

## MAPEAMENTO TECNOLÓGICO DOS PROCESSOS DE BIORREMEDIAÇÃO: UMA ANÁLISE NO CONTEXTO DA BIOTECNOLOGIA SUSTENTÁVEL

Caroline Macedo<sup>1</sup>; Renata Angeli<sup>1</sup>; Sabrina Dias de Oliveira<sup>1</sup>; Flávia Lima do Carmo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Rec.:06.07.2015 Ace.:25.06.2015

### RESUMO

O progresso tecnológico aliado a um crescimento demográfico sem precedentes trouxe riscos de exploração excessiva dos recursos e destruições irreversíveis ao patrimônio natural. A política ambiental vinculada a uma política econômica, nos pressupostos do desenvolvimento sustentável, deve ser essencialmente estratégia de risco destinada a minimizar o conflito entre desenvolvimento econômico e sustentabilidade ecológica. O presente trabalho apresenta um mapeamento tecnológico dos processos de biorremediação dentro do contexto da biotecnologia sustentável por meio de indicadores de patentes, utilizando o software de busca e análise de dados *Orbit*.

Palavras chave: Biorremediação. Biotecnologia Sustentável. Patente. Mapeamento Tecnológico.

### ABSTRACT

Technological progress combined with a population growth brought unprecedented risks of overexploitation of resources and irreversible destruction to the natural patrimony. Environmental policy linked to an economic policy, the assumptions of sustainable development should be essentially risk strategy designed to minimize conflict between economic development and ecological sustainability. This paper presents a technology mapping of bioremediation processes within the context of sustainable biotechnology through patent indicators, using the software search and analysis of Orbit database.

Keywords: Bioremediation. Sustainable Biotechnology. Patent. Technology Mapping.

Área tecnológica: Biotechnology. Intellectual Property.

\*Autor para correspondência. E-mail: flaviacarmo@inovacao.ufrj.br. Os autores agradecem à FAPERJ pelo apoio financeiro.

## INTRODUÇÃO

A última década do século XX destacou-se por seus avanços no campo das ciências da vida, sobretudo nas áreas da biologia molecular, da engenharia genética e da moderna biotecnologia, estabelecendo-se discussões que iniciaram com intensas questões sobre o patenteamento de animais e a manipulação genética do genoma humano, e a exploração econômica e o possível exercício de direitos de monopólio sobre o resultado das pesquisas nessa área (LACOMINI, 2007).

Desta forma, a biotecnologia está entre um dos diversos ramos do conhecimento humano que começou reunindo descobertas, sustentando diálogos e unindo uma nova e fascinante área da pesquisa, que tem evoluído todos os dias.

Uma das grandes características deste século está relacionada ao comportamento de governantes e sociedade em relação ao desenvolvimento sustentável, onde já é entendido que este não deve ser apenas um simples dizer de palavras, e que apesar de todo o avanço biotecnológico nós não podemos nos esquecer da sustentabilidade. Por este motivo, um dos grandes desafios deste novo século é permitir o avanço consciente e tentar estabelecer numa sociedade voltada para o capitalismo um consumo racional de produtos que possam provocar danos ambientais e aumentar o consumo dos produtos ecologicamente corretos (VAN TUYLL, 1999).

Apenas no final do século XX, as populações começaram a ter consciência de que os recursos naturais eram esgotáveis. Segundo Bellen (2003), o crescimento e reconhecimento do tema não vieram acompanhados de uma discussão crítica a respeito do seu significado efetivo e nem de medidas necessárias para alcançá-lo. Sendo assim, observa-se a necessidade de novas técnicas, bem como medidas que discutam e apliquem de maneira efetiva a realização de um desenvolvimento verdadeiramente sustentável.

A biotecnologia pode ser definida como a aplicação de princípios científicos para o processamento de materiais, através de agentes biológicos, para prover bens e assegurar serviços (OECD, 1998). Dentro deste contexto encontra-se a biorremediação que é uma área que abrange processos nos quais os organismos vivos são utilizados tecnologicamente para remover ou reduzir (remediar) poluentes no ambiente (GAYLARDE et al., 2005). A biorremediação possui grande aplicabilidade e a otimização do seu processo depende das condições ambientais, do tipo de contaminante e da técnica empregada. Os tratamentos se diferenciam por ser *in situ* (quando é realizado no próprio local) ou *ex situ* (quando há remoção do contaminante para tratamento em outro ambiente).

A biorremediação é uma técnica inovadora que merece atenção e incentivo nos processos de recuperação ambiental. Esta é uma técnica que vem alcançando importância mundial, uma vez que o aumento da atividade industrial está degradando, cada vez mais, os ecossistemas naturais. O emprego de microrganismos no tratamento de rejeitos tóxicos é uma prática habitual em alguns países desenvolvidos. Os sistemas biológicos geralmente utilizados são microrganismos e plantas, no entanto, a biodegradação com microrganismos é a opção mais frequentemente utilizada (UETA et al., 1999).

O presente trabalho teve como objetivo realizar um mapeamento tecnológico dos processos de biorremediação através da análise dos documentos de patentes para identificação dos principais setores e países protegidos pela tecnologia investigada, dos titulares dessas patentes, além da evolução do depósito ao longo do tempo, utilizando o software de busca e análise de dados *Orbit*.

## METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa, empregada com o objetivo de rastrear patentes da área de biorremediação, consistiu em algumas determinações de busca e foi realizado entre os meses de Maio, Junho e Julho de 2014, em dias alternados. Primeiramente, foi definida a base de dados *Orbit*, que vem a ser um sistema com cobertura mundial, o qual permite a investigação e análise de

informações de patentes publicadas. Através desta base, efetuou-se o diagnóstico do assunto abordado, considerando que vantagens como: informação tecnológica mais atual, cobertura mundial e abrangência de quase todos os campos tecnológicos, pudessem trazer resultados do cenário atual em relação à promoção da inovação para o desenvolvimento sustentável da biorremediação.

Os critérios e estratégias do escopo foram tema -> palavras-chave -> buscas -> análises.

Para uma busca consistente, fez-se um estudo sobre o tema e selecionou-se um conjunto de palavras-chave e Códigos Internacionais de Patentes (CIP), configurando uma análise segura e confiável (Tabela 1).

Como em outros sites e softwares de busca, o *Orbit* utiliza um sistema de operadores booleanos ‘AND’ e ‘OR’, por exemplo, que funcionam como conectores de palavras ou grupos de palavras, permitindo diferentes combinações para modificar o resultado da busca, tornando-a mais abrangente ou mais limitada, de acordo com a estratégia definida.

As patentes da estratégia escolhida foram separadas, tratadas e analisadas. Foi escolhida a estratégia #7, dentre 12 estratégias como demonstrado a seguir:

**Tabela 1** – Escopo de busca

Palavras-chaves	Totais	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12
bioremediation*	924		x					x		x	x		x
bioremediation* (CLMS)	505			x									x
contaminated	40.824	x	x	x			x	x		x	x	x	
soil*	189.506	x	x	x			x	x		x	x	x	
water*	2.876.706	x	x	x			x	x		x	x	x	
groundwater*	3.642	x	x	x			x	x		x	x	x	
site*	247.252	x	x	x			x	x		x	x	x	
technique*	397.157				x		x			x	x	x	
bioreactor*	7.331				x		x			x	x	x	x
biostimulation*	150				x		x				x	x	x
bioaugmentation*	64				x		x				x	x	x
bioventing*	10				x		x				x	x	
biosparging	2				x		x				x	x	
biosorbent	74				x		x				x	x	
bioleaching	173				x		x				x	x	
composting	4.941				x		x				x	x	
bioreactor	6.903				x		x				x	x	
landfarming	26				x		x				x	x	
biopile*	24				x		x				x	x	
B09C*	11.931					x		x	x	x	x	x	
C02F*	77.965					x		x	x	x	x	x	
C12R-001	78.171					x		x	x	x	x	x	
TOTAIS		3.251.447	662	296	409.622	420.516	46.999	529	222	58	70	26	55

Fonte: Autoria própria, 2015.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estratégia escolhida rendeu 529 patentes, cujas informações foram tratadas utilizando o software pago *Orbit* e exportadas para o Excel para a preparação dos gráficos do país de prioridade, CIP, principais instituições depositantes, dentre outros.

A Figura 1 mostra a evolução temporal do depósito de patentes na área da biorremediação em um intervalo de 30 anos.

Através da Figura 1, pode-se observar uma tendência ao aumento dos depósitos a partir de 1992. Cabe ressaltar que entre 1900 e 1982, houve o depósito de apenas 3 patentes, todas no ano de 1920.

A Revolução Industrial representava naquela época, avanço tecnológico, desenvolvimento e acúmulo de capitais com a expansão do comércio mundial. A produção industrial em larga escala era necessária para manter os padrões de consumo impostos pelo capitalismo. Somente no final dos anos 60 que os impactos gerados pela Revolução Industrial foram percebidos, as pessoas se reuniram em grupos e ONGs para protestarem contra a devastação ambiental exigindo a proteção da natureza (ABBAS, 2003).

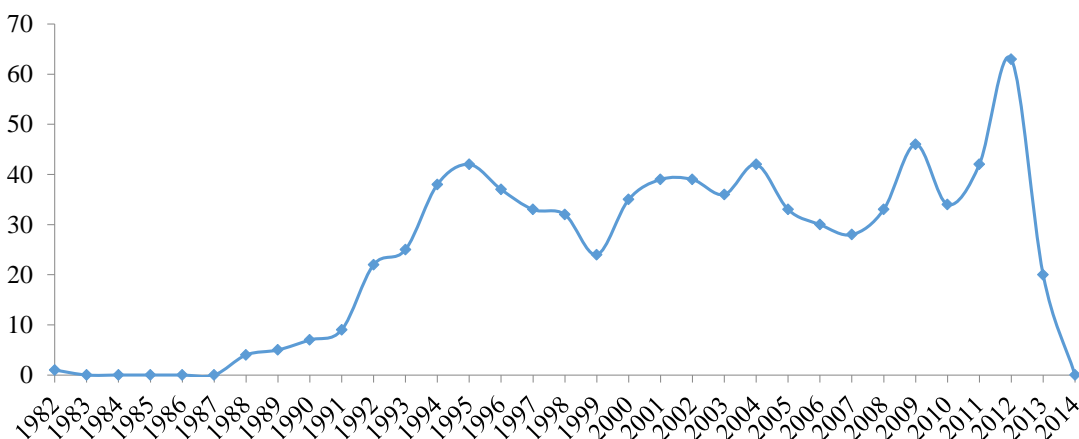
O aumento da conscientização sobre os problemas ambientais contribuiu significativamente para que as Nações Unidas convocassem uma conferência sobre o meio ambiente. A conferência de Estocolmo foi um marco histórico para a questão ambiental, a preocupação com o meio ambiente se tornou mundial, os países iniciaram o controle da poluição, fundando órgãos ambientais, criando leis e desenvolvendo tecnologias mais limpas a fim de diminuir os impactos gerados à natureza.

Para proteger o meio ambiente é necessário que o desenvolvimento seja de forma sustentável, que o manejo dos recursos naturais seja feito com responsabilidade e consciência, preservando assim para as futuras gerações. Além do correto manejo, os resíduos gerados pelas atividades antropogênicas devem ser tratados e dispostos adequadamente.

Quando isso não acontece é necessário então reparar os danos ambientais com rapidez de modo adequado e integral, com a prerrogativa de compatibilizar técnicas eficientes e economicamente viáveis. Esta é uma questão difícil de conciliar, pois os processos de reparação ambiental estão associados a longos períodos e a altos custos (ABBAS, 2003; SILVEIRA; SPAREMBERGER, 2004).

Por isso a biorremediação tem sido um processo de crescente pesquisa, pois tem como vantagem oferecer maior segurança e uma menor perturbação ao meio ambiente, além de ser uma ferramenta eficiente a baixo custo (ABBAS, 2003; SANTOS et al., 2007).

**Figura 1** - Evolução anual



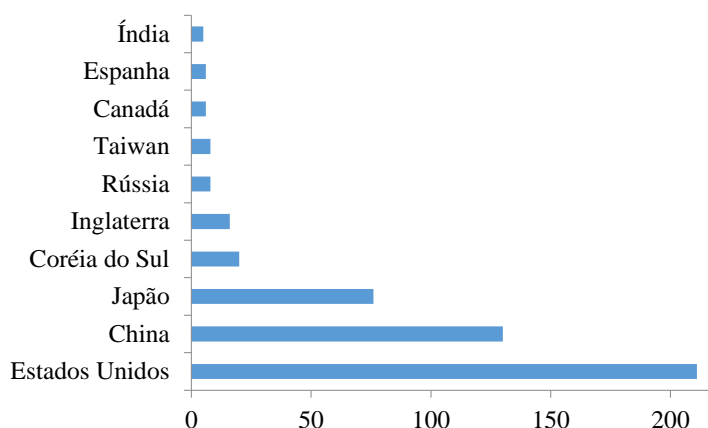
Fonte: Autoria própria, 2015.

A Figura 2 mostra os principais depositantes de documentnos de patentes relacionados a processos de biorremediação no período de 1982 a 2012.

Segundo a Figura 2, os países são liderados por EUA, China e Japão. O Brasil não aparece entre o dez principais depositantes.

O Brasil hoje demonstra uma maior preocupação quanto ao meio ambiente, há inúmeros mecanismos legais que visam assegurar a proteção ambiental, mas infelizmente esses mecanismos por si só não são capazes de acabar com a degradação desenfreada dos recursos naturais (ABBAS, 2003).

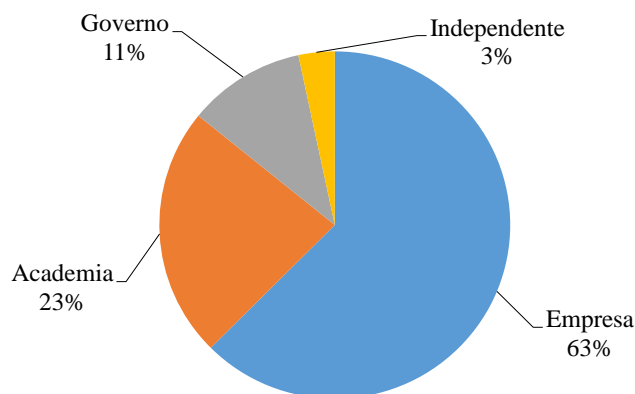
**Figura 2** - Países de prioridade (Top 10)



Fonte: Autoria própria, 2015.

A Figura 3 demonstra que a maioria da origem das patentes vem das Empresas com 55% seguida da Academia com 28%, Governo 13% e Independente 4%.

**Figura 3** - Origem da patente (Top 100)

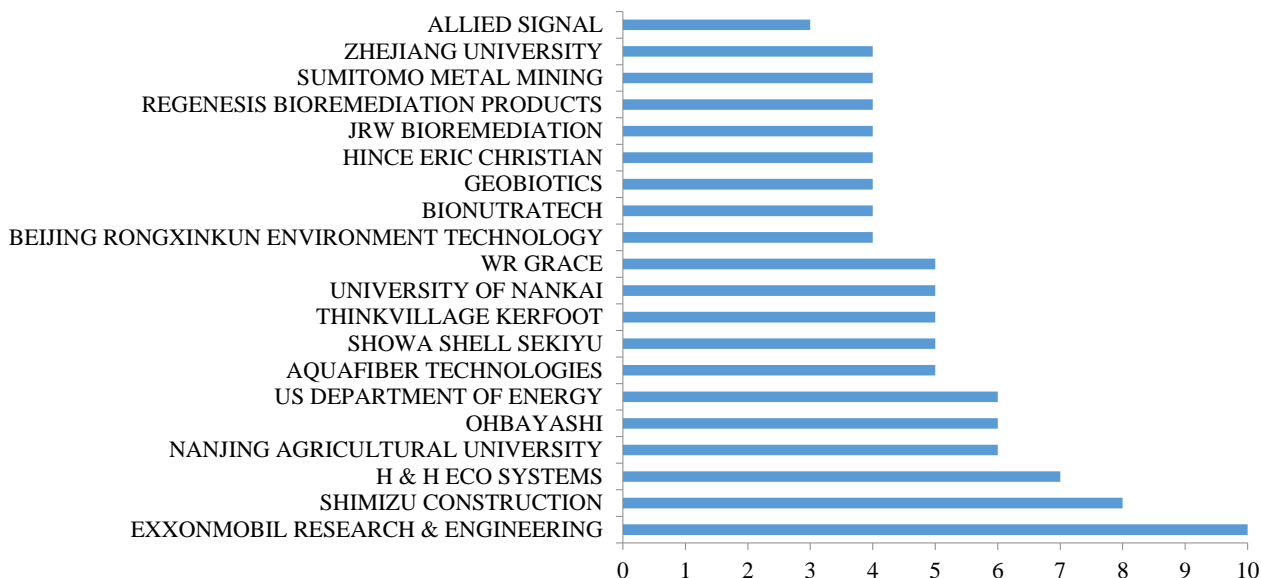


Fonte: Autoria própria, 2015.

Na Figura 4, podem-se observar os vinte principais depositantes na área de biorremediação: no topo a empresa multinacional de petróleo e gás dos Estados Unidos, Exxonmobil Research & Engineering seguida de uma empresa japonesa que atua no ramo da construção, Shimizu

Construction, corroborando com os dados demonstrados na figura 2 dos principais países depositantes.

**Figura 4 – Depositantes (Top 20)**



Fonte: Autoria própria, 2015.

As preocupações ambientais, incipientes até a ocorrência da 2ª Guerra Mundial, demonstraram ser de vital importância na medida em que mais e mais acidentes ambientais passaram a ocorrer, estimulando a pesquisa de forma a reparar ou minimizar, nos processos produtivos, esses danos ambientais. Além disso, a pressão por parte dos governos e da opinião pública tem forçado essa postura ambientalmente correta das indústrias, estabelecendo leis que regulam o gerenciamento ambiental (MARTINS et al., 2003; MOLINA-BARAHONA et al., 2004;). No atual contexto mundial em que a preocupação com o meio ambiente vem crescendo abruptamente, o domínio de tecnologias limpas tornou-se essencial para qualquer país que deseja biorremediar suas contaminações sem a necessidade de agredir o meio ambiente.

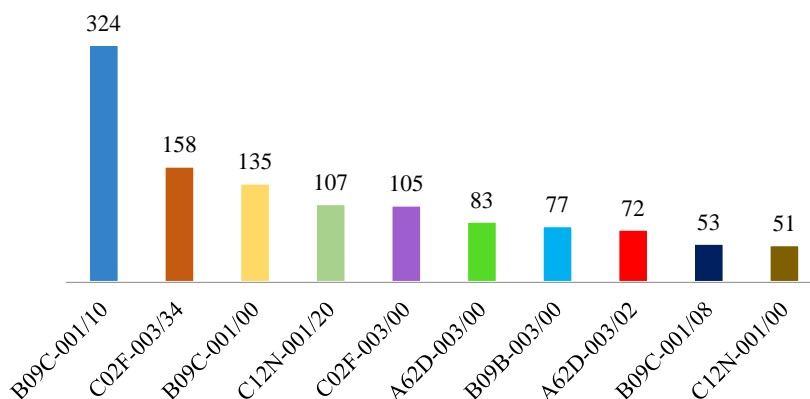
As Figuras 5A e 5B apresentam as principais classificações internacionais de patentes com maior número de documentos de patentes relacionados a processos de biorremediação e os principais campos tecnológicos dos documentos depositados pelas cinco principais empresas.

Na Figura 5, podem-se observar os dez principais CIP utilizados para depósito de processos de biorremediação. A B09C 001/10 com 324 depósitos que se baseiam na recuperação de solo contaminado por processos microbiológicos ou mediante uso de enzimas, seguido de C02F-003/34 com 158 depósitos que se baseiam no tratamento biológico de água, águas residuais ou esgoto caracterizado pelo microrganismo usado. Essas CIP também representam o campo tecnológico com maior destaque para as principais instituições depositantes (Figura 6).

Na biorremediação, os tratamentos biológicos são baseados na capacidade das comunidades microbianas de imobilizar ou degradar os contaminantes (MARTINS et al., 2003). Estes tratamentos quando comparados aos tratamentos físico-químicos, são mais seguros e com custo relativamente baixo. Além disso, o aumento de pesquisa nessa área está relacionado ao fato que o tratamento biológico com os microrganismos é menos agressivo ao meio ambiente, já que muitas vezes concentra seus esforços em otimizar o processo naturalmente existente, gerando assim uma

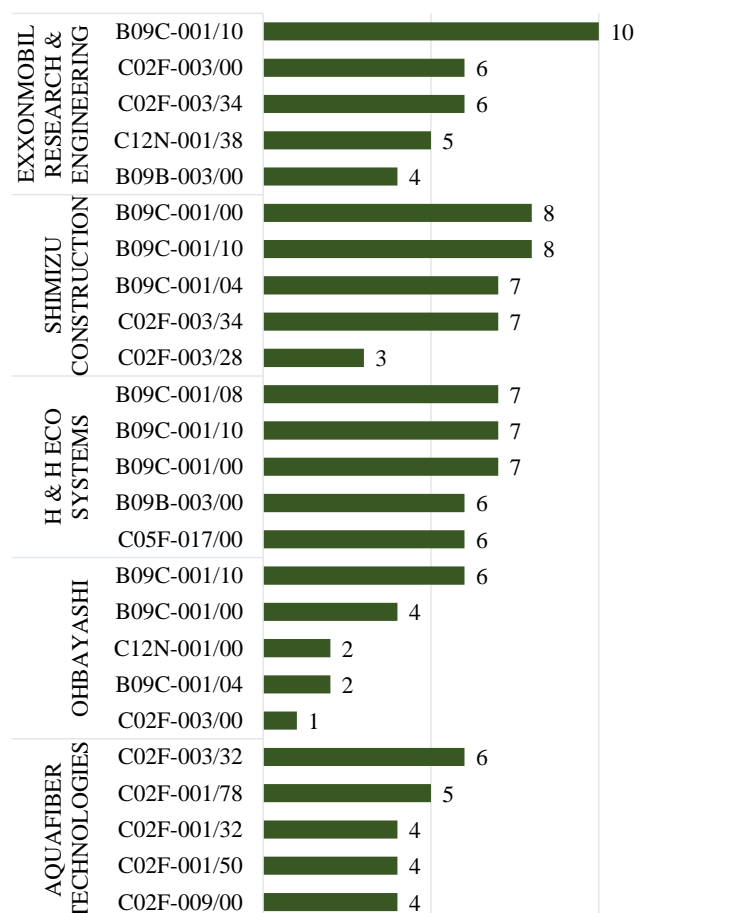
grande aceitação por parte da opinião pública, por ser considerado uma forma “natural” de tratamento (D'ANNIBALE et al., 2006; SANTOS et al., 2007)

**Figura 5** - Principais classificações internacionais de patentes com maior número de documentos de patentes relacionados a processos de biorremediação



Fonte: Autoria própria, 2015.

**Figura 6** - Principais campos tecnológicos dos documentos depositados pelas cinco principais empresas



Fonte: Autoria própria, 2015.

## CONCLUSÃO

A biorremediação é uma técnica de descontaminação que vem alcançando importância mundial devido à desenfreada degradação do meio ambiente. Essa tecnologia já é bastante utilizada em outros países como os Estados Unidos e na China. No Brasil sua utilização ainda é pequena, mas várias pesquisas já têm sido desenvolvidas para a sua aplicação em locais contaminados principalmente com petróleo e seus derivados.

O processo de identificação busca, análise e interpretação da informação, fato que cria conhecimento, permite uma sensível transformação e desenvolvimento daquele que incorpora tais conceitos e os pratica sistematicamente. Essa visão demonstra o potencial do estudo de prospecção tecnológica, principalmente no que se refere ao tratamento automático da informação, como ferramenta de apoio ao processo decisório, tendo vista a possibilidade de se ter uma visão sistêmica sobre as dinâmicas da pesquisa, desenvolvimento e inovação de um setor e/ou tecnologias, em curto espaço de tempo.

## PERSPECTIVAS

A biorremediação é uma técnica promissora que visa à minimização dos impactos antropogênicos e a reestruturação dos habitats naturais, por isso merece atenção e incentivo quanto à sua utilização nos processos de recuperação ambiental.

## REFERÊNCIAS

ABBAS, M. Z. M. **A biorremediação como ferramenta para a minimização de problemas ambientais**. 2003. 56f. Monografia (Especialização em Gerenciamento Ambiental) - Universidade de São Paulo, Escola de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2003.

BELLEN, H. M. V. Desenvolvimento Sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. **Ambiente & Sociedade**, v. 7, n. 1, jan./jun. 2003.

D'ANNEIBALE, A.; ROSETTO, F.; LEONARDI, V.; FEDERICI, F.; PETRUCCIOLI, M. Role of Autochthonous Filamentous Fungi in Bioremediation of a Soil Historically contaminated with Aromatic Hydrocarbons. **Applied and Environ. Microbiol.**, v. 72, n. 1, p. 28-36, 2006.

GAYLARDE, C. C.; BELLINASSO M. L.; MANFIO, G. P. Biorremediação: aspectos biológicos e técnicos da biorremediação de xenobióticos. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 34, p. 36-43, 2005.

LACOMINI, V. **Propriedade Intelectual e Biotecnologia**. Curitiba Juruá Editora, 2007, 220p.

MARTINS, A.; DINARDI, A. L.; FORMAGI, V. M.; LOPES, T. A.; BARROS, R. M.; CONEGLIAN, C. M. R.; BRITO, N. N.; SOBRINHO, G. D.; TONSO, S.; PELEGRINI, R. Biorremediação. 2003. III Fórum de Estudos Contábeis, Faculdades Integradas Claretianas, Rio Claro, SP. Disponível em: <[www.ceset.unicamp.br/lte/artigos/3fec2401](http://www.ceset.unicamp.br/lte/artigos/3fec2401)>. Acesso em: 00 00 2014.

MOLINA-BARAHONA, L.; RODRIGUEZ-VÁZQUEZ, R.; HERNADEZ-VELASCO, M.; VERGA-JARQUIN, C.; ZAPATA-PÉREZ, A.; MENDOZ-CANTU, A.; ALBORES, A. Diesel removal from contaminated soils by biostimulation and supplementation with crop residues. **Applied Soil Ecology**, v. 27, p. 165-175, 2004.

OECD. *Industrial Sustainability Through Biotechnology*. OECD, 1998.



Caroline MACEDO et al. Mapeamento tecnológico dos processos de biorremediação: uma análise no contexto da biotecnologia sustentável

SANTOS, H. F.; CARMO, F. L.; PAES, J. E. S.; ROSADO, A. S.; PEIXOTO, R. S. Bioremediation of Mangroves Impacted by Petroleum. **Water Air Soil Poll.**, v. 216, p. 329-350, 2011.

SANTOS, R. M.; RIZZO, A. C. L; SOBRAL, L. G. S. Remediação de solo contaminado por petróleo em biopilhas – escala piloto. In: PDPETRO. IV. Campinas: Centro de tecnologia mineral CETEM, 2007.

SILVEIRA, A. C.; SPAREMBERGER, R. F. L. **A relação homem e meio ambiente e a reparação do dano ambiental: reflexões sobre a crise ambiental e a teoria do risco na sociedade.** 2004. 22f. Trabalho apresentado a para conclusão da disciplina Direito Ambiental. Universidade de Caxias do Sul, UCS, Caxias do Sul, 2004.

UETA, J.; SHUHAMA, N. L.; CERDEIRA, I. K. Biodegradação de herbicidas e biorremediação: microrganismos degradadores do herbicida atrazina provenientes de solos da Região do Aquífero Guarani. **Biotecnologia**, v. 10, p. 10-13, 1999.

VAN TUYLL, C. Biotechnology for sustainable development in partner countries. **Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.** 1999.