



## X Congresso Brasileiro de Engenharia Química Iniciação Científica

*“Influência da pesquisa em Engenharia Química no desenvolvimento tecnológico e industrial brasileiro”*

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Universidade Severino Sombra  
Vassouras – RJ – Brasil

### **BIORREMEDIAÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM BIODIESEL DE PROCESSO (BODIESEL E GLICERINA): AVALIAÇÃO DE CONDIÇÕES OPERACIONAIS EMPREGANDO REATORES ROTATIVO E DE BANDEJA**

**BRAGA\*<sup>1</sup>, T.G.; PÓVOA<sup>1</sup>, P.V.; PIRETE<sup>2</sup>, L.M.; LEMOS<sup>3</sup>, D.A.; CARDOSO<sup>4</sup>, V.L.; RESENDE<sup>4</sup>, M.M.; VIEIRA<sup>4</sup>, P.A.**

<sup>1</sup>Aluno da FEQ/UFU <sup>2</sup>Aluna do ICA /UFU <sup>3</sup>Mestrando da FEQ/UFU <sup>4</sup>Professora da FEQ/UFU  
Faculdade de Engenharia Química – Universidade Federal de Uberlândia,  
Av. João Naves de Ávila 2121, Bloco 1K – Campus Santa Mônica – Uberlândia – MG.  
Email: vicelma@feq.ufu.br

**RESUMO** - Junto ao crescimento da produção de biodiesel, possíveis acidentes de derramamento se tornam mais susceptíveis a ocorrerem, podendo gerar maiores danos ao ambiente. Em vista de atenuar tais acidentes ambientais pode-se utilizar o processo de biorremediação como uma alternativa viável. Este método é baseado na atividade biológica de microorganismos, e por isso é preciso garantir condições ambientais favoráveis à sobrevivência, crescimento e atividade destes, a fim de se obter maiores índices de remoção de contaminantes. Tendo em vista estes fatores, o objetivo do presente trabalho foi utilizar dois biorreatores em condições controladas, sendo um biorreator de bandeja e outro rotativo, buscando assim as melhores condições para o processo de biodegradação de biodiesel de processo (biodiesel+glicerina) em solo a fim de se obter remoção deste contaminante. Os biorreatores apresentavam concentrações iniciais de biodiesel de 22.000, 78.000 e 50.000 mg BB.kg<sup>-1</sup> de solo, e as remoções obtidas de BB foram de 100, 90, 6 e 33,9% os biorreatores do tipo bandeja, e 80, 65 e 43% os biorreatores do tipo rotativo. Com estes resultados verificaram-se valores de remoção de BB consideráveis principalmente em se tratando dos biorreatores do tipo bandeja.

**Palavras chave:** biorremediação, biodiesel bruto, biorreatores

### **INTRODUÇÃO**

Alternativas para os problemas de caráter ambiental são motivações para inúmeras pesquisas e exigências legislativas no mundo moderno. No tocante dos combustíveis fósseis e do esgotamento das reservas petrolíferas, o interesse pelo uso de biocombustíveis tem aumentado.

O biodiesel vem sendo aderido a matriz energética brasileira (Knothe *et al.*, 2006), pois

apesar de suas propriedades físico-químicas serem semelhantes ao do diesel proveniente do petróleo, ele libera menos gases poluentes.

No Brasil, a Lei Federal Nº 11.097 (13/01/2005), determina que o diesel comercial deva ser uma mistura com 2% de biodiesel chegando na atualidade a 5% e este valor deve atingir ainda índices maiores.

Tendo em vista estes fatores, a produção e consumo de biodiesel tem crescido, e com isso estudos sobre sua biodegradabilidade se

\*Bolsista CNPq

fazem necessários. É preciso obter técnicas que sejam eficazes, economicamente viáveis e compatíveis com os aspectos socioambientais atuais. (Xu e Lu, 2010)

O processo de biorremediação é uma alternativa promissora para o tratamento de solos contaminados com efluentes domésticos e industriais, pois se mostra como uma forma sustentável e ambientalmente correta (El Fantroussi e Agathos, 2005). Soma-se a isso suas várias aplicações, baixos custos operacionais e bons resultados (Bento *et al.*, 2005).

O presente trabalho visa otimizar tal processo, pois é conhecido que parâmetros como pH, umidade, oxigênio, fontes de nitrogênio, fósforo e potássio são importantes ao processo. (Simoneto, 2012)

## MATERIAIS E MÉTODOS

O solo utilizado no trabalho foi coletado na Fazenda do Glória, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia – MG. Este solo contaminado não tem histórico de contaminação e não era de local próprio à plantações ou pastagens.

O biodiesel empregado para contaminação foi cedido pela Petrobrás Transporte S/A, sediada em Uberlândia – MG.

Por fim, a cultura mista aplicada (C1) é a descrita por Vieira *et al.* (2004). Tal cultura foi isolada do solo de uma lagoa contaminada com efluente de água de lavagem de pátio de uma distribuidora de combustíveis, susceptível a derrames eventuais de gasolina e óleo diesel.

### Experimentos de biorremediação

No presente trabalho foram usados dois tipos de bioreatores, rotativo e de bandeja. O biorreator do tipo bandeja era composto de 0,525 Kg de solo estéril e 0,175 Kg de solo retirado do biorreator inoculo (biorreator no qual houve a adaptação dos microrganismos ao solo). Já o biorreator rotativo, era uma mistura de 0,150 Kg de solo estéril e 0,050 Kg de solo com microrganismos adaptados, propiciando, em ambos os casos, uma concentração de 25% de inóculo em cada. As Figuras 1 e 2 são uma representação dos bioreatores utilizados no trabalho.



**Figura 1 - Biorreator do tipo bandeja**



**Figura 2 - Biorreator do tipo rotativo**

A temperatura foi mantida constante em  $35 \pm 1^\circ\text{C}$ . O controle de temperatura foi efetuado por um conjunto de resistências elétricas em um caixa, formando uma espécie de estufa.

Para a partida dos experimentos, os bioreatores foram contaminados com diferentes concentrações de biodiesel, sendo as concentrações finais estudadas de 22.000, 50.000 e 78.000 mg de biodiesel bruto por kg de solo.

Os bioreatores foram homogeneizados com o auxílio de espátula de aço e após a contagem do número de microrganismos presentes em cada, eles foram alocados na estufa.

Ao longo do processo de remediação era realizada a homogeneização por revolvimento de solo a cada dois dias. A análise de óleo remanescente era feita em analisador de TPH Modelo Buck HC-404 semanalmente. Além disso, quinzenalmente foi verificado o crescimento dos microrganismos utilizando a

técnica “pour plate” e foi feita a umidificação do meio (solo) a cada semana, afim de mantê-lo com 50% da sua capacidade de retenção de água. A água utilizada para umidificação continha fontes de fósforo ( $K_2HPO_4$  e  $KH_2PO_4$ ) e nitrogênio ( $NH_4NO_3$  e levedura cervejeira autolizada) para a correção da relação C:N:P para o valor de 100:10:1. O tempo total de experimento foi de 30 dias.

### Quantificação de biodiesel bruto

Foi realizada uma análise seguindo uma metodologia modificada de Vieira *et al.* (2007). A preparação para análise foi feita pesando-se 2g de solo e 10 mL de n-hexano - solvente responsável por extrair o contaminante da amostra – em um béquer, colocado sob agitação por 15 minutos.

Após a separação de fases, foram retirados 100 $\mu$ L com uma pipeta volumétrica da fase orgânica, e colocados em uma cubeta para leitura de absorvância no analisador de TPH Modelo Buck HC-404. A quantificação da concentração de contaminantes no solo foi feita via curva de calibração confeccionada previamente.

A análise de TPH – hidrocarbonetos totais de petróleo – pode caracterizar o teor de óleo presente no biodiesel bruto, pois tal análise se baseia na medida da absorvância da ligação C-H dos hidrocarbonetos presentes na amostra. Tal medida pode ser convertida na quantidade total de óleo na amostra original se mantido uma razão controlada por calibração entre solvente e óleo (Nascimento, 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados de remoção de biodiesel bruto (BB) obtida para os reatores de bandeja e rotativo, a temperatura controlada de  $35\pm 1^\circ C$  e após 30 dias de processo, são mostrados nas tabelas 1 e 2.

**Tabela 1 – Resultados de remoção de BB em reator tipo bandeja**

Biorreator	Concentração inicial de BB (mg BB.kg <sup>-1</sup> de solo)	Remoção BB (%)
RA	22.000	100

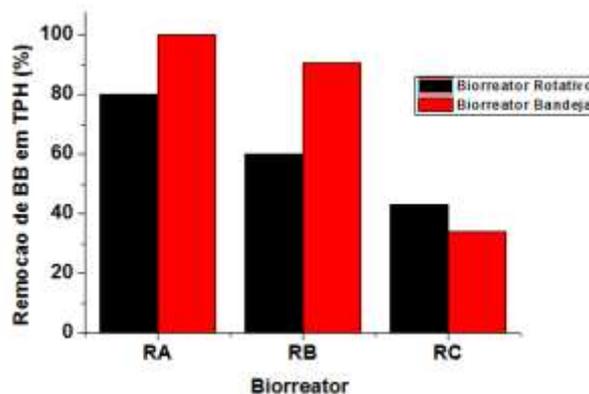
RB	50.000	90,6
RC	78.000	33,9

**Tabela 2 – Resultados de remoção de BB em reator tipo rotativo**

Biorreator	Concentração inicial de BB (mg BB.kg <sup>-1</sup> de solo)	Remoção BB (%)
RA	22.000	80
RB	50.000	65
RC	78.000	43

Comparando os dados das tabelas, para o reator RA e RB de concentração inicial de 22.000 e 50.000 mg BB.kg<sup>-1</sup> de solo, os biorreatores tipo bandeja apresentaram melhores resultados de remoção se comparado aos rotativos. Ambos os reatores, RA e RB, apresentaram porcentagens de remoção satisfatórias para os reatores de bandeja, acima de 80%.

Para o último reator entretanto, foi observado comportamento antagônico, que pode ser melhor visualizado pela Figura 3.



**Figura 3 – Remoção de BB nos biorreatores em estudo.**

Para o biorreator RC o tempo de processo não foi suficiente para alcançar resultados desejáveis. Isso se justifica pelo fato de que em concentrações maiores de biodiesel, os microrganismos necessitam de um tempo maior para se adaptarem e então darem início à biodegradação.

## CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos no presente trabalho, foi verificado que a remoção de carga poluidora no biorreator do tipo bandeja é uma alternativa eficiente para a descontaminação de solo contaminado com biodiesel bruto. Para elevadas concentrações é observado comportamento contrário, isto é, o biorreator do tipo rotativo apresenta melhores resultados, e isso deve estar relacionado principalmente à elevada disponibilidade de contaminante aos microrganismos pelo movimento constante deste tipo de biorreator.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. APHA: Washington, 1998.
- BENTO, F.M.; CAMARGO, F.A.O.; OKEKE, B.C.; FRANKENBERGER, W.T. Comparative bioremediation of soils contaminated with diesel oil by natural attenuation, biostimulation and bioaugmentation. **Bioresource Technology**, Holanda, v. 96, p. 1049–1055, 2005.
- COLLA, T.S. Avaliação da biorremediação de solo contaminado pela mistura B10 por consórcio bacteriano. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.
- EL FANTROUSSI, S. & AGATHOS, S.N. Is bioaugmentation a feasible strategy for pollutant removal and site remediation? **Current Opinion in Microbiology**, Reino Unido, v. 8, p. 268–275, 2005.
- KNOTHE, G.; GERPEN, J.V.; KRAHL, J.; RAMOS, L.P. **Manual de Biodiesel**. Ed.: Edgard Blücher, 332p., 2006.
- NASCIMENTO, A. R. Avaliação do desempenho do método de determinação de TPH (Total Petroleum Hydrocarbon) em areia por detecção no infravermelho. Dissertação de Mestrado - PUC-Rio, Departamento de Metrologia para a Qualidade Industrial, 2003.
- VIEIRA, P.A. Avaliação da biodegradação de efluente contendo óleo diesel e gasolina empregando culturas mistas. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia – Faculdade de Engenharia

Química, 2004.

- VIEIRA, P.A.; VIEIRA, R.B.; DE FRANÇA, F.P.; CARDOSO, V.L. Biodegradation of effluent contaminated with diesel fuel and gasoline. *Journ. Hazard. Mat.*, 140(1-2), 52-59, 2007.
- XU, Y. & LU, M. Bioremediation of crude oil-contaminated soil: Comparison of different biostimulation and bioaugmentation treatments. **Journal of Hazardous Materials**, Holanda, v. 183, p. 395–401, 2010.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal de Uberlândia e a Faculdade de Engenharia Química por possibilitarem a realização deste trabalho, ao CNPq, a FAPEMIG e a Capes pelo apoio financeiro.