



Proposta de estratégia e critérios de avaliação de impacto causado pelo odor para aplicação no Brasil

Proposition of odor impact criteria and strategy for Brazil

Débora Lia PERAZZOLI^{1*}, Marlon BRANCHER², Paulo de Tarso de Lara PIRES¹, Andreas Friedrich GRAUER¹ Mauricy KAWANO¹

¹ Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil.

² University of Veterinary Medicine Vienna (VETMEDUNI), Vienna, Austria.

* E-mail de contato: debyperazzoli@yahoo.com.br

Artigo recebido em 10 de julho de 2023, versão final aceita em 28 de agosto de 2024, publicado em 25 de junho de 2025.

RESUMO: A poluição atmosférica causada por emissões de odor tornou-se um problema relevante, porém complexo de se regulamentar. O impacto de uma fonte emissora de odor pode ser geralmente caracterizado através da combinação dos fatores FIDOL (F - Frequência de ocorrência; I - Intensidade (concentração do odor); D - Duração de cada episódio; O – Ofensividade; L – Localização da fonte e do receptor), os quais deveriam ser abordados para implementar legislações mais robustas. Visto que a legislação no Brasil relacionada a odores ambientais é escassa e subjetiva, o objetivo deste trabalho é propor critérios quantitativos de avaliação de impacto de odor, levando em conta a realidade brasileira, e um protocolo de avaliação, os quais compõem a estratégia de avaliação de odores. A metodologia se baseou na análise de dados da literatura internacional e brasileira. Os critérios de avaliação de impacto propostos são dependentes dos métodos utilizados para tal avaliação. Os critérios recomendados incluem: Para o método de olfactometria de campo: Concentração ($C < 7$ D/T (*Dilution-to-Threshold ratio*, ou razão de diluição)); para modelagem de dispersão atmosférica: $C < 8 \text{ ou}_{\text{E}} \cdot \text{m}^{-3}$ (áreas residenciais/comerciais) ou $C < 10 \text{ ou}_{\text{E}} \cdot \text{m}^{-3}$ (outras áreas); percentil 98, Fator pico média = 1,821; uso de boas práticas e das melhores tecnologias disponíveis para controle nas fontes emissoras de odor; e distância mínima de separação para fontes fugitivas novas: > 500 m de áreas residenciais. O protocolo de avaliação é composto por quatro fluxogramas, que instruem o passo a passo para o licenciamento ambiental de fontes emissoras de odor, e a verificação de reclamações. Espera-se que a adoção de critérios quantitativos e um protocolo claro para a avaliação do impacto relacionado ao odor possibilite avançar a prevenção e solução de conflitos, além de contribuir para uma convivência mais harmoniosa entre comunidades e fontes emissoras de odor.

Palavras-chave: poluição por odor; critérios de impacto de odor; FIDOL; olfactometria; política ambiental.

ABSTRACT: The atmospheric pollution caused by odor emissions has become a relevant issue, but complex to regulate. The impact of an odor emission source can generally be characterized by the combination of the FIDOL factors (F – Frequency of occurrence; I - Intensity (odor concentration); D – Duration of each odor episode; O – Offensiveness; L – Location of source and receptor), which must be addressed in a robust legislation. Since the legislation in Brazil related to environmental odors is scarce and subjective, the objective of this research is to suggest quantitative criteria for odor impact assessment, considering the Brazilian reality, as well as an assessment protocol, which form the strategy for odor assessment. The methodology was based on the analysis of data from international and Brazilian literature. The odor impact criteria suggested are dependent on the methods used for impact assessment. The criteria include: for field olfactometry, Concentration ($C < 7$ D/T (*Dilution-to-Threshold ratio*)); for dispersion modeling: $C < 8$ ou $E \cdot m^{-3}$ (residential/commercial areas) or $C < 10$ ou $E \cdot m^{-3}$ (other areas); 98th percentile, peak-to-mean ratio =1.821; use of good practice and the best available technique for control in the source, and minimum distance for new fugitive sources $> 500m$ from residential areas. The assessment protocol is formed by four flowcharts which instruct the step-by-step for environmental licensing of odor emission sources, and odor complaint validation. It is expected that the adoption of clear and quantitative criteria for evaluating odor impact will enable the advancement of the prevention and solution of conflicts, besides contributing to a more harmonious coexistence between community and odor-emitting sources.

Keywords: odor pollution; odor impact criteria; FIDOL; olfactometry; environmental policy.

1. Introdução

O odor causado, em geral, pela mistura de substâncias odoríferas que interagem entre si produzindo um efeito sinérgico é muito relevante dentro do leque da poluição atmosférica. A quantidade de reclamações que chegam aos órgãos ambientais relacionadas ao mau odor tem crescido, chamando a atenção para a importância do tema (Malheiros *et al.*, 2018; Conti *et al.*, 2020). Ao contrário dos poluentes atmosféricos clássicos regulados por padrões de qualidade do ar da Resolução CONAMA nº 491/2018 (CONAMA, 2018), recentemente substituída pela Resolução CONAMA nº 506/2024 (CONAMA, 2024), a legislação nacional é escassa,

vaga e subjetiva quanto ao odor, o que dificulta a solução do problema.

Cinco fatores inter-relacionados comumente referidos pela sigla FIDOL são amplamente aceitos como importantes determinantes do impacto de odores (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. Alguns países europeus, como a Áustria, a Dinamarca e a Noruega, apresentam legislações detalhadas sobre o assunto, abordando vários ou todos esses fatores (Brancher *et al.*, 2017; Vieira, 2017).

Quanto aos métodos de monitoramento e de avaliação de impacto existentes, alguns dos principais são olfactometria de diluição dinâmica (ODD),

conforme norma EN 13725:2022 (CEN, 2022), olfatometria de campo (OC), inspeções em campo com método da grade (CEN, 2016a) ou método da pluma (CEN, 2016b) e modelagem de dispersão atmosférica (MDA) (Brancher *et al.*, 2017; Bax *et al.*, 2020).

Em países nos quais não há critérios estabelecidos para avaliação de impacto de odor, a seleção arbitrária de critérios de outras jurisdições deve ser evitada. Por exemplo, foi demonstrado que resultados de MDA podem variar de forma muito pronunciada mesmo para níveis de proteção similares (Brancher *et al.*, 2019). Isso implica que o raciocínio por trás da adoção de um critério específico deve ser bem discutido e justificado.

Embora um progresso notável tenha sido observado recentemente, a avaliação de impacto de odor ainda é caracterizada por incertezas e lacunas inerentes aos métodos de avaliação. Esses problemas dificultam a harmonização de legislações entre jurisdições e têm contribuído para a diversidade de abordagens e critérios relacionados à poluição por odores ambientais.

Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho é propor critérios quantitativos claros e objetivos para a avaliação de impacto de odor no Brasil, tecnicamente embasados e possíveis de serem implantados, além de um protocolo de avaliação para instruir o licenciamento ambiental de empreendimentos emissores de odor. Estes critérios e protocolo formam uma estratégia de avaliação de impacto de odor, e são uma inovação e uma ferramenta importante para o avanço da gestão da poluição relacionada ao odor no país.

2. Metodologia

Este trabalho trata-se de pesquisa aplicada (prática). Devido ao caráter exploratório da análise de dados, a pesquisa é classificada como descritiva. Os procedimentos foram baseados principalmente na pesquisa bibliográfica e documental para coleta de dados. 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. Enquanto Brancher *et al.* (2017) focou em critérios de impacto de odor (CIO) específicos para MDA, Bokowa *et al.* (2021) revisou e resumiu a legislação sobre odores em um contexto mais amplo. Além disso, foi realizada a avaliação de estudos de impacto de odores produzidos no Brasil, em que os aspectos de metodologia e critérios de avaliação adotados foram organizados em forma de tabelas.

Nesta etapa, tendo em vista a escassez de trabalhos nacionais, foram incluídos trabalhos divulgados em eventos científicos, artigos de revistas, monografias, dissertações e teses. As buscas foram realizadas na base de dados *Scielo*, no site do Repositório Institucional da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), instituição pioneira no estudo de odores no Brasil, na Escola de Saúde Pública da USP e a Escola Superior da CETESB. O ano inicial foi estabelecido como 2014. No total, 6 trabalhos nacionais foram avaliados, o que já revela o despertar do tema no Brasil e a necessidade do presente trabalho para avançar.

Considerando as informações resumidas da legislação internacional e os estudos nacionais, foram elaborados os critérios de impacto de odor

(CIO) para aplicação no Brasil, cujas justificativas são apresentadas na discussão dos resultados.

3. Resultados e discussão

Esta pesquisa sugere uma estratégia multi-ferramenta constituída de três categorias para a avaliação de odor, 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 da Melhor Tecnologia Prática Disponível (MTPD), planos de gestão e boas práticas operacionais; medidas proativas nas fontes.

Segundo Vieira (2017), a concentração de odor ambiente pode ser classificada de acordo com três limites: percepção ($1 \text{ ou}_E \cdot \text{m}^{-3}$ – unidade de odor

europeia por metro cúbico); reconhecimento ($1 - 5 \text{ ou}_E \cdot \text{m}^{-3}$); e incômodo ($5 - 10 \text{ ou}_E \cdot \text{m}^{-3}$). Além da concentração (medida do fator Intensidade do FIDOL), os critérios de impacto de odor internacionais em geral incluem também um valor de percentil (P) (para avaliar o fator Frequência do FIDOL) e a definição de intervalo de tempo para média ou razão pico-média (F) (para avaliar o fator D – Duração). A Tabela 1 apresenta o resumo dos critérios encontrados nos países estudados por Bokowa *et al.* (2021) e Brancher *et al.* (2017).

A seguir, são apresentados critérios para o método da olfatometria de campo e para modelagem de dispersão atmosférica (realizada com base em dados de taxa de emissão obtidos com ODD e/ou OC).

3.1. Critérios de impacto para Olfatometria de Campo (OC)

Segundo Brancher *et al.* (2017), a olfatometria de campo (OC) é a técnica mais empregada nas jurisdições norte-americanas para avaliar níveis

TABELA 1 – 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, Coréia 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)	$0,25 - 35 \text{ ou}_E / \text{m}^3$
Duração	Tempo de média	1s - 1h
	Razão pico-média (F)	1 - 45

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

de poluição de odor. Em linhas gerais, esta técnica consiste no uso de um olfatômetro de campo portátil para proporcionar a diluição do ar com o odor em ar limpo isento de odor, em razões discretas e conhecidas. O resultado é dado em termos de D/T (*Dilution-to-Threshold ratios*, ou razões de diluição), ou seja, o número de diluições necessárias para tornar o odor imperceptível, o que permite quantificar a concentração do odor (St. Croix Sensory Inc, 2020). A aplicação da OC é prática e requer menos tempo e recursos se comparada a metodologias mais robustas. Entretanto, o autor alerta que um procedimento bem definido e normatizado é essencial para assegurar resultados confiáveis para a técnica. Podem surgir discordâncias se a OC for aplicada aleatoriamente. As medições são *quasi* momentâneas e, portanto, são regidas pelas condições meteorológicas e perfil temporal de emissão da fonte de odor no momento da medição.

A Tabela 2 lista os limites de odor estabelecidos por legislações em várias jurisdições norte-americanas, com base no método da OC:

Segundo a Tabela 2, a abordagem legislativa utilizada nos Estados Unidos da América (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). 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 no local do reclamante, por inspetores treinados.

O limite de 7 D/T corresponde exatamente ao critério proposto para aplicação no Brasil, como nível desejável. Estes critérios já foram adotados em diversos estudos com olfatometria de campo realizados no Brasil (Malheiros *et al.*, 2016; Malheiros *et al.*, 2018; Perazzoli *et al.*, 2018; Schraier *et al.*, 2019) e são compatíveis com a classificação de Vieira (2017) já citada.

Portanto, em resumo, os critérios de avaliação de odor sugeridos para aplicação no Brasil, considerando o método da OC para verificação de reclamações, estão apresentados na Tabela 3.

3.1.1. Programa de monitoramento

Nos EUA, em geral, a aplicação de legislações que usam OC 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. Caso necessário, ele pode confirmar também o caráter e a ofensividade do odor para ter certeza de que o empreendimento correto está sendo investigado (McGinley, 2022). Geralmente, as inspeções em campo para confirmação de reclamações são breves, durando uma ou duas horas (McGinley, 2022).

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

TABELA 2 – Limites de odor no ar ambiente utilizando olfatometria de campo – 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 & Pope (2000) e Mahin (2001) *apud* Vieira (2017); Colorado (2013); Connecticut (2006); Illinois (1993); Kentucky (2016); Missouri (2014); Nevada (2022); North Dakota (2007); Wyoming (2018).

TABELA 3 – Critérios de avaliação de odor no ar ambiente (imissão) baseado em olfatometria de campo para verificar reclamações, sugeridos para aplicação no Brasil.

Critérios	Concentração de odor (D/T)	Forma de avaliação para 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: Elaborada pelos autores.

de medidas de controle de odor, para a verificação e calibração de modelos de dispersão de odor, dentre outros objetivos (St. Croix Sensory, 2020). Para estes objetivos mais amplos, é necessário o desenvolvimento de um plano de monitoramento adequado para cada caso específico. Este item busca apresentar algumas diretrizes mínimas, embasando-se nos estudos já realizados no Brasil (Tabela 4), em recomendações do desenvolvedor de um dos modelos comerciais de olfatômetro de campo (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).

O plano de monitoramento é uma questão de avaliação profissional específica caso a caso. Deverem ser considerados os aspectos de quantidade, a localização dos reclamantes, a possibilidade de ação legal, os recursos disponíveis e outros aspectos para a definição do plano de monitoramento ideal. 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 deles, 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 a 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 EUA, 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 têm resultados semelhantes (McGinley, 2018; McGinley, 2022). Além disso, outros aspectos que podem ser considerados ao elaborar um plano de monitoramento são relacionados:

- (i) à tipologia e às características das fontes emissoras,
- (ii) à variabilidade temporal das emissões,
- (iii) aos pontos de reclamantes e
- (iv) à rota de monitoramento e seus locais de medição.

Maiores detalhes sobre cada um desses aspectos podem ser encontrados em Perazzoli (2022).

A Tabela 4 apresenta a compilação dos planos de monitoramento aplicados para a olfactometria de campo nos trabalhos realizados no Brasil, estudados nesta pesquisa.

Na Tabela 5, 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 a verificação do atendimento a condicionantes (monitoramento de rotina).

3.2. Critérios de impacto para Modelagem de Dispersão Atmosférica (MDA)

Tendo em vista que atualmente não há nenhum padrão quantitativo para a emissão de odor no país,

TABELA 4 – 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: Elaborada pelos autores.

TABELA 5 – Sugestão de requisitos mínimos para planos de monitoramento de olfatometria de campo, para aplicação no Brasil.

Tipo de estudo	Plano de Monitoramento de OC	Recursos Humanos	Outros recursos necessários	Tempo de coleta em campo
Critério para diagnósticos	Cada ciclo de medição deve conter ao menos 40 amostragens (Guillot <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 acompanhando o avaliador, ou um segundo avaliador	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			Visitas mensais, com ciclos de medição de pelo menos 1h em pontos pré-estabelecidos, alternando os horários para contemplar períodos diferentes do dia.

FONTE: Elaborada pelos autores.

TABELA 6 – Critérios de avaliação de odor no ar ambiente (imissão) para modelagem de dispersão atmosférica (MDA) usados nos estudos realizados no Brasil.

Referência	Tipo de fonte estudada	Critérios de avaliação de odor		
		Concentração (ou _E /m ³)	Percentil	Tempo de média e F
Malheiros <i>et al.</i> (2016)	Planta agroindustrial de abate de suínos e sua ETE	<8 6	99 98	3 min 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).

considera-se que se deve iniciar com uma legislação que defina um critério de fácil entendimento e aplicação, e não excessivamente restritivo, mas que também não seja permissivo. Periodicamente, esta legislação pode ser revisada, incorporando mais detalhes e sugerindo limites mais restritivos, conforme a experiência da aplicação dos critérios que 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.

Quanto à ofensividade dos odores a serem sujeitos à regulação, cabe a ressalva de que os conceitos de odor “ofensivo” e “agradável” não são absolutos, e que diferentes indivíduos reagem distintamente a um mesmo odor. Apesar disso,

determinados odores são reconhecidamente desagradáveis. Por esse motivo, inicialmente, apenas odores ofensivos necessitam ser regulados, tendo em vista que odores agradáveis têm menor chance de suscitar reclamações relativas a incômodo, o que é confirmado pela compilação de estudos científicos brasileiros (Tabela 4 e Tabela 6), visto que todos os trabalhos avaliaram fontes de odor consideradas desagradáveis. Na Tabela 10 do item 3.4, são listadas atividades prioritárias para a aplicação do protocolo de avaliação proposto, as quais emitem odor reconhecidamente ofensivo.

A Tabela 6 apresenta o resumo de critérios de avaliação de odor dos estudos realizados no Brasil que empregaram o método da MDA e que apresentaram um critério quantitativo específico para odor. Todos os trabalhos citados empregaram o sistema de modelagem de dispersão atmosférica regulatório AERMOD, que é do tipo gaussiano e estacionário (*steady-state*). Assim como outros modelos, ele utiliza dados de emissão das fontes em conjunto com dados de topografia e meteorologia para simular

as concentrações de poluentes resultantes na área de estudo.

Por sua vez, em relação aos critérios de avaliação internacionais voltados para a MDA, a Tabela 7 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.* (2021). Observa-se que o percentil mais frequentemente adotado é o P98 e que 42% dos países estudados têm critérios diferentes para usos do solo distintos (fator Localização).

Na comparação entre os resultados da OC (Tabela 3) e a modelagem, os critérios adotados de frequência e intensidade em ambos os métodos devem ser tão uniformes quanto possível para produzir resultados coerentes. As definições das unidades D/T (olfatometria de campo) e $\text{ou}_E \cdot \text{m}^{-3}$ (MDA usando dados de ODD) são bastante parecidas, conforme mostrado pelas equações (1) (St. Croix Sensory Inc, 2020) e (2) (McGinley, 2018; Malheiros *et al.*, 2018):

$$C_{\text{odor}} \left[\frac{\text{D}}{\text{T}} \right] = \frac{\text{Volume de ar filtrado (sem odor)}}{\text{Volume de ar com odor}} = \frac{V_{\text{filtrado}}}{V_{\text{odor}}} \quad (1)$$

$$C_{\text{odor}} [\text{ou}_E \cdot \text{m}^{-3}] = \frac{\text{Volume total de ar}}{\text{Volume de ar com odor}} = \frac{V_{\text{filtrado}} + V_{\text{odor}}}{V_{\text{odor}}} = \frac{V_{\text{filtrado}}}{V_{\text{odor}}} + 1 \quad (2)$$

Desta forma, é possível comparar os resultados de OC, em D/T, e a concentração estimada para o entorno pela MDA com resultados de ODD, em $\text{ou}_E \cdot \text{m}^{-3}$, da seguinte forma (adaptado de Malheiros *et al.*, 2018):

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

Em relação aos percentis, o autor Griffiths (2014) sugere o uso de critério multipercenital calibrado, que tem, em teoria, 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 temporais 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 multipercenital pode ter limitações para levar em consideração o incômodo resultante das dimensões de frequência e intensidade do odor.

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

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

TABELA 7 – 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	
Frequência	Percentis - % (P)	85≤ P ≤97 P=98 99 ≤ P < 100 P = 100	2 10 8 4	8% 42% 33% 17%	Alemanha e Áustria Itália, França, Irlanda, Países Baixos, Reino Unido, Espanha, Colômbia, Alemanha, Bélgica, Canadá Austrália, Dinamarca, Noruega, Israel, Itália, França, Países Baixos, Canadá Israel, Hong Kong, Itália, Canadá
Intensidade	Concentração limite de odor - ou _E /m ³ (Ct)	0,25 - 35 ou _E .m ⁻³	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, Coréia do Sul, China, Japão, Hungria, jurisdições Belgas, Catalunha (Espanha), Dínamarca, França
Duração	Tempo de média (T) e Razão pico-média (F)	Igual a 1h (F = 1) Diferente de 1h (1s, 5s, 1, 3, 4, 10 min) (F varia de 1,65 a 45)	11 8	46% 33%	Austrália (Queensland), NZ, Dinamarca, Noruega, França, Irlanda, Países Baixos, Reino Unido, Espanha, Colômbia, Bélgica Austrália (NSW, South Australia, Victoria, Western Australia); Austria, Dinamarca, Israel, Hong Kong, Itália, Alemanha, Canadá
Ofensividade	Ajuste de Ofensividade	Tipos de atividades distintos possuem Ct ou P distintos Ct varia de acordo com a densidade populacional do entorno	6 1	25% 4%	Países Baixos, Reino Unido, Espanha, Colômbia, Panamá, Bélgica Províncias de NSW e South Australia (Austrália)
Localização	Ajuste de Localização (uso do solo)	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: Adaptado de Branner *et al.* (2017) e Bokowa *et al.* (2021).

de percentis relativamente baixos como o P98 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 os resultados (Brancher *et al.*, 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 for relativamente mais elevada.

Em relação à questão de tempo de média na definição de Critérios de Impacto de Odor (CIO), 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 de forma operacional para descrever as flutuações, apesar de suas limitações notáveis. 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 têm sido utilizados, resultando em tempos de média que variam de 1 segundo até 1 hora (Brancher *et al.*, 2017). Segundo a Tabela 7 e Brancher *et al.* (2017), as duas vertentes principais de CIO, no que diz respeito ao tempo de média, são:

a) Critérios com base horária (nos quais a percepção de curto prazo é possivelmente incorporada de forma empírica), portanto não é necessária a

aplicação de fator pico-média, 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 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 predizer 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;

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 é de que a precisão e a adequação dos fatores pico-média são diretamente proporcionais 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 demasiadamente os resultados (Brancher *et al.*, 2020).

Tendo em vista o status do tema no Brasil, sugere-se inicialmente a adoção de um fator pico-média constante, devido à praticidade de implementar e de verificar, e por ser uma abordagem conservadora,

visto que foi mostrada a tendência de superestimar os resultados (Brancher *et al.*, 2020), desde que se adote um fator suficiente.

Segundo Simms *et al.* (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, uma vez 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 OC (Malheiros *et al.*, 2018). Aplicando a lei de potência para o tempo de pico de 3 min e expoente $n = 0,2$, obtém-se um $F = 1,821$, mesmo já usado em outros estudos (Tabela 6). Portanto, os critérios de avaliação de odor para o método da MDA sugeridos para aplicação no Brasil estão resumidos na Tabela 8.

Nota-se que a sugestão da Tabela 8 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).

3.3. Critérios de MTPD e distâncias mínimas de núcleos populacionais

Segundo o trabalho de Perazzoli (2022), cerca de 80% das legislações brasileiras relativas a odor exigem o controle de emissões odoríferas nas fontes emissoras ou o uso de MTPD (melhor tecnologia prática disponível). Desse modo, 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. Sugere-se, assim, que os critérios da legislação brasileira incluem 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

TABELA 8 – Critérios de avaliação de odor no ar ambiente (imissão) para modelagem de dispersão atmosférica, sugeridos para aplicação no Brasil.

Zona	Concentração de odor (ou_E/m^3)	Percentil	Tempo de média (F)	Forma de avaliação
Residencial / Comercial	<8			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 olfactometria dinâmica (EN13725), ou na impossibilidade de usar este método (por exemplo, para fontes fugitivas), realizar modelagem reversa com dados de olfactometria de campo, segundo orientações específicas da TABELA 3 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	P98	3 min (F= 1,821)	

FONTE: Elaborada pelos autores.

para o entorno e até mesmo para evitar a necessidade de 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.

Dessa forma, sugere-se que seja requerida a manutenção de distâncias mínimas de separação de 500 m 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, 2021).

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 MDA que comprovem o atendimento aos critérios de avaliação de impacto do odor da Tabela 8 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 da Tabela 3.

A Tabela 9 resume os critérios legais para avaliação do odor ambiental desenvolvidos nesta pesquisa, reunindo três abordagens regulatórias citadas por Brancher *et al.* (2017) e detalhando os tipos de fontes (novas ou existentes), as metodologias aplicadas, os critérios propostos e a forma de

avaliação para cada critério. Nela são incluídos os critérios detalhados na Tabela 3 e na Tabela 8.

3.4. Protocolos de avaliação para aplicação prática dos critérios no licenciamento ambiental

O desafio para os 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 a 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 (Melo Lisboa *et al.* 2014). Buscando superar este desafio, este trabalho propõe o protocolo a seguir para avaliação do odor em diferentes casos.

Brancher *et al.* (2017) concordam com trabalhos prévios de revisão regulamentar (Rwdi Air Inc, 2005; DEFRA, 2010; Bull *et al.*, 2014) cujos 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 olfatometria de campo;

TABELA 9 – Resumo dos Critérios Legais para Avaliação do Odor Ambiental desenvolvidos para aplicação no Brasil.

Abordagem Regulatória	Tipo de fonte	Metodologia	Critério proposto	Forma de avaliação
Padrão de Máximo Impacto (PMIm)	Novas e existentes	Modelagem de dispersão	Tabela 8 ($C < 8 \text{ ou}_E \cdot \text{m}^{-3}$ (residencial/comercial) ou $< 10 \text{ ou}_E \cdot \text{m}^{-3}$ (outras áreas); P98, F=1,821)	Tabela 8
		Olfatometria de campo	Tabela 3 (<7 D/T)	Tabela 5 (diagnósticos ou monitoramento de rotina)
Padrão de Tecnologia de Controle (PTC)	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 operação 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.
Padrão de Distância Mínima de separação (PDMS)	Novas	Não aplicável	Exigência de uso de MTPD para todas as novas fontes de odor a serem implantadas 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 Tabela 8 (modelagem de dispersão) e Tabela 3 (olfatometria de campo).	Estudos e projetos a serem apresentados pelo empreendedor no licenciamento prévio/instalação

FONTE: Elaborada pelos autores.

3. Mitigação e planos de controle: as ferramentas para apoiar a indústria com o intuito 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 incluem 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).

Com base na discussão já apresentada e nos fluxogramas de avaliação de impacto sugeridos por Vieira (2017), e considerando os critérios da Tabela 9, foram elaborados quatro fluxogramas para compor o protocolo de avaliação proposto neste trabalho: licenciamento prévio e/ou instalação de fontes emissoras novas (Figura 1); renovação de

Licença de Operação (LO) de fontes existentes, quando não há registro anterior de queixas de odor (Figura 2); renovação de Licença de Operação (LO) de fontes existentes, quando há registro anterior de queixas de odor (Figura 3); e um fluxograma para verificação de queixas de odor (Figura 4).

As fontes para as quais se sugere a aplicação deste protocolo são aquelas vinculadas às atividades listadas na Tabela 10.

O porte do empreendimento 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. Dessa 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.

A Figura 1 apresenta o fluxograma de avaliação sugerido para o 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 Padrão de Tecnologia de Controle (PTC), ou seja, as boas práticas operacionais e o uso de MTPD (Melhor Tecnologia Prática Disponível), o que visa a prevenção e a 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 a classificação em pontuais ou difusas

TABELA 10 – 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_2S), mercaptanas, metilsulfeto, Enxofre Reduzido Total (ERT), etc.	ETE municipais e industriais (principalmente tratamento anaeróbio), indústria de papel e celulose; biodigestores, compostagem, aterros sanitários, curtumes, etc.
Compostos nitrogênicos	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); SEMA (2014); Zarra *et al.* (2008); Brancher *et al.* (2017).

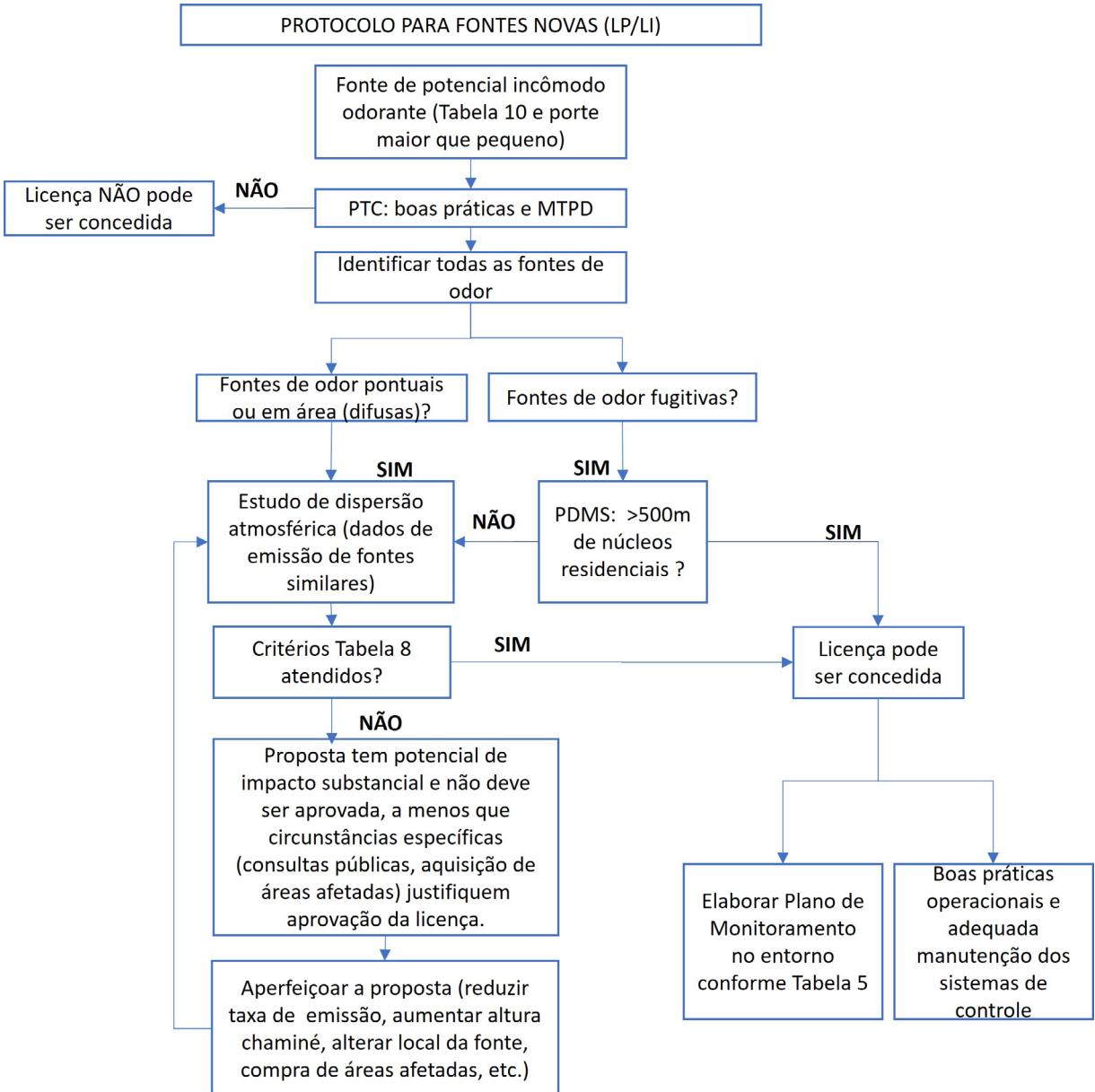


FIGURA 1 – Fluxograma de avaliação para licenciamento (LP/LI) de fontes de emissão de odor novas.

FONTE: Elaborada pelos autores.

(que devem ser avaliadas por modelagem de dispersão) ou fugitivas, para as quais se deve ainda aplicar o critério de distância mínima de núcleos populacionais existentes ou planejados ($> 500m$). Caso esta distância não seja atendida, a licença pode ser concedida apenas se for realizada a modelagem de dispersão e se os critérios de impacto de odor (Tabela 8) forem 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 da Tabela 5 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.

A Figura 2 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 a modelagem de dispersão para verificação dos critérios da Tabela 8.

A Figura 3 mostra o fluxograma para casos de renovação de LO quando há histórico de reclamações de odor. A diferença deste fluxograma em re-

lação ao da Figura 2 é a inclusão do monitoramento em campo (olfatometria de campo no entorno) para diagnóstico e verificação do atendimento ao critério de < 7 D/T (Tabela 3). 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 se ele tem apenas fontes fugitivas e se atende 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 com a coleta de evidências da aplicação de boas práticas operacionais e adequada manutenção dos sistemas de controle de odor.

Por fim, a Figura 4 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 futura consulta. 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 faça a verificação da queixa, poupando 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 quei-

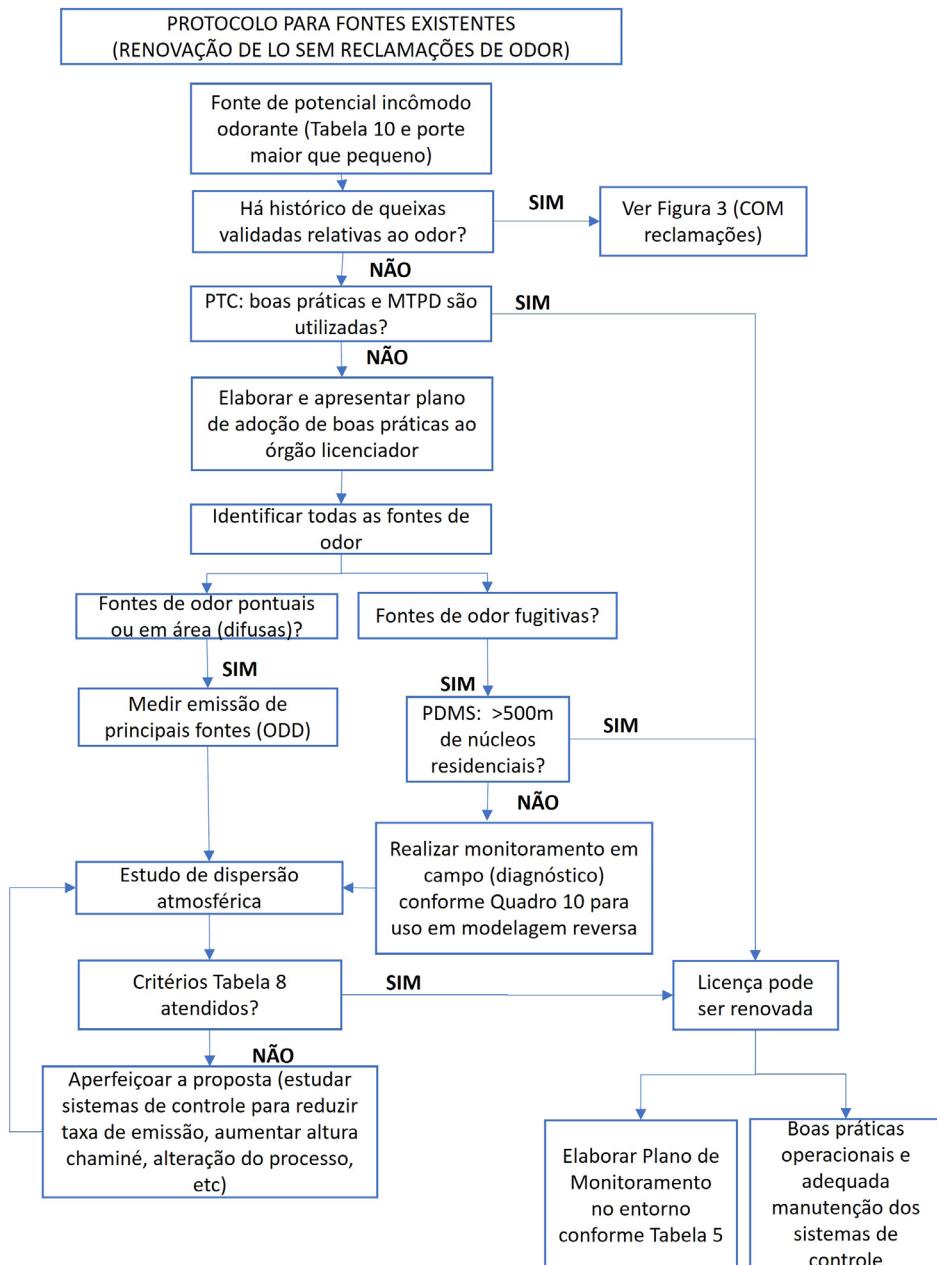


FIGURA 2 – Fluxograma de avaliação para licenciamento de fontes de emissão de odor existentes (renovação de LO) sem reclamações de odor.
FONTE: Elaborada pelos autores.

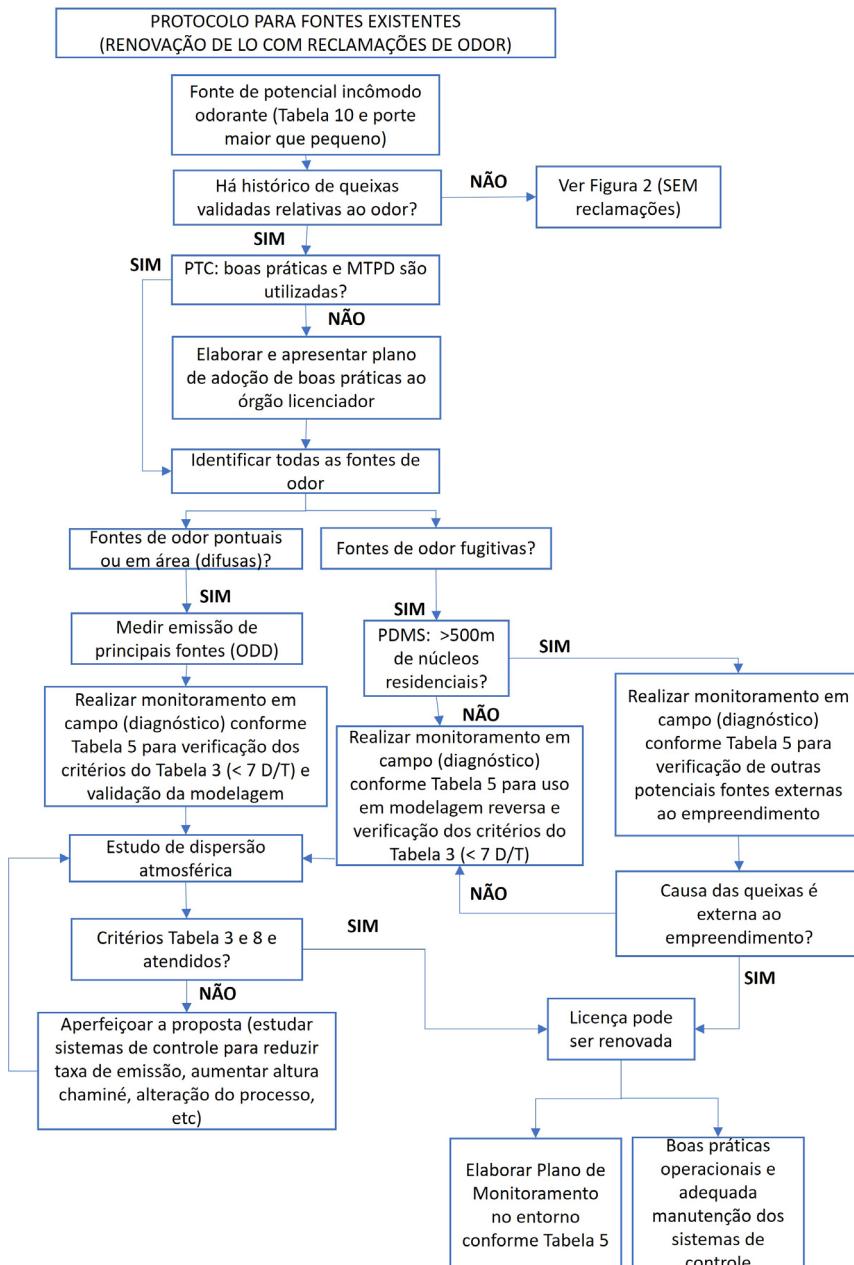


FIGURA 3 – Fluxograma de avaliação para licenciamento de fontes de emissão de odor existentes (renovação de LO) com reclamações de odor.
FONTE: Elaborada pelos autores.

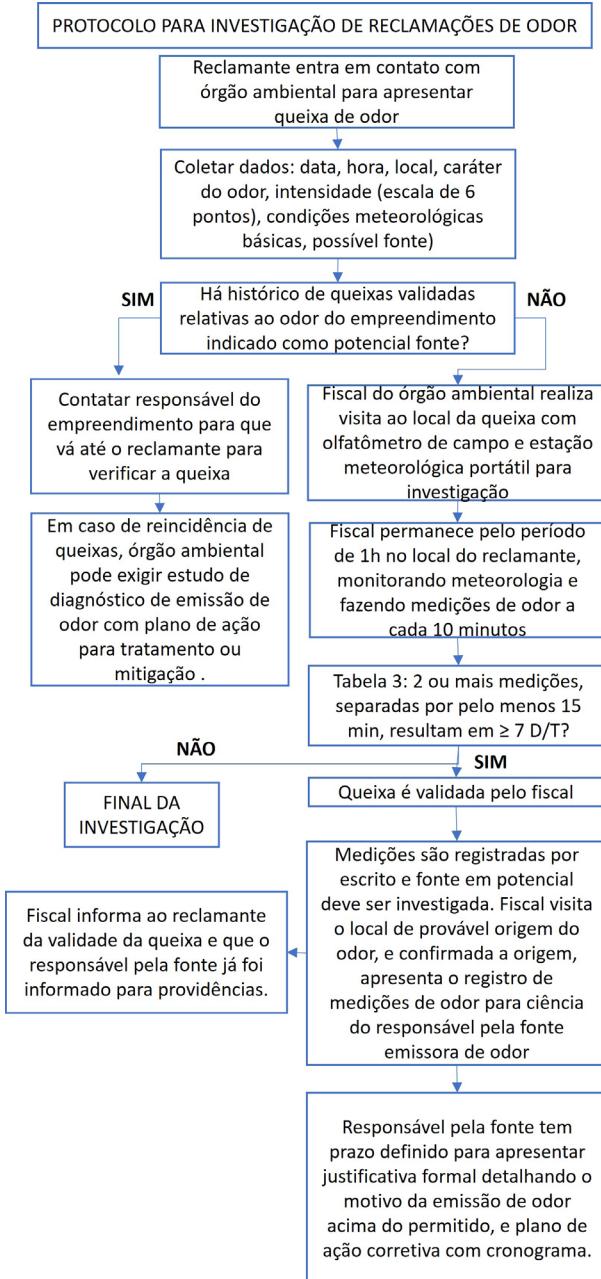


FIGURA 4 – Fluxograma para investigação de reclamações de odor (validação de queixas).

FONTE: Elaborada pelos autores.

xa, 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 da Tabela 3 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 dentro de um prazo determinado pelo órgão.

Cabe ressaltar que, para que a investigação de queixas tenha sucesso, é necessário que as comunidades do entorno de fontes de emissão de odor sejam adequadamente informadas sobre como proceder para reportar as queixas, através de um plano de comunicação que divulgue canais de contato e da prestação de contas sobre as ações realizadas.

4. Conclusões

A análise da legislação internacional relativa ao odor ambiente mostrou que, no universo pesquisado, 85% dos países utilizam um Critério de Impacto de Odor (CIO) composto por um valor de concentração de odor, um valor de percentil e um valor de fator pico-média, e que este CIO é avaliado usando modelagem matemática de dispersão. O levantamento e a sistematização de trabalhos de avaliação de impacto de odores realizados no Brasil mostraram que os métodos OC, ODD e MDA já são utilizados no país.

Considerando que os critérios adotados em outras jurisdições devem ser ajustados à realidade brasileira, foram propostos critérios de impacto de

odor para o Brasil contemplando os métodos da OC – olfatometria de campo (nível desejável $< 7 \text{ D/T}$) e MDA – modelagem de dispersão atmosférica ($C < 8 \text{ ou.m}^{-3}$ (residencial/comercial) ou $< 10 \text{ ou.m}^{-3}$ (outras áreas); P98, $F=1,821$). Para fontes novas fugitivas, foi proposta a distância mínima de separação de 500 m para áreas residenciais existentes ou planejadas. Para fontes existentes e novas, sugere-se a exigência do uso de boas práticas operacionais para a minimização da emissão do odor, bem como o uso de MTPD para fontes novas.

Foi proposto também um protocolo de avaliação, composto por quatro fluxogramas que visam orientar a aplicação prática dos CIO no processo de licenciamento ambiental. Este protocolo e os critérios objetivam a formalização e a padronização de procedimentos com clareza para todos os envolvidos.

Os critérios e o protocolo formam uma estratégia para avaliação de odor ambiental no Brasil e são uma inovação importante para o avanço da gestão da poluição relacionada ao odor no país. Espera-se, assim, que a adoção destes critérios e métodos bem definidos possibilite a prevenção e a solução de conflitos, além de contribuir para uma convivência harmoniosa.

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, 2019.

Bax, C.; Sironi, S.; Capelli, L. How Can Odors Be Measured? An Overview of Methods and Their Applications. *Atmosphere*, 11, 92, 2020. doi: [10.3390/atmos11010092](https://doi.org/10.3390/atmos11010092)

-
- 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*, 12, 206, 2021. doi: [10.3390/atmos12020206](https://doi.org/10.3390/atmos12020206)
- Brancher, M.; K. Griffiths, D. K.; Franco, D., Lisboa, H. M. A review of odour impact criteria in selected countries around the world. *Chemosphere*, 168, 1531-1570, 2017. doi: [10.1016/j.chemosphere.2016.11.160](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.160)
- Brancher, M.; Hieden, A.; Baumann-Stanzer, K.; Schauberger, G.; Piringer, M. Performance evaluation of approaches to predict sub-hourly peak odour concentrations. *Atmospheric Environment*, 7, 100076, 2020. doi: [10.1016/j.aeaoa.2020.100076](https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2020.100076)
- Brancher, M.; Piringer, M.; Grauer, A. F.; Schauberger, G. Do odour impact criteria of different jurisdictions ensure analogous separation distances for an equivalent level of protection? *Journal of Environmental Management*, 20, 394-403, 2019. doi: [10.1016/j.jenvman.2019.03.102](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.102)
- 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*, 27(3), 457-466, 2011. Disponível em: <https://agsr.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201400095617>.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018*. Brasília: DOU de 21/11/2018.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 506, de 05 de julho de 2024*. Brasília: DOU de 11/07/2024.
- 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, 2014. Disponível em: <www.iaqm.co.uk/text/guidance/odour-guidance-2014>. Acesso em: mai. 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.
- 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: mai. 2022.
- Connecticut. *Regulation 22a-174-23. Control of odors*. 04 abr. 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: mai. 2022.
- Conti, C.; Guarino, M.; Banacetti, J. Measurements techniques and models to assess odor annoyance: A review. *Environment International*, 134, 105261, 2020. doi: [10.1016/j.envint.2019.105261](https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105261)
- DEFRA – Department for Environment, Food and Rural Affairs. *Odour Guidance for Local Authorities*. London: DEFRA, 2010.
- GMBI – Gemeinsames Ministerialblatt - Joint Ministerial Gazette. *TA Luft –Technical Instructions on Air Quality Control. Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft*. Berlin: Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 2021.
- Griffiths, K. D. Disentangling the frequency and intensity dimensions of nuisance odour, and implications for jurisdictional odour impact criteria. *Atmospheric Environment*, 90, 125-132, 2014. doi: [10.1016/j.atmosenv.2014.03.022](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.03.022)
- Guillot, J. M. et al. The future European standard to determine odour in ambient air by using field inspection. *Water Science and Technology*, 66, n. 8, 1691-1698, 2012.

-
- 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: mai. 2022.
- Kentucky. *Regulation 401KAR53:010*. 01 ago. 2016. Disponível em: <<http://kyrules.elaws.us/rule/401kar53:010>>. Acesso em: mai. 2022.
- Mahin, T. D. Comparison of different approaches used to regulate odours around the world. *Water Science and Technology*, London, 44(9), 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: *Anais do XIX Congresso Brasileiro de Meteorologia*. João Pessoa, 7-11 de nov., 2016.
- Malheiros, A. L.; Nocko, H. R.; Vissoto, S.; Engel, M. S.; Perazzoli, D. L.; Frantz, D. S. Modelagem de dispersão, monitoramento ambiental, olfatometria e pesquisa de percepção: análise integrada de diferentes metodologias na avaliação de poluição atmosférica por substâncias odoríferas em complexo industrial. In: *Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Recife, 3-6 de nov., 2014.
- Malheiros, A. L.; Perazzoli, D. L.; Schraier, J. A.; Nocko, H. R. Odor: olfatometria de campo como ferramenta de avaliação de impacto ambiental relativo ao odor. In: *Anais do III Simpósio Internacional MAUI de Desenvolvimento Urbano e Industrial*. Curitiba, 5 de abr., 2018.
- McGinley, C. M.; Mahin, T. D.; Pope, R. J. Elements of Successful Odor / Odour Laws. In: *Proceedings of the Odor and VOC Emissions*. Cincinnati, 2000.
- McGinley, M. *Re: Questions - Odor monitoring plan and normalization* [Mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: debora.perazzoli@envexengenharia.com.br. 17 mai. 2018.
- McGinley, M. *Re: RES: Questions - Odor monitoring plan and normalization - master's dissertation* [Mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: debora.perazzoli@envexengenharia.com.br. 11 jul. 2022.
- Melo Lisboa, H. de; Sivret, E.; Stuetz, R. M. Odour Regulations – Experiences from Australia. *Chemical Engineering Transactions*, 40, 181-186, 2014. doi: [10.3303/CET1440031](https://doi.org/10.3303/CET1440031).
- 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: mai. 2022.
- Nevada. *NAC 445B.22087*. Disponível em: <<https://www.law.cornell.edu/regulations/nevada/Nev-Admin-Code-SS-445B-22087>>. Acesso em: mai. 2022.
- North Dakota. *Chapter 33-15-16*. 01 jan. 2007. Disponível em: <<https://www.ndlegis.gov/information/acdata/pdf/33-15-16.pdf>>. Acesso em: mai. 2022.
- Perazzoli, D. L. *Proposta de Estratégias para Avaliação de Odor Ambiental no Brasil*. Curitiba, Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial) – UFPR, 2022.
- 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 H_2S , olfatometria e modelagem de dispersão. In: *Anais do Iº Seminário Nacional sobre Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto*. Curitiba, 7-9 de nov., 2018.
- 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. Disponível em: <<https://olores.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/03/Final-Report-Odour-management-in-British-Columbia.pdf>>. Acesso em: jul. 2021.
- São Paulo. *Decreto nº 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. São Paulo: DOU de 10/09/1976.
- 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: *Proceedings of the Air Pollution Conference Brazil*. Belo Horizonte, 22-24 de jul., 2019.

SEMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. *Resolução 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. Curitiba: DOU de 15/04/2014.

Silva, M. T. S. *Emissões atmosféricas odorantes de uma estação de tratamento de efluentes: limites geográficos da pluma*. Recife, Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Ambiental) – IFPE, 2020.

Simms, K. L.; Wilkinson, S.; Bethan, S. Odour nuisance and dispersion modelling: an objective approach to a very subjective problem. *Water Science and Technology*, London, 41(6), 89-96, 2000.

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.

Telles, M. A. S. *Levantamento das emissões de substâncias odoríferas de indústria cervejeira e seu monitoramento*. São Paulo, Monografia (Pós-graduação em Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos Legais) – Escola Superior da CETESB, 2018.

Vieira, M. M. *Contribuição para o desenvolvimento de políticas públicas de controle de incômodos olfativos no Brasil*. Florianópolis/Montpellier, Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – UFSC; e (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade de Montpellier, 2017.

Wyoming. *Chapter 2, Section 11*. 05 fev. 2018. Disponível em: <<https://rules.wyo.gov/Search.aspx>>. Acesso em: 22 mai. 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*, 58, 1, 89-94, 2008. doi: [10.2166/wst.2008.330](https://doi.org/10.2166/wst.2008.330)