

## **FITORREMEDIAÇÃO DE HERBICIDAS**

**Andréia Cristina da Silva**

PqC do Pólo Regional Alta Sorocabana/APTA

[andreiacs@aptaregional.sp.gov.br](mailto:andreiacs@aptaregional.sp.gov.br)

**Patrícia Andréa Monquero**

PqC do Centro de Ciências Agrárias/UFSCar

[pamonque@cca.ufscar.br](mailto:pamonque@cca.ufscar.br)

Biorremediação é a técnica que emprega a capacidade natural de organismos vivos em absorver, acumular, e/ou degradar contaminantes do solo em produtos menos tóxicos que podem ser integrados aos ciclos biogeoquímicos naturais. A biorremediação engloba a fitorremediação a qual envolve o emprego de plantas, sua microbiota associada e de amenizantes (corretivos, fertilizantes, matéria orgânica, etc) do solo, além de práticas agronômicas que, se aplicadas em conjunto, removem, imobilizam ou tornam os contaminantes inofensivos ao ecossistema.

Dentro dessa linha de pesquisa, a fitorremediação de herbicidas representa uma importante área a ser investigada, uma vez que esses compostos amplamente utilizados na agricultura para o controle de plantas daninhas, apresentam risco de contaminação do solo e da água. Herbicidas que permanecem por mais tempo no solo sem serem adsorvidos aos colóides do solo, degradados e/ou mineralizados apresentam maior possibilidade de lixiviação. Outro agravante é o fato de muitos desses produtos apresentarem efeito residual longo, provocando fitotoxicidade em culturas sensíveis (*carryover*) semeadas em áreas onde foram utilizados esses produtos. Todavia, a maioria das informações geradas até o momento é proveniente de pesquisas realizadas nos EUA e na Europa. No Brasil, a pesquisa nessa área deve ser aprofundada, há necessidade de adequação da técnica utilizando plantas adaptadas às condições edafoclimáticas do Brasil.

O principal mecanismo atuante na fitorremediação de agrotóxicos orgânicos não clorados e herbicidas é a fitoestimulação ou rizodegradação e, em menor escala, a fitodegradação. A fitorremediação por meio desses mecanismos tem despertado interesse, em razão das elevadas taxas de remediação obtidas com a utilização de plantas que, comprovadamente, aumentam a degradação microbiana de compostos orgânicos danosos presentes no solo e das diferenças significativas observadas, quando são comparados solos vegetados e não vegetados.

A rizosfera é um habitat mutável, a planta pode modificar as características químicas do solo, nas proximidades de suas raízes, através dos fragmentos descascados da superfície das raízes e dos exsudatos solúveis (açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos, peptídeos, nucleotídeos, vitaminas e outros compostos biologicamente ativos), enriquecendo o solo com uma variedade de compostos orgânicos, consumo de O<sub>2</sub> e liberação de CO<sub>2</sub>, modificando a atmosfera radicular, absorção seletiva de íons nutritivos, diminuição da concentração de sais, consumo de H<sub>2</sub>O, redução da umidade, etc. Entende-se que a comunidade microbiana aí presente é fortemente influenciada por estas condições ambientais, bem como por compostos adicionados, podendo, deste modo, ser afetada de forma qualitativa e quantitativa. Interações planta-microorganismos estendem-se pelo tempo (estádio de desenvolvimento da planta e época de cultivo), espaço (macro e microhabitat) e substrato (fonte de energia e disponibilidade). Portanto as plantas são capazes de influenciar a composição da comunidade microbiana ao redor do seu sistema radicular pela seletiva exsudação de específicos carboidratos, aminoácidos e ácidos carboxílicos.

A grande abundância e diversidade de microorganismos presentes no solo tem um alto potencial metabólico e respondem rapidamente a estresses ajustando sua atividade. Embora os agrotóxicos possam ter efeito negativo na população microbiana, estudos mostram que bactérias podem resistir, e até mesmo proliferar, na presença de agrotóxicos em elevadas concentrações, maiores que as taxas aplicadas no campo. Para esse tipo de estudo, a taxa de evolução de CO<sub>2</sub> do solo tem sido utilizada como índice da atividade, assim como o tamanho da biomassa microbiana do solo e, ainda, o metabolismo do carbono lábil do solo. Ensaio envolvendo solo rizosférico de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), milho (*Pennisetum glaucum*), mucuna-anã (*Estizolobium deeringianum*) e mucuna-preta (*Estizolobium aterrimum*) com e sem a presença do herbicida tebuthiuron evidenciaram maior evolução de CO<sub>2</sub> no solo rizosférico tratado com tebuthiuron cultivado com feijão-de-porco, sendo, portanto, esta espécie promissora para a fitorremediação de tebuthiuron. Para o estudo da fitorremediação de herbicidas, torna-se fundamental a identificação de espécies

de plantas que estimulem a atividade e o crescimento microbiano na rizosfera, resultando no aumento das taxas de degradação do herbicida presente no solo, principalmente se este apresenta persistência elevada.

Para o estudo da fitorremediação de herbicidas o primeiro passo é a seleção de plantas que apresentem tolerância ao herbicida em estudo, principalmente em se tratando de herbicidas com amplo espectro de ação. Alguns trabalhos têm sido desenvolvidos com esse intuito, sendo que algumas plantas tem demonstrado eficiência na redução dos níveis de determinados herbicidas no solo. Experimentos recentes demonstraram que as espécies *Mucuna aterrima* e *Canavalia ensiformis* foram eficientes na descontaminação do herbicida trifloxysulfuron sodium, sendo que o uso dessa tecnologia poderia resultar em maior segurança do plantio de culturas suscetíveis em áreas onde esse herbicida tenha sido aplicado. O trifloxysulfuron sodium é utilizado na cultura do algodão em pós-emergência inicial, porém tem apresentado problemas de *carryover* na cultura do feijão. Embora utilizado em baixas concentrações (em torno de 7,5 g ha<sup>-1</sup>), o período de espera para o plantio de culturas sensíveis, é de, aproximadamente, oito meses a contar de sua aplicação, o que pode limitar a sua utilização. Alguns autores buscaram identificar espécies vegetais tolerantes a herbicidas utilizados em áreas cultivadas com cana-de-açúcar, com o intuito de utilizar essas plantas em programas de fitorremediação. Ocorrência predominantemente de *Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus*, *Digitaria horizontalis*, *Commelina benghalensis*, *Brachiaria decumbens*, *Euphorbia heterophylla*, *Chamaesyce hirta* e *Chamaesyce hyssopifolia* foi observada.

Um aspecto importante na seleção de plantas com potencial de fitorremediação é a escolha de espécies de fácil aquisição e multiplicação de seus propágulos e que não haja dificuldade na erradicação da espécie da área, uma vez que pode tornar-se espécie daninha, a exemplo da tiririca. A identificação de espécies que apresentem potencial de fitorremediação de herbicidas, associado à características de interesse agrônomo, é um importante passo para a elaboração de programas de descontaminação de solos. O uso de leguminosas, por exemplo, além de possibilitar a despoluição do solo, proporciona, entre outros benefícios, a fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico. Estas plantas poderiam ser incorporadas ao solo quando não houver necessidade da retirada das plantas fitorremediadoras da área contaminada, além de reduzir o processo erosivo do solo evitando o transporte de solo e água contaminados para outras áreas. É importante destacar que apesar da maioria dos testes avaliar plantas isoladas, várias espécies podem ser usadas num mesmo local ao

mesmo tempo ou em sucessão, para remover mais de um contaminante, uma vez que em áreas agrícolas vários herbicidas são utilizados.

Entre as vantagens da fitorremediação destacam-se ainda:

- o investimento e custos de operação baixos, uma vez que para cultivar as espécies fitorremediadoras são utilizados os mesmos equipamentos e insumos empregados na agricultura;
- descontaminar grande número de poluentes;
- pode ser empregada em grande escala e *in situ*, evitando-se as técnicas tradicionalmente utilizadas envolvendo a remoção do solo para tratamento *ex situ*;
- podem ser implementadas com mínimo distúrbio ambiental.

No entanto, apesar dos benefícios proporcionados pela fitorremediação existem também algumas limitações ao seu uso:

- o tempo necessário para obtenção da despoluição satisfatória pode ser longo, como mais de uma estação de crescimento;
- condições edafoclimáticas do local contaminado podem restringir o crescimento das plantas fitorremediadoras;
- o fato das plantas metabolizarem os compostos, não significa que estes foram completamente mineralizados, em alguns casos, os metabólitos podem ser mais problemáticos que os compostos originais;
- há o risco de contaminação da cadeia alimentar se as plantas acumuladoras forem ingeridas por animais;
- necessidade da remoção da biomassa vegetal, quando ocorre a fitoextração de poluentes não metabolizáveis ou metabolizados a compostos também tóxicos;
- o contaminante deve estar ao alcance das raízes das plantas fitorremediadoras.

Em muitos casos a fitorremediação é considerada como um passo de polimento final, para encerramento de locais após terem sido aplicadas outras tecnologias de remediação. A combinação de diferentes técnicas de remediação deverá ser um ponto chave em pesquisas

futuras, de forma a otimizar a eficácia dos diferentes processos. Efetivamente, nenhuma tecnologia é, por si só, aplicável com o mesmo sucesso a todos os tipos de contaminantes e em todos os locais. Sobretudo nos casos em que a contaminação é provocada por mais de um tipo de contaminante, será necessário utilizar mais de uma técnica de remediação para resolver eficazmente os problemas de contaminação. Todavia, os benefícios apresentados pela fitorremediação a tornam uma técnica promissora. É importante que as pesquisas sobre fitorremediação envolvam a ação conjunta de profissionais de diversas áreas buscando o melhor entendimento dos mecanismos de fitorremediação das plantas, assim como a seleção de espécies com potencial de descontaminação de áreas contaminadas.