

X-025 – AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA METODOLOGIA DE PRÉ-SELEÇÃO DE JURADOS OLFATOMÉTRICOS

Annemarie Reif⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Nathan Campos Teixeira⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e mestrando em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Andy de Sousa Maes⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e mestranda em Engenharia Ambiental na UFSC.

Leonardo Hoinaski⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Doutor em Engenharia Ambiental pela UFSC. Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC e supervisor do Laboratório de Controle da Qualidade do Ar (LCQAr).

Endereço⁽¹⁾: Laboratório de Controle da Qualidade do Ar – LCQAr. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rua Delfino Conti - Trindade - Florianópolis - SC - CEP: 88.040-970 - Brasil – Telefone: (48) 3721 – 4993. Email: leonardo.hoinaski@ufsc.br

RESUMO

No campo da poluição atmosférica, as emissões gasosas odoríficas representam motivos frequentes de desconforto para a população. Como meio de identificar a concentração odorante, advinda dos processos industriais, recomenda-se a utilização de um júri com sensibilidade olfativa e devidamente certificado.

A norma europeia CEN 13725/2003 descreve a metodologia aplicada a este tipo de análise, indicando o odor de referência padrão, o n-butanol, além da faixa de sensibilidade olfativa requerida para este composto, estabelecido entre 20 e 80 ppb. Apesar de muito empregada, a olfatometria dinâmica demanda de um alto investimento financeiro e da demanda de tempo dos laboratórios de medição de odores. Foi com o intuito de aperfeiçoar a seleção dos jurados que Godke et al. (2016) propôs o teste de Pré-Seleção. Este faria o papel de submeter um menor número de pessoas à certificação usual, vindo a aumentar a eficiência de aprovação dos candidatos.

O trabalho em questão objetivou a validação do método proposto por Godke et al. (2016), replicando-o com uma amostra de candidatos maior, avaliando também a influência dos fatores sexo e idade na aprovação a jurado. Os resultados encontrados apresentaram que a pré-seleção otimiza a certificação de jurados, com um melhor tempo de resposta. Entretanto, o teste de pré-seleção ainda precisa de uma base de dados maior para sua validação como etapa preliminar à certificação de jurados olfatométricos.

PALAVRAS-CHAVE: Olfatometria dinâmica, certificação, impacto odorante.

INTRODUÇÃO

A maioria das reclamações relativas à qualidade do ar junto ao ministério público, polícia e órgãos ambientais, estão relacionadas à percepção de odores (US EPA, 2000; GOSTELOW, PARSONS et al., 2001; SCHAUBERGER, PIRINGER et al., 2001; NIMMERMARK, 2004b; NICELL, 2009). Mesmo que os efeitos dos incômodos causados pelos odores na saúde humana ainda não estejam completamente desvendados, sua percepção pode acarretar em sintomas como: náuseas; vômitos; dores de cabeça; redução da sensação de bem-estar; etc. (ÁLVARES JR. et al., 2002 apud CARMO JR., 2005). Esses incômodos podem causar sérios conflitos sociais, ambientais e econômicos devido à deterioração da qualidade de vida e depreciação dos imóveis no entorno do emissor. Devido à crescente intolerância dos habitantes a questões ambientais e também à expansão de áreas residenciais, que se aproximam a empreendimentos, é importante controlar tal impacto (KABIR e KIM, 2010).

De acordo com Nicell (2009) existem duas abordagens possíveis para realizar a avaliação de impacto odorante em um receptor: a) monitoramento - efetuado a partir da medição direta do impacto/incômodo na localidade impactada ; b) modelagem - caracterizando a fonte e em seguida, estimando o impacto causado pela mesma no seu entorno, através de modelos matemáticos de dispersão. As avaliações devem incluir o estudo da Frequência (F) de ocorrência nos receptores, Intensidade/concentração (I), Duração de exposição (D) e Ofensividade (O) dos odores. Nicell (2009) inclui a Localidade (L) como um fator importante na determinação do incômodo odorante, formando a sigla FIDOL (NIMMERMARK, 2004a; NICELL, 2009). Ambos os métodos, de monitoramento e modelagem, necessitam de medições de concentração dos odores. Estas medições podem ser feitas através de metodologias físico-químicas (por equipamentos), sensoriais (olfatometria dinâmica ou questionários) ou mistas (narizes eletrônicos) (ZARRA, 2009).

Atualmente, a olfatometria dinâmica é largamente aplicada em medição de odores para fins de gestão ambiental, principalmente na Europa e América do Norte (UENO, H. et al., 2009; VAN HARREVELD et al., 2009). Seu princípio consiste em avaliar a concentração de odor de amostras de ar odorante, quando apresentadas a um painel de jurados, por meio de sua diluição em ar puro. Para tanto é necessário que o júri tenha a sua sensibilidade olfativa devidamente certificada. A metodologia aplicada para certificação de jurados olfatométricos geralmente é a recomendada pela CEN 13725/2003, indicando a utilização do n-butanol como odor de referência. O júri certificado deve possuir sensibilidade olfativa entre 20 a 80 ppb de n-butanol. O processo de certificação em si é dispendioso e costuma representar um alto investimento de tempo, verba e mão de obra aos laboratórios de odores, muitas vezes não justificado com a quantidade de aprovados obtida (GODKE et al., 2016).

Com intuito de otimizar a seleção desses jurados, Godke et al. (2016) propôs a instauração de uma pré-seleção, em escala estática, com o objetivo de descartar as pessoas menos aptas e aumentar a eficiência na aprovação de candidatos. A aplicação do pré-teste representou um ganho de eficiência de até 46% em relação ao processo de certificação tradicional sem o uso da pré-seleção de candidatos, utilizando um total de 31 voluntários. Tal resultado indica que a metodologia tende a oferecer uma grande economia de tempo e de recurso financeiro aos laboratórios de análises olfatométricas. Entretanto, o método proposto ainda não foi testado com um conjunto grande de jurados e requer validação. Este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência da metodologia de pré-seleção proposta por Godke et al. (2016).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para efeito de comparação repetiu-se o todo o procedimento executivo de testes, iniciando com a pré-seleção em escala estática, seguida da certificação por olfatometria dinâmica, utilizando também como odor de referência o indicado pela CEN 13725/2003, o n-butanol.

Ao todo 48 voluntários participaram da campanha realizada em abril de 2018. Dentre eles 21 foram do sexo masculino (44%) e 27 do sexo feminino (56%). As idades variaram entre 17 e 36 anos (média etária de 24 anos) e todos eram não fumantes.

Primeira etapa: processo de certificação

A certificação foi realizada por meio do olfatômetro ODILE 3500, fabricado pela empresa canadense ODOTTECH, que se encontra no Laboratório de Controle da Qualidade do Ar (LCQAr), no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (ENS-UFSC). Este foi projetado para liberar um fluxo de ar comprimido em meio a três saídas de ar, das quais somente uma deve receber o odor de referência. As concentrações são medidas mediante os votos dos jurados, que devem identificar o odor por meio do método da escolha forçada, de acordo com a CEN 13.725.

Os voluntários que participaram das análises foram dispostos em grupos de 6 pessoas (limite de uso do olfatômetro) ao longo de três dias de teste. Como previsto pela norma europeia, as sessões foram organizadas em 10 *rounds* válidos, nos quais os membros do júri foram submetidos a uma escala odorante pré-definida (Tabela 1), iniciando com uma concentração altamente diluída, de difícil detectabilidade, e decrescendo a uma razão igual a 2, até que todos tenham identificado o odor. O conjunto de séries de diluições será então capaz de produzir uma estimativa do Limite de Percepção Individual (LPI) dos candidatos.

Por falta de comercialização do cilindro padronizado de gás no Brasil, optou-se pela apresentação da atmosfera teórica de 10 ppmv, requerida de n-butanol, em sacos de Nalophan. Para viabilidade de comparação utilizou-se o mesmo valor experimental de 8,11 ppmv, calculado por Godke et al. (2016).

Tabela 1. Diluições inseridas no programa ODILE e respectivas concentrações.

Diluição	1	2	3	4	5	6
Concentração de n-butanol (ppbv)	5	10	20	40	80	160
Diluição necessária (8,11 ppmv)	1622	811	405	203	101	51

Fonte: Adaptado de Godke (2014)

Para ser certificado, conforme a CEN 13.725, é preciso que o candidato se enquadre nos seguintes critérios:

- *Critério 1: Antilogaritmo do desvio padrão dos LPI*

Este critério permite avaliar a regularidade das respostas dos candidatos ao longo dos três dias de teste. Logo, o antilogaritmo do desvio padrão dos limites de percepção individual, dado por 10^{site} , deve ser inferior a 2,3.

- *Critério 2: Sensibilidade olfativa*

Como o objetivo é representar a média geral da população, é preciso que o jurado não seja nem pouco e nem muito sensível. Assim, a média geométrica dos LPI, 10^{y} , deve estar compreendida entre 0,020 e 0,080 $\mu\text{mol/mol}$ ou entre 20 e 80 ppbv.

Segunda etapa: pré-seleção

A proposta do teste consiste em pré-selecionar candidatos extremamente sensíveis ou insensíveis ao odor de referência, podendo ser excluídos do processo tradicional de certificação. Como não haveria julgamento de aprovação ou reprovação nesta replicação, ele foi organizado para ser realizado em conjunto com os testes de certificação, sem exclusão de candidatos.

A metodologia foi introduzida seguindo os preceitos das normas americanas ASTM E544 e ASTM E679. Segundo a ASTM E544, a escala odorante do odor de referência (n-butanol), deve ser introduzida em atmosfera líquida a uma razão também igual a 2. O Limite de Percepção Odorante (LPO) para o n-butanol em água para esta mesma norma é 2,5 ppmv, a 21°C.

Já a ASTM E679 descreve o layout de apresentação do teste. As concentrações avaliadas foram dispostas de forma crescente (Tabela 2) em 10 fileiras de 3 Erlenmeyers de 500 mL. Em cada fileira, dois dos Erlenmeyers são preenchidos com 200 mL de água destilada e um contém a solução de n-butanol, também em 200 mL de água destilada. Os candidatos são novamente orientados a seguir o método da escolha forçada, começando pela fileira de menor concentração (Figura 1). O LPO dos candidatos se encontra no frasco de número 5.

Tabela 2. Escala odorante de n-butanol calculada para o método de pré-seleção.

Frascos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Volume de n-butanol (μL)	0,03	0,06	0,12	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00	16,00
n-butanol (ppmv fase líquida)	0,16	0,31	0,62	1,25	2,50	5,00	10,00	20,00	40,00	80,00
n-butanol (ppbv fase gasosa)	15	30	600	120	240	480	960	1920	3840	7680

Fonte: Godke et al. (2016)

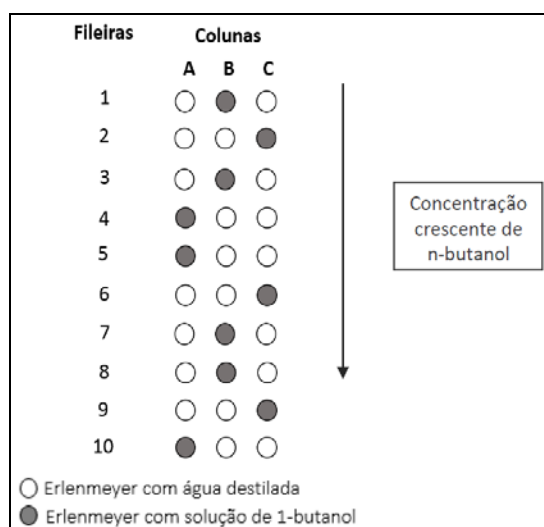


Figura 1. Organização das amostras do teste de Pré-seleção.

 Fonte: Godke (2014)

RESULTADOS

Dos 48 candidatos, 37 foram aprovados no teste de certificação, resultando em uma margem de reprovação relativamente baixa (23%), em comparação aos 40-60% relatados por Godke et al. (2016). Desta forma, de maneira complementar e seguindo o intuito de traçar um perfil mais apto à aprovação nos testes de seleção de jurados, avaliou-se o perfil dos candidatos durante o teste de certificação, conforme:

- **Sexo:** Apesar de não apontar evidências suficientes para aceitar a hipótese de que as mulheres apresentam um desempenho superior aos homens, foi verificada, nos dois trabalhos, uma tendência maior à aprovação no critério 1 para os candidatos do sexo feminino e no critério 2 para os candidatos do sexo masculino. Isso indica que durante o teste realizado as mulheres possuem o olfato mais estável.
- **Idade:** Não foi observada significância estatística por Godke em relação à idade dos candidatos ($p\text{-valor}_{\text{critério1}} = 0,468$ e $p\text{-valor}_{\text{critério2}} = 0,504$). Do mesmo modo, também não foi comprovada significância estatística nesta campanha ($p\text{-valor}_{\text{critério1}} = 0,987$ e $p\text{-valor}_{\text{critério2}} = 0,463$).

A Figura 2 apresenta os Limites de Percepção Individual dos candidatos que foram submetidos ao teste de pré-seleção nas duas campanhas. Diferentemente do esperado, neste trabalho a maioria dos candidatos não alcançaram seu LPI no frasco 5. Foram aprovados muitos candidatos no segundo frasco (que representa somente 12% da concentração do quinto frasco). Deste modo, este cenário destoa do teste realizado em 2014.

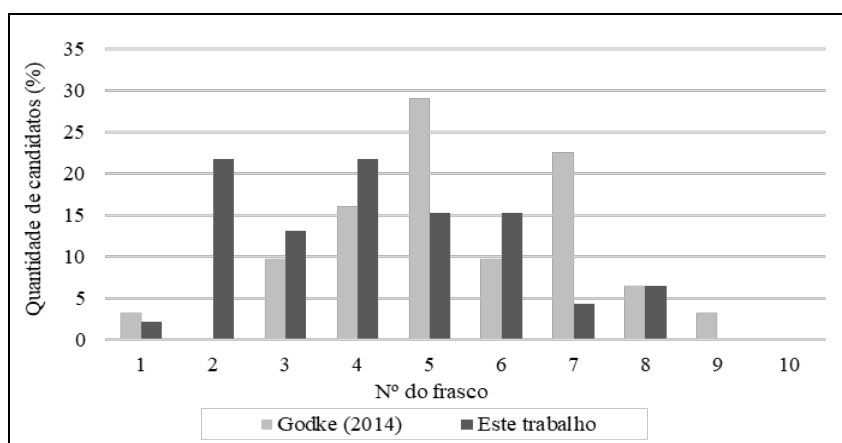


Figura 2. Comparativo entre os resultados dos LPI (frasco) no teste de Pré-seleção.

Para resumir o desempenho interativo dos dois testes foi feito uso da avaliação de testes de diagnóstico. A classificação “positiva” indicaria aprovação no teste de certificação e a “negativa” reprovação. De forma análoga, a classificação seria “verdadeira” caso se constataste aprovação na pré-seleção e “falsa” quando houvesse reprovação. Por conseguinte, foram aprovados 37 candidatos (77%) a jurados e verificado um erro de 10,3% no método, uma vez que 3 pessoas (VN) foram certificadas mesmo sendo reprovadas na pré-seleção (tabela 3).

Tabela 3. Classificação de desempenho dos candidatos conforme interação entre os testes.

Verdadeiro Positivo (VP)	26	37
Falso Positivo (FP)	11	
Verdadeiro Negativo (VN)	3	11
Falso Negativo (FN)	8	

Finalmente, as condições de teste, apresentadas na metodologia, possibilitam a análise de eficiência pelo emprego da pré-seleção. A Tabela 4 exibe os resultados obtidos em ambas as campanhas de teste em relação aos dois cenários de vantagem avaliados.

Tabela 4. Comparação entre as condições de teste.

Condição	Aproveitamento de candidatos certificáveis (a)				Eficiência de certificação (ef)			
	Godke et al. (2016)		Este trabalho		Godke et al. (2016)		Este trabalho	
1	100%	(19/19)	100%	(37/37)	61%	(19/31)	77%	(37/48)
2	47%	(9/19)	19%	(7/37)	89%	(8/9)	57%	(4/7)
3	89%	(17/19)	65%	(24/37)	82%	(14/17)	71%	(17/24)

Apesar de alcançar uma eficiência de 46% na condição 2, Godke et al. (2016) defendeu o uso da terceira condição de aprovação, por haver um aproveitamento de candidatos relativamente superior à segunda condição e uma eficiência igualmente satisfatória. Já nesta edição, as maiores eficiências foram obtidas na primeira e terceira condição. A escolha da primeira condição implicaria em não fazer uso do pré-teste, enquanto na terceira serão selecionados aqueles que apresentarem seu LPI entre os frascos 4 e 6.

CONCLUSÕES

Não é possível afirmar que a pré-seleção de candidatos represente um ganho de eficiência significativo na certificação de jurados em análises de odores. Contudo, a sua aplicação se mostra válida quando se deseja otimizar os recursos disponíveis, por propiciar um resultado semelhante, em um menor espaço de tempo. Neste

caso, a condição 3 de aprovação caracteriza o melhor cenário, assim como obtido no trabalho de Godke et al., (2016).

Quanto ao melhor perfil de jurados, também não foi factível confirmar se as mulheres têm maior aprovação e se de fato a percepção olfativa decresce com a idade, uma vez que não foi observada significância estatística em nenhum dos critérios.

Recomenda-se repetir os testes para avaliar a metodologia proposta por Godke et al. (2016), com um maior número de jurados, escalas de diluições mais amplas e outros tipos de compostos odorantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ÁLVARES JUNIOR et al. Emissões Atmosféricas. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI. Brasília – DN, 2002.
2. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM) E544-2010: Standard practices for referencing suprathreshold odor intensity. American National Standard, 2010.
3. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM) E 679-2011: Determination of Odor and Taste Thresholds by a Forced-Choice Ascending Concentration Series Method of Limits, Filadélfia, 2011.
4. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). EN: 13.725 Air quality – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry (english version). European Standard. Bruxelas, 2003.
5. GODKE, M. M. et al. Preselection test of jury for improvement of olfactometric certification efficiency. Environmental Technology (United Kingdom), v. 38, n. 12, p. 1580–1584, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/09593330.2016.1237559>>.
6. GOSTELOW, P.; PARSONS, S. A.; STUETZ, R. M. Odour measurements for sewage treatment works. Water Research, v. 35, n. 3, p. 579-597, 2001.
7. KABIR, E.; KIM, K.-H. An on-line analysis of 7 odorous volatile organic compounds in the ambient air surrounding a large industrial complex. Atmospheric Environment, v. 44, n. 29, p. 3492-3502, 2010.
8. NICELL, J. A. Assessment and regulation of odour impacts. Atmospheric Environment, v. 43, n. 1, p. 196-206, 2009.
9. NIMMERMARK, S. Odour influence on well-being and health with specific focus on animal productions emissions. Ann Agric Environ Med, v. 11, p. 163-173, 2004a
10. NIMMERMARK, S. Odour release, dispersion and influence on human well-being with specific focus on animal production. (Doctoral thesis). Department of Agricultural Biosystems and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences. 60 p., Alnarp.2004b.
11. SCHAUBERGER, G.; PIRINGER, M.; PETZ, E. Separation distance to avoid odour nuisance due to livestock calculated by the Austrian odour dispersion model (AODM). Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 87, n. 1, p. 13-28, 2001.
12. UENO, H. et al. Difference in the odor concentrations measured by the triangle odor bag method and dynamic olfactometry. Water Science and Technology, v. 59, n. 7, p. 1339–1342, 2009.
13. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Workshop on Unmix and PMF as Applied to PM2.5. February 2000.
14. ZARRA, T., NADDEO, V., BELGIORNO, V., REISER, M. AND KRANERT, M. Instrumental characterization of odour combining olfactory and analytical methods. Water Science & Technology, WST v. 59.8, 2009.
15. VAN HARREVELD, A.P. et al. Proficiency testing as the key element in implementing EN13275 olfactometry. Water Science and Technology, v. 59, p. 1649–1655, 2009.