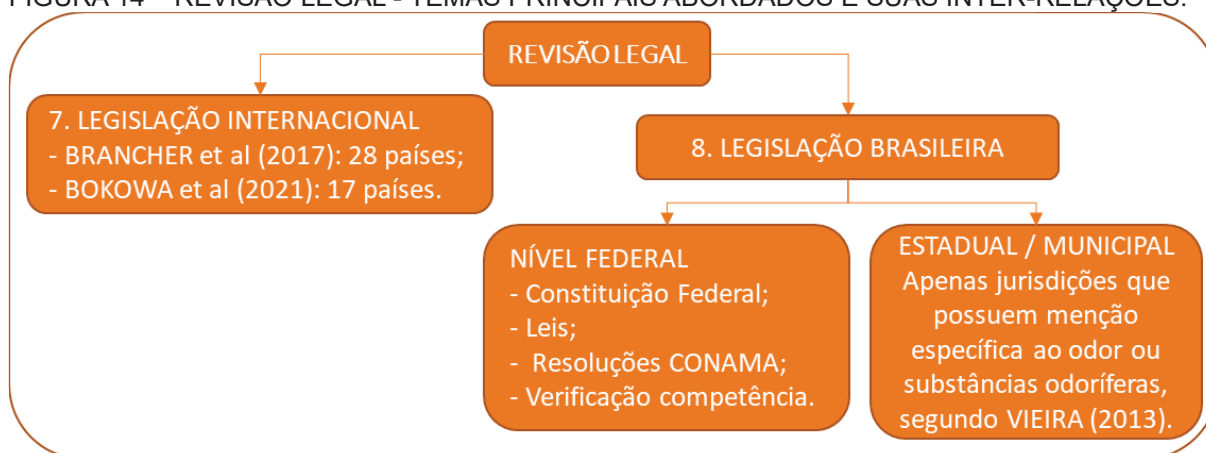
- Tempo total de cada medição de 5 minutos, com avaliações a cada 5 segundos, ao invés de 10 minutos e 10 segundos (reduzindo pela metade o tempo total demandado).

Ainda assim, o uso conjunto do método da pluma e do grid e outros métodos de avaliação como sensores de substâncias odoríferas e ferramenta de modelagem de dispersão, produziu resultados consistentes e dentro do orçamento disponível, orientando a melhoria do programa de monitoramento (DIALLO; MAALEM; PIET-SARNET, 2018). Este trabalho e os anteriormente citados demonstram que é possível propor adaptações nos métodos normatizados para coincidir com a aplicabilidade prática da situação de estudo.

2.2 REVISÃO LEGAL

Este subitem da revisão bibliográfica, intitulado Revisão Legal, se dedica a abordar os três grupos de temas principais inter-relacionados entre si, de acordo com a FIGURA 14. A numeração de cada grupo segue a sequência iniciada na FIGURA 1 (revisão técnica). Cada um destes grupos é detalhado em um subitem dentro desta revisão legal.

FIGURA 14 – REVISÃO LEGAL - TEMAS PRINCIPAIS ABORDADOS E SUAS INTER-RELAÇÕES.



Fonte: A autora (2022).

De forma resumida, os grupos de temas estudados incluem: um resumo da legislação e critérios legais pertinentes ao tema de odores no meio ambiente no âmbito internacional; e a legislação do Brasil pertinente ao odor, tanto a nível federal, como a nível estadual e municipal.

A seleção e organização de conteúdo para esta Revisão Legal é detalhada a seguir:

7. Legislação internacional – analisar os principais artigos recentes de revisão de aspectos legais relacionados a odor ambiental e critérios de impacto de odor (CIO) em diferentes países. As principais referências a serem analisadas são os trabalhos de BRANCHER *et al.* (2017), que resumiu os CIO de 28 países; e o trabalho de BOKOWA *et al.* (2021), que revisou os critérios aplicados em 17 países.

8. Legislação Brasileira:

8.1 Revisão da legislação a nível federal (Constituição Federal Brasileira (CFB), Leis Complementares; Decretos Federais; Resoluções do CONAMA,

dentre outras válidas em todo o território nacional. Este item faz a avaliação quanto à competência legislativa da temática de odor (qual ente federativo tem a responsabilidade de legislar sobre o assunto);

8.2 Revisão da legislação estadual e municipal. Considerando o levantamento abrangente realizado por VIEIRA (2013), foram abordadas apenas jurisdições que possuem menção específica ao odor ou substâncias odoríferas em seu arcabouço legal. Segundo este critério, o escopo abrange sete Estados: SP, SC, PR, MG, GO, RO, BA; e dois municípios: Uberlândia (MG) e Manaus (AM). Nestas jurisdições, as legislações apresentadas por VIEIRA (2013) são avaliadas quanto à vigência atual e à eventuais atualizações. A organização do texto se dá por ordem cronológica a partir da legislação mais antiga publicada sobre o tema. Maior ênfase é dada aos estados cuja legislação é mais rica no tema de interesse.

2.2.1 Legislação Internacional Relacionada a Odor

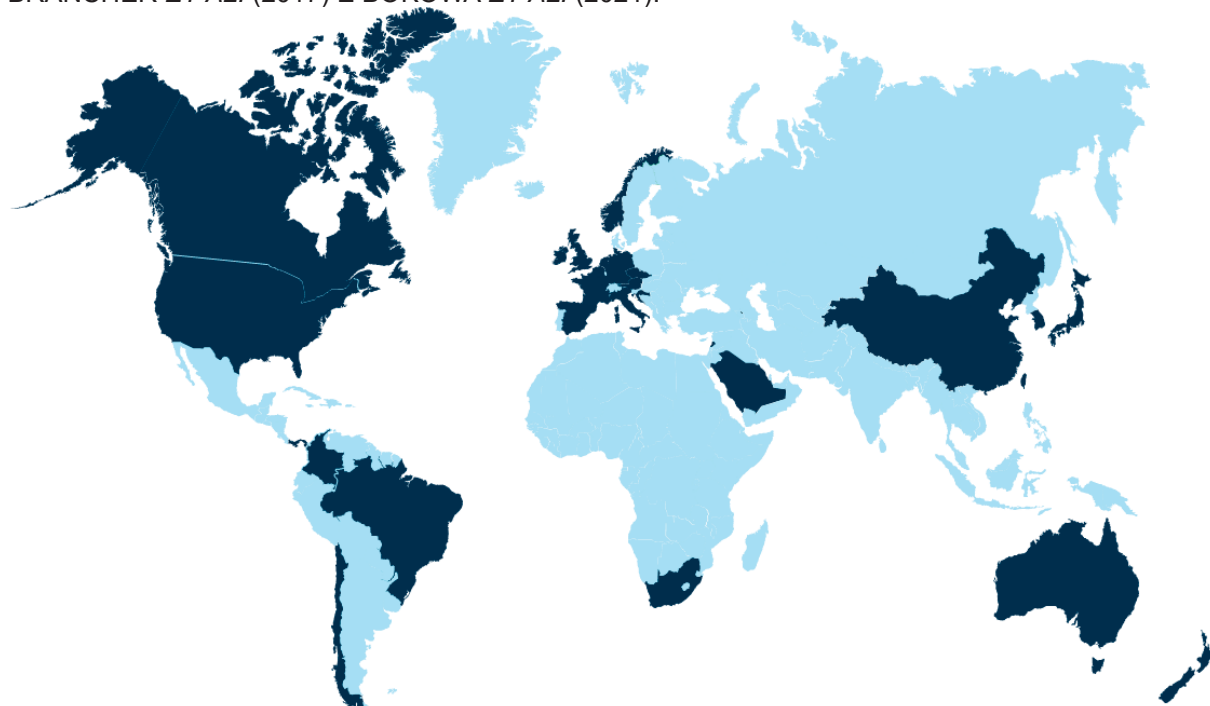
Os odores constituem a principal causa de queixas relacionadas à poluição do ar feitas a agências reguladoras e órgãos governamentais (MCGINLEY, MAHIN, POPE, 2000; HENSHAW; NICELL; SIKDAR, 2006; NICELL, 2009) e representam um problema social crescente em países industrializados (RANZATO *et al.*, 2012) e países em desenvolvimento como o Brasil (MALHEIROS *et al.*, 2018).

Conforme Vieira (2013), instrumentos de regulação adequados são necessários para minimizar os impactos das emissões odorantes sobre a população. No entanto, a avaliação e a regulação de emissões odorantes ainda são consideradas tarefas difíceis (RANZATO *et al.*, 2012). Isso está relacionado aos inúmeros fatores que influenciam tanto a dispersão do odor (condições meteorológicas locais que variam na escala de minutos ou segundos; emissões variáveis nas fontes), como a sua percepção, que pode ser bastante heterogênea em uma comunidade, tendo em vista o efeito sinérgico de misturas complexas de substâncias odoríferas, perceptíveis mesmo em baixas concentrações, e a subjetividade da percepção conforme as memórias de cada indivíduo (HENSHAW; NICELL; SIKDAR, 2006).

Por essas razões, a avaliação de impactos odorantes e a definição de limites normativos são consideradas assuntos complexos. Isso faz com que o quadro regulamentar internacional ainda seja incerto e heterogêneo e que muitos países ainda não possuam legislações específicas (ZARRA *et al.*, 2008; RANZATO *et al.*, 2012 *apud* VIEIRA, 2013).

Neste item, as principais referências analisadas foram os extensos trabalhos de BRANCHER *et al.* (2017), que resumiu os CIO de 28 países; e o trabalho de BOKOWA *et al.* (2021), que revisou os critérios aplicados em 17 países. Estes trabalhos foram selecionados pois são os mais abrangentes e completos recentemente publicados, abordando exemplos de critérios aplicados em jurisdições que incluem todos os continentes do globo, conforme ilustrado na FIGURA 15. Os critérios descritos para cada legislação foram organizados e tabulados para deixar claro quais fatores FIDOL foram abordados.

FIGURA 15 – PAÍSES CUJAS LEGISLAÇÕES DE ODOR SÃO ABORDADAS NOS ARTIGOS DE BRANCHER *ET AL.* (2017) E BOKOWA *ET AL.* (2021).



Fonte: Adaptado de BRANCHER *et al.* (2017) e BOKOWA *et al.* (2021).

Na América do Sul, Chile e Colômbia estão mais avançados em suas legislações pertinentes a odor. O Chile publicou em 2017 um documento atualizado com a estratégia de gestão de odores no país, estabelecendo cinco principais linhas de ação com base em experiências nacionais e internacionais, e no diagnóstico do problema no Chile. Cinco ramos de atividades foram selecionados como prioritários para a gestão de odores: Produção de suínos, processamento de produtos do mar, estações de tratamento de efluentes, indústrias de celulose, e disposição final de resíduos sólidos (MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, 2017). Várias normas técnicas relacionadas ao tema já estão em vigor. A primeira normativa orientadora relacionada a odores e voltada para o setor de produção de suínos foi publicada em janeiro de 2022, e normas para os setores pesqueiro e de celulose já estão em desenvolvimento (MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, 2022).

Por sua vez, a Colômbia também já publicou várias normas técnicas relacionadas à avaliação de odor, bem como a resolução 1541/2013 regulamentando o plano para redução de impacto de odor, através do qual o empreendimento emissor de odor propõe as medidas para gerenciamento de suas emissões odoríferas, e as submete à avaliação da autoridade competente. Esta resolução estipula também limites de imissão de odor (concentração de odor no ambiente) entre 3 e 7 ouE/m³,

considerando o percentil 98 (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESAROLLO SOSTENIBLE; 2013; BOKOWA, 2021).

Nos Estados Unidos, onde a olfatometria de campo foi criada, vários estados estabelecem critérios de incômodo ou conformidade com base em medições de jurados usando olfatômetros de campo. A maioria das jurisdições estabelece que o odor no ar ambiente em áreas residenciais e comerciais deve se tornar indetectável depois de diluído em 7 partes de ar inodoro (o que corresponde a 7 D/T) (MCGINLEY; MAHIN; POPE, 2000; VIEIRA, 2017).

Vieira (2017) também realizou a avaliação de critérios de impacto de odor (CIO) em 12 países, e encontrou que os limites de concentração de odor variam de 0,5 UO/m³ a 10 UO/m³, com tempos de média de 1 s a 1 h, e frequências de conformidade de 95% a 100%. Vieira (2017) inclui a Lituânia, não abordada nos trabalhos Brancher *et al.* (2017) e Bokowa *et al.* (2021).

Segundo Frechen (2001) e Vieira (2013), existem quatro tipos de abordagens regulatórias empregadas para o controle de incômodos olfativos: padrões de distância mínima de separação (PDMS); padrões máximos de emissão (PME); padrões máximos de impacto (PMIm) e padrões máximos de incômodo (PMIn).

Brancher *et al.* (2017) adiciona ainda um quinto tipo de abordagem, a de Padrões de Tecnologia de Controle (PTC). Em resumo, a análise do quadro regulamentar internacional mostrou que a maioria dos países adota a abordagem de padrão de máximo impacto (PMIm) para definição do critério regulatório para odor. Este critério é composto minimamente de uma concentração limite de odor (Ct), que representa o I de Intensidade dos fatores FIDOL; e de um percentil (P), que representa o F de Frequência do FIDOL. Pode ainda ser incluído um fator pico-média (F), para avaliação do impacto em intervalos sub-horários na modelagem de dispersão. Foram identificados três grupos de critérios dentro desta abordagem (BRANCHER *et al.*, 2017):

- 1) Limites de concentração de odor elevados, combinados com percentis elevados (por exemplo, Ct – 10 ou_E/m³ e P99);
- 2) Limites de concentração de odor baixos, combinados com percentis baixos (por exemplo, Ct – 1 ou_E/m³ e P90);
- 3) Limites de concentração de odor baixos, combinados com percentis elevados (por exemplo, Ct – 1 ou_E/m³ e P99).

O terceiro grupo é considerado o mais restritivo e conservador, cujo uso é voltado para novas instalações, locais altamente sensíveis, emissões intermitentes e odores de máxima ofensividade (BRANCHER et al, 2017).

Quanto à esfera de legislação relativa aos odores, em vários países como Austrália, Bélgica, Países Baixos, EUA, Espanha, Itália, Canadá e Brasil, os estados ou províncias tem autonomia para desenvolver suas próprias regulamentações. Em outros países, como Chile, Colômbia, Alemanha, Áustria, França, Reino Unido, Irlanda, Nova Zelândia e Israel, os critérios de odor são estabelecidos em nível nacional. Os odores não são regulados no nível de blocos econômicos, como União Europeia ou Mercosul (BRANCHER et al, 2017).

Países como Colômbia, Reino Unido, Catalunha (Espanha) e Panamá tem abordagens semelhantes, baseadas na ofensividade, para limitar o impacto de odores no entorno. Aparentemente, o Guia Técnico do Reino Unido foi usado como referência para desenvolver os critérios destas outras jurisdições (BRANCHER et al, 2017).

Por sua vez, Alemanha, Irlanda e Bélgica distinguem os critérios de avaliação de odor para criação de diferentes espécies de animais (bovinos, aves, equinos, etc.), de acordo com sua ofensividade. Outros países definem os critérios dependendo do nível de proteção desejado, considerando o zoneamento, com a tendência de ter os limites de concentração mais baixos para áreas residenciais, e limites mais altos para áreas industriais ou de atividades agropecuárias intensivas. Da mesma forma, para empreendimentos existentes os limites aceitáveis são em geral mais elevados do que para novos empreendimentos da mesma atividade (BRANCHER et al, 2017).

As faixas de variação dos limites de concentração de odor encontrados nos critérios de impacto de odor (CIO) nos 28 países estudados foram de 0,25 ouE/m³ (Alemanha) até 35 ouE/m³ (Países Baixos), e foram encontrados percentis de 85, 90, 99,99 e 100%. O fator pico-média F, usado para estimar a percepção de curto prazo pelo olfato humano variou consideravelmente entre os países, de 1 (sem fator pico-média) até 45 (caso de Hong Kong para classes de estabilidade A e B), o que resulta em tempos de média de cálculo variando de 1 segundo a 1 hora. Jurisdições como Hong Kong, Israel e Manitoba (Canadá) usam o fator F variável, a depender da classe de estabilidade atmosférica (BRANCHER et al, 2017). O QUADRO 8 apresenta o resumo dos critérios encontrados nos países estudados por Bokowa *et al.* (2021) e Brancher *et al.* (2017). Ressalte-se que todos os países abordados no estudo de

Bokowa *et al.* (2021), que são dezessete no total, também são abordados por Brancher *et al.* (2017).

QUADRO 8 – RESUMO DE CRITÉRIOS DE IMPACTO DE ODOR (CIO) EM 28 PAÍSES: PERCENTIS (P), CONCENTRAÇÃO LIMITE DE ODOR (Ct), RAZÃO PICO-MÉDIA (F).

Países avaliados	28 países - África do Sul, Alemanha, Arábia Saudita, Austrália, Áustria, Bélgica, Brasil, Canadá, Chile, China, Colômbia, Coreia do Sul, Dinamarca, Espanha, EUA, França, Hong Kong, Hungria, Irlanda, Israel, Itália, Japão, Noruega, Nova Zelândia, Países Baixos, Panamá, Reino Unido, Taiwan.	
Fatores FIDOL	CIO - Critérios de Impacto de Odor	
Frequência	Percentis (P)	85-100
Intensidade	Concentração limite de odor (Ct)	0,25 - 35 ouE/m ³
Duração	Tempo de média	1s - 1h
	Razão pico-média (F)	1 - 45

Fonte: Adaptado de Brancher *et al.* (2017) e Bokowa *et al.* (2021).

Outro ponto relevante é quanto aos estudos de modelagem de dispersão necessários ao licenciamento de atividades; algumas jurisdições estabelecem o período mínimo de um ano de dados meteorológicos para a simulação (por exemplo, Manitoba), enquanto outras exigem até 10 anos de dados (Países Baixos). Além disso, o uso de “*Best Available Techniques*” – BAT, o que corresponde à Melhor Tecnologia Prática Disponível (MTPD) é exigido na maioria dos países, especialmente na União Europeia e América do Norte, como requisito para obtenção da licença ambiental, independentemente de se atender o critério de impacto de odor. Esta é uma abordagem classificada como Padrão de Tecnologia de Controle (PTC) (BRANCHER *et al.*, 2017).

Os autores ressaltam que a comparação de estatísticas de concentração de odor preditas por modelos de dispersão com Critérios de Impacto de Odor (CIO) foi identificada como a ferramenta mais comumente usada pelas autoridades reguladoras para avaliar o risco do impacto de odores em receptores sensíveis na etapa de planejamento (equivalente no Brasil à etapa de licença prévia). Esta ferramenta também é usada em avaliações em empreendimentos existentes. Este tipo de critério é classificado como uma abordagem de padrão de máximo impacto (PMIm) e provê proteção para imissão (ou seja, no receptor) (BRANCHER *et al.*, 2017; BOKOWA *et al.*, 2021).

Brancher *et al.* (2017) discute sobre os motivos de a regulamentação do odor ser tão desafiadora de se estabelecer e de atender às expectativas da comunidade, ou seja, de se determinar as conexões de causa e efeito entre as emissões na fonte,

a exposição ao odor e o incômodo que leva a reclamações. Os seguintes motivos são listados:

- 1) Dificuldade e variabilidade na estimativa das taxas de emissão de odor nas fontes (especialmente em fontes fugitivas ou difusas; ou com variabilidade temporal das emissões nos processos; devido a formas de amostragem; ou mesmo para empreendimentos em fase de planejamento onde não é possível realizar medições);
- 2) Incertezas na modelagem de dispersão (uso de dados meteorológicos medidos ou preditos; situações de calmaria não representadas adequadamente pelos modelos; uso de diferentes modelos; e diferenças no tratamento da razão pico-média);
- 3) Complexidade da correlação entre exposição e incômodo (visto que muitos critérios de impacto de odor não contemplam todos os fatores FIDOL).

Apesar das dificuldades e complexidades envolvidas no campo do odor ambiental, o uso de métodos de amostragem normatizados, a avaliação de impacto combinada com objetivos bem definidos e critérios de exposição quantitativos embasados em evidências científicas, junto com o uso das MTPD e a aplicação dos fatores FIDOL, pode construir uma base sólida para o desenvolvimento de abordagens regulatórias harmoniosas. Estes esforços podem tornar a implementação de regulamentação de odores cada vez mais acessível (BRANCHER et al, 2017).

2.2.2 Legislação Nacional – Nível Federal

Tendo em vista que o objetivo geral desta dissertação é propor critérios de avaliação de odor que possam ser adotados por órgãos ambientais brasileiros, é de grande importância abordar a legislação brasileira pertinente ao tema, e este é o alvo deste subitem.

2.2.2.1 Constituição Federal

No Brasil, a Constituição Federal Brasileira (CF) (BRASIL, 1988) é a base do arcabouço legal e trata inclusive dos assuntos relacionados à qualidade ambiental e

poluição. Valem destaque os artigos 23, 24, 25 e 30, que definem as competências da União, Estados e Municípios. O inciso VI do artigo 23 define que a proteção ao meio ambiente e o combate à poluição em qualquer de suas formas é competência comum dos entes federativos (BRASIL, 1988).

Por sua vez, os incisos VI e VII do artigo 24 da CF determinam que União, Estados e Distrito Federal podem legislar concorrentemente sobre a conservação dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição, bem como sobre a responsabilidade por danos ao meio ambiente (BRASIL, 1988). Isto explica, por um lado, a existência de legislação de diferentes entes relacionada à poluição atmosférica. Por outro lado, a competência concorrente explica também a certa omissão da legislação quanto ao tópico específico da poluição causada por odor, visto que há mais de um ente responsável por esta legislação.

Vale notar ainda que os parágrafos 1º a 3º do artigo 24 da CF preconizam que na legislação concorrente, a União se limita a estabelecer normas gerais, que podem ser suplementadas pelos estados (e pelos municípios, segundo o inciso II do artigo 30). Na inexistência de lei federal, os Estados exercerão competência legislativa plena para atender às suas peculiaridades. Finalmente, o parágrafo 4º esclarece que leis federais são supervenientes e que suspendem a eficácia de leis estaduais no que lhes for contrário (BRASIL, 1988).

Portanto, verifica-se que a legislação federal é mais geral; a legislação municipal é principalmente voltada para assuntos de interesse local (conforme art. 30 inciso I da CF), e a legislação estadual tem abrangência estadual em todo assunto e competência que não lhe for vedada (art. 25 § 1º) (BRASIL, 1988).

O tema da poluição ambiental por odor é um caso que se enquadra no parágrafo 3º do artigo 24 da Constituição Federal (BRASIL, 1988), pois inexistente lei federal sobre normas gerais, e nem mesmo o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) publicou nenhuma Resolução específica sobre o odor como poluente. Neste caso, os Estados devem exercer competência legislativa plena. Portanto, é direito e dever dos Estados elaborar legislação sobre o tema do odor.

Cabe destacar o art. 225 da Constituição Federal, que também aborda o tema da qualidade ambiental, deixando claro que o meio ambiente é bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida. Para assegurar este direito, o Poder Público deve executar uma série de ações, dentre as quais o inciso IV do parágrafo 1º cita a

exigência de estudo prévio de impacto ambiental para atividade potencialmente causadora de significativa degradação ao meio ambiente. Por sua vez, o parágrafo 3º preconiza que atividades lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores a sanções penais e administrativas (BRASIL, 1988).

No contexto desta dissertação e à luz deste artigo da CF, conclui-se que caso o odor seja considerado prejudicial à qualidade de vida, fere um direito constitucional; portanto, o aspecto do odor deve ser avaliado nos estudos de impacto ambiental (EIA) de atividades com potencial relevante de emissão de odor a fim de prevenir este problema.

2.2.2.2 Lei nº 9605/1998 - Lei de Crimes Ambientais

Com relação às sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, citadas no parágrafo 3º do art. 225 da Constituição Federal (BRASIL, 1988), a Lei nº 9605/1998 apresenta seu detalhamento e dá outras providências (BRASIL, 1998).

Na seção III desta Lei, que trata sobre a Poluição e outros Crimes Ambientais, destaca-se o artigo 54, que define os crimes e respectivas penas. Portanto, com base no caput do art. 54, causar poluição de qualquer natureza (ou seja, incluindo a poluição atmosférica) que resulte ou possa resultar em danos à saúde humana é considerada crime, bem como causar poluição atmosférica que provoque a retirada, ainda que momentânea, dos habitantes das áreas afetadas, ou que cause danos diretos à saúde da população (BRASIL, 1998).

Casos muito severos de emissão odorífera (por exemplo, vazamentos de substâncias odoríferas em níveis tóxicos em acidentes) podem vir a causar danos diretos à saúde da população; entretanto, na maioria dos casos de conflitos relativos a odor, o odor causa apenas incômodo, e não dano direto à saúde, visto que os níveis de substâncias necessários para causar impacto direto à saúde são em geral várias ordens de grandeza superiores aos níveis capazes de causar incômodo olfativo (NICELL, 2009; MALHEIROS, et al, 2018, WHO, 2000), conforme já discutido na seção 2.1.4 deste trabalho.

Ainda assim, deve-se levar em conta que um nível de odor incômodo pode provocar a retirada temporária da população das áreas afetadas no sentido de que

inibe o usufruto das áreas externas da propriedade ou mesmo de áreas públicas (ruas e praças) pela população. Ou seja, devido ao mau odor, a comunidade fica restrita ao interior de suas residências. Esta retirada temporária pode ser considerada crime de acordo com a Lei nº 9605/1998 (BRASIL, 1998).

Estes preceitos confirmam a seriedade e importância do aspecto da poluição relacionada a odor e da necessidade de critérios objetivos para sua verificação, pois é dever da legislação prever padrões de qualidade claros com relação ao odor, que protejam o bem-estar e saúde da população, evitando ao máximo situações que possam ser configuradas como crime ambiental.

2.2.2.3 Lei Complementar nº 140/2011 – Cooperação entre entes federados

O parágrafo único do artigo 23 da Constituição Federal determina que normas para a cooperação dos entes federados seriam estabelecidas por Leis Complementares (BRASIL, 1988, 2006).

No âmbito do meio ambiente, isto foi realizado pela Lei Complementar nº 140/2011 (BRASIL, 2011), a qual detalha as regras para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora.

De forma resumida, as competências da União são definidas no artigo 7º, as dos Estados, no artigo 8º, e as dos municípios, no artigo 9º da Lei Complementar (LC) nº 140/2011 (BRASIL, 2011). O QUADRO 9 apresenta a divisão das competências que são mais relevantes para a temática da poluição relacionada a odor.

QUADRO 9 – COMPETÊNCIAS DOS ENTES FEDERADOS DEFINIDAS NA LC 140/2011 PERTINENTES AO TEMA ODOR.

Tema	União (Art. 7º)	Estados (Art. 8º)	Municípios (Art. 9º)
Política de Meio Ambiente	I - Formular, executar e fazer cumprir na sua esfera; executar e fazer cumprir na sua esfera as demais políticas		
Licenciamento	XIV - observadas as atribuições dos demais entes federativos previstas nesta Lei Complementar, promover o licenciamento ambiental das atividades ou empreendimentos:		
	Em país limítrofe; no mar territorial, plataforma continental, Zona Econômica Exclusiva; em Terra Indígena; em Unidade de Conservação federal exceto APA; em mais de um estado; militar; material radioativo; ou tipologia definida pela Comissão Tripartite (Decreto nº 8437/2015) (BRASIL, 2015).	Tudo que não for União ou Municípios.	De atividades de impacto local, conforme tipologia definida por Conselho Estadual de Meio Ambiente; em Unidade de Conservação municipal, exceto APA.

Fonte: Adaptado de MMA (2021).

Verifica-se no QUADRO 9 que, com relação à política de meio ambiente, incluindo a formulação de legislação específica, sua execução e fiscalização, a competência é compartilhada entre a União, Estados e Municípios. Por sua vez, o licenciamento ambiental é exercido pela União nos casos específicos listados no inciso XIV do artigo 7º da LC 140/2011; pelos municípios em atividades de impacto local ou Unidades de Conservação municipais; e pelos Estados, em todos os demais casos (BRASIL, 2011).

Na prática, observa-se que mesmo nos casos em que o licenciamento ambiental é realizado pelo município, em geral as normas e legislações ambientais utilizadas para avaliação da viabilidade ambiental de empreendimentos são de âmbito estadual e/ou federal, visto que são raros os casos de municípios que dispõe de equipe qualificada para elaborar sua própria legislação ambiental específica (o que ocorre mais frequentemente em municípios maiores ou mesmo capitais).

Finalmente, sobre a LC 140/2011, cabe mencionar ainda que o artigo 17 dá a competência ao órgão responsável pelo licenciamento ambiental para lavrar auto de infração ambiental e instaurar processo administrativo para a apuração de infrações à legislação ambiental cometidas pelo empreendimento ou atividade licenciada ou autorizada. Entretanto, qualquer pessoa, ao constatar infração ambiental pode se dirigir ao órgão licenciador para que este exerça efetivamente o seu poder de polícia. E o parágrafo 3º deixa claro que os demais entes da federação não são impedidos de

exercer a atribuição comum de fiscalização da conformidade com a legislação ambiental em vigor; entretanto, o auto de infração deve ser lavrado pelo órgão licenciador (BRASIL, 2011).

2.2.2.4 Lei nº 6938/1981 – Política Nacional do Meio Ambiente

Por sua vez, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) (Lei nº 6938/1981) é de grande importância para o tema, visto que segundo o artigo 2º, a mesma tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar condições ao desenvolvimento socioeconômico e à proteção da dignidade da vida humana (BRASIL, 1981):

A PNMA deixa claro que o meio ambiente é um patrimônio público de uso coletivo; que deve haver uso racional dos recursos, incluindo o ar, e que as atividades potencial ou efetivamente poluidoras devem estar sujeitas a controle e zoneamento (BRASIL, 1981). Estes princípios são relevantes quando se considera a problemática da poluição decorrente de odor.

Em seu artigo 3º e inciso III, a Lei nº 6938/1981 considera como poluição todas as atividades que, direta ou indiretamente, prejudiquem a saúde e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981). Desta forma, o odor pode ser considerado um tipo de poluição se tiver estas características.

O artigo 4º, inciso III da PNMA estabelece que esta política visará ao estabelecimento de critérios e padrões de qualidade ambiental e de normas relativas ao uso e manejo de recursos ambientais. Portanto, o desenvolvimento de critérios e padrões para o odor atende a este objetivo.

2.2.2.5 Decretos nº 6.514/2008 e nº 6.686/2008 - Infrações e sanções administrativas ao meio ambiente

Este Decreto dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, e estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações. Cabe destacar o art. 61, que estipula a multa de R\$5 mil a R\$ 5 milhões

aos responsáveis por causar poluição que resulte em danos à saúde humana, morte de animais ou destruição da biodiversidade.

Destaca-se ainda o art. 62 inciso II, cuja redação foi alterada pelo Decreto nº 6.686/2008, segundo o qual incorrem nas mesmas multas do art. 61 quem “causar poluição atmosférica que provoque a retirada, ainda que momentânea, dos habitantes das áreas afetadas ou que provoque, de forma recorrente, significativo desconforto respiratório ou olfativo devidamente atestado pelo agente autuante” (BRASIL, 2008a; 2008b). A primeira parte deste inciso apresenta o mesmo texto do artigo 54 da Lei de Crimes Ambientais sobre retirada de habitantes de áreas afetadas (BRASIL, 1998), porém acrescenta o trecho grifado acima, que menciona significativo desconforto respiratório ou olfativo, recorrente e devidamente atestado pelo agente autuante, como infração ambiental sujeita à multa.

Este trecho do inciso II do art. 62 desta Lei menciona três questões: 1) a frequência do odor (recorrência, remetendo a um impacto de longo prazo e não apenas agudo); 2) o significativo desconforto olfativo (em outras palavras, o incômodo gerado, ligado à intensidade e à hedonicidade do odor), e 3) o desconforto ser devidamente atestado pelo agente fiscalizador (legitimação da queixa). Estas três questões são importantes na avaliação do odor e devem ser consideradas na proposta de critérios de avaliação de impacto de odor.

2.2.2.6 Resolução CONAMA nº 419/2018 – Padrões de Qualidade do Ar

Mais especificamente relacionada à qualidade do ar, a Resolução CONAMA 491/2018 dispõe sobre padrões de qualidade do ar (BRASIL, 2018). O artigo 2º traz as seguintes definições relevantes:

I - Poluente atmosférico: qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade;

II - Padrão de qualidade do ar: um dos instrumentos de gestão da qualidade do ar, determinado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica (BRASIL, 2018).

Novamente, observa-se que o odor pode se enquadrar na definição de poluente atmosférico se causar inconveniente ao bem-estar público ou mesmo for prejudicial ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade, conforme artigo 2º inciso I.

O inciso II do artigo 2º detalha o instrumento de gestão da qualidade do ar chamado de padrão de qualidade do ar, e que este é constituído de um valor de concentração de um poluente na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição (BRASIL, 2018). Retomando o que já foi discutido no item 2.1.3 sobre os fatores FIDOL relacionados ao odor, verifica-se que este trecho normativo indiretamente faz referência a três destes fatores: Intensidade (equivalente à concentração do poluente), Frequência e Duração (ligados ao tempo de exposição).

Portanto, seguindo a mesma lógica usada na formulação dos padrões de qualidade do ar, o critério de avaliação de impacto relacionado ao odor a ser formulado ou sugerido deve abranger, minimamente, as questões de intensidade, frequência e duração do odor. Se possível, este critério pode incorporar ainda a questão da Ofensividade e Localização, para completar os cinco fatores FIDOL (FREEDMAN; CUDMORE, 2002; NICELL, 2009).

A Resolução CONAMA nº 491/2018 representa um grande avanço na legislação nacional sobre qualidade do ar em relação à anterior Resolução CONAMA nº 03/1990 (BRASIL, 1990), pois regulamentou padrões intermediários visando futuramente atingir os valores guia de qualidade do ar recomendados pela Organização Mundial da Saúde - OMS em 2005 (BRASIL, 2018).

Entretanto, esta Resolução aborda somente poluentes que possuem impacto direto à saúde: Material Particulado - MP₁₀ e MP_{2,5}, Dióxido de Enxofre - SO₂, Dióxido de Nitrogênio - NO₂, Ozônio - O₃, Fumaça Monóxido de Carbono – CO, Partículas Totais em Suspensão – PTS e Chumbo (BRASIL, 2018). Não é feita menção a nenhuma substância odorífera específica, nem mesmo ao odor de forma genérica, porque este tema também não é abordado nos valores guia da OMS (WHO, 2005), e talvez também pois o potencial impacto do odor é mais relacionado ao bem-estar devido ao incômodo olfativo, do que efetivamente impacto direto na saúde (NICELL, 2009).

2.2.2.7 Resoluções CONAMA nº 382/2006 e 436/2011 – Padrões de emissão

As Resoluções CONAMA nº 382/2006 (válida para fontes com pedido de licença de instalação após 02/01/2007) e 436/2011 (válida para fontes com pedido de licença de instalação antes de 02/01/2007) estabelecem limites de emissão para Enxofre Reduzido Total (ERT) proveniente de processos de fabricação de celulose, no Anexo VII. Segundo o Artigo 3º inciso II alínea b, os limites são expressos em termos de dióxido de enxofre (SO₂) e se referem, principalmente, ao gás sulfídrico e às mercaptanas, principais substâncias odoríferas oriundas da fabricação de celulose. As fontes para as quais são determinados padrões no item 3 são a caldeira de recuperação, o tanque de dissolução, e o forno de cal (BRASIL, 2006; 2011).

O item 3.1. do Anexo VII de ambas as Resoluções aborda o controle de emissão dos gases não condensáveis (GNC) gerados no processo de fabricação de celulose, os quais deverão ser coletados e encaminhados ao forno de cal, caldeira de recuperação ou outro sistema de tratamento específico com limite de emissão estabelecido pelo órgão ambiental licenciador (BRASIL, 2006; 2011).

É estabelecido ainda, no item 7 do Anexo VII da Resolução CONAMA nº 382/2006, que em função das características locais da área de influência da fonte poluidora sobre a qualidade do ar, o órgão ambiental licenciador poderá estabelecer limites de emissão mais restritivos, inclusive considerando o incômodo causado pelo odor além dos limites do empreendimento (CONAMA, 2006). Ou seja, este item faz referência ao incômodo ligado ao odor fora dos limites do empreendimento e à um instrumento para impedir o incômodo, através de limites de emissão mais restritivos (ou seja, estratégia do tipo PME – Padrões Máximo de Emissão) (VIEIRA, 2013).

2.2.2.8 Norma Regulamentadora 15 (NR-15)

A Norma Regulamentadora nº 15 (NR-15) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) foi aprovada pela Portaria nº 3214 de 08 de junho de 1978 (BRASIL, 1978). Esta norma ocupacional apresenta, no Quadro nº 1 do Anexo 11 uma tabela de limites de tolerância para exposição ocupacional de uma série de agentes químicos, dentre os quais há algumas substâncias odoríferas importantes, conforme

apresentado na TABELA 3. Alguns destes valores foram citados previamente no item 2.1.4 deste trabalho.

TABELA 3 – NR15 - ANEXO 11 - QUADRO N.º 1 TABELA DE LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL

Substâncias	Limites tolerância até 48h/semana	
	ppm	mg/m ³
Acetaldeído	78	140
Acetona	780	1870
Ácido acético	8	20
Amônia	20	14
Cloro	0,8	2,3
Dietil amina	20	59
Dimetilamina	8	14
Dissulfeto de carbono	16	47
Etil mercaptana	0,4	0,8
Etilamina	8	14
Etilbenzeno	78	340
Formaldeído (formol)	1,6	2,3
Metil mercaptana (metanotiol)	0,4	0,8
Metilamina	8	9,5
n-Butil mercaptana	0,4	1,2
n-Butilamina	4	12
Sulfato de dimetila	0,08	0,4
Sulfeto de hidrogênio (Gás sulfídrico)	8	12
Trietilamina	20	78

FONTE: Adaptado de BRASIL (1978).

Tendo em vista que limites de exposição ocupacional são em geral ordens de grandeza mais elevados do que os níveis capazes de ser percebidos e causar incômodo ao ser humano, e que a percepção causada no ser humano é resultado não de uma única substância, mas sim de uma mistura complexa (GOTTFRIED, 2010; VIEIRA, 2013), é muito importante que a legislação visando à proteção da população baseie-se em limites considerando o odor resultante, observando os fatores FIDOL, e não apenas em substâncias odoríferas isoladas.

2.2.3 Legislação Nacional - Nível Estadual

Apesar de não haver legislação específica sobre odor a nível federal no Brasil, alguns estados e municípios citam esta questão de forma direta ou indireta em alguns diplomas legais. Vieira (2013) realizou um levantamento abrangente da legislação pertinente ao tema em todos os 26 estados e Distrito Federal. Este capítulo apresenta um resumo atualizado da legislação existente em vigor em novembro de 2021.

A ordem de apresentação dos estados segue uma sequência cronológica, começando com os estados que possuem as legislações mais antigas sobre o tema, e assim sucessivamente. Dentre as 27 unidades da federação, são abordadas somente aquelas que possuem legislação mais relevante e com menção específica sobre odor, com base no trabalho anterior de Vieira (2013): São Paulo, Goiás, Santa Catarina, Minas Gerais, Rondônia, Paraná e Bahia. Os estados de Goiás, Rondônia e Bahia são abordados apenas de forma breve, pois trazem citações copiadas de legislações de outros estados. Dois municípios também são abordados: Uberlândia (MG), e Manaus (AM).

2.2.3.1 São Paulo

No estado de São Paulo, a Lei nº 997, de 21 de maio de 1976, dispõe sobre o Controle da Poluição do Meio Ambiente no Estado. O art. 2º apresenta a definição de poluição atmosférica muito semelhante à definição de poluente atmosférico adotada pela Resolução CONAMA 491/2018, art. 2º inciso I, ou seja, o lançamento de matéria ou energia com características em desacordo com a legislação, ou que possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público e prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (SÃO PAULO, 1976a).

A Lei determina no parágrafo 1º do art. 14 que o órgão ambiental competente poderá ainda exigir que os responsáveis por atividades efetivas ou potencialmente poluidoras apresentem instrumentos como o plano de atividades descrevendo os sistemas de tratamento de poluentes existentes; o plano de automonitoramento de fontes; e o monitoramento das quantidades e qualidades dos poluentes emitidos, seja

por equipamentos automáticos de medição, ou por amostragem e análise descontínua empregando métodos aprovados pelo órgão (SÃO PAULO, 1976a).

Estes instrumentos são comumente aplicados por todos os órgãos ambientais brasileiros para poluentes atmosféricos “convencionais” (aqueles citados nas Resoluções CONAMA 382/2006, 436/2011 e 491/2018), mas podem também ser aplicados especificamente ao odor, por exemplo considerando métodos sensoriais de avaliação como olfatometria dinâmica. Vale notar que no inciso I do art. 14 é feita menção específica de sistemas de tratamento de lançamento de substâncias odoríferas (SÃO PAULO, 1976a).

Por sua vez, o Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976, que regulamenta a Lei nº 977/1976, no art. 28 faz menção às possíveis exigências que a CETESB pode realizar, semelhantes às já citadas pelo art. 14 da Lei nº 997/2976 (SÃO PAULO, 1976a; 1976b). O Decreto nº 8.468/1976 ainda estabelece no Art. 33 que “fica proibida a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora.” O parágrafo único determinava que a “constatação da emissão pode ser efetuada por técnicos credenciados pela CETESB, ou com referência à certas substâncias, através de sua concentração no ar, por comparação com o Limite de Percepção do Odor (LPO) [...]” (SÃO PAULO, 1976b).

O parágrafo único, inciso II deste Decreto listava 55 substâncias odoríferas e valores em ppm denominados de LPO (SÃO PAULO, 1976b). Entretanto, conforme observado por Muniz (2007) e Vieira (2013), os valores citados como LPO coincidem com os determinados por Leonardos, Kendall e Barnard (1969) em um estudo experimental onde o limite de odor obtido foi o limite de reconhecimento para 100% da população e não o limite de detecção (quando existe uma probabilidade de 50% do odor ser percebido). Portanto, verifica-se um erro conceitual na legislação, provavelmente devido à limitação dos legisladores no conhecimento técnico do tema.

Entretanto, em 1980, o Art. 33 teve sua redação alterada pelo Decreto nº 15.425/1980, que suprimiu a menção do LPO e estabeleceu que a constatação da percepção de que trata o artigo deveria ser efetuada apenas por técnicos credenciados da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (SÃO PAULO, 1980).

Ainda assim, esta legislação foi de certa forma “copiada” por diversos outros estados, segundo VIEIRA (2013): Goiás (1979), Santa Catarina (1981) e Rondônia (1997), e mesmo o município de Uberlândia (2007).

Os artigos 38 e 39 do Decreto nº 8.468/1976 abordam uma lista de atividades com potencial de emissão de substâncias odoríferas (torrefação e resfriamento de café, amendoim, castanha de caju e cevada; autoclaves e digestores utilizados em aproveitamento de matéria animal; estufas de secagem ou cura para peças pintadas, envernizadas ou litografadas; oxidação de asfalto; defumação de carnes ou similares; fontes de sulfeto de hidrogênio e mercaptanas; e regeneração de borracha) e determinam o método de controle: a incineração, citando inclusive a temperatura e tempo de residência mínimo dos gases, admitindo outros sistemas de eficiência igual ou superior (SÃO PAULO, 1976b).

O Art. 41 acrescenta que “as fontes de poluição, para as quais não foram estabelecidos padrões de emissão, adotarão sistema de controle de poluição de ar baseadas na melhor tecnologia prática disponível para cada caso” (SÃO PAULO 1976b). Esta tem sido uma prática comum da CETESB, de exigir o uso da Melhor Tecnologia Prática Disponível (MTPD) para controle ou tratamento de odor no licenciamento de atividades com potencial poluidor atmosférico.

Outra legislação relevante do estado de São Paulo que vale ser mencionada é a Decisão de Diretoria (DD) nº 217/2014/I, de 06/08/2014. Esta norma legal aprova o Manual para Elaboração de Estudos para o Licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental, uma espécie de Guia Técnico para definir critérios claros para licenciamento de várias tipologias de empreendimentos (CETESB, 2014).

O Anexo I deste Manual traz Instruções para Estimativa e Modelagem de Emissões Atmosféricas em Estudos de Dispersão Atmosférica (EDA), especificando detalhes sobre o cálculo das emissões atmosféricas e parametrização a ser aplicada no *software* de modelagem, padronizando o procedimento. Estas instruções podem ser adaptadas para a abordagem específica de modelagem de dispersão de odores (CETESB, 2014).

2.2.3.1 Goiás

Em Goiás, a Lei nº 8.544, de 17 de outubro de 1978, dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do Meio Ambiente. O Decreto Estadual nº 1.745, de 06 de

dezembro de 1979, que regulamenta a Lei nº 8.544, apresenta praticamente as mesmas disposições encontradas no Decreto nº 8.468/1976 do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1976b), tanto no que diz respeito à emissão de substâncias odoríferas, quanto em relação aos requisitos referentes às tecnologias de tratamento para determinados tipos de processos industriais (GOIÁS, 1979).

2.2.3.2 Santa Catarina

Em Santa Catarina, o Decreto nº 14.250/1981 (SANTA CATARINA, 1981) trazia exatamente as mesmas disposições encontradas nos Estados de São Paulo (até 1980), adotadas também por Goiás (GOIÁS, 1979) e Rondônia (RONDÔNIA, 1997). Este decreto regulamentava a Lei nº 5.793/1980, a qual foi revogada pela Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009 (SANTA CATARINA, 2009).

O Art. 31 do Decreto nº 14.250/1981 proibia a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em quantidades que pudessem ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora. A constatação das emissões deveria ser realizada por agentes credenciados, ou seja, do órgão estadual Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (FATMA), atual Instituto do Meio Ambiente (IMA) e baseada em uma lista de 55 substâncias odoríferas, por meio da comparação da concentração no ar ambiente com o LPO. Conforme já mencionado no caso do Decreto nº 8.468/1976 de São Paulo, esta definição não é tecnicamente precisa e, portanto, é pouco útil.

A Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009, que instituiu o Código Estadual do Meio Ambiente de Santa Catarina, menciona no art. 179 que devem ser definidos padrões de qualidade do ar, respeitando aqueles previstos em normas federais e cabendo ao CONSEMA estabelecer padrões adicionais aos existentes no âmbito federal. O inciso II do parágrafo único determina que a regulamentação dos padrões de qualidade do ar deve conter também “substâncias odoríficas” (SANTA CATARINA, 2009).

Quanto à padrões de emissão, o art. 182. determina que os casos para os quais não foram estabelecidos padrões de emissão, devem ser adotados sistemas de controle de poluição do ar baseados na melhor tecnologia prática disponível e aplicável, a qual depende de aprovação prévia do órgão ambiental licenciador (SANTA

CATARINA, 2009). Este texto é muito semelhante ao do art. 32 do antigo Decreto nº 14.250/1981 (SANTA CATARINA, 1981).

Em seu art. 290, inciso I item b, a Lei nº 14.675/2009 preconiza que no prazo de um ano de sua publicação, o Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) deveria regulamentar “os critérios e a metodologia para constatação de emissão de odor em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora” (SANTA CATARINA, 2009). Ou seja, foi dada ao CONSEMA a responsabilidade de estabelecer metodologias e critérios para avaliação de impacto ambiental de emissões odorantes (VIEIRA, 2013). No entanto, este prazo se esgotou há mais de 10 anos, e até o momento nenhuma metodologia ou critério para definir conformidade foram estabelecidos.

Cabe citar também o Art. 31 § 1º da Lei nº 14.675/2009, que no contexto do licenciamento ambiental, declara que “o empreendedor deve avaliar a possibilidade de intervenções no processo produtivo, visando minimizar a geração de efluentes líquidos, de efluentes atmosféricos, de resíduos sólidos, da poluição térmica e sonora, bem como a otimização da utilização dos recursos ambientais (SANTA CATARINA, 2009). Este princípio de minimizar e prevenir a geração de efluentes atmosféricos é uma boa prática e deve ser incentivado, tendo em vista que é mais eficaz e em geral mais econômico do que apenas tratar posteriormente os efluentes, segundo o princípio da prevenção de poluição.

Em Santa Catarina, há ainda o Decreto Estadual nº 24.980/1985 e suas alterações, que são um caso curioso de legislação que estabelece distâncias mínimas de separação entre atividades de criação de animais (suínos, bovinos, ovinos, aves e equinos), e habitações rurais, divisas de terrenos vizinhos e estradas (SANTA CATARINA, 1985).

As distâncias eram inicialmente de 50 m entre áreas de criação e/ou rejeitos e divisas de terrenos vizinhos; e de 20m até estradas; entretanto foram reduzidas pelo Decreto nº 4085/2002 respectivamente para 20 e 15 m (SANTA CATARINA, 2002). Cabe ressaltar que estas pequenas distâncias são exclusivamente para habitações rurais, em geral dos próprios proprietários da terra ou seus funcionários, ou seja, pessoas diretamente ligadas à atividade rural com potencial de emissão de odor. Considerando o fator Localização do FIDOL, a sensibilidade deste receptor é baixa,

apresentando maior tolerância ao odor do que áreas residenciais urbanas, por exemplo.

Recentemente, em 1º de abril de 2022, foi publicada a Resolução CONSEMA Nº 190/2022, que estabelece as diretrizes para os limites máximos de emissões de fontes fixas e critérios para o controle da qualidade do ar (SANTA CATARINA, 2022). O art. 69 da subseção IV trata especificamente de substâncias odoríferas, e o avanço desta nova Resolução é a possibilidade de o órgão ambiental “exigir estudos ambientais para análise prévia do impacto nos receptores, bem como o monitoramento dessas substâncias para as fontes geradoras”, para atividades com potencial de emissão de substâncias odoríferas. Os padrões e métodos instrumentais serão estabelecidos por Resolução específica do CONSEMA, a ser publicada pelo CONSEMA no prazo de um ano. Esta determinação é semelhante à da Lei nº 14.675/2009, art. 290, inciso I item b. A exceção são empreendimentos que já possuam monitoramento de odores e empreendimentos sujeitos a EIA/RIMA, que devem seguir o Termo de Referência aprovado (SANTA CATARINA, 2022).

2.2.3.1 Minas Gerais

Em Minas Gerais, a Deliberação Normativa (DN) do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) nº 11, de 16 de dezembro de 1986, que estabelece normas e padrões para emissões de poluentes na atmosfera, foi a primeira legislação a abordar as substâncias odoríferas. Nos art. 6º e 7º, são listadas atividades fontes de substâncias odoríferas que devem ser incineradas em pós queimadores a uma temperatura mínima de 750°C, copiando os art. 38 e 39 do Decreto Estadual nº 8.468/1976 de São Paulo (SÃO PAULO, 1976b).

A DN COPAM nº 11/1986 foi revogada pela DN COPAM nº 187, de 19 de setembro de 2013, a qual está atualmente em vigor. O art. 5º da DN nº 187/2013 é muito parecido com o art. 6º da DN COPAM (MINAS GERAIS, 1986), sendo a única diferença a temperatura recomendada para o pós-queimador, que na legislação vigente é de 800 °C, ao invés de 750 °C.

Cabe destacar o Anexo IV, referente às condições e limites máximos de emissão para a indústria de celulose. O item a) traz a definição de caldeira de recuperação de baixo odor: “caldeira de recuperação que não utiliza um evaporador

de contato direto e na qual não há exposição significativa do licor preto ao fluxo de gás e, portanto, mantém as emissões de enxofre reduzido total (ERT) em níveis baixos”. Este é um exemplo de Melhor Tecnologia Prática Disponível (MTPD) para este processo. Apesar de ser mencionada na legislação, este tipo de equipamento não é obrigatório.

Por sua vez, a diretriz nº 1 define o seguinte instrumento obrigatório de controle para os gases não condensáveis concentrados e diluídos, que possuem odor relevante:

1. Até 26.12.2016 os gases não condensáveis, concentrados e diluídos (GNCC e GNCD), gerados nos equipamentos e unidades de processo existentes em plantas de celulose, deverão ser captados e encaminhados ao forno de cal, caldeira de recuperação ou outro equipamento de processo ou de tratamento de emissões para os quais haja Limite Máximo de Emissão (LME) para os poluentes mencionados neste Anexo. Para equipamentos e unidades novas esta exigência aplica-se a partir do início de operação.

A incineração dos GNC em forno de cal, caldeira de recuperação ou outro equipamento é uma medida de controle de odor, que pode ser verificada através do monitoramento das emissões de ERT nas fontes de emissão que possuem padrões de emissão, listadas na Tabela IV da DN COPAM nº 187/2013.

2.2.3.1 Rondônia

Em Rondônia, o Decreto nº 7.903, de 01 de julho de 1997, repete as disposições do Decreto Estadual nº 8468/1976 de São Paulo (SÃO PAULO, 1976b). O art. 52 proíbe a emissão de substâncias odoríferas em quantidade perceptível fora do limite da propriedade emissora, o que pode ser constatado pelos técnicos do órgão ambiental licenciador ou com base nos LPOs das substâncias, em paralelo ao art. 33 do referido decreto de São Paulo. Esta lei também lista no art. 57 as atividades emissoras de odor que deverão incinerar suas emissões ou usar método de controle de eficiência igual ou superior, similar aos art. 38 e 39 do Decreto de SP, e por fim o art. 60 determina a adoção das MTPD para fontes que não possuem padrão de emissão (RONDÔNIA, 1997).

2.2.3.2 Paraná

Segundo VIEIRA (2013), no Brasil, o Paraná é pioneiro na regulamentação de emissões odorantes. Os odores são abordados na legislação desde 2002, através da antiga Resolução SEMA nº 041/2002, a qual foi revogada e substituída pela Resolução SEMA nº 054, de 22 de dezembro de 2006, e esta por sua vez foi revogada pela atual Resolução SEMA nº 016/2014 (PARANÁ, 2006; PARANÁ, 2014).

Quanto às metodologias de amostragem e análise, um grande diferencial da legislação paranaense é apresentar uma listagem dos métodos aceitos para cada parâmetro de emissão, nas Resoluções SEMA nº 054/2006 (Anexo VI) ((PARANÁ, 2006) e na atual Resolução nº 016/2014 (Anexo VII) ((PARANÁ, 2014). Os métodos recomendados para odores são: a norma americana ASTM E679 (Método para determinação de limiares de percepção olfativa) (ASTM, 2019), a norma holandesa NVN 2820 (determinação de tom hedônico) (NEN, 2005), a norma europeia EN 13725 (Determinação de concentração de odor por olfatometria dinâmica) (DIN, 2003) e as diretrizes do Comitê de Normalização em Medição de Odor da *Air and Waste Management Association* (A&WMA EE-6) (PARANÁ, 2014).

Cabe destacar o art. 12 da Resolução SEMA nº 054/2006, que estipulava o seguinte critério (PARANÁ, 2006):

“Art. 12 - As atividades geradoras de substâncias odoríferas, com uma taxa de emissão acima de 5.000.000 UO/h (Unidades de Odor por hora), deverão promover a instalação de equipamento, previamente analisado pelo Instituto Ambiental do Paraná, visando a captação e remoção do odor. O tipo de equipamento de remoção de odor a ser instalado dependerá das condições locais de dispersão, da proximidade de áreas habitadas e da quantidade de substâncias odoríferas emitidas, a qual deverá ser quantificada por olfatometria e expressa em Unidades de Odor lançadas na atmosfera por hora. A eficiência do equipamento de remoção de odor, determinada por olfatometria deve ser no mínimo de 85%.

Parágrafo único - Este Artigo não se aplica à fontes potencialmente poluidoras com padrões de lançamento para TRS, outros gases com cheiros acentuados, tais como NH₃, e/ou Substâncias Orgânicas estabelecidos na forma desta Resolução.”

Portanto, inicialmente a atividade geradora de substâncias odoríferas deveria ser avaliada quanto à sua taxa de emissão, e caso esta fosse superior a 5.000.000 OU/h, deveria ser instalado equipamento de remoção de odor. Este artigo previa ainda a determinação de odor por olfatometria e que a eficiência de remoção mínima era

igual a 85%. Este texto serviu de referência legal para alguns trabalhos no Brasil (VIEIRA, 2013; BRANCHER et al, 2013, dentre outras) por ser a única regulamentação quantitativa e específica. Segundo a classificação de abordagens citada por BRANCHER *et al.* (2017), este artigo era uma abordagem de Padrão de Máxima Emissão (PME).

Entretanto, na revisão da Resolução nº 54/2006, este artigo 12 foi alterado e o limite quantitativo foi retirado do texto na Resolução SEMA nº 016/2014. O Artigo 12 da Resolução SEMA nº 016/2014 aborda a questão de odores da seguinte forma (PARANÁ, 2014):

“Art. 12. As atividades geradoras de substâncias odoríferas, tais como, graxaria, frigoríficos, indústria de processamento de alimentos, estações de tratamento de efluentes, estações elevatórias, cemitérios verticais e curtumes devem seguir as boas práticas de minimização de odores, devendo ser implantadas a uma distância considerada suficiente para evitar o incômodo aos núcleos populacionais.

§ 1º Quando a adoção das boas práticas citadas no caput desse artigo não forem suficientes para a minimização dos odores, o órgão ambiental exigirá a instalação de sistemas e/ou equipamentos de captação e remoção do odor e, caso a pluma atinja áreas residenciais, o monitoramento da extensão da pluma de odor.

§ 2º O controle de emissão de odores no sistema de exaustão de cemitérios verticais deve usar filtros de carvão ativado ou tecnologia equivalente.

§ 3º Este artigo não se aplica às fontes potencialmente poluidoras com padrões de lançamento para TRS, outros gases com cheiros acentuados, tais como NH₃, e/ou Substâncias Orgânicas estabelecidos na forma desta Resolução.”

Vale ressaltar que o caput do art. 12 faz referência a distâncias de separação suficientes para evitar o incômodo. Segundo BRANCHER *et al.* (2017), a determinação de distâncias mínimas entre as fontes emissoras de odor e áreas sensíveis (por exemplo, residenciais) é uma abordagem presente em algumas diretrizes internacionais, das quais a referida resolução paranaense é um exemplo. O parágrafo 1º cita ainda a instalação de sistemas e/ou equipamentos de captação e remoção do odor quando a adoção das boas práticas não for suficiente, bem como a exigência de monitoramento da extensão da pluma de odor caso a mesma atinja áreas residenciais.

Quanto às “boas práticas operacionais” citadas no parágrafo 1º do artigo 12 e em seu caput, o Instituto Ambiental do Paraná (IAP), atual Instituto Água e Terra (IAT) iniciou em 2015 o desenvolvimento de um documento denominado “Manual de Boas Práticas de Trabalho na área de Subprodutos de origem animal”, contando com atuação de equipe técnica deste setor industrial, bem como de consultores e do próprio órgão ambiental. O conteúdo previsto para este manual incluía, dentre outros tópicos, a legislação ambiental aplicada aos odores; os processos potencialmente emissores de odores deste tipo de indústria; sistemas de exaustão e tratamento de odores; monitoramento de emissões e de impactos dos odores; e plano de emergência/contingência para incidentes. Entretanto, este documento não chegou a ser finalizado ou publicado oficialmente (GRAUER, 2021).

Cabe mencionar ainda a atuação do IAP/IAT em relação à temática de odor nos últimos anos, incluindo a realização do 1º Workshop sobre Odor em Toledo, PR, nos dias 04 e 05/11/2015 na Pontifícia Universidade Católica (PUC) campus de Toledo. O evento foi promovido pelo IAP com apoio do Ministério Público e parceiros (incluindo empresas da região, outros órgãos ambientais como CETESB, dentre outros). O objetivo foi reunir especialistas para discutir no meio acadêmico possíveis soluções para os odores decorrentes das atividades industriais do município. Várias palestras abordaram especificamente os processos da indústria de subprodutos de origem animal, que é relevante naquela região. Neste Workshop foi mencionado o desenvolvimento do Manual de Boas Práticas supracitado, o qual seria uma ferramenta de informação e prevenção à problemática de odor no setor (PREFEITURA DE TOLEDO, 2015).

O art. 87 da Resolução SEMA nº 016/2014 determina que o Órgão Ambiental, deverá proceder à revisão da mesma num prazo máximo de 05 anos a partir da sua publicação, e periodicamente no mesmo prazo (PARANÁ, 2014). Por este motivo, a Portaria IAT nº 253, de 01 de setembro de 2020 instituiu um grupo de trabalho a fim de revisar a Resolução SEMA 016/2014 (PARANÁ, 2020). Foi aberta a participação da sociedade civil com envio de sugestões de alterações devidamente justificadas. Tendo em vista que o tema de odores é um dos que vem sendo discutido amplamente desde a época do Workshop realizado em Toledo em 2015, espera-se que esta revisão traga alguma atualização quanto à questão de odor.

AAPEAM – Associação Paranaense de Engenheiros Ambientais (APEAM) se manifestou através do Ofício APEAM 036/2020, propondo, entre outras sugestões, alterações ao artigo 12 para esclarecer as metodologias de avaliação de odor, a realização de estudos técnicos especializados antes da implantação de sistemas de controle de odor, bem como a necessidade de avaliação dos fatores FIDOL no licenciamento de novas atividades com potencial de emissões odoríferas, ou em instalações existentes, caso a pluma de odor atinja áreas habitadas (APEAM, 2020). Até a data de finalização desta dissertação, a versão atualizada da Resolução SEMA nº 016/2014 ainda não foi publicada.

2.2.3.3 Bahia

No estado da Bahia, merece destaque o Decreto nº 14.024, de 06 de junho de 2012 (BAHIA, 2012), que aprova o regulamento da Lei nº 10.431, de 20 de dezembro de 2006 (BAHIA, 2006), e da Lei nº 11.612, de 08 de outubro de 2009 (BAHIA, 2009).

O art. 44 determina que, na inexistência de padrões de emissão, “o responsável pela fonte de poluição deve adotar medidas de controle, baseadas na melhor tecnologia disponível, técnica e economicamente viável, especificando a eficiência do sistema de controle adotado” (BAHIA, 2012). Novamente, uma menção ao uso da melhor tecnologia de controle disponível.

Outro ponto relevante é o art. 46 da Seção III, que aborda especificamente as emissões atmosféricas, e determina 3 classes para enquadramento dos poluentes atmosféricos: poluentes convencionais (incluindo aqueles já regulados pela Resolução CONAMA 491/2018) (BRASIL, 2018); poluentes tóxicos do ar (PTAs), e poluentes não convencionais (BAHIA, 2012).

Os PTAs são um conjunto de 188 substâncias orgânicas e inorgânicas listadas no Anexo II do Decreto nº 14.024/2012, que segundo a legislação, apresentam potencial tóxico, cancerígeno ou outros efeitos danosos à saúde humana. Alguns dos compostos desta lista possuem potencial odorífero, por exemplo acrilato de etila, estireno e sulfeto de carbonila (VIEIRA, 2013).

O art. 47 preconiza que “os padrões de qualidade do ar para PTAs e para os poluentes não convencionais deverão ser estabelecidos quando houver dados

cientificamente comprovados a respeito das concentrações destes poluentes no ar que não representem risco para a saúde humana e para o meio ambiente”. Portanto, o decreto faz referência a dados científicos que permitam embasar a proposta de padrões de qualidade do ar das substâncias que ainda não são legisladas, com vistas à proteção da saúde.

Finalmente, considerando que o odor consiste de uma mistura complexa de substâncias odoríferas (GOTTFRIED, 2010), ele que poderia ser classificado como “poluente não convencional”, segundo este decreto, pois não se trata de poluente convencional, nem de poluente tóxico do ar (PTA).

2.2.4 Legislação Nacional – Nível Municipal

2.2.4.1 Uberlândia (MG)

A Lei Complementar (LC) nº 17, de 04 de dezembro de 1991 (UBERLÂNDIA, 1991), e especialmente suas alterações por meio da Lei Complementar nº 447/2007 (UBERLÂNDIA, 2007), abordava a poluição por odor de forma específica, apesar de ter sido revogada pela Lei nº 10.700/2011 (UBERLÂNDIA, 2011). As definições relativas a odores no art. 117, incisos VI a VIII da LC nº 17/1991 podem ser aproveitadas na formulação do critério a ser sugerido na etapa de resultados deste trabalho. Odor “é definido como uma mistura complexa de moléculas químicas voláteis que dão origem a uma sensação odorante percebida pelo ser humano. Seus produtos, em concentrações muito variáveis, são emitidos, na sua maioria, por atividades humanas, agrícolas, industriais ou domésticas” (UBERLÂNDIA, 1991; 2007).

Por sua vez, substâncias odoríferas “são substâncias que emitem odor perceptível ao ser humano”; e limite de percepção do odor é definido como a concentração odorífera no início da percepção” (UBERLÂNDIA, 1991; 2007).

O art. 126 apresenta a proibição de emitir “substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora”, tal qual no Decreto nº 8468/1976 de São Paulo (SÃO PAULO, 1976b). Entretanto, nos parágrafos 1º a 5º são apresentadas determinações originais que vale a pena mencionar.

Os parágrafos 1º e 2º admitem a elaboração de laudos técnicos por pessoa física ou jurídica para constatação da percepção de odor e para comprovar as substâncias odoríferas emitidas. O parágrafo 3º cita padrões para substâncias odoríferas a serem estipulados por Decreto, e que para os casos em que não forem estabelecidos padrões, devem ser observados padrões recomendados ou aceitos internacionalmente (UBERLÂNDIA, 1991; 2007).

Este art. 126 da Lei nº 17/1991 foi regulamentado pelo Decreto nº 10.847, de 10 de setembro de 2007, que traz vários artigos específicos sobre odor. O art. 7º determina que, a critério do órgão ambiental municipal competente, as atividades ficam obrigadas a apresentar um “Programa de Automonitoramento de Emissões Atmosféricas”, contemplando “as fontes de emissões de substâncias odoríferas, características destas substâncias, parâmetros de controle, metodologias de amostragem e análises das emissões, e cronogramas das ações e de implementação de mecanismos que evitem, minimizem, controlem e monitorem tais emissões.” O conteúdo deste programa é tecnicamente relevante para o efetivo diagnóstico e controle das emissões do empreendimento.

O art. 8º determina que os responsáveis por atividades com potencial de gerar emissões odoríferas deverão utilizar sistema de tratamento aprovado pelo órgão ambiental municipal, e que este sistema dependerá das condições locais de dispersão, proximidade com áreas habitadas e quantidade de emissão. Por sua vez, o art. 9º define que “as amostragens e análises de emissões atmosféricas provenientes de substâncias odoríferas devem ser realizadas de acordo com métodos analíticos apropriados, previamente aceitos pelo órgão ambiental municipal competente”, sem, entretanto, especificar quais são estas metodologias.

O art. 10 define os padrões de emissão de substâncias odoríferas para dois compostos de enxofre, idênticos aos citados por São Paulo (1976b), e mostrados na TABELA 4:

TABELA 4 – PADRÕES DE EMISSÃO DE SUBSTÂNCIAS ODORÍFERAS EM UBERLÂNDIA.

Substância odorífera	Limite de percepção de odores (ppm)
Dimetil sulfeto	0,003
Sulfeto de Hidrogênio (a partir de dissulfeto de sódio)	0,0047
Sulfeto de Hidrogênio (Gasoso)	0,00047

Fonte: Adaptado de UBERLANDIA (2007).

O art. 11 menciona algumas ferramentas caso não fosse possível o atendimento aos padrões supracitados, como implantação de “todas as melhorias viáveis”, que se pode entender como sendo o uso da MTPD; realização de “estudo ambiental às expensas do empreendedor, acompanhado do Programa de Automonitoramento de Emissões Atmosféricas”; e monitoramento da qualidade do ar no entorno para comprovar a manutenção dos padrões de qualidade do ar.

2.2.4.2 Manaus (AM)

No município de Manaus, capital do Amazonas, a Lei nº 605, de 24 de julho de 2001, que institui o Código Ambiental do Município e dá outras providências, proíbe “a emissão de odores que possam criar incômodos à população”. O art. 88 determina que deverão ser observadas as seguintes ferramentas para lidar com a questão do odor: a adoção da melhor tecnologia de controle; monitoramento das fontes (o que poderia ser atendido com uso da olfatometria dinâmica); a consideração quanto à seleção de áreas mais propícias à dispersão atmosférica (as quais podem ser avaliadas por meio de estudos de modelagem de dispersão); e finalmente a adoção de distâncias de separação entre as fontes emissoras e receptores sensíveis (MANAUS, 2001). Estas ferramentas, se regulamentadas com mais detalhe, podem servir de base para prevenção de impactos e mesmo sua avaliação técnica.

O art. 90 desta mesma lei, no inciso IV, veda “a emissão de odores que possam criar incômodos à população”.

3 METODOLOGIA

Este capítulo de metodologia se inicia com a delimitação da pesquisa. Na presente dissertação, foi adotada a abordagem de método misto quali-quantitativa, com implementação sequencial e igual prioridade para ambos os métodos (MOLINA-AZORIN, 2012). Inicialmente, foi realizado o levantamento de dados de forma qualitativa, baseando em múltiplas referências que mencionam métodos e critérios para avaliação do impacto da poluição causada por odor. Em seguida, na fase quantitativa do trabalho, os métodos e critérios encontrados foram organizados e tabulados, e foi feita uma comparação entre os mesmos, no que tange a recursos de estrutura, recursos humanos, tempo necessário, limitações e custo de implementação.

Quanto à natureza, este trabalho se enquadra como pesquisa aplicada (prática), pois busca propor critérios práticos para avaliação de impacto da poluição por odor, diretamente aplicáveis à sociedade.

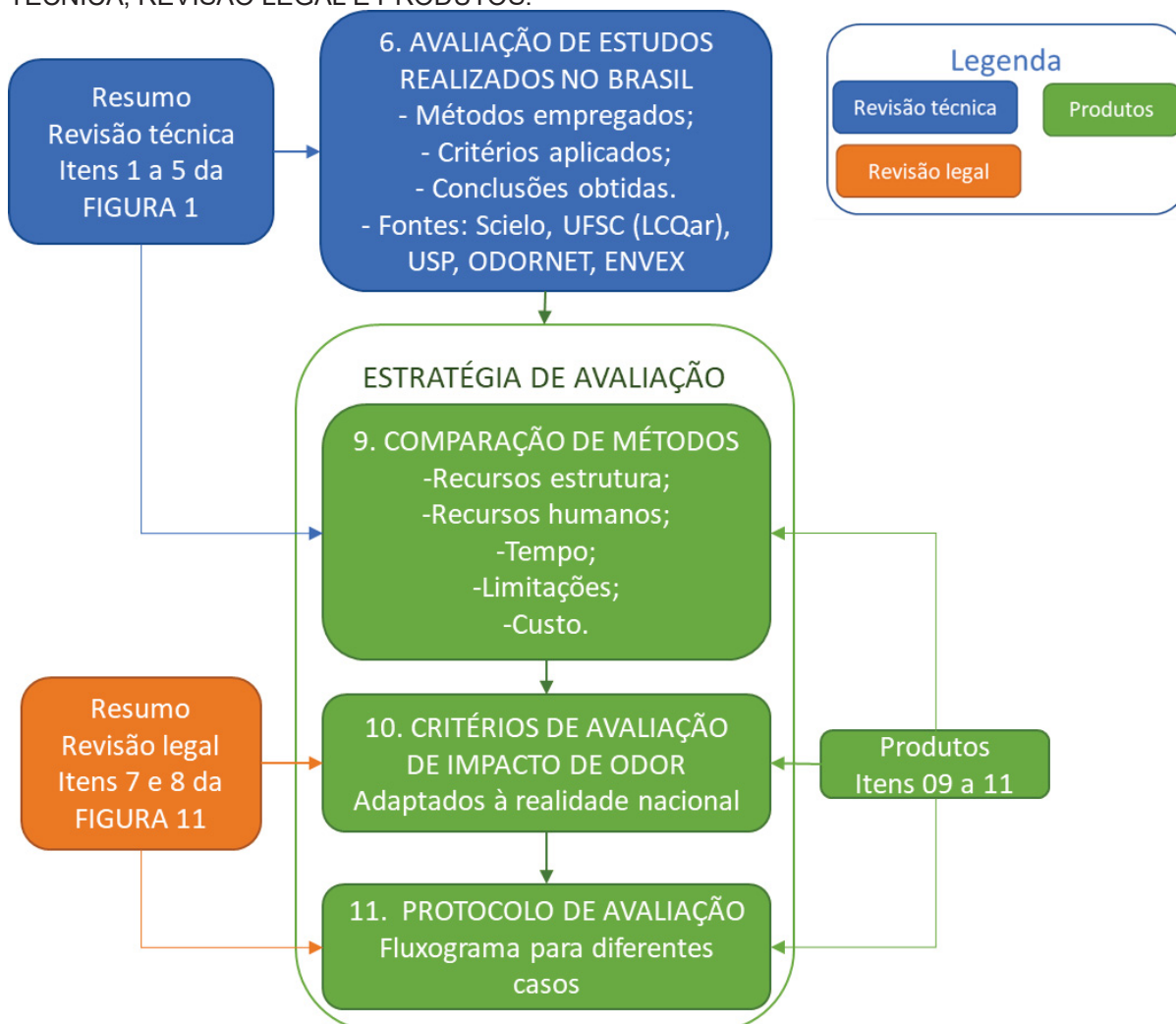
Quanto à análise dos dados, devido a seu caráter exploratório, esta pesquisa é classificada como descritiva, pois tem por objetivo descrever um fenômeno pouco estudado no Brasil, o impacto causado pela poluição odorífera, apresentando suas características e dimensões, as quais podem ser primariamente descritas pelos fatores FIDOL (Frequência, Intensidade, Duração, Ofensividade e Localização) (NICELL, 2009; VIEIRA, 2013; BRANCHER et al, 2017).

Quanto aos procedimentos, esta pesquisa se baseia principalmente na pesquisa bibliográfica e documental para coleta de dados, abrangendo a revisão técnica (artigos, trabalhos técnico-científicos, dissertações, teses, etc.), bem como a revisão legal (que abrange leis, decretos, resoluções, normativas, dentre outros documentos, nas esferas internacional, nacional, estadual e municipal). Portanto, este trabalho se baseia em dados secundários.

A metodologia do desenvolvimento desta dissertação é resumida pelo fluxograma apresentado na FIGURA 16, que pode ser considerado o desenho de pesquisa. Basicamente, o desenvolvimento pode ser dividido em 3 fases: Resumo da Revisão Técnica (ilustrada na FIGURA 1 e detalhada no item 2.1), Resumo da Revisão Legal (mostrada na FIGURA 14 e detalhada no item 0) e Produtos (Resultados da pesquisa – a estratégia de avaliação de odor). Os Produtos incluem três partes:

comparação de métodos, critérios de avaliação de impacto de odor, e protocolo de avaliação. Cada parte é detalhada na sequência.

FIGURA 16 – FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA APLICADA A ESTA DISSERTAÇÃO: REVISÃO TÉCNICA, REVISÃO LEGAL E PRODUTOS.



Fonte: A autora (2022).

A revisão legal da esfera internacional baseou-se em dois artigos de aprofundada análise de legislações internacionais: Brancher *et al.* (2017), que estudou 28 países, e Bokowa *et al.* (2021), que abordou 17 países. No âmbito do Brasil, na esfera federal, foram abordados 13 diplomas legais. Na esfera estadual e municipal, foram abordadas apenas jurisdições que possuem menção específica ao odor ou substâncias odoríferas, segundo levantamento feito por Vieira (2013): sete Estados (SP, SC, PR, MG, GO, RO, BA) e dois municípios: Uberlândia (MG) e Manaus (AM).

Conforme ilustrado na FIGURA 16, de posse dos conteúdos estudados na revisão técnica e revisão legal, os primeiros resultados gerados foram resumos com

análise crítica tanto da parte técnica como da parte legal. Estes resumos incluem a confecção de quadros que classificam a legislação de acordo com a abordagem regulatória adotada, indicando em percentuais quais são as abordagens mais comuns.

Então, foi realizada a avaliação de estudos de impacto de odores produzidos no Brasil: Nesta etapa foram compilados os principais trabalhos técnicos e científicos nacionais, os quais foram avaliados e seus seguintes aspectos foram organizados em forma de tabelas e quadros: abordagens regulatórias, métodos empregados, critérios aplicados, e Conclusões obtidas.

Nesta etapa, foram pesquisados trabalhos divulgados em eventos científicos ou outros meios de literatura científica (artigos de revistas ou eventos, monografias, dissertações e teses). Foram realizadas buscas na base de dados Scielo, bem como no site do Repositório Institucional da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e da equipe vinculada ao Laboratório de Controle da Qualidade do Ar (LCQAr); instituição fundada em 2002 e pioneira no estudo de odores no Brasil. Outras fontes consultadas foram a Escola de Saúde Pública da USP, e trabalhos como MALHEIROS *et al.* (2014; 2016); PERAZZOLI *et al.* (2018); e SCHRAIER *et al.* (2019).

Foram consultados ainda o laboratório de olfatometria dinâmica ODOURNET Brasil (único em atividade atualmente em território nacional), via e-mail na pessoa do CEO Yanko Guimarães (o qual disponibilizou trabalhos, mas nenhum realizado no Brasil), bem como a Escola Superior da CETESB, na pessoa da Prof. Dr. Lígia Cristina Gonçalves de Siqueira. No total, 15 trabalhos foram avaliados.

As metodologias utilizadas nos trabalhos avaliados incluem métodos analíticos para determinação de substâncias odoríferas específicas; Olfatometria Estática (OE); Olfatometria de Diluição Dinâmica (ODD), segundo a norma EN13725:2003; Olfatometria de Campo (OC) com olfatômetro *Nasal Ranger*®; Modelagem de Dispersão Atmosférica, Inspeção em campo, usando métodos do grid ou da pluma, VDI 3940 parte 2 (VDI, 2006b); Questionários; e monitoramento de parâmetros meteorológicos durante as coletas em campo.

O trabalho seguiu então para a elaboração dos Produtos da pesquisa, listados a seguir, os quais compõe a estratégia de avaliação de odor:

9. Comparação de métodos: com base na revisão técnica dos itens 2.1.3 (Fatores FIDOL); 2.1.5 (Técnicas de medição e monitoramento de odor), 2.1.6 (Técnicas

de avaliação do impacto relacionado ao odor), e 4.3 (Avaliação de estudos de produzidos no Brasil), foi feita a comparação dos diferentes métodos por meio de um quadro que reúne e avalia os seguintes fatores: recursos de estrutura; recursos humanos; tempo; limitações e custo.

10. Elaboração de Critérios de avaliação de impacto de odor adaptados à realidade nacional, considerando os fatores resumidos nas tabelas e quadros da revisão técnica e revisão legal;
11. Preparação do protocolo de avaliação em forma de fluxograma para diferentes casos (por exemplo: instalação de novo empreendimento – licença prévia ou de instalação; renovação de licença de operação de empreendimento existente (com ou sem ocorrência de reclamações), investigação de reclamações). Os fluxogramas indicam de forma orientativa as etapas a serem seguidas para monitoramento e avaliação do odor para dar apoio ao licenciamento, respaldado em critérios técnicos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, demonstra-se um resumo dos conteúdos abordados na revisão técnica e revisão legal, bem como os produtos da pesquisa, que incluem: a comparação de métodos (quanto a requisitos humanos e de estrutura, tempo, custo e limitações); a proposta de critérios de avaliação de odor adaptados à realidade nacional; e o protocolo de avaliação, incluindo um fluxograma para tomada de ação em diferentes casos.

4.1 RESUMO E ANÁLISE CRÍTICA DA REVISÃO LEGAL

4.1.1 Avaliação das Abordagens Regulatórias Relativas ao Odor

Segundo Frechen (2001) e Vieira (2013), existem basicamente quatro tipos de abordagens regulatórias empregadas para o controle de incômodos olfativos:

- Padrões de distância mínima de separação (PDMS);
- Padrões máximos de emissão (PME);
- Padrões máximos de impacto (PMIm);
- Padrões máximos de incômodo (PMIn).

Cada uma destas abordagens é detalhada na sequência.

Padrões de distâncias mínimas de separação (também chamados de *buffers*), segundo MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT (2016) tem a intenção de gerenciar efeitos de emissões acidentais; efeitos adversos de atividades que não podem ser adequadamente evitados, mitigados ou remediados sem uma distância de separação, mesmo que adotem as melhores práticas disponíveis (por exemplo, aterros sanitários); e para efeitos de sensibilidade reversa – ou seja, usos sensíveis situados próximos a potenciais fontes emissoras. Cabe ressaltar que as distâncias de separação não possuem intenção de serem usadas como alternativas ao controle da emissão na fonte. Elas são implementadas adicionalmente aos controles de poluição consistentes com a melhor tecnologia prática disponível (MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016).

A manutenção de distâncias de separação apropriadas é um assunto primariamente de gestão do uso do solo (MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016),

e portanto, no contexto brasileiro, deve ser gerido em esfera municipal pelo Plano Diretor e zoneamento municipal.

Uma referência importante neste tema é o regulamento alemão TA Luft (GMBI, 2002) que determina PDMS em relação a áreas residenciais existentes ou planejadas para atividades com emissão de odor fugitiva, como compostagem, pecuária, abatedouros, tratamento de resíduos etc. Para a atividade de pecuária (aves e suínos), a distância mínima é definida por um gráfico com índice calculado com base no número de cabeças de animais (quanto maior o número de cabeças, maior a distância mínima necessária), e varia de cerca de 200m a 500m (GMBI, 2002).

Esta referência aborda ainda que as distâncias mínimas podem ser menores caso as emissões de substâncias odoríferas sejam reduzidas com medidas primárias, ou caso os gases sejam tratados por um sistema de controle. Nestes casos, a viabilidade da redução da distância mínima deve ser determinada usando um método de cálculo da dispersão de odor adequado, cuja adequação deve ser provada à autoridade competente (GMBI, 2002).

A TA Luft foi recentemente atualizada (GMBI, 2021), e nela foi incluído o Apêndice 7, que trata sobre detecção e avaliação de imissão de odor. Quanto a distâncias mínimas de separação para atividades ligadas à criação de animais, o apêndice recomenda o uso das normas alemãs VDI 3894 Parte 2 (2012) e Parte 1 (2011) para o cálculo destas distâncias. A referência alemã “*Guideline on Odour in Ambient Air – GOAA*” aborda que os seguintes aspectos limitam ou excluem a aplicação de distâncias mínimas de separação: superposição de plumas de odor de empreendimentos distintos; exposição existente ao odor; grandes dimensões da área emissora (com foco em atividades agropecuárias); e condições topográficas ou meteorológicas extraordinárias (GOAA, 2008). Esta referência embasou muito do Apêndice 7 da nova versão do TA Luft (GMBI, 2021).

Desta forma, esta abordagem de PDMS funciona como uma boa e simples regra geral, e exceções à esta regra devem ser estudadas caso a caso e comprovadas por estudos mais aprofundados que levem em consideração a dispersão do odor.

Cabe mencionar ainda que esta legislação alemã inclui, além das distâncias mínimas de separação, uma série de requisitos de construção e operação a serem seguidos pelos empreendimentos, voltados para prevenção e minimização das emissões odoríferas. Em alguns casos, este documento exige certas tecnologias de

controle baseadas na Melhor Tecnologia Prática Disponível (MTPD) (GMBI, 2002). Portanto, conforme já citado, as distâncias de separação não eliminam a necessidade de controles de emissão e de operação adequada.

Por sua vez, a abordagem que utiliza padrões máximos de emissão – PME (*Maximum Emission Standards*) é mais conhecida no contexto brasileiro, pois este tipo de padrão ou limite foi introduzido pela Resolução CONAMA nº 05/1989, que institui o PRONAR – Programa Nacional de Controle da Poluição (BRASIL, 1989). A Resolução CONAMA nº 08/1990 foi a primeira que estabeleceu efetivamente os primeiros limites quantitativos de emissão para fontes de combustão externa, considerando os poluentes SO₂, PTS e densidade colorimétrica (BRASIL, 1990). Portanto, por mais de 30 anos este tipo de abordagem vem sendo utilizada no Brasil, porém não de forma específica para o poluente odor. Algumas substâncias odoríferas são reguladas desta maneira no Brasil, conforme detalhado na seção 2.2.2.7 deste trabalho.

Basicamente, esta abordagem consiste em definir um valor máximo (limite ou padrão) de concentração ou taxa de emissão para os poluentes de interesse, considerando o tipo e o porte da fonte, e o atendimento a este limite deve ser verificado periodicamente por meio de monitoramento nas fontes emissoras, em situação de operação representativa das condições do processo. Alternativamente, o padrão pode ser estabelecido por meio de valores mínimos de eficiência de controle a serem atendidos, o que requer a medição na fonte antes e após o sistema de controle.

Para aplicação de PME para o odor, basta realizar a coleta de odor na fonte seguindo o método da olfatometria dinâmica da norma EN 13725 (DIN, 2003; CEN, 2022). Um padrão deste tipo já esteve em vigor no estado do Paraná, na Resolução SEMA nº 054/2006 art. 12 (PARANÁ, 2006), porém foi retirado na Resolução SEMA nº 016/2014 (PARANÁ, 2014) devido à dificuldade de ser operacionalizada, visto que há apenas um laboratório que realiza a análise segundo a norma EN 13725 no Brasil.

A abordagem de PME é bem estabelecida para fontes fixas, porém não se aplica a fontes fugitivas, cujas emissões não são conduzidas e, portanto, também não são facilmente medidas. Outras limitações desta abordagem são que a mesma não considera as características da fonte emissora (geometria, dimensões, velocidade e temperatura dos gases, etc.), e nem as características locais, como topografia, uso do solo e condições meteorológicas, que afetam a dispersão do odor (VIEIRA, 2013; VIEIRA, 2016). Desta forma, a sua aplicação se torna limitada.

Outra questão é que o desenvolvimento de PME implica em detalhar requisitos para múltiplas tipologias de fontes emissoras, bem como para portes diferentes dentro da mesma tipologia de fonte. Exemplos disso são as Resoluções CONAMA nº 382/2006 e nº 436/2011, que possuem 13 anexos, cada qual referente a uma tipologia de fonte considerada prioritária. Por sua vez, a Resolução SEMA nº 016/2014 aborda muitos outros tipos de fontes, do art. 22 (fontes de combustão) ao art. 59. Considerando que existem múltiplas fontes com potencial de emissão de odor (QUADRO 2), a elaboração de PME para cada tipologia de fonte implica em um trabalho intenso e minucioso, que depende também da existência de dados de emissão de odor suficientes das várias tipologias e portes para embasar a proposta. Considerando a escassez destes dados e a complexidade envolvida com a proposição de Padrões Máximos de Emissão para odor, a autora entende que a PME não é a abordagem mais indicada atualmente para regulação de odores no Brasil.

Quanto à abordagem de Padrões máximos de incômodo (*Maximum Annoyance Standards*), um bom exemplo é a Nova Zelândia, cuja legislação e referências técnicas recomendam o uso de técnicas de avaliação baseadas na comunidade (questionários, pesquisas ou diários de odor) com a máxima prioridade para avaliar fontes de odor existentes (MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016). Entretanto, esta abordagem exige esforço considerável da autoridade competente.

As avaliações com questionários geram resultados relacionados com a disponibilidade de pessoas e a área de coleta. Este método pode ser afetado pelo envolvimento emocional das pessoas entrevistadas, portanto uma extensa participação social e forte envolvimento comunitário são necessários para produzir avaliações objetivas, (ZARRA; BELGIORNO; NADDEO, 2020), o que significa um elevado tamanho da amostra e maior demanda de recursos e tempo.

Considerando a realidade brasileira nos órgãos ambientais, de mão de obra escassa e não treinada, a autora julga que esta abordagem não é a mais eficiente para solução de problemas relacionados a odor no Brasil. Verifica-se ainda que esta abordagem se trata de uma estratégia reativa (somente será aplicada caso haja incômodo), e não preventiva; portanto, para exercer efeito preventivo, deve ser utilizada em conjunto com outras abordagens.

Nicell (2009) e Vieira (2017) ressaltam outras limitações da abordagem do máximo incômodo, incluindo dificuldade de aplicação em áreas de baixa densidade

populacional; ausência de normas para estabelecer a condição de um incômodo com base nas estatísticas das reclamações; e falta de demonstração do sucesso desta abordagem para proporcionar proteção adequada para a população e as indústrias.

De acordo com Brancher *et al.* (2017), além das quatro abordagens regulatórias supracitadas, há ainda uma quinta abordagem, chamada de “Padrão de Tecnologia de Controle”, que está relacionada a requisitos de se implantar as “*best available techniques*” ou melhores tecnologias disponíveis (MTPD), com objetivo de prevenção ou redução da emissão do odor. Esta abordagem é utilizada por vários países europeus, além de jurisdições nos EUA, Canadá, Austrália, Nova Zelândia, Colômbia e Arábia Saudita.

O QUADRO 10 apresenta as cinco diferentes abordagens citadas por Brancher *et al.* (2017), bem como exemplo de jurisdições (países, estados, províncias ou cidades) que as aplicam.

QUADRO 10 – EXEMPLOS DE JURISDIÇÕES QUE APLICAM UMA OU MAIS DAS CINCO ABORDAGENS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE ODOR.

Abordagem	Descrição	Nº de Países	Jurisdições que adotam a abordagem
Padrão máximo de impacto (PMIm)	Odor	24	Jurisdições do Canadá, EUA e Austrália; Chile, Colômbia, Panamá, Paraná (Brasil), Reino Unido, Alemanha, Áustria, Lombardia (Itália), Puglia (Itália), Irlanda, Países Baixos, Israel, Taiwan, Hong Kong, Coreia do Sul, China, Japão, Hungria, jurisdições Belgas, Catalunha (Espanha), Dinamarca, França
	Substâncias odoríferas individuais	10	Jurisdições do Canadá, EUA e Austrália; Colômbia, São Paulo (Brasil), Panamá, Coreia do Sul, Japão, Dinamarca, Puglia (Itália)
Padrão de distâncias mínimas de separação (PDMS)	Variável	7	Jurisdições dos EUA, Paraná (Brasil), Áustria, Países Baixos, jurisdições da Austrália, Bélgica, Alemanha
	Fixa	6	Jurisdições do Canadá, EUA e Austrália, Países Baixos, Hong Kong, Alemanha
Padrão máximo de emissão (PME)	Odor	5	França, jurisdições da Itália, China, jurisdições da Austrália, Dinamarca
	Substâncias odoríferas individuais ou famílias	7	Chile, Panamá, Brasil (federal), Puglia (Itália), China, Japão, jurisdições da Austrália
Padrão de Máximo Incômodo (PMIn)	Número de reclamações	2	Jurisdições dos EUA, Wellington (Nova Zelândia)
	Nível de incômodo	1	Nova Zelândia, Alemanha
Padrão de tecnologia de controle (PTC)	<i>Best Available Technique</i> - Melhor tecnologia prática disponível (MTPD)	7	Países europeus, jurisdições nos EUA, Canadá, e Austrália, Nova Zelândia, Colômbia e Arábia Saudita

Fonte: Adaptado de Brancher *et al.* (2017).

Verifica-se no QUADRO 10 que o padrão de máximo impacto (PMIm), consistindo na comparação de estatísticas (percentis) de concentração de odor preditas por modelos de dispersão atmosférica, com critérios de impacto de odor (CIO, ou em inglês *Odor Impact Criteria* – OIC), foi identificado por Brancher *et al.* (2017) como a ferramenta mais comum (presente em 24 dos 28 países estudados; ou 85%) usada por legisladores para avaliar o risco de impactos de odor em receptores sensíveis, na etapa de planejamento (que equivale ao estágio de licenciamento para emissão de licença prévia e/ou de instalação, no Brasil), e é usado também para avaliação de empreendimentos existentes. Este tipo de critério provê proteção para a imissão (ou seja, no receptor). Sugere-se que o desenvolvimento de critérios para aplicação à realidade brasileira se baseie também neste tipo de abordagem.

A modelagem é a técnica empregada em vários estudos realizados no Brasil, em conjunto com a abordagem de padrão de máximo impacto (PMIm) (MALHEIROS *et al.*, 2014; MALHEIROS *et al.*, 2016; PERAZZOLI *et al.*, 2018; SCHARIER *et al.*, 2019). Este resultado não é surpresa, pois é bem sabido que modelos podem consumir menos tempo e recursos financeiros do que outros métodos; ainda assim, os resultados dos modelos devem ser validados com as medições experimentais feitas em campo quando possível (RANZATO *et al.*, 2012; VIEIRA, 2017; ZARRA; BELGIORNO; NADDEO, 2020).

Portanto, além da avaliação da fonte emissora de odor, é importante avaliar o impacto nos receptores, baseado nos fatores FIDOL relacionados ao incômodo. Para tanto, duas abordagens comuns são a modelagem de dispersão atmosférica e inspeções em campo, com ou sem olfatômetro de campo (RANZATO *et al.*, 2012; MALHEIROS *et al.*, 2014; MALHEIROS *et al.*, 2016; VIEIRA *et al.*, 2017; PERAZZOLI *et al.*, 2018; SCHRAIER *et al.*, 2019). O uso destas metodologias implica na aplicação da abordagem de Padrões Máximos de Impacto (PMIm) – ou seja, concentrações máximas de odor aceitáveis, vinculadas a um tempo de média específico e a uma frequência de ocorrência (percentis) (VIEIRA, 2013; VIEIRA, 2017).

Entretanto, há casos em que a amostragem de odor em fontes e a modelagem de dispersão não são apropriadas, por exemplo quanto há fontes difusas ou descontínuas de odor. Nestes casos, a inspeção em campo é um método interessante e promissor, normatizado na Europa pelas normas EN 16841 partes 1 e 2 (CEN, 2016a; CEN, 2016b), conforme detalhado no item 2.1.6.2.

Esta pesquisa sugere uma abordagem multi-ferramenta para estudos de avaliação de odor constituída de três categorias, adaptadas dos trabalhos de Bull *et al.* (2014); Vieira (2017); e Brancher *et al.* (2017):

- 1) Preditiva: Modelagem de dispersão atmosférica;
- 2) Observacional/Empírica: monitoramento de odor no ambiente (olfatometria de campo; inspeções em campo com painéis – método da grade ou da pluma);
- 3) Mitigação e controle: minimização e controle de riscos do impacto de odor; uso de MTPD, planos de gestão e boas práticas operacionais; medidas proativas nas fontes.

Portanto, recomenda-se o uso de múltiplos métodos e ferramentas sob uma estratégia integrada. Diferentes métodos de avaliação não são mutuamente excludentes. Usando-os em combinação, as limitações individuais de cada método podem ser minimizadas e se pode aumentar a confiança na conclusão geral (BULL *et al.*, 2014; MALHEIROS *et al.*, 2014; MALHEIROS *et al.*, 2016; BRANCHER *et al.*, 2017; ZARRA; BELGIORNO; NADDEO, 2020; CONTI; GUARINO; BANACETTI, 2020).

Estudos indicam que os métodos de monitoramento de odor em campo e da modelagem de dispersão atmosférica de odor são complementares; portanto podem e devem ser integrados, visto que o primeiro resulta em medições de odor em receptores específicos sob as condições válidas durante a amostragem, mas não podem contemplar todas os receptores em todas as condições meteorológicas de um ano típico. Por sua vez, a modelagem de dispersão provê maior cobertura espacial e temporal e a coerência das estimativas do modelo pode ser verificada ao comparar os resultados da modelagem com dados medidos. Portanto, conforme já citado no capítulo de revisão legal internacional, legislações robustas usam uma combinação de abordagens com diferentes ferramentas e métodos para enfrentar problemas de odor (BULL *et al.*, 2014; MALHEIROS *et al.*, 2014; MALHEIROS *et al.*, 2016; BRANCHER *et al.*, 2017).

Apesar das complexidades inerentes ao odor ambiental, é possível desenvolver uma abordagem regulatória sólida e eficaz através do uso de métodos de amostragem padronizados, da avaliação de impacto combinada com objetivos bem definidos, de critérios de exposição quantitativos, do uso das MTPD e a aplicação dos fatores FIDOL (BRANCHER *et al.*, 2017).

Brancher *et al.* (2017) mostra que atualmente a tendência é definir critérios de impacto de odor (CIO) no ar ambiente (relacionados à imissão¹, e não emissão) em termos de concentração de odor limite (Ct) e uma probabilidade de ultrapassagem (percentil P), associado ou não a um fator pico-média (F). O uso de CIO e modelagem é um método mais robusto do que o uso de distâncias de separação fixas ou variáveis (baseadas em equações). Em casos nos quais a modelagem de dispersão não é aplicável, avaliações em campo para determinar a exposição são ferramentas úteis, pois estes métodos consideram a percepção de odor real em campo.

Desta forma, considera-se que a proposta de critérios de avaliação de odor para aplicação no Brasil deve seguir a tendência mundial, usando o método mais robusto já discutido, que é o estabelecimento de CIO em termos de concentração de odor limite (Ct) e uma probabilidade de ultrapassagem (percentil P), associado ou não a um fator pico-média (F). Este método se classifica como uma abordagem PMIm, que também é a mais usada mundialmente.

Finalmente, as diretrizes desenvolvidas para avaliações de impacto não são projetadas para satisfazer a premissa de “odor zero”, e sim para minimizar o incômodo a níveis aceitáveis para os receptores sensíveis nos arredores da fonte emissora de odor. A implantação de regulamentos de odor claros e objetivos baseados nesta estratégia integrada é a chave para o sucesso a longo prazo do gerenciamento de odores ambientais. Esta afirmação é apoiada pela prática consolidada e pela expertise científica (VIEIRA, 2013; BRANCHER *et al.*, 2017).

4.1.2 Avaliação da Legislação Nacional

A seguir, é apresentado um resumo e análise crítica da legislação brasileira nos diferentes níveis: Federal, Estadual e Municipal, com base no que já foi discutido nos itens 2.2.2, 2.2.3, 2.2.4.

¹ Imissão refere-se à concentração de poluente no ar ambiente no receptor, enquanto emissão se refere à concentração de poluente na saída da fonte emissora.

4.1.2.1 Avaliação da Legislação – Nível Federal

No contexto desta dissertação e à luz do artigo 225 da Constituição Federal, infere-se que caso o odor presente no ambiente seja considerado prejudicial à qualidade de vida, fere um direito constitucional comum do povo. Portanto, o aspecto do odor deve ser avaliado nos estudos de impacto ambiental (EIA) de atividades com potencial relevante de emissão de odor a fim de prevenir este problema, e evitar a necessidade de aplicação de sanções aos infratores.

Apesar de certa omissão da legislação federal quanto à questão do odor, há algumas menções indiretas e conceitos e definições importantes para o tema. Verifica-se, portanto, que é de grande importância a elaboração de uma política específica sobre o tema, conforme já apontado também por Vieira (2013).

Em nível federal, foram encontrados 13 Diplomas legais que possuem menções indiretas e conceitos sobre o tema de odor. Três menções merecem destaque:

- Lei nº 9605/1998, art. 54: determina que é crime causar poluição capaz de causar dano direto à saúde da população ou causar sua remoção temporária (BRASIL, 1998).;
- Decreto nº 6514/2008, art. 62 inciso II: define que incorre à multa quem provocar, de forma recorrente, significativo desconforto respiratório ou olfativo devidamente atestado pelo agente autuante (BRASIL, 2008);
- Resolução CONAMA 491/2018, artigo 2º inciso I: define que o odor pode ser poluente atmosférico se causar inconveniente ao bem-estar público ou for prejudicial ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade (BRASIL, 2018).

O Decreto nº 6514/2008, no inciso II do art. 62, define como infração ambiental passível de multa a poluição atmosférica que provoque, de forma recorrente, significativo desconforto respiratório ou olfativo devidamente atestado pelo agente autuante (BRASIL, 2008). Este trecho menciona três questões importantes que devem ser consideradas na proposta de critérios de avaliação de impacto: 1) a frequência (recorrência) do odor (impacto de longo prazo); 2) o significativo desconforto olfativo

(o incômodo gerado, e não apenas o dano direto à saúde), e 3) o desconforto ser devidamente atestado pelo agente fiscalizador (legitimação da queixa).

Por sua vez, segundo as definições da Resolução CONAMA 491/2018 artigo 2º inciso I, o odor pode se enquadrar como poluente atmosférico se causar inconveniente ao bem-estar público ou for prejudicial ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade (BRASIL, 2018), definição mais abrangente do que a da Lei supracitada.

O inciso II do art. 2º define o instrumento padrão de qualidade do ar, visando a preservação do meio ambiente e da saúde da população em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica (BRASIL, 2018). Portanto, seguindo a mesma lógica usada na formulação dos padrões de qualidade do ar, o critério de avaliação de impacto relacionado ao odor a ser formulado deve abranger, minimamente, as questões de Intensidade (paralela à concentração), Frequência e Duração do odor (ligados ao tempo de exposição). Se possível, este critério pode incorporar ainda a questão da Ofensividade e Localização, para completar os cinco fatores FIDOL, conforme recomendado por vários autores (FREEDMAN; CUDMORE, 2002; NICELL, 2009).

Visto que no Brasil os odores não são regulamentados, o que ocorre é que os litígios relacionados ao tema de odor (normalmente comunidades que se sentem prejudicadas quanto ao seu bem-estar e uso de sua propriedade devido à emissão odorífera de algum empreendimento ou atividade), com frequência saem da esfera de processos administrativos de licenciamento ambiental e tornam-se processos jurídicos civis ou criminais, com ação de tribunais e Ministério Público. Os conflitos são decididos caso a caso, gerando grande demanda de tempo e esforço para sua solução, e isto já vem sendo apontado na literatura (VIEIRA, 2013; MALHEIROS et al, 2018).

Entretanto, é necessária transparência e uniformidade nas regulamentações ambientais para reduzir os riscos legais e garantir a proteção real para a sociedade. Por sua vez, as fontes emissoras como por exemplo, as indústrias, requerem um conjunto de critérios de desempenho claros e previsíveis a fim adotar programas de gestão ambiental, planejar investimentos e agir proativamente para enfrentar o problema (HENSHAW; NICELL; SIKDAR, 2006 *apud* VIEIRA, 2013).

Portanto, justifica-se a necessidade de desenvolvimento de legislação específica e critérios quantitativos, realistas e claros para incentivar a efetiva proteção

ao meio ambiente e à população, bem como o desenvolvimento socioeconômico responsável

4.1.2.2 Avaliação da Legislação – Nível estadual e Municipal

No nível estadual, sete estados foram abordados por possuírem legislação relevante e com menção específica sobre odor. Destes, quatro foram detalhados com maior profundidade por terem maior conteúdo: São Paulo, Santa Catarina, Minas Gerais e Paraná. No nível municipal, duas cidades (Manaus e Uberlândia) foram estudadas. No total, 23 diplomas legais foram analisados.

Vários estados e municípios possuem leis ou decretos que proíbem a “emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites de propriedade da fonte emissora”, trecho publicado inicialmente por São Paulo (SÃO PAULO, 1976b). Vieira (2013) cita 9 jurisdições com legislações deste tipo: São Paulo (SÃO PAULO, 1976b); estado de Goiás (GOIÁS, 1979); município de Uberlândia (UBERLÂNDIA, 1991), estado de Rondônia (RONDÔNIA, 1997); município de Vitória da Conquista, município de Recife, estado do Rio Grande do Sul; estado de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 1981); Município de Joinville, dentre outros.

Nestes casos o critério é muito restritivo pois determina “odor zero” no entorno. Além disto, estas leis definem que a “constatação da emissão pode ser efetuada por técnicos credenciados”; e algumas citam LPOs de 55 substâncias odoríferas. A avaliação fica muito subjetiva se baseada apenas no julgamento dos técnicos credenciados. Não é definida uma frequência de odor aceitável, o que leva a conclusão de que qualquer odor perceptível, mesmo que seja um único episódio, já é considerado uma infração.

Outros locais, ainda, estabelecem em sua legislação que constitui uma infração ambiental “causar poluição atmosférica que provoque a retirada, ainda que momentaneamente, dos habitantes de zonas urbanas ou localidade equivalente”, trecho similar ao do inciso II do art. 54 da Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9605/1998). Exemplos deste tipo de legislação citados por Vieira (2013) são: Estado do Espírito Santo; Distrito Federal; Acre; Tocantins e Piauí, ou seja, 5 jurisdições.

Este critério é muito permissivo, pois apenas em situações extremas de eventos acidentais com emissão de grandes quantidades de poluentes atmosféricos é que é configurada a infração. Não é prevista proteção para exposição ao odor crônica (de longo prazo), mas apenas para episódios agudos.

Portanto, é necessário o desenvolvimento de critérios legais mais equilibrados, que não pendam para nenhum dos dois extremos supracitados: “odor zero” ou nenhuma proteção para exposição crônica. É importante ainda definir níveis quantitativos de concentração de odor aceitável (intensidade), bem como de frequência e duração da exposição (tempo de exposição).

Em relação à sistemas de controle de odor, o Anexo IV da DN COPAM 187/2013 (MINAS GERAIS, 2013), que no item a) traz a definição de caldeira de recuperação de baixo odor para indústria de celulose, a qual mantém as emissões de enxofre reduzido total (ERT) em níveis baixos. Este é um exemplo de Melhor Tecnologia Prática Disponível (MTPD), mas é apenas citado na legislação, não sendo obrigatório. Ou seja, a legislação é muito limitada neste quesito e não contribui para a aplicação do princípio da prevenção da poluição, cuja implantação inclui a obrigatoriedade de sistemas de controle de poluição.

Por sua vez, o Art. 31 § 1º da Lei Estadual nº 14.675/2009 (SANTA CATARINA, 2009) declara que “o empreendedor deve avaliar a possibilidade de intervenções no processo produtivo, visando minimizar a geração de (...) efluentes atmosféricos (...), bem como a otimização da utilização dos recursos ambientais Este princípio de minimizar e prevenir a geração de efluentes atmosféricos é positivo, pois é mais eficaz e em geral mais econômico do que apenas tratar posteriormente os efluentes, e atende ao princípio da prevenção de poluição. Por isso, os critérios de avaliação de impacto a serem sugeridos devem incluir também a abordagem preventiva (boas práticas operacionais e sistemas de controle de odor).

Destacam-se dois estados que estão em processo de revisão de sua legislação relativa à poluição atmosférica: Paraná: Resolução SEMA nº 016/2014 (PARANÁ, 2014), e Santa Catarina: Resolução CONSEMA nº 190/2022 (SANTA CATARINA, 2022). O art. 69 traz a possibilidade de o órgão ambiental “exigir estudos ambientais para análise prévia do impacto nos receptores, bem como o monitoramento dessas substâncias para as fontes geradoras”, para atividades com potencial de emissão de substâncias odoríferas. Os padrões e métodos instrumentais

serão estabelecidos por Resolução específica do CONSEMA, a ser publicada pelo CONSEMA no prazo de um ano, ou seja, até abril de 2023.

4.1.2.3 Classificação da legislação brasileira relacionada a odor (pontos positivos e negativos)

Dentre todas as legislações brasileiras estudadas, foram selecionadas 14 legislações que citam algum tipo de padrão quantitativo ou qualitativo, referente ao odor. Cada diploma legal foi classificado quanto às abordagens adotadas para a avaliação de impacto citadas no QUADRO 10: Padrão máximo de impacto (PMIm); Padrão de distâncias mínimas de separação (PDMS); Padrão máximo de emissão (PME); Padrão de Máximo Incômodo (PMIn); ou Padrão de tecnologia de controle (PTC). Algumas legislações adotam mais de uma abordagem. O QUADRO 11 e o APÊNDICE A apresentam mais detalhes destas 14 legislações, incluindo as abordagens de avaliação de impacto adotadas (indicadas com “X” na respectiva coluna), bem como a avaliação de pontos positivos e negativos em cada legislação. O APÊNDICE A inclui os trechos da legislação citada, para consulta.

QUADRO 11 – RESUMO DOS CRITÉRIOS EXISTENTES NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA, E ABORDAGENS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO CITADAS POR BRANCHER *ET AL.* (2017) UTILIZADAS (PMIM- PADRÃO MÁXIMO DE IMPACTO; PDMS – PADRÃO DE DISTÂNCIA MÍNIMA DE SEPARAÇÃO; PME – PADRÃO MÁXIMO DE EMISSÃO

N	Jurisd.	Legislação	Ano	PMIm	PDMS	PME	PMIn	PTC	Pontos positivos	Pontos negativos
1	Federal	Resoluções CONAMA 382/2006 e 436/2011	2006 e 2011			X	X		Anexo VII – limites de emissão de ERT. Dá orientação clara quanto ao manejo dos gases não condensáveis, causadores do odor característico, que devem ser encaminhados para tratamento em outras etapas do próprio processo produtivo. Órgão licenciador pode estabelecer limites mais restritivos considerando o incômodo além dos limites da área.	Aborda apenas atividade de fabricação de celulose; limites mais restritivos de emissão definidos com base no incômodo causado pelo odor trata-se de uma estratégia reativa (somente será aplicada caso haja incômodo), e não preventiva.
2	SP	Lei 997/1976	1976			X		X	Art. 14. Menciona substâncias odoríferas e alguns instrumentos que podem ser usados para controle e acompanhamento (1 - plano de atividades descrevendo os sistemas de tratamento de poluentes existentes, 2 - o plano de automonitoramento de fontes, e 3 - o monitoramento das quantidades e qualidades dos poluentes emitidos, seja por equipamentos automáticos de medição, seja por amostragem e análise descontínua empregando métodos aprovados pelo órgão)	Cita "métodos aprovados pelo órgão" para monitoramento dos poluentes emitidos, porém CETESB não possui método explicitamente aprovado para monitoramento de odor (por exemplo, olfatometria dinâmica).
3	SP	Decreto nº 8.468/1976	1976			X	X	X	Art 33, 38, 39. Garantia de proteção à comunidade em qualquer condição. Lista fontes com potencial de emissão odorífera e exige instalação de controle altamente eficiente.	Art. 33 - Critério de ODOR ZERO fora dos limites da propriedade emissora. Muito restritivo; não considera variáveis ambientais importantes na dispersão do odor (meteorologia, topografia, variação da emissão da fonte). Onera excessivamente as atividades poluidoras. Difícil fiscalização e monitoramento. Destoa da tendência internacional de aceitar um nível máximo de odor que não cause incômodo. Há outras atividades com potencial odorífero não listadas. Não aborda emissões fugitivas, que não podem ser efetivamente coletadas. Delimita a tecnologia para tratamento à incineração, que é de alto custo e eficiência
4	SC	Decreto nº 14.250/1981	2009					X	Art. 31, § 1º Incentiva a prevenção da poluição por meio de intervenção no processo produtivo.	É um tanto vago, pois não deixa claro como deve ser feita ou apresentada a avaliação sobre minimização de geração de efluentes.
5	SC	Lei nº 14.675/2009	2009	X				X	Art. 179 e 182. Menciona necessidade de definir padrões de qualidade do ar para substâncias odoríferas e exige a adoção de sistemas de controle com MTPD. Menciona uso de MTPD aplicável.	Carece de regulamentação específica sobre padrões.
6	SC	Decreto Estadual nº 24.980/1985 e 4.085/2002	1985 e 2002		X				Art. 56 determina distanciamento de 20 metros da área de criação de animais e unidades de armazenamento e/ou tratamento de dejetos, das divisas dos terrenos vizinhos. Fácil aplicação e fiscalização	Não aborda distâncias entre as estruturas de criação de animais e áreas residenciais não vinculadas à propriedade rural.
7	SC	Resolução CONSEMA Nº 190/2022	2022	X		X			Aborda a possibilidade de órgão licenciador exigir estudos ambientais para análise prévia do impacto nos receptores (abordagem preventiva); bem como monitoramento dessas substâncias nas fontes geradoras.	Não define metodologia de avaliação, que será definida em até 1 ano por Resolução específica do CONSEMA.

N	Jurisd.	Legislação	Ano	PMIn	PDMS	PME	PMIn	PTC	Pontos positivos	Pontos negativos
8	MG	DN COPAM nº 187/2013	2013			X		X	Anexo IV. Dá orientação clara quanto ao manejo dos gases não condensáveis, causadores do odor característico, que devem ser encaminhados para tratamento em outras etapas do próprio processo produtivo; define padrões quantitativos para ERT nas fontes.	Aborda apenas atividade de fabricação de celulose. Cita a definição de caldeira de recuperação de baixo odor, mas não exige sua utilização
9	PR	Resolução SEMA nº 054/2006	2006 (revogada)			X		X	Art. 12. Apresenta padrão quantitativo para emissão com foco na avaliação de odores (OU/h), e exigência de eficiência mínima de tratamento, e metodologia de análise definida (olfatometria)	Fontes com taxa de emissão abaixo de 5×10^6 OU/h são isentas da obrigação de instalar equipamento de controle; a eficiência de 85% permite emissão de $7,5 \times 10^5$ OU/h, o que pode causar incômodo, dependendo do uso do solo do entorno da instalação.
10	PR	Resolução SEMA nº 016/2014	2014		X		X	X	Art. 12. Aborda a importância não apenas de sistemas de controle de odor, mas das boas práticas para sua minimização (prevenção); aborda o monitoramento da extensão da pluma de odor, e fala sobre o tipo de controle de odor a ser usado em cemitérios verticais.	Menciona apenas algumas atividades geradoras de odor; não detalha qual é a distância considerada suficiente para evitar incômodos; não determina nenhum critério quantitativo.
11	BA	Decreto nº 14.024/2012	2012	X				X	Art. 44 e 47. O responsável pela fonte de poluição deve não apenas adotar medidas de controle com base na MTPD, mas especificar a eficiência do sistema de controle. Fala que poluentes não convencionais devem ter seus padrões de qualidade do ar estabelecidos quando houver dados científicos comprovados.	Não menciona padrões quantitativos
12	Uberlândia (MG)	LC nº 17/1991 e LC nº 447/2007	1991 e 2007	X		X			Art. 117 e 126. Permite que pessoa física ou jurídica contratada pelo empreendedor elabore laudo a respeito da percepção olfativa; exige a apresentação de laudo técnico que informe as substâncias odoríferas emitidas e suas quantidades (diagnóstico das fontes de emissão). Remete a regulação de substâncias odoríferas para as quais não houver padrões de emissão para padrões aceitos internacionalmente.	Proíbe a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área da fonte. Muito restritiva, pois requer ODOR ZERO fora da propriedade emissora
13	Uberlândia (MG)	Decreto nº 10.847/2007	2007	X		X		X	Art. 7 a 11. Exige a apresentação de Programa de Automonitoramento de Emissões Atmosféricas (abordando as fontes de emissão e características das substâncias odoríferas, metodologia de amostragem e análise, parâmetros de controle e cronograma de ações de prevenção, controle e monitoramento); responsabiliza o responsável por promover sistema de controle aprovado pelo órgão ambiental, levando em consideração condições de dispersão, proximidade de áreas habitadas e quantidade de substâncias emitidas (referência indireta à estudos de modelagem de dispersão atmosférica); abre possibilidade de observar padrões aceitos internacionalmente; abre exceção para fontes que não consigam atender aos padrões.	Padrões de emissão baseados em "LPO" para sulfeto de hidrogênio e dimetil sulfeto. Indiretamente implica que deve ser atendido padrão de ODOR ZERO fora da propriedade emissora. Não prevê proteção quanto ao odor gerado por outros tipos de substâncias odoríferas não listadas no Art. 10. Não considera o efeito sinérgico do odor percebido pelo olfato humano, resultado da mistura de substâncias odoríferas; não define os métodos de monitoramento, apenas diz que devem ser previamente aprovados pelo órgão ambiental;
14	Manaus (AM)	Lei nº 605/2001	2001		X	X	X	X	Art. 88 e 90. Cita diretrizes considerando MTPD, controles operacionais e de manutenção preventiva; monitoramento periódico (pode ser atendido com olfatometria)	Não estabelece padrões quantitativos para distâncias mínimas, ou de emissão de fontes, ou de incômodo.

N	Jurisd.	Legislação	Ano	PMIn	PDMS	PME	PMIn	PTC	Pontos positivos	Pontos negativos
									dinâmica); seleção de áreas propícias à dispersão e manutenção de distâncias mínimas. O objetivo destas diretrizes é evitar a emissão de odores que possam criar incômodos à população.	

FONTE: A autora (2022).

A contagem dos “X” do QUADRO 11 deu origem à **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, mostrando a classificação das legislações quanto às abordagens legais, em termos percentuais. Destaca-se que 11 das 14 legislações (79%) citam algo relacionado à tecnologia de controle das emissões, que deve adotar a MTPD ou ser aprovada pelo órgão ambiental.

TABELA 5 – RESUMO DE QUANTIDADE DE LEGISLAÇÕES QUE ADOTAM CADA ABORDAGEM DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO.

Abordagens de avaliação de impacto (BRANCHER et al, 2017)	Padrão de máximo impacto (PMIm)	Padrão de distâncias mínimas de separação (PDMS)	Padrão de máximo de emissão (PME)	Padrão de Máximo Incômodo (PMIn)	Padrão de tecnologia de controle (PTC)
Quantidade de Legislações que adotam cada abordagem	6	3	8	4	11
Percentual em relação ao total de legislações pesquisadas (14)	43%	21%	57%	29%	79%

FONTE: A autora (2022).

Dentre todas as referências legais citadas no QUADRO 11, destacam-se as Resoluções SEMA nº 054/2006 e nº 016/2014 (PARANÁ, 2006; PARANÁ, 2014). A primeira, atualmente revogada, determinava um padrão de emissão quantitativo em termos de eficiência mínima de controle de odor (85%) para fontes com taxa de emissão acima da linha de corte de 5×10^6 OU/h, o que implica também na obrigatoriedade de tratamento das emissões deste tipo de fonte. Outra vantagem é que o método de avaliação era claramente definido (olfatometria dinâmica - EN 13725). Por outro lado, fontes com taxa de emissão abaixo da linha de corte eram aparentemente isentas da obrigação de instalar equipamento de controle. Além disso, a eficiência de tratamento de 85% permite a emissão de $7,5 \times 10^5$ OU/h, o que pode ser um limite de emissão incapaz de proteger contra o incômodo, dependendo do uso do solo do entorno da instalação emissora.

A segunda, que está atualmente vigente, retirou a menção ao PME e incorporou um texto mais geral no art. 12, que aborda não apenas sistemas de

controle de odor, mas boas práticas para sua minimização e prevenção; aborda o monitoramento da extensão da pluma de odor e a necessidade de observar distâncias suficientes entre as atividades e núcleos populacionais para evitar o incômodo da população. Esta abordagem é coerente com a TA Luft (GMBI, 2002). Porém a Resolução SEMA nº 016/2014 (PARANÁ, 2014) não especifica qual é a distância mínima a ser respeitada, e também não define nenhum critério quantitativo para o monitoramento da pluma de odor. Portanto, sua aplicação se torna um tanto subjetiva. Entretanto, ainda é possível aproveitar os princípios deste artigo para uma nova legislação de odor, desde que sejam incluídos critérios quantitativos claros.

As Leis do município de Uberlândia (LC nº 17/1991 e nº 447/2007) (UBERLÂNDIA, 1991; 2007) também merecem destaque pois introduzem a possibilidade de pessoa física ou jurídica contratada pelo empreendedor elaborar laudo a respeito da percepção olfativa. Isto é positivo pois não restringe a avaliação exclusivamente a técnicos do órgão ambiental, como é o caso da legislação de SP. Estas leis exigem também a apresentação de laudo técnico que informe as substâncias odoríferas emitidas e suas quantidades; este laudo pode ser interpretado como um estudo de diagnóstico das fontes de emissão, que é um passo importante para identificar fontes prioritárias para o controle, e para posterior aplicação de modelagem de dispersão atmosférica de odor, por exemplo. Por outro lado, seu ponto negativo é a exigência de “odor zero” fora da propriedade emissora, que não é um critério razoável, se comparado com as legislações internacionais detalhadas nos itens 0 e 4.1.

Ainda em Uberlândia, o Decreto nº 10.847/2007, art. 8º, traz uma definição importante, responsabilizando o empreendedor por promover sistema de controle aprovado pelo órgão ambiental, levando em consideração condições de dispersão, proximidade de áreas habitadas e quantidade de substâncias emitidas. Esta é, claramente, uma referência indireta à estudos de modelagem de dispersão atmosférica e à abordagem de PM₁₀, que é a mais utilizada internacionalmente.

É importante frisar ainda que das oito legislações que abordam PME, três se limitam aos processos de fabricação de celulose (Resoluções CONAMA nº 382/2006 e 436/2011; e DN COPAM nº 187/2013) (BRASIL, 2006; BRASIL, 2011; MINAS GERAIS, 2013). Outras sete atividades são especificadas no Decreto nº 8.468/1976 de SP (SÃO PAULO, 1976); e as demais legislações não mencionam tipo de atividade

específica para sua aplicação. Ou seja, o universo de atividades reguladas por PME no Brasil é bastante limitado.

Quanto à PDMS, apenas o Decreto Estadual nº 24.980/1985 e nº 4.085/2002 de SC determinam uma distância clara, igual a 20m, a ser observada entre instalações de criação de animais ou armazenamento/tratamento de dejetos e outras propriedades rurais. Esta distância é dez vezes menor do que à citada no TA Luft (GMBI, 2002) para este mesmo tipo de atividade: 200m. Outras duas legislações mencionam observância de distâncias mínimas, mas não as definem quantitativamente, portanto na prática são pouco úteis.

Por sua vez, o QUADRO 12 apresenta outras três legislações estudadas, que trazem diretrizes metodológicas, que podem ser aproveitadas na definição de metodologias de avaliação de impacto de odor. A primeira é referente às Instruções para Estimativa e Modelagem de Emissões Atmosféricas em Estudos de Dispersão Atmosférica (EDA), em vigor em São Paulo, que apesar de não mencionar o poluente odor, podem ser adaptadas para a abordagem específica de modelagem de dispersão de odores, incluindo-se razão pico-média adequada. As outras duas se referem a metodologias de análise normatizadas, e a definições de termos relevantes para uso em uma nova legislação de odor.

QUADRO 12 – RESUMO DE DIRETRIZES METODOLÓGICAS ENCONTRADAS NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA, QUE PODEM SER APROVEITADAS NA DEFINIÇÃO DE METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE ODOR.

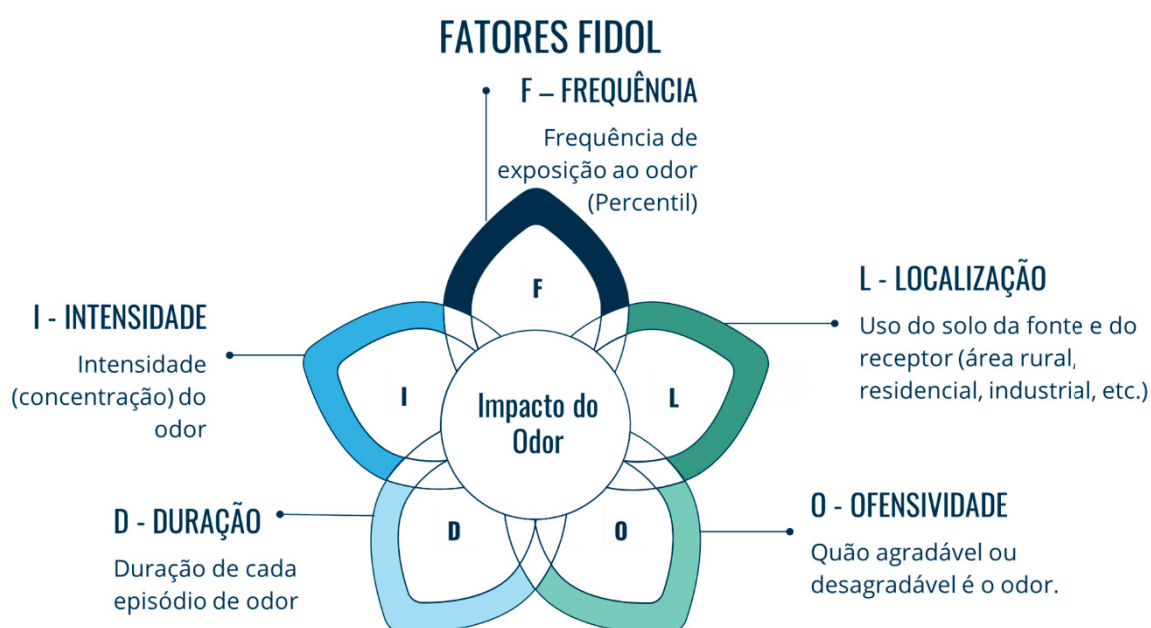
N	Jurisdição	Legislação	Ano	Texto Legal	Observações
1	São Paulo	Decisão de Diretoria nº 217/2014/I	2014	Aprova o Manual para Elaboração de Estudos para o Licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental, uma espécie de Guia Técnico para definir critérios claros para licenciamento de várias tipologias de empreendimentos. O Anexo I deste Manual traz Instruções para Estimativa e Modelagem de Emissões Atmosféricas em Estudos de Dispersão Atmosférica (EDA), especificando detalhes sobre o cálculo das emissões atmosféricas e parametrização a ser aplicada no <i>software</i> de modelagem, padronizando o procedimento.	Não aborda a execução de modelagem de dispersão para o caso específico do odor; porém as instruções do Anexo I podem ser adaptadas para a abordagem específica de modelagem de dispersão de odores, incluindo-se razão pico-média adequada, etc.
2	Paraná	Resolução SEMA nº 016/2014	2014	Anexo VII - métodos para monitoramento de odor: ASTM E679 / NVN 2820 / EN 13725 / A&WMA EE-6Estas	Estas metodologias podem ser citadas na legislação que determinará os critérios de avaliação de odor.
3	Uberlândia (MG)	LC nº 17/1991 e LC nº 447/2007	1991 e 2007	Art. 117 VI - Odor: é definido como uma mistura complexa de moléculas químicas voláteis que dão origem a uma sensação odorante percebida pelo ser humano. Seus produtos, em concentrações muito variáveis, são emitidos, na sua maioria, por atividades humanas, agrícolas, industriais ou domésticas; VII - Substâncias odoríferas: são substâncias que emitem odor perceptível ao ser humano; (...) VIII - Limite de percepção do odor: é definido como a concentração odorífera no início da percepção.	Estas definições podem ser aperfeiçoadas para uso em legislação.

FONTE: A autora (2022).

4.2 RESUMO DA REVISÃO TÉCNICA: FATORES FIDOL E MÉTODOS

Conforme já discutido no item 2.1.3 deste trabalho, os fatores FIDOL (Frequência, Intensidade, Duração, Ofensividade e Frequência) contribuem diretamente para o impacto resultante do odor sobre um determinado indivíduo ou comunidade (NICELL, 2009; BRANCHER et al, 2017). A FIGURA 17 apresenta estes conceitos de forma ilustrativa.

FIGURA 17 – ILUSTRAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS FATORES FIDOL SOBRE O IMPACTO RESULTANTE DO ODOR.



FONTE: A autora (2022).

Com base na revisão técnica detalhada no item 2.1 e nos trabalhos de Brancher *et al.* (2017) e DEFRA (2010) apud Vieira (2013), foi elaborado o QUADRO 13, que apresenta a descrição e comentário do significado de cada um dos cinco fatores que compõe a sigla FIDOL e apresenta a sugestão da autora a respeito dos métodos a serem empregados para avaliação de cada um destes fatores.

QUADRO 13 – RESUMO DOS FATORES FIDOL E FORMAS DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE ODORES.

Fator FIDOL	Descrição	Comentário	Forma de avaliação sugerida
Frequência	Frequência de exposição do indivíduo(s) receptor(es) ao odor.	Mesmo odor agradável pode se tornar incômodo se a exposição for muito frequente	Modelagem de dispersão atmosférica – uso do percentil de ocorrência
Intensidade	Concentração do odor	Esta grandeza é proporcional ao logaritmo da concentração, e normalmente é avaliada em termos da concentração de odor (ou_E/m^3)	Concentração de Odor (ou_E/m^3), avaliada pela Olfatometria de campo e dinâmica
Duração	Tempo decorrido durante um determinado episódio de odor	Em geral, varia desde poucos segundos até minutos, podendo chegar a horas.	Modelagem de dispersão atmosférica – razão pico-média
Ofensividade	A classificação subjetiva de incomodidade de um odor	É um parâmetro composto pelo caráter e tom hedônico do odor, para uma determinada concentração	Análise de Hedonicidade na Olfatometria dinâmica e de campo. Definição de limites distintos para odores diferentes (menos restritivos para odores menos desagradáveis e vice-versa).
Localização ou Receptor	Sensibilidade do receptor sujeito ao odor, relacionada ao uso do solo e atividades humanas na vizinhança da fonte de odor, à tolerância e expectativa do receptor.	Exemplo: a sensibilidade de um receptor situado em área residencial é diferente de outro em área industrial.	Modelagem de dispersão atmosférica e olfatometria de campo – abrangem áreas no entorno das fontes emissoras.

FONTE: A autora (2022).

Desta forma, tendo em vista a gama de fatores envolvidos, o impacto relacionado ao odor deve ser avaliado de forma abrangente por meio de uma análise integrada contemplando os resultados de diferentes metodologias, as quais foram detalhadas nos itens 2.1.5 e 2.1.6.

O efeito adverso causado pelo odor (impacto), incluindo efeito à saúde, conforme detalhado no item 2.1.4, está relacionado principalmente à sua concentração, frequência e duração da exposição ao odor. Em geral o impacto do odor ocorre nas populações expostas de forma crônica (elevada frequência e duração), mesmo que a baixas concentrações. O incômodo gerado pode ocasionar efeitos indiretos, mas reais, na saúde física e psicológica (BRANCHER, 2017). Este fato confirma a importância de se considerar os fatores FIDOL na elaboração de critérios de avaliação do impacto do odor.

Quanto aos tipos de fontes emissoras de odor, estas se classificam em pontuais, cujo fluxo é controlado por duto ou chaminé; difusas, quando as emissões são lançadas através de uma área (duas dimensões); ou ainda fugitivas, quando não

se encaixam nos outros dois tipos, e sua emissão não é definida por um ponto ou área de lançamento. A identificação do tipo de fonte é muito importante, visto que cada tipo necessita de uma metodologia específica para amostragem e monitoramento.

Fontes pontuais e fontes em área ativas (com fluxo próprio) podem ser avaliadas pela olfatometria de diluição dinâmica (ODD), segundo a norma EN13725, variando apenas o equipamento de coleta, que para chaminé se trata de uma sonda inserida em orifício, e no caso de fonte em área inclui uma campânula com área de base conhecida usada para conduzir o fluxo para seu duto de coleta. Por sua vez, fontes fugitivas não podem ser avaliadas por olfatometria dinâmica pois não é possível definir ou medir seu fluxo. Neste caso, uma possibilidade é o uso da olfatometria de campo com realização de coletas próximo às fontes fugitivas, para avaliar a concentração do odor em suas proximidades; não sendo possível o cálculo direto da taxa de emissão. Esta pode ser estimada por modelagem reversa.

Cabe destacar que a modelagem reversa é um método complexo e que certas condições devem ser atendidas para que os resultados sejam coerentes. Por exemplo, a distância entre fonte e os pontos de medição no entorno precisa ser suficiente para que a condição de mistura homogênea seja satisfeita. O detalhamento do método de modelagem reversa foge ao escopo deste trabalho, mas indica-se os trabalhos de Malheiros *et al.* (2016), Capelli e Sironi (2018), Schraier *et al.* (2019), Damuchali e Guo (2020) e outros para aprofundamento.

Para tornar possível a realização de monitoramento por olfatometria (dinâmica ou de campo), é necessária a presença de jurados treinados. A norma EN 13725 apresenta requisitos para este treinamento, específicos para olfatometria dinâmica, mas que podem ser aplicados para olfatometria de campo.

É importante ter em mente o requisito da norma EN 13725 para olfatometria dinâmica, de que o tempo entre a amostragem e a análise seja inferior a 30h. No Brasil, visto que atualmente existe apenas um laboratório que realiza esta análise, este requisito traz um desafio logístico a ser considerado no planejamento de tal monitoramento, especificamente para cada fonte a ser avaliada.

Por outro lado, a olfatometria de campo é um método de análise *in loco* que visa avaliar baixas concentrações de odor diretamente no receptor. O método pode ser usado como ferramenta de monitoramento proativo com foco na vizinhança de fontes emissoras. Seus resultados são expressos na unidade *Dilution-to-Threshold*

(D/T), grandeza que indica que a avaliação foi realizada diretamente em campo. Os resultados da olfatometria de campo, assim como resultados de inspeções em campo pelos métodos da grade (CEN, 2016a) e da pluma (CEN, 2016b) podem ser usados para comparação e validação de resultados de modelagem de dispersão atmosférica (MALHEIROS et al, 2016; CAPELLI; SIRONI, 2018; MALHEIROS et al, 2018; SCHRAIER et al, 2019).

As vantagens da olfatometria de campo são zero degradação da amostra, custo reduzido e resultados imediatos. Os dois modelos deste tipo de olfatômetro disponíveis no mercado atualmente são o Nasal Ranger® (fabricado pela St. Croix Sensory nos EUA) e o Scentroid SM100 ® (fabricado pela IDES Canada).

Quanto às técnicas de avaliação do impacto do odor, as principais são a modelagem de dispersão atmosférica do odor, usando por exemplo modelos como o AERMOD (gaussiano) e CALPUFF (lagrangeano); e as inspeções em campo, normatizadas na União Europeia através das normas EN16841-1:2016 (grade) e EN16841-2:2016 (pluma).

A modelagem de dispersão exige como dados de entrada uma série consistente de dados meteorológicos de superfície e de perfil atmosférico, além de dados topográficos e de uso do solo, bem como dados das fontes emissoras, como localização, altura do ponto de emissão, temperatura, e taxa de emissão (unidades de odor por tempo, em geral ou/s). Estes dados de entrada devem ser confiáveis, para que o modelo produza resultados coerentes. Em geral recomenda-se também o uso de fator pico-média (*peak-to-mean ratio*) a fim de ajustar a estimativa para duração mais curta característica de episódios de odor, já que os dados meteorológicos usados pelos modelos são de resolução horária.

As vantagens desta técnica incluem a capacidade de calcular resultados em uma área extensa e para uma variedade de condições meteorológicas; a facilidade para calcular a frequência de exposição através do uso de percentis; a possibilidade de simular e testar diferentes sistemas de controle que resultam em diferentes taxas de emissão para avaliar o resultado sobre o entorno, para apoio à tomada de decisão antes mesmo de implantar o sistema; dentre outras. Em geral a modelagem de dispersão é usada em conjunto com monitoramento olfatométrico das fontes (ODD) e/ou do entorno (olfatometria de campo – OC) para obtenção dos dados de entrada e/ou para validação do modelo. A modelagem reversa é uma possibilidade de

metodologia para casos em que não é possível medir a taxa de emissão diretamente (MALHEIROS et al, 2016; CAPELLI; SIRONI, 2018; MALHEIROS et al, 2018; SCHRAIER et al, 2019).

Quanto às inspeções em campo abordadas nas normas EN16841-1:2016 (grade) e EN16841-2:2016 (pluma), a primeira busca definir a frequência de exposição ao odor de cada quadrante da área de estudo, e requer duração de 6 ou 12 meses, extenso planejamento para obter resultados estatisticamente representativos e contemplar todos os dias da semana e períodos do dia, bem como condições meteorológicas diversas (CEN, 2016a).

O segundo método (pluma) visa definir não a frequência de exposição, mas sim a extensão da pluma de odor ao nível do solo, em condições meteorológicas específicas nas quais a pluma se forma (atmosfera estável). Pode ser realizado em menos tempo e com equipe menor, e a norma estabelece o número mínimo de medições em uma campanha de avaliação (CEN, 2016b).

O método da pluma possui custo reduzido, se comparado ao método da grade (WEST, 2015; VIEIRA et al, 2016). Portanto há maior potencial de aplicabilidade no Brasil, especialmente para calibração da taxa de emissão de odor em casos nos quais não é possível a realização da olfatometria dinâmica devido à fonte ser fugitiva ou à impossibilidade logística de atender ao tempo máximo de 30h entre coleta e análise. O método de inspeção em campo da pluma pode ser associado ao uso de olfatômetro de campo para dar apoio à definição da concentração de odor dentro da pluma, caso desejado. Finalmente, vários trabalhos demonstram que é possível propor adaptações nestes métodos normatizados para simplificá-los e viabilizar sua aplicação prática (WEST, 2015; DIALLO, MAALEM, PIET-SARNET, 2018; SILVA, 2020).

4.3 ANÁLISE DE ESTUDOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE ODORES REALIZADOS NO BRASIL

Neste item são abordados estudos de avaliação de impacto de odor realizados no Brasil. A ênfase é na descrição e avaliação dos métodos e critérios utilizados, bem como das conclusões obtidas.

No Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), pesquisas aplicadas ao controle de incômodos olfativos vêm sendo desenvolvidas desde 1999 (VIEIRA, 2017). Vários dos trabalhos desenvolvidos pela equipe da UFSC foram analisados, incluindo dois trabalhos realizados em parceria com outras universidades: Carmo Júnior *et al.* (2010) (em parceria com a Universidade Federal de Rondônia – UFRO e a Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNIOESTE); e VIEIRA *et al.* (2016), feito em parceria com a Universidade de Montpellier, na França.

Outras instituições também foram consultadas, como Universidade de São Paulo (USP), CETESB, Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), IFPE (Instituto Federal do Pernambuco), Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), EnvEx Engenharia e Consultoria, a fim de compilar publicações científicas com foco na avaliação do impacto do odor sobre o ambiente.

Tendo em vista o fato de que o objetivo desta compilação foi entender os métodos e critérios de avaliação de impacto de odor adotados no Brasil, não foram incluídos trabalhos com foco exclusivamente na avaliação da eficiência de sistemas de controle de emissões odoríferas. Ao total, foram avaliados detalhadamente 15 trabalhos científicos, sendo o mais antigo realizado em 2002 e o mais recente em 2020.

O QUADRO 25, incluído no APÊNDICE B, apresenta mais detalhes destes 15 trabalhos científicos estudados, incluindo o tipo de fonte estudada, o objetivo do estudo, os métodos aplicados, os recursos humanos e outros recursos necessários, o tempo de realização, os critérios aplicados e conclusões obtidas. A TABELA 6 apresenta o número de trabalhos avaliados que utilizam critérios de avaliação de impacto de odor relativos a cada abordagem, mostrando também os percentuais de cada abordagem. Um dos trabalhos (LENZ *et al.*, 2018) não deixa explícito qual o

critério utilizado, portanto os percentuais foram calculados considerando o total de 14 trabalhos.

TABELA 6 – QUANTIDADE DE TRABALHOS CIENTÍFICOS QUE CITAM CRITÉRIOS DE IMPACTO CLASSIFICADOS EM CADA ABORDAGEM DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO.

Abordagens de avaliação de impacto (BRANCHER et al, 2017)	Padrão de máximo impacto (PMIm)	Padrão de distâncias mínimas de separação (PDMS)	Padrão máximo de emissão (PME)	Padrão de Máximo Incômodo (PMIn)	Padrão de tecnologia de controle (PTC)
Trabalhos técnicos que citam critérios classificados em cada abordagem	7	0	4	3	0
Percentual em relação ao total de trabalhos técnicos com critério definido (14)	50%	0%	29%	21%	0%

FONTE: A autora (2022).

Observa-se que nenhum dos trabalhos avaliados usou critérios relacionados a Padrão de distâncias mínimas de separação (PDMS) ou de tecnologia de controle (PTC). A abordagem mais utilizada foi a de Padrão de máximo impacto (PMIm), com 50% (7 trabalhos), que utilizaram valores de concentração máxima de odor aceitável, atrelado a um percentil de exposição.

A segunda abordagem mais comum foi a de Padrão Máximo de Emissão (PME), citada em 29% (4 trabalhos), todos estes fazendo referência ao padrão da antiga Resolução SEMA PR Nº 054/2006, que exige instalação de controle com eficiência acima de 85% de redução de odor em fontes com taxa de emissão acima de 5.000.000 OU/s (PARANÁ, 2006). Historicamente, este é o único padrão de emissão de odor que esteve em vigor dentro do Brasil, mas está revogado desde 2014 com a Resolução SEMA 016/2014 (PARANÁ, 2014).

Finalmente, três trabalhos utilizaram a abordagem de Padrão de Máximo Incômodo (PMIn), sendo que dois citam o índice de incômodo da norma VDI 3883:2 (VDI, 1993) (CARMO JUNIOR, 2005; e BELLI FILHO et al, 2007), e um trabalho cita que a continuidade de reclamações de moradores do entorno indica que o controle de odor do empreendimento não é suficiente (SAKAMOTO, 2007).

As metodologias de avaliação de impacto adotadas pelos trabalhos mostrados no QUADRO 25 são detalhadas no QUADRO 14 através de um “X” na respectiva coluna. Ao final do QUADRO 14, são mostradas as quantidades totais de cada

metodologia e respectivos percentuais. Ressalta-se que vários trabalhos utilizaram mais de uma metodologia, por isso a soma dos percentuais é diferente de 100%.

QUADRO 14 – METODOLOGIAS UTILIZADAS EM CADA TRABALHO CIENTÍFICO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE ODOR, TOTAIS E PERCENTUAIS.

Referência	Instituição	Tipo de fonte estudada	Metodologias							
			Métodos analíticos	OE olfatometria estática	ODD Olfatometria dinâmica	OC Olfatometria de Campo	Modelagem de Dispersão	Inspeção em campo	Questionários	Parâmetros meteorológicos
GIULIANO (2002)	USP	ETE Municipal							X	
CARMO JUNIOR (2005)	UFSC	ETE de Refinaria de petróleo, ETE municipal, indústria de papel reciclado e autoposto		X	X				X	X
BELLI FILHO <i>et al.</i> (2007)	UFSC	Criação de suínos		X	X				X	X
SAKAMOTO (2007)	IPT-SP	Indústria de pneus e rebolos para polimento		X						
CARMO JUNIOR <i>et al.</i> (2010)	UFRO, UFSC, UNIOESTE	ETE de Refinaria de petróleo, ETE municipal, indústria de papel reciclado		X	X					X
VIEIRA (2013)	UFSC	Indústria com 43 chaminés		X	X					
MALHEIROS <i>et al.</i> (2014)	EnvEx	Complexo industrial com 3 indústrias alimentícias				X	X		X	X
MALHEIROS <i>et al.</i> (2016)	EnvEx	Planta agroindustrial de abate de suínos e sua ETE				X	X			X
VIEIRA <i>et al.</i> (2016)	UFSC/Univ. Montpellier	Indústria de processamento de subprodutos animais (Graxaria)			X					
TELLES (2018)	Escola Superior CETESB	Indústria cervejeira (fontes fixas e em área da ETE).			X		X			
PERAZZOLI <i>et al.</i> (2018)	EnvEx	ETE Municipal (lagoas anaeróbias)	X			X	X			X
MALHEIROS <i>et al.</i> (2018)	EnvEx	Indústria no estado do Paraná				X				X
LENZ <i>et al.</i> (2018)	SANEPAR	ETE Municipal	X		X	X	X	X		
SCHRAIER <i>et al.</i> (2019)	EnvEx	Indústria de processamento de subprodutos animais (Graxaria)			X	X	X			X
SILVA (2020)	IFPE Recife	ETE (lagoa facultativa e filtro anaeróbio de fluxo ascendente) e compostagem						X		
Quantidade de trabalhos que usam cada método			2	5	8	6	6	2	4	8
Percentual de trabalhos que usam cada método			13%	33%	53%	40%	40%	13%	27%	53%

Fonte: A autora (2022).

As metodologias utilizadas nos trabalhos avaliados incluem métodos analíticos para determinação de substâncias odoríferas específicas; Olfatometria Estática (OE); Olfatometria de Diluição Dinâmica (ODD), segundo a norma EN13725:2003; Olfatometria de Campo (OC) com olfatômetro *Nasal Ranger*®; Modelagem de Dispersão Atmosférica, Inspeção em campo, usando métodos do grid ou da pluma, VDI 3940 parte 2 (VDI, 2006b); Questionários; e monitoramento de parâmetros meteorológicos durante as coletas em campo.

Ao analisar o QUADRO 14, observa-se que as metodologias mais comumente utilizadas nos estudos de avaliação de impacto de odor realizados no Brasil são a ODD (olfatometria dinâmica, usando norma EN 13725:2003) para determinação da concentração de odor emitida pelas fontes, e o monitoramento de parâmetros meteorológicos durante as coletas em campo, cada qual com 53% de participação dentre os 15 estudos.

A ODD é considerada o passo inicial de uma avaliação de impacto e gestão de odor adequada, visto que é necessário conhecer a emissão na fonte para fazer qualquer análise posterior, por exemplo com modelagem de dispersão, ou mesmo para avaliar a eficiência de sistema de controle destas emissões (VIEIRA, 2013). Segundo Vieira (2017) e Hove *et al.* (2016), a olfatometria de diluição dinâmica normatizada pela EN 13725 é o método mais aplicado na Europa para avaliar as emissões de odor em fontes, bem como avaliar a eficiência de técnicas de redução de odor devido a sua precisão e robustez.

Vale ressaltar que para o cálculo da taxa de emissão da fonte, é preciso medir também a vazão da emissão, seja em fonte área ou pontual (neste caso, há normas ABNT que regem este processo). Para amostragem, é preciso dispor de sistema de coleta adequado e específico, bem como pessoal treinado (no mínimo, duas pessoas em campo). A análise de ODD exige no mínimo 4 jurados adequadamente selecionados e treinados de acordo com a norma EN 13725 (CEN, 2003). Para ser representativa, a amostragem precisa ser realizada em período representativo da operação normal da fonte emissora, assim como para qualquer amostragem descontínua, conforme estabelecido pela legislação (PARANÁ, 2014; BRASIL, 2011).

Cabe destacar que no caso de avaliações de fontes novas (etapa de planejamento), é necessário obter uma estimativa da taxa de emissão, por exemplo

através de fatores de emissão, o que já é feito em países europeus, por exemplo para criação de animais (BRANCHER et al, 2017).

Outras metodologias bastante representativas (6 estudos, 40%) são a olfatometria de campo (OC) e a modelagem de dispersão atmosférica, que são métodos usados em conjunto nos estudos avaliados, buscando diagnosticar o impacto principalmente de fontes fugitivas, as quais não podem ser avaliadas pela olfatometria dinâmica (MALHEIROS et al, 2014; MALHEIROS et al, 2016; MALHEIROS et al, 2018; PERAZZOLI et al, 2018; SCHRAIER et al, 2019). O método da olfatometria de campo foi definido por Vieira (2017) como útil pela sua grande adaptação à realidade brasileira (i.e., território de dimensões continentais, número reduzido de laboratórios de olfatometria e custo relativamente baixo comparado a outros métodos).

O método da OC apresenta menor demanda de recursos humanos (minimamente um avaliador treinado em campo) e de tempo (de 2 a 5 dias em campo) se comparado a outros métodos. O uso conjunto da modelagem de dispersão com a OC complementa a análise, levando em consideração a influência das variáveis meteorológicas, porém sem exigir grande esforço em campo; por outro lado, exige o conhecimento técnico para utilização correta do modelo.

Quanto ao uso de métodos analíticos para determinação de substâncias específicas, nos estudos analisados, segundo o QUADRO 14, esta abordagem foi utilizada três vezes (20%), todas para coleta de H₂S em ETEs de tratamento anaeróbio (duas municipais e uma industrial) (MALHEIROS et al, 2014; LENZ et al, 2018; PERAZZOLI et al, 2018). Neste tipo de fonte de emissão, ainda que haja outros compostos de enxofre, a substância odorífera principal é realmente o H₂S, que é, portanto, um bom indicador para avaliação indireta do odor. Entretanto, deve-se ter em mente que a avaliação do impacto no entorno deve ser capaz de medir esta substância em baixas concentrações, semelhantes à faixa do LPO (

QUADRO 1), pois do contrário, não irá avaliar adequadamente o impacto. Deve-se ressaltar também que em outros tipos de fontes emissoras, é mais restrito o uso de substâncias odoríferas isoladas como indicadoras do odor, visto que em geral há uma gama de substâncias que resulta em efeito sinérgico. Nestes casos, portanto, é imprescindível a avaliação por método olfatométrico (CAPELLI et al, 2013; MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016; BRANCHER et al, 2017).

Quanto ao método de questionários, citado em quatro dos quinze estudos avaliados no QUADRO 25, este foi aplicado inicialmente no estudo de Giuliano (2002) pois na época, não havia olfatômetro de diluição dinâmica disponível no Brasil, visto que o primeiro instrumento deste tipo foi implantado pela UFSC em 2005 (CARMO JÚNIOR, 2005). Além disso, o enfoque do estudo foi qualitativo e voltado à percepção popular. O elevado investimento de tempo para realização das entrevistas dificulta o uso para acompanhamento a longo prazo. Nas conclusões, Giuliano (2002) recomenda a formação de painel de odor (júri permanente) para avaliação periódica, o que demanda também de pesquisador treinado para receber e organizar as respostas aos questionários e realizar as estatísticas.

No trabalho de Carmo Junior (2005), os questionários foram usados para avaliar um autoposto, cujas emissões fugitivas não podiam ser avaliadas por ODD. A autora concluiu que apesar de a amostra ser limitada, este método contribuiu para verificar que não havia incômodo. Belli Filho *et al.* (2007) usaram questionários para avaliar o impacto de emissões odoríferas da criação de suínos, caracterizada também pela predominância de fontes fugitivas. Já no estudo de Malheiros *et al.* (2014), os questionários foram utilizados como método complementar em conjunto com várias outras metodologias.

Apesar de ter sua utilidade em alguns contextos e objetivos específicos, as limitações deste método, incluindo a dificuldade da população leiga em dar respostas precisas, a influência de outros fatores não objetivos nas respostas, e a falta de comprometimento a longo prazo (no caso de júri permanente) fazem com que os questionários não sejam um método prático para ser aplicado na maioria das situações. Esta afirmação é corroborada pelo fato de o estudo mais recente encontrado a usar este método ser de 2014. Aparentemente, outros métodos tem sido preferidos nos últimos anos.

4.4 COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO

O QUADRO 15 resume as aplicações, e os principais exemplos de vantagens e desvantagens de diferentes métodos de monitoramento e avaliação de odor, com base em dados de experiência da autora, bem como em publicações nacionais (MALHEIROS et al, 2014; MALHEIROS, 2018) e internacionais (CONTI; GUARINO; BACENETI, 2020; BAX; SIRONI; CAPELLI, 2020).

QUADRO 15 – RESUMO DE APLICAÇÕES, E EXEMPLOS DE VANTAGENS, DESVANTAGENS E LIMITAÇÕES DE CADA MÉTODO DE MONITORAMENTO E/OU AVALIAÇÃO DE ODOR.

Métodos	Descrição	Aplicações	Vantagens	Desvantagens
Monitoramento analítico de substâncias individuais	Coleta de amostras de ar ambiente (imissão) ou emissões e avaliação em laboratório de compostos como H ₂ S, NH ₃ , mercaptanas, TRS	Medição da concentração de compostos químicos individuais em fontes ou no entorno, para situações em que há um gás representativo para usar como traçador (por exemplo, NH ₃ para atividade pecuária, e H ₂ S para aterro sanitário ou tratamento anaeróbio de efluentes)	Métodos consolidados em análises químicas, vários laboratórios disponíveis, laudos podem ter certificação RBC / acreditação INMETRO	Método e tempo de coleta devem ser adequados; não avalia o efeito sinérgico da mistura de substâncias que resultam no odor; não é eficaz caso não haja um gás representativo para usar como traçador; presença de interferentes; não é capaz de identificar a fonte emissora
Analísadores/sensores de medição direta (fotoionização- PID, Ionização de chama – FID, sensores eletroquímicos)	Análise <i>in loco</i> de concentrações de compostos químicos individuais na fonte e/ou entorno	Casos em que o efeito odorante seja causado por alguns poucos compostos conhecidos, ou haja uma substância que possa ser considerada um bom indicador do odor	Podem ser usados para monitoramento contínuo; dados de concentração média resolução temporal curta (minutos)	Vários modelos não possuem precisão e limite de detecção baixo o suficiente (ppb); não avaliam o efeito sinérgico da mistura de substâncias que resultam no odor; desgaste em curto prazo e necessidade de substituição ou calibrações dos sensores - leva a elevado custo de operação para ter dados confiáveis
Monitoramento analítico de especiação, por exemplo GC/MS (Cromatografia gasosa com espectrometria de massas)	Coleta de amostras de ar ambiente (imissão) ou emissões e avaliação em laboratório que resulta na identificação das substâncias presentes na mistura	Identificação de composição de emissões odoríferas de forma qualitativa ou quantitativa, para determinar se há substância predominante	Útil quando se deseja saber quais os componentes da mistura, se há predominância de uma ou mais substâncias, e para dar apoio à implantação de sistemas de controle de odor em fontes	Alto custo; não confiável em casos de misturas de muitos odorantes em concentrações baixas; não avalia o efeito sinérgico da mistura de substâncias que resultam no odor, demanda calibração de alta precisão; Problemas de eluição podem ocorrer (dois ou mais compostos não se separam cromatograficamente)
Cromatografia gasosa acoplada com olfatometria (GC-O)	Análise de amostras de emissão, cujas substâncias odoríferas presentes são separadas pela cromatografia e analisadas individualmente por jurado humano	Obter informação sobre o caráter odorante associado a diferentes moléculas presentes na amostra (qualidade do odor)	Alta sensibilidade do olfato humano, informa as propriedades das diferentes substâncias presentes na mistura	Não traz informação sobre a concentração de odor da amostra (ou µE/m³), devido à separação da amostra em componentes individuais, as propriedades da amostra como um todo não são consideradas; resultado não avalia o impacto do odor e não pode ser usado diretamente como dado de entrada para modelagem de dispersão

Métodos	Descrição	Aplicações	Vantagens	Desvantagens
Senso-instrumentais: narizes eletrônicos	Sensores químicos eletrônicos conectados à inteligência artificial para imitar o olfato humano	Monitoramento no entorno de empreendimentos para avaliação da concentração na comunidade (variação em relação a um padrão); monitoramento próximo de fontes para hierarquização de fontes de emissão ou verificação da eficiência de controle	Podem ser usados para monitoramento contínuo; dados de concentração média resolução temporal curta (minutos); identificação da fonte principal do odor (caso haja sensores em várias fontes do empreendimento)	Devem ser validados/treinados com monitoramento sensorial (olfatometria dinâmica); ainda estão em desenvolvimento, correlação com olfato humano ainda deixa a desejar; determinam a frequência de episódios de odor e não a concentração de odor propriamente dita; são menos sensíveis e mais seletivos do que o olfato humano; alto custo
Olfatometria de diluição dinâmica (ODD)	Coleta de amostras em fontes de emissão e avaliação em laboratório pelo princípio de diluição, por painel de jurados treinados (método sensorial)	Determinação de taxa de emissão em fontes emissoras de odor; dado de entrada confiável para modelos de dispersão atmosférica	Avaliação sensorial do odor resultante (mistura); método normalizado (Europa: EN 13725, EUA: ASTM E679:2019, Austrália, China, etc.), sensibilidade do olfato humano é maior do que de instrumentos eletrônicos	Não aplicável para entorno (limite de detecção > 10 ouE/m³); tempo máximo entre coleta e análise 30h; pode haver alteração da amostra entre a coleta e análise (decaimento de substâncias); alta incerteza devido à variações na fonte; alta demanda de tempo, não é possível seu uso para monitoramento contínuo
Olfatometria de campo (OC)	Jurados treinados utilizam o olfâmetro portátil (princípio de diluição) para avaliar a concentração de odor no ar ambiente (imissão) <i>in loco</i>	Mapeamento do alcance instantâneo da pluma de odor; Monitoramento no entorno de empreendimentos para avaliação do incômodo (escala de 2 a 60 D/T); monitoramento próximo de fontes para hierarquização de fontes de emissão (usando escala de 50 a 500 D/T).	Avaliação sensorial do odor resultante (mistura); resultados rápidos diretamente em campo; portátil e versátil; jurados selecionados e treinados de acordo com EN13725; permite avaliação do caráter e hedonicidade	Não pode ser utilizado para concentrações de odor muito altas ou tóxicas; é avaliação instantânea e pontual
Modelagem de Dispersão Atmosférica	Diagnóstico ou prognóstico do transporte do odor com base em dados meteorológicos, topográficos e das fontes de emissão	Mapeamento do alcance da pluma de odor (área impactada), traz resultados de concentração (ouE/m³)	Avaliação em todo o "range" de condições meteorológicas para longos períodos; permite avaliação da frequência de exposição (percentis), maior alcance espacial 2D, não só pontual	Requer informação de taxa de emissão, medida nas fontes ou estimada por meio de monitoramento no entorno (modelagem reversa); simplificação para representar a duração do evento (1h para minutos - razão pico-média)
Inspeções em campo – método	Equipe de 8 avaliadores percorre pontos	Avaliação da frequência de odor perceptível nos receptores, ou seja, cálculo de "horas de odor"	Avaliação sensorial do odor resultante (mistura); jurados selecionados e treinados de	Resultado é somente presença ou ausência de odor (não concentração); dificuldades logísticas; falta de

Métodos	Descrição	Aplicações	Vantagens	Desvantagens
da grade (EN16841-1:2016)	predeterminados em diferentes dias e horários, e verifica a presença/ausência de odor	ao longo do ano; pode ser usado para validar modelagem de dispersão	acordo com EN13725; permite avaliação do caráter e hedonicidade	referências sobre quais são os valores aceitáveis; Método demanda muito tempo (6 ou 12 meses), recursos humanos e alto investimento, fatores psicológicos podem afetar a avaliação.
Inspeções em campo – método da pluma (EN16841-2:2016)	Equipe de 2 avaliadores se desloca perpendicularmente à pluma e verifica a presença/ausência de odor	Mapeamento do alcance da pluma de odor (distância afetada)	Avaliação sensorial do odor resultante (mistura); jurados selecionados e treinados de acordo com EN13725; permite avaliação do caráter e hedonicidade, pode apoiar na calibração de modelagem.	Resultado é somente presença ou ausência de odor (não concentração); precisa de determinadas condições meteorológicas para ser viável, apresenta resultado instantâneo; falta de referências sobre quais são os valores aceitáveis; fatores psicológicos podem afetar a avaliação.
Pesquisa de Percepção / Painel de odor / Diários de odor	Aplicação de questionários com a comunidade afetada	Levantamento dos efeitos e do % de pessoas incomodadas, % de dias em que o odor é perceptível acima de determinados limites	Participação e melhoria da relação com a comunidade,	Demanda muito tempo e recursos; subjetividade e falta de imparcialidade das respostas da população; dificuldade de separar odor de diferentes fontes; baixa adesão da população, variabilidade de resultados.
Análise Integrada	Utilização de vários métodos em conjunto para efetivamente avaliar todos os fatores FIDOL	Avaliação holística para identificação de fontes, avaliação de emissões fugitivas, alcance e intensidade do impacto no entorno, priorização de ações de controle. Contribui para o diagnóstico completo e abrangente.	As limitações de cada método são supridas ou amenizadas pelos demais métodos	Requer equipe com conhecimento em vários dos métodos anteriores.

Fonte: A autora (2022).

Métodos sensoriais ou analíticos podem ser usados alternativamente ou em combinação, para fazer a caracterização quantitativa e qualitativa do odor. (CONTI; GUARINO; BANACETTI, 2020). Segundo o QUADRO 15, a principal vantagem de técnicas sensoriais (ODD, OC, Inspeções em campo) é a maior sensibilidade do olfato humano se comparada à de instrumentos eletrônicos ou analíticos, enquanto a principal desvantagem é que o painel deve ser composto de jurados qualificados para garantir resultados confiáveis (CONTI; GUARINO; BANACETTI, 2020).

Por sua vez, métodos analíticos não são sujeitos a erro humano, mas são menos sensíveis, não confiáveis em casos de mistura de vários odorantes a baixas concentrações e não são capazes de detectar a interação entre odorantes (CONTI; GUARINO; BANACETTI, 2020).

Por sua vez, o método de inspeção em campo (segundo a norma EN16841-1:2016) e as pesquisas de percepção / painel de odor / diários de odor requerem um período de avaliação muito longo, além de uma equipe de várias pessoas adequadamente treinadas especificamente nas metodologias a serem empregadas, o que também aumenta o custo para a realização do diagnóstico ou avaliação.

Considerando a discussão anterior relacionada aos estudos realizados no Brasil (QUADRO 14), bem como o QUADRO 15, verifica-se que se destacam as metodologias da olfatometria de diluição dinâmica (ODD), da olfatometria de campo (OC) e da modelagem de dispersão atmosférica como as mais vantajosas e capazes de avaliar o efeito sinérgico da mistura de substâncias odoríferas, ou seja, do odor resultante. Estes métodos possuem um maior custo-benefício e são capazes de trazer resultados em um tempo mais curto, se comparado a outros métodos. São também menos intensivos em mão de obra.

Deve-se destacar ainda que, na maioria dos casos, não há uma única resposta quanto ao melhor método para medir odores. Cada situação deve ser avaliada caso a caso, considerando a aplicabilidade e limitações de cada método, e os tipos de resultados que cada método é capaz de trazer. Na realidade, em muitas situações, uma abordagem integrada que combine diferentes métodos é a melhor solução para obter uma visão completa do problema e definir a melhor estratégia para gerenciamento do problema do odor (BAX; SIRONI; CAPELLI, 2020).

4.5 ABORDAGENS PARA DESENVOLVER CRITÉRIOS DE IMPACTO DE ODOR (CIO) E JUSTIFICATIVAS PARA A ADOÇÃO DE PERCENTIS E TEMPO DE MÉDIA

As principais abordagens possíveis para o desenvolvimento de Critérios de Impacto de Odor (CIO) são (GRIFFITHS, 2014; BRANCHER et al, 2019):

1. Estudos epidemiológicos de dose-resposta, ou seja, estudos que associam a dose (exposição ao odor) ao efeito (prevalência de incômodo na população exposta) por meio da derivação de curvas de dose-resposta. Este é o caso dos critérios em vigor na Alemanha (BRANCHER et al, 2019);
2. Considerações práticas que incorporam os fatores FIDOL, por exemplo definir concentrações de odor consideradas geralmente incômodas, e percentis capazes de eliminar condições meteorológicas extremas. Um exemplo desta abordagem é a adotada pela Nova Zelândia (FREEDMAN, CUDMORE, 2002);
3. Uma mistura das abordagens anteriores, em que estudos de dose-resposta são usadas como ponto de partida e aperfeiçoados por considerações práticas, como é o caso dos critérios da Irlanda (EPA, 2001).

Estudos epidemiológicos de dose-resposta específicos para odor são de grande importância para embasar a proposta de critérios de impacto de odor (BRANCHER et al, 2019). Entretanto, atualmente não há nenhum estudo deste tipo publicado na literatura científica, com foco na realidade brasileira.

Por este motivo, não é possível se basear em dados de dose-resposta para desenvolver CIO específicos para aplicação no Brasil. Sendo assim, o presente estudo utiliza a abordagem de considerações práticas incorporando os fatores FIDOL para sugerir critérios de impacto de odor para o Brasil, embasando-se também em conceitos já implantados na legislação brasileira (tempo de exposição usado nos padrões de qualidade do ar da Resolução CONAMA 491/2018 – fatores Frequência e Duração; e sensibilidade do uso da área, abordada na NBR 10.151:2019 – fator Localização). Além disso, a proposta leva em consideração orientações da literatura

científica e dados empíricos, que mostram associação significativa entre o nível de incômodo e a concentração e frequência de eventos de odor ao longo de um ano (GRIFFITHS, 2014).

Ademais, este trabalho considerou dados de 15 trabalhos já realizados e publicados no Brasil, de forma a avaliar quais as possibilidades reais de aplicação dos critérios utilizados, conforme detalhado no item 4.3.

4.6 PROPOSTA DE CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DO INCÔMODO PARA APLICAÇÃO NACIONAL

A avaliação dos resultados obtidos requer a existência de padrões aprovados em legislação, semelhantemente, por exemplo, aos padrões de qualidade do ar da Resolução CONAMA 491/2018. Como não existe tal legislação nacional, com base em toda a revisão legal nacional e internacional e revisão técnica desta pesquisa, neste subitem são apresentadas propostas de critérios quantitativos de avaliação de impacto de odor para aplicação no Brasil.

Segundo Vieira (2017), a concentração de odor ambiente pode ser classificada de acordo com três limites: limite de percepção (1 ouE/m^3); limite de reconhecimento ($1 - 5 \text{ ouE/m}^3$); e limite de incômodo ($5-10 \text{ ouE/m}^3$). Esta classificação é considerada nas propostas de critérios aqui apresentadas.

O estudo de Brancher, Piringer e Grauer (2019) mostrou que a natureza da exposição ao odor é intimamente conectada à meteorologia local. Em países nos quais não há critérios estabelecidos para avaliação de impacto de odor, a seleção arbitrária de CIO de outras jurisdições deve ser evitada, pois os resultados podem variar de forma muito pronunciada. O raciocínio por trás da adoção de um critério específico deve ser bem discutido e justificado (BRANCHER; PIRINGER, GRAUER, 2019), e este é o objetivo deste item e dos que se seguem.

A seguir, são apresentados critérios para o método olfatometria de campo e para modelagem de dispersão atmosférica (realizada com base em dados de taxa de emissão obtidos com ODD e/ou OC), ambos baseados na abordagem de padrão de máximo impacto (PMIm), que é a mais utilizada em diversos países conforme demonstrado por Brancher *et al.* (2017) e pelo QUADRO 10.

A escolha do método de avaliação (modelagem de dispersão e/ou olfatometria de campo), em casos nos quais ambos sejam possíveis de serem utilizados, é definida no protocolo de avaliação descrito na seção 4.7 (fluxogramas). Tanto quanto possível, o uso de ambos os métodos em conjunto é recomendado, pois se complementam e robustecem as conclusões.

4.6.1 Olfatometria de Campo (OC)

Easter *et al.* (2009) indica que o critério de avaliação dos impactos dos odores é de que em um período de 3 minutos, o limiar da detecção de pico dos odores deve se manter em 99% dos casos abaixo de 7 D/T. Ainda, McGinley (2000) classifica a concentração ou intensidade do odor igual ou acima de 7 D/T como questionável, o que pode ocasionar reclamações da comunidade. Por sua vez, estudos e experimentos realizados por Huey *et al.* (1960), que mostraram que a partir de 31 D/T os odores percebidos no receptor são considerados seriamente incômodos, se persistirem por um longo período de tempo.

Assim sendo, o nível recomendado desejável a fim de minimizar a possibilidade de ocorrência de reclamações por parte da comunidade é tal que a intensidade do odor nos pontos de monitoramento no entorno seja menor que 7 D/T. Neste caso, uma medição com o olfatômetro que acuse 7 D/T já é acima do desejado, pois indica odor questionável, que pode gerar reclamações.

Desta forma, os critérios de avaliação sugeridos para aplicação na legislação nacional são:

- Nível Desejável: Intensidade de Odor no entorno < 7 D/T;
- Nível de Potencial Incômodo: Intensidade de Odor no entorno $\geq$ 7 D/T.

Este critério já foi adotado em diversos estudos com olfatometria de campo no Brasil (MALHEIROS *et al.*, 2016; MALHEIROS *et al.*, 2018; PERAZZOLI *et al.*, 2018; SCHRAIER *et al.*, 2019), e é compatível com a classificação de Vieira (2017) apresentada no item 4.6 deste trabalho.

Os critérios supracitados estão de acordo com a legislação de vários estados norte-americanos (Colorado, Connecticut, Kentucky, Missouri, Dakota do Norte e Wyoming). Segundo Brancher *et al.* (2017), a olfatometria de campo é a técnica mais empregada nas jurisdições norte-americanas para avaliar níveis de poluição de odor.

A aplicação desta técnica é prática de ser implantada e não requer muito tempo e recursos financeiros, se comparada a metodologias mais robustas como modelagem de dispersão e inspeções em campo de longa duração. Entretanto, o autor alerta que um procedimento bem definido e normatizado é essencial para assegurar resultados confiáveis para a olfatometria de campo.

A TABELA 7 lista os limites de odor estabelecidos por legislações em várias jurisdições norte-americanas, com base no método da olfatometria de campo.

TABELA 7 – LIMITES DE ODOR NO AR AMBIENTE UTILIZANDO O SCENTOMETER – EUA.

Estado ou subdivisão política	Concentração de odor (D/T)			
	Residencial	Comercial	Industrial	Outras áreas não expressamente listadas
Colorado	<7	<7	<15	<15
Connecticut	<7	<7	<7	<7
Illinois	<8	<8	<24	<16
Kentucky	<7	<7	<7	<7
Missouri	<7	<7	<7	<7
Dakota do Norte	<7	<7	<7	<7
Nevada	8	8	8	8
Oregon	–	–	2	–
Wyoming	<7	<7	<7	<7
Distrito de Columbia	1	1	1	1
Dallas, Texas	2	1	1	1
Sudoeste do estado de Washington (AQMA)	1-2	1-2	8-32	-
Condado de Polk, Iowa	7	7	7	-
Cedar Rapids, Iowa	4	8	20	-
Omaha, Nebraska	4	8	20	-
Chattanooga, Condado de Hamilton, Tennessee	0	4	4	-

Fonte: Adaptado de MCGINLEY, MAHIN E POPE (2000) e MAHIN (2001) apud VIEIRA (2017); COLORADO (2013); CONNECTICUT (2006); DELAWARE (1981); ILLINOIS (1993); KENTUCKY (2016); MISSOURI (2014); NEVADA (2022); NORTH DAKOTA (2007); WYOMING (2018).

Segundo McGinley e McGinley (2014), além dos nove estados e sete outras jurisdições citadas na TABELA 7, os seguintes estados possuem menções vagas e indiretas à olfatometria de campo em sua legislação sobre qualidade do ar: Massachusetts, North Carolina, Oregon, Pennsylvania e Washington.

Segundo a TABELA 7, a abordagem legislativa utilizada nos EUA em geral exige que os odores não causem incômodo fora dos limites da propriedade da fonte

emissora, incômodo este verificado por fiscais de campo, em resposta a reclamações. A definição de incômodo se dá, em maioria, com resultados de concentração de odor ≥ 7 D/T (CONNECTICUT, 2006; NORTH DAKOTA, 2007; COLORADO, 2013; MISSOURI, 2014; KENTUCKY, 2016; VIEIRA, 2017; WYOMING, 2018).

O limite de 7 D/T corresponde exatamente ao critério proposto para aplicação no Brasil. Na opinião da autora e à luz da legislação internacional, argumenta-se que este é o objetivo a ser buscado pela legislação brasileira: prevenção ao incômodo, e não obrigação de “odor zero” (objetivo de algumas legislações vigentes, conforme já detalhado no QUADRO 11).

O QUADRO 16 apresenta um resumo da legislação em dez estados norte-americanos, com destaque para a verificação de atendimento ou violação ao critério de impacto de odor, considerando a metodologia da olfatometria de campo.

QUADRO 16 – DOCUMENTOS LEGAIS VIGENTES NOS EUA E RECOMENDAÇÕES QUANTO À VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO OU VIOLAÇÃO DO CRITÉRIO DE IMPACTO DE ODOR.

Estado	Documento legal	Última atualização	Forma de verificar violação ou atendimento
Colorado	Regulation No. 2	01/11/2013	“... duas medições de odor devem ser feitas dentro do período de uma hora, e separados por pelo menos 15 minutos. As medições devem ser feitas fora da divisa da propriedade onde a emissão se origina. ...” “O pessoal para avaliação de odores deve ser selecionado usando um teste de sensibilidade, de acordo com a publicação “USPHS Pub. #999-AP-32....”
Connecticut	Regulation 22a-174-23	04/04/2006	“(b) Odor no ar ambiente será considerado incômodo se um representante do comissário ou pelo menos 50% de um grupo de representantes que o comissário determinar, baseado em pelo menos três amostras ou observações em um período de uma hora, que após a diluição de sete partes de ar limpo para uma parte de ar amostrado, o odor é igual ou maior que o LPO. Cada uma das amostras deve ser separada por pelo menos 15 minutos. O ônus de refutar a premissa de incômodo criada por esta subseção será do proprietário ou operador da fonte emissora.”
Illinois	Title 35, Subtitle B, Chapter 1, Part 245	01/09/1993	“...Quando determinações simultâneas feitas por três inspetores treinados em qualquer período de uma hora e intervalos de não menos que 15 minutos resultam em duas determinações positivas em cada série de três determinações; e ... as determinações de odor incômodo devem se dar na divisa da propriedade emissora ou próximo a locais onde as pessoas vivem e trabalham.”
Kentucky	Regulation 401KAR53:010	01/08/2016	Não definida
Missouri	Title 10, Chapter 6, Section 165	01/10/2014	“... nenhuma pessoa pode causar ou permitir a emissão de odor em concentrações e frequências ou com duração de forma que o odor possa ser percebido quando uma parte de ar com odor é diluída com sete partes de ar puro, em dois

Estado	Documento legal	Última atualização	Forma de verificar violação ou atendimento
			testes separados por pelo menos 15 minutos dentro do período de uma hora. Esta avaliação deve ser realizada em local fora da divisa da propriedade da fonte emissora.”
Nevada	NAC 445B.22087	Não disponível	“3. O diretor deverá julgar o odor como violação se ele/ela for capaz de fazer duas medições de odor dentro de um período de 1 hora, separados por pelo menos 15 minutos. Uma medição de odor consiste em um odor detectável depois de o ar odorífero ser diluído com oito ou mais volumes de ar livre de odor.”
North Dakota	Chapter 33-15-16	01/01/2007	Não definida; apenas indicada a distância mínima do ponto de amostragem de 100 pés a partir do receptor (residência, igreja, escola, etc.)
Wyoming	Chapter 2, Section 11	05/02/2018	“Na divisa da propriedade, a ocorrência de odores deve ser medida desde que pelo menos duas medições sejam feitas em um período de uma hora, sendo estas medições sejam separadas por pelo menos 15 minutos.”
Delaware	Air Regulation Number 1119	01/02/1981	Não definida; apenas indica o uso do Scentometer como método aprovado para avaliação de odor.
West Virginia	Title 45, Series 4	01/10/1967	Não definida; apenas indica o uso do Scentometer como método aprovado para avaliação de odor.

Fonte: Adaptado de COLORADO (2013); CONNECTICUT (2006); DELAWARE (1981); ILLINOIS (1993); KENTUCKY (2016); MISSOURI (2014); NEVADA (2022); NORTH DAKOTA (2007); WYOMING (2018); WEST VIRGINIA (1967).

Segundo o QUADRO 16, a maioria destas legislações pede que sejam feitas pelo menos duas avaliações dentro do período de uma hora, com intervalo de pelo menos 15 minutos entre elas, e estas devem ser realizadas na divisa da propriedade emissora, ou então no receptor sensível, por inspetores treinados. No caso do Colorado, o requisito de seleção dos jurados (avaliadores) também é especificado (COLORADO, 2013).

Portanto, em resumo, os critérios de avaliação de odor sugerido para aplicação no Brasil, considerando o método da olfatometria de campo para verificação de reclamações, estão apresentados no QUADRO 17.

QUADRO 17 – CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE ODOR NO AR AMBIENTE (IMISSÃO) PARA OLFATOMETRIA DE CAMPO, SUGERIDOS PARA APLICAÇÃO NO BRASIL.

Critérios	Concentração de odor (D/T)	Forma de avaliação – verificação de reclamações
Nível Desejável	<7	Pelo menos duas avaliações dentro do período de uma hora, com intervalo de pelo menos 15 minutos entre elas, a ser realizadas no receptor sensível (reclamante), por inspetores treinados.
Nível de Potencial Incômodo	≥ 7	

Fonte: A autora (2022).

4.6.1.1 Programa de monitoramento

Conforme mostrado no QUADRO 17, sugere-se minimamente como critério para aplicação no Brasil que em inspeções para verificação de reclamações, para comprovar a violação ao critério de < 7 D/T usando o método de olfatométrica de campo, devem ser realizadas pelo menos duas avaliações dentro de uma hora, com intervalo de pelo menos 15 minutos entre elas, a ser realizadas no receptor sensível (reclamante), por inspetores treinados.

Nos Estados Unidos, em geral a aplicação de legislações usando olfatométrica de campo é iniciada por reclamações, e assume-se que estas já incluem os fatores de Frequência, Duração e Ofensividade do FIDOL. Isso deixa apenas a Intensidade a ser confirmada pelo inspetor do órgão ambiental. Entretanto, isso pode ser um problema caso os reclamantes não sejam honestos (MCGINLEY, 2022).

Nos EUA, na maioria dos casos, a reclamação é legítima. Então, o inspetor tenta confirmar se o empreendimento causador do odor está ultrapassando o limite de concentração de odor permitido no entorno, e caso necessário, pode confirmar o caráter e ofensividade do odor para ter certeza que o empreendimento correto está sendo investigado. Em geral, as inspeções em campo para confirmação de reclamações são breves, durando uma ou duas horas. Entretanto, para verificação do atendimento de condicionante de licença ambiental, o monitoramento requer mais amostragens do que apenas um dia e um ponto (MCGINLEY, 2022), mas isso em geral é uma responsabilidade do empreendedor, e não do órgão ambiental.

Entretanto, a olfatométrica de campo pode ser usada para outros fins além da verificação de queixas, por exemplo: para monitoramento rotineiro da operação de empreendimentos com potencial de emissão odorífera; para estudos de diagnóstico de odor com vistas à identificação e priorização de fontes odoríferas, avaliação de

eficácia de medidas de controle de odor, verificação e calibração de modelos de dispersão de odor (ST CROIX SENSORY, 2020), dentre outros objetivos.

Para estes objetivos mais amplos citados, é necessário o desenvolvimento de um plano de monitoramento adequado para cada caso específico. Este item busca apresentar algumas diretrizes mínimas, se embasando nos estudos já realizados no Brasil detalhados no QUADRO 25, em recomendações do desenvolvedor do olfatômetro *Nasal Ranger*® (MCGINLEY, 2018; MCGINLEY, 2022), e nas orientações das normas de inspeção em campo pelo método da grade e da pluma (EN 15841-1 e 2) (CEN, 2016a; CEN, 2016b).

McGinley (2018) entende que o plano de monitoramento é uma questão de avaliação profissional específica caso a caso. Devem ser considerados os aspectos de quantidade e localização dos reclamantes, a possibilidade de ação legal, os recursos disponíveis, e outros aspectos para definição do plano de monitoramento ideal. Segundo este autor, em geral, o mais comum é a seleção de 10 a 30 pontos ao redor de um empreendimento a ser avaliado, e a realização de visitas. Para monitoramento periódico ou de rotina, podem ser contemplados todos os pontos, ou apenas alguns pontos selecionados, baseados na condição do vento (pontos a jusante da pluma de odor esperada) (MCGINLEY, 2018; MCGINLEY, 2022).

Caso o objetivo do monitoramento com OC seja validação de estudos de modelagem de dispersão, recomenda-se realizar mais de uma amostragem em múltiplos pontos, tentando capturar diferentes condições meteorológicas, ou mesmo buscando representar a condição meteorológica crítica (MCGINLEY, 2018; MCGINLEY, 2022).

Quanto ao número de jurados, Brandt *et al.* (2011) determinou que para casos complexos de disputas legais, o ideal seriam avaliações com 4 jurados. Mas segundo McGinley (2018; 2022), isso não é praticável para a maioria das situações; Nos Estados Unidos; o mais comum é que seja apenas um avaliador. Realizar monitoramentos simultâneos com dois avaliadores periodicamente pode ser uma alternativa para evidenciar que múltiplos jurados tem resultados semelhantes (MCGINLEY, 2018; MCGINLEY, 2022). Com relação aos métodos de inspeção em campo segundo a norma europeia EN 16841-1, que exige duração mínima de 6 meses e vários avaliadores, devido ao elevado custo e demanda de tempo e mão de obra,

este método é raramente utilizado nos EUA e apenas para batalhas judiciais complexas (MCGINLEY, 2018; MCGINLEY, 2022).

Segundo a experiência da autora, outros aspectos que devem ser considerados ao elaborar um plano de monitoramento são:

1. Tipologia e características das fontes – fontes pontuais de altura elevada (por exemplo, chaminés) podem ter odor detectável a maiores distâncias do que fontes ao nível do solo, por isso a localização dos pontos de monitoramento deve levar isso em consideração. A norma EN 16841-1 recomenda um raio de 300m (diâmetro de 600m) ao redor da fonte para fontes a nível do solo, e 30 vezes a altura da fonte mais alta, no caso de fontes pontuais (CEN, 2016a). Estas distâncias podem ser usadas como ponto de partida, e ser ajustadas conforme a necessidade e percepção em campo;
2. Variabilidade operacional das fontes: deve-se saber de antemão se as fontes emissoras tratam-se de processos de emissão contínua ou variável, cíclicos ou em batelada. O monitoramento deve contemplar as condições típicas de operação e se possível, as condições mais críticas para geração de odor. Se a emissão for variável, mais amostragens são necessárias e devem contemplar pelo menos um ciclo operacional completo;
3. Os pontos de reclamantes devem ser incluídos no plano de monitoramento e amostragens devem ser realizadas em vários horários do dia, e preferencialmente incluir os horários que os reclamantes indicam como crítico;
4. Rota de monitoramento: a definição dos pontos de monitoramento é facilitada ao se iniciar a partir dos limites da propriedade da fonte emissora, próximo à fonte e ir se distanciando seguindo a direção do vento predominante durante o monitoramento, seguindo o deslocamento da pluma.

O QUADRO 18 apresenta a compilação dos planos de monitoramento aplicados para a olfatometria de campo nos trabalhos realizados no Brasil, estudados nesta pesquisa. Alguns trabalhos usaram outros métodos além da OC, mas o QUADRO 18 apresenta os recursos e o tempo necessário especificamente para a OC.

No QUADRO 19, é apresentada uma sugestão de requisitos mínimos a serem contemplados em planos de monitoramento de OC no Brasil, para casos de estudos de diagnóstico de odor e para verificação do atendimento à condicionantes (monitoramento de rotina).

QUADRO 18 – COMPARAÇÃO DOS PLANOS DE MONITORAMENTO DE OLFATOMETRIA DE CAMPO DOS TRABALHOS REALIZADOS NO BRASIL.

Referência	Tipo de fonte estudada	Plano de Monitoramento de OC	Recursos Humanos	Outros recursos necessários	Tempo de coleta em campo
MALHEIROS <i>et al.</i> (2014)	Complexo industrial com 3 indústrias alimentícias e ETE	84 amostras	1 avaliador treinado e 1 auxiliar de campo	Olfatômetro de campo, estação meteorológica portátil	5 dias
MALHEIROS <i>et al.</i> (2016)	Planta agroindustrial de abate de suínos e sua ETE	29 pontos, cerca de 100 amostragens em diferentes horários	2 pessoas treinadas	Olfatômetro de campo, estação meteorológica portátil	4 dias
PERAZZOLI <i>et al.</i> (2018)	ETE Municipal (lagoas anaeróbias)	23 pontos, total de 68 amostragens durante 6 dias.	1 avaliador treinado e 1 auxiliar de campo	Olfatômetro de campo, estação meteorológica portátil	6 dias
MALHEIROS <i>et al.</i> (2018)	Indústria no estado do Paraná	6 pontos no entorno da indústria, contemplados em campanha mensal, em vários horários e dias distintos ao longo de 18 meses (total de 108 amostras).	1 avaliador treinado e 1 auxiliar de campo	Olfatômetro de campo, estação meteorológica portátil	Visitas mensais de cerca de 2h durante 18 meses
SCHRAIER <i>et al.</i> (2019)	ETE Municipal	19 pontos externos e 10 internos à indústria, 131 amostragens. Distâncias de 250 a 300m cobrindo uma área de 2 km	1 avaliador treinado e 1 auxiliar de campo	Olfatômetro de campo, estação meteorológica portátil	5 dias

Fonte: A autora (2022).

QUADRO 19 – SUGESTÃO DE REQUISITOS MÍNIMOS PARA PLANOS DE MONITORAMENTO DE OLFATOMETRIA DE CAMPO, PARA APLICAÇÃO NO BRASIL.

Tipo de estudo	Tipo de fonte estudada	Plano de Monitoramento de OC	Recursos Humanos	Outros recursos necessários	Tempo de coleta em campo
Critério para diagnósticos	Empreendimentos diversos	Cada ciclo de medição deve conter ao menos 40 amostragens (GUILLLOT <i>et al.</i> , 2012; SILVA, 2020), distribuídos em 10 a 30 pontos (MCGINLEY, 2018; MCGINLEY, 2022).	Minimamente, 1 avaliador treinado. Se possível, um auxiliar de campo	Olfatômetro de campo, estação meteorológica portátil	Duração mínima de 3 dias (caso não haja reclamações) ou 4 dias (caso haja reclamações), contemplando horários distintos, incluindo pelo menos das 07-19h.
Critério para monitoramento de rotina		5 a 10 pontos nos receptores sensíveis mais próximos ao empreendimento e	acompanhando o avaliador, ou um segundo avaliador		Visitas mensais, com ciclos de medição de pelo menos 1h em pontos pré-estabelecidos, alternando os horários para contemplar períodos diferentes do dia.

Fonte: A autora (2022).

4.6.2 Modelagem de Dispersão Atmosférica (MD)

Conforme já discutido no item 4.1.1, a abordagem de Padrão de Máximo Impacto (PMIm) é a mais utilizada nos diversos países do mundo para regulação do impacto de odor, e esta abordagem utiliza um valor limite de concentração de odor associado a um percentil de ocorrência (frequência). Para sua verificação, é necessário usar o método de modelagem de dispersão atmosférica.

Vieira (2017) sugeriu critérios de impacto de odor segundo esta abordagem, conforme mostrado na TABELA 8. Estes se referem ao percentil 98 (P98) das concentrações máximas horárias, convertidas em concentrações de pico considerando o tempo de média de 3 minutos ($F = 2,31$). O P98 significa que estes valores de concentração não podem ser excedidos mais do que 2% do tempo ao longo de um ano; ou seja, em 175h.

TABELA 8 – CRITÉRIOS DE IMPACTO DE ODOR RECOMENDADOS POR VIEIRA (2017).

Zona	Distância dos limites da área da propriedade		
	<200 m	200-500 m	>500 m
Residencial	1,5-6,0 ouE/m ³	1-4 ouE/m ³	0,5 – 2 ouE/m ³
Comercial	2 – 8 ouE/m ³	1,5 – 6 ouE/m ³	1-4 ouE/m ³
Agrícola ou Industrial	2,5-10 ouE/m ³	2 - 8 ouE/m ³	21,5-6,0 ouE/m ³

Fonte: VIEIRA (2017).

Vieira (2017) construiu os critérios da TABELA 8 considerando os limites propostos pelas diretrizes regionais da Lombardia (REGIONE LOMBARDIA, 2012) e aplicação de um fator “D”, variando de 0,5 a 2,0, a fim de considerar o efeito da ofensividade do odor, de acordo com a equação abaixo:

$$CIO_{R_i} = CIO_{ref} \times D \quad (8)$$

Onde

CIO_{R_i} = critério de impacto de odor recomendado para o odor i ;

CIO_{ref} = critério de impacto de odor de referência;

A aplicação deste critério requer conhecimento prévio sobre a ofensividade do odor, e resulta em valores diferentes de limites de concentração de odor para atividades distintas. Trata-se de uma proposta de critérios robustos e detalhadas, pois considera todos os fatores FIDOL: Frequência (P98); Intensidade (concentração de odor em ouE/m³); Duração (3 min, $F=2,31$); Ofensividade (D variando de 0,5 para odor

muito desagradável) e 2 (odor agradável) e Localização (tipo de zona – residencial, comercial, agrícola ou industrial), além de considerar a distância em relação à fonte emissora.

Apesar de ser interessante, considera-se este critério proposto por Vieira (2017) complexo para as partes interessadas entenderem, e para os órgãos ambientais aplicarem na prática. Além disso, para atividades consideradas altamente ofensivas, os valores de limites são restritivos, com limites abaixo de 1 ouE/m³, o que equivale a odor imperceptível. Tendo em vista que atualmente não há nenhum padrão quantitativo para imissão de odor no país, considera-se que se deve iniciar com uma legislação que defina um critério de mais fácil entendimento e aplicação, e não tão restritivo. Periodicamente, esta legislação pode ser revisada, incorporando mais detalhes e sugerindo limites mais restritivos, conforme a experiência da aplicação dos critérios avança no país.

Sugere-se critérios para dois tipos de área (zona): residencial/comercial, que são zonas que em geral concentram maior densidade populacional e onde costumam ocorrer os incômodos com maior frequência, por serem locais sensíveis; e agrícola, industrial e outras não especificadas, cujo uso é menos sensível e em geral possuem menor densidade demográfica, portanto são locais onde podem ser aceitos limites um pouco menos restritivos. Outra simplificação proposta é dispensar a determinação de limites distintos para diferentes distâncias, pois considera-se que os critérios devem ser atendidos no receptor sensível mais próximo à fonte emissora.

Além disso, inicialmente, apenas odores ofensivos (com valores negativos na escala de ofensividade) necessitam ser regulados, tendo em vista que odores agradáveis como de panificação, chocolate, baunilha, etc. dificilmente suscitam reclamações relativas a incômodo, o que é confirmado pela compilação de estudos científicos brasileiros apresentados no QUADRO 25, visto que todos os trabalhos avaliaram fontes de odor desagradáveis.

A seguir, o QUADRO 20 apresenta o resumo de critérios de avaliação de odor dos estudos realizados no Brasil avaliados nesta pesquisa que empregaram o método da modelagem de dispersão atmosférica, e que apresentaram um critério quantitativo específico para odor. Todos os trabalhos citados empregaram o modelo regulatório AERMOD; três dos quatro trabalhos usaram o percentil 98, e dois deles usaram o

tempo de média de 3 minutos (com $n = 0,2$ na equação (4) e portanto F correspondente a 1,821).

QUADRO 20 – CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE ODOR NO AR AMBIENTE (IMISSÃO) PARA MODELAGEM DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA USADOS NOS ESTUDOS REALIZADOS NO BRASIL.

Referência	Tipo de fonte estudada	Critérios de avaliação de odor		
		Concentração (ouE/m ³)	Percentil	Tempo de média e F
MALHEIROS <i>et al.</i> (2016)	Planta agroindustrial de abate de suínos e sua ETE	<8	99	3 min
		6	98	F = 1,821
TELLES (2018)	Indústria cervejeira (fontes fixas e em área da ETE).	5	98	1h F = 1
PERAZZOLI <i>et al.</i> (2018)	ETE Municipal (lagoas anaeróbias)	<8	99	3 min F = 1,821
SCHRAIER <i>et al.</i> (2019)	Indústria de processamento de subprodutos animais (Graxaria)	5	98	1h F = 1

Fonte: Adaptado de MALHEIROS *et al.* (2016), TELLES (2018), PERAZZOLI *et al.* (2018) e SCHRAIER *et al.* (2019).

Por sua vez, em relação aos critérios de avaliação internacionais voltados para a modelagem de dispersão, o QUADRO 21 apresenta a compilação dos valores adotados por diferentes países, bem como o percentual de cada valor em relação aos 24 países que adotam esta metodologia e a listagem de quais são estes países, baseado nos trabalhos de Brancher *et al.* (2017) e Bokowa *et al.* (2020). Observa-se que o percentil mais frequentemente adotado é o P98, e ainda que 42% dos países estudados tem critérios diferentes para usos do solo distintos (fator Localização).

QUADRO 21 – CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE ODOR NO AR AMBIENTE (IMISSÃO) PARA MODELAGEM DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA USADOS EM 24 PAÍSES.

Fatores FIDOL	CIO - Critérios de Impacto de Odor		Nº de países	% de países	Países que adotam
Frequên- cia	Percentis - % (P)	85 ≤ P ≤ 97	2	8%	Alemanha e Áustria
		P=98	10	42%	Itália, França, Irlanda, Países Baixos, Reino Unido, Espanha, Colômbia, Alemanha, Bélgica, Canadá
		99 ≤ P < 100	8	33%	Austrália, Dinamarca, Noruega, Israel, Itália, França, Países Baixos, Canadá
		P = 100	4	17%	Israel, Hong Kong, Itália, Canadá
Intensi- dade	Concen- tração limite de odor - ouE/m³ (Ct)	0,25 - 35 ouE/m³	23	96%	Jurisdições do Canadá, EUA e Austrália; Chile, Colômbia, Panamá, Reino Unido, Alemanha, Áustria, Lombardia (Itália), Puglia (Itália), Irlanda, Países Baixos, Israel, Taiwan, Hong Kong, Coreia do Sul, China, Japão, Hungria, jurisdições Belgas, Catalunha (Espanha), Dinamarca, França
Dura- ção	Tempo de média (T) e Razão pico- média (F)	Igual a 1h (F = 1)	11	46%	Austrália (Queensland), NZ, Dinamarca, Noruega, França, Irlanda, Países Baixos, Reino Unido, Espanha, Colômbia, Bélgica
		Diferente de 1h (1s, 5s, 1, 3, 4, 10 min) (F varia de 1,65 a 45)	8	33%	Austrália (NSW, South Australia, Victoria, Western Australia); Austria, Dinamarca, Israel, Hong Kong, Itália, Alemanha, Canadá
Ofensivi- dade	Ajuste de Ofensivi- dade	Tipos de atividades distintos possuem Ct ou P distintos;	6	25%	Países Baixos, Reino Unido, Espanha, Colômbia, Panamá, Bélgica
Locali- zação	Ajuste de Localiza- ção (uso do solo)	Ct varia de acordo com a densidade populacional do entorno	1	4%	Províncias de NSW e South Australia (Austrália)
		Tipos de uso de solo distintos possuem Ct ou P distintos de acordo com sensibilidade	10	42%	NZ, Áustria, Dinamarca, Noruega, Israel, Puglia(Itália), Países Baixos, Alemanha, Bélgica, Canadá
Diferenciação entre empreendimentos existentes e novos (critérios mais restritivos)			6	25%	Israel, Itália, França, Países Baixos, Bélgica, Canadá
Total			24		

Fonte: A autora (2022).

Brancher, Piringer e Grauer (2019) ressaltam que existem discrepâncias em relação ao critério adotado para a frequência entre os métodos de modelagem de dispersão (a maioria dos países europeus adota o P98) (BRANCHER et al, 2017) e

inspeções em campo pelo método do grid (EN 16841-1), no qual a mínima frequência para definição de uma “hora de odor” é de 10% (CEN, 2016a). Por isso, estas divergências devem ser levadas em conta ao se fazer a comparação entre os resultados.

Da mesma forma, na comparação entre resultados da olfatometria de campo (QUADRO 17) e modelagem, os critérios adotados de frequência e intensidade em ambos os métodos devem ser tão uniformes quanto possível, para produzir resultados coerentes. Sabendo que a relação entre a concentração de odor resultante destes métodos é $C_{\text{odor-modelagem}}[\text{ou}_E/\text{m}^3] = C_{\text{odor-campo}} \left[\frac{\text{D}}{\text{T}} \right] + 1$ (equação (7), MALHEIROS *et al.* (2017)), o odor de 7 D/T equivale a 8 ou_E/m^3 (PERAZZOLI *et al.*, 2018).

Em relação aos percentis, o autor Griffiths (2014) sugere o uso de critério multipercentil calibrado, que tem potencial de predizer com mais precisão a extensão do incômodo causado pelo odor do que critérios de percentil único, quando testados em uma ampla faixa de exposições. Outras vantagens citadas incluem avaliação de toda a faixa de impactos, desde crônicos a agudos; habilidade de predizer contribuições cumulativas de impacto de múltiplas fontes com diferentes perfis de emissão (intermitentes a constantes); e potencial de predição e análise melhorada de condições meteorológicas, períodos do dia e épocas do ano mais problemáticas para o impacto do odor (GRIFFITHS, 2014). Entretanto, o próprio autor aponta que mesmo este tipo de critério multipercentil pode ter limitações para levar em consideração o incômodo resultante das dimensões de frequência e intensidade do odor.

Portanto, considerando a realidade brasileira atual, na qual não há nenhum critério quantitativo de impacto de odor, considera-se que um critério de percentil único já será um grande avanço para o gerenciamento dos odores e minimização de impactos, sem exigir das partes interessadas o conhecimento técnico tão aprofundado quanto o necessário para aplicação de critério multipercentil.

O percentil 98 (probabilidade de excedência igual a 2%) provê uma proteção suficiente, enquanto possibilita uma “exceção” para situações pouco frequentes de condições meteorológicas desfavoráveis (que ocorrem menos de 2% do tempo, ou seja, menos de uma semana por ano). Desta forma, o critério de impacto de odor evita a exposição a odores de alta concentração durante longos períodos (alta frequência). Minimizar a frequência de exposição através do P98 traz proteção em relação aos efeitos crônicos da exposição comunitária ao odor. O uso de percentil 98, ao invés de

percentil mais alto como 99,5 (aplicado por exemplo na província de Queensland, Austrália) evita que fatores secundários, como a temperatura dos gases de exaustão das fontes emissoras, influenciem excessivamente nos resultados (BRANCHER; PIRINGER, GRAUER, 2019).

Deve-se ter em mente que ainda que este critério seja colocado em vigor, efeitos relacionados a exposições agudas ainda podem eventualmente ocorrer, mas devido à frequência de exposição ser baixa, efeitos negativos podem ocorrer apenas caso a concentração de odor do episódio seja relativamente mais elevada.

Em relação à questão de tempo de média na definição de Critérios de Impacto de Odor (CIO), relembra-se que a razão entre o valor de média de curto prazo (relevante para a percepção do odor) e a média de longo prazo (predita pelo modelo de dispersão), chamada de fator pico-média (*peak-to-mean* factor) é amplamente usada para descrever as flutuações. O tempo de resposta do senso olfativo humano a um estímulo é da ordem de segundos, caracterizando uma percepção não-linear e instantânea. Por este motivo, em estudos de avaliação de impacto de odor, as concentrações de pico são muito importantes (BRANCHER et al, 2020). Diversos fatores tem sido utilizados, resultando em tempos de média de 1 s 1h (BRANCHER et al, 2017).

As duas vertentes principais de CIO no que diz respeito ao tempo de média são, segundo o QUADRO 21 e Brancher *et al.* (2017):

- a) Critérios com base horária (nos quais a percepção de curto prazo é possivelmente incorporada de forma empírica) e portanto não é necessária a aplicação de fator pico-média, e cuja vantagem é a simplicidade de aplicação;
- b) Critérios que incorporam alguma consideração para refletir a biologia do nariz humano, ou seja, a exposição em curtos períodos de tempo (minutos ou segundos), que é a abordagem a mais recomendada (BRANCHER et al, 2017). Esta vertente possui várias variantes, desde o uso de um fator pico-média constante, até o cálculo de fatores variáveis no tempo e no espaço (GRIFFITHS, 2014; BRANCHER et al, 2020).

O estudo de Brancher *et al.* (2020) avaliou três abordagens selecionadas para prever concentrações sub-horárias de concentração de odor de pico, sendo elas: 1 – fator pico-média constante igual a 4; 2 – fator pico-média variável de acordo com a

estabilidade atmosférica e distância da fonte; e 3 – cálculo do fator pico-média variável levando em consideração a variância da concentração em cada ponto. A abordagem 1 é a mais simples, e a 3 é a mais complexa.

A conclusão foi que a precisão e adequação dos fatores pico-média é diretamente proporcional à complexidade da abordagem. A abordagem 3 (variância da concentração) teve o melhor resultado, com leve tendência a superestimar. A abordagem 1 (fator constante igual a 4) superestimou todas as observações, e a abordagem 2 subestimou os resultados (BRANCHER et al, 2020).

As abordagens 2 e 3 exigem um pré e/ou pós-processamento dos dados da modelagem de dispersão atmosférica (BRANCHER et al, 2020), procedimento um tanto complexo pois exige programação de rotinas de cálculo nos dados. Por este motivo, para o objetivo do presente trabalho, sugere-se a adoção de um fator pico-média constante, devido à praticidade de implementar e de verificar, e por ser uma abordagem conservadora, visto que possui a tendência de superestimar os resultados (BRANCHER et al, 2020), desde que se adote um fator suficiente.

Segundo Simms, Wilkinson e Bethan (2000) apud Vieira (2017), o tempo de média de 3 minutos é adequado para representar a capacidade de detecção de curto prazo do olfato humano, visto que o odor necessita ser detectável por tempo suficientemente longo para ser incômodo. Este intervalo de tempo também se mostra adequado para o método da olfatometria de campo (EASTER et al, 2009; MALHEIROS et al, 2018). Aplicando a equação (4) para o tempo de pico de 3 min, e expoente $n = 0,2$, obtêm-se um $F = 1,821$, mesmo já usado em outros estudos (QUADRO 20).

Portanto, considerando os argumentos já apresentados, os critérios de avaliação de odor para o método da modelagem de dispersão atmosférica sugeridos para aplicação no Brasil estão resumidos no QUADRO 22.

QUADRO 22 – CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE ODOR NO AR AMBIENTE (IMISSÃO) PARA MODELAGEM DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA, SUGERIDOS PARA APLICAÇÃO NO BRASIL.

Zona	Concentração de odor (ouE/m ³)	Perce-til	Tempo de média (F)	Forma de avaliação
Residencial / Comercial	<8	P98	3 min (F= 1,821)	Padrão deve ser avaliado no receptor sensível mais próximo. Modelo de dispersão e suas configurações devem ser aceitos pelo órgão ambiental (AERMOD ou CALPUFF), usando mínimo de 3 anos de dados meteorológicos horários e representativos. Para fontes existentes, taxa de emissão deve ser calculada com base em coleta de olfatométrica dinâmica (EN13725), ou na impossibilidade de usar este método (por exemplo, para fontes fugitivas), realizar modelagem reversa com dados de olfatométrica de campo, segundo orientações específicas do item 4.6.1 deste trabalho). Para fontes planejadas, realizar ODD em fontes similares e na impossibilidade, usar fatores de emissão adequados.
Agrícola, industrial ou outras não especificadas	<10			

Fonte: A autora (2022).

A sugestão do QUADRO 22 está alinhada com o princípio já aplicado aos limites de avaliação de ruído em comunidades, da NBR 10.151:2019, que são mais restritivos para usos do solo mais sensíveis, como áreas residenciais, e menos restritivos para usos menos sensíveis, como áreas industriais (ABNT, 2019).

4.6.3 Critérios de MTPD e Distâncias Mínimas de Núcleos Populacionais

Considerando as legislações nacionais estudadas (QUADRO 11), que mostram que cerca de 80% das normativas brasileiras fazem menção à abordagem de Padrão de Tecnologia de Controle, ou seja, exigem o controle de emissões odoríferas nas fontes emissoras ou o uso de MTPD (melhor tecnologia prática disponível), uma proposta de critério de avaliação de odor deve levar em conta este olhar para as fontes de emissão, e não apenas para o entorno. As principais atividades potencialmente emissoras de odor são as listadas no item 2.1.2 e QUADRO 2.

Sugere-se, portanto, que os critérios da legislação brasileira incluam obrigação (ou, minimamente, recomendação) da aplicação de MTPD para novas fontes de odor a serem implantadas, de forma a prevenir/mitigar elevadas emissões de odor para o entorno, e até mesmo evitar a necessidade de avaliações mais completas (estudos mais aprofundados como modelagem de dispersão, avaliação em campo, etc.).

Por sua vez, a recomendação de distâncias mínimas de separação, especialmente para atividades que causam emissões odoríferas fugitivas (por exemplo, criação de animais, aplicação de dejetos de animais ao solo (fertirrigação), aterros sanitários, compostagem, estações de tratamento de efluentes, entre outras fontes não conduzidas) é outro critério legal eficaz para prevenir incômodos e contribuir para o ordenamento do uso do solo.

Desta forma, sugere-se que seja requerida a manutenção de distâncias mínimas de separação de 500m entre novas atividades com emissão fugitiva de odor e núcleos populacionais de mais de uma residência (existentes ou planejados), seguindo a recomendação da TA Luft, regulamentação alemã (GMBI, 2002). Este valor de 500m é corroborado pelo estudo de Brancher, Piringer e Grauer (2019), que estudou as distâncias de separação requeridas para atender aos CIO de três jurisdições (Alemanha, Irlanda e Queensland – Austrália) em duas áreas de estudos e diferentes taxas de emissão. A distância de 500m atendeu aos critérios em praticamente todas as taxas de emissão estudadas e direções do vento.

Distâncias menores podem ser admitidas, desde que sejam atendidas as seguintes condições, simultaneamente: implantação de sistemas de controle ou tratamento específicos para odor; realização de estudos de dispersão atmosférica que

comproven o atendimento aos critérios de avaliação de impacto do odor do QUADRO 22 antes da implantação do empreendimento, devidamente aprovados pelo órgão licenciador; e que durante a operação do empreendimento, sejam realizadas campanhas de monitoramento com olfatometria de campo, que confirmem o atendimento ao nível desejado do QUADRO 17.

As abordagens legais baseadas no Direito Comum, ou seja, no julgamento de ações civis públicas referentes ao odor, fornecem apenas um último recurso para que as comunidades afetadas recuperem o bem-estar, mas não previnem a ocorrência a de incômodos olfativos (VIEIRA, 2017). Por sua vez, os critérios de MTPD e de distâncias mínimas para novas fontes de emissão de odor aqui citados contribuem para prevenção e minimização dos impactos relacionados ao odor.

4.7 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO

Este item inclui o desenvolvimento de protocolo em forma de fluxograma, indicando as etapas a serem seguidas, as principais opções para monitoramento, avaliação e controle do odor, de forma orientativa e com objetivo de dar apoio ao licenciamento, com respaldo de critérios técnicos.

As três razões primárias para avaliar os efeitos do odor estão mostradas na FIGURA 18 (MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016). Portanto, o fluxograma desenvolvido aborda, minimamente, estas três situações.

- Empreendimentos novos ou em modificações/expansões de empreendimentos existentes:
 - Processo de licenciamento prévio ou de instalação para atividades potencialmente poluidoras (QUADRO 2);
- Empreendimentos existentes:
 - Monitoramento para verificar atendimento à condicionantes de licenças;
 - Investigação de reclamações.

FIGURA 18 – MOTIVOS PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE ODOR EM EMPREENDIMENTOS NOVOS, MODIFICAÇÃO E AMPLIAÇÃO E EMPREENDIMENTOS EXISTENTES.



Fonte: A autora (2022).

Brancher *et al.* (2017) concorda com trabalhos prévios de revisão regulamentar (RWDI AIR INC, 2005; DEFRA, 2010; BULL *et al.*, 2014) que elementos relevantes de quadros regulamentares de avaliação são:

1. Avaliação de impacto de novos empreendimentos ou expansões: ferramentas preditivas como modelagem de dispersão e comparação com CIO, e distâncias de separação fixas ou variáveis estão entre as poucas ferramentas disponíveis;
2. Avaliação de impacto de empreendimentos existentes: dados observacionais e empíricos indicam se há um problema de odor; por exemplo, análise de queixas, pesquisas com a comunidade e estudos de campo como inspeções ou olfatométria de campo;
3. Mitigação e planos de controle: as ferramentas para apoiar a indústria a fim de minimizar e gerenciar os riscos de impacto de odor uma vez que as atividades entrem em operação: uso da Melhor Tecnologia Prática Disponível (MTPD) para tratamento e controle das emissões; limites de emissão de odor e planos de gerenciamento de odor robustos e proativos, que incluam ações para tratamento e/ou eliminação do odor.

Cabe esclarecer que as ferramentas da categoria 1 não são as mais adequadas para a categoria 2, e as ferramentas da categoria 2 não estão disponíveis

para uso em novos empreendimentos, e possuem um propósito distinto. Portanto, o uso de múltiplas ferramentas é um indicador de um quadro regulamentar maduro e efetivo (BRANCHER et al, 2017).

O QUADRO 23 resume os critérios legais para avaliação do odor ambiental desenvolvidos nesta pesquisa, reunindo três abordagens e detalhando quais tipos de fontes (novas ou existentes), as metodologias aplicadas, os critérios propostos e a forma de avaliação para cada critério. Nele são incluídos os critérios detalhados no QUADRO 17, QUADRO 19, QUADRO 22 e item 4.6.3.

QUADRO 23 – RESUMO DOS CRITÉRIOS LEGAIS PARA AVALIAÇÃO DO ODOR AMBIENTAL DESENVOLVIDOS PARA APLICAÇÃO NO BRASIL.

Abordagem	Tipo de fonte	Metodologia	Critério proposto	Forma de avaliação
PMIm - Padrão de Máximo Impacto	Novas e existentes	Modelagem de dispersão	QUADRO 22 ($C < 8 \text{ ouE/m}^3$ (residencial/comercial) ou $< 10 \text{ ouE/m}^3$ (outras áreas); P98, F=1,821)	QUADRO 22
		Olfatometria de campo	QUADRO 17 ($< 7 \text{ D/T}$)	QUADRO 19 (diagnósticos ou monitoramento de rotina)
PTC - Padrão de Tecnologia de Controle	Novas e existentes	Não aplicável	Exigência do uso de boas práticas operacionais para prevenção e/ou minimização da emissão do odor	Fontes novas: plano de operacional informando quais as boas práticas a serem aplicadas; Fontes Existentes: Relatórios fotográficos periódicos demonstrando evidências de boas práticas, apresentados ao órgão ambiental como parte das condicionantes da licença.
	Novas	Não aplicável	Exigência de uso de MTPD para todas as novas fontes de odor a serem implantadas	Estudos e projetos a serem apresentados pelo empreendedor no licenciamento prévio/installação
PDMS - Padrão de Distância Mínima de separação	Novas	Não aplicável	500m entre novas atividades com emissões fugitivas e núcleos residenciais existentes ou planejados. Distâncias menores podem ser admitidas, desde que comprovados sistemas de controle, e atendimento aos critérios do QUADRO 22 (modelagem de dispersão) e QUADRO 17 (olfatometria de campo).	

Fonte: A autora (2022).

A população a ser protegida de incômodo relativo ao odor por meio dos critérios do QUADRO 23 são indivíduos com sensibilidade normal. Indivíduos com alta

sensibilidade ao odor ou grupos de maior sensibilidade (crianças, idosos, pessoas com problemas respiratórios, etc) podem ainda assim ser incomodados. Estes grupos devem evitar a exposição ao odor em episódios de maior concentração, assim como é orientado para outros poluentes “clássicos”, por meio do Índice de Qualidade do Ar (IQA_r) e diretrizes correspondentes (se a qualidade do ar estiver acima da classe N2 – MODERADA, grupos sensíveis devem evitar exposição ao ar livre (BRASIL, 2020).

O desafio para órgãos reguladores é prover proteção para a comunidade contra odores incômodos, sem trazer desvantagens injustas para atividades emissoras de odor que em geral são necessárias para manutenção econômica da própria comunidade. Para atingir este objetivo equilibrado, é necessário o uso de uma gama de estratégias e abordagens, a depender de se a atividade é nova ou existente, bem como da complexidade de suas fontes (DE MELO LISBOA, SIVRET, STUETZ, 2014). Buscando superar este desafio, este trabalho propõe o protocolo a seguir para avaliação do odor em diferentes casos.

Com base na discussão já apresentada neste capítulo de resultados e nos fluxogramas de avaliação de impacto sugeridos por Vieira (2013; 2017), bem como considerando os critérios do QUADRO 23, foram elaborados quatro fluxogramas para compor o protocolo de avaliação proposto neste trabalho, apresentados a seguir.

As fontes para as quais este protocolo se aplica são as citadas no QUADRO 2 do item 2.1.2 deste trabalho. O porte destes empreendimentos deve ser enquadrado como maior que pequeno, segundo a legislação de licenciamento ambiental vigente na unidade da federação (estado) em que a fonte se encontra. Desta forma, empreendimentos de pequeno porte são, a princípio, isentos da aplicação deste protocolo, o que permite direcionar os esforços do órgão ambiental para empreendimentos com maior potencial de impacto, ou seja, aqueles de porte médio, grande ou excepcional. Isso não exclui a possibilidade de o órgão ambiental aplicar o protocolo para fontes de porte pequeno específicas, caso se mostrem relevantes do ponto de vista de impacto ao entorno, conforme avaliação do órgão ambiental.

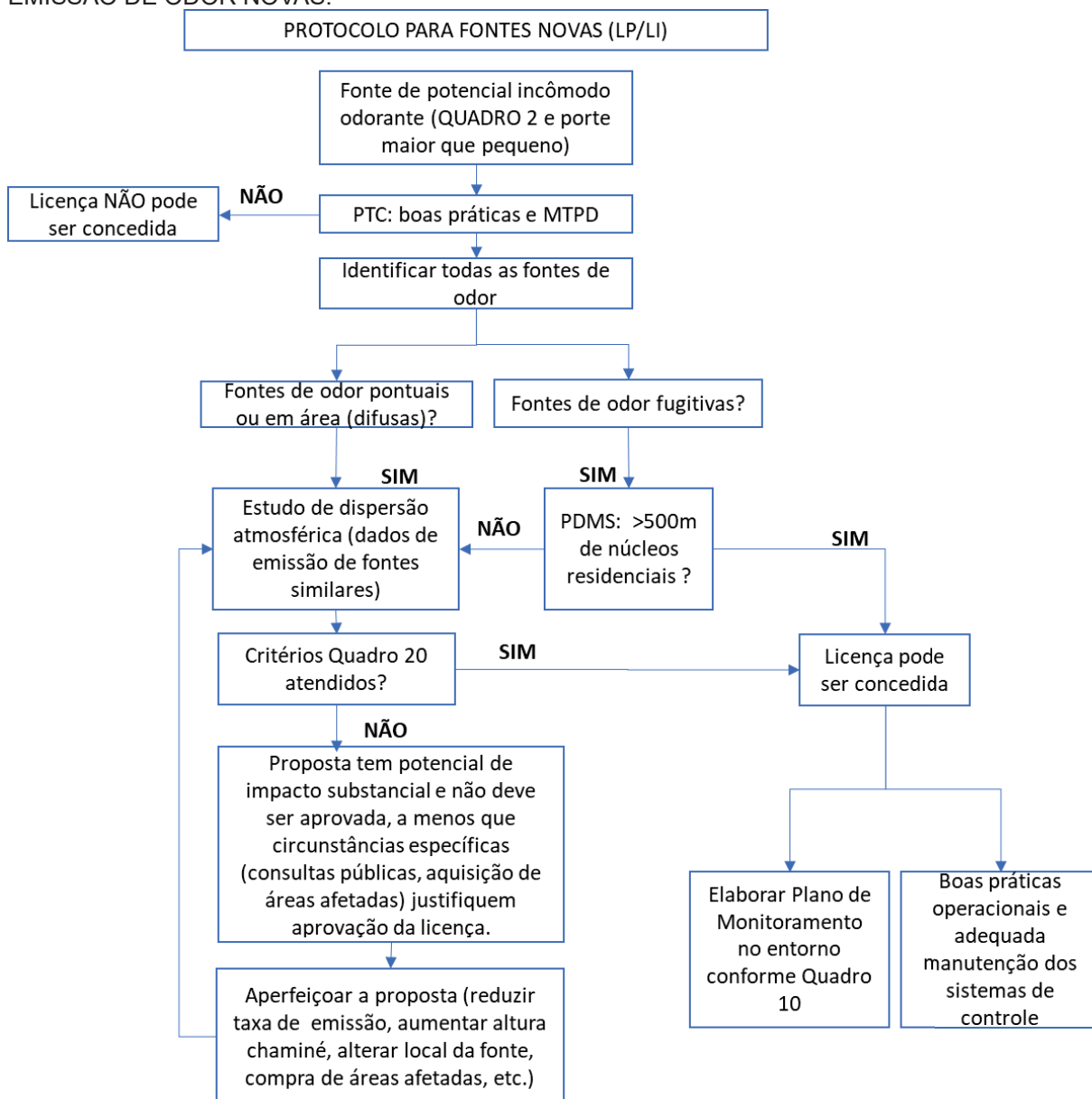
A FIGURA 19 apresenta o fluxograma de avaliação sugerido para licenciamento de novas fontes com potencial de emissão de odor, nas etapas de emissão de Licença Prévia (LP) e/ou Licença de Instalação (LI). Nota-se que o primeiro critério a ser aplicado é o PTC, ou seja, as boas práticas operacionais e o uso de MTPD (Melhor Tecnologia Prática Disponível), o que visa a prevenção e

minimização do risco de geração de odor diretamente na etapa de planejamento do empreendimento. Sem a implantação de boas práticas e da MTPD, a licença não pode ser concedida.

O próximo passo é a identificação das fontes de odor e classificação em pontuais ou difusas (que devem ser avaliadas por modelagem de dispersão) ou fugitivas, para as quais deve-se ainda aplicar o critério de distância mínima de núcleos populacionais existentes ou planejados (> 500m). Caso esta distância não seja atendida, a licença apenas pode ser concedida se for realizada modelagem de dispersão e os critérios de impacto de odor (CIO -QUADRO 21) sejam atendidos. Se os critérios forem superados, deve-se voltar à etapa de planejamento e fazer ajustes no projeto até obter o atendimento aos critérios.

A licença pode ser concedida quando os critérios forem atendidos. Na sequência, deve ser elaborado um plano de monitoramento de odor seguindo critérios do Quadro 10 para monitoramento de rotina, bem como devem ser implantadas as boas práticas operacionais e a manutenção adequada dos sistemas de controle, para garantir a prevenção ao impacto no longo prazo.

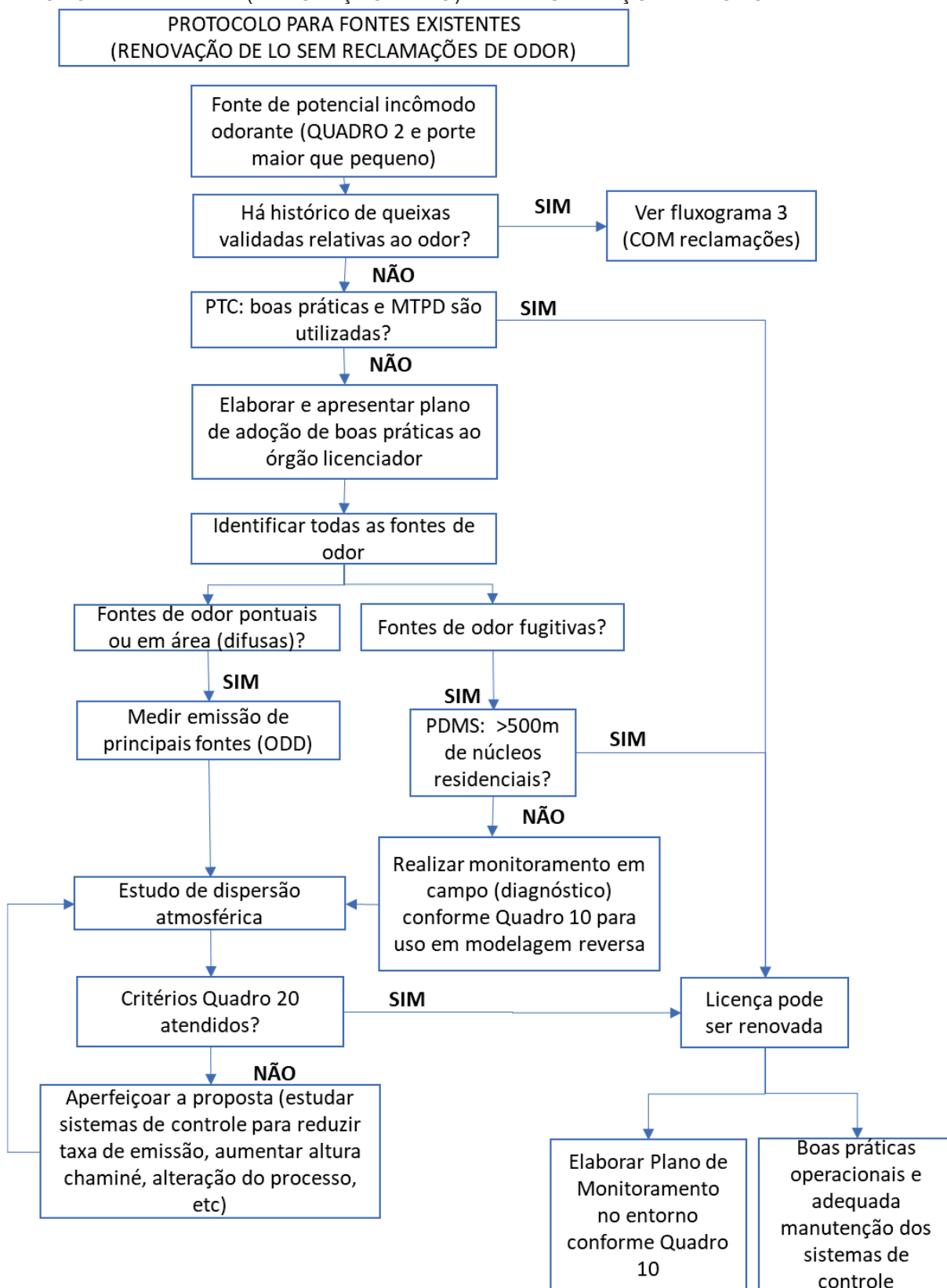
FIGURA 19 – FLUXOGRAMA DE AVALIAÇÃO PARA LICENCIAMENTO (LP/LI) DE FONTES DE EMISSÃO DE ODORES NOVAS.



Fonte: A autora (2022).

A FIGURA 20 apresenta o fluxograma para renovação de Licença de Operação (LO) de fontes existentes, quando não há registro anterior de queixas de odor. Inicialmente, verifica-se se as boas práticas operacionais estão sendo utilizadas, e se as MTPD para controle de odor são empregadas. Em caso positivo, considerando a ausência de reclamações, a licença pode ser renovada sem estudos adicionais. Do contrário, é necessário apresentar um plano de adoção de boas práticas, além de fazer a identificação de todas as fontes de odor existentes. Se fugitivas, verificar a distância mínima; se pontuais ou difusas, realizar a medição da emissão com ODD e modelagem de dispersão para verificação dos critérios do QUADRO 21.

FIGURA 20 – FLUXOGRAMA DE AVALIAÇÃO PARA LICENCIAMENTO DE FONTES DE EMISSÃO DE ODOR EXISTENTES (RENOVAÇÃO DE LO SEM RECLAMAÇÕES DE ODOR).



A FIGURA 21 mostra o fluxograma para casos de renovação de LO quando há histórico de reclamações de odor. A diferença deste fluxograma em relação ao da FIGURA 20 é a inclusão do monitoramento em campo (olfatometria de campo no entorno) para diagnóstico e verificação do atendimento ao critério de < 7 D/T (QUADRO 17). Este monitoramento pode ser necessário também para verificar casos em que a origem do odor que causa a reclamação não é o empreendimento sob avaliação, principalmente caso o mesmo tenha apenas fontes fugitivas e atenda ao critério de distância mínima de núcleos populacionais. Os dados da olfatometria de campo podem ser usados também para embasar a modelagem reversa de dispersão, no caso de fontes fugitivas que não podem ser adequadamente avaliadas pela ODD.

A licença pode ser renovada caso se confirme que a causa das queixas é externa ao empreendimento, ou caso os critérios de avaliação sejam atendidos. Mesmo após emissão da licença, as ações de gestão e monitoramento devem continuar, com a execução do plano de monitoramento de odor no entorno e coleta de evidências da aplicação de boas práticas operacionais e adequada manutenção dos sistemas de controle de odor.

Por fim, a FIGURA 22 apresenta o fluxograma a ser seguido pelo órgão ambiental para validação de queixas (ou seja, investigação de reclamações de odor). devem ser coletados os dados sobre o episódio de odor e registrados em um banco de dados, para que possa ser consultado futuramente. Caso já tenha havido queixas anteriormente validadas pelo órgão ambiental devido ao mesmo empreendimento gerador de odor, o fiscal do órgão ambiental comunica a equipe do empreendimento para que façam a verificação da queixa, poupando assim tempo da equipe do órgão ambiental, que fica responsável apenas pela primeira validação de queixa de cada empreendimento.

Neste caso, o fiscal treinado faz a visita ao local da queixa o mais breve possível após a queixa, equipado com olfatômetro de campo e estação meteorológica portátil, e permanece por uma hora no local fazendo medições a cada 10 minutos. Em seguida, verifica se o critério do QUADRO 17 é superado. Se não, o procedimento de investigação se encerra e o registro da inspeção é arquivado. Caso contrário, a queixa é validada e a fonte de provável origem do odor deve ser visitada pelo fiscal, de preferência imediatamente após a validação da queixa, informando aos responsáveis, que devem apresentar uma justificativa e plano de ação em até 20 dias.

FIGURA 21 – FLUXOGRAMA DE AVALIAÇÃO PARA LICENCIAMENTO DE FONTES DE EMISSÃO DE ODOR EXISTENTES (RENOVAÇÃO DE LO) COM RECLAMAÇÕES DE ODOR.

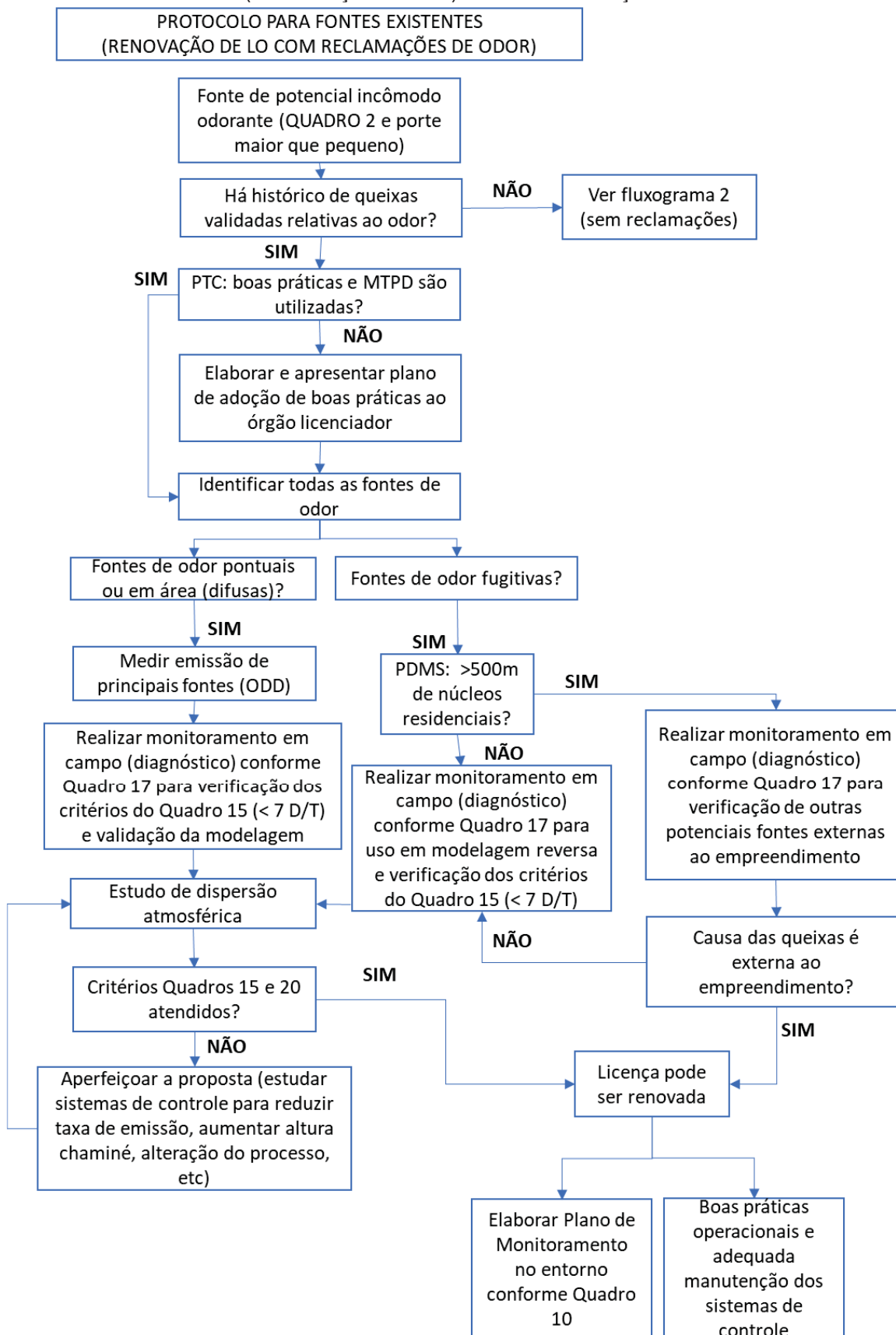
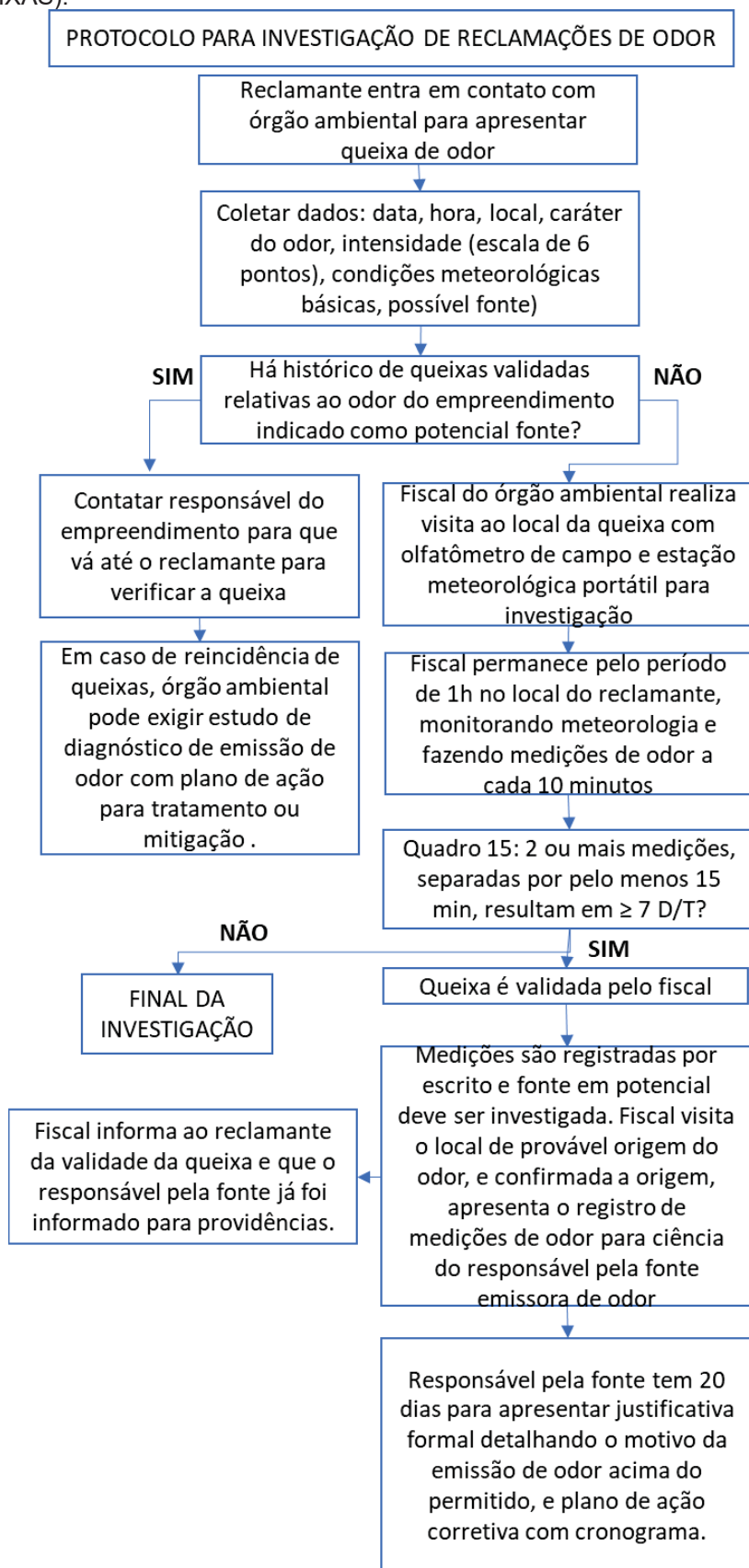


FIGURA 22 – FLUXOGRAMA PARA INVESTIGAÇÃO DE RECLAMAÇÕES DE ODOR (VALIDAÇÃO DE QUEIXAS).



Fonte: A autora (2022).

Os fluxogramas apresentados compõem um protocolo sólido para incentivar a formalização e padronização da avaliação e gestão de odores no Brasil.

Em casos de empreendimento com múltiplas fontes, quando reclamações de odor forem confirmadas e os critérios do QUADRO 17 e QUADRO 22 não forem atendidos, com base na experiência da autora e trabalhos como MALHEIROS *et al.* (2014), TELLES (2018) SCHRAIER *et al.* (2019), recomenda-se a realização de estudos aprofundados de diagnóstico de odor por equipes especializadas, às custas do empreendedor, contemplando minimamente os seguintes passos orientativos:

1. Estudar o fluxograma do processo produtivo, com atenção a pontos de alta temperatura, aplicação de vapor direto sobre produtos com características odorantes, etapas não contínuas (bateladas), etapas com alta vazão;
2. Realização de visita técnica durante período normal de operação, na qual se deve avaliar qualitativamente todas as etapas, fazer registro fotográfico, identificar quais etapas possuem controle (tratamento) de emissão já implantado, verificar se sucção ou coleta de gases para sistema de controle é efetiva, buscar identificar falhas de processo;
3. Atribuir um ranking ordenando as etapas/fontes de acordo com a prioridade para ações de controle, baseado nos dados coletados na visita;
4. Realizar amostragem das emissões das fontes de maior prioridade para dar apoio à tomada de decisão quanto ao controle (tratamento) a ser aplicado (DEC, 2006);
5. Dar orientações quanto a boas práticas operacionais para prevenção da emissão de odores, bem como sugestões de melhoria nos controles existentes (se necessário), e em caso de ausência de sistemas de controle, propor estudos técnicos para sua implantação, com cronograma. As soluções de controle de odor necessariamente exigem uma avaliação caso-a-caso.

Quanto ao acompanhamento de reclamações, o Guia de Boas Práticas de Avaliação e Gestão de Odor da Nova Zelândia (MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016), no apêndice 3, apresenta um exemplo de formulário para registro e verificação em campo de reclamações, que pode servir para uso de fiscais de órgãos ambientais ou mesmo de consultores ou de equipes dos próprios empreendimentos responsáveis por fontes emissoras de odor.

Cabe mencionar que o protocolo proposto, assim como outras ferramentas utilizadas internacionalmente, visa regular odores para assegurar que impactos de

odores ofensivos serão adequadamente gerenciados, mas não visa alcançar “odor zero” (DE MELO LISBOA, SIVRET, STUETZ, 2014).

É importante reiterar que a solução do odor depende de múltiplos fatores, e não há uma solução única capaz de resolver todos os casos. A solução deve ser estudada caso a caso, e na maioria dos casos será necessário um alto nível de input de engenharia especializada (ou seja, consultoria externa) para desenvolver a solução mais adequada (MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016).

5 CONCLUSÕES

O impacto de um odor resulta de uma combinação de fatores, conhecidos pela sigla FIDOL: F - Frequência; I - Intensidade (concentração); D - Duração de cada episódio de odor; O – Ofensividade; e L – Localização. Estes fatores podem ser quantificados e sujeitos à diretrizes regulatórias. Portanto, o objetivo geral deste trabalho é propor uma estratégia de avaliação de impacto de odor para o Brasil, incluindo critérios quantitativos e um protocolo de avaliação.

Para atingir tal objetivo, foi realizado um levantamento e análise de metodologias técnicas de monitoramento e avaliação de impacto de odor, incluindo Olfatometria de Diluição Dinâmica (ODD), Olfatometria de Campo (OC), Modelagem de Dispersão atmosférica (MD), inspeções de campo segundo normas EN 18641-1 e 2 (métodos da grade e da pluma). Cada método foi discutido em detalhes em relação a sua aplicabilidade e limitações.

Foi realizada a análise da legislação internacional relativa ao odor ambiente, usando principalmente os trabalhos de revisão de BRANCHER *et al.* (2017) e BOKOWA *et al.* (2020). Verificou-se que a abordagem regulatória mais adotada no universo dos 28 países pesquisados (85%) é o PMIm – Padrão de Máximo Impacto, utilizando um Critério de Impacto de Odor (CIO) composto por um valor de concentração de odor (Ct – ligado à Intensidade do FIDOL), um valor de percentil (P, ligado à Frequência) e um valor de fator pico-média (F, relacionado com a duração do episódio de odor), e que este CIO é avaliado usando modelagem de dispersão atmosférica do odor.

A pesquisa incluiu o levantamento e avaliação da legislação brasileira pertinente, categorizando-a pela abordagem regulatória: Padrão de Máximo Impacto (PMIm), Padrão de Distâncias Mínimas de Separação (PDMS), Padrão de Máxima Emissão (PME), Padrão de Máximo Incômodo (PMIn) e Padrão de Tecnologia de Controle (PTC), e listagem de seus pontos positivos e negativos. Verificou-se que os PTC estão presentes em 79% das legislações estudadas, seguidos do PME (57%) e do PMIm (43%).

Foi realizado também o levantamento e sistematização de trabalhos técnicos de avaliação do impacto de odores realizados no Brasil, comparando os métodos aplicados, plano de monitoramento, tempo, recursos humanos e outros necessários,

e os critérios de avaliação utilizados. Quinze trabalhos foram avaliados, incluindo um ou mais dos seguintes métodos: analíticos, olfatometria estática (OE), olfatometria dinâmica (ODD), olfatometria de campo (OC), modelagem de dispersão de odor (MD), inspeção em campo e questionários. Os métodos mais frequentes foram a ODD, a MD e a OC, presentes em 53%, 40% e 40% dos trabalhos, respectivamente.

A OC se destaca por ser de custo relativamente baixo, versátil, ágil e por não ter a limitação da ODD de 30h entre amostragem e análise, o que é uma limitação importante considerando que no Brasil atualmente há apenas um laboratório que realiza análises de ODD. Esta ferramenta pode ser usada como apoio na gestão das atividades odoríferas, por meio do monitoramento de rotina; pode ser usada também pelos órgãos ambientais para fiscalização e verificação de queixas da comunidade; além de ser passível de uso por consultores na realização de estudos de avaliação de impacto visando verificar o atendimento aos critérios propostos neste trabalho.

Esta pesquisa sugere uma estratégia multi-ferramenta para estudos de avaliação de odor constituída de três categorias, adaptadas de Bull *et al.* (2014); Vieira (2017); e Brancher *et al.* (2017): 1) Preditiva: Modelagem de dispersão atmosférica; 2) Observacional/Empírica: monitoramento de odor no ambiente; 3) Mitigação e controle: minimização e controle de riscos do impacto de odor; uso de MTPD, planos de gestão e boas práticas operacionais; medidas proativas nas fontes.

Os principais critérios de avaliação de impacto propostos se baseiam na abordagem de Padrão de Máximo Impacto (PMIm), compatíveis com as metodologias OC, ODD e MD, sendo esta a abordagem mais usada nos estudos já realizados no país. Para OC durante verificação de reclamações, o critério é que a concentração de odor se mantenha abaixo de 7 D/T no receptor sensível, em pelo menos duas medições separadas por pelo menos 15 minutos tomadas dentro do intervalo de 1h, e feitas por inspetores treinados (QUADRO 17). Foram desenvolvidas também diretrizes mínimas para um plano de monitoramento adequado com a OC, detalhadas no QUADRO 18, tanto para estudos mais aprofundados (diagnósticos), bem como para monitoramento de rotina.

Para a avaliação com modelagem de dispersão atmosférica, os critérios desenvolvidos e sua forma de avaliação são no QUADRO 22: $Ct < 8 \text{ ouE/m}^3$ (áreas de uso residencial/comercial) ou $< 10 \text{ ouE/m}^3$ (outras áreas); P98, e $F=1,821$. A proposta se embasou nos critérios internacionais pesquisados e considerou que a gestão de

odores no Brasil ainda está iniciando, portanto, os critérios devem ser equilibrados para prover minimização do incômodo para a comunidade, e simultaneamente serem viáveis de ser alcançado pelos empreendimentos.

Os critérios são distintos para dois tipos de área (zona): residencial/comercial, com maior densidade populacional e onde há mais risco de ocorrência de incômodos; e agrícola, industrial e outras não especificadas, cujo uso é menos sensível e em geral possuem menor densidade demográfica, portanto onde podem ser aceitos limites um pouco menos restritivos. Os critérios devem ser atendidos no receptor sensível mais próximo à fonte emissora.

Além disso, nesta fase inicial, apenas odores ofensivos (com valores negativos na escala de ofensividade) necessitam ser regulados, tendo em vista que odores agradáveis dificilmente suscitam reclamações relativas a incômodo, a não ser que sejam muito frequentes ou intensos, porém o percentil e concentração utilizados já protegem neste sentido.

Este trabalho incluiu também um critério de distância mínima de separação (PDMS) de núcleos populacionais existentes ou planejados para fontes fugitivas de odor, igual a 500m, baseado na legislação alemã TA Luft (GMBI, 2002), visto que para este tipo de fonte de difícil avaliação, a manutenção de distâncias adequadas ainda é o método mais seguro para prevenir impactos. Foi incluído também o critério de tecnologia de controle (PTC), de que devem ser usadas as melhores tecnologia práticas disponíveis (MTPD) nos novos empreendimentos com potencial de emissão odorífera relevante (atividades listadas no QUADRO 2 e de porte maior do que pequeno, segundo a legislação específica de licenciamento ambiental de cada unidade da federação).

No item 4.7 foi apresentado o protocolo de avaliação desenvolvido, composto por quatro fluxogramas que visa o esclarecimento das partes interessadas (órgãos fiscalizadores, responsáveis por atividades emissoras de odor, consultores e sociedade) quanto ao passo a passo para avaliação do odor para diferentes casos (empreendimentos novos ou existentes, com ou sem histórico de reclamações ligadas ao odor), com base nos critérios claros e objetivos.

Não obstante o fato de o odor ser um tipo de poluente com múltiplas facetas a serem avaliadas, considera-se factível a implantação de uma regulamentação legal clara e eficiente no Brasil, com base em critérios de impacto bem definidos e em um

protocolo delineado e compreensível, em uma abordagem preventiva, incluindo as boas práticas operacionais e uso de sistemas de controle com MTPD. O bom uso desta regulamentação também requer a divulgação do conhecimento sobre os diferentes métodos de avaliação possíveis para contemplar os fatores FIDOL.

Espera-se que a adoção de critérios quantitativos claros para a avaliação do impacto relacionado ao odor, e de métodos bem definidos, possibilite prevenir e solucionar conflitos e contribuir para uma convivência harmoniosa.

6 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que, além da adoção dos critérios de avaliação desenvolvidos neste trabalho, seja elaborado um Guia Técnico de Avaliação de Odor Ambiental para o Brasil, a exemplo dos Guias internacionais: *Guidance on the assessment of odour for planning* (BULL et al, 2014), publicado no Reino Unido pela *Institute of Air Quality Management* (IAQM); *Good Practice Guide for Assessing and Managing Odour*, da Nova Zelândia (MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016); *Guidance for field odour surveillance, publication 1881* (EPA VICTORIA, 2021a); e *Guidance for assessing odour, Familiarisation draft of publication 1883* (EPA VICTORIA, 2021b).

Uma sugestão de conteúdo para este guia técnico é o capítulo de resultados e discussões desta dissertação, incluindo o resumo da revisão técnica e legal, a comparação de métodos; os critérios de avaliação do impacto, e o protocolo para avaliação.

Um modelo de Guia Técnico é o que foi desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente em atendimento ao artigo 8º da Resolução CONAMA 491/2018 – o “Guia técnico para o monitoramento e avaliação da qualidade do ar” (BRASIL, 2020). Ele aborda quais são os padrões quantitativos para cada poluente regulamentado, bem como as metodologias de referência a serem utilizadas para avaliação destes poluentes. Desta forma, visa padronizar os procedimentos em todo o território nacional e propiciar a uniformidade e qualidade dos dados gerados, contribuindo para uma adequada gestão da qualidade do ar (BRASIL, 2020).

Outro modelo de “guia técnico” é o aprovado pela Decisão de Diretoria nº 217/2014/I, de 06/08/2014. Esta norma legal aprova o Manual para Elaboração de Estudos para o Licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental, uma espécie de Guia Técnico para definir critérios claros para licenciamento de várias tipologias de empreendimentos (CETESB, 2014). O Anexo I deste Manual traz Instruções para Estimativa e Modelagem de Emissões Atmosféricas em Estudos de Dispersão Atmosférica (EDA), especificando detalhes sobre o cálculo das emissões atmosféricas e parametrização a ser aplicada no *software* de modelagem, padronizando o procedimento. Estas instruções podem ser adaptadas para a abordagem específica de modelagem de dispersão de odores. A principal adaptação necessária é a inclusão do percentil 98 e do fator pico-média aqui sugerido.

O Guia a ser desenvolvido deve deixar claro os requisitos padronizados para os relatórios a serem gerados nas avaliações para assegurar que as mesmas sejam eficientes e completas (EPA VICTORIA, 2021b). Ainda que algumas avaliações tenham requisitos específicos e o escopo do relatório acompanhe o escopo, tamanho e complexidade da avaliação, os relatórios devem observar um conteúdo mínimo que deve constar no Guia.

Quanto ao protocolo de avaliação apresentado no item 4.7 (FIGURA 19 a FIGURA 22), este pode futuramente ser melhorado, e podem ser desenvolvidas ferramentas mais robustas, a exemplo da usada pela província australiana de Victoria que apresenta três níveis de detalhamento, em graus de complexidade crescente de acordo com a necessidade de precisão e sensibilidade do caso: Nível 1 (simplificado, resultado conservador, para atividades de baixo risco de impacto); nível 2 e 3 mais detalhados e mais complexos, porém mais precisos, a serem usados caso os critérios dos níveis mais simples não sejam atendidos (EPA VICTORIA, 2021b).

Considerando que o protocolo proposto neste trabalho privilegia uma abordagem preventiva e incentiva a adoção de boas práticas operacionais tanto para empreendimentos existentes como novos, recomenda-se que sejam desenvolvidos manuais de boas práticas para as principais atividades com potencial relevante de geração de odor, a exemplo dos que existem na União Europeia, como por exemplo a publicação TA Luft, que dá orientações de implantação e operação (GMBI, 2002; GMBI, 2021).

Finalmente, deve-se destacar que existem diferentes tecnologias de tratamento de odor, cada qual com suas vantagens e desvantagens. Recomenda-se que futuros trabalhos abordem a questão de sistemas e tecnologias de tratamento de odor e suas aplicabilidades e limitações, pontos positivos e negativos e estimativa de custos de implantação e manutenção de cada abordagem de tratamento, para orientação das partes interessadas na seleção do tipo de sistema mais adequado para cada aplicação.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151: Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral**. Versão corrigida 2020. Rio de Janeiro, Março de 2019.

AFNOR - ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. **NF X 43-103: Qualité de l'air – Mesurage de l'odeur d'une atmosphère gazeuse – Méthode supraliminaire**. La Défense: AFNOR, 1993.

ALBERTA ENVIRONMENT. **Assessment Report on Ammonia for Developing Ambient Air Quality Objectives – Vol. I**. Canadá, 2004b. Disponível em: <<https://open.alberta.ca/dataset/ffb494bb-5cbf-44d7-b26a-145a649dc9e2/resource/d8d0f867-ac79-4e6b-8fef-01b3039b2341/download/2004-assessmentreport-voli-ammonia-jan2004.pdf>>. Acesso em 19 set. 2021.

ALBERTA ENVIRONMENT. **Assessment Report on Reduced Sulphur Compounds for Developing Ambient Air Quality Objectives**. Canadá, 2004. Disponível em: <<https://open.alberta.ca/dataset/0778532062/resource/65ca4374-3a7a-49b3-8c2c-a5059f49d4a1>>. Acesso em 19 set. 2021.

APEAM - ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE ENGENHEIROS AMBIENTAIS. **Ofício APEAM 036/2020**. Ao INSTITUTO ÁGUA E TERRA - IAT. Ref.: Contribuições para a revisão da Resolução SEMA 016/2014. 17 nov. 2020.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E1432-19: Standar Practice for Defining na Calculating Individual and Group Sensory Thresholds from Forced-choice data sets of intermediate Size**. West Conshohocken: ASTM, 2019b.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E544-10: Standard Practices for Referencing Suprathreshold Odor Intensity**. West Conshohocken: ASTM, 2010.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E679-19: Determination of Odor and Taste Thresholds By a ForcedChoice Ascending Concentration Series Method of Limits**. West Conshohocken: ASTM, 2019a.

BAHIA. **Decreto nº 14.024, de 06 de junho de 2012**. Aprova o Regulamento da Lei nº 10.431, de 20 de dezembro de 2006, que instituiu a Política de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade do Estado da Bahia, e da Lei nº 11.612, de 08 de outubro de 2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o

Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=242454>>. Acesso em 21 nov. 2021.

BAHIA. **Lei nº 10.431, de 20 de dezembro de 2006**. Institui a Política de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade do Estado da Bahia. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=121083>>. Acesso em 21 nov. 2021.

BAHIA. **Lei nº 11.612, de 08 de outubro de 2009**. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <>. Acesso em 21 nov. 2021.

BAKHTARI, A. **OD204 Course: Odour Analysis using Field olfactometry, v 1.0**. Scentroid Odour Academy. IDES Canada Inc. 2018.

BARCLAY J., DIAZ C., GALVIN G., BELLASIO R., TINARELLI G., DÍAZ-ROBLES L.A., SCHAUBERGER G., CAPELLI L. New International Handbook on the Assessment of Odour Exposure Using Dispersion Modelling. **Chemical Engineering Transactions**, v. 85, p. 175-180, 2021. DOI:10.3303/CET2185030. Disponível em: <<https://www.aidic.it/cet/21/85/030.pdf>>. Acesso em 14 ago. 2022.

BAX, C.; SIRONI, S.; CAPELLI, L. How Can Odors Be Measured? An Overview of Methods and Their Applications. **Atmosphere**, v. 11, p.92, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos11010092> Acesso em 09 out. 2022.

BELLI FILHO, P., SILVA, G., SANTO, C., LISBOA, H., CARMO JUNIOR, G. Avaliação de impactos de odores em bacias hidrográficas com produções de suínos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, V.12, n. 3, p. 252-258, jul/set 2007. Disponível em: <10.1590/S1413-41522007000300004>. Acesso em 28 fev. 2022.

BEYCHOK, M.R. **Fundamentals of Stack Gas Dispersion**. Irvine: 2001.

BOKOWA, A. Ambient odour assessment similarities and differences between different techniques, **Chemical Engineering Transactions**, v. 30, p. 313-318, 2012. Disponível em: <<https://www.aidic.it/cet/12/30/053.pdf>>. Acesso em 24 out. 2021. DOI: 10.3303/CET1230053

BOKOWA, A.; DIAZ, C.; KOZIEL, J.A.; MCGINLEY, M.; BARCLAY, J.; SCHAUBERGER, G.; GUILLOT, J.-M.; SNEATH, R.; CAPELLI, L.; ZORICH, V; *et al*. Summary and Overview of the Odour Regulations Worldwide. **Atmosphere** 2021, v. 12, p. 206. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/atmos12020206>> Acesso em 19 set. 2021.

BRANCHER M., SCHAUBERGER G., FRANCO D., DE MELO LISBOA H., Odour impact criteria in south american regulations. **Chemical Engineering Transactions**, v. 54, p. 169-174, 2016. DOI: 10.3303/CET1654029.

BRANCHER, M. **Aprimoramento de Estratégias Regulatórias para Gestão de Odor Ambiental**. 199 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pósgraduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/185547>>. Acesso em 26 set. 2021.

BRANCHER, M., K. GRIFFITHS, D. K., FRANCO, D., LISBOA, H. M. A review of odour impact criteria in selected countries around the world. **Chemosphere**. v. 168, p. 1531-1570, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.160>>. Acesso em 11 jul. 2021.

BRANCHER, M.; HIEDEN, A.; BAUMANN-STANZER, K.; SCHAUBERGER, G.; PIRINGER, M. Performance evaluation of approaches to predict sub-hourly peak odour concentrations, **Atmospheric Environment: X**, v. 7, n. 100076, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2020.100076>. Acesso em 09 out. 2022.

BRANCHER, M.; PIRINGER, M.; GRAUER, A. F.; Günther Schaubberger. Do odour impact criteria of different jurisdictions ensure analogous separation distances for an equivalent level of protection? **Journal of Environmental Management**, v. 20, p. 394-403, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.102>.

BRANCHER, MARLON; LISBOA, HENRIQUE; VIEIRA, MAGNUN; SCHIRMER, WALDIR. **Avaliação das emissões odorantes de um biofiltro aberto mediante olfatométrica dinâmica**. Disponível em : https://www.researchgate.net/publication/305816167_Avaliacao_das_emissoes_odorantes_de_um_biofiltro_aberto_mediante_olfatometrica_dinamica>. Acesso em 17 out. 2021. DOI: 0.13140/RG.2.1.4380.4404.

BRANDT, R.C.; ADVIENTO-BORBE, M.A.A.; ELLIOTT, H.A.; WHEELER, E.F. Protocols for Reliable Field Olfactometry Odor Evaluations. **Applied engineering in agriculture**, v. 27, n. 3, p. 457-466, 2011. Disponível em: <<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201400095617>>. Acesso em 23 jan. 2022.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 003, e 28 de junho de 1990**. Estabelece os padrões de qualidade do ar. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 ago. 1990. Seção 1, p. 15.937 -15.939

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 005, de 15 de junho de 1989**. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar - PRONAR. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 ago. 1989. Seção 1, p. 14713-14714.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 008, de 06 de dezembro de 1990**. Dispõe sobre o estabelecimento de limites máximos

de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa de fontes fixas de poluição. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 dez. 1990.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006**. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 1, 02 jan. 2007. Seção 1, p. 131-137.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 436, de 22 de dezembro de 2011**. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anterior a 02 de janeiro de 2007. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 247, 26 dez. 2011.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018**. Estabelece os padrões de qualidade do ar. Diário Oficial da União, Brasília, DF, nº. 223, 21 nov. 2018. Seção 1, p. 155-156.

BRASIL. **Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008**. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 jul. 2008.

BRASIL. **Decreto nº 6.686, de 10 de dezembro de 2008**. Altera e acresce dispositivos ao Decreto no 6.514, de 22 de julho de 2008, que dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente e estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 11 dez. 2008.

BRASIL. **Decreto nº 8.437, de 22 de abril de 2015**. Regulamenta o disposto no art. 7º, caput, inciso XIV, alínea “h”, e parágrafo único, da Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011, para estabelecer as tipologias de empreendimentos e atividades cujo licenciamento ambiental será de competência da União. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 abr. 2015.

BRASIL. **Emenda Constitucional nº 53, de 19 de dezembro de 2006**. Dá nova redação aos arts. 7º, 23, 30, 206, 208, 211 e 212 da Constituição Federal e ao art. 60 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 dez. 2002.

BRASIL. **Guia técnico para o monitoramento e avaliação da qualidade do ar**. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Departamento de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos. – Brasília, DF: MMA, 2020. 136 p. : il.

color. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/agenda-ambiental-urbana/qualidade-do-ar.html>>. Acesso em 22 ago. 2021.

BRASIL. **Lei Complementar nº 140, de 08 de dezembro de 2011**. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 dez. 2011.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 02 set. 1981. Seção I, p. 16.509-16.512.

BRASIL. **Lei nº 9605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 fev. 1998.

BRASIL. **Portaria nº 3214 de 08 de junho de 1978**. Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=9CFA236F73433A3AA30822052EF011F8.proposicoesWebExterno1?codteor=309173&filenome=LegislacaoCitada+->>. Acesso em 19 set. 2021.

BRASIL.[Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: <<https://legislacao.presidencia.gov.br/>>. Acesso em 22 agosto 2021.

BULL, M., MCINTYRE, A., HALL, D., ALLISON, G., REDMORE, J., PULLEN, J., CAIRD, L., STOALING, M., FAIN, R. **IAQM Guidance on the assessment of odour for planning**. Institute of Air Quality Management, London, United Kingdom: Maio de 2014. Disponível em: < www.iaqm.co.uk/text/guidance/odourguidance-2014>.

BYDDER, C.; DEMETRIOU, J. Establishing the extent of odour plumes and buffers for waste handling facilities. **Waste Management**, v. 95, p. 356–364, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.06.028>>. Acesso em: 27 fev. 2022.

CAL EPA - CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.

Determination of Acute Reference Exposure Levels for Airborne Toxicants.

Office of Environmental Health Hazard Assessment, Air Toxicology and Epidemiology Section, California Environmental Protection Agency. Oakland, CA. March 1999.

CAPELLI, L.; SIRONI, S. Combination of field inspection and dispersion modelling to estimate odour emissions from an Italian landfill. **Atmospheric Environment**, v. 191, p. 273–290, 2018. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231018305247>>

Acesso em 14 ago. 2022.

CAPELLI, L.; SIRONI, S.; ROSSO, R. D.; CENTOLA, P. II GRANDE, M. A comparative and critical evaluation of odour assessment methods in a landfill site. **Atmospheric Environment** v. 42, p. 7050-7058, 2008.

CAPELLI, L.; SIRONI, S.; ROSSO, R. D.; CENTOLA, P.; ROSSI, A. Odour impact assessment in urban areas: case study of the city of Terni. **Procedia Environmental Sciences**, n°4, p.151– 157, 2011.

CAPELLI, L.; SIRONI, S.; ROSSO, R. D. Odor Sampling: Techniques and Strategies for the Estimation of Odor Emission Rates from Different Source Types. **Sensors**, v. 13, p. 938-955, 2013.

CARMO JUNIOR, G. N. R.; BELLI FILHO, P.; MELO LISBOA, H.; SCHIRMER, W. N.; LACEY, M. E. Q. Odor assessment tools and odor emissions in industrial processes. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 32, n. 3, p. 287-293, 2010.

Disponível em:

<<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/4778>>. Acesso em 28 fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v32i3.4778>

CARMO JÚNIOR; G. N. R. **Otimização e Aplicação de Metodologias para Análises Olfatométricas Integradas ao Saneamento Ambiental**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. 174 p. 2005. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/102210>>. Acesso em 28 fev. 2022.

CASA - CLEAN AIR STRATEGIC ALLIANCE. **Good practices guide for odour management in Alberta. From prevention and mitigation to assessment and complaints**. CASA: Edmonton: 92 p.

CEN - COMISSION OF EUROPEAN NORMALIZATION. **European Standard EN13725**: Stationary source emissions - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry and odour emission rate. Brussels: 2022.

CEN - COMISSION OF EUROPEAN NORMALIZATION. **European Standard EN16841-1**: Ambient air - Determination of odour in ambient air by using field inspection - Part 1: Grid method. Brussels: 2016a.

CEN - COMISSION OF EUROPEAN NORMALIZATION. **European Standard EN16841-2**: Ambient air - Determination of odour in ambient air by using field inspection - Part 2: Plume method. Brussels: 2016b.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Decisão de Diretoria nº 217/2014/I, de 06 de agosto de 2014**. Aprova o Manual para Elaboração de Estudos para o Licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental. Diário Oficial Estadual, São Paulo, SP, 07 ago. 2014.

CHERNICHARO, C. A. L.; STUETZ, R. M.; SOUZA, C. L.; MELO, G. C. B. Contribuição para o projeto de biofiltros aplicados ao tratamento de emissões odorantes provenientes de reatores anaeróbios. Nota Técnica. **Revista DAE**. Maio 2011. Disponível em <http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_186_n_1676.pdf>. Acesso em 11 jul. 2021.

COLORADO. **Regulation Nº 2. Odor Emission. 5 CCR 1001-4**. 01 Nov. 2013. Disponível em: <<https://www.sos.state.co.us/CCR/GenerateRulePdf.do?ruleVersionId=5444&fileName=5%20CCR%201001-4>>. Acesso em 22 maio 2022.

CONNECTICUT. **Regulation 22a-174-23. Control of odors**. 04 abri. 2006. Disponível em: <<https://casetext.com/regulation/connecticut-administrative-code/title-22a-environmental-protection/abatement-of-air-pollution/section-22a-174-23-control-of-odors>>. Acesso em 22 maio 2022.

CONTI, C.; GUARINO, M.; BANACETTI, J. Measurements techniques and models to assess odor annoyance: A review. **Environment International**, v. 134, n. 105261, 2020, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105261>. Acesso em 09 out. 2022.

DAMUCHALI, A. L.; GUO, H. Developing an odour emission factor for an oil refinery plant using reverse dispersion modeling. **Atmospheric Environment**, v. 222, 2020. Disponível em : <<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.117167>>. Acesso em 14 ago. 2022.

DE MELO LISBOA, H.; SIVRET, E.; STUETZ, R. M. Odour Regulations – Experiences from Australia. **Chemical Engineering Transactions**, v. 40, p. 181-186, 2014. DOI: 10.3303/CET1440031.

DE MELO LISBOA, Henrique (Coord.). **Metodologias olfatométricas para avaliação do impacto odorante**. Florianópolis: UFSC, 2010. 48 p. ISBN 978-85-913483-1-2. Disponível em: <http://www.lcqar.ufsc.br/aula_met.php>. Acesso em: 27 jun 2021.

DEC - DEPARTMENT OF ENVIRONMENT AND CONSERVATION. **Technical framework: Assessment and management of odour from stationary sources in NSW** (New South Wales). Air Policy Section of the Department of Environment and Conservation (NSW). 62 p. 2006. Disponível em: <<https://www.epa.nsw.gov.au/-/media/epa/corporate-site/resources/air/20060440framework.pdf?la=en&hash=58B78B7D27C15B942CCA9DA50A94E0E5E37C6528>>. Acesso em 07 ago. 2022.

DEFRA - DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS. **Odour Guidance for Local Authorities**. London: DEFRA, p.110, 2010.

DELAWARE. **Air Regulation Number 1119**. 01 fev. 1981. Disponível em: <<https://regulations.delaware.gov/AdminCode/title7/1000/1100/1119.pdf>>. Acesso em 22 maio 2022.

DESAUZIERS, V. Odours: What measurement for what diagnosis? **Analisis**, Les Ulis, v. 28, n. 3, p. 169-170, 2000.

DIALLO, M; MAALEM, F.; PIET-SARNET, H. Implementation of a new protocol of odour field investigations for the Paris wastewater treatment plants. **Chemical Engineering Transactions**, v. 68, p. 145–150, 2018. Disponível em: <<https://www.aidic.it/cet/18/68/025.pdf>>. Acesso em 27 fev. 2022.

DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **European Standard EN 13725: Determination of odour concentration by dynamic olfactometry**. Berlin, 2003.

DOURADO, H.; SANTOS, J.; REIS JR, N; MELO, A. M. V. The Effects of Atmospheric Turbulence on Peak-to-Mean Concentration Ratio and its Consequence on the Odour Impact Assessment Using Dispersion Models, **Chemical Engineering Transactions**, v. 30, p. 163-198, 2012.

EA - ENVIRONMENTAL AGENCY. **Additional Guidance for H4 Odor Management: How to Comply with Your Environmental Permit**. EA, Bristol, UK: 2011.

EA - ENVIRONMENTAL AGENCY. **Stack Emissions Monitoring - Method Implementation Document for EN 13725**. Version 2. EA, Bristol, UK: 2015. Disponível em: <<http://www.s-t-a.org/Files%20Public%20Area/MCERTS-MIDs/MID%20for%2013725%20Odour.pdf>>. Acesso 09 out. 2022.

EASTER, C.; WITHERSPOON, J.; VOIGT, R. CESCA J. em FRECHEN, F. B. (org.) **Odour and VOCS: Measurement, Regulation and Control**. Schriftenreihe des Fachgebiets Siedlungswasserwirtschaft. Universität Kassel, 2009.

ENVEX ENGENHARIA E CONSULTORIA. **Estudo de odores em empresa confidencial, unidade de Uberlândia – MG**. Relatório final. Março de 2013. Relatório Técnico.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Odour impacts and odour emission control measures for intensive agriculture**. Environmental Protection Agency, Wexford, Ireland, p. 104, 2001.

EPA VICTORIA - ENVIRONMENT PROTECTION AUTHORITY VICTORIA. **Familiarisation draft of publication 1883, Guidance for assessing odour. Victoria, Australia, 2021b**. Disponível em: <<https://www.epa.vic.gov.au/files/publications>>. Acesso em 11 nov. 2021.

EPA VICTORIA - ENVIRONMENT PROTECTION AUTHORITY VICTORIA. **Publication 1881, Guidance for field odour surveillance. Victoria, Australia, 2021a**. Disponível em: <<https://www.epa.vic.gov.au/files/publications>>. Acesso em 11 nov. 2021.

EPSTEIN, E.; FREEMAN, B.C.S. Legal and Regulatory Aspects Related to Odors. **Proceedings of the WEF/A&WMA Odors and Air Emissions**. Water Environment Federation, Bellevue, 2004.

EXPONENT, INC. **CALPUFF Modeling System**. 29 Jul. 2022. Disponível em: <<http://www.src.com/>>. Acesso em 14 ago. 2022.

FRECHEN, F. Regulations and policies. In: STUETZ, Richard; FRECHEN, Franz-Bernd (Eds.). **Odour in Wastewater Treatment: Measurement, Modelling and Control**. London: IWA Publishing, 2001. Cap. 2, p. 16-30.

FREEDMAN, T.; CUDMORE, R. **Review of Odor Management in New Zealand. Technical Report n. 24**. Ministry for the Environment. Wellington, New Zealand. 2002.

GIULIANO, R. C. S. **Avaliação do impacto da proliferação de odores ofensivos do tratamento de esgotos sobre a saúde e o bem estar públicos: ETE - Piracicamirim - Piracicaba - SP**. 2002. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. doi:10.11606/T.6.2002.tde-03022021-125547. Acesso em 28 fev. 2022.

GMBI - GEMEINSAMES MINISTERIALBLATT - JOINT MINISTERIAL GAZETTE. **TA Luft –Technical Instructions on Air Quality Control**. Technische Anleitung

zur Reinhaltung der Luft. Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. Berlin: 24 jul 2002. Disponível em:
<https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Luft/taluft_engl.pdf>.
Acesso em 20 fev. 2022.

GMBI - GEMEINSAMES MINISTERIALBLATT - JOINT MINISTERIAL GAZETTE.
TA Luft –Technical Instructions on Air Quality Control. Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft. Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. V. 72; n. 48-54. ISSN 0939-4729. Berlin: 14 set. 2021.

GOAA - GUIDELINE ON ODOUR IN AMBIENT AIR. **Detection and Assessment of Odour in Ambient Air, dated 29 February 2008 with supplement of 10 September 2008 including grounds and advice on interpretation as of 29 February 2008.** 2nd version,, supplemented. Set. 2008.

GOSTELOW, P. R; PARSONS, S. A. Hydrogen sulphide measurement. In: STUETZ, Richard; FRECHEN, Franz-Bernd (Eds.). **Odour in Wastewater Treatment: Measurement, Modelling and Control.** London: IWA Publishing, 2001. Cap. 6, p. 120-129.

GOTTFRIED, J. A. Central mechanisms of odour object perception. **Nature reviews Neuroscience**, v. 11, n. 9, p. 628–641, 2010. Disponível em:
<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3722866/>>. Acesso em 27 jun. 2021. <https://doi.org/10.1038/nrn2883>

GRAUER, ANDREAS F. **Arquivos sobre boas práticas odores.** Manual de Boas Práticas de Trabalho na área de Subprodutos de origem animal do IAP - proposta inicial em elaboração. [Mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: debora.perazzoli@envexengenharia.com.br. 12 abr. 2021.

GRIFFITHS, K. D. Disentangling the frequency and intensity dimensions of nuisance odour, and implications for jurisdictional odour impact criteria. **Atmospheric Environment**, v. 90, p. 125-132, 2014. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.03.022>. Acesso em 09 out. 2022.

GROSKREUT, R. Biofilters for Emission and Odor Control. CHM2 HILL. **SCAP Biosolids Workshop.** 28 set. 2004. Disponível em
<<http://scap1.org/Biosolids%20Reference%20Library/Biofilter%20Overview.pdf>>.
Acesso em 11 jul. 2019.

GUADALUPE-FERNANDEZ, V., DE SARIO, M., VECCHI, S. *et al.* Industrial odour pollution and human health: a systematic review and meta-analysis. **Environmental Health**, v. 20, n. 108, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12940-021-00774-3>.
Acesso em: 09 out. 2022.

GUILLOT, J. M. *et al.* The future European standard to determine odour in ambient air by using field inspection. **Water Science and Technology**, v. 66, n. 8, p. 1691-1698, 2012.

GUIMARÃES, Y. Identificação e monitoramento de substâncias odoríferas. In: **Curso Tecnologia de controle da poluição do ar para material particulado, gases, vapores e odores e verificação de sistemas**. CETESB, 25 setembro 2020.

HARREVELD, ANTON VAN. Update on the revised EN 13725:2021. **Chemical Engineering Transactions**, v. 85, p. 115-120. DOI: 10.3303/CET2185020. Acesso em 09 out. 2022.

HAYES, J. E.; STEVENSON, R. J.; STUETZ, R. M. The impact of malodour on communities: A review of assessment techniques. **Science of The Total Environment**, v. 500-501, P. 395-407, set. 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971401300X>>. Acesso em 26 set. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.09.003>.

HENSHAW, P.; NICELL, J.; SIKDAR, A. Parameters for the assessment of odour impacts on communities. **Atmospheric Environment**, Dorchester, v. 40, n. 6, p. 1016-1029, 2006.

HOINARSKI, LEONARDO. **Operação do olfatômetro Odile 2000 no LabAir UFSC**. [Mensagem pessoal]. 2018.

HOVE, N. C. Y; VAN LANGENHOVE, H.; VAN WEYENBERG, S.; DEMEYER, P. Comparative odour measurements according to EN 13725 using pig house odour and n-butanol reference gas. **Biosyst. Eng.**, v. 143, p. 119–127, 2016.

HUEY, N. A. **Objective Odor Pollution Control Investigations**. Journal of Air Pollution Control Association, v. 10, n. 6, p. 441-444, Dez. 1960.

HUEY, N. A.; BROERING, L.s C.; JUTZE, G. A.; GRUBER, C. W. Objective odor pollution control investigations. **Journal of the Air Pollution Control Association**, v. 10, n. 6, p. 441-446, Dec. 1960.

ILLINOIS. **Title 35, Subtitle B, Chapter 1, Part 245**. 10 set. 1993. Disponível em: <<https://casetext.com/regulation/illinois-administrative-code/title-35-environmental-protection/part-245-odors/section-245121-objectionable-odor-nuisance-determination>>. Acesso em 22 maio 2022.

JIANG, J. K.; SANDS, J. R. Controlling noxious animal odours: na imperative at the rural-urban interfaces: a review. **Asian-australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 12, n. 4, p. 633-641, 1999.

KENTUCKY. **Regulation 401KAR53:010**. 01 ago. 2016. Disponível em: <<http://kyrules.elaws.us/rule/401kar53:010>>. Acesso em 22 maio 2022.

LAOR, Y., PARKER, D., PAGÉ, T. Measurement, prediction, and monitoring of odors in the environment: a critical review. **Rev Chem Eng**. v. 30(2), p. 139-166, 2014. Disponível em: < <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/revce-2013-0026/html>>. Acesso em 13 jun. 2021.

LENZ, E.; MARIN, C. A.; SILVA; B. M. G. Análise de diferentes técnicas de mensuração de gases odoríferos em estações de tratamento de esgoto. In: 1o. Seminário Nacional sobre Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto, 2018, Curitiba. **Anais 1o. Seminário Nacional sobre Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto**. Curitiba: ISAE-FGV, 2018. p. 42-46.

LEONARDOS, G. Review of odor control regulations in the USA. In: Specialty Conference of the Air and Waste Management Association - Odors, Indoor and Environmental Air. **Proceedings...** Bloomington: A&WMA, 1995. pp. 73–84.

LEONARDOS, G.; KENDALL, D.; BARNARD, N. Odor threshold determinations of 53 odorant chemicals. **Journal of the Air Pollution Control Association**, v. 19, n. 2, p.91-95, 1969.

LIU Z. **Design and Management of Biofilters for Odor Reduction of Livestock Facilities**. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. Kansas City: 2015. Disponível em <<https://bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/MF3387.pdf>>. Acesso em 11 jul. 2021.

MAES M. **Odeurs nuisibles: Proust, olfactométrie et désodorisation**. L'Eau, l'Industrie, les Nuisances, nº141, 43-47, 1990.

MAHIN, T. D. **Comparison of different approaches used to regulate odours around the world**. Water Science and Technology, London, v.44, n. 9, p. 87–102, 2001

MALHEIROS, A. L.; NOCKO, H. R.; PERAZZOLI, D. L.; RODRIGUES, J. P.; SCHUBA, T. Estimativa de Emissões Odoríferas e Avaliação de Impacto a partir da Integração das Técnicas Olfatometria de Campo e Modelagem Reversa de Dispersão. In: XIX Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2016, João Pessoa. **Anais do XIX CBMET**, 2016. v. 1.

MALHEIROS, A. L. **Gestão de Odor em Plantas Industriais**. In: Encontro Sul Brasileiro de Engenharia Ambiental e Sanitária, 2, 2018, Foz do Iguaçu. Anais e palestras.... Foz do Iguaçu. ESBEA. 2018.

MALHEIROS, A. L.; NOCKO, H. R.; VISSOTO, S.; ENGEL, M. S.; PERAZZOLI, D. L.; FRANTZ, D. S. Modelagem de dispersão, monitoramento ambiental, olfatométrica e pesquisa de percepção: análise integrada de diferentes metodologias na avaliação de poluição atmosférica por substâncias odoríferas em complexo industrial. In: XVIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2014, Recife - PE. **Anais XVIII CBMET**, 2014.

MALHEIROS, A. L.; PERAZZOLI, D. L.; SCHRAIER, J. A.; NOCKO, H. R. Odor: olfatométrica de campo como ferramenta de avaliação de impacto ambiental relativo ao odor. In: Simpósio Internacional MAUI de Desenvolvimento Urbano e Industrial, 3, 2018, Curitiba. **Anais...** Curitiba. MAUI, 2018. p. 222-234.

MAVROIDIS I. Effect of averaging time on mean concentrations in building influenced dispersion, **International Journal of Environment and Waste Management**, v. 4, n. 1-2, p. 50-61, 2009.

MCGINLEY, C. M. **Enforceable Permit Odor Limits**. The Air and Waste Management Association. Environmental Permitting Symposium II. Chicago, 2000.

MCGINLEY, C. M. **Standardized Odor Measurement Practices for Air Quality Testing**. In: Symposium on Air Quality Measurement Methods and Technology, 2002, San Francisco.

MCGINLEY, C. M., MCGINLEY, D. L., MCGINLEY, K. J. Odor School: Curriculum development for training odor investigators. In: Odors, Indoor and Environmental Air, Specialty Conference of the Air and Waste Management Association. **Proceedings...** Bloomington, Minnesota. 1995. pp. 121–127. Disponível em: <<http://www.fivesenses.com/Documents/Library/1%20%20ODOR%20SCHOOL%20Development.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2021.

MCGINLEY, C. M.; MAHIN, T.D.; POPE, R. J. Elements of Successful Odor / Odour Laws. In: ODORS AND VOC EMISSIONS, 2000, Cincinnati. **Proceedings...** Alexandria: Water Environment Federation, 2000.

MCGINLEY, M. **Re: Questions - Odor monitoring plan and normatization** [Mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: debora.perazzoli@envexengenharia.com.br. 17 mai. 2018.

MCGINLEY, M. **Re: RES: Questions - Odor monitoring plan and normatization - master's dissertation** [Mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: debora.perazzoli@envexengenharia.com.br. 11 jul 2022.

MCGINLEY, M. A., MCGINLEY, C. M. Comparison of Field Olfactometers in a Controlled Chamber using Hydrogen Sulfide as the Test Odorant. **Water Science and Technology**, v. 50, n. 4, p. 75-82, 2004. Disponível em:

<<https://www.fivesenses.com/Documents/Library/39%20Field%20Olfactometer%20Chamber%20Study%20IWA%20Sinapore2003.pdf>>. Acesso em 24 out. 2021.

MCGINLEY, M. A.; MCGINLEY, C. M. Odor testing biosolids for decision making. In: THE WATER ENVIRONMENT FEDERATION SPECIANTY CONFERENCE: RESIDUALS AND BIOSOLIDS MANAGEMENT, 2002, 1., 2002, Austin. **Proceedings...** Austin: WEF, 2002. DOI: 10.2175/193864702785302456

MCGINLEY, M. A.; MCGINLEY, C. M. Olfactomatics: Applied Mathematics of Odor Testing. In: ODORS AND VOC EMISSIONS, 2000, Cincinnati. **Proceedings...** Alexandria: Water Environment Federation, 2000.

MCGINLEY, M.A., MCGINLEY, C.M. **An overview of odour regulation throughout North America.** In: Proceedings of the 1st International Seminar of Odours in the Environment. Olores.Org, Santiago, Chile. 2014 . Disponível em: <https://www.olores.org/index.php?option=com_content&view=article&id=369:an-overview-of-odour-regulation-throughout-north-america2&catid=80:content&Itemid=422&lang=en>. Acesso em 22 mai. 2022.

MILHAU, A.; HAMELIN, M.; TATRY, V. Regulations Concerning Odors. In: MARTIN, Guy; LAFFORT, Paul (Eds.). **Odors and deodorization in the environment.** New York: VCH Publishers, 1994. Cap. 15, p. 445-463.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM nº 11, de 16 de dezembro de 1986.** Estabelece normas e padrões para emissões de poluentes na atmosfera e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=92>>. Acesso em 21 nov. 2021.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM nº 187, de 19 de setembro de 2013.** Estabelece condições e limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=258656>>. Acesso em 21 nov. 2021.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESAROLLO SOSTENIBLE. **Resolución 1541** por la cual se Establecen los Niveles Permisibles de Calidad del Aire o de Inmisión, el Procedimiento para la Evaluación de Actividades que Generan Olores Ofensivos y se Dictan otras Disposiciones); Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: Bogotá, Colombia, 2013. Disponível em: <<https://fenavi.org/wp-content/uploads/2018/05/Resolcucion-1541-de-2013-LORES-1.pdf>>. Acesso em 29 mai. 2022.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. **Estrategia para la gestion de olores em Chile - Actualización año 2017.** Departamento de Ruido, Lumínica y Olores,

División de Calidad del Aire. Santiago de Chile, nov. 2017. Disponível em: <<https://olores.mma.gob.cl/estrategia/>>. Acesso em 23 jan. 2022.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. **Ministro del Medio Ambiente anuncia aprobación de primera norma de olores para el sector porcino en Chile**. 17 jan. 2022. Disponível em: <<https://mma.gob.cl/ministro-del-medio-ambiente-anuncia-aprobacion-de-primera-norma-de-olores-para-el-sector-porcino-en-chile-2/>>. Acesso em 23 jan. 2022.

MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT. **Good Practice Guide for Assessing and Managing Odour in New Zealand**. Wellington: Ministry for the Environment, 2016. ISBN: 978-0-908339-74-7. Publication number: ME 1278.

MISSOURI. **Title 10, Chapter 6, Section 165**. 01 out. 2014. Disponível em: <<https://regulations.justia.com/states/missouri/title-10/division-10/chapter-6/section-10-csr-10-6-165/>>. Acesso em 22 maio 2022.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Lei Complementar 140**. Sistema Nacional do Meio Ambiente. Brasília, 2021. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80296/LC140_copy_copy_copy.pdf>. Acesso em 22 ago. 2021.

MOLINA-AZORIN, J. F. Mixed methods research in strategic management: Impact and applications. **Organizational Research Methods**, v. 15, n. 1, p. 33-56, 2012.

MUNIZ, A. C. S. **Investigação do limite de percepção olfativa por olfatometria e por cromatografia gasosa-espectrometria de massa**. 2007. 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

NAGATA, Y., Measurement of odor threshold by triangle odor bag method. **Odor Measurement Review**, p 118-127. Disponível em: <https://www.env.go.jp/en/air/odor/measure/102_113_112.pdf>. Acesso em 09 out. 2022.

NCBI - NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. **Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals: Volume 6**. Chapter 2, Ammonia Acute Exposure Guideline Levels. National Research Council (US) Committee on Acute Exposure Guideline Levels. Washington (DC): National Academies Press (US); 2008.

NEN - NEDERLANDS NORMALISATIE-INSTITUUT. **NVN 2818**: Geurkwaliteit - Sensorische bepaling van de hedonische waarde van een geur met een

olfactometer "Odor quality - Sensory determination of the hedonic tone of an odour using an olfactometer". Delft, 2005.

NEVADA. **NAC 445B.22087**. Disponível em:

<<https://www.law.cornell.edu/regulations/nevada/Nev-Admin-Code-SS-445B-22087>>. Acesso em 22 maio 2022.

NICELL, J. A. Assessment and regulation of odour impacts. Atmospheric Environment. v. 43, p. 196–206. 2009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231008008996#!>>. Acesso em 13 jun. 2021.

NORTH DAKOTA. **Chapter 33-15-16**. 01 jan. 2007. Disponível em:

<<https://www.ndlegis.gov/information/acdata/pdf/33-15-16.pdf>>. Acesso em 22 maio 2022.

ODOTECH. **Olfactometry odor sampling**. 2017. Disponível em:

<<http://www.odotech.com/en/category/blog/olfactometry-odor-sampling/>>. Acesso em 21 nov. 2021.

ODOURNET BRASIL LTDA. **Proposta: Capacitação de Painel em Odor. Código da proposta: ENVEX EN 130919**. São Paulo: Odournet Brasil, 13 set. 2019.

ODOURNET BRASIL LTDA. **Relatório - Análises por Olfatometria Dinâmica**. Projeto Nº: ENVEX 060320. São Paulo: Odournet Brasil, 26 jun 2020. Relatório Técnico.

ODOURNET. **Laboratório móvel de odores**. 2021a. Disponível em:

<<https://www.odournet.com/pt-pt/ambiental/odournet-global-projects/mobile-odour-lab/>>. Acesso em 21 nov. 2021.

ODOURNET. **O grupo Odournet**. 2021b. Disponível em:

<<https://www.odournet.com/pt-pt/empresa/le-groupe-odournet/>>. Acesso em 21 nov. 2021.

PAGE, THIERRY. **What is an Odor Unit? What is the Perception Threshold?**

Odotech website. 29 out. 2010. Disponível em: <<http://www.odotech.com/en/odor-unit-perception-threshold/>>. Acesso em 21 nov. 2021.

PARANÁ. **Portaria IAT nº 253, de 01 de setembro de 2020**. Institui um grupo de trabalho para revisão da Resolução SEMA 016/2014.

PARANÁ. Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Resolução SEMA nº 016, de 26 de março de 2014**. Define critérios para o Controle da Qualidade do Ar como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para

proteção da saúde e bem estar da população e melhoria da qualidade de vida. Diário Oficial do Estado, Curitiba, PR, 15 abr. 2014.

PARANÁ. Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Resolução SEMA nº 054, de 22 de dezembro de 2006**. Define critérios para o Controle da Qualidade do Ar como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem estar da população e melhoria da qualidade de vida. Diário Oficial do Estado, Curitiba, PR, 23 dez. 2006.

PERAZZOLI, D. L.; MALHEIROS, A. L. ; SCHRAIER, J. A. ; BOTELHO, R. N. ; NOCKO, H. R. Delimitação de área impactada por odor de ETE usando medição de H₂S, olfatometria e modelagem de dispersão. In: 1o. Seminário Nacional sobre Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto, 2018, Curitiba. **Anais 1o. Seminário Nacional sobre Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto**. Curitiba: ISAE-FGV, 2018. p. 60-64.

POPE, R.J.; DIOSEY, P. **Odor dispersion: models and methods**. Clear-waters v. 30, n. 2, 2000. Disponível em <www.nywea.org/302140.htm>.

POULIOT, F. Le contrôle des odeurs à la ferme: bâtiments et structures d'entrepasage. In: **COLLOQUE D'ABITIBI-TÉMISCAMINGUE: LA PRODUCTION PORCINE EN RÉGION, C'EST IMPORCTANT DE S'EN PARLER!**, 2001, Lorrainville: Centre de Développement du Porc du Québec. PROD21. Disponível em: <<http://www.cdpq.ca>>. Acesso em: 13 jun. 2021.

PREFEITURA DE TOLEDO. **Situação dos odores em Toledo é discutida em Workshop**. 04 nov. 2015. Disponível em: <<https://www.toledo.pr.gov.br/noticia/situacao-dos-odores-de-toledo-sao-debatidos-em-workshop>>. Acesso em 17 out. 2021.

PULLEN, J.; VAWDA, Y. **Review of Dispersion Modelling for Odour Predictions**. p.131, 2007.

RANZATO, L.; BARAUSSE, A.; MANTOVANI, A.; PITTARELLO, A.; BENZO, M.; PALMERI. A comparison of methods for the assessment of odor impacts on air quality: Field inspection (VDI 3940) and the air dispersion model CALPUFF. **Atmospheric Environment**, Dorchester, v. 61, p. 570–579, 2012.

REGIONE LOMBARDIA. Deliberazione Giunta Regionale 15 febbraio 2012, n. IX/3018. Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno. **Bollettino Ufficiale Regione Lombardia**, Milano, 20 feb. 2012. p. 18–49 (em italiano).

REINLUFT UMWELTTECHNIK ING. GmbH. **Grundprinzipien**. Stuttgart, 2021. Disponível em: <<https://reinluft.de/grundprinzipien/>>. Acesso em 11 jul. 2021.

RINCÓN, C. A.; DE GUARDIA, A.; COUVERT, A. *et al.* Odor concentration (OC) prediction based on odor activity values (OAVs) during composting of solid wastes and digestates. **Atmospheric Environment**, v. 201, p. 1-12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.12.030>.

ROMAIN, A; DELVA, J; NICOLAS, J. Complementary approaches to measure environmental odours emitted by landfill areas. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 131, n. 1, p. 18-23, 2008.

RONDÔNIA. **Decreto nº 7.903, de 01 de julho de 1997. Decreto nº 7.903, de 01 de julho de 1997.** Regulamenta a Lei nº 547, de 30 de dezembro de 1993, que dispõe sobre proteção, recuperação, controle, fiscalização e melhoria de qualidade do meio ambiente no Estado de Rondônia. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/ro/decreto-n-7903-1997-rondonia-regulamenta-a-lei-n-547-de-30-de-dezembro-de-1993-que-dispoe-sobre-protecao-recuperacao-controle-fiscalizacao-e-melhoria-de-qualidade-do-meio-ambiente-no-estado-de-rondonia>>. Acesso em 15 nov. 2021.

RWDI AIR INC. **Odour Management in British Columbia: Review and Recommendations.** Final Report to the Ministry of Water, Land and Air Protection, BC. Surrey: MWLAP, 2005. Relatório Técnico. Disponível em: <https://olores.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/03/Final-Report-Odour-management-in-British-Columbia.pdf>>. Acesso em 11 jul. 2021.

SAKAMOTO, SHEILA TIEMI. **Determinação de Concentração de Odores Industriais pelo Método da Olfatometria: Estudos de Caso.** Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. 87 p. 2007.

SANTA CATARINA. **Decreto nº 14.250, de 5 de junho de 1981.** Regulamenta dispositivos da Lei nº 5.793, de 15 de outubro de 1980, referentes à proteção e à melhoria da qualidade ambiental de 1981. Disponível em : server03.pge.sc.gov.br/LegislacaoEstadual/1981/014250-005-0-1981-000.htm>. Acesso em 08 set. 2021.

SANTA CATARINA. **Decreto nº 24.980, de 14 de março de 1985.** Regulamenta os artigos 25 § 1º e 2º e 26 da lei nº 6.320 de 20 de dezembro de 1983, que dispõe sobre a habitação urbana e rural. Disponível em : [https://leismunicipais.com.br/pdf/Decreto-24980-1985-Santa-catarina-SC-consolidada-\[25-11-2009\].pdf](https://leismunicipais.com.br/pdf/Decreto-24980-1985-Santa-catarina-SC-consolidada-[25-11-2009].pdf)>. Acesso em 08 set. 2021.

SANTA CATARINA. **Decreto nº 4.085, de 21 de fevereiro de 2002.** Altera os arts. 55 e 56 do Decreto nº 24.980, de 14 de março de 1985, que regulamenta os artigos 25 § 1º e 2º e 26 da lei nº 6.320 de 20 de dezembro de 1983, que dispõe sobre a habitação urbana e rural. Disponível em :

<<https://leismunicipais.com.br/pdf/Decreto-4085-2002-Santa-catarina-SC.pdf>>. Acesso em 08 set. 2021.

SANTA CATARINA. **Lei N° 5.793, de 15 de outubro de 1980.** Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. Disponível em: <http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2009/14675_2009_Lei.html>. Acesso em 08 set. 2021.

SANTA CATARINA. **Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009.** Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. Disponível em: <http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2009/14675_2009_Lei.html>. Acesso em 08 set. 2021.

SANTA CATARINA. **Lei nº 5.793, de 15 de outubro de 1980.** Dispõe sobre a Proteção e Melhoria da Qualidade Ambiental e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br>>. Acesso: 08 set. 2021.

SANTA CATARINA. **Resolução CONSEMA N° 190, de 1º de abril de 2022.** Estabelece as diretrizes para os limites máximos de emissões de poluentes atmosféricos de fontes fixas e critérios para o controle da Qualidade do Ar nas áreas de influência direta da atividade. Disponível em : <<https://www.sde.sc.gov.br/index.php/biblioteca/consema/legislacao/resolucoes/2066-resolucao-consema-n-190-2022/file>>. Acesso em 22 mai. 2022.

SANTOS J. M., GRIFFITHS R. F., REIS N. C., MAVROIDIS I. Experimental investigation of averaging time effects on building influenced atmospheric dispersion under different meteorological stability conditions, **Building and Environment**, v. 44, n. 6, p. 1295-1305, 2009.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto N° 15.425, de 23 de julho de 1980.** Acrescenta dispositivos e procede a alterações, que especifica, ao Regulamento da Lei n. 997, de 31 de maio

SÃO PAULO (Estado). **Decreto N° 8.468, de 08 de setembro de 1976.** Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html>>. Acesso em 11 jul. 2021.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto N° 8.468, de 08 de setembro de 1976.** Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html>>. Acesso em 11 jul. 2021.

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 997, de 31 de maio de 1976**. Dispõe sobre o Controle da Poluição do Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1976/lei-997-31.05.1976.html>. Acesso em: 08 set. 2021.

SCENTROID. **Scentroid SM100i Intelligent Personal Olfactometer**. Brochure. 2. p. 2018.

SCHAUBERGER G., PIRINGER M., PETZ E.. Calculating direction-dependent separation distance by a dispersion model to avoid livestock odour annoyance, **Biosystems Engineering**, v. 82, n. 1, p. 25-37, 2002.

SCHRAIER, J. A., PERAZZOLI, D., PALHANO, J. V., MALHEIROS, A. L.; NOCKO, H. R. Odor Impact Assessment in a Rendering Plant Using Field and Dynamic Olfactometry and Dispersion Modelling . In: AIR POLLUTION CONFERENCE BRAZIL, 2019, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2019.

SHERIDAN, B. A.; HAYES, E. T.; CURRAN, T. P.; DODD, V. A. A dispersion modelling approach to determining the odour impact of intensive units in Ireland. **Bioresource technology** v. 91, p. 145 – 152. 2004. Disponível em: [10.1016/s0960-8524\(03\)00179-2](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(03)00179-2). Acesso em 28 fev. 2022.

SILVA, M. T. S. **Emissões atmosféricas odorantes de uma estação de tratamento de efluentes: limites geográficos da pluma**. 2020. 113 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE Recife. Disponível em: <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/218>. Acesso em 17 out. 2021.

SIMMS, K. L.; WILKINSON, S.; BETHAN, S. Odour nuisance and dispersion modelling: an objective approach to a very subjective problem. **Water Sci. Technol.**, London, v. 41, n. 6, p. 89–96, 2000.

ST. CROIX SENSORY INC. **EnvEx Distributor and Calibration authorization**. Lake Elmo: St. Croix Sensory, 12 Mai. 2022.

ST. CROIX SENSORY INC. **Nasal Ranger Field Olfactometer – Operation Manual v.7.1**. U.S. Patent nº 6.595.037, v. 6.0. Lake Elmo: St. Croix Sensory, 2020.

ST. CROIX SENSORY INC. **Odor sensitivity test**. Lake Elmo: St. Croix Sensory, 01 abr. 2006.

STANDARDS AUSTRALIA. **Guideline AS/NZS 4323:3 - 2001: Stationary Source Emissions – Determination of Odour Concentration by Dynamic Olfactometry**. Sidney, 2014.

STULL, R. B. **Meteorology for Scientists and Engineers**. 3 ed. Univ. of British Columbia. 2011. 938 p. ISBN 978-0-88865-178-5

SUFFET, I. H.; BURLINGAME, G. A.; ROSENFELD, P. E.; BRUCHET, A. The value of an odor-quality-wheel classification scheme for wastewater treatment plants. **Water Science and Technology**, London, v. 50, n. 4, p. 25-32, 2004.

SWEETEN, J M. **Cattle feedlot waste management practices for water and air pollution control**. Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University, College Station, 1990.

SZYŁAK-SZYDŁOWSKI, M. Comparison of two types of field olfactometers for assessing odours in laboratory and field tests. **Chemical Engineering Transactions**, v. 40, p. 67–72, 2014. Disponível em: <<https://www.aidic.it/cet/14/40/012.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2021.

SZYŁAK-SZYDŁOWSKI, M. Evaluation of Inoculated Waste Biological Stabilization Degree by Olfactometric Methods. **Energies**, v. 14, n. 7, p. 1835. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/en14071835>>. Acesso em: 24 out. 2021.

SZYSZKA, P.; STIERLE, J. S. Chapter 3 - Mixture Processing and Odor-Object Segregation in Insects. In: BARKAI, E.. WILSON, D. A. (Ed.). **Progress in Brain Research**. Elsevier, 2014. p 63-85.

TELLES, M. A. S. **Levantamento das emissões de substâncias odoríferas de indústria cervejeira e seu monitoramento**. 75 p. Trabalho de conclusão de curso (Pós-graduação em Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos Legais) - Escola Superior da CETESB, São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/wp-content/uploads/sites/30/2020/02/Marcela-Aparecida-dos-Santos-Telles-TCC-2018-T1.pdf>>. Acesso em 26 set. 2021.

TURNER, B.D. **Workbook of atmospheric dispersion estimates**. Lewis Publishers. Boca Raton, FL.1994.

UBERLÂNDIA. **Decreto nº 10.847, de 10 de setembro de 2007**. Regulamenta o art. 126 da Lei Complementar nº 017/91, que "dispõe sobre a política de proteção, controle e conservação do meio ambiente e dá outras providências", alterado pela Lei Complementar nº 447, de 24 de maio de 2007. Disponível em : <<https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/decreto/2007/1084/10847/decreto-n-10847-2007-regulamenta-o-art-126-da-lei-complementar-n-017-91-que-dispoe>>

sobre-a-politica-de-protecao-controle-e-conservacao-do-meio-ambiente-e-da-outras-providencias-alterado-pela-lei-complementar-n-447-de-24-de-maio-de-2007>. Acesso em 15 nov. 2021.

UBERLÂNDIA. **Lei Complementar nº 17/1991, de 04 de dezembro de 1991.**

Dispõe sobre a política de proteção, controle e conservação do meio ambiente e dá outras providências. . Disponível em :

<<https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/lei-complementar/1991/1/17/lei-complementar-n-17-1991-dispoe-sobre-a-politica-de-protecao-controle-e-conservacao-do-meio-ambiente-e-da-outras-providencias>>. Acesso em 15 nov. 2021.

UBERLÂNDIA. **Lei Complementar nº 447, de 24 de maio de 2007.** Altera os

artigos 117 e 126 da Lei Complementar nº 17/91, que "dispõe sobre a política de proteção, controle e conservação do meio ambiente e dá outras providências".

Disponível em : <<https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/lei-complementar/2007/44/447/lei-complementar-n-447-2007-altera-os-artigos-117-e-126-da-lei-complementar-n-17-91-que-dispoe-sobre-a-politica-de-protecao-controle-e-conservacao-do-meio-ambiente-e-da-outras-providencias>>. Acesso em 15 nov. 2021.

US EPA – U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY **User's Guide for the AERMOD Terrain Preprocessor (AERMAP).** Report EPA-454/B-16-012. Research Triangle Park, North Carolina: 2016. Disponível em:

<<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100QXHO.PDF?Dockey=P100QXHO.PDF>> . Acesso em 14 ago. 2022.

US EPA – U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Measurement of gaseous emission rates from land surfaces using an emission isolation flux chamber: User's Guide.** EPA Environmental Monitoring Systems Laboratory, Las Vegas, Nevada. NTIS No. PB-86-223161, 60p. 1986.

US EPA – U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **User's Guide for the AERMOD Meteorological Preprocessor (AERMET).** Report EPA-454/B-22-006. Research Triangle Park, North Carolina: 2022a. Disponível em:

<https://gaftp.epa.gov/Air/aqmg/SCRAM/models/met/aermet/aermet_userguide.pdf> . Acesso em 14 ago. 2022.

US EPA – U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **User's Guide for the AMS/EPA Regulatory Model (AERMOD).** Report EPA-454/B-22-007. Research Triangle Park, North Carolina: 2022b. Disponível em:

<https://gaftp.epa.gov/Air/aqmg/SCRAM/models/met/aermet/aermet_userguide.pdf> . Acesso em 14 ago. 2022.

VAN ELST, T.; DELVA, J. The European standard prEN 16841-2 (determination of odour in ambient air by using field inspection: Plume method): A review of 20 years experience with the method in Belgium. **Chemical Engineering Transactions**, v. 54, p. 175–180, 2016.

VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. Guideline **VDI 3477**. Biofilters: Biological waste gas purification. Berlin: Technical Division Environmental Quality, 2016.

VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. Guideline **VDI 3880:2011**: olfactometry—static sampling. Beuth Verlag, Berlin, 2011.

VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. Guideline **VDI 3881 Part 1**. Olfactometry - Odour Threshold Determination - Fundamentals. Dusseldorf, 1986.

VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. Guideline **VDI 3881 Part 2**. Olfactometry - Odour Threshold Determination - Sampling. Dusseldorf, 1987.

VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. Guideline **VDI 3882 Part 1**. Olfactometry - Determination of Odour Intensity. Dusseldorf, 1992.

VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. Guideline **VDI 3882 Part 2**. Olfactometry - Determination of Hedonic Odour tone. Dusseldorf, 1994.

VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. Guideline **VDI 3940 Part 1**. Measurement of Odour Impact by Field Inspection – Measurement of impact frequency of recognizable odours – Grid Measurement. Dusseldorf, 2006a.

VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. Guideline **VDI 3940 Part 2**. Measurement of Odour Impact by Field Inspection – Measurement of impact frequency of recognizable odours – Plume Measurement. Dusseldorf, 2006b.

VENKATRAM, A. Accounting for averaging time in air pollution modeling. **Atmospheric Environment**, v.36, p. 2165–2170, 2002.

VIEIRA M. M, SCHIMER W. N, MELO LISBOA, H DE, BELLI FILHO P., GUILLOT J. M. Pragmatic evaluation of odour emissions from a rendering plant in southern Brazil. **Environ Sci Pollut Res Int.**, 2016 v. 23, p. 24115-24124. DOI: 10.1007/s11356-016-7509-0. Epub 2016 Sep 17. PMID: 27640055.

VIEIRA, M. M. **Abordagem de procedimentos legais para o controle de incômodos olfativos**. 191 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

VIEIRA, M.; GUILLOT, J. M.; FILHO, P. B.; ROMAIN, A.; ADAM, G.; DELVA, J., BARON, M.; VAN ELST, T. Applicability of field olfactometry to improve the plume

method: potentialities and limitations. In: IWA Conference on Odours & Air Emissions Paris, 16., 2015, Paris. **Proceedings...** Paris: IWA, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/307559367_Applicability_of_field_olfactometry_to_improve_the_plume_method_potentialities_and_limitations>. Acesso em 27 fev. 2022.

VIEIRA, Magnun Maciel. **Contribuição para o desenvolvimento de políticas públicas de controle de incômodos olfativos no Brasil**. 305 p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina; e Doutorado em Engenharia de Processos, Universidade de Montpellier. Florianópolis/Montpellier, 2017. Disponível em: <<https://ged.biu-montpellier.fr/florabium/jsp/nnt.jsp?nnt=2017MONTT164>>. Acesso em 03 abr. 2022.

WEST VIRGINIA. **Title 45, Series 4**. 01 out. 1967. Disponível em: <<https://dep.wv.gov/daq/planning/Documents/45-04.pdf>>. Acesso em 22 maio 2022.

WEST, C. **Assessing odour impact in the field: A comparison of grid and plume measurements**. p. 85–90, 2015. Disponível em: <https://www.emissionassessments.com.au/wp-content/uploads/2015/09/A-comparison-of-grid-and-plume-measurement-methodologies-by-C.West_.pdf>. Acesso em 27 fev. 2022.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Air Quality Guidelines – Global Update 2005**. Geneva, 2006. Disponível em: <https://bit.ly/3bV64oo>. Acesso em: 22 ago. 2021.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Air quality guidelines for Europe. Cap. 6.6 Hydrogen Sulfide**. 2 ed. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2000. Disponível em: <https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0019/123076/AQG2ndEd_6_6Hydrogensulfide.PDF>. Acesso em 19 set. 2021.

WU, C.; LIU, J.; ZHAO, P. *et al.* Evaluation of the chemical composition and correlation between the calculated and measured odour concentration of odorous gases from a landfill in Beijing, China. **Atmospheric Environment**, v. 164, p. 337-347, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.06.010>. Acesso em 09 out. 2022.

WYOMING. **Chapter 2, Section 11**. 05 fev. 2018. Disponível em: <<https://rules.wyo.gov/Search.aspx>>. Acesso em 22 maio 2022.

ZARRA, T.; BELGIORNO, V.; NADDEO, V. Environmental Odour Nuisance Assessment in Urbanized Area: Analysis and Comparison of Different and Integrated Approaches. **Atmosphere**, V. 12, p. 690, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/atmos12060690>>. Acesso em 14 ago. 2022.

ZARRA, T.; NADDEO, V.; BELGIORNO, V.; REISER, M.; KRANERT, M. Odour monitoring of small wastewater treatment plant located in sensitive environment. **Water Science and Technology**, London, v. 58, n. 1, p. 89-94, 2008.

**APÊNDICE A – QUADRO RESUMO DE AVALIAÇÃO DA LEGISLAÇÃO
BRASILEIRA**

QUADRO 24 – RESUMO DOS CRITÉRIOS EXISTENTES NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA, E QUAIS ABORDAGENS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO CIDADAS POR BRANCHER ET AL. (2017) SÃO UTILIZADAS (PMIM- PADRÃO MÁXIMO DE IMPACTO; PDMS – PADRÃO DE DISTÂNCIA MÍNIMA DE SEPARAÇÃO; PME – PADRÃO MÁXIMO

N	Jurisd.	Legislação	Ano	Texto Legal	PMim	PDMS	PME	PMin	PTC	Pontos negativos	Pontos positivos
1	Federal	Resoluções CONAMA 382/2006 e 436/2011	2006 e 2011	Anexo VII - limites de emissão para Enxofre Reduzido Total (ERT) proveniente de processos de fabricação de celulose. item 3.1. - os gases não condensáveis , concentrados e diluídos (GNCC e GNCD), gerados nos equipamentos e unidades de processo existentes em plantas de celulose, deverão ser captados e encaminhados ao forno de cal, caldeira de recuperação ou outro equipamento de processo ou de tratamento de emissões para os quais haja padrão de emissão. item 7 do Anexo VII: em função das características locais da área de influência da fonte poluidora sobre a qualidade do ar, o órgão ambiental licenciador poderá estabelecer limites de emissão mais restritivos, inclusive considerando o incômodo causado pelo odor além dos limites do empreendimento.		X	X			Aborda que órgão licenciador por estabelecer limites mais restritivos de emissão, considerando o incômodo causado pelo odor além dos limites do empreendimento, porém trata-se de uma estratégia reativa (somente será aplicada caso haja incômodo), e não preventiva.	Dá orientação clara quanto ao manejo dos gases não condensáveis, causadores do odor característico, que devem ser encaminhados para tratamento em outras etapas do próprio processo produtivo.
2	SP	Lei 997/1976	1976	"Art. 14 parágrafo único - Para os fins do disposto neste artigo, o órgão ambiental competente poderá ainda exigir que os responsáveis pelas atividades efetiva ou potencialmente poluidoras: I - apresentem, quando solicitado, o plano completo de desenvolvimento de suas atividades ou de seu processamento industrial, bem como dos sistemas de tratamento existentes , do lançamento de resíduos em qualquer estado da matéria ou, ainda, de emissão de ruídos, vibrações, radiações ou outras formas de energia ou substâncias odoríferas ; II - apresentem plano de automonitoramento de suas fontes cabendo aquele órgão aprovar a frequência de realização de amostragens, os parâmetros a serem monitorados e a frequência na entrega dos relatórios; III - instalem e operem equipamentos automáticos de medição, para monitoramento das quantidades e qualidades dos poluentes emitidos; IV - comproven a quantidade e qualidade dos poluentes emitidos , através de realização de amostragem e análise, utilizando-se de métodos aprovados pelo referido órgão" (SÃO PAULO, 1976a).		X			X	Cita "métodos aprovados pelo órgão" para monitoramento dos poluentes emitidos, porém CETESB não possui método explicitamente aprovado para monitoramento de odor (por exemplo, olfatosmetria dinâmica).	Menciona substâncias odoríferas e alguns instrumentos que podem ser usados para controle e acompanhamento (1 - plano de atividades descrevendo os sistemas de tratamento de poluentes existentes, 2 - o plano de automonitoramento de fontes, e 3 - o monitoramento das quantidades e qualidades dos poluentes emitidos, seja por equipamentos automáticos de medição, seja por amostragem e análise descontínua empregando métodos aprovados pelo órgão)
3	SP	Decreto nº 8.468/1976	1976	Art. 33 Fica proibida a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora. Parágrafo Único - A critério da CETESB, a constatação da emissão de que trata este parágrafo, será efetuada: I - Por técnicos credenciados pela CETESB; II - Com referência às substâncias a seguir enumeradas, através de sua concentração no ar, por comparação com o Limite de Percepção do Odor (LPO) [...] Artigo 38 — As substâncias odoríferas resultantes das fontes a seguir enumeradas deverão ser incineradas em pós-queimadores , operando a uma temperatura mínima de 750°C (setecentos e cinquenta graus Celsius), em tempo de residência mínima de 0,5 (cinco décimos) segundos, ou por outro sistema de controle de poluentes, de eficiência igual ou superior:		X	X	X		Art. 33 - Critério de ODOR ZERO fora dos limites da propriedade emissora. Muito restritivo; não considera variáveis ambientais importantes na dispersão do odor (meteorologia, topografia, variação da emissão da fonte). Onera excessivamente as atividades poluidoras. Dificil fiscalização e monitoramento. Destoa da tendência internacional de aceitar um nível máximo de	Art 33 - Garantia de proteção à comunidade em qualquer condição. Lista fontes com potencial de emissão odorífera e exige instalação de controle altamente eficiente.

N	Jurisd.	Legislação	Ano	Texto Legal	PMIm	PDMS	PME	PMIn	PTC	Pontos negativos	Pontos positivos
				I — torrefação e resfriamento de café, amendoim, castanha de caju e cevada; II — autoclaves e digestores utilizados em aproveitamento de matéria animal; III — estufas de secagem ou cura para peças pintadas, envernizadas e litografadas; IV — oxidação de asfalto; V — defumação de carnes ou similares; VI — fontes de sulfeto de hidrogênio e mercaptanas; VII — regeneração de borraça. § 1.º — Quando as fontes enumeradas nos incisos deste artigo se localizarem em áreas cujo uso preponderante for residencial ou comercial, o pós-queimador deverá utilizar gás como combustível auxiliar. Em outras áreas, ficará a critério da CETESB a definição do combustível. § 2.º — Para efeito de fiscalização, o pós-queimador deverá estar provido de indicador de temperatura na câmara de combustão, em local de fácil visualização. Artigo 39 — As emissões provenientes de incineradores de resíduos sépticos e cirúrgicos hospitalares deverão ser oxidadas em pós-queimador que utilize combustível gasoso, operando a uma temperatura mínima de 850° C (oitocentos e cinquenta graus Celsius) e em tempo de residência mínima de 0,8 (oito décimos) segundos, ou por outro sistema de controle de poluentes de eficiência igual ou superior. Parágrafo único — Para fins de fiscalização, o pós-queimador a que se refere este artigo deverá conter marcador de temperatura na câmara de combustão, em local de fácil visualização.						odor que não cause incômodo. A lista de atividades não é exaustiva, há outras com potencial odorífero não listadas. Não aborda emissões fugitivas, que não podem ser efetivamente coletadas e incineradas. Delimita a tecnologia para tratamento exclusivamente à incineração, que é de alta eficiência porém alto custo.	
4	SC	Decreto nº 14.250/1981	2009	Art. 31, § 1º. O empreendedor deve avaliar a possibilidade de intervenções no processo produtivo, visando minimizar a geração de efluentes líquidos, de efluentes atmosféricos, de resíduos sólidos, da poluição térmica e sonora, bem como a otimização da utilização dos recursos ambientais." Art. 179. A definição dos padrões de qualidade do ar deve ser aquela prevista em normas federais, cabendo ao CONSEMA estabelecer padrões adicionais aos existentes no âmbito federal. Parágrafo único. A regulamentação dos padrões de qualidade do ar deve conter: (...) II - parâmetros para densidade colorimétrica e "substâncias odoríficas" (...)					X	É um tanto vago, pois não deixa claro como deve ser feita ou apresentada a avaliação sobre minimização de geração de efluentes.	Incentiva a prevenção da poluição por meio de intervenção no processo produtivo.
5	SC	Lei nº 14.675/2009	2009	Art. 182. Nos casos para os quais não foram estabelecidos padrões de emissão, deverão ser adotados sistemas de controle de poluição do ar baseados na melhor tecnologia prática disponível e aplicável. Parágrafo único - A adoção da tecnologia preconizada neste artigo dependerá de aprovação prévia do órgão ambiental licenciador. (...) Art. 290. Compete ao CONSEMA: I - no prazo de 1 (um) ano, a contar da publicação desta Lei, regulamentar: (...) b) os critérios e a metodologia para constatação de emissão de odor em	X				X	Carece de regulamentação específica sobre padrões.	Menciona necessidade de definir padrões de qualidade do ar para substâncias odoríferas e exige a adoção de sistemas de controle com MTPD. Menciona necessidade de usar MTPD e aplicável.

N	Jurisd.	Legislação	Ano	Texto Legal	PMIm	PDMS	PMF	PMIn	PTC	Pontos negativos	Pontos positivos
				quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora; c) os padrões de qualidade do ar ;							
6	SC	Decreto Estadual nº 24.980/1985 e 4.085/2002	1985 e 2002	Art. 56. A pessoa poderá ter criação de suínos, bovinos, ovinos, aves e eqüinos, desde que as pocilgas, estábulos, cocheiras, aviários e instalações congêneres sejam situados em zona rural, obedecendo as exigências de normas regulamentares específicas sobre estabelecimentos industriais, comerciais e agropecuários e ainda as seguintes: I - distanciamento de 20 metros da área de criação e unidades de armazenamento e/ou tratamento de dejetos, das divisas dos terrenos vizinhos; II - com relação ao distanciamento das áreas de criação e unidades de armazenamento e/ou tratamento de dejetos até as estradas, será: a) rodovias federais e estaduais: 15 metros (área não edificante) além do limite de faixa de domínio; b) rodovias municipais: 10 metros (área não edificante) além do limite da faixa de domínio; c) para os municípios que não têm definida através de legislação a faixa de domínio das rodovias municipais, a distância será de 15 metros.	X					Não aborda distâncias entre as estruturas de criação de animais e áreas residenciais não vinculadas à propriedade rural.	Fácil aplicação e fiscalização
7	SC	Resolução CONSEMA Nº 190/2022	2022	"Art. 69. Para atividades com potencial emissão de substâncias odoríferas, poderá o órgão ambiental licenciador exigir estudos ambientais para análise prévia do impacto nos receptores, bem como o monitoramento dessas substâncias para as fontes geradoras destas emissões. § 1º Para o atendimento do caput deste artigo, os padrões e métodos instrumentais serão estabelecidos em Resolução específica a ser publicada por este Conselho em prazo de 365 dias, exceto para empreendimentos que já possuam monitoramento de odores. § 2º Para empreendimentos sujeitos a EIA/RIMA, aplica-se o previsto no Termo de Referência aprovado para a atividade no processo de licenciamento	X		X			Não define metodologia de avaliação, que será definida em até 1 ano por Resolução específica do CONSEMA.	Aborda a possibilidade de órgão licenciador exigir estudos ambientais para análise prévia do impacto nos receptores (abordagem preventiva); bem como monitoramento dessas substâncias nas fontes geradoras.
8	MG	DN COPAM nº 187/2013	2013	ANEXO IV - a) Caldeira de recuperação de baixo odor : caldeira de recuperação que não utiliza um evaporador de contato direto e na qual não há exposição significativa do licor preto ao fluxo de gás e, portanto, mantêm as emissões de enxofre reduzido total (ERT) em níveis baixos. (...) DIRETRIZES 1. Até 26.12.2016 os gases não condensáveis , concentrados e diluídos (GNCC e GNCD), gerados nos equipamentos e unidades de processo existentes em plantas de celulose, deverão ser captados e encaminhados ao forno de cal, caldeira de recuperação ou outro equipamento de processo ou de tratamento de emissões para os quais haja LME para os poluentes mencionados neste Anexo. Para equipamentos e unidades novas esta exigência aplica-se a partir do início de operação. TABELA IV - Condições e LME para efluentes atmosféricos provenientes de indústrias de celulose (incluindo parâmetro ERT - Enxofre Total Reduzido).			X		X	Cita a definição de caldeira de recuperação de baixo odor, mas não exige sua utilização	Dá orientação clara quanto ao manejo dos gases não condensáveis, causadores do odor característico, que devem ser encaminhados para tratamento em outras etapas do próprio processo produtivo; define padrões quantitativos para ERT nas fontes.

N	Jurisd.	Legislação	Ano	Texto Legal	PMIm	PDMS	PME	PMIn	PTC	Pontos negativos	Pontos positivos
9	PR	Resolução SEMA nº 054/2006	2006 (revo gada)	Art. 12 - As atividades geradoras de substâncias odoríferas, com uma taxa de emissão acima de 5.000.000 UO/h (Unidades de Odor por hora), deverão promover a instalação de equipamento, previamente analisado pelo Instituto Ambiental do Paraná, visando a captação e remoção do odor . O tipo de equipamento de remoção de odor a ser instalado dependerá das condições locais de dispersão, da proximidade de áreas habitadas e da quantidade de substâncias odoríferas emitidas, a qual deverá ser quantificada por olfatometria e expressa em Unidades de Odor lançadas na atmosfera por hora. A eficiência do equipamento de remoção de odor, determinada por olfatometria deve ser no mínimo de 85%			X		X	Fontes com taxa de emissão abaixo de 5 x 10 ⁶ OU/h são isentas da obrigação de instalar equipamento de controle; a eficiência de 85% permite emissão de 7,5 x 10 ⁵ OU/h, o que pode causar incômodo, dependendo do uso do solo do entorno da instalação.	Apresenta padrão quantitativo para emissão com foco na avaliação de odores (OU/h), e exigência de eficiência mínima de tratamento, e metodologia de análise definida (olfatometria)
10	PR	Resolução SEMA nº 016/2014	2014	Art. 12. As atividades geradoras de substâncias odoríferas, tais como, graxaria, frigoríficos, indústria de processamento de alimentos, estações de tratamento de efluentes, estações elevatórias, cemitérios verticais e curtiúmes devem seguir as boas práticas de minimização de odores, devendo ser implantadas a uma distância considerada suficiente para evitar o incômodo aos núcleos populacionais. § 1º Quando a adoção das boas práticas citadas no caput desse artigo não forem suficientes para a minimização dos odores, o órgão ambiental exigirá a instalação de sistemas e/ou equipamentos de captação e remoção do odor e, caso a pluma atinja áreas residenciais, o monitoramento da extensão da pluma de odor . § 2º O controle de emissão de odores no sistema de exaustão de cemitérios verticais deve usar filtros de carvão ativado ou tecnologia equivalente.		X		X	X	Menciona apenas algumas atividades geradoras de odor; não detalha qual é a distância considerada suficiente para evitar incômodos; não determina nenhum critério quantitativo.	Aborda a importância não apenas de sistemas de controle de odor, mas das boas práticas para sua minimização (prevenção); aborda o monitoramento da extensão da pluma de odor, e fala sobre o tipo de controle de odor a ser usado em cemitérios verticais.
11	BA	Decreto nº 14.024/2012	2012	Art. 44. Na inexistência de padrões de emissão, o responsável pela fonte de poluição deve adotar medidas de controle, baseadas na melhor tecnologia disponível, técnica e economicamente viável, especificando a eficiência do sistema de controle adotado. (...) Art. 47. Os padrões de qualidade do ar para PTAs e para os poluentes não convencionais deverão ser estabelecidos quando houver dados cientificamente comprovados a respeito das concentrações destes poluentes no ar que não representem risco para a saúde humana e para o meio ambiente (...).	X				X	Não menciona padrões quantitativos	O responsável pela fonte de poluição deve não apenas adotar medidas de controle com base na MTPD, mas especificar a eficiência do sistema de controle; fala que poluentes não convencionais devem ter seus padrões de qualidade do ar estabelecidos quando houver dados científicos comprovados.
12	Uberlândia (MG)	LC nº 17/1991 e LC nº 447/2007	1991 e 2007	Art. 117 VI - Odor: é definido como uma mistura complexa de moléculas químicas voláteis que dão origem a uma sensação odorante percebida pelo ser humano. Seus produtos, em concentrações muito variáveis, são emitidos, na sua maioria, por atividades humanas, agrícolas, industriais ou domésticas; VII - Substâncias odoríferas: são substâncias que emitem odor perceptível ao ser humano; (...) VIII - Limite de percepção do odor: é definido como a concentração odorífera no início da percepção. Art. 126. Fica proibida a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos	X		X			Muito restritiva, pois requer ODOR ZERO fora da propriedade emissora	Permite que pessoa física ou jurídica contratada pelo empreendedor elabore laudo a respeito da percepção olfativa; exige a apresentação de laudo técnico que informe as substâncias odoríferas emitidas e suas quantidades (diagnóstico das fontes de emissão); Remete à regulação de substâncias odoríferas para as quais não

N	Jurisd.	Legislação	Ano	Texto Legal	PMIm	PDMS	PME	PMIn	PTC	Pontos negativos	Pontos positivos
				limites da área de propriedade da fonte emissora. § 1º A constatação da percepção de que trata este artigo será efetuada por Técnicos credenciados pela Secretaria Municipal competente ou pessoa física ou jurídica contratada pelo empreendedor para a elaboração do laudo; § 2º As fontes efetivas ou potencialmente poluidoras, cuja atividade, processo, operação, maquinário, equipamento e dispositivo fixo que causem ou possam causar a emissão de odor na atmosfera ficam obrigadas a apresentar laudo Técnico comprobatório de emissão de odor, constando as substâncias odoríferas emitidas, assim com a sua quantidade; § 3º A emissão de substâncias odoríferas deverá atender a padrões estipulados mediante Decreto do Poder Executivo, que deverá ser editado no prazo máximo de noventa dias a contar da data da publicação desta Lei; § 4º O Decreto mencionado no parágrafo terceiro deste artigo estabelecerá também o prazo para as fontes poluidoras adequarem-se aos parâmetros nele definidos e regulamentará esta lei no que for necessário; § 5º As substâncias odoríferas para as quais não foram estabelecidos padrões de emissão, deverão observar os padrões recomendados ou aceitos internacionalmente, caso não regulamentados nesta Lei.							houver padrões de emissão para padrões aceitos internacionalmente.
13	Uberlândia (MG)	Decreto nº 10.847 /2007	2007	Art. 7º As atividades, a critério do órgão ambiental municipal competente, ficam obrigadas a apresentar, mesmo quando licenciadas por outros órgãos ambientais, para sua aprovação e acompanhamento, um Programa de Automonitoramento de Emissões Atmosféricas, a ser aprovado pelo órgão ambiental municipal competente, contemplando as fontes de emissões de substâncias odoríferas, características destas substâncias, parâmetros de controle, metodologias de amostragem e análises das emissões, e cronogramas das ações e de implementação de mecanismos que evitem, minimizem, controlem e monitorem tais emissões. Art. 8º Os responsáveis por atividades, que em seus processos possam gerar substâncias odoríferas, deverão promover a instalação de sistema de tratamento, previamente analisado pelo órgão ambiental municipal competente, visando a captação e tratamento do odor. Parágrafo Único - O tipo de sistema de tratamento de odor a ser instalado dependerá das condições locais de dispersão, da proximidade de áreas habitadas e da quantidade de substâncias odoríferas emitidas. Art. 9º As amostragens e análises de emissões atmosféricas provenientes de substâncias odoríferas devem ser realizadas de acordo com métodos analíticos apropriados, previamente aceitos pelo órgão ambiental municipal competente. Art. 10º A emissão das substâncias odoríferas descritas no quadro abaixo deverá ser inferior aos padrões referentes aos limites de percepção de odor (em partes por milhão - ppm), sendo: Substância odorífera.....Limite de percepção de odores	X		X		X	Padrões de emissão baseados em "LPO" para sulfeto de hidrogênio e dimetil sulfeto. Indiretamente implica que deve ser atendido padrão de ODOR ZERO fora da propriedade emissora. Não prevê proteção quanto ao odor gerado por outros tipos de substâncias odoríferas não listadas no Art. 10. Não considera o efeito sinérgico do odor percebido pelo olfato humano, resultado da mistura de substâncias odoríferas; não define os métodos de monitoramento, apenas diz que devem ser previamente aprovados pelo órgão ambiental;	Exige a apresentação de Programa de Automonitoramento de Emissões Atmosféricas (abordando as fontes de emissão e características das substâncias odoríferas, metodologia de amostragem e análise, parâmetros de controle e cronograma de ações de prevenção, controle e monitoramento); responsabiliza o sistema de controle aprovado pelo órgão ambiental, levando em consideração condições de dispersão, proximidade de áreas habitadas e quantidade de substâncias emitidas (referência indireta à estudos de modelagem de dispersão atmosférica); abre possibilidade de observar padrões aceitos internacionalmente; abre exceção para fontes que não

N	Jurisd.	Legislação	Ano	Texto Legal	PMIm	PDMS	PME	PMIn	PTC	Pontos negativos	Pontos positivos
				(ppm) Dimetil sulfeto.....0,003 Sulfeto de Hidrogênio (a partir de dissulfeto de sódio).....0,0047 Sulfeto de Hidrogênio (gasoso).....0,00047 Parágrafo Único - As substâncias odoríferas para as quais não foram estabelecidos padrões de emissão neste Decreto deverão observar os padrões recomendados ou aceitos internacionalmente. Art. 11. Os empreendimentos existentes deverão atender aos padrões de emissão estabelecidos neste Decreto, até dezembro de 2008, observados os seguintes requisitos: I - a fonte ter sido, comprovadamente, submetida a todas as melhorias viáveis , sem alcançar os níveis de emissão exigidos, mas que comprovem ganhos ambientais com as alterações realizadas; II - estudo ambiental das emissões, às expensas do empreendedor responsável pela fonte de emissão, acompanhado do Programa de Automonitoramento de Emissões Atmosféricas; III - manutenção dos padrões de qualidade do ar no entorno do empreendimento, por meio de seu monitoramento, às expensas do seu responsável.							consigam atender aos padrões (art. 11).
14	Ma- naus (AM)	Lei nº 605/2001	2001	Art. 88 - Na implementação da política municipal de controle da poluição atmosférica, deverão ser observadas as seguintes diretrizes: I - exigência da adoção das melhores tecnologias de processo industrial e de controle de emissão , de forma a assegurar a redução progressiva dos níveis de poluição; (...) III - implantação de procedimentos operacionais adequados, incluindo a implementação de programas de manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos de controle da poluição; IV - adoção de sistema de monitoramento periódico ou contínuo das fontes por parte das empresas responsáveis, sem prejuízo das atribuições de fiscalização da SEDEMA; (...) VI - proibição de implantação ou expansão de atividades que possam resultar em violação dos padrões fixados; VII - seleção de áreas mais propícias à dispersão atmosférica para a implantação de fontes de emissão, quando do processo de licenciamento, e a manutenção de distâncias mínimas em relação a outras instalações urbanas, em particular hospitais, creches, escolas, residências e áreas naturais protegidas. (...) Art. 90 - Ficam vedadas: (...) IV - a emissão de odores que possam criar incômodos à população ;	X	X	X	X	X	Não estabelece padrões quantitativos para distâncias mínimas, ou de emissão de fontes, ou de incômodo.	Cita diretrizes considerando MTPD, controles operacionais e de manutenção preventiva; monitoramento periódico (pode ser atendido com olfatometria dinâmica); seleção de áreas propícias à dispersão e manutenção de distâncias mínimas. O objetivo destas diretrizes é evitar a emissão de odores que possam criar incômodos à população.

FONTE: Elaborado pela autora (2022) a partir das legislações citadas.

**APÊNDICE B – QUADRO RESUMO DOS TRABALHOS CIENTÍFICOS
BRASILEIROS ANALISADOS**

QUADRO 25 – RESUMO DOS TRABALHOS CIENTÍFICOS ANALISADOS, OBJETIVOS, METODOLOGIAS ADOTADAS, RECURSOS E TEMPO NECESSÁRIOS, E QUAIS ABORDAGENS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO CITADAS POR BRANCHER ET AL. (2017) SÃO UTILIZADAS (PMIM- PADRÃO MÁXIMO DE IMPACTO; PDMS – PADRÃO DE

Referência	Instit.	Tipo de fonte estudada	Objetivo	Métodos aplicados	Plano de Monitoramento	Recursos Humanos	Outros recursos necessários	Tempo de realização	Abordagem					Critérios aplicados	Conclusões Obtidas
									PMIm	PDMS	PMF	PMIn	PTC		
GIULIANO (2002)	USP	ETE Municipal em Piracicaba (Anaeróbia)	Avaliação do impacto de odores da operação da ETE sobre a população	Questionário de percepção de odor (tipo objetivo) aplicado no raio de 1 km da ETE. As unidades residenciais a serem entrevistadas foram sorteadas aleatoriamente, e foi aplicado o questionário por contato direto em finais de semana.	86 unidades residenciais entrevistadas, nível de confiança de 95,5%; erro de estimação de + - 10%, para amplitude de 666 residências no raio de estudo.	Um pesquisador	Análises estatísticas	Entrevistas: ~ 15 min/cada (total 2 meses); Análise de dados: não informado				X		Impacto foi confirmado por meio do alto nível de queixas (94% dos entrevistados), com efeitos ao bem estar e em menor grau, efeitos diretos à saúde.	Identificação de impacto (queixa de odor desagradável): 94%; necessidade de fechar portas e janelas (51%); restrição ao uso de áreas externas (41%); mal-estar (23%); doenças respiratórias (15%).
CARMO JUNIOR (2005)	UFSC	ETE de Refinaria de petróleo (Cubatão/SP), ETE municipal (Florianópolis/SC), indústria de papel reciclado (Curitiba/PR) e autoposto (Joinville/SC).	Realizar a avaliação de metodologias, fontes odorantes diversas; e avaliar os impactos da incidência do odor	Monitoramento com ODD (EN 13725:2003) para determinar concentração de odor; intensidade (norma ASTM E-544, escala estática de n-butanol), hedonicidade (escala de 21 pontos de McGinley e McGinley (2002). Amostras foram coletadas de várias fontes usando uma caixa pulmão. Monitoramento da temperatura e velocidade do vento durante amostragens. Autoposto: questionário geral (objetivo e de contato direto) e permanente 9com cálculo do índice de incômodo), aplicados segundo VDI 3883:2 (VDI, 1993).	Refinaria: 3 pontos, coletas repetidas em 2 dias; ETE: 5 pontos, coletas repetidas em 2 dias; Indústria de papel: 6 pontos, em 3 dias. Questionário geral: 17 entrevistas; Questionário permanente: 8 jurados.	Júri de 13 pessoas treinadas de acordo com EN13725, sendo 6 pessoas em cada avaliação; Equipe treinada para coleta de amostras de odor	Sistema de coleta de amostras de odor; Olfatômetro para ODD; Software Statistica®.	Campo ODD: 2 a 3 dias para cada localidade; Questionário geral: 2 dias; Questionário permanente: 35 dias; Total: não informado			X	X		Emissão máxima de 5.000.000 UO/h para fontes fixas da indústria de papel (Res. SEMA nº 042/2002); Índice de incômodo menor que 25 (VDI, 1993), para dados dos questionários.	Com ODD, foi possível identificar fontes principais de odor em cada estudo de caso; Norma EN13725 produz resultados mais precisos do que a ASTM 679 (seleção dos jurados e 3 rodadas); Relação inversa entre intensidade e hedonicidade (quanto maior a intensidade, mais desagradável o odor);
BELLI FILHO et al. (2007)	UFSC	Criação de suínos (Bacia Cachoeirinha e Bacia	Determinar as principais fontes de odor e avaliar	Bacia Cachoeirinha: Monitoramento com ODD (ASTM E-679 e EN 13725:2003) para determinar concentração de odor (coleta em caixa	ODD: 1 campanha, 6 pontos (3 no rio e 3 em propriedade piloto de	Júri de 6 pessoas treinadas de acordo com EN13725; Equipe	Sistema de coleta de amostras de odor; Olfatômetro para ODD;	Campo ODD: 2 dias; Entrevistas: não informado;				X		Enquetes: índice de incômodo (VDI 3883); ODD: legislação irlandesa - 6 ou _E /m ³ (EPA, 2001 apud SHERIDAN, 2004)	ODD: concentrações de 290 a 963 ou _E /m ³ ; Índice de incômodo: 69 para produtores rurais (ofensivo a

Referência	Instit.	Tipo de fonte estudada	Objetivo	Métodos aplicados	Plano de Monitoramento	Recursos Humanos	Outros recursos necessários	Tempo de realização	Abordagem					Critérios aplicados	Conclusões Obtidas
									PMin	PDMS	PME	PMin	PTC		
		Fragorosa)	o incômodo populacional gerado pelo odor da criação de suínos	pulmão, medição da temperatura do ar, velocidade e direção do vento durante coleta); Bacia Frágos: enquete da percepção da comunidade (questionários baseados na norma VDI 3883:2, Perrin et al, (1994), (CGIR, 1994)).	criação de suínos); Enquete: 102 entrevistados (75 produtores rurais e 27 não produtores)	treinada para coleta de amostras de odor	equipe e aparatos para medição da vazão das fontes pontuais.	Total: não informado							muito ofensivo) e 81 para não produtores (muito ofensivo a extremamente ofensivo). Fonte de odor principal foi identificada como a disposição dos dejetos suínos no solo.
SAKAM OTO (2007)	IPT-SP	Indústria de pneus e rebolos para polimento	Identificar principais fontes de emissão	Olfatometria estática segundo norma prEN 13725 (ECS, 2001). Amostras de 32L em cada fonte, coletadas com caixa pulmão.	Indústria de pneus: 2 pontos (montante e jusante de lavador de gases); Indústria de rebolos: 3 pontos.	Júri de 7 ou 8 pessoas treinadas de acordo com EN13725; Equipe treinada para coleta de amostras de odor.	Sistema de coleta de amostras de odor; Cilindro de ar zero; seringas e/ou sacos de Tedlar para diluição, sala adequada e livre de odores	Campo ODD: 6 dias Total: não informado			X	X		Indústria de pneus: eficiência do lavador de gases foi calculada em 76,9%, mas foi considerada insuficiente, pois ainda há reclamações da vizinhança. Indústria de rebolos: foi possível hierarquizar as fontes de odor com base nas taxas de emissão, e identificar a fonte responsável por mais de 90% das emissões totais.	Olfatometria estática é um método eficiente quando o objetivo da pesquisa é comparativo (eficiência de um equipamento ou para hierarquizar fontes). Quando há necessidade de resultados precisos, o método mais indicado é a olfatometria dinâmica.
CARMO JUNIOR et al. (2010)	UFRO, UFSC, UNIOESTE	ETE de petróleo, ETE municipal, indústria de papel reciclado	Aplicar e avaliar resultados de diferentes metodologias olfatométricas em fontes odorantes distintas	Monitoramento com ODD (EN 13725:2003) para determinar concentração de odor; intensidade (norma ASTM E-544, escala estática de n-butanol), hedonicidade (escala de 21 pontos de McGinley e McGinley (2002). Amostras foram coletadas de várias fontes usando uma caixa pulmão. Monitoramento da temperatura do ar e velocidade do vento durante amostragens.	Refinaria: 3 pontos, coletas repetidas em 2 dias; ETE: 5 pontos, coletas repetidas em 2 dias; Indústria de papel: 6 pontos, em 3 dias.	13 jurados selecionados em teste único com escala de n-butanol	Sistema de coleta de amostras de odor; Olfatômetro para ODD; Software Statistica®;	Campo e total: não informado						Indústria de papel reciclado: Emissão máxima de 5.000.000 UO/h para fontes fixas da indústria de papel (Res. SEMA nº 054/2006);	ETE Refinaria e Municipal: Identificação do P1 (entrada do sistema) como fonte com maior concentração de odor e menor tom hedônico, portanto prioritária para medidas de controle; Indústria de papel reciclado: Chaminé 2 foi identificada

Referên- cia	Instit.	Tipo de fonte estudada	Objetiv o	Métodos aplicados	Plano de Monitorament o	Recursos Humanos	Outros recursos necessários	Tempo de realização	Abordage m					Critérios aplicados	Conclusões Obtidas
									PMin	PDMS	PME	PMin	PTC		
VIEIRA (2013)	UFSC	Indústria com 43 chaminés	Aplicar o critério da Resoluç ão SEMA 054/200 6 em caso real	ODD segundo EN13725 para determinação da concentração de odor em triplicatas; ofatometria estática para determinar intensidade, hedonicidade e caráter odorante; realizada na amostra com maior concentração de odor de cada fonte. Medição da vazão conforme métodos ABNT e cálculo da taxa de emissão de odor (OU/h)	13 fontes representativa s foram selecionadas; 4 campanhas de amostragem	Júri de 6 pessoas treinadas de acordo com EN13725; Equipe treinada para coleta de amostras de odor	Sistema de coleta de amostras de odor; Ofatômetro para ODD; medição de vazão de fontes conforme métodos ABNT;	5 meses para realizar todas as coletas			X			Res. SEMA 054/2006, Taxa de emissão acima de 5.000.000 OU/h deve possuir controle com eficiência mínima de 85%.	como fonte de odor principal Odor foi qualificado com intensidade moderada a forte, hedonicidade desagradável, caráter de fumo/tabaco. Taxa de Emissão total da indústria foi de 428,38 x 10 ⁶ OU/h. Critério não foi atendido para 19 das 33 atividades avaliadas.
MALHEI ROS et al. (2014)	EnvEx	Complex o industrial com 3 indústrias alimentíci as	Avaliar a utilizaçã o conjunta de diferent es metodol ogias para diagnóst ico e análise de impacto ambient al do odor	Modelagem de dispersão atmosférica de H ₂ S (modelo AERMOD) considerando principal fonte (lagoa ETE); Monitoramento analítico de H ₂ S no ar; monitoramento meteorológico simultâneo; ofatometria de campo; e pesquisa de percepção com público interno e externo.	Campanha de 5 dias. H ₂ S: 2 amostradores, 1 fixo e um móvel, total de 36 amostras; ofatometria de campo: 84 amostras; questionários: raio de 2km, intervalo de confiança de 90% e 10% de erro.	4 pessoas treinadas	Amostradores e custos laboratoriais para H ₂ S; ofatômetro de campo; software estatístico para analisar resultados dos questionários, licença do software AERMOD	Campo: 5 dias; Tempo total do trabalho: 4 meses.				X		H ₂ S: concentração- alvo de até 5 ppb (WHO, 2000); ofatometria de campo: ≤ 7 D/T (MCGINLEY, 2000)	Isoladamente, cada um dos métodos teve sua importância, mas apenas a análise integrada dos resultados dos vários métodos possibilitou avaliar o impacto do odor emitido no entorno. Pontos positivos e negativos de cada método são detalhados na Tabela 1 do trabalho.
MALHEI ROS et al. (2016)	EnvEx	Planta agroindus trial de abate de suínos e sua ETE	Determi nar taxa de emissão de odor da indústria	Ofatometria de campo, medição de variáveis meteorológicas (escala de 1 min) e modelagem reversa com o modelo de dispersão atmosférica AERMOD. Concentrações máximas de odor medidas com	Ofatometria de campo: 29 pontos, cerca de 100 amostragens em diferentes horários durante 2 dias	1 avaliador treinado e 1 auxiliar de campo	Ofatômetro de campo; estação meteorológica portátil; licença do software AERMOD	4 dias em campo; 2 meses total				X		Ofatometria de campo: ≤ 7 D/T (MCGINLEY, 2000); modelagem: Concentração 8 ou _E /m ³ no percentil 99 (EASTER et al, 2009); e 6 ou _E /m ³ no percentil	A integração da ofatometria de campo e modelagem reversa reproduziu com coerência as condições observadas em

Referên- cia	Instit.	Tipo de fonte estudada	Objetiv o	Métodos aplicados	Plano de Monitorament o	Recursos Humanos	Outros recursos necessários	Tempo de realização	Abordage m					Critérios aplicados	Conclusões Obtidas
									PMin	PDMS	PME	PMin	PTC		
				olfatometria de campo serviram para calibrar as taxas de emissão de cada fonte de odor, através de várias simulações utilizando o período de dados meteorológicos da campanha. Após calibração, simulação foi refeita para o período de dados de 5 anos.										98. Ambos os casos considerando razão pico-média igual a 1,821 (para representar o período de 3 min) (MAVROIDIS, 2009)	campo. Modelagem indicou área sujeita ao maior impacto, onde há a possibilidade de ocorrência de reclamações.
VIEIRA <i>et al.</i> (2016)	UFSC/ Univ. Montp ellier	Indústria de processa- mento de subprodu- tos animais (Graxaria)	Avaliaçã o da taxa de emissão de odor e eficiênci a de tratame nto de biofiltro.	Coleta de amostras simultaneamente a montante e jusante (VDI 3477:2004), análise com ODD (EN 13725:2003)	Biofiltro dividido em 4 setores, com 3 pontos de medição de velocidade e temperatura em cada. Amostras de odor foram coletadas em cada setor, no ponto de maior velocidade (total de 4 amostras). Cerca de 1% da área emissora total foi representada pela amostragem (VDI 3880:2011).	Equipe para coleta de amostras nas fontes e painel de 4 jurados para ODD	Sistema de coleta de amostras de odor; Olfatômetro para ODD; medição de vazão de fontes conforme métodos ABNT;	Campo: 1 dia. Total: Não informado.			X			Res. SEMA 054/2006, Taxa de emissão acima de 5.000.000 OU/h deve possuir controle com eficiência mínima de 85%.	Taxa de emissão odorífera: 8,82 x 10 ⁸ OU/h. Eficiência de remoção do odor no biofiltro: ~65%. Portanto, não atendeu ao critério.
TELLES (2018)	Escola Superi- or CETE SB	Indústria cervejaria (fontes fixas e em área da ETE).	Identific ação de principai s fontes de odor e avaliaçã	Monitoramento com ODD (EN 13725:2003) nas principais fontes emissoras, modelagem com AERMOD usando 5 anos de dados meteorológicos validados por meteorologista	Coletas em triplicata de 6 fontes (2 Tanques de Fervura (portuais), silo, ETE	Equipe para coleta de amostras nas fontes e painel de 4 jurados para ODD	Sistema de coleta de amostras de odor; Olfatômetro para ODD; medição de	Campo: 1 dia. Total: Não informado.	X					Para modelagem de dispersão atmosférica: Concentração de odor 5 ou _E /m ³ e percentil 98 (100m a norte e oeste); comparação	Confirmação da fonte de odor predominante; delimitação da pluma de odor (100m a norte e oeste); comparação

Referên cia	Instit.	Tipo de fonte estudada	Objetiv o	Métodos aplicados	Plano de Monitorament o	Recursos Humanos	Outros recursos necessários	Tempo de realização	Abordage m					Critérios aplicados	Conclusões Obtidas
									PMin	PDMS	PME	PMin	PTC		
			o do impacto do odor total da indústria		(decantador primário, lagoa de aeração, tanque de equalização - fontes em área).		vazão de fontes conforme métodos ABNT;								com os critérios; e devido à ausência de reclamações, conclui-se que a indústria está atendendo à legislação.
PERAZZ OLI <i>et al.</i> (2018)	EnvEx	ETE Municipal (lagoas anaeróbi as)	Apresen tar técnica para avaliaçã o da área impacta da pelo odor de ETES	Monitoramento de sulfeto de hidrogênio (H ₂ S) nas lagoas anaeróbias (coleta com câmara de fluxo flutuante - US EPA (1986) e no ar ambiente (coleta usando amostrador de pequenos volumes adaptado), e análise pelo método 4500-S ⁻² (SMEWW, 2012); olfatometria de campo e modelagem de dispersão atmosférica de H ₂ S (taxa de emissão calculada com dados medidos) e de odor (taxa de emissão de odor determinada usando modelagem reversa e dados de olfatometria de campo).	H ₂ S lagoas: 5 campanhas, 1 ponto de amostragem por lagoa. Olfatometria de campo: 23 pontos, total de 68 amostragens durante 6 dias.	1 avaliador treinado e 2 auxiliares de campo	Olfatômetro de campo; estação meteorológica portátil; equipamento Trigás; câmara de fluxo flutuante; Software AERMOD	Olfatometria de campo: 6 dias; coleta de H ₂ S nas lagoas: 1 dia por campanha, 5 no total.	X				H ₂ S: concentração máxima 1 ug/m ³ , média de 1h, percentil 99. Odor: concentração máxima< 8 ouE/m ³ (7 D/T), pico de 3 min, percentil 99.	A área de abrangência do impacto relacionado ao odor e ao H ₂ S (pluma com potencial de causar incômodo) foi delimitada, e pode atingir distâncias de cerca de 300m a 500m ao sul da ETE.	
MALHEI ROS <i>et al.</i> (2018)	EnvEx	Indústria no estado do Paraná	Monitor amen-to de odor de longo prazo para acompa nhar eficácia das medidas de controle adotada	Olfatometria de campo, propostas de medidas de controle e programa de monitoramento.	6 pontos no entorno da indústria, medição de OC com parâmetros meteorológico s - direção e velocidade do vento, de 1 e m1 minuto); campanhas mensais, em vários horários e dias distintos	1 avaliador treinado e 1 auxiliar de campo	Olfatômetro de campo, estação meteorológica portátil	Visitas mensais durante 18 meses	X				Nível de Incômodo: > 30 D/T; nível tolerável: de 7 a 30 D/T; nível desejável: < 7 D/T. Foi criado o índice IPO (Índice Ponderado de Odor), calculado a partir da concentração e frequência do odor medido, e foi usado para acompanhar o efeito das medidas de controle sobre o entorno.	O Índice IPO foi reduzindo de 7,1 para 4,3 e 3,5 ao longo dos 3 semestres do estudo, o que significa redução da concentração e frequência do odor que chega aos receptores.	

Referência	Instit.	Tipo de fonte estudada	Objetivo	Métodos aplicados	Plano de Monitoramento	Recursos Humanos	Outros recursos necessários	Tempo de realização	Abordagem					Crerios aplicados	Conclusões Obtidas
									PM10	PM2.5	PM10+PM2.5	PM10	PM2.5		
SILVA (2020)	IFPE Recife	ETE (lagoa facultativa e filtro anaeróbio de fluxo ascendente) e composta gem	Delimitar os limites geográficos da pluma de odor "média"	Norma VDI 3940 parte 2 (VDI, 2006b) para determinar a extensão detectável e reconhecível da pluma de odor, mediante inspeção de campo por painel humano selecionado de acordo com as normas ASTM E544 (ASTM, 2010) e E679 (ASTM, 2019a), adaptadas ao uso do odorante acetona.	131 amostragens em 5 dias. Pontos a partir de 150 m de distância da fonte; a cada 50m, até 2 km. Total de 2220 avaliações em diferentes horários	8 jurados treinados	Não foi informado	Campo: 6 meses, Total: 9 meses.	X					Presença ou ausência de odor. Delimitação da pluma considerando odor > 1 ou $\leq 1 \text{ m}^3$	Largura média da pluma de 580 m e extensão de cerca de 700m

Fonte: Elaborado pela autora (2022), com base nas referências citadas.