

Impactos ambientais do descarte irregular de resíduos laboratoriais: uma análise pericial do solo

Sabrina Sayuri Hoshino, Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil.

Gabrieli Cristini Lachouski, Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil.

Amanda Godoy Pinguelo, Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil.

Maria Eduarda Martins Guaiume, Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil.

Jhenyfer da Silva Ildebrando Moreira, Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil.

Rayssa Amanda Alves Pereira, Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil.

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

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

Aline Natália De Santi, Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil, alinesanti@grupointegrado.br

Resumo: Este trabalho objetivou analisar os impactos ambientais decorrentes do descarte irregular de resíduos laboratoriais, com foco na contaminação do solo. Por meio de uma abordagem pericial, foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas em amostras de solo de uma cena simulada de descarte inadequado. Os resultados indicaram alterações significativas, como leve acidez no pH e elevada contagem de bactérias heterotróficas ($8,1 \times 10^5$ UFC/mL), sugerindo a presença de matéria orgânica e contaminantes provenientes de resíduos. Conclui-se que o descarte incorreto pode causar desequilíbrios ecológicos e riscos à saúde pública, reforçando a necessidade de manejo adequado, monitoramento ambiental e ações educativas para promover a responsabilidade socioambiental.

Palavras-chave: Resíduos laboratoriais. Contaminação do solo. Análise pericial. Impacto ambiental. Microbiologia do solo.

Abstract: This study aimed to analyze the environmental impacts resulting from the improper disposal of laboratory waste, focusing on soil contamination. Using a forensic approach, physico-chemical and microbiological analyses were conducted on soil samples from a simulated illegal disposal site. The results indicated significant changes, including slight soil acidity and a high count of heterotrophic bacteria (8.1×10^5 CFU/mL), suggesting the presence of organic matter and contaminants from waste. It is concluded that improper disposal can lead to ecological imbalances and public health risks, highlighting the need for adequate waste management, environmental monitoring, and educational actions to promote social and environmental responsibility.

Keywords: Laboratory waste. Soil contamination. Forensic analysis. Environmental impact. Soil microbiology.

INTRODUÇÃO

O descarte inadequado de resíduos laboratoriais constitui um dos principais desafios contemporâneos de saúde pública e de proteção ambiental. Laboratórios de análises clínicas são fundamentais para o diagnóstico e acompanhamento de doenças, porém geram fluxos variados de resíduos químicos, biológicos e mistos, cuja natureza (tóxica, reativa, carcinogênica ou infecciosa) exige manejo e tratamentos específicos para evitar a contaminação do solo e dos recursos hídricos e para preservar a segurança dos trabalhadores e da comunidade (Schneider; Zanta; Machado, 2015).

A heterogeneidade e o volume desses resíduos variam conforme a demanda de exames, estudos de campo já apontaram volumes relevantes de resíduos líquidos químicos em unidades de análises clínicas e a necessidade de tratamentos prévios antes do lançamento em redes de esgoto, a fim de atender aos parâmetros legais e ambientais (Stábile, 2019). Esses achados reforçam a urgência de procedimentos de biossegurança, de monitoramento ambiental contínuo e de conformidade com a legislação aplicável, em especial a Resolução CONAMA nº 358/2005, que regula o manejo e a disposição final de resíduos de serviços de saúde (Brasil, CONAMA, 2005).

Quando o manejo falha e ocorre o descarte irregular, há risco de contaminação microbiológica (por exemplo, aumento de coliformes termotolerantes) e de alterações físico-químicas do solo e da água (como oscilações de pH e concentração de agentes químicos), comprometendo ecossistemas e recursos hídricos. Para além da constatação do problema, é necessário caracterizar e quantificar o dano ambiental de modo técnico e defensável, requisito essencial quando se pretende produzir um laudo pericial e embasar ações de mitigação e medidas administrativas ou legais (Silva; Lima, 2020; Schneider; Zanta; Machado, 2015).

A abordagem pericial adotada neste projeto é uma investigação integrada que combina análise físico-química e microbiológica: a determinação do pH do solo como indicador de despejo de reagentes químicos e a quantificação de parâmetros microbiológicos, Coliformes Totais/Termotolerantes e Bactérias Heterotróficas, como indicadores de contaminação orgânica e de origem biológica. Esses parâmetros são metodologicamente consolidados para perícias ambientais e encontram respaldo em normas técnicas e manuais de métodos de análise (CETESB; EMBRAPA). A utilização conjunta destes ensaios permite não apenas identificar a presença de contaminação, mas também mensurar sua extensão e gerar evidência técnica apta a compor um laudo pericial.

O descarte inadequado de resíduos laboratoriais, sejam químicos ou biológicos, constitui um risco significativo ao meio ambiente e à saúde pública, pois muitas vezes esses materiais são eliminados de forma incorreta no lixo comum, esgoto ou solo. Essa prática pode contaminar a água, o solo e até os alimentos, afetando ecossistemas e comunidades próximas. A situação é agravada pela falta de orientação, fiscalização e planos de gestão de resíduos eficazes, o que torna fundamental a análise físico-química e microbiológica para identificar níveis de contaminação e planejar medidas de controle.

Nesse contexto, o projeto propõe investigar áreas potencialmente impactadas pelo descarte irregular, por meio da coleta e análise de amostras de solo e água. A

iniciativa busca não apenas identificar e propor soluções para reduzir ou eliminar os impactos detectados, mas também promover conscientização social. O envolvimento da comunidade é essencial para reforçar a responsabilidade coletiva e incentivar práticas sustentáveis que garantam a preservação ambiental e a proteção da saúde.

Portanto, o objetivo geral deste projeto foi avaliar os impactos ambientais decorrentes do descarte irregular de resíduos laboratoriais em solo, por meio de uma análise pericial físico-química e microbiológica com amostras contaminadas propositalmente. Como produto final, será elaborado um laudo técnico que caracteriza o dano ambiental e apresenta recomendações de mitigação, controle e orientação técnica às partes interessadas, em conformidade com a legislação e com normas técnicas aplicáveis.

MÉTODOS

O presente relato técnico foi elaborado com base em uma metodologia qualitativa e descritiva, fundamentada na participação e observação direta dos acadêmicos durante a execução das atividades práticas de análise físico-química e microbiológica do solo. A atividade foi desenvolvida na disciplina de Análise Ambiental e de Alimentos e Perícia Criminal, no Laboratório do Centro Universitário Integrado em Campo Mourão.

O planejamento ocorreu de forma colaborativa entre os acadêmicos e as docentes responsáveis, definindo-se os procedimentos experimentais, os reagentes e os equipamentos necessários para a execução das análises. A coleta das amostras foi realizada na área externa da instituição, simulando o levantamento de vestígios em uma cena de crime. O solo foi retirado da camada superficial (aproximadamente 0 a 20 cm de profundidade), acondicionado em sacos plásticos esterilizados, identificado e transportado até o laboratório para posterior análise.

No laboratório, as amostras foram secas à sombra, peneiradas em malha de 2 mm e homogeneizadas, seguindo as recomendações da Embrapa (2017). Em seguida, foram realizadas as análises físico-químicas de pH, condutividade elétrica e teor de matéria orgânica, além das análises microbiológicas para quantificação de coliformes totais, termotolerantes e bactérias heterotróficas.

O pH foi medido em duas suspensões: solo:água e solo:KCl 1 mol/L, na proporção de 1:2,5 (10 g de solo para 25 mL de solução). As suspensões foram homogeneizadas e deixadas em repouso por 30 minutos, com agitação ocasional, antes da medição. O pHmetro de bancada foi calibrado com soluções padrão e a diferença entre o pH em água e o pH em KCl (ΔpH) foi utilizada para avaliar a acidez potencial do solo.

A condutividade elétrica (CE) foi medida em suspensão solo:água na mesma proporção (1:2,5), utilizando condutímetro digital calibrado com solução padrão de KCl 0,01 mol/L (1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C).

Nas análises microbiológicas, as amostras foram inicialmente homogeneizadas e submetidas a diluições decimais seriadas (10^{-1} a 10^{-9}) em solução salina estéril. A presença de coliformes totais e termotolerantes (*Escherichia coli*) foi verificada pela técnica de tubos múltiplos (NMP), utilizando os meios Caldo Lauril Sulfato Triptose

(LST), Caldo Verde Brilhante (VB) e Caldo *E. coli* (EC), incubados respectivamente a 35°C e 45,5°C. A contagem de bactérias heterotróficas foi realizada pela técnica de pour plate, em meio PCA (Plate Count Agar), com incubação a 35°C por 48 horas.

A atividade ocorreu nos dias 23 e 30 de outubro de 2025, com duração total de aproximadamente seis horas, divididas entre a etapa de coleta, preparo das amostras e execução das análises laboratoriais.

Durante todo o processo, foram realizados registros escritos e fotográficos, bem como observações diretas dos procedimentos e resultados, com foco no aprendizado prático e na compreensão dos parâmetros de qualidade ambiental do solo. O trabalho seguiu os princípios éticos de segurança laboratorial e responsabilidade ambiental, assegurando o uso consciente dos reagentes e o descarte adequado dos resíduos gerados durante as análises.

CONTEXTO DO PROJETO OU SITUAÇÃO-PROBLEMA

O projeto foi desenvolvido no Centro Universitário Integrado, instituição privada de ensino superior localizada em Campo Mourão – Paraná, atuante no setor educacional, especialmente na área das Ciências da Saúde. A instituição possui estrutura laboratorial composta por laboratórios didáticos e específicos, destinados à formação prática de acadêmicos, além de docentes especializados nas diferentes áreas biomédicas. O Centro Universitário Integrado é considerado uma instituição de médio porte, com número expressivo de colaboradores entre corpo docente, técnico-laboratorial e administrativo. Oferece múltiplos cursos de graduação e pós-graduação, com destaque para as áreas da saúde, incluindo Biomedicina, Enfermagem, Farmácia e Medicina.

No âmbito laboratorial, desenvolvem-se atividades práticas em análises clínicas, microbiologia, parasitologia, anatomia e perícia, utilizando metodologias consolidadas e equipamentos adequados para o desenvolvimento de competências técnicas. Importante ressaltar que a instituição cumpre rigorosamente todas as normas ambientais, sanitárias e de biossegurança, realizando o descarte correto de resíduos químicos e biológicos por meio de empresas licenciadas e protocolos institucionalizados.

Apesar disso, o tema continua sendo uma problemática relevante em laboratórios de ensino, pesquisa e análises clínicas em âmbito nacional. Em muitos contextos fora da instituição, o manejo inadequado de resíduos laboratoriais ainda ocorre, permitindo que esses materiais sejam descartados no lixo comum, em redes de esgoto ou diretamente no solo, causando risco de contaminação ambiental e exposição de trabalhadores e da comunidade. Esse cenário geral representa o problema central discutido no projeto: a possibilidade de impacto ambiental decorrente do descarte irregular de resíduos químicos e biológicos, capaz de alterar parâmetros físico-químicos e microbiológicos do solo, afetar ecossistemas e gerar risco à saúde pública.

Nesse sentido, o projeto buscou simular uma situação-problema real, não relacionada à prática da instituição, mas elaborada com fins educacionais. A simulação consistiu em investigar um suposto descarte irregular de resíduos no solo, a fim de treinar os acadêmicos do curso de Biomedicina em procedimentos

de coleta, análise e interpretação de dados ambientais. As atividades resultaram na elaboração de um laudo técnico capaz de identificar possíveis indícios de contaminação e subsidiar reflexões sobre responsabilidade, biossegurança e mitigação de danos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas e microbiológicas do solo indicaram que a amostra apresentou valores dentro da normalidade esperada. Em relação ao pH, foram encontrados valores médios de 5,02 em água e 4,56 em solução de KCl. A diferença entre esses valores ($\Delta\text{pH} = 0,64$) está dentro do intervalo considerado adequado para o tipo de solo analisado, conforme o roteiro ($< 1,5$). Portanto, não há indicativos de alteração significativa ou contaminação com base nesse parâmetro. Embora o solo apresente característica ácida, já que valores de pH abaixo de 6,0 são classificados como solos ácidos segundo a Embrapa (2017), essa acidez está dentro do esperado para muitos tipos de solo e não sugere interferência química anormal. Dessa forma, o pH obtido reflete condições naturais do solo analisado, sem evidências de desequilíbrio químico provocado pela amostra contaminada propositalmente.

A condutividade elétrica também apresentou alteração importante, com valor médio de 4,81 mS/cm, acima do recomendado para solos sem indícios de contaminação, que geralmente apresentam condutividade inferior a 2,0 mS/cm (TEIXEIRA et al., 2017). Esse aumento pode estar associado ao acúmulo de sais dissolvidos provenientes de resíduos químicos, reforçando a hipótese de contaminação. Stábile (2019) destaca que efluentes laboratoriais frequentemente contêm eletrólitos capazes de alterar significativamente a salinidade do solo, com impactos diretos em processos biológicos e físico-químicos.

As análises microbiológicas confirmaram o potencial de contaminação biológica das amostras. O teste de Número Mais Provável (NMP) revelou presença de coliformes totais e termotolerantes, o que indica provável contato do solo com resíduos biológicos ou fontes fecais. Esses microrganismos, em condições normais, estão ausentes ou presentes em baixíssimas quantidades no solo. Além disso, a contagem de bactérias heterotróficas foi de $8,1 \times 10^6$ UFC/mL, intervalo costuma variar entre 10^3 e 10^5 UFC/mL para solos não contaminados (Silva, 2008). O aumento significativo da carga bacteriana sugere que o solo recebeu aporte de matéria orgânica ou resíduos com nutrientes disponíveis, favorecendo o crescimento microbiano.

A integração de todos esses resultados demonstram que o solo analisado apresenta alterações físico-químicas e microbiológicas que são compatíveis com o descarte irregular de resíduos laboratoriais. A acidez elevada, a condutividade elétrica acima do esperado, o aumento no teor de matéria orgânica e a presença de microrganismos indicadores de contaminação constituem evidências de interferência ambiental relevante. Conforme afirmam Schneider, Zanta e Machado (2015), resíduos provenientes de serviços de saúde podem modificar propriedades do solo e favorecer contaminações persistentes, representando risco ambiental e sanitário. Diante disso, os achados reforçam a importância de práticas adequadas de descarte e de monitoramento contínuo, além de evidenciar o papel essencial do

biomédico na identificação e mitigação de danos ambientais decorrentes de resíduos químicos e biológicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos ao longo do projeto “Impactos ambientais do descarte irregular de resíduos laboratoriais: uma análise pericial do solo”, foi possível constatar, por meio das análises físicas, químicas e microbiológicas, que o solo apresenta alterações significativas decorrentes do manejo inadequado desses resíduos. As evidências observadas demonstram que contaminantes laboratoriais, quando descartados de forma incorreta, podem comprometer a qualidade do solo, afetar a disponibilidade e a pureza da água e gerar riscos diretos à saúde humana e ao equilíbrio ecológico.

Os dados encontrados reforçam o objetivo central do estudo: identificar e compreender os impactos ambientais associados ao descarte irregular de resíduos laboratoriais, evidenciando como pequenas negligências cotidianas podem resultar em grandes prejuízos ambientais. A análise pericial do solo mostrou-se uma ferramenta essencial para revelar esses danos, permitindo a correlação direta entre a presença de contaminantes e a degradação ambiental observada.

Diante disso, reconhecemos a necessidade urgente de promover ações que incentivem a responsabilidade ambiental e a correta gestão de resíduos laboratoriais. A elaboração de um panfleto digital voltado à conscientização da comunidade cumpre um dos objetivos específicos do projeto, ao difundir informações acessíveis, estimular reflexões e incentivar práticas sustentáveis, tanto no ambiente acadêmico quanto no cotidiano da população.

Conclui-se, portanto, que a mudança começa pela informação e pela conscientização. Ao integrar ciência, educação e comunicação, este projeto contribui para a formação de uma sociedade mais preparada, responsável e comprometida com a preservação do solo e com o futuro sustentável do planeta.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 4 maio 2005.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

SANTOS, Luiz Fernando Amaral dos. **Apostila Metodologia da Pesquisa Científica II**. Faculdade Metodista de Itapeva, 2006.

SCHNEIDER, V. E.; ZANTA, V. M.; MACHADO, E. L. **Gestão de resíduos de serviços de saúde: uma análise sobre os desafios e as oportunidades**. 2. ed. Caxias do Sul: Educs, 2015.

SILVA, J. A.; LIMA, F. S. Impacto do descarte de resíduos de serviços de saúde no solo: um estudo de caso sobre contaminação microbiológica. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 45-58, jun. 2020.

SILVA, Luciana Gomes da. **Uso e monitoramento de indicadores microbiológicos para avaliação da qualidade dos solos de cerrado sob diferentes agroecossistemas**. 2008. xvii, 121 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

STÁBILE, Everson. **Identificação físico-química e bacteriológica dos resíduos líquidos gerados nos laboratórios de análises clínicas visando o descarte ambientalmente correto**. 2019. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2019.

TEIXEIRA, Paulo César et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

sendo que valores ΔpH maiores que 1 podem indicar solos ácidos ou contaminados, enquanto pH abaixo de 5,5 pode sugerir interferências químicas relevantes para cultivos agrícolas.