

# MONITORAMENTO DO PROCESSO DE ATENUAÇÃO NATURAL DE SOLO FRANCO-ARGILOSO CONTAMINADO COM ÓLEO DIESEL PURO



## **Ricardo Terra de Melo Marques**

Aluno de Graduação Eng. de Bioprocessos, 7º período, UFRJ  
Período PIBIC/CETEM: julho de 2009 a julho de 2011,  
ric\_terra@yahoo.com.br

## **Ronaldo Luiz Correia dos Santos**

Orientador, M.Sc  
rcorreia@cetem.gov.br

## **1. INTRODUÇÃO**

Os problemas de poluição e degradação ambiental agravaram-se com o desenvolvimento dos centros urbanos e, sobretudo, a partir da Revolução Industrial, por conta do aumento da geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos e compostos voláteis (LEITE, 1995; DIAS, 2000).

Em consequência, é crescente a preocupação dos especialistas e das autoridades, o que tem motivado a busca por soluções técnicas e economicamente viáveis para o tratamento de áreas atingidas por contaminantes, o que inclui prevenção ou remediação.

Dentre as tecnologias viáveis, tem-se a biorremediação, que é um processo que utiliza agentes biológicos tais como microrganismos e plantas, para remover ou neutralizar contaminantes (CHAPELLE, 2000 apud MARTINS et al., 2003).

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo desse trabalho, portanto, foi monitorar o processo de atenuação natural de um solo franco-argiloso, artificialmente contaminado com óleo diesel puro (B0) em colunas de PVC com 60 cm de altura e 22 cm de diâmetro.

O monitoramento englobou a contagem de bactérias degradadoras de diesel (NMP/g de solo), contagem de microrganismos de ensaio heterotróficos totais (UFC/g de solo) e concentração de hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) ao longo de 60 dias em profundidades de 20cm, 40cm e 60cm.

## **3. METODOLOGIA**

### **3.1 Solo**

O solo utilizado neste trabalho foi coletado em uma área sem histórico de contaminação, no município de Belford Roxo-RJ, e caracterizado como argiloso. O solo foi peneirado em peneira de malha 10 mesh, depois homogeneizado e quarteado, sendo armazenado em porções de 25 kg em câmara fria (4°C) até o momento do uso.

### **3.2 Óleo Diesel**

Foi utilizado óleo diesel puro B0, indicando que está isento de aditivos. O combustível, foi estocado em câmara fria a 4°C até o momento do uso.

### **3.3 Procedimento Experimental**

Os ensaios foram conduzidos em reatores estáticos de PVC, com 60 cm de altura e 22 cm de diâmetro, construídos de modo a simular o perfil de profundidade de uma seção de solo. A avaliação microbiológica e da degradação do contaminante foi realizada ao longo de um período total de 60 dias com intervalos de 20 dias. As amostragens foram feitas nas profundidades de 20cm, 40cm e 60cm.

De modo a garantir que as amostragens fossem adequadas, foram utilizados 3 reatores de sacrifício, isto é, para cada período monitorado (20 dias (B1), 40 dias (B2) e 60 dias (B3)) foi utilizado um reator. Vale que cada reator foi seccionado em 3 níveis de altura (20cm (A), 40cm (B), 60cm (C)). Logo, as amostras foram nomeadas e organizadas, primeiramente, em função do seu tempo e, segundo, sua altura correspondente.

Também foi empregado um reator para a estimativa dos dados em ensaio abiótico (controle), determinados apenas para 60 dias. O controle abiótico foi operado do mesmo modo que os demais, exceto pela adição de azida de sódio a 4% (m/v), para inativação dos microorganismos naturais do solo.

Na Tabela 1, estão relacionadas as descrições de cada amostra utilizada no monitoramento do sistema experimental, realizadas em duplicata.

Tabela 1. Descrição das condições ensaiadas

Amostras	Especificação
SV	Reator com solo sem contaminação.
B1A, B1B, B1C	Reator com solo contaminado com óleo diesel (10% p / p) operado por 20 dias, nas profundades de 20cm, 40cm e 60cm.
B2A, B2B, B2C	Reator com solo contaminado com óleo diesel (10% p / p) operado por 40 dias, nas profundades de 20cm, 40cm e 60cm.
B3A, B3B, B3C	Reator com solo contaminado com óleo diesel (10% p / p) operado por 60 dias, nas profundades de 20cm, 40cm e 60cm.
B4	Controle abiótico com solo contaminado com óleo diesel (10% p / p) e sem atividade microbiana operado por 60 dias.

### 3.4. Quantificação Microbiana

#### 3.4.1. Bactérias Heterotróficas Totais (BHT)

Para a quantificação de bactérias heterotróficas totais, inicialmente foi obtida uma suspensão celular através da homogeneização de 5 g de solo em 50 mL de solução salina (NaCl 0,85%) em shaker a 150 rpm por 1 hora à 30°C. Em seguida, uma amostra da suspensão celular obtida foi diluída através de diluições decimais sucessivas até 1:10<sup>10</sup>, de onde foram tomadas alíquotas de 0,1mL que foram plaqueadas em meio orgânico pela técnica *spread plate*. Após 48 horas de incubação em estufa a 30°C foi feita a contagem do número de unidades formadoras de colônias com resultados expressos em UFC/g solo.

#### 3.4.2. Bactérias Degradadoras de Óleo Cru (BHC)

A quantificação da população de bactérias degradadoras de hidrocarbonetos (bactérias hidrocarbonoclasticas) foi realizada aplicando-se a técnica do Número Mais Provável (TRINDADE, 2002). As etapas de homogeneização e diluição foram idênticas às descritas no item anterior. Alíquotas de 0,1 mL das diluições foram adicionadas nos poços das placas de polietileno, utilizadas para estimativa do NMP, contendo 1,8 mL de meio mineral cada. Em seguida, foram adicionados 10 µL de óleo cru como única fonte de carbono e energia presentes. As placas foram então incubadas por 7 dias em estufa a 30°C, quando foi realizada a estimativa do NMP, cujos resultados foram expressos em NMP/g solo.

### 3.5. Análise da Concentração de Hidrocarbonetos Totais do Petróleo (HTP)

Para fins de avaliação da degradação do diesel, foi realizada a análise de HTP através da medição de OGT (óleos e graxas totais) por espectrofotometria de infravermelho no equipamento Infracal, modelo HART-T da Wilks Enterprise. Para tanto, as amostras de solo

foram submetidas a secagem, maceração, extração com n-hexano PA padrão HPLC em ultrassom, centrifugação e análise de sobrenadante no infravermelho. (RIZZO et al., 2008).

O teor de HTP expresso em porcentagem, para cada amostra analisada, foi determinado através de curva de calibração previamente construída com o diesel puro (B0).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a variação da concentração de HTP residual no solo contaminado com óleo diesel puro (B0), nos diferentes pontos monitorados, ao longo do tempo. Nota-se que a eficiência de degradação de HTP variou em função da profundidade do solo.

Este resultado pode ser atribuído a maior volatilização presente na superfície, assim como maior taxa de oxigenação que permitiu maior atividade aeróbia de degradação. Também é válido citar a percolação do diesel através das camadas do solo, dessa forma essas frações tenderam por se acumular e concentrar na maior profundidade.

Por outro lado, na maior profundidade, não foi percebida qualquer redução do conteúdo de HTP, possivelmente em consequência da lenta percolação do óleo diesel pelas camadas do solo, ou, ainda, da migração mais facilitada dos produtos resultantes da degradação microbiana do óleo diesel, acarretando a estagnação dos hidrocarbonetos mais recalcitrantes nas camadas mais profunda do solo.

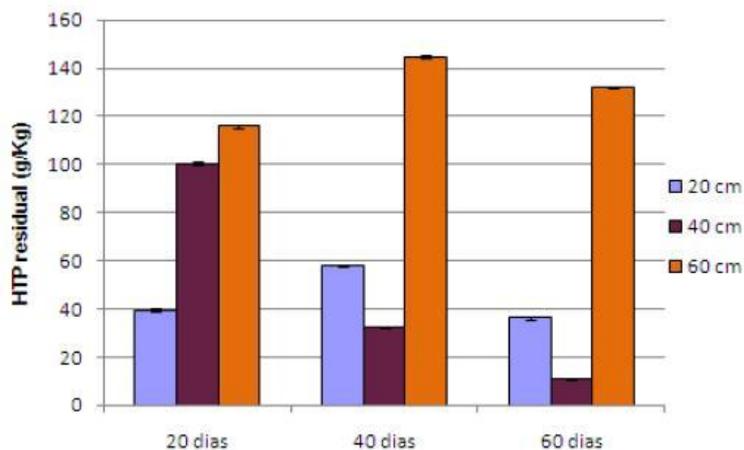


Figura 1. Perfil de distribuição de HTP residual em solo contaminado com óleo diesel (B0) em função da profundidade e tempo.

Para fins comparativos, na Figura 2 foram plotados os valores dos percentuais de degradação de HTP, bem como os dados referentes às concentrações de BHT e BHC, para solo contaminado com diesel puro (B0).

Para o solo contaminado apenas com óleo diesel puro (B0), a degradação de HTP foi lenta, tendo início após 20 dias da sua contaminação. A remoção de HTP no controle abiótico foi de 24%, atingindo, portanto, uma degradação de 14% ao final do monitoramento. Porém, de acordo com o perfil apresentado, a biorremediação tende a continuar.

A redução do número de células também pode ser atribuída ao esgotamento de nutrientes, como, por exemplo, a fonte de nitrogênio, o que é um fator limitante para a manutenção das funções vitais das células. Portanto, acredita-se que a degradação dos hidrocarbonetos foi favorecida pela atividade microbiana, mesmo sem ter havido a intervenção para estabelecer condições que favorecessem o metabolismo bacteriano.

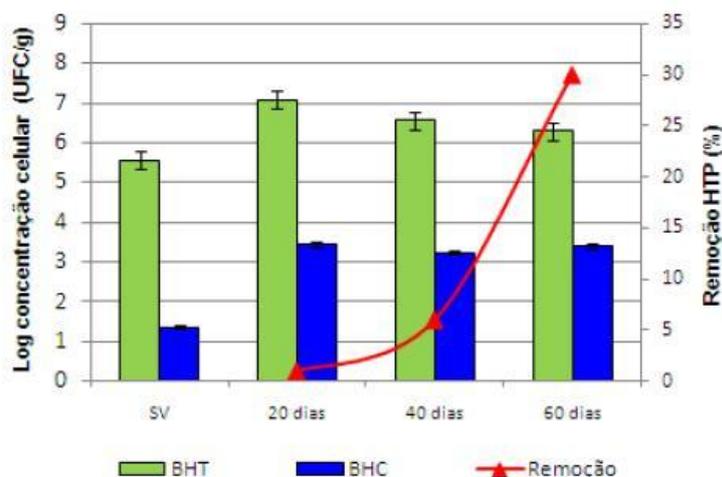


Figura 2. Monitoramento de HTP e concentração de bactérias heterotróficas totais (BHT), e de bactérias hidrocarbonoclasticas (BHC) para solo contaminado com óleo diesel (B0).

## 5. CONCLUSÕES

A atenuação natural do solo, artificialmente contaminado com óleo diesel puro (B0), resultou em crescente degradação de hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) ao longo de 60 dias, quando foi determinada uma remoção de cerca de 30%; embora as condições nutricionais e ambientais fossem desfavoráveis à atividade microbiana.

## 6. AGRADECIMENTOS

À pesquisadora Andrea Rizzo pelas contribuições e soluções que em muito contribuíram para a realização deste trabalho. Agradeço a oportunidade de bolsa concedida pelo CNPq por meio do Programa Industrial de Bolsa e Iniciação Científica – PIBIC, além de todo o pessoal do CETEM que colaborou na execução do trabalho.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, R.M.; CONEGLIAN, C.M.R.; BRITO, N.N.; SOBRINHO, G.D.; TONSO, S.; PELEGRINI, R. (2003) Biorremediação. III **Fórum de Estudos Contábeis**, Faculdades Integradas Claretianas, Rio Claro, SP.
- CHAPELLE, F.H. (2000) **Ground-water microbiology and geochemistry**. Ed. New York, John Wiley and Sons *apud* MARTINS, A.; DINARDI, A.L.; FORMAGI, V.M.; LOPES, T.A.;
- DIAS, A. E. X. O. (2000) Biorremediação de áreas afetadas por resíduos sólidos tóxicos. In: SISINNO, C. L. S.; OLIVEIRA, R. M. (Org.) **Resíduos Sólidos, Ambiente e Saúde: uma visão multidisciplinar**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 142 p.
- LEITE, W.C.A. (1995) **Resíduos sólidos urbanos: contribuição para gerenciamento**. In: TAUKTOMISIELO, S.M. et al. (Orgs) **Análise Ambiental: estratégias e ações**. São Paulo: T. A. Queiroz Editora Ltda.
- TRINDADE, P.V.O., et al, (2002) Biorremediation of a Weathered and recently Oil Contaminated Soils from Brazil: a Comparison Study, **Chemosphere** V.58, p.515-522.