

Perícia ambiental aplicada ao descarte irregular de resíduos laboratoriais

Geovana Vitória de Almeida Mariano Ferreira, Biomedicina, Centro Educacional Integrado, Brasil

Brenda Melissa Cândido Ferreira, Biomedicina, Centro Educacional Integrado, Brasil

Starsky Henrique Queiroz Silva, Biomedicina, Centro Educacional Integrado, Brasil

Lilian Gavazzoni, Biomedicina, Centro Educacional Integrado, Brasil,
lilian.gavazzoni@grupointegrado.br

Aline Santi, Biomedicina, Centro Educacional Integrado, Brasil
alinesanti@grupointegrado.br

Caroline Bittencourt Silveira, Biomedicina, Centro Educacional Integrado, Brasil, caroline.silveira@grupointegrado.br

O projeto teve como objetivo avaliar os impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado de resíduos laboratoriais, incluindo materiais biológicos e produtos químicos. Para isso, foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas em amostras de solo coletadas em áreas com suspeita de contaminação simulada, buscando identificar alterações nos parâmetros de pH, condutividade elétrica e presença de microrganismos indicadores de poluição, comparando-os a limites normativos ambientais. A partir dos achados, foram elaboradas recomendações técnicas e medidas preventivas para o manejo e descarte correto desses resíduos. Os resultados reforçam a importância da educação ambiental e da implementação de protocolos de biossegurança, contribuindo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Palavras-chave: Gestão ambiental. Monitoramento de solo. Contaminação por resíduos. Indicadores microbiológicos. Segurança química.

The project aimed to assess the environmental impacts resulting from the improper disposal of laboratory waste, including biological materials and chemicals. To this end, physicochemical and microbiological analyses were performed on soil samples collected in areas suspected of simulated contamination, seeking to identify changes in pH parameters, electrical conductivity, and the presence of microorganisms indicative of pollution, comparing them to environmental regulatory limits. Based on the findings, technical recommendations and preventive measures were developed for the proper handling and disposal of these wastes. The results reinforce the importance of environmental education and the implementation of biosafety protocols, contributing to the Sustainable Development Goals (SDGs).

Keywords: Environmental management. Soil monitoring. Waste contamination. Microbiological indicators. Chemical safety.

INTRODUÇÃO

O descarte irregular de resíduos laboratoriais constitui um problema crescente nas instituições de ensino e pesquisa, especialmente quando não há um sistema eficiente de gestão ambiental e biossegurança. Esses resíduos podem conter substâncias químicas tóxicas, microrganismos patogênicos e materiais perfurocortantes que, quando descartados inadequadamente, representam risco significativo à saúde humana e ao meio ambiente (Abessa; Sousa; Tommasi, 2006; Almeida et al., 2018).

A contaminação de solos, corpos d'água e lençóis freáticos é uma das principais consequências dessas práticas, podendo resultar em bioacumulação de metais pesados, eutrofização e disseminação de agentes infecciosos (Brasil, 2005; Silva; Carvalho, 2020). Além disso, o manejo inadequado de resíduos químicos pode gerar subprodutos tóxicos e persistentes, com potencial de impacto prolongado sobre os ecossistemas (Moraes et al., 2019).

Nesse contexto, a análise pericial ambiental surge como ferramenta essencial para diagnosticar e comprovar tecnicamente situações de contaminação, permitindo a proposição de medidas corretivas e preventivas baseadas em evidências (Fernandes; Barbosa; Lima, 2021).

O presente estudo teve como objetivo aplicar métodos físico-químicos e microbiológicos na avaliação de possíveis áreas contaminadas por resíduos laboratoriais, buscando identificar os riscos ambientais associados e propor ações de mitigação, alinhadas aos ODS 3, 6, 12 e 15.

MÉTODO

A pesquisa foi conduzida com abordagem observacional e experimental, envolvendo coleta e análise de amostras de solo de um local simulado previamente identificado como área de descarte irregular de resíduos laboratoriais. Todos os procedimentos seguiram protocolos de biossegurança e diretrizes periciais.

A área foi selecionada com base em informações preliminares sobre possível descarte irregular. Após vistoria do terreno, foram definidos os pontos de coleta considerando histórico de descarte, presença de resíduos visíveis e odor característico. Para a coleta utilizou luvas, espátulas e frascos esterilizados, conforme ABNT NBR 10007/2004. As amostras foram identificadas, lacradas e transportadas sob refrigeração a 4 °C.

Para as análises físico-químicas, foram separados 10 g de solo seco ao ar, que serviram como amostras para os ensaios. As determinações seguiram

metodologias recomendadas pela APHA (2017), consideraram os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e Embrapa (2011).

Para a determinação do pH em água, foram adicionados 25mL de água destilada em 10 g de solo em um Becker. A mistura foi homogeneizada e deixada em repouso por 30 minutos, sendo agitada ocasionalmente. Antes da leitura, o pHmetro foi calibrado com soluções padrão de pH 7,00 e 4,00. Em seguida, o pH foi determinado em solução de KCl 1 mol/L, repetindo-se o mesmo procedimento, porém substituindo a água pela solução salina. Entre as medições, o eletrodo foi devidamente lavado com água destilada para evitar interferências.

Além da avaliação do pH, foram determinados o carbono orgânico e a matéria orgânica total das amostras. O cálculo do carbono orgânico foi realizado utilizando os volumes do branco (36 mL) e da amostra titulada (46,5 mL), com normalidade da solução de oxalato igual a 0,02. Aplicando a equação $\%C = (Vb - Va) \times N \times 0,003 \times 100$. A partir do resultado, a matéria orgânica total foi estimada multiplicando-se o teor de carbono pelo fator 1,724.

As análises microbiológicas foram realizadas para verificar a presença de microrganismos indicadores de contaminação biológica no solo. Para isso, 10 g de solo foram adicionados a 90mL de solução salina peptonada estéril, obtendo-se a diluição 10^{-1} . A amostra foi homogeneizada e, a partir dela, foram preparadas diluições seriadas decimais. Alíquotas dessas diluições foram inoculadas em tubos contendo meios específicos para detecção de coliformes totais e *Escherichia coli*, seguindo o método do Número Mais Provável (NMP). Os tubos foram incubados e observados quanto à produção de gás e turvação, sendo consideradas apenas as séries dentro da faixa válida para leitura.

Com base nas combinações de tubos positivos e na tabela padrão de NMP, verificou-se que o solo apresentou valores superiores a 1.100 NMP/g para coliformes totais, indicando presença significativa de microrganismos associados à contaminação por matéria orgânica recente. Esse valor está acima do esperado para solos naturais pouco alterados, sugerindo possível aporte de resíduos de origem biológica compatíveis com o cenário simulado de descarte irregular.

CONTEXTO DO PROJETO OU SITUAÇÃO-PROBLEMA

A investigação ocorreu no Centro Universitário Integrado (PR), instituição reconhecida pelo uso intensivo de laboratórios no curso de Biomedicina. O Integrado realiza os descartes laboratoriais de forma correta, seguindo normas de biossegurança e procedimentos institucionalizados. Assim, o foco deste estudo não está em apontar falhas, mas em analisar a importância das práticas

adequadas de gerenciamento de resíduos e avaliar seus impactos ambientais. As análises ambientais foram conduzidas para reforçar a relevância do descarte correto e compreender como essas práticas contribuem para a preservação do meio ambiente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A diferença entre o pH determinado em água e em KCl ($\Delta\text{pH} = 0,94$) permaneceu dentro do limite esperado para solos minerais, que geralmente apresentam diferença inferior a 1,5. Entretanto, valores de pH abaixo de 5,5 podem indicar interferência química ou presença de compostos que contribuam para a acidificação, sugerindo possível alteração ambiental compatível com deposição de resíduos laboratoriais podendo conter alumínio trocável (Al^{3+}) e baixa disponibilidade de nutrientes ((Raij et al., 2001; Embrapa, 2017; Silva & Mendonça, 2007).

O teor de carbono orgânico obtido (1,03%), equivalente a 1,77% de matéria orgânica, classifica o solo como pobre, conforme Embrapa (2011). O método utilizado segue Walkley & Black (1934). A baixa matéria orgânica pode ser explicada pela rápida decomposição em clima tropical. Estudos de Stevenson (1994) e Costa et al. (2014) confirmam essa tendência.

O teor de matéria orgânica encontrado classifica o solo como de baixo conteúdo orgânico, situando-se na faixa entre 1,0% e 2,0%. Embora não represente um valor elevado, esse percentual é levemente superior ao observado em solos naturais pouco perturbados, podendo indicar influência externa compatível com o cenário simulado de contaminação. Durante todo o processo analítico, foram observados critérios de qualidade, incluindo limite máximo de 10% de diferença entre replicadas e verificação da ausência de carbonatos, que poderiam interferir nas leituras.

Esses resultados, quando analisados em conjunto, apontam para alterações físico-químicas que podem estar associadas à presença de compostos oriundos de resíduos laboratoriais, reforçando a importância de práticas adequadas de descarte e monitoramento ambiental.

Apesar disso, a contagem microbiológica de $6,4 \times 10^4$ UFC/g (Figura 1) indica atividade moderada, como descrito por Atlas & Bartha (1998) e Moreira & Siqueira (2006). Para a análise de coliformes, de acordo com a tabela NMP, a combinação 5-5-5 resulta em um valor superior ao limite máximo da escala, sendo reportado como >1.100 NMP/g (Figura 2). A partir dessa interpretação, verificou-se que o solo apresentou valores acima de 1.100 NMP/g para coliformes totais, indicando uma carga microbiana elevada e compatível com contaminação recente por matéria orgânica de origem biológica. Em solos

naturais pouco alterados, espera-se que os valores estejam significativamente abaixo desse limite, dado que coliformes não costumam persistir por longos períodos no ambiente sem fontes ativas de contaminação.

O achado de uma sequência máxima de tubos positivos em todas as diluições demonstra que o solo estava intensamente contaminado, não apenas na amostra mais concentrada, mas também nas diluições sucessivas, o que indica forte presença de coliformes distribuídos de forma ampla na matriz do solo. Esses resultados reforçam a hipótese de aporte recente de resíduos biológicos, coerente com o cenário simulado de descarte irregular. Além disso, valores elevados e acima do limite da tabela NMP conferem maior robustez ao diagnóstico de contaminação, mostrando que o ambiente analisado sofreu influência direta de material orgânico fresco.



Figura 1: Placas com crescimento de bactérias heterotróficas.

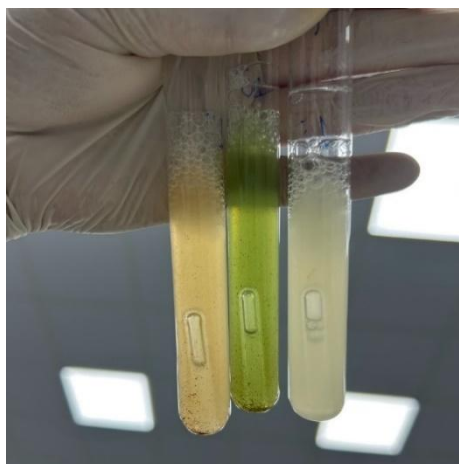


Figura 2: Tubos evidenciando a presença de gás.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo atendeu ao propósito de avaliar os possíveis impactos ambientais associados ao manejo de resíduos laboratoriais, demonstrando que práticas inadequadas mesmo que sejam reproduzidas de forma experimental e controlada podem gerar alterações mensuráveis no solo e na microbiota ambiental. As análises físico-químicas e microbiológicas permitiram identificar indicadores de contaminação e compreender a sensibilidade do ambiente a esse tipo de interferência.

Os resultados reforçam a relevância do descarte correto e do cumprimento rigoroso das normas de biossegurança, destacando a importância de fortalecer o gerenciamento ambiental dentro de instituições de ensino que utilizam laboratórios de forma intensiva. Assim, recomenda-se a implementação de monitoramento sistemático das áreas avaliadas, o aperfeiçoamento contínuo dos protocolos de biossegurança e o desenvolvimento de ações educativas permanentes, voltadas à conscientização sobre a responsabilidade ambiental no contexto acadêmico e laboratorial.

Referências

- ABESSA, D. M. S.; SOUSA, E. C. P. M.; TOMMASI, L. R. Contaminação ambiental por resíduos laboratoriais. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 2, p. 45–56, 2006.
- ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. R.; OLIVEIRA, M. C. Gestão inadequada de resíduos laboratoriais e impactos ambientais associados. **Journal of Environmental Research**, v. 12, n. 3, p. 112–120, 2018.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Farmacopeia Brasileira**. 6. ed. Brasília, 2019.
- APHA – American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23. ed. Washington, 2017.
- ATLAS, R. M.; BARTHA, R. **Microbial Ecology: Fundamentals and Applications**. 4. ed. Redwood City: Benjamin/Cummings, 1998.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005.
- COSTA, L. M. et al. Dinâmica da matéria orgânica em solos tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 807–817, 2014.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2017.

FERNANDES, R. S.; BARBOSA, A. L.; LIMA, V. R. Perícia ambiental aplicada ao diagnóstico de áreas contaminadas. **Revista de Gestão Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 55–67, 2021.

MORAES, P. R. et al. Resíduos químicos laboratoriais: riscos e impactos ambientais. **Revista Química e Sociedade**, v. 41, n. 2, p. 89–103, 2019.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006.

OMS – Organização Mundial da Saúde. **Guidelines for Drinking-Water Quality**. 4. ed. Geneva: WHO, 2020.

RAIJ, B. van et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. **Matéria Orgânica do Solo**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2007.

SILVA, P. A.; CARVALHO, J. F. Contaminação ambiental por resíduos químicos: revisão e perspectivas. **Revista de Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 19, n. 2, p. 22–34, 2020.

STEVENSON, F. J. **Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1994.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v. 37, p. 29–38, 1934.