



## Biorremediação por fungos de um resíduo contaminado com diesel do beneficiamento de geodos de ágata

**Iziquiel Cecchin<sup>1</sup>, Givago Mossi<sup>1</sup>, Rafael Parizotto<sup>1</sup>, João Vitor Sachetti<sup>1</sup>, Christian Oliveira Reinehr<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Acadêmicos do curso de Engenharia Ambiental, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, RS, E-mail: iziquielc@gmail.com

<sup>2</sup> Professor do curso de Engenharia Ambiental, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, RS, E-mail: reinehr@upf.br

**Resumo:** As indústrias de beneficiamento de pedras preciosas existentes no município de Soledade são responsáveis pelo desenvolvimento e boa parte do PIB da cidade. No processo industrial do corte dos geodos é usada uma serra rotativa e para evitar o superaquecimento da mesma é usado o óleo diesel como principal lubrificante. Este processo resulta em resíduos sólidos compostos de pó de pedra misturada ao óleo, sendo o mesmo classificado como Resíduo Classe I – Perigoso. O resíduo possui um teor *in natura* de aproximadamente 40% de diesel. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de remoção do diesel por três diferentes processos de biorremediação (atenuação natural - E:I, bioestimulação com CNPK e micronutrientes - E:II, e bioaumentação com *Aspergillus fumigatus* e bioestimulação - E:III). Os experimentos foram acondicionadas em biorreatores de PVC durante um período de 45 dias. Foram retiradas amostras em 0, 15, 30 e 45 dias, sendo feita a análise de óleos e graxas em todos os períodos. Os tratamentos apresentaram diferença entre si, sendo o mais eficiente o tratamento com bioestimulação e bioaumentação, com uma taxa de remoção de 24,8% em 45 dias, evidenciando a possibilidade de uso da técnica para diminuir a contaminação do resíduo.

Palavras-chave: Pó-de-rocha. *Aspergillus fumigatus*. Biorremediação.

Área Temática: Tema 6 – Tecnologias Ambientais

**Abstract:** The processing industries of gems in the city of Soledade are responsible for developing and much of the GDP of the city. In the industrial process of cutting geodes is used a rotary saw and to avoid overheating of the same is used diesel oil as the primary lubricant. This process results in solid waste composed of stone powder mixed with oil, classified as Class I - Hazardous. The residue possesses a content of about 40% of diesel. The aim of this study was to evaluate the removal efficiency of diesel with three different bioremediation processes (natural attenuation - E:I, biostimulation with CNPK and micronutrients - E:II, and bioaugmentation with *Aspergillus fumigatus* and biostimulation - E:III). The experiments were placed in PVC bioreactors for a period of 45 days. Samples were taken at 0, 15, 30 and 45 days and made the analysis of oils and greases in all periods. The treatments showed statistical difference among them, the most efficient treatment was biostimulation and bioaugmentation with a removal rate of 24.8% in 45 days, showing the possibility of use of this technique to remove part of contamination.

**Keywords:** Rock dust. *Aspergillus fumigatus*. Bioremediation.



## 1 Introdução

Desde os primórdios de sua civilização, o homem tem buscado na natureza inúmeros recursos minerais para suas atividades, dentre eles o petróleo, ferro, carvão, areia e muitos outros. Destas atividades milhares de pessoas agregam sua fonte de renda, desde a extração até o beneficiamento. Devido à grande demanda que o mercado exige, estes recursos são explorados cada vez mais intensamente, levando desta forma a mudanças drásticas no ecossistema no qual as jazidas se encontram.

O Rio Grande do Sul é conhecido nacional e internacionalmente pela sua riqueza em pedras preciosas, como ágatas e ametistas. Estes minerais são exportados praticamente como um todo para diversos países do mundo, contribuindo assim significativamente no mercado de pedras preciosas do Brasil (FARIAS, 2002). Dentre as grandes cidades produtoras de pedras preciosas do estado do Rio Grande do Sul pode-se citar os municípios de Soledade e Ametista do Sul, onde a extração mineral é responsável por boa parte do PIB dos mesmos.

Apesar dos pontos positivos citados anteriormente, também é evidente que a intensa extração de minerais e pedras preciosas acaba gerando conflitos sócio-ambientais, devido a metodologias e interesses. De um lado o pequeno empresário e sua fonte de renda, do outro o poder público e os danos ambientais gerados a partir da atividade extrativista. Estes conflitos ocorrem devido ao crescimento desordenado, sem planejamento de implantação e operação das empresas mineradoras para os resíduos decorrentes da atividade, como resíduos sólidos, poeira e produtos reativos (FARIAS, 2002).

O resíduo resultante deste processo é uma quantidade significativa de um resíduo composto de pó de rocha emulsionado em diesel, que detém um aspecto pastoso e é classificado como Resíduo Classe I – perigoso. Atualmente este resíduo tem sido submetido a um tratamento insuficiente de retirada de óleo, não obtendo resultado satisfatório e continuando a ter altos teores de óleo diesel em sua composição, e assim, deve ser disposto em um aterro de resíduos perigosos para tratamento adequado. Atualmente tem sido armazenado em tambores de 200 litros enquanto espera por um tratamento mais eficiente e plausível economicamente para os produtores.

Para tal problema pode-se basear nas descobertas da capacidade de determinados microrganismos como bactérias e fungos, para degradar substratos como petróleo e seus derivados (MARCHI et al., 1998; URURAHY et al., 1998).

Existem diversos fatores que estimulam o estudo do crescimento de microrganismos em hidrocarbonetos. Dentre eles o principal é a utilização destes microrganismos em processos de biorremediação, produzindo biossurfactantes para facilitar a degradação (MARCHI et al., 1998). Os processos de biorremediação são tecnologias que utilizam organismos viáveis, especialmente microrganismos selecionados através de funções catabólicas (RAHMAN et al., 2002), para degradação de substâncias químicas tóxicas presentes no solo e água em outras menos tóxicas ou não tóxicas, ou redução de sua concentração a níveis aceitáveis (CRAPEZ et al., 2002).

Diante desta questão de dificuldades do processo de tratamento, objetivou-se neste trabalho avaliar o processo de biorremediação por fungos do resíduo contaminado com diesel proveniente do beneficiamento de geodos de ágata.



## 2 Materiais e Métodos

### 2.1 Resíduo utilizado

O resíduo contaminado passou por uma bateria de testes geotécnicos de classificação, conforme as normas oficiais, apresentando na forma *in natura* um aspecto bastante viscoso conforme mostrado na Figura 1.



Figura 1: Aspecto visual do resíduo de ágata contaminado

### 2.2 Suporte utilizado

Para a realização do experimento foi utilizado um bioprocesso em estado sólido utilizando casca de arroz como suporte e também previamente esterilizada a 120°C. O objetivo do suporte foi de servir como fonte de carbono inicial para os micélios do microrganismo utilizado e também como uma forma de distribuir o resíduo contaminado para que o mesmo pudesse receber uma maior quantidade de ar em sua superfície.

### 2.3 Metodologia do experimento

O material foi cedido por alguns produtores de pedras preciosas do município de Soledade, sendo que foi doado um tambor de 50 litros do resíduo saído diretamente da máquina de corte. Para amostragem do resíduo foi utilizada uma betoneira para que a amostra fosse devidamente homogeneizada. Foram feitas seis amostragens de 100 g do resíduo, sendo que este material possuía uma contaminação de aproximadamente 40% de diesel.

A solução de nutrientes foi baseada na relação C:N:P:K 100:10:1:1, respectivamente, utilizando assim  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$  (91,33 g/l) e  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (14,93 g/l). Também foi utilizado uma solução salina com a composição dos seguintes micronutrientes:



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

MgSO<sub>4</sub> (1 g/l), FeSO<sub>4</sub> (6,3 mg/l), MnSO<sub>4</sub> (0,1 mg/l) e ZnSO<sub>4</sub> (6,2 mg/l) (DARTORA et al., 2002).

Os tratamentos utilizados foram os seguintes:

- a) E1: Atenuação natural, utilizando 100 g do resíduo, 75 g de suporte (casca de arroz) e 75 ml de água destilada e deionizada nos reatores;
- b) E:II: Bioestimulação, utilizando 100 g do resíduo, 75 g de suporte (casca de arroz) e 75 ml de solução salina composta pelos nutrientes citados anteriormente;
- c) E:III: Bioestimulação e bioaumentação, utilizando 100 g do resíduo, 75 g de suporte (casca de arroz), 75 ml de solução salina e 5 ml de esporos de *Aspergillus fumigatus* na concentração de 10<sup>6</sup> esporos por ml.

A Figura 2 apresenta os reatores utilizados, sendo que todos os experimentos foram realizados em réplica.



Figura 2: Biorreatores utilizados no experimento

A avaliação de degradação de diesel foi realizada a partir do método de extração de óleos e graxas. Foram feitas quatro amostragens no período, sendo elas nos tempos 0, 15, 30 e 45 dias.

### 2.4 Análise dos dados

Os resultados de remoção de óleo diesel foram submetidos a análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de significância.

### 3 Resultados e discussões

O resíduo apresentou pH neutro quando *in natura* e pH alcalino (9,5) após a retirada do contaminante. Ele também foi classificado como um material não plástico



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

através do teste pelas NBR 6459 e 7180. O resíduo também foi classificado como silte através do teste de classificação granulométrica pela NBR 7181/82. O mesmo possuía uma densidade *in natura* de 15,5 kN/m<sup>3</sup> e uma densidade limpo de 26,5 kN/m<sup>3</sup>, obtidas através do aparelho picnômetro seguindo a NBR 6508/84.

A Figura 3 apresenta os diferentes resultados do teste de óleos e graxas no tempo 0 e nos demais períodos de amostragem decorrente no experimento.

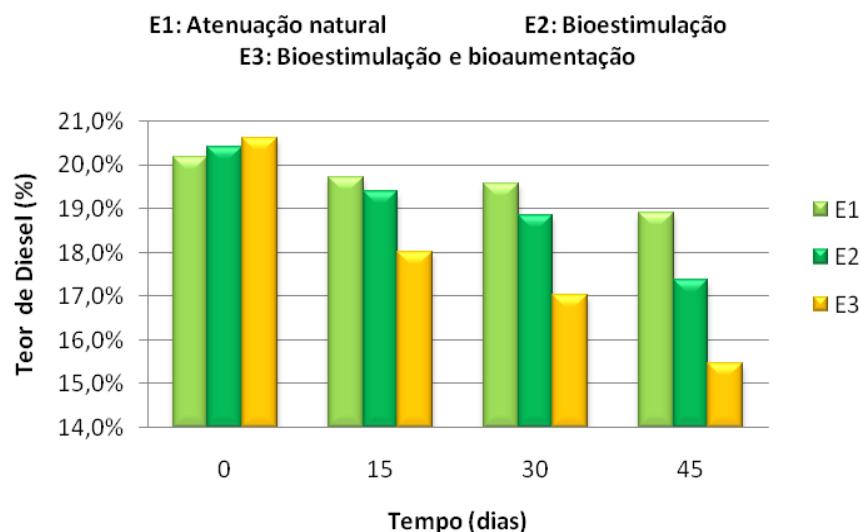


Figura 3: Teor de diesel nos diferentes períodos de amostragem.

Analisando a Figura 3 nota-se que em todos os experimentos houve decaimento no teor de diesel, tendo um virtual destaque para o experimento E3, no qual havia bioestimulação e bioaumentação.

A Figura 4 mostra os percentuais de remoção de óleo para os diferentes experimentos. Desta forma pode-se observar o desempenho do experimento 3, no qual foi aplicado o fungo *A. fumigatus*, onde obteve-se 24,8% de degradação aos 45 dias contra 14,7% do experimento 2, e com 6,5% do experimento 1.

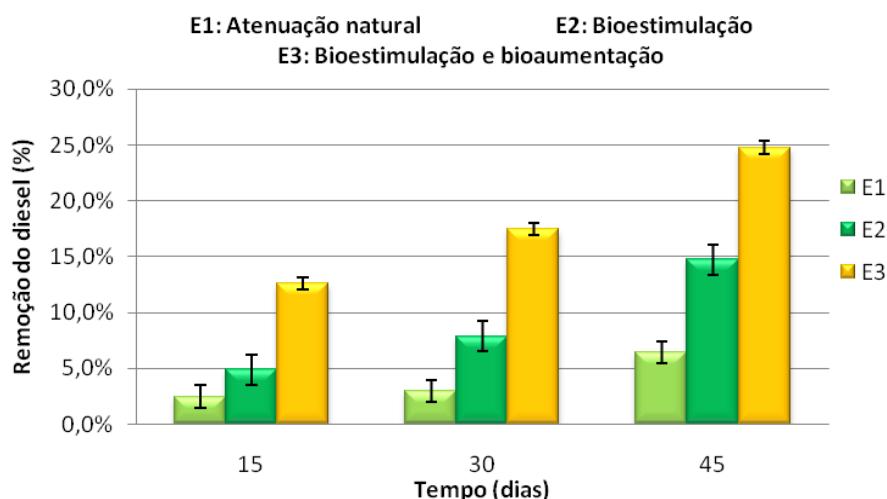


Figura 4: Percentual de remoção de diesel nos diferentes tempos de amostragem



Segundo Bento e Gaylarde (2001), já foram detectadas a presença dos fungos *Aspergillus fumigatus* e *Penicillium* sp. em locais que continham óleo diesel, como estações de bombeamento e tanques de estocagem de petróleo e bombas injetoras de veículos. Isto demonstra a capacidade destes fungos para degradar substratos imiscíveis em água, como os hidrocarbonetos. Erhan e Bagby (1995) fizeram estudos da biodegradação de óleo de soja utilizando os fungos *A. fumigatus* e *Penicillium citrinum*.

Analisando de forma crítica, notou-se sensíveis diferenças tanto entre os tratamentos adotados quanto no tempo decorrido. A Tabela 1 apresenta os resultados da análise de variância e a Figura 5 apresenta os efeitos do tempo e dos experimentos sobre o percentual de degradação de diesel.

Tabela 1 – Resultados da análise de variância para os percentuais de remoção de óleo

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
<b>Experimento</b>	639,871	2	319,936	45,8224	<0,0001*
<b>Tempo (dias)</b>	237,447	2	118,724	17,0041	0,0009*
<b>Exp.*tempo (dias)</b>	36,901	4	9,225	1,3213	0,3333
<b>Erro</b>	62,839	9	6,982		

\*Diferentes ao nível de significância de 5%.

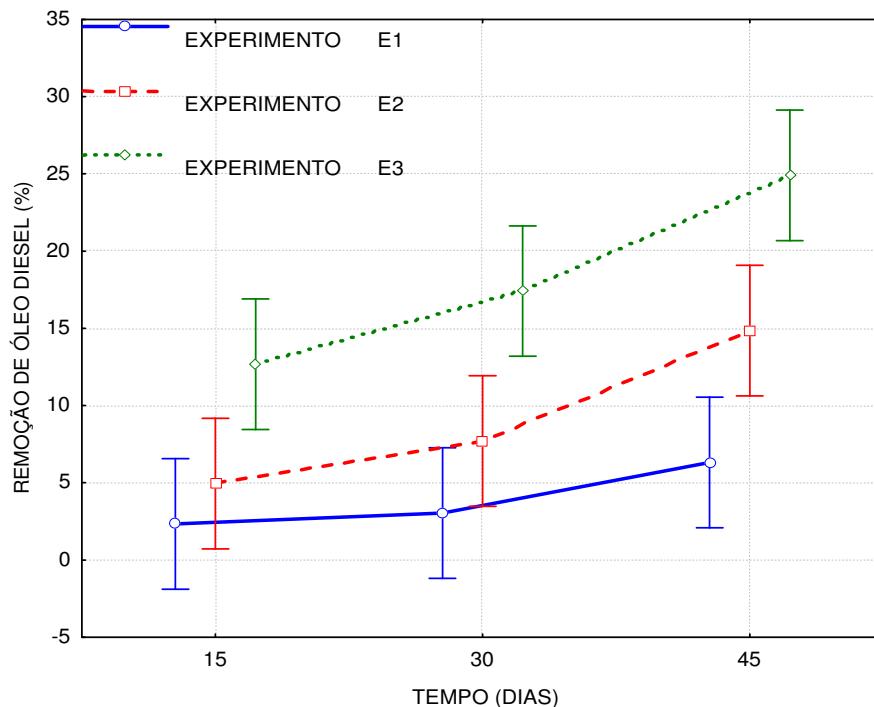


Figura 5: Efeito do tempo e do tratamento na degradação de diesel dos geodos de ágata (E1: Atenuação natural, E2: Bioestimulação, E3: Bioestimulação e bioaumentação)

Através do teste de Tukey, a 5% observa-se que não houve diferença entre E1 e E2 ( $p=0,0180$ ), houve diferença significativa entre E1 e E3 ( $p=0,0001$ ) e houve diferença significativa entre E2 e E3 ( $p=0,0006$ ).

Desta forma pode-se observar que o experimento bioaumentado com *A. fumigatus* e bioestimulado com NPK e micronutrientes obteve um maior desempenho



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

quando relacionado a um experimento com atenuação natural ou com bioestimulação, quando se trata da biodegradação de um resíduo contaminado com diesel.

Observa-se também que os resultados se diferenciaram ao longo do tempo, notando-se que não houve diferenças significativas entre as amostras de 15 e 30 dias, sendo estas, portanto, estatisticamente iguais.

### 4 Conclusão

A remoção do teor de diesel contido no resíduo através da técnica de bioestimulação com CNPK e bioaumentação com *Aspergillus fumigatus* mostrou-se eficiente, apresentando remoção de até 24,8%, significativamente maior que os valores obtidos com atenuação natural e com bioestimulação, evidenciando a possibilidade de uso da técnica para diminuir a contaminação no resíduo.

### Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459: **Solo: Determinação do limite de liquidez.** Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6508: **Grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm: Determinação da massa específica.** Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: **Solo: Determinação do limite de plasticidade.** Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: **Solo: Análise Granulométrica.** Rio de Janeiro, 1984

AUTRY, A.R. AND ELLIS, G.M., **Bioremediation: An effective remedial alternative for petroleum hydrocarbon-contaminated soil.** Environmental Progress, vol. 11, n.4, pp. 318-323. 1992.

BERTOLIN, T.E.; CASARA, J.; COSTA, J.A.V. **Influence of carbon, nitrogen and phosphorous sources on glucoamylase production by Aspergillus awamori in solid state fermentation.** Zeitschrift Für Naturforschung C-A Journal of Biosciences, v. 58, p. 708-712, 2003.

BAKER, K. H.; HERSON, D. S. **Bioremediation,** McGraw Hill, p. 11-60, 1994.

BLACK, J. G. **Microbiologia: Fundamentos e Perspectivas.** 4. ed., Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2002.

BENTO, F. M.; GAYLARDE, C. C. Biodeterioration of stored diesel oil: studies in Brazil. **International Biodegradation & Biodegradation.** v. 47, p.107-112, 2001.

CRAPEZ, M. A. C.; BORGES, A. L. N.; BISPO, M. G. Biorremediação: tratamento para derrames de petróleo. **Ciência Hoje**, v. 30, n. 179, p. 32-37, 2002.



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

ERHAN, S. Z.; BAGBY, M. O. Vegetable-oil-based print ink formulation and degradation. **Industrial Crops and Products**, v. 3, p. 237-246, 1995.

FARIA, C. E. G. **A mineração e o meio ambiente no Brasil**. Secretaria Técnica do Fundo Sensorial Mineral, Relatório Técnico 4, 2002.

FERREIRA, J.; ZUQUETTE, L. V. Considerações sobre as interações entre contaminantes constituídos de hidrocarbonetos e os compostos do meio físico. **Geociências**, v. 17, n. 2, p. 527-557, 1998.

LOBATO, A. K. C. L.; ARAÚJO, M. M. S.; MACEDO, G. R. **Acompanhamento do Crescimento da Biomassa e Síntese de Biosurfactantes por Microrganismos Isolados de Poços de Petróleo**. 2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo & Gás – 2003.

MACEDO, R. C; BERBERT, V. H. C. **Biorremediação de solos impactados por óleo cru utilizando fungos filamentosos**. Disponível em: [http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie\\_anais\\_X\\_jic\\_2002/Victor.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_X_jic_2002/Victor.pdf). Acesso em 12/09/2009.

MARCHI, D. D.; CARVALHO, D. F.; DURRANT, L. R. Produção de biosurfactantes bacterianos em óleos vegetais e derivados de petróleo. In: **II Reunião Nacional de Microbiologia aplicada ao Meio Ambiente**, Florianópolis. 1998.

OLIVEIRA, F. J. S. **Biorremediação de solo arenoso contaminado por óleo cru**. Dissertação (Mestrando na Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química), Rio de Janeiro, Brasil, 110 p., 2001.

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

SENGER, A. M. A. **Tratamento de efluente das indústrias de beneficiamento de pedras preciosas**. Trabalho de conclusão (Engenharia Química), Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.