

Mapeamento Tecnológico de Processos Microbianos Aplicados na Biorremediação de Metais Pesados

Technological Mapping of Microbial Processes Applied to Biorremediation of Heavy Metals

Sidnei Cerqueira dos Santos¹

Danielly Cristina Marques de Castro¹

Palloma Sales de Assunção¹

Thais Lopes dos Santos¹

Cristina M. Quintella²

¹Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá, PA, Brasil

²Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil

Resumo

A biorremediação é uma tecnologia que utiliza agentes biológicos para reduzir o impacto de áreas contaminadas por produtos químicos. A busca em escritórios de patente é uma ferramenta estratégica para identificar inovações tecnológicas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento tecnológico dos produtos e processos de origem microbiana aplicados no tratamento de áreas contaminadas por metais pesados. A busca de dados tecnológicos foi realizada nas bases de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) e do Escritório Europeu de Patentes (Espacenet®), utilizando-se uma combinação de palavras-chave e dois códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP). Foram selecionadas 247 patentes para análise. O maior número de depósito de patentes ocorreu nos anos de 2012 e 2013, sendo a China o maior depositante. As inovações tecnológicas mais depositadas foram relacionadas com a técnica de bioacumulação. Concluiu-se que a técnica de biorremediação está em ascensão, tornando-se uma importante ferramenta para o tratamento de ambientes contaminados por metais pesados.

Palavras-chave: Prospecção Tecnológica. Micro-organismos. Bioacumulação.

Abstract

Bioremediation is a technology that uses biological agents to reduce the impact of areas contaminated by chemicals. The search in patent offices is a strategic tool to identify technological innovations. The aim of this work was to evaluate the technological development of products and processes of microbial origin applied in the treatment of areas contaminated by heavy metals. The research for technological data was carried out at the National Institute of Industrial Property and Espacenet®, using the combination of the keywords and two codes of the International Patent Classification. We selected 247 patents for analysis. The largest number of patent filings occurred in 2012 and 2013, and the China was the largest depositor. The most deposited technological innovations were related to the bioaccumulation technique. The bioremediation technique is in ascension, becoming an important tool for the treatment of environments contaminated by heavy metals.

Keywords: Technological Prospecting. Microorganisms. Bioaccumulation.

Áreas tecnológicas: Biotecnologia. Microbiologia. Interdisciplinar.



1 Introdução

O aumento da produção industrial e da exploração de recursos naturais vem se tornando preocupante, visto que a eliminação inadequada de resíduos industriais e os acidentes ambientais, provenientes de atividades petrolífera e de mineração, tem causado alteração na qualidade do solo e da água e, conseqüentemente, posto em risco a saúde humana e ambiental (GANSKE, 2008; SANTANA *et al.*, 2013).

Dentre os poluentes, destacam-se os metais pesados, grupo heterogêneo de elementos com a densidade acima de 5 g/cm³ ou número atômico maior do que 20 (MALAVOLTA, 1994; MARQUES; CURI; SCHULZE, 2002). As principais propriedades dos metais pesados são alta reatividade, bioacumulação ao longo da cadeia alimentar (biomagnificação) e persistência na natureza (BUENO *et al.*, 2008).

Novas estratégias biotecnológicas economicamente viáveis e sustentáveis vêm sendo desenvolvidas para o tratamento de efluentes e resíduos de áreas impactadas por metais pesados. Esse é o caso do processo microbiano para tratamento de ambientes contaminados, também conhecido como biorremediação, que tem como base a utilização de agentes vivos para remover ou reduzir os poluentes do ambiente (RAHMAN *et al.*, 2002).

O processo metabólico que tem se mostrado mais eficiente na biorremediação é o microbiano (fungos e bactérias). Nesse processo, os micro-organismos desempenham a tarefa de reciclar a maior parte das moléculas da biosfera, participando dos principais ciclos biogeoquímicos e representando, portanto, o suporte de manutenção da vida na Terra (GAYLARDE; BELLINASSO; MANFIO, 2005).

A pesquisa sobre biorremediação microbiana vem se expandindo ao longo das últimas décadas, gerando invenções na forma de produtos e processos tecnológicos que são geralmente protegidos na forma de patente de invenção e de modelo de utilidade, o que garante ao titular um monopólio ou privilégio de exploração econômica da atividade inventiva, por um período determinado de tempo, em um determinado país (BRASIL, 1996). As patentes são depositadas em banco de dados específicos e podem ser acessadas pela população em geral.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento tecnológico dos produtos e processos de origem microbiana aplicados no tratamento de áreas contaminadas por metais pesados usando um mapeamento tecnológico de patentes como ferramenta estratégica para identificação de inovações tecnológicas.

2 Metodologia

A busca de patentes foi realizada no banco de dados do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), instituição governamental responsável pelo registro de patentes no Brasil, e no banco de dados de patentes internacional Espacenet®, do European Patent Office (EPO). Essas bases de patentes possuem acesso gratuito, sendo o Espacenet® uma base de patentes que abrange mais de 90 países associados (PINHEIRO *et al.*, 2016).

A pesquisa básica foi realizada com palavras-chave em português e inglês nas bases de dados nacional e internacional, respectivamente, sendo selecionadas três palavras-chave: “biorremediação”, “metais pesados” e “micro-organismos”, com base no escopo deste trabalho. A partir das

buscas feitas por meio dessas palavras-chave, foram selecionados dois códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP), correspondentes ao objetivo da busca: C02F3/34 – Tratamento biológico de água, águas residuais, ou esgotos; caracterizado pelo micro-organismo usado – e C02F1/62 – Compostos de metais pesados.

Além disso, o operador booleano (*and*) e o operador de truncagem (*), que permitem encontrar possíveis derivações das buscas, foram usados na pesquisa avançada para combinar palavras-chave no título ou no resumo (Tabela 1). Os códigos selecionados também foram combinados na pesquisa avançada com as palavras-chave (Tabela 1), e as patentes selecionadas, com código da CIP e/ou palavras-chave (marcadas de cinza), foram processadas e apresentadas por meio de gráficos, em termos do cenário tecnológico e desenvolvimento da tecnologia. O programa Vantage Point® foi usado para analisar a correlação entre as variáveis pesquisadas.

Tabela 1 – Estratégia de busca

PALAVRAS-CHAVE			CÓDIGOS		INPI	ESPACENET®
BIORREMEDI* *	METAIS PESADOS	MICROORGANISM* *	C02F3/34	C02F1/62		
			X		114	>10.000
				X	69	>10.000
X	X				3.315	36
X		X			306	275
	X	X			3.572	348
X			X		4	242
	X		X		7	224
X	X		X		11	9
	X	X	X		10	46
X	X	X	X		14	4
X				X	1	10
	X			X	27	>2.000
		X		X	0	61
		X	X	X		16
	X		X	X	34	36
X	X	X	X	X	42	0
Total de documentos de patentes processados					69	543

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2017)

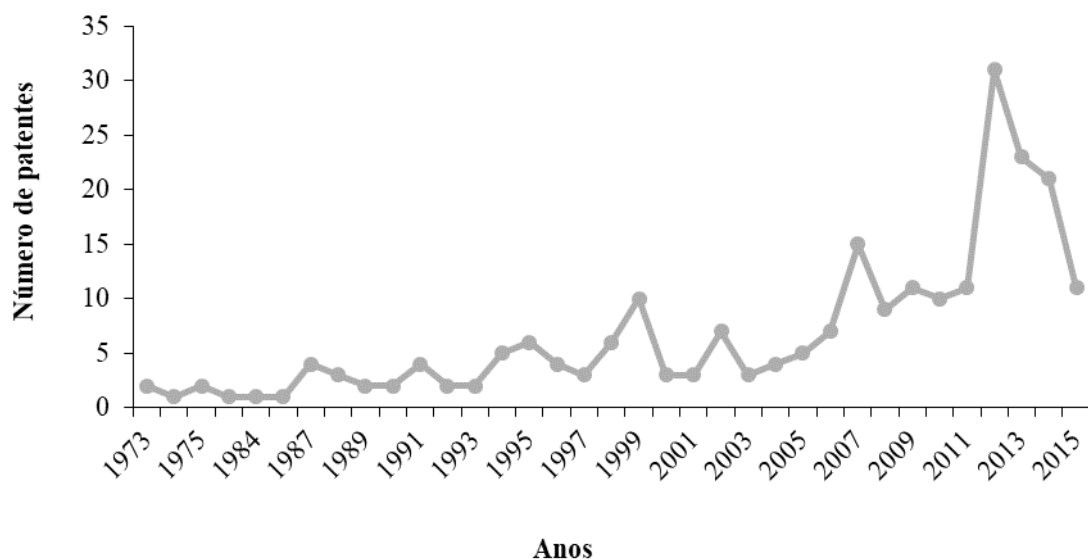
3 Resultados e Discussão

A pesquisa feita na base de dados do INPI resultou em 69 patentes, das quais foram selecionados 13 documentos com o código C02F1/62 da CIP e, na do Espacenet®, foram encontradas 543 patentes, das quais foram selecionados 234 documentos com o código C02F1/62 da CIP e

as palavras-chave. As patentes foram selecionadas depois da triagem de documentos repetidos e relacionados efetivamente com o tema da pesquisa. O Espacenet® é um dos principais bancos de dados internacional de patentes gratuito de divulgação de produtos e processos tecnológicos.

Na análise anual de patentes depositadas, observou-se que desde 2003 vem crescendo o número de depósitos de patentes nas bases de dados pesquisadas, com maior número de depósitos nos anos de 2012 e 2013 (Figura 1). A inovação tecnológica está crescendo e vem sendo inserida em organizações e utilizada para reformular a maneira como estas são administradas. Assim, as inovações tecnológicas podem ser entendidas como a reformulação do conhecimento, de forma prática, na execução de produtos, processos e serviços que possam ser introduzidos no mercado (SACHUCK; TAKAHASHI; AUGUSTO, 2008; PEGORARO; SILVÉRIO, 2010).

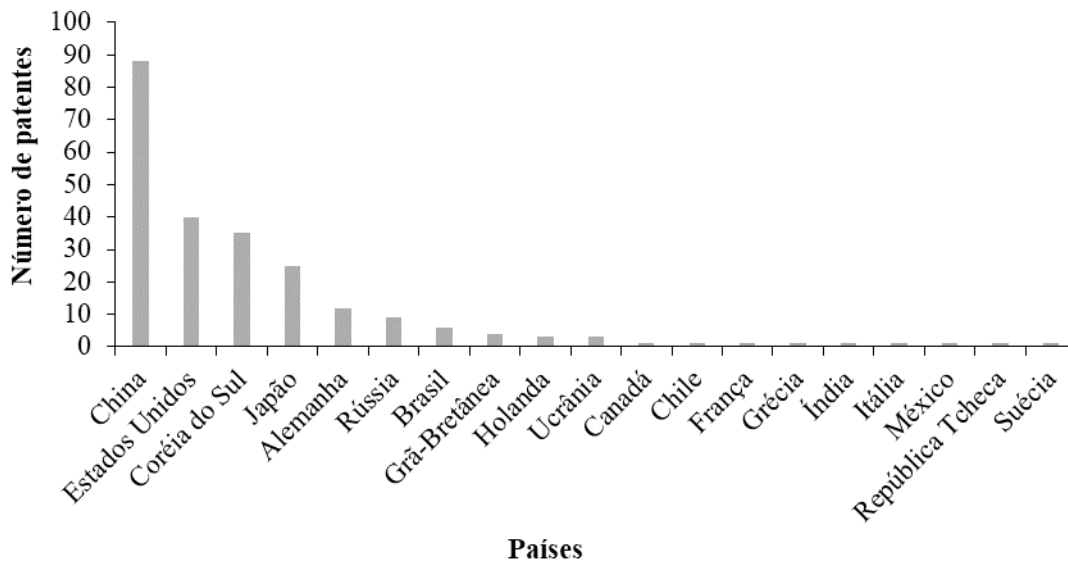
Figura 1 – Evolução anual do número de patentes depositadas



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2017)

China, Estados Unidos e Coreia do Sul são os grandes detentores de depósitos de patentes de produtos e processos tecnológicos de origem microbiana (Figura 2). A China, com um número total de 88 patentes depositadas, liderou o *ranking* dos países depositantes. Esse país é rico em recursos biológicos, apresentando cerca de 31 mil espécies de plantas nativas, 200 mil espécies de animais e 30 mil espécies de micro-organismos. A situação econômica favorável aliada à riqueza dos recursos biológicos torna esse país um grande potencial para o desenvolvimento científico e biotecnológico, com o intuito de atender as necessidades da nação (CHEN *et al.*, 2007; ZUCOLOTO, 2013), como a contaminação do solo de uma enorme área do território chinês. Um estudo realizado na China, em um período de oito anos (2005–2013), indica que as práticas de mineração e agricultura são as causas de contaminação do solo por compostos inorgânicos. Os dados mostraram que cerca de 6,3 milhões de quilômetros quadrados de solo pesquisados está poluído e que mais de 100 áreas rurais poluídas (“aldeias câncer”) tinham maiores incidências dessa doença (JORNAL GGN, 2017). Tais problemas vêm impondo severa pressão sobre o governo chinês, os quais podem ser sanados por meio do desenvolvimento de novas tecnologias na área de biorremediação de solos.

Figura 2 – Depósito de patentes por país

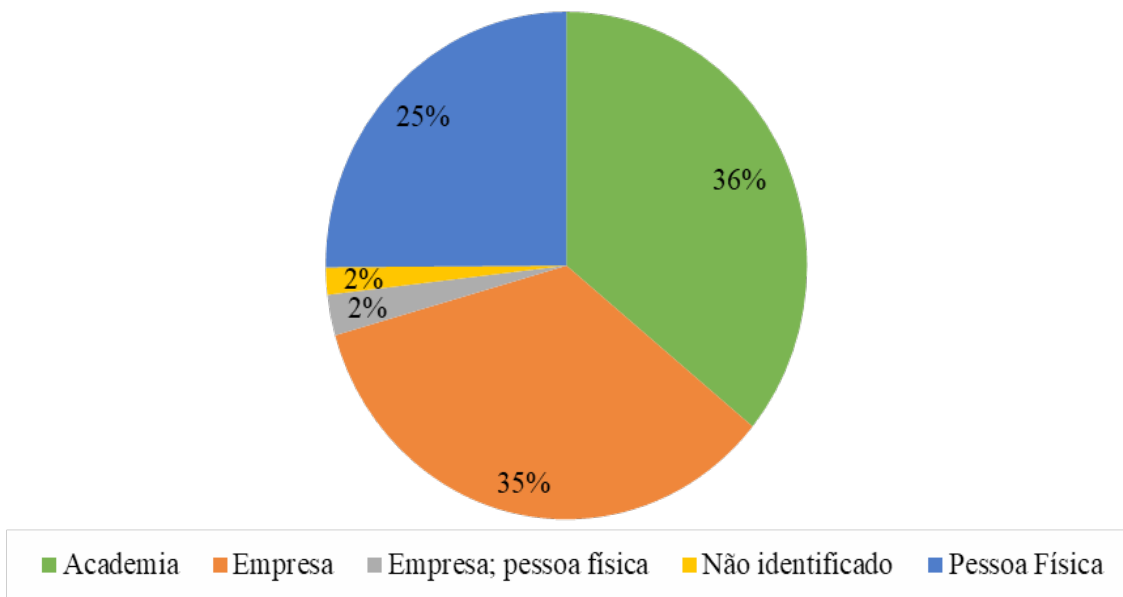


Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2017)

No caso específico do Brasil, pode-se observar que ainda são poucas as inovações tecnológicas nessa área de estudo, porém alguns produtos e processos têm sido desenvolvidos principalmente devido à grande expansão de mineradoras no Brasil nas últimas décadas. A drenagem ácida de minas (DAM) é um dos mais graves impactos ambientais associados à atividade de mineração (SOARES; TRINDADE, 2003). A DAM é a solução aquosa ácida que dissolve metais presentes no solo e rocha (LUPTAKOVA; KUSNIEROVA, 2005), e os metais dissolvidos apresentam risco potencial de contaminação do solo e dos recursos hídricos (SIQUEIRA *et al.*, 1999). O grande e infeliz exemplo do impacto negativo de mineradoras foi o acidente na barragem de rejeito em Mariana, Minas Gerais, que ocorreu recentemente (2015) na área de exploração da Mineradora Samarco (FREITAS; SILVA; MENEZES, 2016). Esse acidente está sendo considerado a maior tragédia ambiental do Brasil.

Este estudo também verificou que as patentes foram depositadas por pessoa física e pessoa jurídica (empresas ou instituições públicas ou privadas) ou ambas, destas as que mais se destacaram foram as pessoas jurídicas, sendo as instituições de ensino e pesquisa as que detiveram o maior número de depósitos de patente (Figura 3).

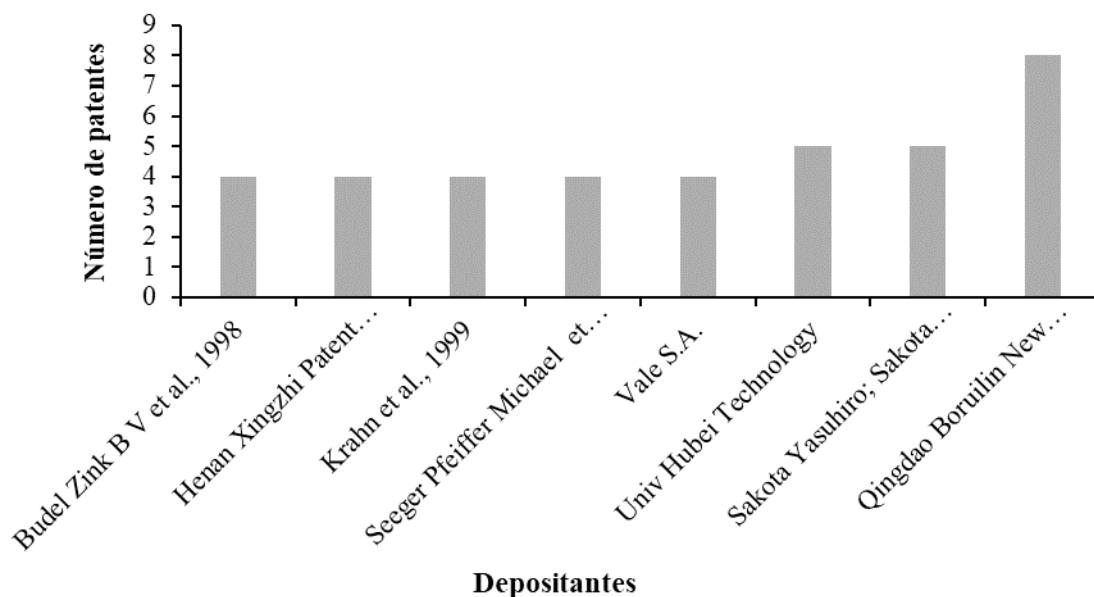
Figura 3 – Depósito de patentes por depositante



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2017)

Na Figura 4, demonstra-se que a empresa Qingdao Sinoplas Hi-New Material Co., Ltd. se destacou como a maior depositante de patentes. Trata-se de uma empresa integrada de pesquisa científica, produção e comercialização de todo tipo de cera polimerizada que se preocupa com o meio ambiente e o impacto ambiental derivado de descarte inapropriado de resíduos industriais, abrangendo o continente da China, o Japão e a Coreia do Sul, o Sudeste Asiático e a Ásia (WAX SINOPLAS, 2017). A Hubei University of Technology foi a maior depositante entre as instituições de ensino e pesquisa. Essa universidade chinesa é especialista em engenharias e tem apresentado grande contribuição científica na Ásia-Pacífico (HUBEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, 2017).

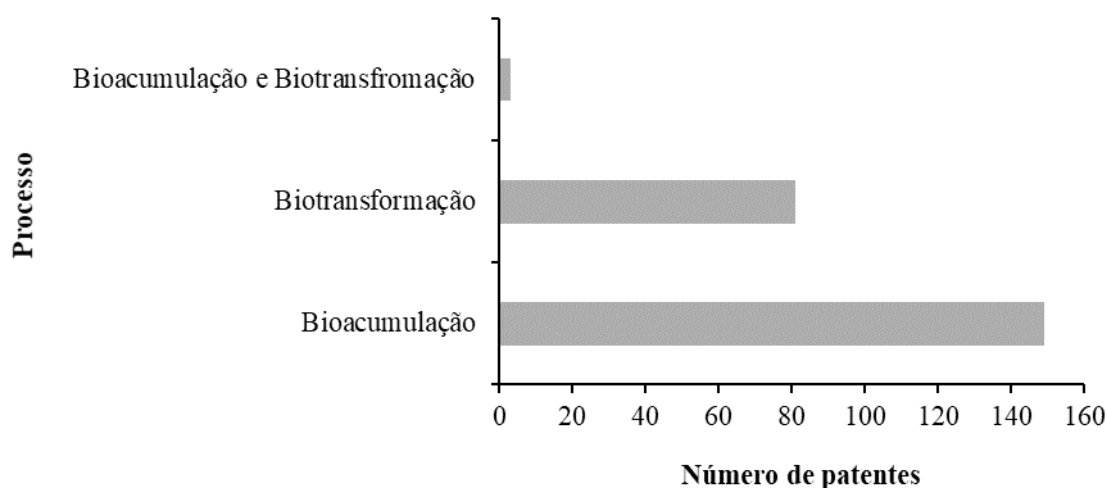
Figura 4 – Principais empresas/instituições depositantes de patente na área de biorremediação microbiana



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2017)

A biorremediação é um processo biotecnológico que explora a diversidade e a versatilidade metabólica de agentes biológicos, como micro-organismos e plantas (Fitorremediação) ou suas enzimas, para remover ou reduzir os impactos causados pelos contaminantes ambientais (WALTER *et al.*, 1997). O perfil metabólico que tem se mostrado mais promissor no processo de biorremediação é o microbiano (fúngico e bacteriano); isso porque os micro-organismos desempenham a tarefa de reciclar a maior parte das moléculas da biosfera, participando dos principais ciclos biogeoquímicos e representando, portanto, o suporte de manutenção da vida na Terra (GAYLARDE *et al.*, 2005). Os processos microbianos de remediação podem ser classificados em biodegradação, biotransformação e bioacumulação (MELO; AZEVEDO, 2008). Os íons de metais pesados não podem ser degradados ou modificados como os compostos orgânicos (NIES; SILVER, 1995), dessa forma, apenas os processos de biotransformação e bioacumulação estão envolvidos na remediação de metais pesados. Neste trabalho, o processo de bioacumulação foi o mais encontrado nos documentos de patente (Figura 5).

Figura 5 – Número de patentes por tipo de processo de remediação microbiana

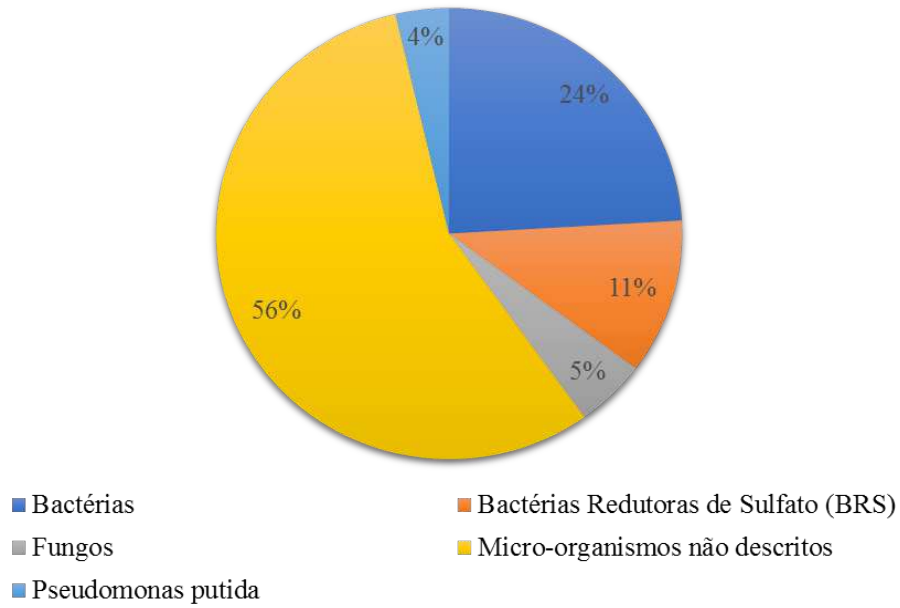


Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2017)

Ao analisar os micro-organismos (bactérias e fungos) que mais têm sido utilizados no desenvolvimento de produtos e processos tecnológicos, observa-se que a maioria das patentes não especifica a espécie de micro-organismo usada no título ou resumo (Figura 6). As bactérias redutoras de sulfato (BRSs) são micro-organismos anaeróbios amplamente distribuídos em ambientes anóxicos, capazes de reduzir sulfato a sulfeto (MUYZER; STAMS, 2008). A redução de sulfato pelas BRSs tem sido indicada para o tratamento de uma variedade de efluentes industriais contaminada com sulfato (ICGEN; HARRISON, 2006), sendo a drenagem ácida de minas a mais referenciada, por ser um dos mais graves impactos ambientais associados à atividade mineradora (LUPTAKOVA; KUSNIEROVA, 2005; MUYZER; STAMS, 2008). As BRSs também podem atuar imobilizando metais pesados (WALL; KRUMHOLZ, 2006).

Algumas espécies de *Pseudomonas* produzem substâncias tensoativas conhecidas como biossurfactantes (OCHOA-LOZA; ARTIOLA; MAIER, 2001; SANTOS *et al.*, 2012). Estes podem ser usados para promover a mobilização do metal, facilitando a solubilização, dispersão e dessorção dos contaminantes do solo e/ou da água, permitindo ainda a recuperação dos metais que migrarão para fase líquida (GHARAEI-FATHABAD, 2011).

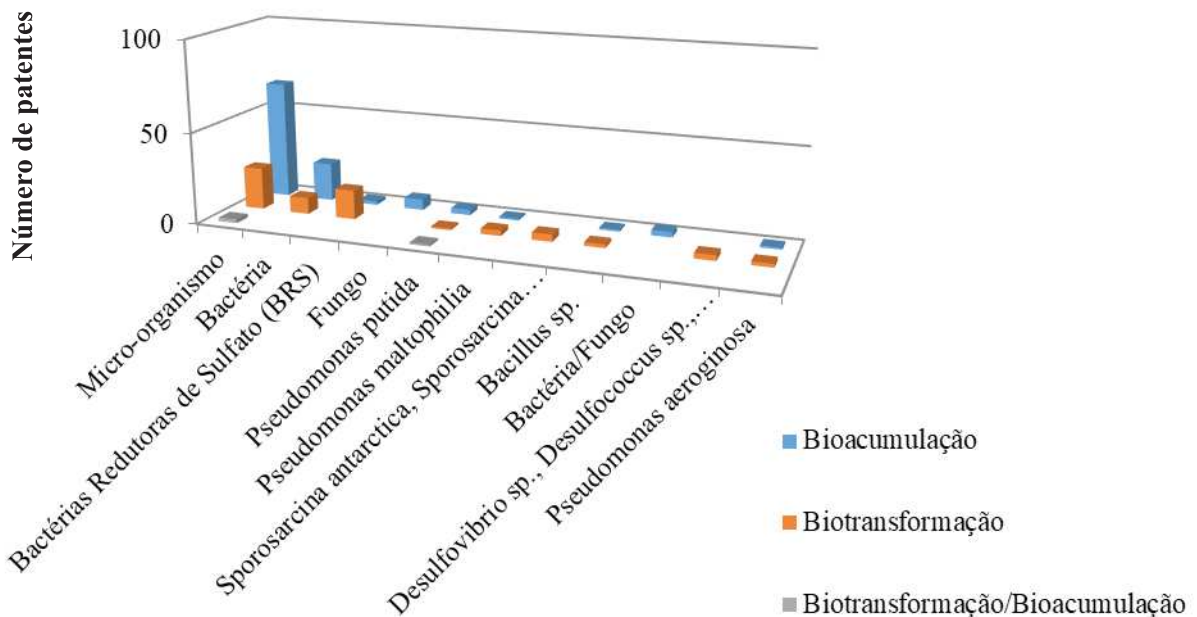
Figura 6 – Micro-organismos utilizados em produtos e processos aplicados no tratamento de áreas contaminadas por metais pesados



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2017)

A Figura 7 apresenta o número de patentes de biorremediação de produtos e processos de origem microbiana e as principais espécies, os gêneros, os grupos e os tipos de micro-organismos envolvidos. As BRSs são capazes de reduzir sulfato a sulfeto, que reage com metais disponíveis para formar precipitados insolúveis. Esse processo é chamado de biotransformação ou bioconversão (ICGEN; HARRISON, 2006). As bactérias também são capazes de adsorver e absorver metais, e este processo recebe o nome de bioacumulação (ANAND *et al.*, 2006; MELO; AZEVEDO, 2008).

Figura 7 – Número de patentes depositadas de processos e agentes microbianos usados na biorremediação



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2017)

4 Considerações Finais

O processo de biorremediação é uma alternativa promissora para o tratamento de ambientes contaminados por metais pesados, principalmente o de bioacumulação, que utiliza bactérias como agentes biorremediadores. Esta pesquisa indica que o processo de bioacumulação representa o cenário mais estratégico para o investimento em tecnologia de biorremediação microbiana, visto seu potencial para ser implementado em programas/ações de recuperação de áreas impactadas por metais pesados.

Referências

- ANAND, P. *et al.* Bioaccumulation of copper by *Trichoderma viride*. **Bioresource Technology**, New York, v. 97, n. 8, p. 1018–1025, 2006.
- BRASIL. Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). **Curso geral de propriedade intelectual à distância - DL 101P BR**. Brasília, DF: INPI/OMPI, 2017.
- BRASIL. Lei n. 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 14 maio 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9279.htm>. Acesso em: 3 maio 2018.
- BUENO, B. Y. M. *et al.* Biosorption of lead(II), chromium(III) and copper(II) by *R. opacus*: Equilibrium and Kinetic studies. **Minerals Engineering**, Cornwall, v. 21, n. 1, p. 65–75, 2008.
- CHEN, Z. *et al.* Life sciences and biotechnology in China. **Philosophical transactions of the Royal Society of London**, Londres, v. 362, n. 1.482, p. 947–957, 2007.
- EUROPEAN PATENT OFFICE. **Espacenet**: base de dados *on-line*. 2016. Disponível em: <<https://worldwide.espacenet.com/>>. Acesso em: 26 jul. 2016.
- FREITAS, C. M.; SILVA, M. A.; MENEZES, F. C. O desastre na barragem de mineração da Samarco: fratura exposta dos limites do Brasil na redução de riscos de desastres. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 25–30, 2016.
- GANSKE, C. C. **Análise do desempenho da estação de tratamento de efluente têxtil e a viabilidade de utilização do lodo na agricultura**. 2008. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade da Região de Joinville, Joinville, 2008.
- GAYLARDE, C. C.; BELLINASSO M. L.; MANFIO, G. P. Biorremediação: aspectos biológicos e técnicos da biorremediação de xenobióticos. **Biociência**, Tirol, n. 34, p. 36–43, 2005.
- GHARAEI-FATHABAD, E. Biosurfactants in pharmaceutical industry (A Mini-Review). **American Journal of Drug Discovery and Development**, New York, v.1, n. 1, p. 58–69, 2011.
- HUBEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. **Welcomo to Hubei University of Technology**. [2017]. Disponível em: <<http://www.at0086.com/HUBUT/>>. Acesso em: 23 dez. 2017.
- ICGEN, B.; HARRISON, S. Exposure to sulphide causes populations shifts in sulphate-reducing consortia. **Research in Microbiology**, [S.l.], v. 157, p. 784–791, 2006.

- INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). **Base de dados on-line**. [2016]. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br>>. Acesso em: 26 jul. 2016.
- JORNAL GGN. **China anuncia que enorme área de seu território está com solo contaminado**. 2014. Disponível em: <<http://jornalggg.com.br/noticia/china-anuncia-que-enorme-area-de-seu-territorio-esta-com-solo-contaminado>>. Acesso em: 18 set. 2017.
- LUPTAKOVA, A.; KUSNIEROVA, M. Bioremediation of acid mine drainage contaminated by SRB. **Hydrometallurgy**, [S.l.], v.77, p. 97-102, 2005.
- MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental**. São Paulo: Prodquímica, 1994. 95 p.
- MARQUES, J. J. G. S. M.; CURTI, N.; SCHULZE, D. G. Trace elements in cerrado soils. In: ALVAREZ V. *et al.* (Org.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. 2 v. p. 103–142.
- MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. **Microbiologia ambiental**. 2. ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008.
- MUYZER, G.; STAMS, A. J. M. The ecology and biotechnology of sulphate-reducing bacteria. **Nature Reviews Microbiology**, New York, v. 6, p. 441–454, 2008.
- NIES, D. H.; SILVER, S. Ion efflux systems involved in bacterial metal resistances. **Journal of Industrial Microbiology**, Basingstoke, v. 14, n. 2, p. 186–199, 1995.
- OCHOA-LOZA, F. J.; ARTIOLA, J. F.; MAIER, R. M. Stability constants for the complexation of various metals with a rhamnolipid biosurfactant. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 30, n. 2, p. 479–485, 2001.
- PEGORARO, P. R.; SILVÉRIO, A. C. A Inovação nas Empresas, como um dos fatores de crescimento. **Revista CAP accounting and management**, Toledo, v. 4, p. 113–117, 2010. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/CAP/article/view/1001/595>>. Acesso em: 25 nov. 2017.
- PINHEIRO, L. K. X. *et al.* Prospecção tecnológica de patentes sobre recuperação avançada de petróleo com ênfase MEOR/EOR. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 9, n. 1, p. 141–151, 2016.
- RAHMAN, K. S. M. *et al.* Towards efficient crude oil degradation by a mixed bacterial consortium. **Bioresource Technology**, New York, v. 85, n. 3, p. 257–261, 2002.
- SACHUCK, M. I., TAKAHASHI, L. Y.; AUGUSTO, C. A. Impactos da inovação tecnológica na competitividade e nas relações de trabalho. **Caderno de Administração**, Maringá, v. 16, n. 2, p. 57–66, 2008.
- SANTANA, M. C. C. B *et al.* Processo de remoção de metais pesados derivados de mandioca por meio da utilização de quitosana. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 6, n. 4, p. 543–552, 2013.
- SANTOS, S.C. *et al.* Biosurfactant production from *Pseudomonas* strains isolated in rhizospheric soils from semi-arid area of Bahia, Brazil. **Sitientibus série Ciências Biológicas**, Feira de Santana, v. 12, n. 1, p. 157–163, 2012.
- SIQUEIRA, J. O.; POUYU, E.; MOREIRA, F. M. S. Micorrizas arbusculares no crescimento pós-transplante de mudas de árvores em solo com excesso de metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 5, p. 569–580, 1999.

SOARES, P. S. M.; TRINDADE, R. B. E. Sistemas passivos abióticos para o tratamento de Drenagens Ácidas de Mina (DAM). In: SEMINÁRIO BRASIL-CANADÁ DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE ÁREAS MINERADAS, 2003, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: CETEM/CANMET, 2003 Disponível em: <file:///D:/Usu%C3%A1rios/Cliente/Downloads/brazil-canada-seminar-on-mine-rehabilitation%20(1).pdf>. Acesso em: 23 dez. 2017.

WALL, J. D.; KRUMHOLZ, L. R. Uranium reduction. **Annual Review of Microbiology**, Palo Alto, v. 60, p. 149–166, 2006.

WALTER, M. V. *et al.* Surfactant enhances biodegradation of hydrocarbons: microcosm and field study. **Journal of Soil Contamination**, Philadelphia, v. 6, p. 61–77, 1997.

WAX SINOPLAS. **Qingdao Sinoplas Hi New Material Co., Ltd.** [2017]. Disponível em: <http://www.chemright.com>. Acesso em: 23 dez. 2017.

ZUCOLOTO, F. G. Propriedade Intelectual e aspectos regulatórios em biotecnologia: China. In: _____; FREITAS, R. E. (Org.). **Propriedade Intelectual e aspectos regulatórios em biotecnologia**, [S.l.]: Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2013. Disponível em: <http://protec.org.br/uploads/paginas/file/Propriedade%20Intelectual%20e%20aspectos%20regulat%C3%B3rios%20em%20biotecnologia.pdf>. Acessado em: 17 set. 2017.

Sobre os Autores

Sidnei Cerqueira dos Santos

E-mail: sidnei.cerqueira@unifesspa.edu.br

Formação: Doutor em Biotecnologia, pela Universidade Estadual do Ceará, Rede Nordeste de Biotecnologia.
Endereço profissional: Avenida dos Ipês, s/n., Cidade Jardim – Marabá, PA. CEP: 68500-000.

Danielly Cristina Marques de Castro

E-mail: dcmcastro@unifesspa.edu.br

Formação: Graduanda em Ciências Biológicas, pela Faculdade de Biologia, Instituto de Estudos em Saúde e Biológicas, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará.
Endereço profissional: Avenida dos Ipês, s/n., Cidade Jardim – Marabá, PA. CEP: 68500-000.

Palloma Sales de Assunção

E-mail: pallomasales@unifesspa.edu.br

Formação: Graduanda em Ciências Biológicas, pela Faculdade de Biologia, Instituto de Estudos em Saúde e Biológicas, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará.
Endereço profissional: Avenida dos Ipês, s/n., Cidade Jardim – Marabá, PA. CEP: 68500-000.

Thais Lopes dos Santos

E-mail: thaislopes@unifesspa.edu.br

Formação: Graduanda em Ciências Biológicas, pela Faculdade de Biologia, Instituto de Estudos em Saúde e Biológicas, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará.
Endereço profissional: Avenida dos Ipês, s/n., Cidade Jardim – Marabá, PA. CEP: 68500-000.

Cristina M. Quintella

E-mail: cris5000tina@gmail.com

Formação: Doutora interdisciplinar em Ciências Moleculares, pela University of Sussex, UK; mestra em Físico-Química, pelo Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); e bacharela em Física, pela UFRJ.

Endereço profissional: Universidade Federal da Bahia, Departamento de Química Geral e Inorgânica, Instituto de Química, Laboratório de Cinética e Dinâmica Molecular. Campus Universitário de Ondina, Ondina – Salvador, BA. CEP: 40170-290.