



BIOINSUMOS: EMPREGO DE UM SISTEMA EM FLUXO PARA ANÁLISE DE TOXICIDADE EM PÓS DE ROCHAS USADOS COMO FERTILIZANTES, UTILIZANDO A BACTÉRIA *ESCHERICHIA COLI*

Lis Vieira, graduanda em Farmácia, UEG/CET, lis.vieira.07@gmail.com

Gustavo Henrique Rodrigues Costa Rêgo, graduando em Química Industrial, UEG/CET, gustavo.787@aluno.ueg.br

Luciana Machado Ramos, Doutora, UEG/CET/ CEPEC, luciana.ramos@ueg.br

Jonas Alves Vieira, Doutor, UEG/CET/ CEPEC, jonas@ueg.br

Resumo:

O uso de pós de rochas como remineralizadores, materiais de origem mineral, que pode ser usado como fertilizantes alternativos, traz benefícios econômicos sustentáveis. Esses materiais podem reduzir tanto a necessidade de importação de insumos agrícolas quanto a poluição ambiental. A utilização desses resíduos como fertilizantes na agricultura requer avaliação na sua composição química e da toxicidade, visando evitar que os mesmos possam causar danos ao meio ambiente. No presente trabalho objetivou-se a avaliação da toxicidade em quatro amostras de pó de rocha a serem usadas como remineralizadores. A avaliação qualitativa da toxicidade foi realizada empregando-se um Sistema de Análise por Injeção em Fluxo (FIA), com detecção espectrofotométrica, foi usado como microrganismo teste a bactéria *Escherichia coli*. As amostras não apresentaram toxicidade, demonstrando viabilidade para serem usadas como fertilizantes alternativos.

Palavras-chave: resíduos sólidos; fertilizante alternativos; agricultura

INTRODUÇÃO

Os remineralizadores, também chamados de "pós de rocha", são materiais minerais submetidos apenas a processos mecânicos de redução de tamanho (Lei nº 12.890/2013), melhoram a atividade biológica do solo ao fornecer nutrientes que aumentam sua fertilidade, além de oferecer benefícios econômicos-ambientais, como a redução da dependência de fertilizantes industrializados e menor geração de poluição (Pillon, 2017).

A aplicação direta desses materiais no solo, conhecida como rochagem, permite a reposição e correção de nutrientes de forma gradual, devido à sua solubilidade mais lenta em comparação com fertilizantes químicos convencionais (Melamed et al., 2007). No cultivo de plantas com fertilizantes alternativos fornecem minerais de forma sustentável e atendem à demanda de consumidores preocupados com impactos ambientais reduzidos (Brito et al., 2019). Dessa forma, torna-se essencial avaliar sua eficiência e possíveis efeitos tóxicos no cultivo agrícola.

Uma bactéria coliforme amplamente difundida na natureza e usada em estudos biotecnológicos é a *Escherichia coli*. Trata-se de uma bactéria com considerável rol de conhecimento de suas características e de crescimento rápido. A bactéria também pode ser empregada na análise da toxicidade de amostras de plantas, agindo como um biossensor microbiano, de baixo custo, simples aplicação e alto índice de confiança. (Kharkova et al., 2019).

A análise da toxicidade empregando sistema FIA (Análise por Injeção em Fluxo) baseia-se na interação entre o microrganismo e o eletrodo, em presença de um agente tóxico, as atividades metabólicas como a respiração do microrganismo diminui, caracterizando a diminuição da corrente registrada. O sistema FIA estava acoplado ao detector espectrofotômetro, monitorando a atividade referente ao desenvolvimento da bactéria, com o objetivo de avaliar a toxicidade de pós de rocha frente a *E. coli*, viabilizando a segurança destes como fertilizantes alternativos. Buscou-se validar a eficiência do método FIA acoplado a espectrofotometria como ferramenta rápida e confiável para monitoramento microbiano.

METODOLOGIA

O preparo do meio de cultura mínimo foi realizado seguindo a metodologia adaptada

de (Silva, 2022). As análises foram realizadas no laboratório de Química Analítica e Eletroquímica do CEPEC da Universidade Estadual de Goiás; Foram preparadas soluções de 4 amostras de pós de rochas (Figura 1), obtidas nas pedreiras: Abadiânia (A1), GNA (A2), Itáúna (A3) e Pedra Britada (A4). Em béqueres esterilizados, pesou-se 10 g de cada amostra, adicionou-se 30 mL de água deionizada e recém fervida e à temperatura ambiente, que foi mantida sob agitação durante 30 minutos, após a decantação o sobrenadante foi transferido para balões de 50 mL, cujo o volume foi aferido com a mesma água. Para análise da toxicidade no sistema FIA, foi utilizada a bactéria *Escherichia coli* da cepa Ec8739. As soluções de leituras foram preparadas conforme descrito a seguir:

Em branco: Constituída de uma alíquota só do meio de cultura.

Referência: Alíquota do meio de cultura inoculada com a bactéria *Escherichia coli*.

Demais soluções das amostras: Alíquota do meio de cultura inoculadas com a bactéria *Escherichia coli* e dopadas com as soluções das amostras de pós de rochas. As soluções de leituras foram mantidas em banho Maria na temperatura de 37 °C, condição adequada à proliferação das bactérias.

Figura 1- Soluções das amostras de pós de rocha utilizados



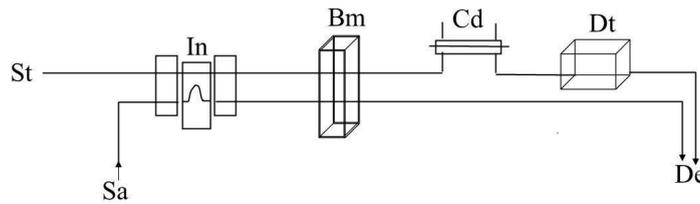
Fonte: Arquivo Pessoal, 2025

Da esquerda para direita: A1, A2, A3 e A4, respectivamente.

A técnica de sistema de injeção em fluxo permite a análise de constituintes químicos por meio da introdução de pequenas quantidades de soluções de amostras em um fluido transportador, que pode conter um reagente, promovendo o deslocamento da amostra ao longo do sistema até o detector (Santos e Masini, 2010; Cunha e Vieira; Toledo, et. al 2019).

No presente trabalho, utilizou-se um sistema FIA usando um espectrofotômetro como detector (figura 2), permitindo a aquisição de dados de absorvância ao longo do tempo para avaliar o comportamento cinético do crescimento bacteriano, empregando a técnica turbidimétrica. O sistema de fluxo contínuo foi acoplado a um espectrofotômetro previamente calibrado para medições de absorvância a 420 nm, com injeções controladas de 200 microlitros por ciclo. Essa faixa espectral foi selecionada por sua adequação ao monitoramento do desenvolvimento da *Escherichia coli*, possibilitando uma análise qualitativa precisa da evolução bacteriana em função do tempo.

Figura 2- Módulo de análise dos sistema FIA.



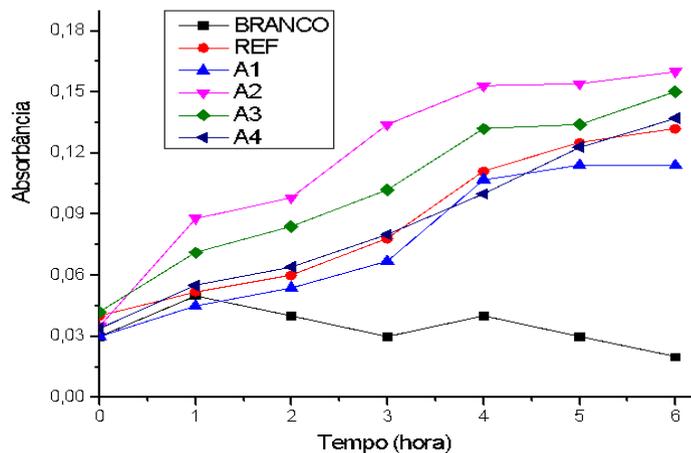
Fonte: Arquivo Pessoal, 2025

St = solução transportadora, In=injetor comutador circular, Bm = unidade propulsora (bomba peristáltica). Cd = câmara de separação para liberação de gases, Dt = detector, espectrofotômetro UV-Vis, De = descarte.

RESULTADOS

No período de 6 horas foram realizadas leituras de 1 hora em 1 hora, cada frasco contendo as soluções: Em branco, Referência, Amostra 1, Amostra 2, Amostra 3 e Amostra 4. Os resultados de leituras de Absorbância, capacidade intrínseca dos materiais em absorver radiações em frequência específica, nesse caso 420 nanômetros, cujos os gráficos se encontram representados na Figura 3.

Figura 3- Avaliação do desenvolvimento da bactéria nas soluções de leituras em função do tempo.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2025

Sendo as soluções: Ref= referência e A1, A2, A3 e A4, amostras de pó de rocha.

Os gráficos (Figura 3) representam os resultados dos testes realizados no espectrofotômetro.

DISCUSSÃO

Nos gráficos representados na figura 3, pode-se observar curvas crescentes indicando a proliferação bacteriana nas soluções de referência, bem como nas soluções das amostras de pós de rocha. Assim, os resultados demonstraram que os microrganismos inoculados nessas soluções em dadas condições, não sofreram nenhuma interferência de agentes tóxicos, demonstrando que a presença dos remineralizadores não influenciou negativamente no crescimento da bactéria *Escherichia coli*.

Portanto com relação a toxicidade, viabiliza o uso de pós de rocha como fertilizantes alternativos. Quanto à solução em branco, o gráfico manteve relativamente constante, com pequenas oscilações, possivelmente oriundas da pulsação do bombeamento da solução. Ficou demonstrado que durante o intervalo de tempo de análise, não houve contaminação do meio de cultura por microrganismos e que foi utilizado padrão de assepsia adequado nas preparações das soluções e no manuseio dos recipientes

CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que os remineralizadores avaliados não apresentaram efeitos tóxicos sobre a *Escherichia coli*, reforçando sua viabilidade como possíveis fertilizantes alternativos, neste aspecto. O sistema FIA mostrou-se eficiente para monitorar o crescimento bacteriano e a possível toxicidade das amostras analisadas, destacando-se como uma metodologia sensível, rápida e de baixo custo.

Para validar a segurança e eficácia desses remineralizadores, recomenda-se a realização de análises complementares, incluindo testes microbiológicos. Investigações adicionais podem contribuir para uma compreensão mais aprofundada dos impactos dos remineralizadores na microbiota do solo e na sustentabilidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o fomento à pesquisa e apoio financeiro da Universidade Estadual de Goiás-Plataforma institucional de pesquisa e inovação em bioinsumos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO, R. S. ; BATISTA, J. F.; MOREIRA, J. G. V.; MORAES, K. N. O.; SILVA, S. O. **Rochagem na agricultura: importância e vantagens para adubação complementar. South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 6, n. 1, p. 528-540, 2019

CUNHA, A. H. N.; VIEIRA, J. A. **Detecção da bactéria escherichia coli em águas residuárias empregando sistema em fluxo por turbidimetria**. Revista Mirante, v. v.7, p. 184, 2014.

KHARKOVA, A. S.; ARLYAPOV, V. V.; MEDVEDEVA, A. V.; LEPIKASH, R. V.; MELNIKOV, P. P.; RESHETILOV, A. A. **Mediator microbial biosensor analyzers for rapid determination of surface water toxicity**. Enzyme and Microbial Technology, v. 132, p. 109435, 2019. DOI: 10.1016/j.enzmictec.2019.109435.

MELAMED, Ricardo; GASPAR, José Carlos; MIEKELEY, Norberto. **Pó-de-rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentáveis em solos tropicais**. Série Estudos e Documentos, CETEM/MCT, 2007

PILLON, C.N. **Dos pós de rocha aos remineralizadores: Passado, presente e desafios. Anais III Congresso Brasileiro de Rochagem**. Pelotas - RS, p.14-22, 2017.

SANTOS, A. C. V.; MASINI, J. C. **Sequential injection analysis (SIA): Twenty years in a Brazilian perspective**. Química Nova, v. 33, n. 9, p. 1949-1956, 2010.

SILVA, J. C. J. **Prospecção fitoquímica e análise de injeção em fluxo como ferramenta para determinação de atividade antimicrobiana da *Myracrodruon urundeuva* frente à bactéria *Escherichia coli***. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) – Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Central Sede Anápolis, Anápolis, 2022

TOLEDO, M. A; ALMEIDA, V. F; CUNHA, A. H; COSTA M. B.; CAMPOS, B.; VIEIRA, J. A. **“Reuse of sanitizing solution in tomato hygienization (*Lycopersicon esculentum* mill) in industrial kitchens”**. International Journal of Development Research, 09, (05), 27423-27427, 2019.