

BIORREMEDIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

Dr. Itamar Soares de Melo e-mail: itamar@cnpma.embrapa.br
EMBRAPA/Meio Ambiente/Jaguariúna-SP

A vantagem potencial do tratamento biológico quanto à remediação de xenobióticos somente agora está sendo reconhecida. Os processos de tratamento atuais geralmente retiram os materiais poluentes, os confinam na área (os materiais tóxicos ficam essencialmente intactos) ou utilizam soluções bastante caras como a incineração, a qual pode causar impactos na qualidade ambiental. As várias tecnologias biológicas disponíveis estão fundamentadas na atividade biodegradativa dos microrganismos e pretendem incrementar os lentos processos biodegradativos existentes na natureza. Geralmente, a atenção está focada a locais poluídos e as tecnologias são conhecidas pelo nome de biorremediação. A biorremediação tem aplicações potenciais de limpeza em solos, sedimentos e em locais de descarte de poluentes. Comparados aos métodos físicos de limpeza, a biorremediação é considerada a menos onerosa e causa menor impacto ambiental.

A seleção da estratégia mais efetiva de biorremediação está baseada nas características dos contaminantes (solubilidade, toxicidade, estrutura molecular, volatilidade, peso específico e susceptibilidade ao ataque microbiano) e da área contaminada. Além disso, a biorremediação envolverá fatores que interferem no sucesso do processo, como: comunidade microbiana nativa, aeração, suplementação nutricional, potencial de água, etc. Compostos que são mais suscetíveis ao metabolismo microbiano têm estruturas moleculares simples, são solúveis em água, não são tóxicos e servem como substratos para o crescimento aeróbico de microrganismos. Alternativamente, compostos que são resistentes ao metabolismo microbiano exibem estruturas moleculares complexas, baixa solubilidade, forte interação de sorção e toxicidade e não suportam o crescimento microbiano.

Outras características de importância em um planejamento de biorremediação, devem ser avaliadas para garantir o sucesso do tratamento. (Skladany & Metting Jr., 1992), apontam alguns desafios para o sucesso do tratamento biológico de solos contaminados:

- i. *heterogeneidade do resíduo*: os resíduos orgânicos e inorgânicos são heterogeneamente dispersos no solo. Os contaminantes podem estar presentes na forma de sólidos, líquidos ou gases, livres na solução do solo ou fisicamente sorvidos ou quimicamente ligados à partícula;
- ii. *efeitos de concentração*: os contaminantes podem estar presentes ou em concentrações extremamente baixas (ppm ou ppb) ou, em concentrações muito altas. Baixas concentrações podem não ser adequadas para suportar o crescimento microbiano. Altas concentrações, por outro lado, podem ser inibitórias ou tóxicas à vida microbiana;

- iii. *persistência ou toxicidade*: muitos contaminantes são relativamente resistentes à biodegradação ou podem requerer esforços metabólicos combinados de várias espécies microbianas, com ou sem a presença adicional de fontes de carbono;
- iv. *condições adequadas para o crescimento microbiano*: a atividade microbiana adequada terá lugar somente sob condições ambientais favoráveis. Criar e manter estas condições ótimas é uma tarefa difícil e desafiadora. Condições específicas da área contaminada podem limitar severamente a capacidade para se criar condições aceitáveis para o crescimento microbiano, particularmente para aplicações *in situ*.

Além destes fatos, as tecnologias de biorremediação podem ser melhoradas de várias maneiras mas, as características bioquímicas intrínsecas dos organismos devem ser revistas antes que qualquer alteração genética seja considerada. Assim, as maneiras mais freqüentes de estimular a biorremediação incluem:

- i. modificações químicas do ambiente, as quais incluem a adição de químicos que agem como aceptores ou doadores de elétrons, ou que aumentem a biodisponibilidade;
- ii. modificações físicas da área poluída, as quais podem estar relacionadas à tratamentos *ex-situ* e *in-situ*;
- iii. modificações biológicas que correspondem à adição de microrganismos à área poluída a fim de acelerar a degradação.

As modificações químicas e físicas referem-se à bioestimulação das populações microbianas envolvidas no processo de biodegradação.

No processo de tratamento *ex situ* os solos são removidos da área contaminada e colocados em reatores onde são biodegradados na presença de nutrientes, solo condições controladas. Alguns desses métodos são descritos visando tratamento de diferentes compostos. São eles:

REATORES TIPO "BIOSLURRY" OU REATORES DE FASE LAMA – O solo contaminado é escavado, peneirado para remoção de grande partículas e, então, misturado com água de modo a formar lama contendo 10-40 % de sólidos. Esse material é misturado mecanicamente no reator que receberá nutrientes e ar ou oxigênio para manter o conteúdo sob condições aeróbicas. O solo tratado é, então, transferido de volta à área original ou a outro local. Esse tipo de biorreator é ideal para tratamento de solos com alto conteúdo de argila, devido à dificuldade de tratamento *in situ* de solos com baixa permeabilidade. As vantagens sobre a utilização dos Reatores Bioslurry são: controle de fatores ambientais como pH, temperatura, nutrientes, facilidade na distribuição e manutenção dos níveis de aceptores de elétrons, potencial para recuperação e tratamento de off-gases e containment of microrganismos, transferência de massa entre as fases líquidas e sólidas.

"LANDFARMING" - processo desenvolvido e utilizado para remediação de hidrocarbonetos de petróleo (Bartha & Bassert, 1984), tanto de solos, como de sedimentos. Os poluentes selecionados são removidos da área contaminada e colocados em células de confinamento. Nutrientes inorgânicos (N-P-K) podem

ser adicionados ao solo e este deve ser revolvido periodicamente com arado para aumentar a aeração e facilitar o contato dos resíduos com as bactérias. Concentrações de petróleo acima de 70.000 ppm (7% do peso) podem ser reduzidas a concentrações abaixo de 100-200 ppm em poucos meses (Skladany & Metting, 1992).

Esse processo, embora eficiente e não oneroso, para tratamento de resíduos, oferece uma série de inconvenientes. Contribui para aumentos inaceitáveis de poluição atmosférica em áreas urbanas, devido a transferência de composto orgânicos voláteis. Ademais, a camada superficial do solo é suscetível aos contaminantes que são lixiviados das pilhas de tratamento, como também o escoamento superficial pode contaminar solos adjacentes.

A fim de evitar esses problemas, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos sugeriu que as pilhas de solos a serem tratados sejam constituídas de modo a controlar a volatilização, lixiviação e o escoamento superficial (Lynch & Gens, 1989). Esse processo foi, então, denominado **Biorremediação de Fase Sólida**, uma nova versão no termo **Landfarming**. Assim, as células de tratamento da fase-sólida devem ser construídas de modo a proteger o solo subsuperficial e águas subterrâneas.

FITORREMEDIAÇÃO - A capacidade que tem as plantas de absorver, acumular e metabolizar, direta ou indiretamente, muitos xenobióticos tem sugerido seu uso na remediação de solos contaminados. Plantas podem reduzir concentrações de contaminantes, estabilizar metais pesados e reduzir o transporte de chumbo e outros metais na atmosfera. Vegetação esta, frequentemente, presente em solos contaminados. Enzimas de plantas transformam contaminantes dentro das mesma, na rizofera e em sedimentos aquáticos (Santharam *et al*, 1994), contudo, a extensão de envolvimento dessas enzimas no processo de mineralização não está muito claro. Algumas enzimas de plantas, tais como: dehalogenase, lacase, nitrilase, nitroredutase e peroxidase foram identificadas e estudadas como responsáveis pela degradação de TNT, hidrocarbonetos e anilinas (Schnoor *et al*, 1995).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- SKLADANY, G.J., METTING JR., F.B. Bioremediation of Contaminated Soil. In Soil Microbial Ecology: applications in agricultural and environmental management. F. Blaine metting, Jr. (ed.) New York, pp.483-513
- BARTHA, R., BASSERT, I. Treatment and disposal of petroleum refinery wastes. In *Petroleum Microbiology*, R. M. Atlas (ed.) Macmillan, New York, pp.553-557.
- LYNCH, J., GENES, B.R. Land treatment of hydrocarbon contaminated soils. In *Petroleum Contaminated Soils*, vol.1, P.T. Kosteki & E.J. Cabrese (eds.) Lewis Publishers Chelsea, pp. 163-174.
- SCHNOOR, J.L., LICHT, L.A., MC CUTCHEAN, S.C., WOLFE, N.L., CARREIRA, L.H. Phytoremediation of organic and nutrient contaminants. *Environmental Science & Technology*, v.29, p.318-323, 1995.
- SANTHARAM, S.K., ERICKSON, L.E., FAN, L.T. Modeling the fate of polynuclear aromatic hydrocarbons in the rhizosphere. In *Proceeding of the 9th Annual Conference on Hazardous Wastes Remediation*: p.333-350. Kansas State University, 1994.