

Uso de processos biotecnológicos no tratamento de resíduos domésticos

Use of biotechnological process at the household waste treatment

DOI:10.34117/bjdv8n4-087

Recebimento dos originais: 21/02/2022

Aceitação para publicação: 31/03/2022

Lara da Costa Contarini

Pós-graduada em Auditoria e Perícia Ambiental

Instituição: Faculdade Venda Nova do Imigrante

Endereço: Rua José do livramento, n. 26, dr. Luiz Tinoco da Fonseca, Cachoeiro de Itapemirim - ES

E-mail: lara_contarine@hotmail.com

Larissa Altoé Milanezi

Pós- graduação em Auditoria e Perícia Ambiental

Instituição: Faculdade Venda Nova do Imigrante

Endereço: Santana, zona rural, distrito de Jaciguá, Vargem Alta -ES, CEP: 29297-000

E-mail: larissa.milaneze@hotmail.com

Pablo Pin Machado

Graduação em Engenharia Ambiental

Instituição: Centro Universitário São Camilo-ES

Endereço: Rua Josefina Dona de Agostine, 19, Caiçara, Cachoeiro de Itapemirim - ES

E-mail: pablopim_@hotmail.com

Raphael Cardoso Rodrigues

Professor orientador: Doutor

Instituição: Centro Universitário São Camilo-ES

E-mail: raphaelrodrigues@saocamilo-es.br

Lucas Sartório Rocha

Graduação em Engenharia Ambiental

Endereço: Rua Major Vieira n36, Centro, Iconha – ES, CEP: 29280-000

E-mail: lucassartoriorocha@gmail.com

João Luiz Lopes Ferreira Junior

Graduação em Engenharia Ambiental

Endereço: Rua Alberico Guilherme Rosa n°12, Paraíso, Cachoeiro de Itapemirim - ES
CEP: 29304-090

E-mail: joao_ferreirajr@hotmail.com

Marlon Alves Peçanha da Silva

Pós- graduação em Geoprocessamento

Instituição: Pontfícia Universidade Católica de Minas Gerais

Endereço: Rua Rosalina Maria Alves, n° 213, Itaoca, Itapemirim – ES, CEP: 29330-000

E-mail: marlononi@hotmail.com

RESUMO

A biorremediação é uma técnica no qual se utilizam organismos vivos na decomposição da matéria orgânica, sendo um mecanismo sustentável e uma ótima ferramenta no tratamento de efluentes. Dentre os microrganismos utilizados no processo, destacam-se bactérias, fungos, arqueias, algas, protozoários, microfauna, vírus, parasitas intracelulares obrigatórios. Para o desenvolvimento deste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica qualitativa de artigos entre o período de maio a agosto de 2016, que continham como tema principal biorremediação e tratamento de esgoto doméstico. Verificou-se a aplicação de diferentes espécies de bactérias, dentre elas: *Bacillus licheniformis*; *Bacillus subtilis*; *Bacillus amyloliquefaciens*; *Bacillus mycoides* aplicada no tratamento de efluentes domésticos, comerciais e outros com as mesmas características orgânicas. A aplicação deste procedimento passa por diversas etapas, sendo elas: o estudo do ambiente; o tipo de contaminante; os riscos e da legislação vigente. Esta ferramenta biotecnológica tem sido um instrumento valioso na mitigação de impactos ambientais causados por esses resíduos.

Palavras-chave: biorremediação, efluentes domésticos e biotecnologia ambiental.

ABSTRACT

Bioremediation process is a technique in which use organisms in the decomposition of organic compost, and a sustainable mechanism and a great tool in the treatment of effluents. Among the microorganisms used in the process, include bacteria, fungi, archaea, algae, protozoa, microfauna, viruses, obligate intracellular parasites. To develop this work, a qualitative literature review of articles was conducted between the period May-August 2016, which contained the main topic bioremediation and domestic sewage treatment. It is the application of different bacteria species, among, them: *Bacillus licheniformis*; *Bacillus subtilis*; *Bacillus amyloliquefaciens*; *Bacillus mycoides* applied in the treatment of domestic, commercial and other features of the same organic effluents. The application of this procedure goes through several steps, as follows: the study of the environment; type of pollutant; the risks and the applicable law. This biotechnological tool has been a valuable instrument in mitigating environmental impacts of such waste.

Keywords: bioremediation, household waste and environmental biotechnology.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade da vida na terra está relacionada diretamente com o meio ambiente. E com passar dos anos este vem sofrendo transformações negativas, devido ao grande processo de industrialização que tem como maior consequência a geração de poluentes. Muitas das vezes, estes poluentes, causam impactos ambientais consideráveis, devido principalmente a sua dificuldade no processo de tratamento (FREIRE et al., 2000). Observa-se que a geração de poluentes sem a solução ambiental vai contra o conceito de desenvolvimento sustentável, onde segundo o Relatório de Brundtland, da ONU, tange um modelo de desenvolvimento global que

incorpora os aspectos de desenvolvimento ambiental, que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades (BRANDÃO, 2012). Uma das possíveis técnicas para diminuir tal impacto é a biorremediação (GAYLARDE et al, 2005), que visa um processo no qual se utiliza organismos vivos, entre plantas e microrganismos, que são aplicados tecnologicamente para remover ou reduzir poluentes no ambiente. A composição do esgoto é bastante variável, apresentando maior teor de impurezas durante o dia e menor durante a noite. A matéria orgânica, especialmente as fezes humanas, confere ao esgoto sanitário suas principais características, mutáveis com o decorrer do tempo, pois sofre diversas alterações até sua completa mineralização ou estabilização (BORSOI et al., 2002).

Um dos resíduos mais significativos no processo de poluição ambiental é o esgoto doméstico, devido principalmente a sua possibilidade de carrear doenças e também comprometer a qualidade da água de distribuição (LEMES et al., 2008). De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2008), as políticas públicas de saneamento básico, sobretudo as voltadas à implantação e ampliação de redes coletoras de esgotos, não conseguiram, na última década, acompanhar o crescimento demográfico da população brasileira nas áreas urbanas.

A falta de sistemas de tratamento de esgoto atinge quase metade (44,8%) dos municípios brasileiros (ABES-MG, 2016). O resíduo doméstico é um problema social constante, o despejo irregular ocasiona efeitos prejudiciais ao meio ambiente e a saúde pública. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi elaborar uma revisão bibliográfica a respeito do processo biotecnológico de biorremediação. A partir dos dados coletados, espera-se considerar uma solução natural plausível e menos nociva ao meio ambiente. Buscar-se-á entender a respeito da metodologia, bem como os organismos envolvidos no processo e assim considerar uma solução ambiental no tratamento de efluentes domésticos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi baseado em uma revisão bibliográfica baseada em um levantamento qualitativo de dados na literatura referente ao tema biorremediação e tratamento de esgoto doméstico. A pesquisa foi realizada por meio de uma retrospectiva utilizando-se como base de dados os índices de literatura disponíveis além da consulta on line na internet, dando preferência às fontes bibliográficas primárias, onde as

informações foram vinculadas originalmente pelos autores. Consultas adicionais também foram realizadas em instituições de pesquisas e bibliografias no sentido de contemplar outros dados e garantir o maior acervo de informações possíveis. No momento de seleção dos artigos foram lidos e preferidos os títulos que tinham relação com o objetivo do estudo para, em seguida, selecionados aqueles que estavam de acordo com a temática em estudo. A realização dos levantamentos bibliográficos ocorreu no período de maio a agosto de 2016, utilizando-se como palavras-chave: biorremediação, efluentes domésticos e biotecnologia ambiental.

3 DESENVOLVIMENTO

Com base na publicação da Lei n.º11.445/2007, a Lei de Saneamento Básico, todos os municípios tem obrigação de elaborar seu Plano Municipal de Saneamento Básico, um instrumento estratégico de planejamento e gestão participativa com objetivo de atender ao que determina do saneamento básico: abastecimento de água; esgotamento sanitário; manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais.

Exigido pelo governo federal, os planos municipais de saneamento tinham um prazo final de conclusão o ano de 2015. Mas, boa parte dos municípios ainda não o fez, o prazo foi estendido para 2017. De fato, a realidade do Espírito Santo possui uma situação alarmante, no estado, 37 (trinta e sete) cidades não executam o tratamento de esgoto. Os dados são do Sistema nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS, 2013).

Tudo o que é produzido nas residências e comércios é jogado diretamente nos rios e córregos (BOURGUIGNON, 2015). Segundo o SNIS (2013), o Espírito Santo é o que tem o menor índice de coleta de esgoto na Região Sudeste, apenas 41,93%. A partir desta situação, observa-se algumas ferramentas biotecnológicas para colaborar na redução das matérias orgânicas, dando uma aplicação sustentável e acessível.

Numerosas substâncias, hoje presentes no ambiente, têm sido geradas pelo homem através da síntese química. Embora muitas possam ser degradadas em poucos meses por algum organismo, outras persistem na natureza por um longo tempo. Consideradas recalcitrantes, estas moléculas alheias ao mundo dos seres vivos (xenobióticas) não são biodegradadas ou, quando o são, o processo é muito lento. Segundo Melo et al. (2008), a biorremediação é um conjunto de processos de tratamento que utiliza organismos vivos, tais como bactérias, fungos e vegetais, para biodegradar, reduzir ou eliminar o risco destes compostos orgânicos considerados perigosos ao meio

ambiente e à saúde humana.

Cada processo de biorremediação é particular e quase sempre necessita de adequação e otimização específica para a aplicação em diferentes locais afetados, requerendo sempre uma análise integrada de parâmetros físicos, químicos e biológicos. (SANTOS, et al., 2007). A técnica de remediação pode acontecer de

duas formas: *in situ* e *ex situ*. A técnica *in situ* são aquelas em que não há necessidade de remoção do material, sendo a biorremediação realizada no próprio local contaminado. Isso evita custos e distúrbios ambientais associados ao movimento do material contaminado para o local de tratamento (JACQUES et al., 2005; MARIANO, 2006). Já na tecnologia *ex situ* o material contaminado é retirado do local de origem e encaminhado para outro adequado, esta técnica é necessária para evitar o alastramento do contaminante e é muito utilizada em contaminações decursos de água e lençóis freáticos (SANTOS et al., 2007). Além disso, Para que a biorremediação seja eficiente é necessário que o poluente seja transformado metabolicamente por algum microrganismo, os produtos finais sejam seguros e as condições ambientais favoreçam a atividade microbiana.

A tecnologia de biorremediação não é nova, vem sendo praticada nos EUA desde os anos 60. No Brasil, esta tecnologia teve maior incremento nos anos 90, com a chegada ao país de empresas que comercializam aditivos bioquímicos para esta finalidade (LAZZARETTI, 1999). A partir daí vários estudos têm sido conduzidosna tentativa de decompor os diversos tipos de poluentes, por apresentar menor custo e maior eficiência na remoção dos contaminantes (BAMFORTH; SINGLETON, 2005).

Sendo assim, a biorremediação é uma técnica na qual ocorre a transformaçãoou destruição de contaminantes orgânicos por decomposição, pela ação de microrganismos naturais no solo ou na água (PUC-Goiás, 2012). Dentre os organismos utilizados, destacam-se os pertencentes ao reino monera. Trata-se de um reino mais primitivo, sendo as bactérias as suas representantes (CAXIAS, 2016).Existem diferentes espécies, dentro do grupo das bactérias, que podem ser aplicadas. No entanto, a sua eficiência é de acordo com o material a ser remediado. Existem diferentes poluentes e muitos deles acabam sendo considerados tóxicos para o desenvolvimento ate mesmo das bactérias que serão utilizadas no processo.

O IBAMA (2015) detém em seu website uma relação com as principais espécies de bactérias utilizadas no processo de biorremediação de efluentes domésticos e demais substancias orgânica com as mesmas características. Os dados foram catalogados na

Tabela 1 e mostram que muitas das bactérias utilizadas estão presentes de forma natural no solo, o que facilitaria a sua utilização no processo, por não representar perigo para os organismos que vivem naquele ecossistema.

Tabela 1: Espécies de bactérias utilizadas no processo de biorremediação e sua indicação de uso

Bactéria	Indicação de uso
<i>Bacillus licheniformis</i> ; <i>Bacillus cereus</i> ;	Tratamento de efluentes domésticos e comerciais; Fossas sépticas; Poços negros; Sumidouros; Caixas de passagem; Desobstrução de dutos e tubulações esgoto sanitário e limpeza de equipamentos; Lagoas de estabilização; redução de lodo; Redução de DQO e DBO.
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> ;	Tratamento de efluentes contendo resíduos orgânicos de origem animal e vegetal; Efluentes industriais e ETEs; Esgoto sanitário, tubulações e equipamentos utilizados na estação de tratamento; Desobstrução de duto.
<i>Lactobacillus casei</i> var. <i>Ramnosus</i> ; <i>Lactobacillus acidophilus</i> ;	Na compostagem de resíduos orgânicos; fossa séptica; caixas de gordura e esgoto sanitário; Eliminação de maus odores; descontaminação por poluente de natureza orgânica.
<i>Bacillus subtilis</i> ;	Remediador para estações de tratamento de efluentes (ETE) industriais e domésticas; compostagem aeróbia; Estabilização e tratamento de esgoto e em córregos; Degrada matéria orgânica; Redução de DQO, da DBO; Redução de lodo e odores fétidos; Desobstrução de tubulações;
<i>Bacillus polymyxa</i> ; <i>Bacillus megaterium</i> ; <i>Bacillus macerans</i>	Para efluentes compostos por resíduo animal e vegetal; Paradegrada materiais orgânicos (gordura, óleos, amidos e proteínas).
<i>Geobacillus</i> ; <i>Thermoglucosidasius</i> ; <i>Bacillus mycoides</i> ;	Para efluentes industriais; estações de tratamento de esgoto sanitário, saturados; redução de odores fétidos; biodegradação de proteínas, lipídeos, celulose e amido.
<i>Ancyclobacter aquaticus</i> ; <i>Deinococcus radiodurans</i> ; <i>Cellulophaga báltica</i> ;	Para estações e lagoas de tratamento de efluentes líquidos; Degrada resíduo orgânico; Elimina odor e lodo em fossas e caixas de gordura;

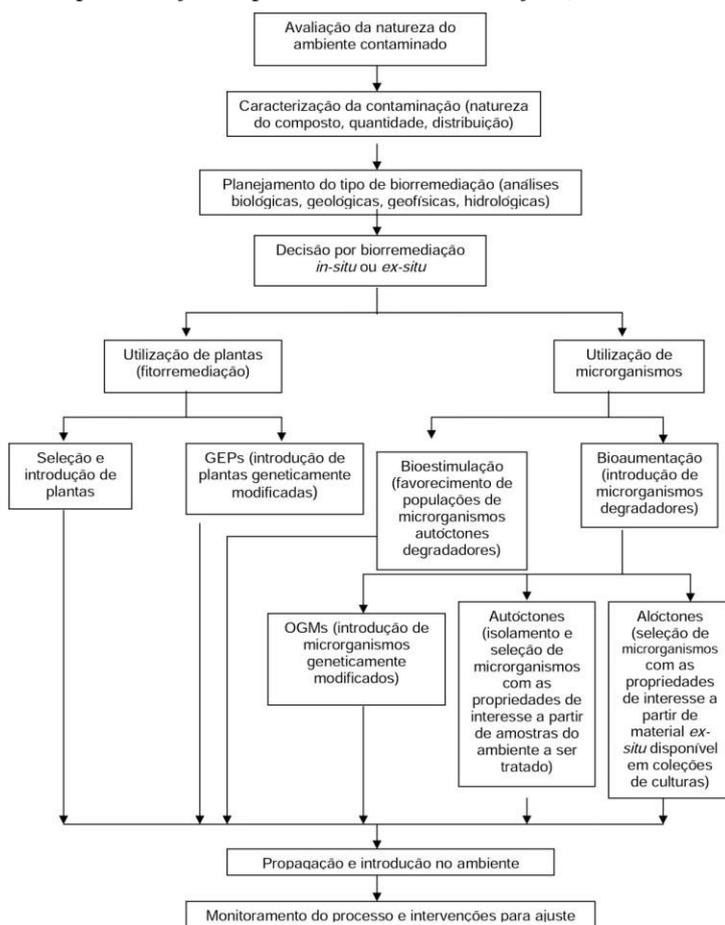
Fonte: Adaptado IBAMA, 2015

O manuseio das bactérias precisa ser analisado de forma prudente, várias condições podem afetar uma população bacteriana: como os fatores ambientais (temperatura, umidade, aeração, pH); Presença de microrganismos antagonistas, parasíticos e predadores; Acúmulo de pesticidas e metais pesados; Características dos próprios microrganismos, tais como, tempo de degeneração, capacidade mutagênica, indução/repressão enzimática, morfologia das células, capacidade de esporulação, entre

outros fatores (MARTINS, 2005).

O processo de biorremediação é estratégico, onde é necessário coletar amostra do resíduo e encaminhar para análise; dimensionar a área para aplicação do biorremediador (expressada por fórmulas matemática), a fim de estipular a quantidade de composto/produto a serem empregados no local. As etapas de implementação de um processo de biorremediação compreendem o estudo do ambiente, do tipo de contaminante, dos riscos e da legislação pertinente (Figura 1). As avaliações biológicas ocorrem, em primeira estância, em laboratório, e têm como objetivo a otimização da biodegradação do composto. Elas compreendem os testes de bioestimulação, pela adição de nutrientes e/ou surfactantes, e os testes de bioaumentação, pela adição de culturas de microrganismos biodegradadores. Com base nos dados obtidos é, então, escolhida a técnica de biorremediação mais adequada para a situação e testes de campo são realizados, para verificar a eficiência do processo (MANFIO et al., 2005).

Figura 1: Etapas de implementação do processo de Biorremediação (MANFIO et al., 2005).



A Tabela 2 ilustra um pouco das vantagens e desvantagens do processo, sendo

necessário uma análise acurada do ambiente a ser remediado e dos poluentes que serão degradados

Tabela 2: Vantagens e Desvantagens do processo de biorremediação

Vantagens	Desvantagens
Degrada substâncias perigosas ao invés de apenas transferir o contaminante de um meio para outro;	Não é uma solução imediata;
Baixo custo	Necessidade de maior entendimento de seu funcionamento;
Possível tratamento <i>in situ</i> ;	Método pouco evoluído no Brasil;
Produtos utilizados não apresentam risco ao meio ambiente e não são tóxicos;	Acompanhamento durante o processo;
Tratamento de resíduos considerados de difícil degradação;	Muitas moléculas não são biodegradáveis;
Uso em áreas de proteção ambiental, indústria de alimentos, entre outras;	Substância tóxica ao microorganismo inviabiliza o tratamento;

Fonte: UNESP, 2010.

A eficiência do procedimento é mais demorada comparada aos métodos tradicionais, visando que na maioria das vezes, os produtos existentes possuem ingredientes físico-químicos ativos, enquanto a biotecnologia surge de forma natural. As bactérias deverão ser diluídas ao meio, podendo ser utilizado de várias formas (BOOPATHY, 2000). Seus benefícios, desde que utilizados de forma correta, recuperam ecossistemas contaminados, auxiliam no tratamento de resíduos e efluentes, bem como, na desobstrução e limpeza de dutos e equipamentos. Já, se utilizado de forma inadequada ou não sendo observadas suas peculiaridades pode desequilibrar o ecossistema e danificar o meio ambiente. Assim, com base na literatura, recomenda-se a utilização de bloco de bactérias: *Bacillus licheniformis*; *Bacillus subtilis*; *Bacillus amyloliquefaciens*; *Bacillus mycoides*; que tem como propósito, realizar a degradação de grande parte da matéria orgânica, contidas no esgoto. Contribuindo, dessa forma, com a melhoria das cidades que não fazem a coleta/tratamento de esgoto.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os dados levantados, é possível entender a importância do uso das bactérias como ferramenta biotecnológica para o tratamento dos mais diversos tipos de resíduos, visando uma série de benefícios para o meio ambiente. Assim, verificou-se que o estudo da biorremediação tem aumentado nos últimos anos, e, com uma abordagem interdisciplinar, envolvendo microbiologia, biologia molecular, engenharia, ecologia, geologia e química, tem fornecido informações úteis para a melhoria das estratégias, além de permitir avaliar o impacto da técnica utilizada sobre os ecossistemas.

REFERÊNCIAS

ABES-MG (2016). **Quase metade das cidades do país não tem rede de esgoto.** Disponível em: <www.abes-mg.org.br/visualizacao-de-clippings/ler/2555/quase-metade-das-cidades-do-pais-nao-tem-rede-de-esgoto>. Acesso em: 08 de agosto de 2016.

BAMFORTH, S.; SINGLETON, I. **Biorremediação de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos:** conhecimento atual e direções futuras. *Jornal de Tecnologia Química e Biotecnologia*, Sussex, V.80, n.7, p.723-736, 2005.

BOOPATHY, R.. Factors limiting bioremediation technologies. **Bioresource Technology**, 74: 63-67, 2000.

BORSOI, Zilda et.al. **Tratamento de esgoto: tecnologias acessíveis.** 2002.

BOURGUIGNON, Natália. **Espírito Santo tem 37 cidades sem esgoto tratado.** Disponível em: <g1.globo.com/espírito-santo/noticia/2015/04/no-es-37-municipios-nao-tem-esgoto-tratado.html>. Acesso em: 23 de agosto de 2016.

BRANDÃO, Vladimir In AZEVEDO, João Humberto. **Sustentabilidade – Crescimento econômico com responsabilidade social.** RBA, Março/Abril2012. Pg.36.FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS.

CAXIAS, Marina. **Introdução à microbiologia:** reino monera (ênfase nas bactérias). Disponível em:<institutobiomedico.com/introducao-a-microbiologia-reino-monera-ênfase-nas-bacterias/>. Acesso em 17 de agosto de 2016.

FREIRE,R. S. et al. **Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas.** *Química Nova*, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 504-511, 2000.

GAYLARDE, Christine Claire, Maria de Lourdes Ballinaso, Gilson Paulo Manfio. Aspectos biológicos e técnicos da biorremediação de xenobióticos. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, n. 34, p. 36, 2005.

IBAMA “Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis”. **Bioremediadores Registrados.** Disponível em: <www.ibama.gov.br/phocadownload/Qualidade_Ambiental/remediadores_produtos_registrados_outubro_2015.pdf>. Acesso em: 13 de agosto de 2016.

JACQUES, R. J.; BENTO, F. M.; ANTONIOLLI, Z. I.; CAMARGO, F. A. O. **Biorremediação**

de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. *Ciência Rural*. 2007, vol.37, n.4, p. 1192-1201.

LAZZARETTI, E. **Utilização de microrganismos em estações de tratamento de efluentes – bioaumento:** uma opção para plantas de lodo ativado. *Revista Meio Ambiente Industrial*, 18 (17): 81-83, 1999.

LEMES, JLVB et al. **Tratamento de esgoto por meio de zona de raízes em**

comunidade rural. Revista Acadêmica Ciências Agrárias Ambientais, Curitiba, v. 6,n. 2, p. 165-179, 2008.

MANFIO, G.P., GAYLARDE, C.C., BELLINASSO, M.D.L., **Biorremediação, Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 34, p. 36-43.

MARIANO, A. P. **Avaliação do potencial de biorremediação de solos e de águas subterrâneas contaminados com óleo diesel.** 147 f. 2006. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

MARTINS, M. Antonio. **Microbiologia do Solo.** Disponível em: <www.uenf.br/Uenf/Downloads/LSOL_345_1113400965.pdf>. Acesso em: 22 de agosto de 2016.

MELO, I. S.; et al. **Microbiologia Ambiental.** 2. ed. rev. e ampl. – Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2008. 647 p.

PUC-Goiás. **BIORREMEDIAÇÃO EM ÁREAS CONTAMINADAS.** Disponível em

<[www.cpgls.pucgoias.edu.br/7mostra/Artigos/SAUDE%20E%20BIOLOGICAS/BIORREMEDIA](http://www.cpgls.pucgoias.edu.br/7mostra/Artigos/SAUDE%20E%20BIOLOGICAS/BIORREMEDIA%C3%87%C3%83O%20EM%20%C3%81REAS%20CONTAMINADAS.pdf)

[A%C3%87%C3%83O%20EM%20%C3%81REAS%20CONTAMINADAS.pdf](http://www.cpgls.pucgoias.edu.br/7mostra/Artigos/SAUDE%20E%20BIOLOGICAS/BIORREMEDIA%C3%87%C3%83O%20EM%20%C3%81REAS%20CONTAMINADAS.pdf)>.

Acesso em:

21 de agosto de 2016.

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

SNIS (Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento). **Informações e indicadores desagregados.** Disponível em: <app.cidades.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 21 de agosto de 2016.

TORTORA, G. J; FUNKE, B. R; CASE, Christine L. **Microbiologia.** 8^a.ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2005, Cap.1, p.17; Cap.2, p.34; Cap.5, p. 116 e 117; Cap. 27, p.772.

UNESP. **Biorremediação.** Disponível em <www.sorocaba.unesp.br/professor/amartins/aulas/pea/biorremed.pdf>. Acesso em: 20 de agosto de 2016.