



BioGeoTec
Pesquisa e Soluções Ambientais



**Biodegradação:
aspectos teóricos e
aplicações**

Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Armas
eduardo@biogeotec.com.br

Buscar

PLANETA | Energia e Ciência

Parceiros: aegea, ambev, Eletrobras, GERDAU

Novos tipos de bioplásticos podem sofrer decomposição total no solo em quatro meses

Pesquisadores analisaram os processos de biodegradação de cinco amostras de plásticos. Duas amostras foram 100% decompostas após quatro meses, enquanto as outras três tiveram de 30 a 50% do seu material decomposto em seis meses

Por Agência Bori
12/10/2023 11h07 · Atualizado há 2 semanas

f t w in p



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Armas



BioGeoTec
Pesquisa e Soluções Ambientais


ASSEMBLEIA LEGISLATIVA
do Estado de São Paulo


19ª Legislatura - São Paulo, 30 de Novembro de 2022

Institucional ▾ Deputados ▾ Processo Legislativo ▾ Comissões ▾ Legislação ▾ Documentação ▾ Comunicação ▾ Transparência ▾

Início > Comunicação > Notícias

Projeto propõe uso de sacolas plásticas oxi-biodegradáveis

Autor da matéria, que foi totalmente vetada pelo governador, questiona decisão do Executivo e afirma que medida tem como ponto principal defender o ambiente

15/01/2008 20:00

Compartilhar:     

Ao apresentar o **Projeto de lei 534/2007**, que obriga os estabelecimentos comerciais do Estado a utilizarem embalagens plásticas oxi-biodegradáveis (OBPs) para o acondicionamento de produtos, o deputado Sebastião Almeida (PT) ressaltou as preocupações da população com os problemas provocados pelo aquecimento global. Em alguns casos, lembra Almeida, o investimento financeiro para diminuir a poluição é gigantesco e complexo e exige a utilização de matérias-primas menos poluentes em produtos imprescindíveis em nosso cotidiano. "É o que ocorre com o plástico, fração de 3 a 5% de cada barril de um material que utiliza petróleo em sua produção e que, para piorar, demora para desaparecer do mapa. Algumas embalagens plásticas levam até 300 anos para se decompor", argumenta.

Notícias mais lidas

- GALERIA:** Veja imagens do velório da cantora Gal Costa
- Após aprovação da Alesp, lei que acaba com desconto previdenciário de aposentados e pensionistas do Estado é sancionada
- Alesp aprova isenção de imposto para incentivar energia renovável e internet no Estado de São Paulo


Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Armas


BioGeoTec
Pesquisa e Soluções Ambientais

MENU | **g1**

JORNAL NACIONAL

Cientistas brasileiros desenvolvem plástico biodegradável que faz alimento durar mais tempo fora da geladeira

Em parceria com pesquisadores franceses, plástico natural feito com gelatina leva 20 minutos para ficar pronto e protege queijos e frutas por ter propriedades antioxidantes e antimicrobianas.

Por **Jornal Nacional**
16/07/2022 21h49 - Atualizado há 4 meses









Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Armas


BioGeoTec
Pesquisa e Soluções Ambientais

2

25/07/2022 07h00 - Atualizado há 4 meses



Global Environment Group

Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Armas



PLANETA ▼

ARO & URB ▾

INOVACÃO ▾

VIDA SUSTENTÁVEL ▼

MÃO NA MASSA ▾

FIOLE LIGADO! ▼

NEWSLETTER

A compostagem é feita sem odor, sem chorume, sem poluição e reduz o volume de resíduos em até 90%.

Por: [Natasha Olsen](#) - 16 de julho de 2020

Com tecnologia 100% brasileira, o equipamento é capaz de reciclar o lixo orgânico de forma acelerada, transformando o resíduo de restaurantes industriais, produção agropecuária e lodo de esgoto, obtido a partir do esgoto urbano, em um composto orgânico que pode ser usado como fertilizante na produção de alimentos.

UC 300 Especificações

Capacidade de carga:	300 Kg
Redução do volume:	70-90%
Duração média do ciclo:	24 hs
Lixo orgânico processado - média mensal (30 dias):	9 Ton
Composto produzido - média mensal (30 dias):	1,8 Ton
Potência Máx: 5200W	
Tensão: 127 / 220V trifásico 60Hz	
Medidas: 1800 x 1300 x 1200 mm	
Carregamento superior, abertura frontal para descarga, tratamento do ar de exaustão em filtro aderente, eletronicamente controlada.	
Aplicações: Indústrias, Restaurantes industriais e comerciais, Shopping Centers, Supermercados, Hotéis, Hospitais, Condomínios e outros.	
Aderente às normas NR-10 e NR-12	



A empresa comercializa máquinas para compostar diferentes volumes de resíduos orgânicos.
Imagem: Reprodução <http://www.5ecos.com.br/>



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Armas






Pesquisa / Busca de projetos

Projetos

Fossa Séptica Biodigestora e Clorador Embrapa: Ações de transferência e incremento da tecnologia de saneamento básico na área rural



O Sistema de Saneamento Básico na Área Rural era composto, inicialmente, por duas tecnologias, a "Fossa Séptica Biodigestora" e o "Clorador Embrapa", desenvolvidas pelo pesquisador Antônio Pereira de Novaes (falecido). Essas tecnologias, devido ao alcance social e nacional, têm trazido grande retorno à sociedade brasileira. A Embrapa

Foto: Laurito, Monica

Instrumentação tem feito esforços na divulgação do sistema em todo o território



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Armas



≡ MENU | g1
NATUREZA
🔍 BUSCAR

Biorremediação: os métodos naturais que podem ajudar a recuperar áreas manchadas pelo petróleo

O vazamento de petróleo já atingiu 450 praias no litoral do Nordsete e do Espírito Santo. O ideal seria conter a substância tóxica ainda no mar. Mas o que fazer, então, depois que o contaminante alcança areia, estuários e manguezais?



Por BBC
17/11/2019 09h35 · Atualizado há 3 anos












Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Armas



Uma perspectiva histórica

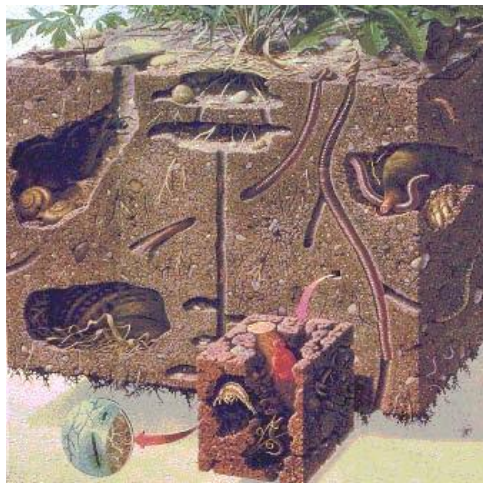
- Os Romanos – tratamento de esgotos
- A descoberta de degradadores de hidrocarbonetos
- A descoberta de degradadores de agrotóxicos
- A descoberta de microrganismos destoxificantes de metais



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Azevedo



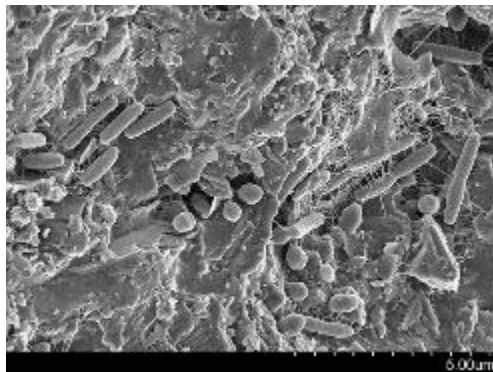
A diversidade biológica dos solos



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Azevedo



A diversidade biológica dos solos



Comunidade natural de bactérias crescendo sobre um grão de areia. Imagem tomada por microscopia eletrônica de varredura



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Azevedo



Importância dos Microrganismos do solo

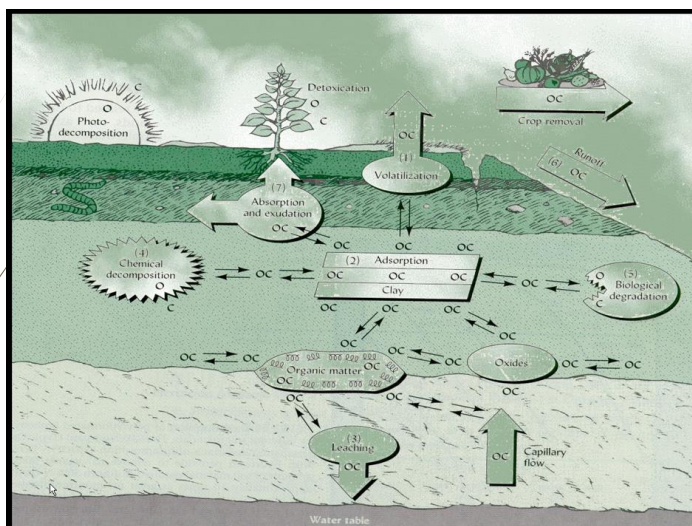
- Formação do solo
- Biofertilizantes
- Ciclagem de nutrientes
- Degradação de poluentes
- Controle biológico de doenças e pragas
- Fonte de genes para a engenharia genética



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Azevedo



Comportamento ambiental de poluentes



Definições

* Degradação:

- “conversão de uma molécula orgânica em outras de menor energia”
- “processo de alteração na estrutura molecular, transformando uma substância em componentes menores ou mais simples por meios bióticos ou abióticos”
- “perda de atividade ou desaparecimento do xenobiótico”
- “Toda e qualquer transformação estrutural que uma molécula orgânica natural ou xenobiótica pode sofrer, por meios biótico ou abiótico, resultando na perda de sua atividade original”

* Biotransformação ou biodegradação:

- “degradação parcial de uma molécula orgânica mediada por organismos ou enzimas livres”
- “transformação biológica de um composto químico orgânico para outra forma, sem se referir a extensão”

Definições

* Mineralização:

“conversão completa de uma molécula orgânica em compostos inorgânicos e biomassa”

* Remediação:

- “Conjunto de tecnologias adotadas para redução ou eliminação de compostos perigosos ao ambiente”

* Biorremediação:

- “Conjunto de tecnologias que empregam processos biológicos isoladamente ou associados a técnicas de engenharia para redução ou eliminação de compostos perigosos ao ambiente”



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Azevedo



Biodegradação

Principais reações bioquímicas envolvidas no metabolismo microbiano de poluentes:

- Reações oxidativas
- Reações redutivas
- Reações hidrolíticas
- Reações sintéticas
(conjugação e condensação ou polimerização)



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Azevedo



Biodegradação

Processos de transformação microbiana:

- Catabolismo
- Cometa-bolismo
- Polimerização ou conjugação
- Acumulação
- Efeitos secundários de atividade microbiana



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Azevedo



Biodegradação associada ao crescimento microbiano

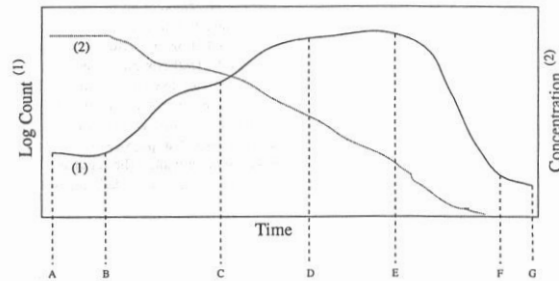
- * Microrganismos utilizam moléculas orgânicas como fonte de C e energia para produção de biomassa
- * Biodegradação associada ao crescimento resulta em mineralização
- * C-orgânico é convertido em CO_2 e componentes celulares



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Azevedo



Biodegradação associada ao crescimento microbiano



- A - Contaminant introduction (spill occurs, etc.); lag phase begins
- B - Acclimation complete, nutrients available, log growth & degradation begin
- C - Second nutrient addition, continued growth & degradation
- D - Growth stabilized, stationary phase, active and brisk remediation
- E - Food source depleting, bacterial count declines as death phase begins
- F - Remediation complete, biomass degenerates, population stabilizes
- G - Endpoint of project with clean site

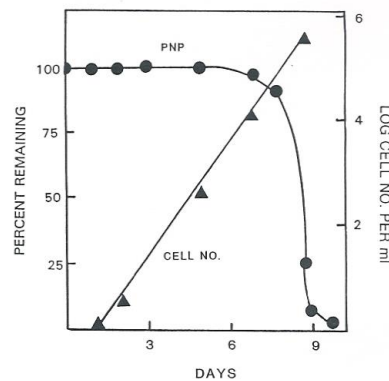
Dinâmica do crescimento microbiano e degradação de contaminante em uma Biodegradação Ideal



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Armas



Biodegradação associada ao crescimento microbiano



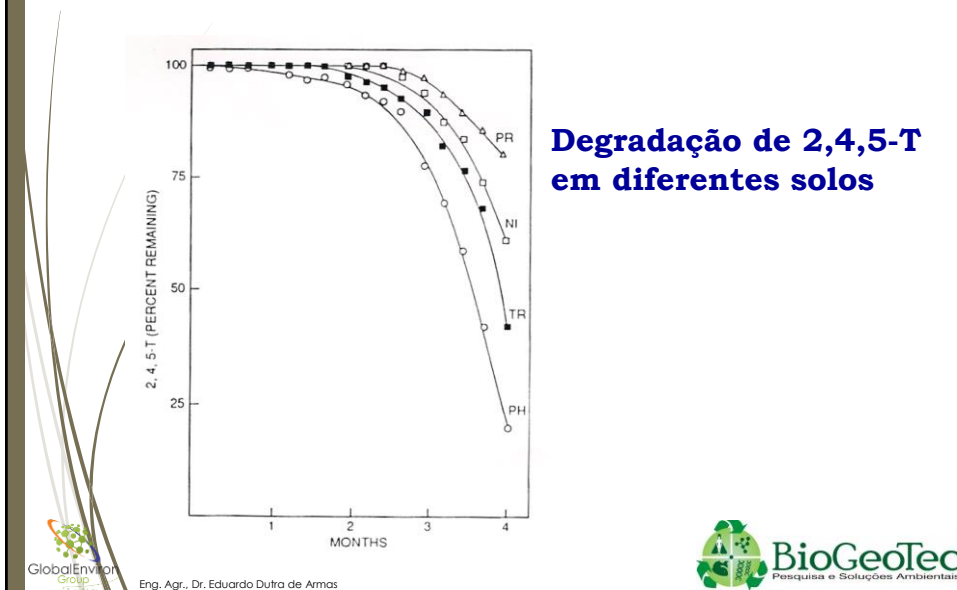
Bactérias utilizam 4-nitrofenol como fonte de C para produção de biomassa, em esgoto com 2 mg L⁻¹ de 4-nitrofenol



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Armas



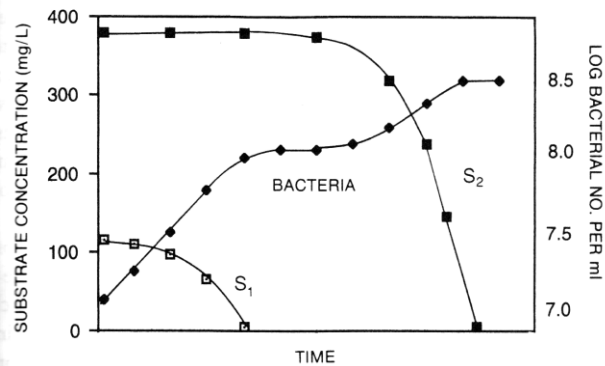
Aclimação, Adaptação ou Fase Lag



Causas do período de aclimação

- * Proliferação de pequenas populações
- * Presença de compostos ou concentrações tóxicas
- * Predação por protozoários
- * Seleção de novos genótipos
- * Diauxia
- * Indução da síntese de enzimas

Causas do período de aclimação



"A degradação de S₂ só ocorre após o consumo total de S₁"

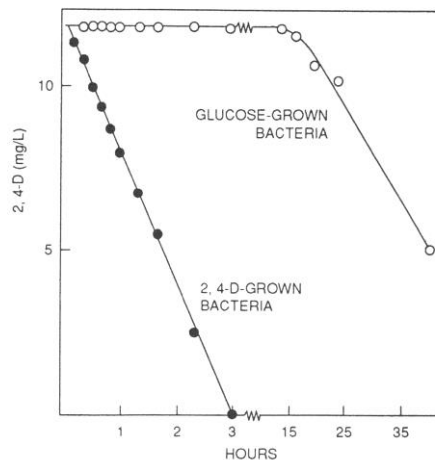
Diauxia



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Azevedo



Causas do período de aclimação



"Bactérias que foram previamente crescidas em meio com 2,4-D não apresentaram fase de aclimação, devido a prévia indução de enzimas para degradação desta substância"

"Bactérias crescidas em meio com glicose demandaram um tempo para sintetizar enzimas de degradação quando expostas a 2,4-D"

Indução da síntese de enzimas



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Azevedo



Degradação Acelerada

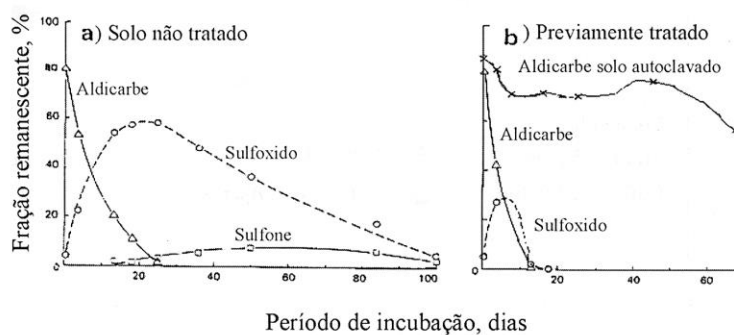


Figura 6.14. Desaparecimento do aldicarbe e formação e degradação de seus produtos de oxidação em solo nunca tratado e previamente tratado com o produto (Smet et al., 1987).

"Degradação acelerada pelo redução da fase de aclimação"



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Armas



BioGeoTec
Pesquisa e Soluções Ambientais

Cometabolismo

- * Degradação de uma molécula orgânica por microrganismos incapazes de utilizá-la como fonte de energia. A população metabolicamente ativa não obtém benefícios nutricionais do substrato cometabolizado.
- * Exemplos: DDT; 2,4,5-T; fenol; PCBs



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Armas



BioGeoTec
Pesquisa e Soluções Ambientais

Cometabolismo

Razões para sua ocorrência:

- * Enzimas iniciais geram produtos não metabolizáveis por outras enzimas;
- * Produtos gerados inibem atividade enzimática subsequente ou suprimem crescimento microbiano;
- * Necessidade de um segundo substrato para promover uma reação específica (ex.: doador de elétron)



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Armas



Adsorção x degradação

- * Redução da biodisponibilidade
- * Formação de resíduos ligados

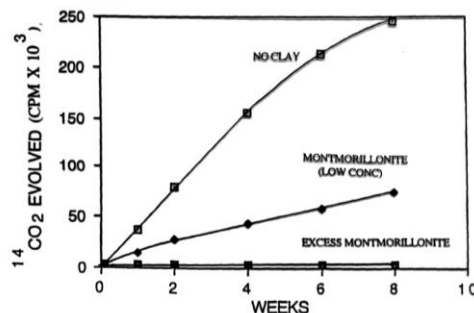


FIG. 8.1 Mineralization of ^{14}C -labeled diquat in nutrient solutions with or without clay. (Reprinted with permission from Weber and Coble, 1968.)

- * Efeitos estimulantes à biodegradação
(controle de pH, retenção de substâncias tóxicas ou acumulação do substrato)



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Armas



Surfactantes x degradação

* Aumento da solubilidade

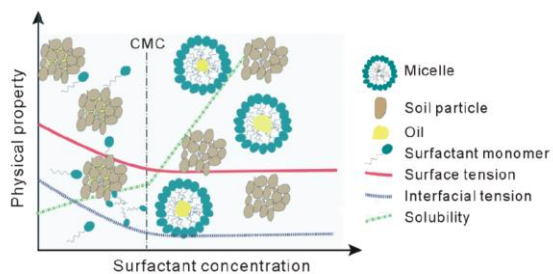


Fig. 3 Variation of different physical properties of the solution with surfactant concentration for removal of petroleum hydrocarbons from contaminated soils. CMC = critical micelle concentration

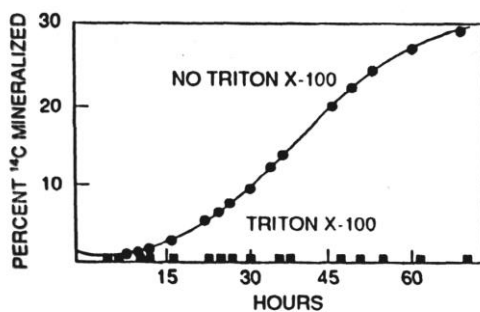


Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Armas



Surfactantes x degradação

* Redução do contato bactéria-contaminante



"Redução da degradação de hexadecano pela presença de triton x-100, devido a redução da aderência do contaminante com a célula bacteriana"

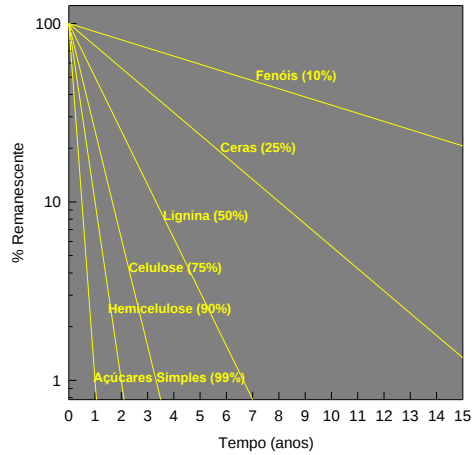
FIG. 9.6 Effect of Triton X-100 on the mineralization by *Arthrobacter* sp. of hexadecane dissolved in heptamethylnonane. (From Efroymson and Alexander, 1991. Reprinted with permission from the American Society for Microbiology.)



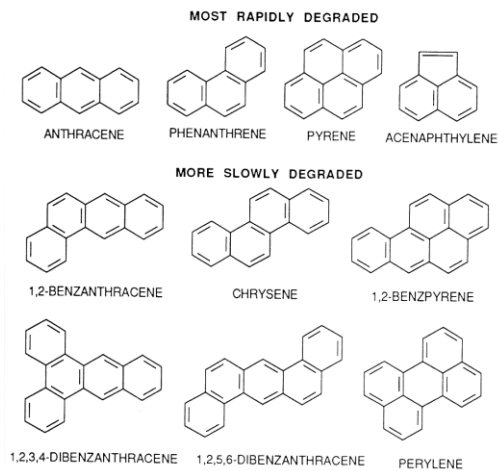
Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Armas



Taxa de biodegradação depende da complexidade da molécula

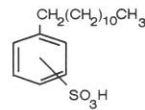
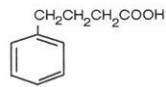
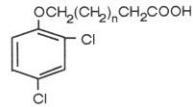


Taxa de biodegradação depende da complexidade da molécula

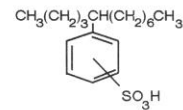
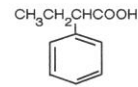
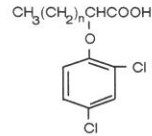


Taxa de biodegradação depende da complexidade da molécula

RAPIDLY
DEGRADED



SLOWLY
DEGRADED



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Azevedo



BioGeoTec
Pesquisa e Soluções Ambientais

Biodegradabilidade de hidrocarbonetos

Biodegradabilidade



Alcanos $C_{10}-C_9$
 Alcanos $C_{12}-C_{18}$ cadeia linear
 Gases C_2-C_4
 Alcanos C_5-C_9
 Alcanos até C_{12} ramificados
 Alcenos C_3-C_{11}
 Alcenos ramificados
 Aromáticos
 Cicloalcenos

Especificidade



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Azevedo



BioGeoTec
Pesquisa e Soluções Ambientais

Condições para que ocorra biodegradação

- * Existir enzimas necessárias para biodegradação (microrganismo ativo ou enzima no solo)
- * Microrganismo ou enzima devem estar presentes no ambiente contendo a molécula a ser degradada
- * A molécula deve estar acessível à enzima
- * Se a enzima for extracelular, a região de ligação à molécula deve estar exposta
- * Se a enzima for intracelular, a molécula deve penetrar através da membrana plasmática
- * As condições ambientais devem ser favoráveis ao crescimento do microrganismo envolvido na degradação e à atividade enzimática



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Azevedo



Destoxificação

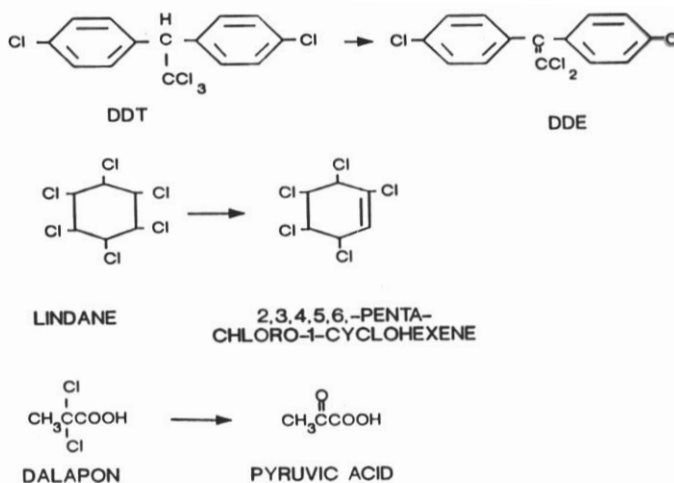


FIG. 4.3 Dehalogenations that represent detoxications.



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Azevedo



Ativação



Degradação de aldrin em dieldrin.

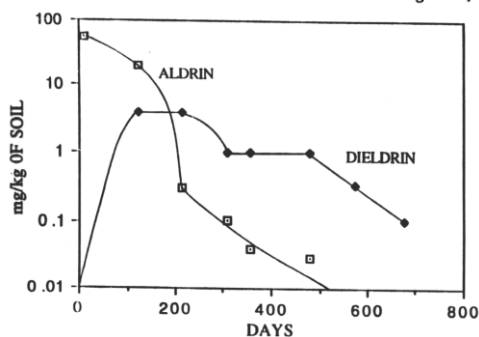


FIG. 5.3 Epoxidation of aldrin in soil leading to dieldrin. (Reprinted with permission from Singh *et al.*, 1991.)



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Azevedo



Recalcitrância

O que define a recalcitrância de um composto?

- * Sorção de compostos, microrganismos e enzimas
- * Características edafoclimáticas desfavoráveis
- * Não existência de enzimas de degradação
- * Impermeabilidade da célula microbiana
- * Cometa-bolismo
- * A estrutura molecular do composto
- * A sua toxicidade



Eng. Agr., Dr. Eduardo Dutra de Azevedo

