

# **BIODEGRADAÇÃO**

**Contribuição do II Workshop sobre Biodegradação  
Campinas, SP, Brasil, 18 – 20 de junho de 2001.**

**Embrapa Meio Ambiente**  
Jaguariúna, SP - 2001

Exemplares dessa publicação podem ser solicitados à:

### **Embrapa Meio Ambiente**

Rod. SP 340, Km 127,5

C.P. 69 - CEP: 13820-000 - Jaguariúna, SP, Brasil.

Telefone: (19) 3867-8700 - Fax (19) 3867-8740

E-mail: sac@cnpma.embrapa.br

Home page: www.cnpma.embrapa.br

### **Projeto Gráfico/Editoração Eletrônica**

Claudete Rodrigues Pereira

### **Acompanhamento**

Alessandra Ap. Moraes

Maria Cristina Tordin

### **Capa**

Itamar Soares de Melo

Tiragem 500 exemplares

**B 615**

Biodegradação / editores Itamar Soares de Melo, Célia Maria Maganhotto de Souza Silva, Shirlei Scramin e Andréia Spessoto - Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2001. 440p.

ISBN 85.85771-14-3

I. Biodegradação. I. Silva, Célia Maria Maganhoto de Souza. II. Scramin, Shirlei. III. Spessoto, A.



## Apresentação

A qualidade ambiental tem recebido enfoque nas discussões mundiais, acarretadas por constantes problemas de poluição e degradação dos recursos naturais. Os grandes desastres ecológicos têm chamado a atenção, suscitando no desenvolvimento de políticas e medidas legislativas que funcionam como diretrizes para o estabelecimento de critérios e padrões sobre contaminação. Desde o desastre do Exxon Valdez em 1989 no Alaska, até hoje temos presenciando nossos recursos naturais sendo agredidos, sofrendo às vezes alterações biológicas irreversíveis, além daquelas alterações menores que ocorrem no dia-a-dia, como as freqüentes aplicações de agrotóxicos na agricultura, os despejos de biosólidos nos rios, contaminação com dioxinas, corantes poliméricos, antibióticos, plásticos sintéticos, emissão de gases, etc. Na agricultura, o uso abusivo dos pesticidas tem contaminado solos e águas superficiais e subterrâneas, ocasionando problemas de saúde pública e acumulação na cadeia trópica. Também, campos de arroz e criação de animais são fontes de emissão de gases, contribuindo para o aumento do aquecimento global.

Desde a Segunda Guerra Mundial, a agricultura tem sido revolucionada com a introdução de substâncias químicas sintéticas, sendo os herbicidas os compostos mais usados. O Brasil, ocupa o terceiro lugar no consumo de pesticidas. A meia-vida destes varia de menos de um mês a mais de um ano. Muitos deles têm persistência no solo de, às vezes, dezenas de anos.

Já percebemos que todos esses resíduos têm um destino: os solos e as águas. Os solos tornaram-se reservatórios de resíduos tóxicos. O que seria do planeta se não fossem os microrganismos?. Estes sim, embora também vulneráveis à extinção, desenvolveram mecanismos enzimáticos capazes de degradar hidrocarbonetos de ocorrência natural. A ação de enzimas sobre a maioria de substâncias químicas orgânicas e inorgânicas têm sido, geralmente, reportada sob o termo Biodegradação. Decorre, pois, dessa adaptabilidade microbiana o interesse pelos estudos de biorremediação, que fornece tecnologia baseada no uso de microrganismos vivos para remover poluentes de solos e águas, preferencialmente *in situ*. A biorremediação tem se tornado uma tecnologia de escolha para remediação de muitas áreas contaminadas por hidrocarbonetos do petróleo, agrotóxicos, explosivos, etc.

Sendo uma ciência nova e dependente de várias disciplinas, como: microbiologia, geologia, química etc., a biorremediação necessita de mais estudiosos interessados em empreender avanços, tanto em ciência básica dos processos de biodegradação como aplicado, normalmente em países industrializados com enorme diversidade de ambientes e de contaminantes.

Este workshop tem, pois, a grande preocupação de despertar o interesse de muitos técnicos, cientistas e estudantes para o tema, como também reunir especialistas na discussão de avanços mais recentes e abrir espaço para divulgação de trabalhos que estão sendo desenvolvidos no Brasil.

## Sumário

- Biodegração de Pesticidas em Solos Brasileiros 1**  
Monteiro, R.T.R.
- O Fenômeno da Biodegração Acelerada de Pesticidas 15**  
Silva, C.M.M.S.
- Rizorremediação 29**  
Melo, I.S.
- O Projeto Rehisol - Desenvolvimento de Tecnologia de Biorremediação de Solos e Aqüíferos Contaminados com Hidrocarbonetos Solúveis 35**  
Schneider, R.P.
- Uso da Biorremediação em Áreas Impactadas pela Indústria de Petróleo 41**  
Seabra, P.N.
- Dispersão de Genes Catabólicos Relacionados a Degradação de Compostos Organoclorados e Hidrocarbonetos de Petróleo 61**  
Luz, A.P.; Pellizari, V.H.
- Pesticidas e Qualidade de Água: Estudo de Caso do Aqüífero Guarani na Região de Ribeirão Preto-SP 63**  
Gomes, M.A.F.; Spadotto, C.A.
- Avaliação do Nível de Resíduos de Atrazine e Simazine em Água, em Áreas de Cultivo Intensivo de Milho no Brasil 75**  
Rodrigues, R.S.O.
- Descoloração de Corantes e Efluentes Têxteis 77**  
Balan, D.S.L.

**Biodegradação de Superfícies Pintadas: Técnicas Modernas de Estudo 85**

Gaylarde, C.; Saad, D.

**Reciclagem de Lodo de Esgoto na Agricultura 93**

Bettiol, W.; Camargo, O.A.

**Disponibilidade e Toxicidade de Metais no Solo 107**

Berton, R.S.

**Solubilização de Metais por Bactérias 115**

Garcia Jr., O.

**Potencial das Cianobactérias na Bioremediação de Ambientes Contaminados com Metais Pesados 127**

Fiore, M.F.

**Enzimas Ligninolíticas e a Degradação de Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos 131**

Durrant, L.R.

**Técnicas Moleculares Aplicadas à Caracterização de Microrganismos Biodegradadores 135**

Oliveira, V.M.

**Método Enzimático para a Avaliação da Qualidade de Águas e Alimentos Quanto à Contaminação por Resíduos de Pesticidas Organofosforados e Carbamatos 145**

Faria, M.V.C.

**Aspectos Bioquímicos e Moleculares das Quitinases 161**

Ulhoa, C.J.U.

**Environmental Assessment and Remediation: Issues and Drivers 165**

Anderson, B.N.

**Biorremediação Acelerada Utilizando Aditivos Bioquímicos 167**

Jones, C.M.; Peacock, M.D.

**Seleção das Melhores Condições de Biodegradação em Solo Argiloso Contaminado com Petróleo 169**

Borges, R.M.H.; Cammarota, M.C.; Freire, D.D.C.

**Contaminação da Água Subterrânea por Hidrocarbonetos de Petróleo e Conseqüente Biodeterioração de Concreto Projetado em Túnel 177**

Shirakawa, M.A.; John, V.M.; Cincotto, M.A.; Gambale, V.

**Biodegradação de Borra Oleosa em Diferentes Tipos de Solos 181**

Kataoka, A.P.G.; De Angelis, D.F.

**Uso de Bioreatores para a Diminuição da Concentração de Amônia de Efluente Industrial de Refinaria de Petróleo 185**

Coneglian, C.M.R.; Conceição, D.M.; De Angelis, D.F.; Bidoia, E.D.; Marconato, J.C.

**Perspectivas de Biorremediação Natural de um Aquífero Urbano Contaminado com Gasolina 189**

Ferreira, P.S.; Mendonça-Hagler, L.C.S.

**Biodegradação de Óleo Diesel Através do Ensaio Respirométrico 193**

Siviero, A.R.; Coraucci Filho, B.; Natalin Jr., O.; Pires, M.S.G.; Nascimento, P.M.; Silva, V.C.; Cerqueira, R.S.; Teixeira, P.C.; Vendemiatti, J.A.D.S.

**Remediação de Águas Subterrâneas Impactadas por Hidrocarbonetos – BTEX – Utilizando Super Saturação de Oxigênio Dissolvido para Otimização da Biodegradação 199**

Couto, F.; Mulica, W.S.; Nader, T.

**Biodegradação de Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos por Consórcio de Linhagens Bacterianas 203**

Neves, E.B.; Durrant, L.R.

**Degradação do Tricloroetileno (TCE) por Sedimento Anaeróbio Enriquecido com Compostos Orgânicos 207**

Brucha, G.; Vazoller, R.F.

**Estudo da Degradação de Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos por Fungos Ligninolíticos para Aplicação em Processos de Biorremediação 211**

Vasconcelos, C.K.; Clemente, A.R.; Durrant, L.R.

**Estudo da Variação da DQO em Efluente por Ação de Leveduras 215**

Honório, G.M.; Durrant, L.R.

**Avaliação da Biodegradação de Areia Fenólica de Fundição para Proposta de Disposição do Resíduo 219**

Souza, A.M.G.F.; De Angelis, D.F.

**Produção de Biossurfactantes por Cepas Bacterianas 223**

Feijó, S.Ap.; Durrant, L.R.

**Efeito do Ácido Húmico na Biodisponibilidade de Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos na Biodegradação por Fungos não Basidiomicetos 227**

Clemente, A.R.; Durrant, L.R.

**Degradação de Poluentes Prioritários e Remediação de Resíduos Industriais Via Processos Oxidativos Avançados 231**

Peralta-Zamora, P.; Kunz, A.; Rodrigues, M.B.; Sottoriva, P.; Durán, N.

**Biodegradação de Polímeros Sintéticos Industriais por Fungos Degradores de Celulose 241**

Costa, K.C.F.; Durrant, L.R.

**Estudo da Produção de Enzimas Ligninolíticas por Fungos Capazes de Degradar Compostos Modelos de Lignina Sob Condição Microaeróbia 245**

Serrano, I.S.; Pavarina, E.C.; Durrant, L.R.

**Redução das Taxas de DQO em Amostras de Chorume por Linhagem Fúngica Ligninolítica 249**

Bavutti, H.R.F.; Durrant, L.R.

**Influência do Nitrogênio no Crescimento Radial de *Thermoascus aurantiacus* em Bagaço de Malte 253**

Renck, M.H.P.; Palma, M.B.; Tavares, L.B.B.

**Efeito do Tween 80 no Metabolismo de Fungos Microaeróbios Capazes de Degradar Resíduos Lignocelulósicos 257**

Pavarina, E.C.; Durrant, L.R.

**Biodegradação de Resíduos por *Letinula edodes* para Produção de uma Enzima Xilanolítica 261**

Silva, D.; Felix, E.; Fischer, G.; Tavares, L.B.B.

**Detoxificação e Biorremediação de Casca de Café Utilizando o Fungo *Pleurotus* 265**

Leifa, F.; Soccol, C.R.

**Fermentação de Nêsperas para Produção de Proteína Microbiana 277**

Oliveira, A.L.A.; Cardoso, A.; Azevedo, J.L.; Esposito, E.

**Detecção de Fenol-oxidases em Fungos Filamentosos Isolados do Rio Atibaia, Visando Biodegradação de Compostos Fenólicos 279**

Conceição, D.M.; Bidoia, E.D.; Angelis, D.A.; De Angelis, D.F.

**Biodegradação de Compostos Fenólicos do Efluente Papeleiro E<sub>1</sub> 283**

Moraes, S.G.; Rodrigues, C.H.; Assalin, M.R.; Durán, N.

**Seleção de Bactérias Isoladas de Efluente da Indústria Cítrica Capazes de Degradar o Monoterpeno  $\alpha$ -limoneno 287**

Oliveira, A.L.; Falconi, F.A.; Durrant, L.R.

**Estudo do Crescimento Microbiano em Espuma Poliuretana 291**

Reyes, L.F.; Durrant, L.R.

**Avaliação da Descoloração do Corante Índigo por *Pleurotus* spp. Através do Método de Reflectância 295**

Kamida, H.M.; Monteiro, R.T.R.; Armas, E.D.; Durrant, L.R.



**Biodegradação de *d*-limoneno por Fungos Isolados de Efluente da Indústria de Suco de Laranja 299**

Falconi, F.A.; Durrant, L.R.

**Avaliação da Atividade Enzimática de Fungos Filamentosos pela Descoloração do Corante "Remazol Brilliant Blue-R" 303**

Santos, A.Z.; Tavares, C.R.G.; Gomes-Da-Costa, S.M.; Veit, M.T.; Gonzales, A.M.

**Descoloração de Corantes Têxteis por Meio de HRP Imobilizada em Ira-400 307**

Kunz, A.; Pereira, C.M.; Tiburtius, E.R.L.; Durán, N.; Peralta-Zamora, P.

**Redução da Toxicidade do Corante Basic Brown 4 Utilizando *Neurospora crassa* como Agente de Remoção 311**

Jesus, G.J.; Corso, C.R.

**Tratamento Sonoeletrolítico para Biodegradação de Polímeros Utilizando *Saccharomyces cerevisiae* como Modelo Celular 315**

Tomasin, A.C.; Domingos, R.N.; De Angelis, D.F.; Bidoia, E.D.

**Ensaio Preliminares de Estabilização do Resíduo Manipueira com Calcário, na Fase Ácida de Biodigestores Anaeróbios 319**

Ribas, M.M.F.; Cereda, M.P.

**Estudo da Biodegradação e Toxicidade de Efluente Submetido ao Processo Eletrolítico Através do Método de Respirimetria de Bartha 323**

Régis, G.; Bidoia, E.D.

**Estudo da Biodegradação de Efluente Industrial Monitorado por Ensaio de Toxicidade Biológica 327**

Inazaki, T.H.; Pião, A.C.S.; Bidoia, E.D.

**Leitos Cultivados: Alternativa de Pós-tratamento para Reator Anaeróbio 331**

Valentim, M.A.A.; Roston, D.M.; Mazzola, M.

**Análise de Polimorfismo em Isolados Bacterianos Envolvidos na Degradação de Paclotubrazol 335**

Spessoto, A.M.; Silva, C.M.M.S.; Araújo, W.L.; Oliveira, C.S.

**Efeito do Herbicida Scepter (Imazaquin) na Produção de Lacases pelo *Pleurotus ostreatus* Através de Metodologia de Superfície de Resposta 341**

Rezende, M.I.; Scarmínio, I.S.; Monteiro, R.T.R.; Dekker, R.F.H.; Barbosa, A.M.

**Degradação de <sup>14</sup>C-diuron por *Acinetobacter* e pela Microbiota do Solo 349**

Dellamatrice, P.M.; Monteiro, R.T.R.; Roque, M.R.A.; Melo, I.S.

**Degradação do Fungicida Metalaxil por Linhagens de *Trichoderma* spp. Isoladas de Solos Rizosféricos 353**

Melo, I.S.; Levantezi, K.; Spessoto, A.M.; Feichtenberger, E.

**Microrganismos do Solo Envolvidos na Degradação dos Herbicidas Clomazone e Glifosate, em Lavouras de Arroz Irrigado, no Rio Grande Do Sul 361**

Mattos, M.L.T.; Machado, M.I.; Santos, F.O.; Martins, F.S.; Santos, S.C.A.

**Efeito do Glifosato Sobre a Comunidade Endofítica de Soja 365**

Kuklinsky-Sobral, J.; Mendes, R.; Geraldi, I.O.; Araújo, W.L.; Azevedo, J.L.

**Utilização de Plantas na Remediação de Solos Contaminados por Herbicidas – Levantamento da Flora Existente em Áreas de Cultivo de Cana-de-açúcar 369**

Scramin, S.; Skorupa, L.A.; Melo, I.S.

**Análise de Paclobutrazol em Tecidos de Organismos Não-alvo e Possíveis Efeitos Tóxicos Decorrentes de Sua Exposição 373**

Ferracini, V.L.; Castro, V.L.; Jonsson, C.M.

**Utilização de Leitões Cultivados e Filtros Lentos para Melhora da Qualidade de Água para Uso Agrícola 379**

Londe, L.R.; Paterniani, J.E.S.

**Biolixiviação de Metais em Lodo de Esgoto Municipal Utilizando Bactérias Acidofílicas do Gênero *Thiobacillus* 383**

Villar, L.D.; Garcia Jr., O.

**Despoluição de Águas Superficiais Contaminadas com Esgotos Domésticos Usando Wetlands Construídos 387**

Meira, C.M.B.; Ceballos, B.S.O.; Oliveira, H.; Sousa, J.T.; König, A.

**Biolixiviação de Metais em Lodo de Esgoto Municipal: Uma Revisão 391**

Lombardi, A.T.; Garcia Jr., O.

**Oxidação de H<sub>2</sub>S de Gases Utilizando *Thiobacillus ferrooxidans* 395**

Oprime, M.E.A.G.; Garcia Jr., O.

**Estudo da Adesão do *Thiobacillus ferrooxidans* Sobre Calcopirita (CuFeS<sub>2</sub>) Utilizando-se Microscopia de Forças Atômicas 399**

Bevilaqua-Mascarin, D.; Garcia Jr., O.; Fugivara, C.S.; Díez-Pérez, I.; Sanz, F.; Benedetti, A.V.

**Análise das Sequências de cDNA Depositadas no Banco de Dados SUCEST (Sugarcane EST Project) Associadas a Homeostase de Metais Pesados em Cana-de-açúcar 403**

Figueira, A.V.O.; Kido, E.A.; Almeida, R.S.; Bastos, A.E.R.

**Desinfestação do Substrato para Fermentação Através de Eletrólise Utilizando Eletrodos de Carbono ou TiRuO<sub>2</sub> 407**

Tolentino-Bisneto, R.; Bidoia, E.D.

**Análisis Microbiológico de las Biopelículas Implicadas en el Biodeterioro de Monumentos de Piedra en villa de Leyva, Boyacá Colombia y Evaluación De Sustancias Biocidas para su Control 411**

Otálora, A.M.; Martínez, M.M.; Gaylarde, C.

**Evaluacion de la Capacidad Degradadora de Actinomycetes Aislados del Humedal la Conjera, en Santafe de Bogota, Sobre el Plaguicida 2,3-dihidro2,2-dimetil7-metilcarbamato. Carbofuran 413**

Gonzalez, A.; Gonzalez, A., Franco, M.; Martinez, M.; Bernal, J.

**Development of a Biofiltration System for the Removal of Mercury, Starting With a *Pseudomonas fluorescens* Strain Isolated from "La conejera" Wetland - Santafe de Bogota 415**

Martínez, M.M.; Torres, R.

**Comparação da Produção de Lacases pelos Fungos *Botryosphaeria* sp., *Botryosphaeria ribis* e *Botryodiplodia theobromae* na Ausência e Presença de Álcool Veratrílico 417**

Vasconcelos, A.F.D.; Paccola-Meirelles, L.D.; Giese, E.C.; Dekker, R.F.H.; Barbosa, A.M.

**Índice Autores 425**

# Biodegradação de Pesticidas em Solos Brasileiros

**MONTEIRO, R.T.R.**

Centro de Energia Nuclear na Agricultura, C.P. 96,  
CEP: 1400-970 - Piracicaba, SP.  
E-mail: monteiro@cena.usp.br

A biodegradação de pesticidas ocorre na maioria dos solos, sendo fatores de maior importância a disponibilidade do composto e a presença de microrganismos aptos a sua degradação. A disponibilidade é dependente de fatores como propriedades físicas e químicas, tanto do composto como do solo. Dentre as propriedades do composto estão a sua solubilidade em água, alcalinidade e radicais reativos, entre outras. Entre as propriedades do solo, a quantidade e tipos de colóides são de grande importância na adsorção do composto às partículas sólidas presentes.

Os microrganismos do solo, principalmente bactérias e fungos, têm sido relatados como os principais degradadores de pesticidas. A introdução no solo de um composto contendo C, N ou P pode servir de nutriente e ser assim degradado por catabolismo ou, ainda ser degradado por co-metabolismo.

As condições do ambiente que favorecem o desenvolvimento microbiano no solo são as mesmas que favorecem a degradação de pesticidas, tais como temperatura, umidade e aeração.