

## **Alterações ambientais em solo submetido à contaminação laboratorial: análise de parâmetros químicos e microbianos**

Ana Carolina da Silva Diogo, Farmácia, Centro Universitário Integrado, Brasil  
Isadora Rodrigues Oliveira, Farmácia, Centro Universitário Integrado, Brasil  
Harrison Torelli Oliveira, Farmácia, Centro Universitário Integrado, Brasil  
Kássia Neves dos Santos, Farmácia, Centro Universitário Integrado, Brasil  
Leonardo Rafael da Silva, Farmácia, Centro Universitário Integrado, Brasil  
Luana Nayely Bomfim Rocha, Farmácia, Centro Universitário Integrado, Brasil  
Pedro Emanuel Neves, Farmácia, Centro Universitário Integrado, Brasil  
Lilian Gavazzoni, Farmácia, Centro Universitário Integrado, Brasil,  
lilian.gavazonni@grupointegrado.br  
Aline Natalia de Santi, Farmácia, Centro Universitário Integrado, Brasil,  
alinesanti@grupointegrado.br

O descarte inadequado de resíduos laboratoriais representa um importante fator de contaminação ambiental, podendo comprometer a qualidade do solo, da água e da saúde pública. Este trabalho teve como objetivo avaliar as características físico-químicas e microbiológicas de uma amostra de solo impactado pelo descarte irregular de resíduos laboratoriais. As análises envolveram a determinação de pH e a quantificação de microrganismos indicadores de contaminação por meio do método de Número Mais Provável (NMP) e contagem de bactérias heterotróficas. Os resultados demonstraram alta carga microbiana e possível presença de material orgânico e resíduos biológicos no solo. A partir dos resultados obtidos, reforça-se a importância de práticas adequadas de descarte e conscientização ambiental para minimizar os impactos negativos causados pelos resíduos laboratoriais.

**Palavras-chave:** Contaminação. Solo. Microbiologia ambiental. Resíduos laboratoriais. Saúde pública.

The improper disposal of laboratory waste represents a significant factor in environmental contamination, potentially compromising soil and water quality and public health. This study aimed to evaluate the physicochemical and microbiological characteristics of a soil sample impacted by the irregular disposal of laboratory waste. Analyses involved pH determination and quantification of indicator microorganisms using the Most Probable Number (MPN) method and heterotrophic bacteria counts. The results demonstrated a high microbial load and the possible presence of organic material and biological residues in the soil. Based on the results obtained, the importance of proper disposal practices and environmental awareness to minimize the negative impacts caused by laboratory waste is reinforced.

**Keywords:** Contamination. Soil. Environmental microbiology. Laboratory waste. Public health.

## INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural essencial para a manutenção da vida no planeta, desempenhando funções fundamentais para o equilíbrio ambiental, agrícola e ecológico. Ele atua como suporte físico para o crescimento das plantas, é responsável pelo armazenamento e pela filtragem da água, participa do ciclo de nutrientes e abriga uma enorme diversidade de microrganismos que contribuem para processos biogeoquímicos essenciais (Larson & Pierce, 1994; Karlen et al., 1997). Além disso, o solo é diretamente relacionado à saúde humana, pois sua qualidade pode influenciar a segurança alimentar, a potabilidade da água e o equilíbrio dos ecossistemas naturais definida por Doran & Parkin (1994).

A contaminação do solo tem se tornado um problema ambiental de grande relevância, principalmente em áreas urbanas e industriais. Dentre as possíveis fontes de contaminação, destaca-se o descarte inadequado de resíduos laboratoriais, que pode incluir substâncias químicas, soluções ácidas ou básicas, fármacos, materiais biológicos, microrganismos patogênicos e matéria orgânica (ANVISA, 2018). Esses componentes possuem potencial para alterar profundamente as características físico-químicas do solo, como pH, capacidade de troca iônica e condutividade elétrica, além de modificar a composição microbiana, favorecendo o crescimento de microrganismos oportunistas e reduzindo a biodiversidade do ecossistema.

Apesar desse risco, o Centro Universitário Integrado realiza todo o descarte de resíduos laboratoriais de maneira correta, seguindo rigorosamente normas de biossegurança e legislações ambientais. No entanto, para fins educacionais, optou-se por realizar uma simulação controlada de contaminação do solo, em ambiente supervisionado, com objetivo exclusivamente acadêmico. Essa simulação permite observar, de maneira segura e prática, como o solo reage ao entrar em contato com materiais que, na realidade, poderiam ser descartados de forma incorreta.

A realização da simulação possibilitou aos estudantes vivenciarem situações que se aproximam da realidade de profissionais que atuam nas áreas ambiental, farmacêutica e laboratorial. Essa abordagem prática contribui para o desenvolvimento de habilidades técnicas e de pensamento crítico, permitindo analisar parâmetros que indicam a presença de contaminação, como alterações no pH, aumento da condutividade elétrica e variações no número de microrganismos heterotróficos e coliformes.

Diante disso, o objetivo deste relato técnico foi avaliar de forma detalhada as alterações físico-químicas e microbiológicas do solo após a contaminação simulada, considerando indicadores essenciais de qualidade ambiental. A partir dos resultados, buscou-se compreender os impactos que resíduos laboratoriais poderiam causar no ambiente caso fossem descartados de forma inadequada,

reforçando a importância das práticas corretas de gerenciamento de resíduos e da conscientização sobre a preservação ambiental.

## MÉTODO

As amostras de solo foram previamente preparadas e separadas no laboratório didático do Centro Universitário Integrado. Após a contaminação simulada, procederam-se as análises físico-químicas e microbiológicas. Para determinação do pH, 10 g de solo peneirado foram suspensos em água destilada e em solução de KCl 1 mol/L, sendo os valores medidos em pHmetro previamente calibrado. A condutividade elétrica foi determinada utilizando condutivímetro digital após preparo da suspensão do solo.

A avaliação microbiológica foi realizada por meio da técnica de Número Mais Provável (NMP) para identificação de coliformes totais e termotolerantes, utilizando caldo Lactose Lauril (LST) para presuntivo, caldo Verde Brilhante (VB) para termotolerantes e caldo Escherichia coli (EC) para confirmação, com incubação em temperaturas específicas. A contagem de bactérias heterotróficas foi executada pelo método de plaqueamento em PCA (Plate Count Agar), após diluições seriadas do solo, com posterior incubação e contagem de unidades formadoras de colônias (UFC). Os resultados obtidos foram comparados com valores de referência para avaliação do grau de contaminação do solo.

## CONTEXTO DO PROJETO OU SITUAÇÃO-PROBLEMA

O projeto foi desenvolvido no Centro Universitário Integrado, localizado em Campo Mourão (PR), instituição privada de ensino superior que se destaca pela integração entre ensino, pesquisa e extensão nas diversas áreas do conhecimento. É importante ressaltar que a instituição realiza corretamente o descarte de todos os resíduos laboratoriais, seguindo normas de biossegurança e legislações ambientais vigentes.

No entanto, para fins acadêmicos e de aprendizagem prática, as amostras utilizadas neste trabalho foram intencionalmente contaminadas de maneira simulada, com o objetivo de permitir aos estudantes observarem, de forma controlada e segura, como ocorrem as alterações físico-químicas e microbiológicas em solos expostos a resíduos laboratoriais. Essa simulação foi fundamental para aproximar os alunos de um cenário real de contaminação ambiental e para promover uma compreensão mais profunda dos riscos associados ao descarte inadequado desses materiais.

A iniciativa surgiu diante da necessidade de monitorar e compreender os impactos que resíduos laboratoriais podem causar no meio ambiente, especialmente na qualidade do solo e na saúde pública. A ação extensionista teve como foco a avaliação físico-química e microbiológica do solo, permitindo a aplicação prática de

conhecimentos adquiridos em sala de aula e reforçando a importância do manejo adequado dos resíduos produzidos em ambientes de saúde e pesquisa.

Além disso, o projeto contribui diretamente para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, em especial os ODS 3 (Saúde e Bem-Estar), 6 (Água Potável e Saneamento), 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e 15 (Vida Terrestre), reforçando o compromisso da instituição e dos estudantes com a promoção da sustentabilidade, da preservação ambiental e da responsabilidade social.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1 – Resultados físico-químicos e microbiológicos da amostra de solo impactado

Parâmetro	Unidade	Resultado Obtido	Critério de Aceitação	Interpretação
pH ( $\Delta$ pH)		2,02		Acidez potencial
Condutividade	$\mu$ S/cm	138	-	-
Bactérias Heterotróficas (UFC)	UFC/mL	$6,7 \times 10^4$	$> 10^4$ UFC/mL	Acima do limite, indica potencial contaminação orgânica.
Coliformes Totais (NMP)	NMP/100 mL	$>1.100$	$\geq 200$ NMP/100 mL	Acima do limite, indica contaminação fecal relevante.

A amostra apresentou  $\Delta$ pH de 2,02, valor superior ao limite de 1,5 recomendado para solos considerados estáveis, o que indica alteração química relevante e possível presença de contaminantes. De acordo com Silva et al. (2019), variações acentuadas de pH e redução da capacidade tampão do solo são efeitos típicos de áreas expostas a resíduos químicos, especialmente aqueles provenientes de laboratórios e atividades industriais. Assim, o comportamento observado na amostra sugere que o solo passou por processos de acidificação provocados por compostos contaminantes.

Além disso, a condutividade elétrica registrada ( $138 \mu$ S/cm) reforça a hipótese de contaminação, já que níveis elevados de CE refletem acúmulo de íons dissolvidos no solo. Estudos de Freitas, Melo e Ferreira (2020) demonstram que solos expostos a resíduos químicos apresentam aumento significativo da condutividade elétrica devido à liberação de sais, metais e compostos orgânicos ionizáveis, sendo a CE um indicador sensível de alteração química ambiental. Assim, o valor encontrado está compatível com solos submetidos a contaminação antrópica de origem laboratorial.

No que diz respeito à qualidade microbiológica, o ensaio de coliformes totais e termotolerantes apresentou a combinação 3–3–3, correspondente a um valor  $>1.100$  NMP/100 mL, indicando elevada contaminação fecal. Valores tão altos apontam para risco sanitário significativo. Segundo Santos et al. (2021), concentrações elevadas de coliformes termotolerantes em matrizes ambientais representam forte indicativo de poluição por matéria orgânica recente, com potencial risco à saúde humana e ao ambiente. Assim, os resultados microbiológicos confirmam que o solo não apenas sofreu impacto químico, mas também biológico, possivelmente relacionado ao descarte inadequado de resíduos laboratoriais e sanitários.

A literatura também reforça que ambientes contaminados apresentam alterações simultâneas em parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Almeida e Passarini (2018) destacam que solos afetados por resíduos orgânicos e químicos mostram mudança na atividade microbiana, no pH e na condutividade elétrica, podendo causar desequilíbrios ecológicos importantes. Dessa forma, o conjunto dos parâmetros encontrados no presente estudo,  $\Delta$ pH elevado, CE aumentada e altas concentrações de coliformes, indica que o solo avaliado sofreu interferência ambiental significativa, compatível com áreas impactadas por descarte irregular de resíduos.

Os resultados obtidos neste projeto de extensão evidenciam que o solo analisado apresenta níveis elevados de contaminação microbiológica, provavelmente relacionados ao descarte inadequado de resíduos laboratoriais. O valor de  $6,7 \times 10^4$  UFC/mL reforça a necessidade de manejo correto desses resíduos e de políticas de conscientização voltadas à sustentabilidade ambiental.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização dessa análise permitiu aos estudantes aplicarem os conhecimentos teóricos de microbiologia e controle de qualidade ambiental em uma situação prática, contribuindo para a formação crítica e socialmente responsável dos futuros profissionais farmacêuticos, atingindo os objetivos esperados.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. F.; PASSARINI, M. R. Z. Microbial activity in soils under organic contamination. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 49, n. 1, p. 125-134, 2018.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 182 p.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). **Defining soil**

**quality for a sustainable environment.** Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 1–20. (Special Publication, 35).

FREITAS, J. S.; MELO, W. J.; FERREIRA, M. E. Electrical conductivity as an indicator of chemical contamination in soils exposed to industrial residues. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 192, p. 1–12, 2020.

KARLEN, D. L. et al. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Science Society of America Journal*, 1997.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 37–51. (Special Publication, 35).

SANTOS, R. S. et al. Fecal contamination indicators in environmental matrices: evaluation and health risks. *Journal of Water and Health*, v. 19, n. 3, p. 345–356, 2021.

SILVA, J. B. et al. Changes in soil pH and buffering capacity under contamination by chemical residues. *Soil & Tillage Research*, v. 191, p. 55–63, 2019.