

IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE ALDEÍDO FÓRMICO: MÉTODOS POSSIVELMENTE APLICÁVEIS A AMOSTRAS AMBIENTAIS PROVENIENTES DE CEMITÉRIOS

BRUNA ORLANDO CORRÊA¹; DIOGO LA ROSA NOVO²; CARLA DE ANDRADE HARTWIG³

¹*Grupo de Pesquisa em Química Analítica e Forense (GPQAF) - Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – bruna.orlandoc@hotmail.com*

²*Grupo de Pesquisa em Química Analítica e Forense (GPQAF) - Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – diogo.la.rosa@hotmail.com*

³*Grupo de Pesquisa em Química Analítica e Forense (GPQAF) - Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – carlahartwig@yahoo.com.br*

1. INTRODUÇÃO

Cemitérios são vistos como atividades de risco ambiental por impactarem as condições naturais do solo e das águas subterrâneas. Esses riscos decorrem da decomposição dos corpos que libera diversos compostos que podem ser lixiviados para o solo sob as sepulturas. Existem quatro tipos de cemitérios no Brasil: verticais, tradicionais (horizontais), crematórios e jardim/parque. Em cemitérios horizontais as covas são dispostas em fileiras, há pouca ou nenhuma arborização e, como os cadáveres são enterrados, a decomposição ocorre de maneira mais rápida liberando líquidos e gases poluentes (Betiatto; Bini; Souza, 2015; Pinheiro, 2018).

Além dos contaminantes provenientes da degradação dos corpos, outros contaminantes, oriundos dos processos de tanatopraxia e embalsamamento realizados pelas funerárias nos corpos antes do enterro, não são degradados pela decomposição e, com a chuva, podem ser lixiviados para o solo e, por consequência, para as águas subterrâneas. Assim, a formolização de cadáveres pela injeção dos tanatoquímicos/tanatofluidos compostos de fenol, aldeído fórmico, estabilizantes e corantes, libera resíduos junto ao necrochorume proveniente da decomposição dos corpos aumentando o potencial contaminante das necrópoles (Carneiro, 2009; Pacheco; Matos, 2000; Souza; Botelho, 1999).

O aldeído fórmico, mais conhecido como formol ou formaldeído, é um gás de odor cáustico em temperatura ambiente, incolor, volátil e extremamente inflamável. Mesmo possuindo uma meia vida curta, pode causar malefícios a saúde pública se entrar em contato com a pele e/ou mucosas (olhos, boca, narinas e garganta) provocando espasmos musculares, salivação excessiva, dispneia, erupções cutâneas, coma e, como possui características corrosivas, pode causar lesões na mucosa gástrica caso ingerido diluído em água (Oga; Batistuzzo; Camargo, 2021).

Assim, devido às necrópoles serem uma possível latente de poluição ambiental, há um consenso na literatura de que são necessárias medidas de controle, tratamento e mitigação dos resíduos provenientes desses ambientes, como o necrochorume e os substratos da decomposição de corpos. Também é sugerida a implantação de poços de monitoramento de águas subterrâneas nos cemitérios e nas suas redondezas, além de análises periódicas de amostras ambientais (solo, plantas e água) visando identificar a contaminação desses poluentes (Hino, 2015; Kemerich; *et al.*, 2014).

Contudo, mesmo se realizadas, as pesquisas periódicas não conseguem ser conclusivas, pois a contaminação de amostras ambientais pelo formaldeído é de

difícil comprovação e avaliação pela escassez de estudos voltados a essa área e de legislações estabelecendo parâmetros de análise desses contaminantes provenientes de cemitérios no Brasil (Fernandes, 2014). Logo, esse trabalho teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico de possíveis métodos de identificação e quantificação de aldeído fórmico em matrizes variadas que possam ser aplicáveis em amostras ambientais provenientes de cemitérios.

2. METODOLOGIA

O levantamento de produções científicas recentes referentes ao tema foi realizado nas bases de dados do *PubMed/National Institutes of Health* (NIH), Google Acadêmico e *Research Gate*, utilizando-se combinadamente as palavras-chave ‘análises químicas’, ‘formaldeído’, ‘amostras ambientais’ e ‘contaminação ambiental’. Adotou-se, para nortear a revisão bibliográfica, a realização de um panorama das principais produções científicas sobre o tema entre os anos de 2020 e 2024. Foram utilizados artigos e dissertações escritos em português e inglês. Utilizaram-se como critérios de exclusão publicações duplicadas e aquelas que não tinham relação com o tema.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em consideração os critérios de seleção de publicações científicas expressos na metodologia, no período a que a pesquisa foi limitada, foram selecionadas 4 (quatro) publicações que estavam conforme a proposta de discussão, os quais se encontram a seguir detalhados.

No estudo de Canário *et al.* (2023) foi realizado um pré-preparo de amostras de leite (integral, semidesnatado, desnatado e sem lactose) por derivatização e extração líquido-líquido (ELL) antes da análise por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com Detecção por Arranjo de Diodos (CLAE-DAD). Assim neste trabalho em que foi estudada a aplicação de uma metodologia voltada para a determinação em amostras alimentícias, os autores procuraram quantificar o produto da derivatização do formaldeído com a 2, 4-dinitrohidrazina em meio ácido, ou seja, a 2, 4-dinitrofenilhidrazona, pois, como o formol possui alta polaridade e volatilidade, sua retenção em equipamentos de análise deste tipo é dificultada (Canário; *et al.*, 2023).

Além disso, para a validação do método proposto, os pesquisadores avaliaram os parâmetros descritos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), sendo eles seletividade, limite de detecção (LD), limite de quantificação (LQ), linearidade, efeito de matriz, robustez, exatidão e precisão (Canário; *et al.*, 2023).

Outro trabalho que utiliza da derivatização do formaldeído e da cromatografia líquida de alta eficiência para a determinação de formaldeído, agora em análise de amostras de água (doce, de piscina, não tratada e tratada, residual, mineral e de nascentes) foi publicado por José, Grossinho e Rebelo (2024). Apesar de fazerem o uso de um método parecido ao artigo anterior, os pesquisadores, neste caso, optaram pelo uso de cromatografia em fase reversa e com detector de ultravioleta, além da não realização da ELL nas amostras (José; Grossinho; Rebelo, 2024).

Já na pesquisa de Silva *et al.* (2023), os autores usaram o reagente de *Schiff*, o qual é formado a partir da reação do corante orgânico pararosalina cloridrato e

sulfito de sódio em meio ácido, para a identificação de aldeídos livres em amostras de alisantes capilares (escovas progressivas) e a posterior quantificação por Espectrofotometria de Absorção Molecular na região do Ultravioleta-Visível (UV-Vis). O método escolhido para a dosagem de formaldeído foi indireto, ou seja, foi necessária a reação do composto com acetilacetona e a posterior extração com 1-butanol do produto 3,5-diacetil-1,4-dihidrolutidina, antes da análise pelo equipamento no comprimento de onda de 410 nm (Silva; *et al.*, 2023).

A quarta publicação encontrada na literatura foi a de Manfredini, Filho e Schneider (2020), na qual é descrita a metodologia de análise de formaldeído em soluções de conservação de peças anatômicas de laboratórios de anatomia. Os autores realizaram uma ELL com diclorometano e secagem em colunas de sulfato de sódio anidro antes da análise das amostras por Cromatografia Gasosa com Detector de Ionização em Chama (CG-DIC) e injetor *split-splitless* (Manfredini; Filho; Schneider, 2020).

Logo, segundo as publicações encontradas na literatura, a determinação e quantificação de formaldeído em amostras variadas e até mesmo de matrizes complexas é possível. Porém, faz-se necessário, dependendo da metodologia de análise escolhida, um pré-tratamento das soluções amostrais e a derivatização do composto alvo para sua melhor retenção em equipamentos como os cromatógrafos. Assim, embora não se tratem de aplicações voltadas, em sua totalidade, para amostras ambientais, os trabalhos e metodologias aqui discutidos possuem potencial promissor para estudos de viabilidade quanto à aplicação em amostras relacionadas à cemitérios.

4. CONCLUSÕES

Com isso, o levantamento bibliográfico realizado neste trabalho mostrou que os métodos desenvolvidos pelos autores das publicações podem ser aplicados em amostras ambientais com os devidos aprimoramentos, pré-preparo e cuidados com possíveis efeitos de matriz. Além disso, os princípios utilizados e comprovados pelas pesquisas aqui apresentadas podem ser utilizados em conjunto no desenvolvimento de uma nova metodologia de análise para aldeído fórmico em amostras ambientais provenientes de cemitérios.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BETIATTO, A. C.; SOUZA, F. X.; BINI, F. C. A morte, atividade cemiterial e meio ambiente. **Revista Gepesvida**, v. 1, n. 2, p. 121-141, 2015.

CANÁRIO, A. C. S.; *et al.* Desenvolvimento e validação de método analítico para quantificação do teor de formaldeído por HPLC em leite. **Evidência**, v. 23, n. 1, p. 89–104, 2023.

CARNEIRO, V. S. Impactos causados por necrochorume de cemitérios: meio ambiente e saúde pública. **Águas Subterrâneas**, v. 1, 2009.

FERNANDES, D. A. O efeito do necrochorume no meio ambiente e sua imputação penal. **Amazon's Research and Environmental Law**, v. 2, n. 1, p. 6-27, 2014.

HINO, T. M. O necrochorume e a questão ambiental dos cemitérios. **Revista Especialize Online IPOG**, n. 10, v. 1, 2015.

JOSÉ, S. S.; GROSSINHO, J.; REBELO, H. Monitorização de formaldeído (HCHO) em amostras de água: avaliação de eventuais riscos para a saúde pública decorrentes da exposição a este composto. **Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge**, v. 13, n. 35, p. 80-84, 2024.

KEMERICH, P. D. C.; BIANCHINI, D. C.; FRANK, J. C.; BORBA, W. F.; WEBER, D. P.; UCKER, F. E. A questão ambiental envolvendo cemitérios no Brasil. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM**, v. 13, n. 5, p. 3777-3785, 2014.

MANFREDINI, K. L.; FILHO, I. N.; SCHNEIDER, V. E. Gerenciamento de resíduos de glutaraldeído, xilenos e formaldeído em um hospital escola e em um laboratório universitário de anatomia / Waste management of glutaraldehyde, xylenes and formaldehyde in a hospital school and in a university anatomy lab. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 15196–15217, 2020.

OGA, S.; CAMARGO, M. M. A; BATISTUZZO, J. A. O. **Fundamentos de Toxicologia**. São Paulo: Atheneu Editora, 2021.

PACHECO, A.; MATOS, B. A. Cemitérios e meio ambiente: critérios para a implantação e norma técnica. **Tecnologias do Ambiente**, v. 7, n. 33, p. 13-15, 2000.

PINHEIRO, T. M. Contaminação ambiental causada pelo necrochorume proveniente de cemitérios. **INOVAE – Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**, v. 6, n. 1, p. 144-171, 2018.

SILVA, V. B. M.; *et al.* Análise do formaldeído presente em alisantes capilares: design e uso de objeto virtual de aprendizagem como ferramenta da ação mediada. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 1, p. 26–45, 2023.

SOUZA, M.; BOTELHO, R. A. Métodos artificiais de tanatoconservação. **Saúde, Ética & Justiça**, v. 4, n. 1-2, p. 33, 1999.