



Recuperação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos usando bioestimulação.

Maria Valdete da Costa⁽¹⁾; Celsemy Eleuterio Maia⁽²⁾; Elis Regina Costa de Moraes⁽³⁾.

(1) Discente do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação; E-mail: mariavaldete@ufersa.edu.br; (2) Professor; Universidade Federal Rural do Semi-Árido; Mossoró, Rio Grande do Norte; E-mail: celsemy@ufersa.edu.br; (3) Professora; Universidade Federal Rural do Semi-Árido; Mossoró, Rio Grande do Norte; E-mail: elisregina@ufersa.edu.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade da técnica de biorremediação em solo contaminado com compostos oleosos em cinco diferentes concentrações (0, 1, 3, 5 e 10 %) e bioestimulado com doses de fertilizantes (NPK) equivalentes a 0, 250, 500, 1250 e 2500 kg ha⁻¹. Para tal foram conduzidos os experimentos por um período de 105 dias e a cada 7 dias foi realizado o monitoramento da produção de C-CO₂ através de análises titulométrica. Quanto à melhores resultados para produção de C-CO₂, obteve-se o valor de 3.539,40 mg kg⁻¹ para as doses de 9,20 % para o petróleo e de 2435 kg ha⁻¹ para o NPK. Em geral, observou-se que a técnica de biorremediação é eficiente pela resposta remediadora e pelo baixo custo.

Termos de indexação: biorremediação, fertilização, NPK.

INTRODUÇÃO

O mundo atual está cada vez mais dependente do petróleo e de seus derivados para a manutenção da atividade industrial, entretanto as atividades de extração, transporte e refinamento de petróleo têm contribuído para a contaminação do solo com petróleo em todo o planeta (Lopes & Piedade, 2010). Tais ocorrências vêm motivando a realização de pesquisas para recuperação destas áreas contaminadas (Aislabi et al., 2004; Marín et al., 2006).

Dentre as técnicas desenvolvidas, a "biorremediação" vem se destacando como uma alternativa viável e promissora para o tratamento de solos contaminados por petróleo e seus derivados (Dua et al., 2002; Rahman et al., 2002; Bento et al., 2003). A biorremediação baseia-se na degradação bioquímica dos contaminantes por meio da atividade de microrganismos presentes ou adicionados no local de contaminação (Bernoth et al., 2000). No entanto, Para que esta técnica de biorremediação seja utilizada de forma eficiente, o primeiro requisito a ser atendido é a necessidade dos microrganismos indígenas apresentarem a capacidade de descontaminar o poluente alvo. Neste contexto, a

bioestimulação pode oferecer custo mais baixo em relação às demais técnicas de biorremediação (Epa, 2004).

Objetivou-se com este trabalho avaliar a biodegradação de petróleo com nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) como alternativa capaz de tratar adequadamente as contaminações de solo decorrente de derrames de material oleoso.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com solo do campo de extração de petróleo de Canto de Amaro, no município de Mossoró, no Estado do Rio Grande do Norte. Esta região possui o maior campo de produção de petróleo em terra no país. Segundo Petta et al. (2007) o petróleo encontrado nessa região apresenta classificação como base parafínica, grau API variando entre 28° e 44° a depender da zona produtora.

O experimento foi conduzido do dia 29/08 a 12/12 de 2014, sendo os tratamentos distribuídos em blocos casualizado, esquema fatorial 5 x 5, sendo 5 doses de petróleo e 5 de NPK, com 3 repetições, perfazendo um total de 75 parcelas. O experimento foi montado em temperatura ambiente e acompanhada diariamente, com a temperatura variando de 31,9 a 34,3 °C.

Pesou-se 2000 g de solo para cada dose de petróleo 0, 20, 60, 100 e 200 g, que correspondem 0, 1, 3, 5 e 10 % (p/p). Com o solo contaminado pesou-se 100 g, acondicionou em potes de vidro com tampa de rosca, hermeticamente fechados e com capacidade de 0,6 dm⁻³ cada. As doses de fertilizantes (NPK) foram equivalentes a 0, 250, 500, 750, 1250 e 2500 kg ha⁻¹, respectivamente. Segundo Quideau et al. (2012), a dose recomenda seria de 250 kg ha⁻¹ de 10:30:20. Para isto, preparou-se uma solução concentrada, como fonte de Nitrogênio usou uréia, de Fósforo MAP (monofosfato de amônio) e para potássio, Cloreto de potássio. Em seguida efetuaram-se as diluições com as respectivas concentrações, e desta solução adicionaram-se 10 ml em todos os tratamentos. Para elevar o pH entre 6,5 a 7,0 adicionou-se 3,5 ml da solução NaOH 0,25 M e homogeneizou.

Em cada parcela foi adicionada 20 ml de solução



de NaOH 0,5 M em copo de polietileno de 50 ml para capturar o C-CO₂ produzido pela biorremediação.

A avaliação da produção de C-CO₂ foi determinada semanalmente pelo método titulométrico, e quantificado de acordo com a Eq. 1 segundo (Stotzky, 1965).

$$C - CO_2 = (mg \text{ kg}^{-1} \text{ solo}) = (B - T) \times eqx \text{ Mx } 10 \quad (1)$$

Para a análise dos resultados foram determinadas as interações e influências significativas de cada variável, utilizando os dados obtidos para a confecção de uma superfície de resposta para a visualização de seus efeitos por meio das curvaturas. Para a determinação de tais análises foi utilizado o software Statistica 9.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção C-CO₂ tem sido empregada para avaliar biodegradação dos compostos orgânicos na biorremediação. Em todos os tratamentos com a adição crescente das doses de petróleo e as doses de NPK tiveram aumento significativo, observa-se que os valores obtidos na ausência do petróleo variaram de 353 mg kg⁻¹ a 526 mg kg⁻¹. Com a adição das doses de petróleo, esses valores variaram de 1.014 a 1.221 mg kg⁻¹; 1.689 a 2.059 mg kg⁻¹; 1.836 a 2.792 mg kg⁻¹ e 1.377 a 3.525 mg kg⁻¹ para as doses crescentes de petróleo 1, 3, 5 e 10 %, respectivamente, devido aos microrganismos utilizaram o petróleo como fonte de carbono, aumentando população microbiana e consequentemente liberando mais C-CO₂.

Ajustando os dados ao modelo de superfície de resposta (**Figura 1**), obteve-se o coeficiente de determinação (R²) igual a 0,9445, verificando que tanto para o NPK quanto para o petróleo, o efeito foi quadrático na produção de C-CO₂, consequentemente maior degradação de petróleo. A maior produção de C-CO₂ foi obtida para as doses de 2.435 kg ha⁻¹ de NPK_{max} e 9,20 %, de P_{max}, respectivamente, para uma produção máxima de 3.539,40 mg kg⁻¹ de C-CO₂. Levando em consideração que existem várias combinações de NPK e P entre os tratamentos, observou-se uma região racional de 1067,5 kg ha⁻¹ de NPK e 6,68 % para e P, respectivamente. Avaliando a degradação do petróleo em relação a produção de C-CO₂, Baptista (2003) verificou que a maior produção de C-CO₂ foi de 4.000 mg kg⁻¹ correspondeu a aproximadamente 35 % do petróleo degradado.

Os valores dos acréscimos das doses de NPK em função das doses de petróleo indicam uma relação linear, com intercepto e coeficiente angular, iguais a 0,00 e 0,59, respectivamente. Segundo Millioli (2009) existe uma relação entre a bioestimulação das fontes de nitrogênio, fósforo e potássio e a biodegradação dos contaminantes.

A produção de C-CO₂ em função das doses de petróleo é quadrático, com ponto de máximo, observou-se um aumento na produção de C-CO₂ com aumento das doses de petróleo em todos os tratamentos, no entanto, com decréscimo na taxa de C-CO₂ a partir do ponto máximo, provavelmente devido à toxidez causada pelo excesso de petróleo.

Avaliando-se a produção de C-CO₂ em função das doses de NPK, verificou-se máxima eficiência física (MEF) foi de 1.372,97 kg ha⁻¹ de NPK. Considerando a máxima eficiência econômica de 90 %, obteve-se os valores de 2.825,92 mg kg⁻¹ de C-CO₂ e 938,95 kg ha⁻¹ para NPK, respectivamente. A economia foi estimada pela subtração entre C-CO₂ e NPK em 434 kg ha⁻¹ de NPK, correspondente a uma economia de 32 % de fertilizante. Segundo Quideau (2012), o aumento da população microbiana está intimamente relacionado com a fertilização de solos de poucos nutrientes, como também os microrganismos são influenciados pelo tratamento de fertilização com NPK, o que aumentou a população microbiana em até 85 %, ocorrendo uma interação significativa entre o tipo de solo e adubação.

CONCLUSÕES

A técnica de biorremediação com NPK teve efeito significativo sobre a produção de C-CO₂ em função das doses crescentes de NPK e petróleo.

A melhor combinação obtida entre as doses de NPK e petróleo, foram de 1067,5 kg ha⁻¹ para NPK e 6,68 % de petróleo, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- AISLABIE, J. M.; BALKS, M. R.; FOGHT J. M. & WATERHOUSE, E. J. Hydrocarbon spills on Antarctic soils: effects and management. *Environ. Sci. Technol.*, 38:12651274, 2004.
- BAPTISTA, S. J. Seleção das melhores condições de biodegradação de petróleo em solo argiloso. UFRJ/EQ, 2003. xvi, 163 p.; il. (Dissertação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2003.
- BENTO, F. M.; CAMARGO, F. A. O.; OKEKE, B.; FRANKENBERGER-JÚNIOR, W. T. Bioremediation of soil contaminated by diesel oil. *Braz. J. Microbiol.*, 34:65-68, 2003.



BERNOTH, L.; FIRTH, I.; MCALLISTER, P.; RHODES, S. "Biotechnologies for remediation and pollution control in the mining industry". *Minerals & Metallurgical Processing*, 17 (2), 105-111, 2000.

DUA, M.; SINGH, A.; SETHUNATHAN, N. & JOHRI, A. K. Biotechnology and bioremediation: successes and limitations. *Appl. Microbiol. Biot.*, 59:143-152, 2002.

EPA: ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, UNITED STATES. How to Evaluate Alternative Cleanup Technologies for Underground Storage Tank Sites: A Guide for Corrective Action Plan Reviewers. Chapter XII - Enhanced Aerobic Bioremediation, EPA 510-B-94-003; EPA 510-B-95-007 and EPA 510-R-04-002, 2004 d.

LOPES, A.; PIEDADE, M. T. F. O período da contaminação com petróleo influencia a rebrota de *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock em solo de várzea da Amazônia Central? *Biota Neo tropica*, Campinas, v. 10, n. 4, p. 143-148, 2010.

MARÍN, J. A.; MORENO, J. L.; HERNÁNDEZ, T. & GARCÍA, C. Bioremediation by composting of heavy oil refinery sludge in semiarid conditions. *Biodegradation*, 17:251-261, 2006.

MILLIOLI, V. S.; SERVULO, E. F. C.; SOBRAL, L. G. S.; DE CARVALHO, D. D. Bioremediation of crude oil-bearing soil: evaluating the effect of Rhamno lipid addition to soil toxicity and to crude oil biodegradation efficiency, *Global NEST Journal*, v. 11, n.2, p. 181, 2009.

PETTA, R. A.; SINDERN, S.; CAMPOS, T. F. C.; NASCIMENTO, P. S. R. Sig marisco – um sistema ambiental para avaliação das vulnerabilidades em áreas de exploração de petróleo no semi-árido. 4º PDPETRO, Campinas-SP 6.2.289.1 – 1 21-24 de Outubro de 2007.

QUIDEAU, S. A.; GUPTA, S. D.; MACKENZIE, M. D.; LANDHÄUSSER, S. M. Microbial Response to Fertilization in Contrasting Soil Materials used during Oil Sands Reclamation. *Soil Science Society of America Journal*, v. 77, p. 145–154, 2012.

RAHMAN, K. S. M.; BANAT, I. M.; THAHIRA, J. Bioremediation of gasoline contaminated soil by a bacterial consortium amended with poultry litter, coir pith and rhamnolipid biosurfactant. *Bioresour. Technol.* 81:25-32, 2002.

$$CO = 408,9797 + 525,3638 * x + 146,487 * y - 39,3401 * x * x + 20,3976 * x * y - 17,1581 * y * y$$

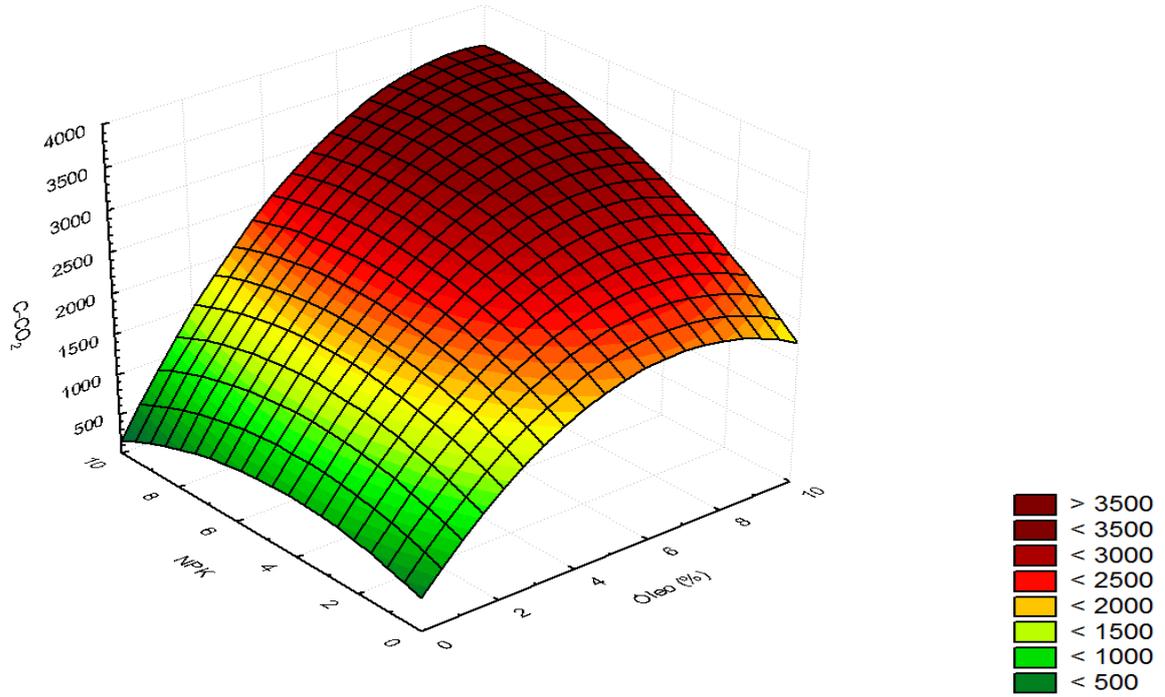


Figura 1 – Produção acumulada de C-CO₂ com doses crescentes de petróleo e NPK.