

## Estudo pericial dos efeitos do descarte inadequado de resíduos laboratoriais

Beatriz Nishimura Nishiayama, Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil

Jessica Martins Garcia dos Santos, Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil

Maria Eduarda Sanches, Biomedicina, Centro Universitário Integrado, Brasil

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

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

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

**Resumo:** O presente trabalho apresenta uma análise pericial causada pelo descarte inadequado de resíduos laboratoriais, com uso de avaliações físico-químicas e microbiológicas do solo. As amostras foram coletadas em área de simulação prática em que foram realizados testes com a determinação de pH em água e também em KCL condutividade elétrica e teor de carbono orgânico, além da quantificação de coliformes totais/termotolerantes e bactérias heterotróficas. Os resultados revelaram pH alcalino (9,42), baixa condutividade elétrica (1  $\mu$ S/c) e baixo teor de matéria orgânica (0,47%), indicando possível contaminação por compostos alcalinos e degradação da matéria orgânica. As análises microbiológicas demonstraram crescimento expressivo de coliformes totais e termotolerantes (até 1.100 NMP/g), evidenciando contaminação fecal e alta carga microbiana. Conclui-se que o descarte irregular de resíduos laboratoriais provoca alterações físico-químicas e biológicas no solo, comprometendo o equilíbrio ambiental e ressaltando a importância de práticas adequadas de gerenciamento e destinação de resíduos.

**Palavras-chave:** Contaminação ambiental. Gestão de resíduos. Biossegurança. Análise físico-química. Saúde pública.

**Abstract:** This study presents an expert analysis of the impact of improper disposal of laboratory waste, using physicochemical and microbiological soil assessments. Samples were collected in a practical simulation area where tests were performed to determine pH in water and in KCl, electrical conductivity, and organic carbon content, as well as to quantify total/thermotolerant coliforms and heterotrophic bacteria. The results revealed an alkaline pH (9.42), low electrical conductivity (1  $\mu$ S/c), and low organic matter content (0.47%), suggesting possible contamination by alkaline compounds and degradation of organic matter. Microbiological analyses demonstrated significant growth of total and thermotolerant coliforms (up to 1,100 MPN/g),

evidencing fecal contamination and a high microbial load. It is concluded that the improper disposal of laboratory waste causes physical, chemical, and biological changes in the soil, compromising the environmental balance and highlighting the importance of proper waste management and disposal practices.

**Keywords:** Environmental contamination. Waste management. Biosafety. Physicochemical analysis. Public health.

## INTRODUÇÃO

Ao expandir os serviços de saúde no Brasil com o intuito de dispor diagnósticos precisos, suporte às práticas de saúde e avanços em pesquisas científicas, uma das principais consequências é o aumento da produção de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS). Tendo potencial em gerar vários riscos tanto ao meio ambiente quanto à saúde pública, que, diferente dos resíduos domésticos, os laboratoriais contêm características específicas químicas, biológicas e até tóxicas, sendo assim necessitam de um manejo e descarte correto e especializado (1).

Quando esse manejo falha e o descarte ocorre de forma irregular ocasionando o desequilíbrio ambiental e qualidade de vida da população, provoca a contaminação do solo e da água, pela presença de agentes patogênicos, substâncias químicas e até mesmo materiais biológicos que futuramente irão modificar suas propriedades naturais. Mesmo com a existência de legislações específicas como a Resolução CONAMA nº 358/2005, que regulamenta o tratamento e disposição final desses resíduos, a realidade mostra que ainda é um problema frequente por descumprimentos dessas normas (2).

Neste contexto, a investigação dos danos ambientais causados precisa ser examinada por uma análise pericial capaz de gerar dados técnicos que sirvam de evidência da contaminação. A avaliação simultânea de parâmetros físico-químicos e microbiológicos constitui uma análise eficiente para seu diagnóstico.

O objetivo desse projeto foi identificar, por meio de uma simulação prática em que as amostras de solo foram propositalmente contaminadas, uma área afetada pelo descarte irregular de resíduos laboratoriais, realizando uma análise pericial baseada em métodos físico-químicos e microbiológicos, como a medição de pH, a quantificação de coliformes totais e a identificação de bactérias heterotróficas.

## MÉTODOS

A primeira etapa foi a preparação da amostra em que coletou uma porção do solo da camada de 0 a 20 cm da simulação pericial, na qual os alunos vivenciaram uma cena de crime (Figura 1) e posteriormente passaram pela peneira em uma malha de 2mm. Além do solo foram coletadas outras evidências (Figura 2), feito transporte e armazenamento.



Figura 1 - simulação pericial



Figura 2 - solo e evidências coletadas

Para as análises físico-químicas foram realizados testes para a determinação de pH do solo, sua condutividade elétrica e a determinação do teor de carbono orgânico para indicar a presença de contaminações químicas e classificação ambiental. Procedeu-se à identificação e pesagem da amostra (10g).

Após a preparação determinamos o nível de pH da amostra, foram adicionadas 25 mL de água destilada em Becker com 10g de solo, homogeneizados e deixado em repouso por 30 minutos mexendo ocasionalmente. Após calibração do pHmetro (7,00 e 4,00) inseriu-se o eletrodo na suspensão e anotado o valor. A determinação de pH foi realizado o mesmo procedimento substituindo apenas a água destilada por solução de KCL 1 mol/L em que a diferença entre as duas determinações foi o resultado de pH.

Na etapa seguinte ocorreu a determinação de condutividade elétrica do solo. Para isso, a amostra foi preparada novamente, e em seguida realizou-se a preparação da suspensão, transferindo o solo para um Becker e adicionou 25 ml de água destilada. A amostra sofreu agitação com um bastão por 30 minutos e permaneceu em repouso por 5 minutos para ocorrer a sedimentação parcial das partículas grossas. Para a calibração do equipamento utilizou-se a solução padrão de KCL 0,01 mol/L, verificado e ajustado o fator de temperatura. Inseriu-se o eletrodo na parte líquida da suspensão evitando tocar o fundo, após estabilização da leitura repetiu-se a medição em duplicata para controle.

Logo após, o teor de carbono orgânico foi realizado o método de Walkley-Black modificado com  $\text{KMnO}_4$ . A amostra de solo foi preparada para ocorrer a oxidação da matéria orgânica em que pesou 2,5 g de solo em Erlenmeyer de 250 mL, adicionou-se 25,0 mL da solução de permanganato de potássio com a pipeta graduada e 25,0 mL de ácido sulfúrico concentrado sob leve agitação deixando reagir por 10 minutos.

Para a titulação incluiu 200 mL de água destilada à mistura, transferido para banho maria a 60 °C. Com a solução padrão de oxalato foi titulado sob agitação e mantendo a temperatura até que a coloração rosa pálida desaparecesse de maneira permanente. Foi realizado um ensaio branco sem adição do solo, usando os mesmos volumes dos reagentes.

Já para as análises microbiológicas houve a separação de 25 g de solo e homogeneização com 225 mL de água destilada, obtendo então a diluição inicial  $10^{-1}$ . A partir dessa foram realizadas diluições decimais sucessivas até  $10^{-9}$ , transferindo-se 1 mL da diluição anterior para 9 mL de solução salina.

Na análise para determinação de coliformes totais e termotolerantes, foram realizadas diluições seriadas das amostras, sendo inoculadas tubos com meio

VB - Caldo Verde Brillhante e EC - Caldo Escherichia coli. Para cada uma delas foi realizada uma triplicata até a terceira diluição ( $10^{-3}$ ). Ambos os meios foram preparados com tubos de Durham invertidos para a detecção da produção de gás (Figura 3). Os tubos inoculados em VB foram incubados a  $35 + 0,5$  °C/24 + 2h, e os tubos com EC a  $45,5 + 0,2$  °C por 24 + 2h.



Figura 3 - tubos com meio VB e EC

Por fim para a contagem de bactérias heterotróficas foi inoculado 1 mL de cada diluição nas placas de Petri estéreis, também houve a adição do meio PCA estéril fundido e resfriado a 45 °C (Figura 4). As placas foram etiquetadas com as diluições, incubadas a  $35 + 0,5$  °C por 48 h.

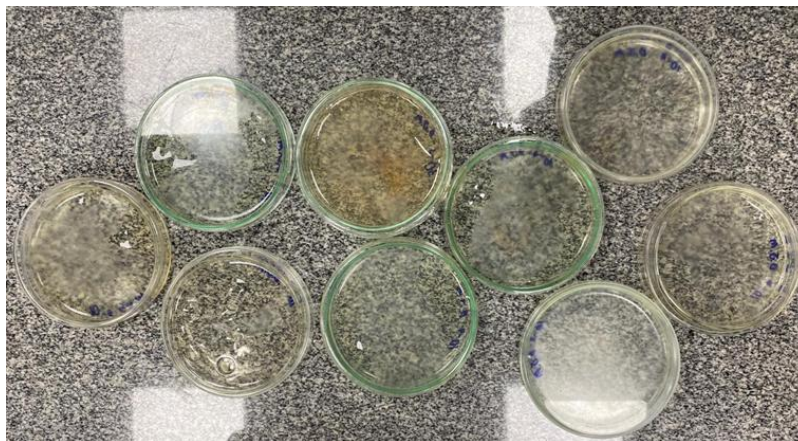


Figura 4 - Placas de Petri para contagem de bactérias heterotróficas

## CONTEXTO DO PROJETO OU SITUAÇÃO-PROBLEMA

O projeto foi desenvolvido no Centro Universitário Integrado, instituição de ensino superior privada localizada em Campo Mourão (PR), que realiza corretamente todos os procedimentos de descarte de resíduos laboratoriais, seguindo as normas ambientais vigentes. No entanto, considerando que o descarte inadequado de resíduos laboratoriais representa um risco ambiental relevante, especialmente por poder causar contaminação do solo, foi realizada uma simulação prática na qual as amostras foram contaminadas propositalmente. Essa simulação teve como finalidade permitir a observação de condições que poderiam ocorrer em um cenário real de contaminação e evidenciar a importância do manejo e descarte adequado de resíduos. A partir disso, o projeto propôs uma avaliação pericial utilizando análises físico-químicas e microbiológicas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise físico-química do solo coletado da contaminação evidenciou pH alcalino, sendo 9,42 em água e 9,01 em solução de KCL, com diferença de 0,41 entre os dois métodos, permanecendo dentro do intervalo aceitável, >1,5, indicando estabilidade e ausência de grande variação.

O pH acima de 9 demonstra que o solo apresenta caráter básico, cenário que tem sido associado à presença de compostos químicos provenientes de descartes irregulares ou a acumulação de bases trocáveis (como cálcio, magnésio e sódio) e carbonatos livres. Estudos mostram que essas condições modificam as propriedades físicas e químicas do solo, reduzindo a disponibilidade de nutrientes e afetando o processo de troca iônica (3).

A condutividade elétrica obtida foi de 1  $\mu\text{S}/\text{c}$ , sugerindo baixa salinidade. No entanto, pesquisas apontam que mesmo com a condutividade elétrica reduzida quando associada ao pH elevado indica possível contaminação por resíduos alcalinos. Isso ocorre, pois certos sais poucos solúveis não elevam fortemente sua condutividade, mas, alteram o ambiente e sua qualidade. E em locais sujeitos ao descarte irregular observa-se padrões semelhantes (4).

O teor de carbono orgânico encontrado foi 0,27%, correspondendo uma matéria de orgânica de 0,47% considerado baixa para solos naturais, sendo associados a degradação acelerada de matéria orgânica devido à presença de agentes oxidantes. Estudos recentes destacam que a redução da atividade microbiana compromete a fertilidade e capacidade de regeneração natural devido à alcalinização do solo (5).

Nos resultados microbiológicos, observou-se crescimento significativo de coliformes totais e termotolerantes por meio da formação de gás nos tubos de Durham (Figura 5). O meio VB apresentou a sequência de 3-2-3 correspondendo a 290 NMP/g enquanto o meio EC, a sequência 3-3-3 corresponde a 1.100 NMP/g, indicando a presença de microrganismos patogênicos e contaminação fecal. As cargas microbianas acima de  $10^2$ – $10^3$  NMP/g são características de solos expostos à introdução direta de matéria orgânica ou efluente contaminado, devido à capacidade adaptativa desses grupos bacterianos e sua rápida multiplicação em ambientes enriquecidos (6). Além disso, a contagem de bactérias heterotróficas resultou em  $9,6 \times 10^6$  na placa analisada, demonstrando alta carga microbiana no solo (Figura 6).



Figura 5 - tubos com meio VB e EC positivos



Figura 6 - placa usada para contagem de bactérias heterotróficas

Os resultados obtidos permitem afirmar que tanto as análises físico-químicas e microbiológicas apontam indícios significativos de alteração ambiental que podem favorecer o desenvolvimento de microrganismos que irão alterar o equilíbrio microbiológico. Esse cenário demonstra a importância de políticas institucionais de manejo correto de resíduos, bem como o incentivo a projetos de monitoramento e recuperação de áreas potencialmente contaminadas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos mostram que o solo analisado sofreu mudanças significativas devido ao descarte inadequado de resíduos laboratoriais. O desequilíbrio químico e a deterioração da qualidade ambiental são indicados pelo pH alcalino, baixa condutividade elétrica e baixo teor de matéria orgânica. Esse diagnóstico é corroborado pelas análises microbiológicas, que mostram a presença de coliformes totais e termotolerantes, além de uma alta carga de bactérias heterotróficas. Esses resultados confirmam a contaminação biológica e o impacto de resíduos orgânicos e inorgânicos no ambiente. Portanto, é possível concluir que o manejo inadequado de resíduos laboratoriais representa um risco potencial à microbiota natural, à estabilidade química do solo e à saúde pública. A adoção de práticas de descarte adequadas é fundamental juntamente com a conscientização ambiental em espaços acadêmicos e profissionais.

## REFERÊNCIAS

- (1) 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.
- (2) BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 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, n. 84, p. 63-65, 4 maio 2005. Seção 1.
- (3) Acidez, alcalinidade e efeitos da calagem no solo. **Revista Cultivar**, 2025.
- (4) AQUINO, J. S.; SANTOS, J. R.; LIMA, R. A. Presença de poluentes de lixiviado no solo e águas subterrâneas em locais de disposição inadequada de resíduos sólidos no Brasil: revisão da literatura. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, Salvador, v. 0, n. 1, 2022.

# SIMPAR

Simpósio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



Núcleo de  
Empreendedorismo,  
Pesquisa e Extensão  
Integrado

Apoio



FUNDAÇÃO  
ARAUCÁRIA  
Apoio ao Desenvolvimento Científico  
e Tecnológico do Paraná

- (5) MOURA, P. C.; SOUZA, L. M.; SANTOS, F. A. Análise de solo: pH e matéria orgânica. In: **Anais da VII Mostra de Pesquisa em Ciência e Tecnologia DeVry**, 2023.
- (6) Moraes, M. A.; Ferreira Neto, M.; Silva, G. F.; Lira, R. B.; Brito, R. F.; Miguel, L. C. V. Contaminação microbiológica no perfil do solo por águas residuárias. **Holos**, v. 3, p. 76–83, 2016.