



Conselho de  
Informações sobre  
Biotecnologia

# biotech

INFORMAÇÃO CIENTÍFICA SOBRE BIOTECNOLOGIA

## MEIO AMBIENTE E SAÚDE PÚBLICA

# Biotecnologia pode contribuir para a recuperação de áreas poluídas



Técnicas de fitorremediação e biorremediação removem e absorvem metais pesados do solo

**A** quantidade de poluentes que afetam a saúde pública no Brasil vem alcançando níveis alarmantes. Só no Estado de São Paulo o total das áreas contaminadas identificadas saltou de 255, em maio de 2002, para 727, em outubro de 2003. O levantamento, feito pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb), envolveu a contaminação ocasionada por atividade industrial e comercial, por depósitos de resíduos e por postos de gasolina.

Apesar do panorama preocupante, a biotecnologia está desenvolvendo duas novas ferramentas que podem ajudar a modificá-lo: a fitorremediação e a biorremediação. Em resumo, trata-se de plantas e microrganismos – geneticamente alterados ou não – capazes de absorver poluentes do solo ou de metabolizar as substâncias nas suas variações menos tóxicas para, assim, diminuir os riscos de intoxicação da população. “É uma excelente alternativa porque tem muita gente vivendo em áreas contaminadas”, comemora o médico patologista Paulo Saldiva, do Laboratório de Poluição da Universidade de São Paulo (USP).

A grande meta é o combate aos chamados metais pesados, que, apesar do nome, também reúnem semimetais e até não-metals, caso do selênio. A expressão passou a designar os poluentes ambientais que mais abalam

DIVULGAÇÃO / UNICAMP



Pesquisadora da Unicamp prepara cultivo do fungo *Pleurotus* em compostos para determinar biodegradação e toxicidade

a saúde pública, entre os quais o cobre, o ferro, o manganês, o molibdênio, o zinco, o cobalto, o níquel, o vanádio, o alumínio, a prata, o cádmio, o cromo, o chumbo e o mercúrio. Todos eles já existem naturalmente no solo, mas, quando somados aos efeitos da ação humana, causam diversos problemas de saúde (veja quadro na página 3). “Os contaminantes sujam o solo, a água e as plantas, fazendo com que as pessoas fiquem sujeitas a diferentes níveis de exposição tóxica”, explica o Ph.D. em

Fitopatologia e pesquisador da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Marcelo Gravina de Moraes.

O professor Ricardo Antunes de Azevedo, do Laboratório de Genética e Bioquímica de Plantas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/USP), dá um exemplo.

Segundo ele, o Rio

Piracicaba, no interior de São Paulo, enfrentou por muitos anos a contaminação com cádmio e chumbo provenientes de esgotos e indústrias. Os peixes pescados na região apresentaram níveis desses metais dez vezes acima do tolerável pelos padrões internacionais, tendo prejudicado a saúde dos consumidores.

Para impedir que a poluição chegue a esse ponto, a fitorremediação procura entender os mecanismos de defesa e tolerância das plantas, seja por exclusão do metal, para evitar ou diminuir sua entrada no vegetal, seja pela produção de proteínas – denominadas fitoquelatinas – que eliminam os metais, seja pela transformação do resíduo tóxico em vertentes menos intoxicantes. Pesquisas da Esalq com a influência do cádmio no tabaco já revelaram enzimas antioxidantes que respondem ao estresse da planta ao metal.

PAULO SOARES / ESALQ



### VEJA MAIS

Confira, nas páginas seguintes, como a biotecnologia pode beneficiar a saúde pública.

## FITORREMEDIÇÃO

## Universidades brasileiras já testam plantas no combate aos metais pesados



Tabaco, cana-de-açúcar, rabanete, soja e até uma espécie de eucalipto vêm sendo usados nos ensaios

Embora a fitorremediação seja uma técnica nova, alguns dos principais centros de pesquisa no Brasil já começaram a corrida por resultados. Na Universidade Federal do Paraná (UFPR), uma equipe do Departamento de Botânica está aplicando, numa espécie de eucalipto, um gene que codifica uma proteína chamada metalotioneína e que foi isolado de plantas de casuarina, árvore da família do eucalipto. Os rins e fígado humanos têm tal proteína, mas não conseguem produzi-la quando há acúmulo excessivo de cádmio.

“Vamos verificar primeiro se o gene se expressa nos tecidos do eucalipto, checar se confere resistência a metais pesados – geralmente cádmio, mercúrio, cobre e chumbo – e expressá-lo na madeira”, explica a pesquisadora Marguerite Germaine Ghislaine Quoirin, que coordena os estudos na UFPR, ainda em fase inicial e previstos para durar seis anos.

O Laboratório de Genética e Bioquímica de Plantas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/USP) também se dedica a projetos semelhantes. A pesquisadora Priscila Lupino Gratão trabalha atualmente com o cádmio, um metal altamente tóxico para o meio ambiente e para a saúde humana, que é usado na indústria de galvanoplastia, na manufatura de baterias e em alguns biocidas. “Nosso trabalho serve para critérios de avaliação e identificação de melhoramento genético”, resume Priscila. “Com o conhecimento dos genes, será possível manipular geneticamente outras plantas de

PAULO SOARES / ESALQ



Esalq pesquisa ação do cádmio em tabaco

maneira a oferecer alimentos mais seguros ou que sejam agentes de limpeza do solo”, prossegue.

Segundo a pesquisadora, a contaminação com cádmio ocorre muito por inalação, pela alimentação e pela água, causando pneumonites agudas, edema pulmonar, náuseas, vômitos e câibras. Nos casos sérios de intoxicação, o metal provoca danos no fígado e problemas renais. O problema é que a vida desse poluente no organismo pode chegar a dez anos, razão por que os sintomas por acúmulo podem aparecer bem depois que o indivíduo foi contaminado.

A Esalq ainda pesquisa a ação de níquel, selênio e alumínio em cana-de-açúcar, rabanete, café e soja. Existem testes com diferentes níveis de concentração de poluentes. De acordo com Priscila, espera-se que as análises levem ao desenvolvimento de outra forma de tratamento ambiental: as plantas bioindicadoras. “Ou seja, poderemos usar plantas mais sensíveis para cada tipo de substância, que indicarão a presença de poluentes naquele ambiente”, esclarece.

### BREVES



#### Contra chumbo e cádmio

Pesquisadores do Laboratório Nacional de Pesquisa em Fitorremediação, da Coreia, transferiram um gene da levedura *Saccharomyces cerevisiae* para o DNA da *Arabidopsis thaliana*, planta-modelo em pesquisas genéticas. O gene deu a essa espécie vegetal a capacidade de tolerar metais pesados, como o chumbo e o cádmio. O resultado é uma planta transgênica capaz de absorver esses poluentes da terra e de prevenir a contaminação de humanos, principalmente em regiões industriais.

[http://www.cib.org.br/em\\_dia.php?id=477](http://www.cib.org.br/em_dia.php?id=477)



#### Arabidopsis de novo

Na Universidade da Geórgia, nos Estados Unidos, cientistas modificaram geneticamente a *Arabidopsis thaliana*, só que com dois genes da bactéria *Escherichia coli*. Com isso, a nova variedade da planta consegue retirar do solo o arsênio, que pode causar câncer ou afetar o sistema nervoso central. A contaminação com esse semimetal, usado na fabricação de vidros, cristais, inseticidas e tintas, entre outros, é comum sobretudo em áreas populosas. Na Índia, estima-se que 250 mil pessoas consumam água com arsênio. Além do ensaio com a *Arabidopsis*, a universidade norte-americana também desenvolveu algodoeiros transgênicos para limpar áreas contaminadas por mercúrio.

[http://www.cib.org.br/em\\_dia.php?id=478](http://www.cib.org.br/em_dia.php?id=478)



#### Agricultura sem selênio

Cientistas do Center for Plant Environmental Stress, da Purdue University, nos Estados Unidos, criaram plantas geneticamente modificadas capazes de remover o excesso de selênio em campos cultiváveis. Embora seja uma substância natural do solo e essencial ao organismo humano, o selênio se torna tóxico e cancerígeno se consumido em quantidades elevadas.

[http://www.cib.org.br/em\\_dia.php?id=479](http://www.cib.org.br/em_dia.php?id=479)



Leia mais sobre estes assuntos:  
[www.cib.org.br](http://www.cib.org.br)

## POLUENTES



## Efeitos dos metais pesados sobre a saúde humana que a biotecnologia pode ajudar a reduzir

METAL	APLICAÇÃO / LOCAL DA CONTAMINAÇÃO	SINTOMAS
<b>Alumínio</b>	Nas áreas urbanas e industrializadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>A principal via de exposição é a ingestão de alimentos. Observa-se osteomalacia em humanos expostos, com evidência de neurotoxicidade. O acúmulo de alumínio no organismo está associado ao aumento de casos de demência senil do tipo Alzheimer.</li> </ul>
<b>Arsênio</b>	Usado na fabricação de inseticidas, rodenticidas, dissecentes de plantas e detergentes, assim como nas indústrias farmacêutica e têxtil	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efeitos agudos envolvem os sistemas respiratório, gastrointestinal, cardiovascular e nervoso, além da pele, na qual pode causar câncer. O envenenamento por arsênio leva ao coma e à morte. Intoxicações crônicas resultam em distúrbios neurológicos, fraqueza muscular, perda de apetite, náuseas, hiperpigmentação e queratoses. Trabalhadores de fundições sofreram lesões nas membranas mucosas do sistema respiratório.</li> </ul>
<b>Bário</b>	Aplicado como fluido de perfuração	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesmo a baixa ingestão por água e alimentos produz náuseas, vômitos e diarreias. Podem ocorrer gastroenterites e paralisia muscular.</li> </ul>
<b>Cádmio</b>	Usado na galvanoplastia, na produção de ligas para proteção contra corrosão, na manufatura de baterias e de cerâmicas de vidro e em alguns biocidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>A intoxicação provoca pneumonites agudas com edema pulmonar letal, náuseas, vômitos, salivação e câibras. Casos sérios levam a danos no fígado, convulsões, choques, problemas renais e depressões cardiopulmonares.</li> </ul>
<b>Chumbo</b>	Aplicado na fabricação de baterias, pigmentos e produtos químicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Os primeiros sintomas são fadiga, anemia e distúrbios neurológicos. Dependendo do nível e da duração da exposição, resulta em mau funcionamento geral do corpo, de inibição de enzimas a mudanças morfológicas e morte. O adulto absorve 10% do chumbo que passa pelo corpo, enquanto as crianças retêm 50%. Os efeitos produzem perda de apetite, constipação, fraqueza, cólicas, dores musculares, hipertensão, disfunção renal e danos ao sistema nervoso.</li> </ul>
<b>Cobalto</b>	Empregado na manufatura de ligas e na indústria de petróleo	<ul style="list-style-type: none"> <li>A exposição aguda em trabalhadores causou anorexia, náuseas, vômitos e diarreia, perda do olfato, problemas gastrointestinais, dilatação do coração, trombose e diminuição da absorção de iodo.</li> </ul>
<b>Cobre</b>	Utilizado na indústria de fiação elétrica, na galvanização, na produção de ligas e de tubulações hidráulicas e também como conservante de pinturas	<ul style="list-style-type: none"> <li>A alimentação contribui com 78% do total de cobre ingerido pelo corpo, mas existem poucos casos de efeitos agudos. O principal sintoma é a queimação gástrica, seguida de vômitos e diarreia.</li> </ul>
<b>Cromo</b>	Usado na fabricação de ligas, em incineradoras municipais e em lodo de esgoto	<ul style="list-style-type: none"> <li>A exposição aguda produz náuseas, diarreia, danos ao fígado e aos rins, hemorragias internas, dermatites, bronquite, rinite e pneumonia. Há evidências de que o cromo seja carcinogênico para trabalhadores da produção de cromados.</li> </ul>
<b>Manganês</b>	Adotado na produção de ligas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Os efeitos crônicos encontrados em trabalhadores de mineração e fundição foram insônia, alucinações, anorexia, rigidez muscular e doenças respiratórias.</li> </ul>
<b>Merúrio</b>	Tem aplicação em biocidas, na indústria farmacêutica e na manufatura de polímeros sintéticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Os sintomas incluem dores no peito, dispnéia, tosse, falta de ar, faringite, dores abdominais, náuseas, diarreias sanguinolentas, lesões renais e intestinais e atrofia cerebral nos casos graves.</li> </ul>
<b>Níquel</b>	Nas áreas industrializadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Já está presente em tecidos humanos, mas a exposição exagerada provoca irritação de pele, rinite e sinusite.</li> </ul>
<b>Selênio</b>	Usado na produção de vidro, de retíficas, de ligas metálicas e de borracha	<ul style="list-style-type: none"> <li>A intoxicação causa queda de cabelos, enfraquecimento dos dentes e irritações nos olhos. Os efeitos crônicos são raros.</li> </ul>

Fonte: Cetesb



### FALE COM O CIB

Se você tem sugestões de temas a serem abordados nas próximas edições, entre em contato conosco. E-mail da redação: [faleconosco@cib.org.br](mailto:faleconosco@cib.org.br)  
Endereço: R. André Ampère, 34 - Unidade 12 - Brooklin Paulista - São Paulo - CEP: 04562-080

## BIORREMEDIAÇÃO

## Nova tecnologia limpa o meio ambiente de forma natural



**O custo da técnica pode ser até 85% mais baixo que o dos modelos tradicionais de descontaminação**

Nunca a discussão sobre as consequências da degradação do meio ambiente esteve tão em pauta como nos últimos anos. Na busca de alternativas acessíveis economicamente e mais efetivas para reverter os danos causados, uma tecnologia que utiliza microrganismos no tratamento de resíduos por meio da decomposição aeróbia ou anaeróbia surge como uma nova ferramenta da biotecnologia ambiental – falamos da biorremediação.

A novidade tem se mostrado bastante eficiente no combate à poluição do solo.

“Esses fungos e bactérias degradam os poluentes, tornando-os menos solúveis e, portanto, menos perigosos e impactantes”, explica a pesquisadora Julieta Ueta, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (USP). Julieta coordena uma pesquisa que estuda maneiras de degradar biologicamente os resíduos da atrazina, principal componente dos herbicidas mais empregados no mundo.

A biorremediação parece promissora justamente em locais contaminados pelo uso de agroquímicos e metais pesados. Na prática, a terra deve ser inoculada com microrganismos capazes de metabolizar os restos tóxicos presentes no ambiente e de transformá-los em substâncias com pouca ou nenhuma toxicidade, principalmente dióxido de carbono e água. Depois de desgastar combustíveis, solventes e petróleo, entre outros contaminantes, a população de microrganismos volta aos níveis normais, uma vez que sua fonte de alimentos se esgota. “O grande desafio é descobrir quais microrganismos podem degradar uma determinada substância poluente”, diz a pesquisadora Lucia Regina Durrant, professora

DIVULGAÇÃO / UNICAMP



*Pesquisadora da Unicamp usa sementes de alfaca para determinar toxicidade de compostos tóxicos tratados com o fungo Pleurotus*



*Cultivo de fungo do tipo Pleurotus para aplicação em processos de biorremediação*

da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Segundo a professora, a técnica chega a ser entre 65% e 85% mais barata que os modelos convencionais de descontaminação e tratamento de resíduos industriais. Só para dar uma idéia, o custo para incinerar uma tonelada desses detritos varia entre US\$ 250 e US\$ 300, enquanto o tratamento biológico exige gastos da ordem de US\$ 40 a US\$ 70.

“Experimentos laboratoriais têm demonstrado que os microrganismos são capazes de deteriorar entre 50% e 100% dos poluentes”, revela Lucia.

Atualmente, os esforços dos pesquisadores coordenados pela docente estão concentrados em três frentes. A primeira diz respeito aos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs), resultantes da combustão de derivados de petróleo, da queima do lixo e de resíduos agrícolas, como a colheita da cana-de-açúcar, e também da emissão industrial, alguns dos quais são tóxicos e

potencialmente cancerígenos. Entre eles se destaca o benzopireno.

Outra frente das pesquisas se dedica à análise de compostos aromáticos clorados, como as dioxinas produzidas em processos de incineração e os bifenilos policlorados (PCBs), estes últimos empregados em capacitores e transformadores elétricos. Pesticidas e corantes industriais utilizados pela indústria têxtil também estão incluídos nesse grupo.

“Cogumelos comestíveis do tipo *Pleurotus* têm sido aplicados com sucesso na degradação de dioxinas, de pesticidas como o diuron e de corantes têxteis do tipo azo”, enumera Lucia. O mecanismo é semelhante em todos os ensaios. Os cogumelos produzem enzimas que degradam o produto tóxico quando postos diretamente em contato com ele.



*Fungo Pleurotus é utilizado em processos de biorremediação, descoloração e degradação de corantes têxteis por bactéria isolada de efluente da indústria têxtil*



sobre biotecnologia e seus benefícios, aumentando a familiaridade de todos os setores da sociedade com o tema. É meta do CIB, também, estabelecer-se como fonte de informações para jornalistas, pesquisadores, empresas e instituições interessadas em biotecnologia. Para tanto, possui um grupo de conselheiros, formado por cientistas e especialistas de diversas áreas de atuação.

• Veja mais informações no nosso site: [www.cib.org.br](http://www.cib.org.br)

O CIB é uma organização não-governamental e uma associação civil sem fins lucrativos e sem nenhuma conotação político-partidária ou ideológica. Seu objetivo é divulgar informações técnico-científicas

[www.cib.org.br](http://www.cib.org.br)



<b>Coordenação geral</b>	Eugênio Araújo
<b>Editor executivo</b>	Antonio Celso Villari
<b>Editor médico</b>	Dr. Paulo Augusto de Almeida Junqueira
<b>Conselho editorial</b>	Julieta Ueta (USP)
	Lucia Regina Durrant (Unicamp)
	Marcelo Gravina de Moraes (UFRGS)
	Ricardo Antunes de Azevedo (Esalq/USP)
<b>Colaboradores</b>	Débora Marques
	Guilherme Sierra
	Tatiana Engelbrecht
<b>Gerência Técnica</b>	Vinicius Carvalho
<b>Fotografia / coordenação</b>	Cacalo Kfour
<b>Designer gráfico</b>	Sérgio Brito
<b>Apoio operacional</b>	Jacqueline Ambrósio