

## Avaliação físico-química e microbiológica de solo impactado pelo descarte irregular de resíduos laboratoriais

Ana Julia Meurer Welcoff Dos Santos, Farmácia, Centro Universitário Integrado, Brasil.

Isabelli Ramalho Icstchuk, Farmácia, Centro Universitário Integrado, Brasil.

Ketilyn Kaiane Botega Lansa, Farmácia, Centro Universitário Integrado, Brasil.

Thifany Souza de Oliveira, Farmácia, Centro Universitário Integrado, Brasil.

Rafael Orlando Bassi, Farmácia, Centro Universitário Integrado, Brasil.

Aline Natalia de Santi, Centro Universitário Integrado, Brasil,

[alinesanti@grupointegrado.br](mailto:alinesanti@grupointegrado.br)

Lilian Gavazzoni, Centro Universitário Integrado, Brasil,

[lilian.gavazzoni@grupointegrado.br](mailto:lilian.gavazzoni@grupointegrado.br)

**Resumo em português:** O presente trabalho teve como objetivo avaliar as condições físico-químicas e microbiológicas de um solo impactado pelo descarte inadequado de resíduos laboratoriais, a fim de identificar potenciais riscos ambientais e sanitários associados a essa prática. As análises microbiológicas revelaram elevada contaminação fecal, evidenciada pela positividade de todas as diluições nos testes de coliformes totais e termotolerantes (sequência 3-3-3), com valores superiores ao limite máximo da Tabela de Número Mais Provável (NMP), indicando a presença de *Escherichia coli*. Esses achados demonstram desequilíbrio ecológico significativo e reforçam a necessidade de práticas adequadas de gerenciamento de resíduos laboratoriais, conforme normas regulamentadoras, como a RDC nº 222/2018 da ANVISA. O estudo evidencia a importância do monitoramento contínuo, da educação ambiental e de ações de remediação para mitigar impactos à saúde pública e à sustentabilidade ambiental.

**Palavras-chave:** Resíduos laboratoriais. Contaminação do solo. Análise microbiológica. Sustentabilidade ambiental. Remediação do solo. Saúde pública.

**Resumo em inglês:** The present study aimed to evaluate the physicochemical and microbiological conditions of soil impacted by the improper disposal of laboratory waste, in order to identify potential environmental and health risks associated with this practice. Microbiological analyses revealed high fecal contamination, evidenced by the positivity of all dilutions in total and thermotolerant coliform tests (3-3-3 sequence), with values exceeding the maximum limit of the Most Probable Number (MPN) Table, indicating the presence of *Escherichia coli*. These findings demonstrate significant ecological imbalance and reinforce the need for proper laboratory waste management practices, in accordance with regulatory standards such as ANVISA Resolution RDC No. 222/2018. The study highlights the importance of continuous monitoring, environmental education, and remediation actions to mitigate impacts on public health and environmental sustainability.

**Keywords:** Laboratory waste. Soil contamination. Microbiological analysis. Environmental sustainability. Soil remediation. Public health.

# SIMPAPAR

Simposio de Pesquisa, Extensao e Inovacao do Parana

Realizacao



Apoio



FUNDAÇÃO  
ARAUCARIA  
Apoio ao Desenvolvimento Científico  
e Tecnológico do Paraná

## INTRODUÇÃO

Os resíduos laboratoriais, sendo eles químicos, biológicos e físicos, representam um grande desafio para a sustentabilidade ambiental e a saúde pública. Quando descartados de forma incorreta, esses resíduos podem contaminar o solo e os recursos hídricos, contribuindo para a disseminação de microrganismos resistentes a antimicrobianos e provocando sérios riscos ao ecossistema (MAJOLO; SOUZA; HARADA, 2023; FAO, 2022). De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2022), o manejo inadequado de resíduos contendo substâncias antimicrobianas favorece o surgimento de bactérias resistentes, que podem se espalhar por meio da água e do solo, afetando a agricultura e a saúde humana.

No contexto farmacêutico e laboratorial, o descarte de substâncias químicas exige uma gestão rigorosa e padronizada, seguindo as legislações vigentes, como a RDC nº 222/2018 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Conforme Majolo, Souza e Harada (2023), a ausência de protocolos de segregação e armazenamento seguro pode resultar em exposição ocupacional e contaminação ambiental. Além disso, Souza, Fontes e Carvalho (2023) destacam que o uso de sistemas informatizados de gerenciamento de resíduos auxilia no controle, rastreabilidade e destinação correta dos materiais, contribuindo para a redução de riscos à saúde pública e ao meio ambiente.

A avaliação físico-química e microbiológica do solo impactado é uma ferramenta essencial para identificar contaminantes e compreender os efeitos decorrentes do descarte inadequado de resíduos laboratoriais. A Agência Europeia do Meio Ambiente (EEA, 2022) ressalta que solos contaminados por substâncias químicas e resíduos orgânicos podem gerar toxicidade crônica, afetando a biodiversidade e aumentando a exposição humana a compostos nocivos. Nesse contexto, a análise de parâmetros ambientais permite elaborar estratégias de remediação e orientar políticas de gestão sustentável, conforme defendido pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que visam assegurar saúde, saneamento e consumo responsável.

Portanto, o presente relato técnico tem como propósito avaliar as condições físico-químicas e microbiológicas do solo impactado pelo descarte irregular de resíduos laboratoriais, buscando identificar os riscos e problemas ambientais associados. Por meio das análises realizadas, com amostras contaminadas propositalmente, buscou-se reconhecer substâncias químicas e

# SIMPAR

Simpósio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



Apoio



FUNDAÇÃO  
ARAUCÁRIA  
Apoio ao Desenvolvimento Científico  
e Tecnológico do Paraná

microrganismos presentes, bem como possíveis anormalidades em relação às condições ideais do solo. Além disso, o projeto visa ampliar o conhecimento sobre o manejo adequado de resíduos físicos, químicos e biológicos, promovendo maior conscientização sobre a importância da gestão correta desses materiais para a preservação ambiental e a saúde pública.

## MÉTODO

A determinação de coliformes totais e termotolerantes (*Escherichia coli*) foi realizada pelo método de fermentação em tubos múltiplos (Número Mais Provável – NMP), com o objetivo de identificar e quantificar esses microrganismos em amostras de água e efluentes. O ensaio foi conduzido utilizando tubos de ensaio contendo caldo Lactose Lauril e tubos de Durham para detecção da produção de gás, além de tubos com caldo EC destinados à confirmação de *E. coli*. Foram empregados frascos de coleta estéreis, pipetas de 1 e 10 mL, e estufa bacteriológica regulada nas temperaturas de 35 °C e 44,5 °C. Os reagentes utilizados compreenderam o caldo Lactose Lauril e o caldo EC.

O procedimento consistiu na preparação de três séries de tubos, cada uma contendo três tubos com 10 mL de caldo Lactose Lauril. As amostras foram inoculadas nas seguintes proporções: 10 mL nos três primeiros tubos, 1 mL nos três intermediários e 0,1 mL nos três últimos. Posteriormente, os tubos foram incubados a  $35 \pm 0,5$  °C por um período de 24 a 48 horas. A formação de gás nos tubos foi interpretada como resultado positivo. As amostras positivas foram submetidas à confirmação em caldo EC, mediante transferência de 1 mL do conteúdo e incubação a 44,5 °C por 24 horas. A quantificação dos coliformes foi obtida por meio da Tabela de NMP. A presença de gás foi considerada indicativa de resultado positivo, sendo valores iguais ou superiores a 200 NMP/100 mL interpretados como indicativos de contaminação fecal significativa.

A contagem de bactérias heterotróficas foi realizada com o intuito de quantificar microrganismos heterotróficos presentes nas amostras ambientais, expressando os resultados em Unidades Formadoras de Colônia por mililitro (UFC/mL). Para tanto, foram utilizadas placas de Petri estéreis, meio Plate Count Agar (PCA), tubos de ensaio com solução de NaCl a 98%, pipetas automáticas estéreis, estufa bacteriológica a 35 °C e câmara de contagem. O meio PCA foi previamente preparado e esterilizado, e a solução salina foi utilizada para as diluições.

# SIMPAR

Simposio de Pesquisa, Extensao e Inovacao do Parana

Realizacao



Apoio



FUNDAÇÃO  
ARAUCARIA  
Apoio ao Desenvolvimento Cientifico  
e Tecnológico do Parana

O procedimento envolveu a realizacao de diluicoes seriadas da amostra, variando de  $10^{-1}$  a  $10^{-6}$ , com solucao salina esteril. De cada diluicao, inoculou-se 1 mL em placas de Petri, as quais foi adicionado o meio PCA fundido e resfriado a  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . As placas foram incubadas a  $35 \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 48 horas. Apas o periodo de incubacao, selecionaram-se as placas contendo entre 30 e 300 colonias para contagem, calculando-se a media dos resultados obtidos. Valores superiores a  $10^4$  UFC/mL foram considerados indicativos de contaminacao organica significativa.

A determinacao do pH do solo teve como objetivo avaliar o grau de acidez ou alcalinidade das amostras, utilizando suspensoes preparadas em agua destilada e em solucao de KCl 1 mol/L, de forma a identificar possiveis contaminacoes quimicas e subsidiar a classificacao ambiental do solo. O equipamento utilizado foi um pHmetro com eletrodo de vidro, calibrado com solucoes padrao de pH 4,00, 7,00 e 10,00. Tambem foram utilizados balanca analitica com precisao de 0,01 g, beckers de 100 mL e 250 mL, agitador magnetico ou bastao de vidro, pipetas graduadas, espátula, peneira de 2 mm e cronometro.

As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 20 cm, secas a sombra e peneiradas em malha de 2 mm. Em seguida, pesaram-se 10 g de solo seco ao ar. Para a determinacao do pH em agua (pH  $\text{H}_2\text{O}$ ), adicionaram-se 25 mL de agua destilada ao Becker contendo o solo, realizando-se a homogeneizacao e o repouso da suspensao por 30 minutos, com agitacao ocasional. Apas calibracao do pHmetro com solucoes de pH 7,00 e 4,00, o eletrodo foi inserido na suspensao e o valor registrado. O mesmo procedimento foi repetido para a determinacao do pH em KCl 1 mol/L (pH KCl), substituindo-se a agua pela solucao salina e mantendo o mesmo tempo de repouso. O eletrodo foi devidamente lavado com agua destilada entre as medicoes.

Os valores de pH foram registrados diretamente, sem necessidade de calculos adicionais, sendo possivel determinar o  $\Delta\text{pH}$  pela diferenca entre pH  $\text{H}_2\text{O}$  e pH KCl. Diferencas superiores a 1 indicaram acidez potencial e possivel contaminacao, enquanto valores de pH inferiores a 5,5 em solos agricolas ou naturais sugeriram interferencia quimica. A diferenca entre o pH em agua e em KCl deve permanecer inferior a 1,5, conforme esperado para o tipo de solo. O pHmetro foi calibrado adequadamente e o eletrodo mantido em solucao especifica, assegurando a precisao das medicoes.

# SIMPAR

Simposio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



Apoio



FUNDAÇÃO  
ARAUCÁRIA  
Apoio ao Desenvolvimento Científico  
e Tecnológico do Paraná

## CONTEXTO DO PROJETO OU SITUAÇÃO-PROBLEMA

O Centro Universitário Integrado é uma instituição privada de ensino superior, pertencente ao Grupo Integrado, com capital nacional. Atua no setor de serviços educacionais, oferecendo cursos de graduação presencial e a distância, além de pós-graduação e projetos de extensão. Fundado na década de 1980, o Integrado consolidou-se como referência em educação superior na região Centro-Oeste do Paraná, destacando-se pelos cursos nas áreas da Saúde, Agrárias, Engenharias, Gestão, Tecnologia e Humanas. Com sede em Campo Mourão, possui infraestrutura moderna, diversos laboratórios, clínicas-escola e polos EAD. Conta com cerca de 4.000 alunos e centenas de docentes e colaboradores, sendo considerado uma instituição de médio porte.

Atua em um mercado competitivo, tendo como principais concorrentes outras universidades públicas e privadas da região. Seu foco está na formação profissional de qualidade, na inovação educacional e na integração com a comunidade por meio de ações de pesquisa e extensão. A estrutura organizacional é composta por Reitoria, Pró-Reitorias, Direções de Áreas, Coordenações de Curso e setores administrativos, além de núcleos e comissões voltados à gestão acadêmica, pesquisa e qualidade institucional.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das análises microbiológicas e físico-químicas realizadas nas amostras de solo, verificou-se que todas as séries de diluições apresentaram resultados positivos para a produção de gás nos tubos contendo Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST), configurando a sequência 3-3-3. Essa mesma configuração de positividade foi observada nos tubos de ensaio confirmatórios com Caldo Verde Brilhante (VB), destinados à identificação de coliformes totais, bem como no Caldo EC, específico para coliformes termotolerantes. A ocorrência de três tubos positivos em cada uma das diluições avaliadas corresponde, segundo a Tabela de Número Mais Provável (NMP), a valores superiores ao limite máximo estabelecido, indicando concentração extremamente elevada de microorganismo organismo. Tais resultados evidenciam contaminação fecal acentuada na amostra de solo, com presença *Escherichia coli*, sugerindo manejo inadequado de resíduos biológicos e possível presença de fezes humanas ou animais no ambiente analisado.

Na contagem de bactérias heterotróficas, observou-se intenso crescimento

# SIMPAR

Simpósio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



Apoio



FUNDAÇÃO  
ARAUCÁRIA  
Apoio ao Desenvolvimento Científico  
e Tecnológico do Paraná

microbiano nas diluições iniciais, com formação de colônias numerosas e de morfologias variadas na placa  $10^{-2}$  e presença de fungos na  $10^{-4}$ , o que inviabilizou a contagem direta em diversas placas. Para fins de quantificação selecionou-se a placa correspondente a diluição  $10^{-7}$ , totalizando 140 colônias unidades formadoras de colônia (UFC). Considerando o limite recomendado de 30 a 300 colônias por placa, este valor foi utilizado no cálculo da carga microbiana, resultando  $1,4 \times 10^9$  UFC/g de solo. A alta carga microbiana heterotrófica sugere acúmulo significativo de matéria orgânica e a presença de resíduos biológicos ou químicos no ambiente analisado, favorecendo o desenvolvimento de microbiano.

Além das análises microbiológicas, foram determinados os parâmetros físico-químicos do solo. O valor de pH em água (pH  $H_2O$ ) foi de 9,51, enquanto o pH em solução de KCl 1 mol/L (pH KCl) foi de 9,07, resultando em uma diferença ( $\Delta$ pH) de 0,44. Esses resultados indicam um solo alcalino, com baixo potencial de acidez, possivelmente associado à presença de compostos químicos provenientes de resíduos laboratoriais.

No cálculo do teor de carbono orgânico total, utilizando a relação entre os volumes titulantes e a normalidade da solução, obteve-se 4,92% de carbono. A partir desse valor, determinou-se a matéria orgânica total (M.O.), resultando em 8,5%, conforme a relação padrão  $M.O. = C \times 1,724$ . Esse alto teor de matéria orgânica reforça a hipótese de acúmulo de compostos biológicos e orgânicos na amostra, o que explica a elevada atividade microbiana observada nas análises.

O descarte incorreto de substâncias químicas e biológicas está correlacionado ao aumento da atividade microbiana no solo e à alteração de seu equilíbrio ecológico. Alterações como estas podem resultar na seleção de microrganismos resistentes a antimicrobianos, conforme alertam Majolo, Souza e Harada (2023), elevando o risco ambiental e sanitário.

De acordo com os resultados obtidos, observa-se que o solo analisado apresenta indícios de contaminação microbiológica significativa e um acúmulo expressivo de matéria orgânica, ressaltando a necessidade de ações de intervenção e monitoramento ambiental contínuo. Com base na análise, podemos destacar assim, a importância da correta gestão de resíduos laboratoriais, conforme estabelecido pela RDC nº 222/2018 da ANVISA. Práticas adequadas de degradação, armazenamento e tratamento desses materiais é fundamental para minimizar impactos ambientais e proteção da

# SIMPAR

Simpósio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



Apoio



saúde pública.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas e microbiológicas do solo permitiram avaliar os impactos ambientais decorrentes do descarte irregular de resíduos laboratoriais. A elevada carga microbiana e a presença de coliformes termotolerantes, especialmente *Escherichia coli*, evidenciam contaminação fecal e acúmulo de matéria orgânica, indicando falhas no manejo e na destinação desses resíduos.

Esses achados reforçam a importância da adoção de práticas adequadas de gerenciamento de resíduos laboratoriais, em conformidade com a RDC nº 222/2018 da ANVISA, a fim de prevenir riscos à saúde pública e reduzir os danos ambientais. Além disso, a contaminação observada alerta para a necessidade de monitoramento contínuo e implementação de ações corretivas que envolvam educação ambiental, treinamento de pessoal e políticas institucionais de sustentabilidade.

Como limitação, o estudo restringiu-se à análise pontual de uma área específica, não abrangendo variações de temperatura, umidade e precipitação, ou diferentes profundidades do solo. Dessa forma, recomenda-se que trabalhos futuros incluam análises complementares em diferentes períodos e locais, além de estudos voltados à remediação do solo contaminado e à avaliação dos impactos de longo prazo na microbiota local.

Em suma, o presente trabalho contribui para o fortalecimento da conscientização ambiental no contexto acadêmico e reforça a responsabilidade compartilhada de instituições e profissionais na preservação do meio ambiente e na promoção da saúde coletiva.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente ao Centro Universitário Integrado pela oportunidade de participar deste projeto de extensão, que tanto contribuiu para nossa formação acadêmica, pessoal e profissional. Expressamos nossa gratidão à coordenação do projeto, especialmente às professoras Aline Natalia

# SIMPAPAR

Simposio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



Apoio



FUNDAÇÃO  
ARAUCÁRIA  
Apoio ao Desenvolvimento Científico  
e Tecnológico do Paraná

de Santi e professora Lilian Gavazzoni pelo acompanhamento, orientação e incentivo constantes ao longo de todas as atividades desenvolvidas. Agradecemos também aos colegas envolvidos no projeto, pela troca de conhecimentos, colaboração e parceria durante todo o processo.

## REFERÊNCIAS

EEA (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY). Soil pollution and health. Copenhagen: EEA, 2022. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/zero-pollution/health/soil-pollution-and-health>. Acesso em: 3 nov. 2025.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). Environmental dimensions of antimicrobial resistance. Rome: FAO, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/antimicrobial-resistance/key-sectors/environment/en/>. Acesso em: 8 nov. 2025.

MAJOLO, Cláudia; SOUZA, Maria Geralda de; HARADA, Pamela Keiko. Manual de gerenciamento dos resíduos de laboratório da Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2023. 62 p. (Documentos, 160). Disponível em: <https://www.embrapa.br/amazonia-ocidental>. Acesso em: 20 ago. 2025.

ONU (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS). Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Nova York: ONU, 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 12 set. 2025.

SOUZA, F. M.; FONTES, C. E. R.; CARVALHO, E. C. A. HCWM System: um software de apoio ao gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Research, Society and Development, v. 12, n. 8, e10312842915, 2023. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/42915/34625/453588>. Acesso em: 10 nov. 2025.

# SIMPAR

Simpósio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



Apoio

