ENARC
FOZ DO IGUAÇU-2023

NÍVEIS DE CONCENTRAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES EM PISO DE CONCRETO DE AMBIENTE DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, COM CONSEQUENTE CONTAMINAÇÃO DE SOLO

Levels of concentration of lubricating oils on concrete floor of industrial learning environment, with consequential soil contamination

Vitor Lorival Kudlanvec Junior
Universidade Federal do Paraná | Curitiba, Paraná | vitorlorival86@ufpr.br
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Paraná | Curitiba, Paraná | vitor.junior@sistemafiep.org.br

Resumo

Pisos industriais são frequentemente expostos a contaminações, incluindo óleos e graxas de diversas fontes. Neste estudo de caso, um laboratório de metalmecânica em atividade há 42 anos recebeu pintura à base de poliuretano em seu piso de concreto, resultando no surgimento de bolhas de óleo na superfície da nova pintura. Baseado nisso, o objetivo deste trabalho foi determinar o nível de contaminação do piso com hidrocarbonetos, para compreensão do problema encontrado. O ensaio realizado, segundo a norma SM 5520E para detecção de presença de hidrocarbonetos, mostra que nas áreas mais afetadas pela manifestação patológica a concentração de hidrocarbonetos é 74%, 45% e 14% maior a cada camada de concreto analisada, em relação à mesma camada na região de controle. Além disso, há concentração de hidrocarbonetos no solo abaixo do piso, 51% maior em relação à região de controle e 91% maior que na região de concreto adjacente.

Palavras-chave: contaminação de solo; hidrocarbonetos; penetração em concreto.

ABSTRACT

Industrial floors are often exposed to contamination, including oils and greases from a variety of sources. In this case study, a metalworking laboratory in operation for 42 years received polyurethane-based paint on its concrete floor, appearing oil bubbles on the surface of the new paint. Based on this, the objective of this work was to determine the level of contamination of the floor with hydrocarbons, in order to understand the problem encountered. The test carried out, according to the SM 5520E standard for detecting the presence of hydrocarbons, shows that in the areas most expected by the pathological manifestation, the concentration of hydrocarbons is 74%, 45% and 14% higher with each layer of protected concrete, in relation to the same layer in the control region. In addition, there is a concentration of hydrocarbons in the soil below the floor, 51% higher in relation to the control region and 91% higher than in the adjacent concrete region.

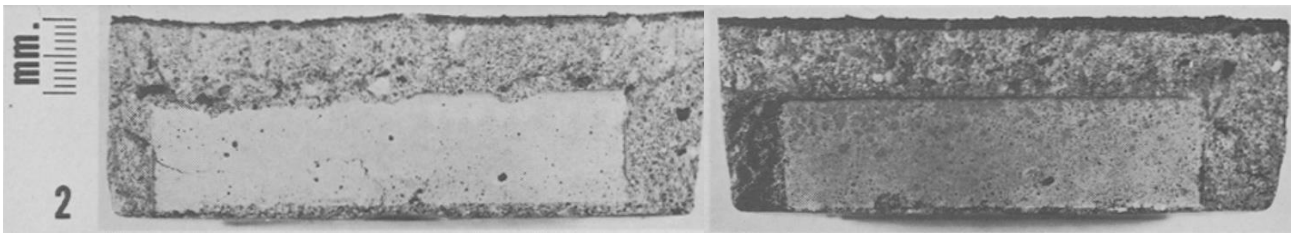
Keywords: soil contamination; hydrocarbons; concrete penetration.

1 INTRODUÇÃO

Os pisos industriais são frequentemente expostos a vários tipos de contaminação, incluindo óleos e graxas. Essas substâncias podem causar danos ao piso, ao solo que apoia o piso, além de aumentar o risco de acidentes, como escorregões e quedas.

A contaminação de óleos e graxas em pisos industriais pode ter várias causas, incluindo derramamentos acidentais, que pode ocorrer quando há uma falha no equipamento, como uma mangueira quebrada ou um vazamento em uma tubulação, o desgaste natural dos equipamentos, a falta de manutenção ou a contaminação de equipamentos externos, como empilhadeiras, que podem transportar óleo e graxa em seus pneus e rodas, deixando resíduos nos pisos onde eles se movem. A penetração de materiais oleosos em concreto é um fenômeno observado de longa data. O estudo de Gast, Kubie e Cowan (1971) cita que soluções de óleo de linhaça fervido em aguarrás mineral era capaz de penetrar a estutura porosa do concreto em uma taxa de até 7 milímetros em 105 dias, dependendo das condições da viscosidade do óleo (Figura 1). Desde então, não foram publicados estudos relevantes sobre este assunto específico. De toda forma, muito foi estudado com relação à penetração de outros contaminantes de origem química como cloretos, sulfatos e dióxido de carbono, que prejudicam o concreto ou armadura através de mecanismos de corrosão e expansão do material.

Figura 1: Efeito da exposição de corpos de prova de concreto a solução oleosa por 7 dias (esq.) e 35 dias (dir.).



Fonte: Gast, Kubie e Cowan (1971).

Segundo Euzébio, Rangel e Marques (2019) os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e os do grupo formado por benzeno, tolueno, etil-benzeno e xileno (BTEX) são compostos orgânicos gerados, entre outras fontes, pela indústria petrolífera. Segundo a ABNT (2004), hidrocarbonetos do tipo óleo lubrificante usado ou contaminado deve ser classificado como resíduo perigoso, dessa forma devendo ser obedecidas regras quanto a sua coleta, tratamento e disposição final, sendo que Willing, 2001; Silveira, Caland e Moura, 2006; Gusmão, Fraga e Dias, 2013; Meng *et al*., 2019 e Davoodi *et al*. 2020 enfatizam em seus estudos que óleos lubrificantes usados são altamente tóxicos e carregam aditivos químicos que levam aproximadamente 300 anos para sua decomposição, não possuindo característica biodegradável, com potencial de alterar biologicamente o solo. A grande quantidade de fontes de carbono poderia estimular o crescimento de microrganismos heterotróficos e converter o nitrogênio disponível do solo em nitrogênio da biomassa microbiana (JOHN *et al*., 2016; WANG *et al*., 2023). Wang *et al*. (2017) cita inclusive a característica de genotoxidade do material, sendo ainda cancerígenos para humanos e animais, danificando a função normal do fígado e dos rins. Estatística da APROMAC (2005) O descarte incorreto de apenas 1 litro de óleo lubrificante por dia lançado em solo ou em cursos de água é equivalente ao esgoto doméstico de 40 mil habitantes.

Com base nesta problemática, apresentamos através deste artigo o estudo de caso realizado em um laboratório de metalmecânica, onde foi observada concentração de lubrificantes em piso de concreto identificada após uma pintura impermeabilizante como parte de uma reforma. Além de estudar o problema como parte da correção do processo de pintura do piso, decidiu-se analisar o comportamento deste lubrificante como material contaminante do solo sob o piso, decorrente da penetração através da rede porosa do concreto, de forma a mitigar ou eliminar esta fonte de poluição e adequar a instalação aos preceitos de boas práticas ambientais. Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

2 METODOLOGIA

2.1 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O caso que motivou a elaboração deste estudo é de um laboratório de metalmecânica em escola de educação profissionalizante de Curitiba, Paraná. Em uma reforma realizada na edificação, que envolveu a pintura do piso de concreto, observou-se que ao fim do procedimento surgiram bolhas em várias áreas do ambiente, conforme apresentado na figura 2. Ao pressionar-se essas bolhas, há a incidência de óleo lubrificante utilizado nos equipamentos de tornearia e fresagem abrigados no ambiente. O fenômeno de bolhas na pintura ocorre graças à pressão osmótica do líquido no interior do piso, que após a aplicação da pintura em resina a base de poliuretano encontrou uma barreira física impedindo sua livre passagem à atmosfera.

O ambiente de surgimento destas manifestações patológicas está em operação há 42 anos, abrigando equipamentos como tornos, furadeiras de bancada e outros de semelhante função, que utilizam óleo lubrificante para reduzir o coeficiente de atrito entre seus elementos móveis, minimizando o desgaste e o esforço cinético entre superfícies em movimento. A figura 3 apresenta um dos equipamentos utilizados no laboratório e a incidência de óleo lubrificante sobre sua superfície.

Figura 2: Ocorrência de bolha de óleo lubrificante sob pintura em piso de concreto



Fonte: Os autores

Figura 3: Óleo lubrificante em equipamento de tornearia



Fonte: Os autores

2.2 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS DE ENSAIO

O ensaio que indica o valor de contaminação do piso por óleos e graxas foi realizado de acordo com a norma SM 5520 E (STANDARD METHODS, 2017), que são aplicáveis para identificação de lipídios biológicos e hidrocarbonetos minerais. Além deste ensaio, foi realizado nas amostras ensaio de umidade de acordo com o Manual de Métodos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2022).

Os ensaios realizados consistem na extração de amostras de concreto removidas mecanicamente do piso existente, demarcando as unidades coletadas com a identificação da respectiva profundidade de remoção. No caso deste ensaio, foi removido concreto às profundidades de 0 a 5 centímetros, de 5 a 10 centímetros, de 10 a 15 centímetros e de parte da base em brita graduada que suporta o piso de concreto. Levando em conta que esta base é permeável, o hidrocarboneto que for encontrado nesta camada pode ser considerado como

aquele que contamina o solo abaixo do piso. Na figura 4 está apresentado o procedimento de coleta do material a ser ensaiado.

Figura 4: Procedimento de extração de amostras no local



Fonte: Os autores

O método de ensaio 5520 E é uma modificação do método de Soxhlet, cuja aplicação se faz adequada quando há presença de lodo ou elevada quantidade de materiais sólidos em suspensão (CARVALHO, et al, 2019). Este método consiste na extração de óleos com solventes, constituintes solúveis de um material inerte para um solvente com o qual a matriz se acha em contato. Este é um processo de princípio gravimétrico, onde a sequência de ensaio segue o rito descrito a seguir:

- Pesar em torno de 2 a 5 gramas de amostra moída em um cartucho de Soxhlet previamente preparado com papel filtro e algodão;
- Preencher o cartucho com algodão, até cobrir toda a amostra;
- Secar em estufa por 2 (duas) horas a 105°C;
- Com um balão de fundo chato e boca esmerilhada previamente seco a 105°C, pesar a amostra:
- Colocar o cartucho dentro do extrator de Soxhlet.
- Conectar ao extrator de Soxhlet o balão e adicionar 250mL de éter de petróleo.
- Conectar o conjunto ao condensador.
- Ligar a chapa aquecedora e manter em aquecimento por longo período;
- Desacoplar o conjunto;
- Colocar o balão na estufa a 105°C, por 1 hora;
- Resfriar em dessecador e pesar o balão.

Dessa forma, tem-se que a fração de hidrocarbonetos na amostra pode ser definida como na equação (1).

$$HT = (PB1-PB2)/PA \quad (1)$$

Onde PB1 é o peso do balão com os hidrocarbonetos, PB2 é o peso do balão original e PA é o peso da amostra. O resultado é usualmente dado em miligrama de hidrocarbonetos por quilograma de amostra (mg/kg).

3 RESULTADOS E ANÁLISES

O ensaio que indica o valor de contaminação do piso por óleos e graxas permitiu a obtenção de resultados que estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Perfil de presença de hidrocarbonetos no piso de concreto e solo

PROFUNDIDADE	MATERIAL	REGIÃO CRÍTICA		REGIÃO DE CONTROLE	
		HIDROCARBONETOS TOTAIS (mg/kg)	UMIDADE A 105°C	HIDROCARBONETOS TOTAIS (mg/kg)	UMIDADE A 105°C
5 centímetros	Concreto	22,43	5,05	12,85	7,14
10 centímetros	Concreto	19,08	7,25	13,16	8,44
15 centímetros	Concreto	14,45	15,8	12,62	8,41
20 centímetros	Solo	27,62	25,2	18,34	17,54

Fonte: Os autores

Da análise de comportamento, observa-se que há redução na concentração de hidrocarbonetos ao longo do aumento de profundidade do piso na região crítica de incidência de manifestações patológicas, até o nível do solo. Pode-se observar que nas áreas mais afetadas pela manifestação patológica a concentração de hidrocarbonetos é 74% maior que na região de controle na primeira camada de 5 centímetros, 45% maior na segunda camada e 14% maior na terceira. Este perfil mostra que há perda na capacidade de percolação deste contaminante conforme aumenta-se a profundidade, sendo este fenômeno podendo ser explicado pela perda de carga através da estrutura de poros do concreto. A região de controle, assim denominada por não apresentar visualmente incidência de bolhas na nova pintura, ainda assim apresenta concentração de hidrocarbonetos relevante.

Além disso, notou-se alta concentração de hidrocarbonetos no solo abaixo do piso, cujo resultado de concentração foi 51% maior em relação ao solo da região de controle e 91% maior que na região de concreto em contato com este solo. Isso mostra que, apesar do “afunilamento” da concentração de hidrocarbonetos ao longo da espessura do piso, esse contaminante é capaz de manter-se acumulado no solo abaixo do piso de forma importante.

Com relação aos resultados de umidade, não foi observado comportamento discrepante do padrão neste tipo de estrutura. Há tendência de umidade mais alta no solo devido a característica do terreno, com a presença de umidade ao longo da espessura do piso devido à percolação da água por pressão capilar, com a diminuição gradual conforme a altura.

4 CONCLUSÃO

A contaminação do solo por hidrocarbonetos é um problema ambiental sério que exige uma ação imediata e abrangente. Os hidrocarbonetos, derivados do petróleo e outras fontes, são substâncias tóxicas que podem persistir no solo por longos períodos, afetando negativamente os ecossistemas e representando riscos para a saúde humana, principalmente quando próximas a mananciais e represas de abastecimento urbano.

Quando há fontes de vazamentos de óleo como no caso apresentado, mesmo estando sobre piso de concreto, há possibilidade de, através da rede porosa do concreto, este óleo penetrar na estrutura e contaminar o solo. Sendo assim, deve adotar medidas de proteção do piso para evitar o contato do material com o concreto de forma direta. É de fundamental importância o controle dos lubrificantes de máquinas nos pisos industriais em concreto armado. A pintura aplicada durante o procedimento de reforma da edificação pode atuar com este papel.

Além destas medidas mitigadoras, decisões tomadas na etapa de projeto da estrutura do piso podem também evitar esta percolação, com a especificação de concretos de maior resistência mecânica e menor relação água/cimento – com consequente menor porosidade – além da utilização de lona plástica entre o lastro de base do piso e o concreto, atuando como barreira física à passagem de contaminantes.

5 AGRADECIMENTOS

À Gerência de Engenharia e Gestão Predial do Sistema Federação das Indústrias do Estado do Paraná – Sistema Fiep e ao Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Paraná – Senai/PR.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004, Resíduos Sólidos: Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

APROMAC. Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte. **Relatório de Gestão no Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA: justificativa da opção pelo rerrefino**. Cianorte: APROMAC, 2005.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2010.

CARVALHO, R. G., KRUK, N. S., KAWACHI, E. Y., QUEIROZ, P. I. B. Um método de ensaio para determinação da concentração de óleo em amostras de águas contaminadas com óleos e graxas. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n.3, 2019. ISSN 1809-4457. https://doi.org/10.1590/S1413-41522019127950.

DAVOODI, S.M., MIRI, S., TAHERAN, M., BRAR, S.K., GALVEZ-CLOUTIER, R., MARTEL, R. Bioremediation of Unconventional Oil Contaminated Ecosystems under Natural and Assisted Conditions: A Review. **Environmental Science & Technology**. v. 54, n. 4. 2020. ISSN 2054-2067. https://doi.org/10.1021/acs.est.9b00906.

EUZÉBIO, C. S., RANGEL, G. S., MARQUES, R. C. Derramamento de petróleo e seus impactos no ambiente e na saúde humana. **Revista Brasileira De Ciências Ambientais** v. 52. 2019. ISSN 2176-9478. http://dx.doi.org/10.5327/Z2176-947820190472.

GAST, L. E., KUBIE, W.L., COWAN, J. C. Linseed oil on concrete: Penetration of linseed oil compositions into sheet-and liquid membrane-cured concretes. **Journal of the American Oil Chemists' Society**. v. 48, n. 12. 1971. ISSN 1558-9331. https://doi.org/10.1007/BF02609288.

GUSMÃO, J. S., FRAGA, M. S., DIAS, J. S. A logística reversa aplicada aos óleos lubrificantes usados ou contaminados produzidos nos postos de combustíveis da cidade de Boa Vista-RR. **Caderno de Ciências Humanas e Sociais Aplicada**. 2013.

JOHN, R. C., NTINO, E. S., ITAH, A. Y. Impact of crude oil on soil nitrogen dynamics and uptake by legumes grown in wetland ultisol of the Niger Delta, Nigeria. **Journal of Environmental Protection**, v. 7, n. 4, 2016. ISSN 2152-2219. http://dx.doi.org/10.4236/jep.2016.74046.

MAPA, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Métodos Oficiais para Análise de Produtos de Origem Animal**. Brasília, DF: 2022.

MENG, X.H. LIU, S.Y. LU, T.T. ZHANG, B.H. JIN, WANG, Q. A review on occurrence and risk of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in lakes of China. **Science of The Total Environment.** v. 651, n. 2. 2019, ISSN 1879-1026 https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.162.

STANDARD METHODS COMMITTEE OF THE AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, AND WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater: 5520 Oil and Grease**. 24. ed. Washington DC: APHA Press, 2022. 1516 p. ISBN 0875532993.

SILVEIRA, E. L. C., CALAND, L. B., MOURA, C. V. R. Determinação de contaminantes em óleos lubrificantes usados em esgotos contaminados por esses lubrificantes. **Química Nova**, v. 29, n. 6. 2006. ISSN 1678-7064. https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000600009.

WANG, S., XU, Y., LIN, Z., ZHANG, J., NORBU, N., LIU, W. The harm of petroleum-polluted soil and its remediation research. **AIP Conference Proceedings**, v. 1864, n. 1, 2017. ISSN 1551-7616. https://doi.org/10.1063/1.4993039.

WANG, W., GAO, Y., DU, J., ZHENG, L., KONG, X., WANG, H., DUAN, L., LIU, Y., NAIDU, R. Dose–effect of nitrogen regulation on the bioremediation of diesel contaminated soil. **Environmental Technology & Innovation**, v. 32. 2023. ISSN 2352-1864. https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103245.