

ANÁLISE DE FITOXICIDADE DE SOLOS IMPACTADOS COM BORRA OLEOSA APÓS DIFERENTES TRATAMENTOS DE BIORREMEDIAÇÃO

MARIEL PENHA LAPA¹; ÉRICO KUNDE CORRÊA²; MICHEL GERBER³;
PATRÍCIA QUADROS⁴; FÁTIMA MENEZES BENTO⁵; VANESSA
SACRAMENTO CERQUEIRA⁶.

¹Universidade Federal de Pelotas – mariellapa@hotmail.com;

²Universidade Federal de Pelotas – ericokundecorrea@yahoo.com.br;

³Universidade Federal de Pelotas – mdavidgerber@gmail.com;

⁴Universidade Federal do Rio Grande do Sul – patiquadros11@yahoo.com.br;

⁵Universidade Federal do Rio Grande do Sul – fatima.bento@ufrgs.br;

⁶Universidade Federal de Pelotas – vanescerqueira@yahoo.com.br.

1. INTRODUÇÃO

As refinarias e indústrias petroquímicas geram resíduos sólidos de alta toxicidade. Dentre estes, destaca-se a borra oleosa, que pode causar graves problemas de contaminação ambiental caso não recebam uma destinação ambientalmente adequada. A maioria dos componentes presentes neste resíduo são tóxicos, mutagênicos e carcinogênicos, sendo assim classificados como poluentes ambientais prioritários.

Como forma de tratamento, tem sido empregada a tecnologia de biorremediação chamada *Landfarming*, onde os resíduos são espalhados e misturados à camada reativa do solo, de forma controlada, a fim de que a própria microbiota do solo atue como agente de degradação (SILVA, 2009). Esse processo é executado em ambientes abertos e muitas vezes mostra baixa eficiência quando desenvolvido em regiões que possuem períodos de baixa temperatura e de altos índices de precipitações (CERQUEIRA, 2011).

Visando aumentar a eficiência do processo de biorremediação, duas principais estratégias têm sido propostas: a bioestimulação, através da adição de nutrientes orgânicos e inorgânicos no ambiente contaminado e a bioaugmentação que baseia-se na introdução, no local contaminado, de microrganismos pré-selecionados com comprovada capacidade catabólica (CAVELHÃO, 2011).

Como forma de avaliar a eficiência destes processos em solos contaminados com resíduos orgânicos, os métodos físico-químicos são os mais utilizados atualmente. Entretanto, as análises químicas não mostram necessariamente o real impacto de cada substância nos organismos vivos, pois alguns compostos quando degradados geram produtos intermediários que podem ser mais tóxicos que a substância original. Neste contexto, testes de toxicidade tem mostrado ser uma poderosa ferramenta complementar para prever o efeito de uma mistura complexa de hidrocarbonetos, tal como o petróleo, no ambiente. Para realização desses testes, são utilizados organismos, chamados de organismos teste. No ecossistema terrestre como principais bioindicadores têm sido utilizadas as hortaliças no estágio de semente, como o pepino, a rúcula e a alface, pois apresentam alta sensibilidade a substâncias tóxicas e ciclo de vida curto, o que resulta em um teste eficiente e que necessita de um pequeno espaço de tempo para sua realização.

Diante disto, o presente trabalho visa avaliar a fitotoxicidade de solos contaminados com borra oleosa antes e após os diferentes tratamentos de biorremediação (atenuação natural, bioestimulação e bioaumentação).

2. METODOLOGIA

Experimentos de biorremediação

Os ensaios de biorremediação foram montados em frascos de vidro com capacidade de 1L. Em cada unidade experimental, foi colocado 300 g de solo, o qual foi contaminado com 6% de borra oleosa (p/p). Os frascos foram mantidos em estufa a 30°C durante 54 dias. Foram realizados os seguintes tratamentos:

Controle (C): solo *Landfarming* sem contaminação de borra oleosa.

Atenuação natural (AN): solo *Landfarming* contaminado com 6% de borra oleosa.

Bioestimulação (BE): solo *Landfarming* contaminado com 6% de borra oleosa e ajuste da proporção C:N:P para 100:6:1,5 pela adição de uma solução de NH_4NO_3 e KH_2PO_4 .

Bioaumentação (BA): solo *Landfarming* contaminado com 6% de borra oleosa e inoculação de consórcio bacteriano composto por 5 cepas (*Stenotrophomonas acidaminiphila*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus cibi*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Bacillus cereus*).

Montagem dos ensaios de toxicidade com *L. sativa*

A avaliação da fitotoxicidade das amostras de solo provenientes dos diferentes tratamentos foi realizada segundo MORALES (2004) e LOPES (2014). Foram utilizadas semente de *Lactuca sativa* (alface) como organismo teste. Os testes de toxicidade foram preparados, em triplicata, utilizando copos plásticos de 50 mL. A cada copo contendo 25 g de solo, foi adicionado 1,0 mL de água destilada e semeadas 10 (dez) sementes do organismo-teste. Logo depois de semeados, os recipientes plásticos foram cobertos com Parafilm®, e incubados em câmara climatizada durante 120 h a aproximadamente 22°C, na ausência de luz. Foi também realizado o controle negativo (CN), que consistiu de solo sem contaminação, para verificar a eficácia do ensaio. Após o período de 120h, as plântulas foram retiradas da câmara climatizada, e se procedeu a contagem de sementes germinadas e seus respectivos comprimentos de raiz.

Para a determinação do índice de germinação (IG) combinou-se as medidas de germinação relativa das sementes ao CN (%G) e do alongamento da raiz relativo ao CN (%R) (Equação 1).

$$IG = \frac{(\%G) \times (\%R)}{100} \quad (\text{Equação 1})$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos de Índice de Germinação (IG) para os diferentes experimentos estão mostrados na Figura 1. O máximo IG (104,2) foi alcançado no ensaio de BA, seguido de BE e AN. Entretanto, estes valores não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$).

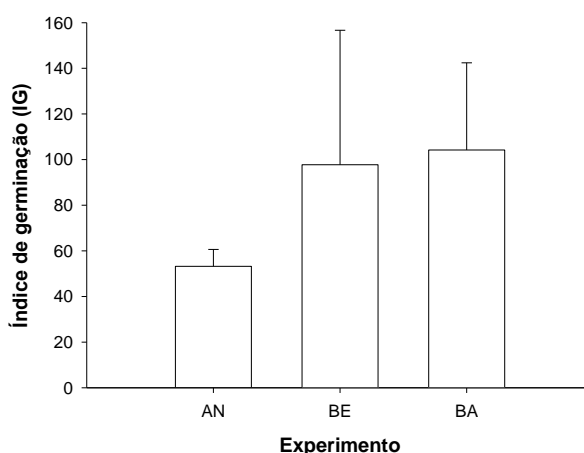


Figura 1: Índice de Germinação para a alfaca.

A Tabela 1 mostra os valores encontrados de germinação antes e após os tratamentos de biorremediação. Observa-se que os tratamentos de biorremediação aplicados foram eficientes quando comparados ao tempo zero, visto que no tempo final apresentaram aumento na porcentagem de germinação, o que mostra que houve redução na fitotoxicidade. Comportamento semelhante foi observado por LOPES (2014), onde a maioria dos tratamentos propostos apresentaram redução nos níveis de toxicidade de solo contaminado por óleo lubrificante, demonstrando a eficiência dos processos de biorremediação. Já em estudos realizados por AL-MUTAIRI et al. (2008), foi encontrado comportamento inverso, onde após processo de biorremediação os níveis de toxicidade aumentaram, mostrando que os compostos formados durante a degradação tinham potencial tóxico maior que dos hidrocarbonetos iniciais.

Os resultados dos bioensaios mostraram-se confiáveis, pois, conforme citado por CRUZ et al. (2013), a condição estabelecida para a confiabilidade do teste de fitotoxicidade com hortaliças, de acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), é de que devem germinar 65% das sementes do controle. Nos ensaios realizados foi obtido o valor de 96,7%, sendo assim superior ao estipulado pela EPA.

Tabela 1: Comparação entre valores de germinação antes e após os tratamentos de biorremediação.

Tempo	Tratamento	Sementes germinadas (%)
Inicial	Solo controle (sem adição de borra)	96,7
	Solo contaminado (tempo zero)	26,7
Final	AN	53,3
	BE	76,7
	BA	85,0

A partir dos resultados, nota-se que a adição de nutrientes e microrganismos, mostraram reduzir a toxicidade do solo mais eficientemente

que a AN, em especial a bioaugmentação (BA). Essas técnicas utilizadas para aumentar a eficiência da biorremediação são de grande importância, visto que elas intensificam o processo de degradação, assim diminuindo o tempo do processo de biorremediação. É importante destacar que neste trabalho, foi observado que o percentual de germinação nos tratamentos no tempo final alcançaram valores próximos do solo controle, mostrando que os solos estavam em processo de recuperação.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados, verificou-se que entre os tratamentos estudados o que mostrou melhor desempenho foi a BA, alcançando o valor de 85% das sementes germinadas e maior índice de germinação.

As estratégias de bioestimulação e bioaugmentação para o tratamento de borra oleosa mostraram-se eficientes, visto que houve redução da toxicidade no período final dos tratamentos de biorremediação.

Além disto, a medida de fitotoxicidade utilizando sementes de alface mostrou ser uma alternativa eficiente na avaliação do desempenho da biorremediação, emergindo como um método de análise promissor.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-MUTAIRI; N, A. BUFARSAN B; F. AL-RUKAIBI. Ecorisk evaluation and treatability potential of soils contaminated with petroleum hydrocarbon-based fuels. **Chemosphere**, v.74, p. 142-148, 2008.
- CAVELHÃO, G. **Biorremediação de resíduo contaminado com diesel proveniente do beneficiamento de geodos de ágata**. 2011. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2011.
- CERQUEIRA, V.S. **Biorremediação de borra oleosa proveniente de indústria petroquímica em microcosmos**. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- CRUZ, J.M; P.R.M. LOPES, R.N. MONTAGNOLLI; I.S. TAMADA, N.M.M.G. SILVA; E.D. BIDOIA. Phytotoxicity of soil contaminated with petroleum derivatives and biodiesel. **Ecotoxicology and Environmental Contamination**, v. 8, n. 1, p.49-54, 2013.
- LOPES, P.R.M. **Biorremediação de solo contaminado com óleo lubrificante pela aplicação de diferentes soluções de surfactante químico e biosurfactante produzido por *Pseudomonasaeruginosa* LBI**. 2014. 185f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2014.
- MORALES, G.C. (ed.). **Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas**. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2004, 189p.
- SILVA, L.J. **Processo de Landfarming para tratamento de resíduos oleosos**. Dissertação (Mestrado em Processos químicos e bioquímicos) –Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.