

poço para que a recuperação ocorra. A figura 1 mostra a comparação entre um bombeamento tradicional e o 'bioslurping'.

'Bioslurping' é uma combinação de duas técnicas de remediação conhecidas: extração de vapor e bioventilação (Hoeppel et al., 1995; Miller, 1996). Extração de vapor é comumente utilizada para remover fase livre e residual da franja capilar. Além disso, o vácuo aplicado ao poço aumenta a circulação de ar na zona não-saturada, estimulando a biodegradação aeróbica dos contaminantes na fase dissolvida (Miller, 1996; Millette et al., 2000).

O princípio do 'bioslurping' é o seguinte: um tubo de aspiração adaptável a diferentes profundidades é posicionado no interior de um poço de observação no intervalo do filtro, diretamente no nível da fase livre de produto e imediatamente acima do nível d'água (figura 2). O poço é selado na superfície. A fase livre e a água subterrânea contaminada são removidas pelo tubo de aspiração passando posteriormente por um separador água/óleo. A aspiração de vapores no solo cria uma circulação de ar rico em oxigênio pela zona não-saturada. Quando a fase livre for completamente removida, o sistema pode ser convertido numa bioventilação, que pode permitir a completa remediação da fase residual caso o contaminante sofra biodegradação (Miller, 1996).

Um poço para 'bioslurping' consiste geralmente de um poço de 2 a 4 polegadas. Uma válvula de diluição é utilizada no revestimento do poço para aumentar o fluxo de ar e conseqüentemente a ve-

locidade para líquido e outro para vapor, tanques de armazenamento para água e óleo, temporizadores e controladores de fluxo (Leeson et al., 1995; Millette et al., 1997).

Aplicabilidade

'Bioslurping' é uma tecnologia que é mais eficiente para solos de média a baixa permeabilidade (Nyer et al., 1996) onde pressões de vácuo eficientes podem ser aplicadas. Entretanto, existem exemplos na literatura onde o 'bioslurping' se mostrou eficiente em meio poroso mais permeável (Miller, 1996; Millette et al., 2001). O solo deve se caracterizar por condutividade hidráulica entre 10^{-5} to 10^{-7} m/s para atingir as condições ideais de operação do sistema (Nyer et al., 1996). Além do meio poroso, o tipo de contaminante também deve ser considerado. Esta técnica é particularmente bem adequada à remoção de contaminantes menos densos do que a água subterrânea (Miller, 1996). Além disso, ele favorece a biodegradação de compostos na zona não saturada.

Algumas vantagens e limitações do sistema são listadas a seguir (Miller, 1996; Millette, 2000):

Vantagens

- ✓ Bem adaptado a solos com permeabilidade intermediária (e.g., areia silteosa, silte arenoso e areia fina);
- ✓ A quantidade de produto recuperado é consideravelmente mais alta do que em métodos normais uma vez que o sistema opera sob vácuo enquanto que nos outros somente a gravidade atua;
- ✓ A concentração de fase residual que permanece no meio poroso é menos importante, uma

para líquido e outro para vapor, tanques de armazenamento para água e óleo, temporizadores e controladores de fluxo (Leeson et al., 1995; Millette et al., 1997).

✓ Economiza tempo e recursos enquanto permite uma recuperação simultânea e não seqüencial de fase livre, vapores e água subterrânea e bio-remediação;

✓ Quando a recuperação de produto livre estiver terminada, o sistema pode ser facilmente convertido em bioventilação;

Limitações

- ✓ Trata-se de uma técnica nova, que requer ajustes;
- ✓ Uma vez que o sistema ativa o crescimento bacteriano, podem ocorrer problemas de emulsão, complicando a separação entre óleo e água;
- ✓ A determinação do raio de influência de poços de 'bioslurping' ainda continua um desafio.

Implementação do sistema

Testes piloto devem ser feitos antes da implantação do sistema final para se avaliar o raio de influência do poço de extração. O número total de poços necessários para restauração completa do local dependerá dos resultados obtidos nesta fase. Deve-se considerar que alguns, senão todos os poços utilizados no teste piloto podem ser reutilizados no sistema de recuperação final.

Operação do sistema

Durante a fase de extração predominante de fase livre, o sistema deve ser operado de modo que um mínimo de água seja extraída para não sobrecarregar os separadores de fase. Quando a maior parte do produto residual tiver sido removida, os tubos de aspiração podem ser elevados para que o sistema opere como um sistema de extração de vapores ou bioventilação.

A verificação do rendimento do sistema deve incluir as seguintes observações:

- ✓ Anotação dos volumes de líquido removidos;
- ✓ Medida semanal de concentração dos contaminantes no gás extraído;
- ✓ Medida semanal da concentração dos contaminantes na água extraída;
- ✓ Medida semanal da espessura de fase livre nos poços;

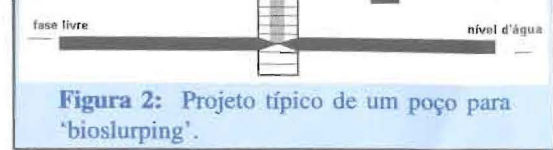


Figura 2: Projeto típico de um poço para 'bioslurping'.

✓ Estimativa do volume de produto remanescente em fase residual através do modelo de Charbeneau et al (1999).

Referências

- Charbeneau, R., Johns, R., Lake, L. and McAdams, M. 1999 Free Products Recovery of Hydrocarbon Liquids, American Petroleum Institute, Pub. 4682
- Hoeppel, R.E., Kittel, J.A., Goetz, F.E., Hinchee, R.E., Abbott, J.E. 1995. Bioslurping technology applications at naval middle distillate fuel remediation sites; In Applied Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons; R. Hinchee, J.A. Kittel, H.J. Reisinger, Ed.; Battelle Press: Columbus, OH; 3(6), p. 389-399.
- Leeson, A., Kittel, J.A., Hinchee, R.E., Miller, R.N., Haas, P.E., Hoeppel, R.E. 1995. Test plan and technical protocol for bioslurping; In Applied Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons; R. Hinchee, J.A. Kittel, H.J. Reisinger, Ed.; Battelle Press: Columbus, OH; 3(6), p. 335-347.
- Miller, R.R. 1996. Bioslurping; TO-96-05; Ground-Water Technologies Analysis Center/GWRAC, 14 pp.
- Millette, D., Delisle, S., Sanschagrin, S., Greer, C.W. 2000. Étude de faisabilité de la bioventilation à l'Aéroport de Sept-Îles - Projet de démonstration technologique; Institut de recherche en biotechnologie.
- Millette, D., Thibault, R., Charlebois, S., Samson, R., Orban, H.J. 1997. Bioslurping pilot test in a silty low-permeability soil; In Sixth Symposium and Exhibition on Groundwater and Soil Remediation; Palais des Congrès de Montréal, March 18-21, 83-103.
- Millette, D., D. Bourbeau, and P. Blackburn. 2001. Mise en place d'un projet de bioaspiration pour la restauration d'un déversement d'huile à chauffage survenu en terrain sableux perméable. in Americana - Contaminated Sites Technical Sessions. Montreal Convention Centre, March 28-30.
- Nyer, E.K., Kidd, D.F., Palmer, P.L., Crossman, T.L., Fam, S., John II, F.J., Boettcher, G., Suthersan, S.S. 1996. In situ treatment technology - CRC Press Inc.: Boca Raton, FL; 344 pp.
- Wickramanayake, G.B., Kittel, J.A., Place, M.C., Hoeppel, R., Walker, A., Drescher, E., Gibbs, J.T. 1996. Best practices manual for bioslurping; TM-2191-ENV; Naval Facilities Engineering Service Center

Este texto foi elaborado originalmente pelo Dr. Denis Millette, a quem agradecemos a gentileza da colaboração.

Dr. Everton de Oliveira é professor-colaborador do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo e sócio-diretor da HIDROPLAN - Hidrogeologia e Planejamento Ambiental S/C Ltda. (everton@hidroplan.com.br)

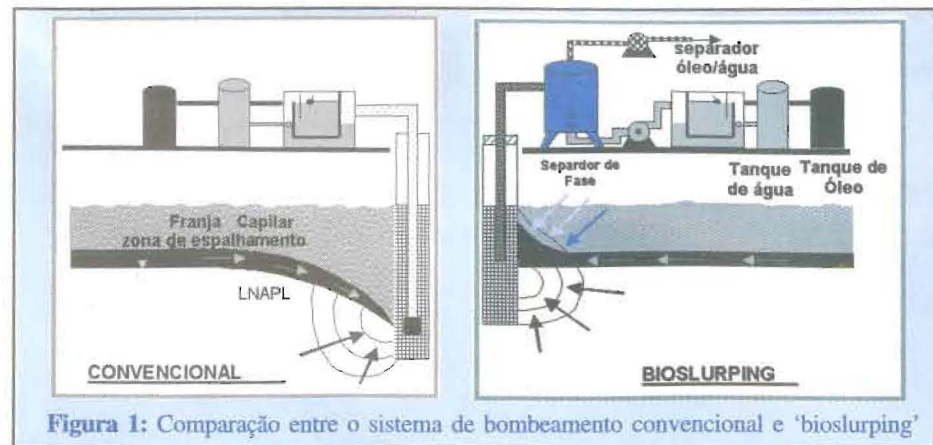


Figura 1: Comparação entre o sistema de bombeamento convencional e 'bioslurping'