



UNIVERSIDADE DO MINHO

# USO E ABUSO DE RECURSOS NATURAIS

Biorremediação e Energia

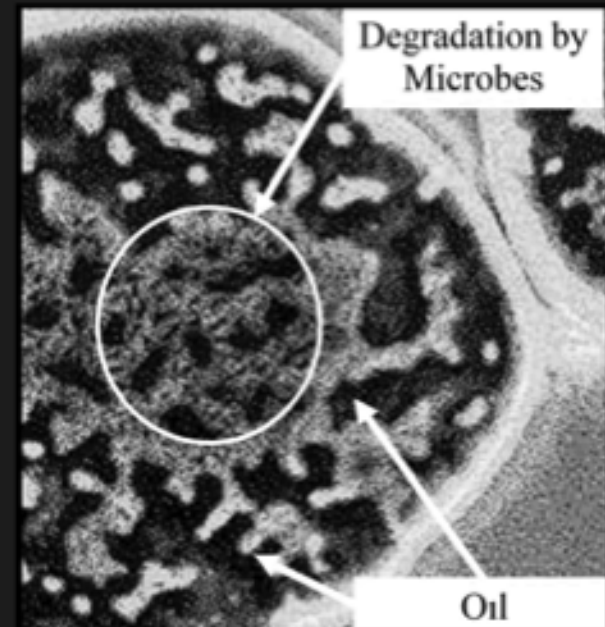
Andrea Zille

**AEICBAS Biomedical Congress: an innovative multidisciplinary  
approach to life sciences  
Porto 5 - 7 de abril de 2013**

# BIORREMEDIAÇÃO



Biorremediação é um processo tecnológico no qual os organismos vivos, normalmente plantas ou microrganismos, degradam, mineralizam ou transformam poluentes orgânicos ou inorgânicos presentes nos solos nas águas ou nos sedimentos



# BIORREMEDIAÇÃO



A implementação de processos de bioremediação em um ambiente contaminado requer uma *visão interdisciplinar*, envolvendo profissionais de diferentes áreas de conhecimento, como microbiologia, ecologia bioquímica, biologia molecular, química, engenharia e economia.



# BIORREMEDIAÇÃO



## Implementação de um processo de Biorremediação



# BIORREMEDIAÇÃO



## Vantagens

Degradação e eventual mineralização

Tratamento *in-situ*

Baixos custos de implementação

Tratamento de resíduos de difícil degradação

Autorregulação dos microrganismos em função da concentração

Utilização de produtos não tóxicos

## Limitações

Poluição heterógena requer seleção de diferentes microrganismos

Alguns xenobióticos não são biodegradáveis

Processo de longa duração e ainda pouco compreendido

Dependência do metabolismo da concentração do poluente

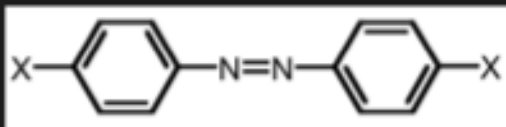
Adsorção seletiva no meio pode comprometer ativação

Requer acompanhamento especializado

# BIORREMEDIAÇÃO



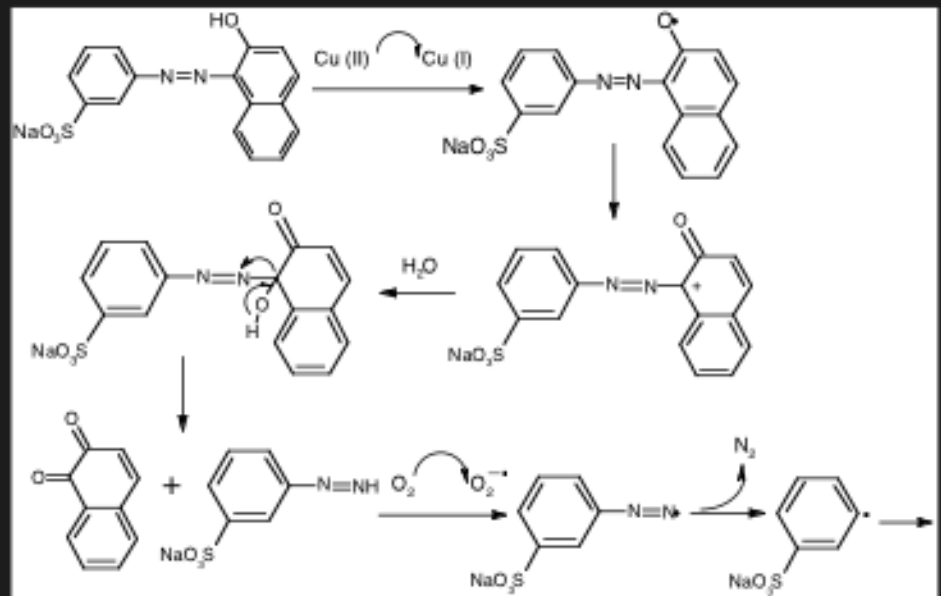
## Biorremediação de corantes têxteis com enzimas



Os corantes azo representam ~70% dos corantes orgânicos utilizados nas indústrias têxtil, do couro, plástico e alimentar

- Descolonzização enzimática sem formação de aminas aromáticas com lacase

- Lacase é uma oxidase multicobre que catalisa a oxidação de muitos compostos por redução de oxigênio em água





## Biorremocão de metais pesados com Cianobactéria

Os polímeros extracelulares (EPS) produzidos por cianobactérias são ideais para a remoção de iões metálicos de águas contaminadas:

- Requisitos nutricionais extremamente simples e baratos
- EPS particularmente ricos em cargas negativas (ácidos urónicos e grupos sulfatos)
- EPS de estrutura extremamente complexa que pode chegar a 6-12 resíduos monossacáridos
- São efetivas em sistemas multi-metal
- Rápida cinética de remoção para baixas concentrações de metal devido ao pH neutro.





## Técnicas de biorremediação *in-situ*

**Bioestimulação** consiste na adição de nutrientes, como N e P, para estimular os microrganismos autóctones.

**Bioventilação** é uma forma de bioestimulação por meio da adição de gases, como  $O_2$  e  $CH_4$ , e/o temperatura para aumentar a atividade microbiana.

**Bioaugmentação** é a inoculação do local contaminado com microrganismos selecionados para a degradação do contaminante.

**Landfarming** é aplicação e incorporação de contaminantes na superfície de solo não contaminado. O solo é arado e gradeado para promover a mistura uniforme do contaminante e aeração.

**Compostagem** é o uso de microrganismos termofílicos aeróbios em pilhas construídas para degradar o contaminante.





## Organismos Geneticamente Modificados (OGM)

Geralmente o maior benefício introduzido pelos OGMs é o aumento da taxa da degradação do poluente por inserção de genes que codificam enzimas específicas, resistência a compostos inibitórios ou que auxiliam a captação/ absorção dos compostos

A introdução dos OGMs levanta algumas questões técnicas e éticas que devem ser tomadas em conta

Evidências recentes indicam que a resiliência do meio ambiente as alterações que OGMs trazem é elevada. Porém é sempre recomendado limitar o espaço e o tempo de vida dos OGMs através



## Potenciais riscos da dispersão dos OGMs no ambiente

- Competição do OGM com a microbiota, flora e fauna local (extinção)
- Troca de genes entre OGM e populações microbianas autóctones (degradação genética)
- Introdução no ambiente de espécies que apresentem fatores de patogenicidade para a população autóctone
- Desequilíbrio da comunidade ecológica
- Impossibilidade da eliminação dos OGM depois da introdução no ambiente



## Potenciais soluções

- Isolamento físico dos OGMs *in-situ*, ou seja o confinamento do sítio contaminado durante a biorremediação (muito difícil)
- OGM selecionados para apresentarem baixa competitividade
- Inserção de genes que controlam a produção de proteínas “killer” ativada pela ausência de poluente. Porém estudos recentes mostram que um nível de confinamento satisfatório é atingido somente quando os organismos modificados carregam 8 mecanismos suicidas separados, cada qual com um tipo de controle diferente.



## Biorremediação e biocombustíveis: uma abordagem sinérgica

A produção de biocombustíveis a partir dos resíduos ou águas residuais é uma solução eficaz que conjuga o tratamento dos contaminantes e a produção de um vetor energético ao mesmo tempo

Permite um real confinamento dos OGM em biorreactores





## Biocombustíveis de primeira geração

Biocombustíveis produzidos a partir de açúcar, amido, óleo vegetal ou gorduras animal utilizando tecnologias convencionais.

### Limitações

- Competição com os recursos alimentares
- Pouco competitivos com os atuais combustíveis fósseis
- Limitada diminuição das emissões de gases de efeito estufa
- Ameaça para a biodiversidade

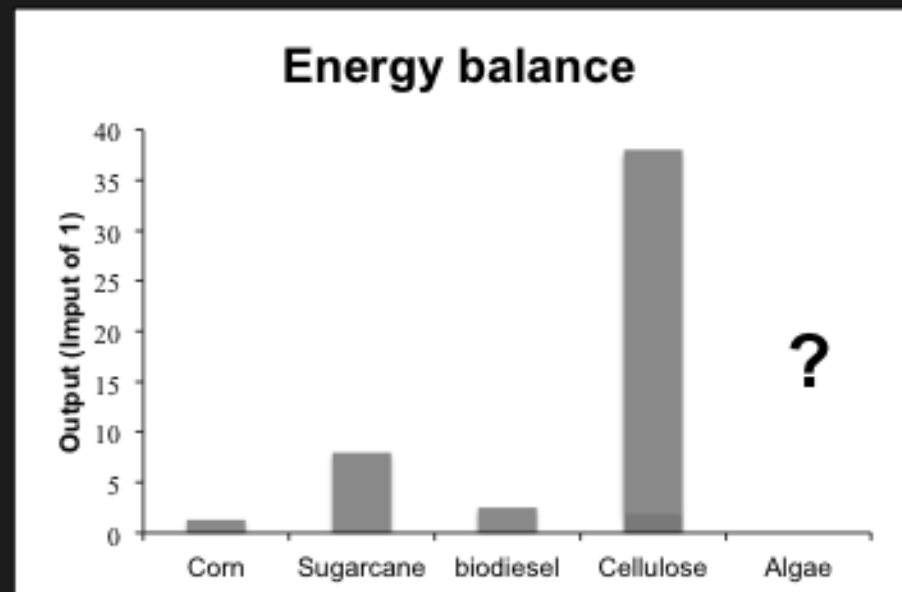




## Biocombustíveis de segunda geração

Biocombustíveis produzidos em forma sustentável a partir de biomassa de fontes não alimentares

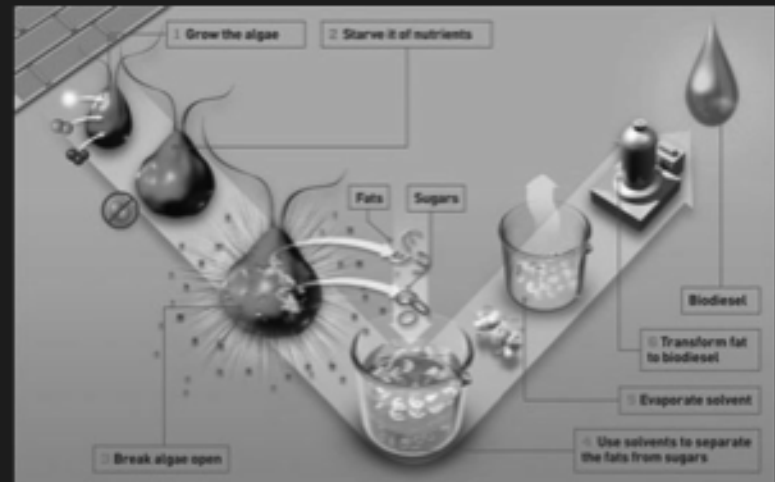
- Biohidrogénio
- Algas para biodiesel
- Biometanol
- Bioetanol celulósico





## Vantagens dos biodiesel das algas

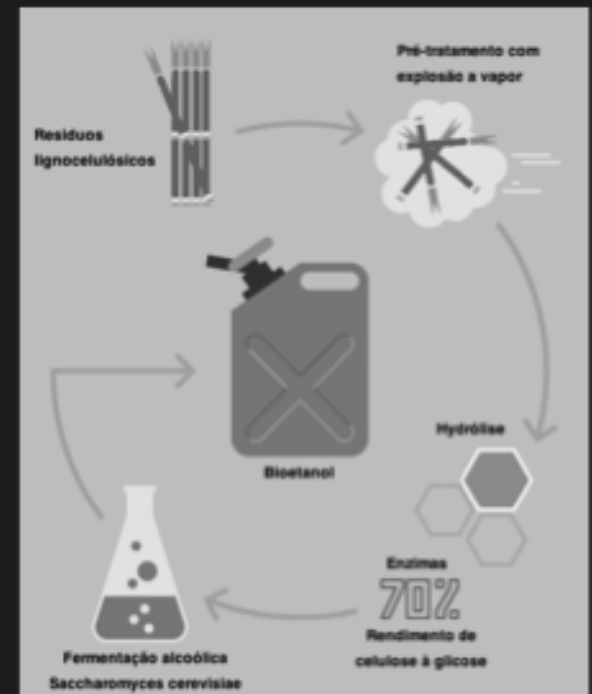
- Maior taxa de crescimento do que plantas
- Maior rendimento de óleo por unidade de área (7 a 30 vezes)
- Não afetam os recursos de água doce (águas salgadas ou residuais)
- Produção em solos marginais





## O santo graal dos biocombustíveis: o etanol celulósico

- Algumas bactérias como a *Clostridium thermocellum* conseguem converter naturalmente a celulose em etanol. Porém o rendimento é baixo devido a produção de outros metabólitos (acetato e lactato).
- *S. Cerevisiae* e outros microorganismos como *Zymomonas mobilis* e *Escherichia coli* foram geneticamente modificadas para produzir etanol e a sua próprias enzimas celulósicas.
- A industrialização da biotecnologia OGM que reduzirá as etapas da hidrólise da celulose reduzirá fortemente tempos e custo de produção.







Obrigado