



ISSN: 1984-3151

PROTOCOLO PARA BIORREMEDIAÇÃO DE ÁGUAS CONTAMINADAS POR PETRÓLEO E DERIVADOS

BIOREMEDIATION OF WATER CONTAMINATED FOR OIL AND DERIVATIVE

Ana Mara Araújo¹; Cinthia Gonçalves¹; Eduarda Moreira Nascimento¹; Juarez Moreira Júnior¹; Julyane Carolina Silva¹; Magno André de Oliveira¹; Patrícia Brisa¹; Pedro Henrique Pires¹; Elayne Cristina Machado²

1 Graduandos em Engenharia Ambiental do UniBH
Belo Horizonte, MG.
eduarda.mashiach@hotmail.com.

2 Mestre em Ciências dos Alimentos. Graduada em
Ciências Biológicas. Belo Horizonte, MG.
elayne.machado@prof.unibh.br.

Recebido em: 05/09/2013 - Aprovado em: 20/04/2014 - Disponibilizado em: 31/05/2014

RESUMO: A poluição das águas procede da adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, modificam suas características físicas e químicas, prejudicando a sua utilização. Há diversas maneiras de tratar ou eliminar os contaminantes dos corpos d'água, mas, atualmente, técnicas de biorremediação, utilizando microrganismos e/ou plantas, vêm sendo bastante requisitadas devido a sua viabilidade econômica e ambiental. Assim o presente trabalho teve como finalidade elaborar um protocolo de estratégias de possíveis técnicas de biorremediação para áreas aquáticas contaminadas, especialmente, por contaminantes de petróleo e derivados.

PALAVRAS-CHAVE: Protocolo. Biorremediação. Corpos d'água.

ABSTRACT: Water pollution comes from the addition of substances or forms of energy, directly or indirectly, modify their physical and chemical characteristics, hampering their use. There are several ways to treat or remove contaminants from water bodies, but currently the bioremediation using microorganisms and / or plants, have been widely requested due to its economic and environmental viability. This protocol aims to present forms of bioremediation of contaminated aquatic areas, especially for oil and oil contaminants.

KEYWORDS: Protocol. Bioremediation. Water bodies.

1 INTRODUÇÃO

A forte industrialização e o desenvolvimento econômico no Brasil têm aumentado a demanda de recursos, de produção e de tecnologia, fazendo com que o meio ambiente seja muito impactado. Em contrapartida, a preocupação com o meio ambiente tem aumentado significativamente, o que gera diversos

estudos de controle de impactos ambientais, recuperação de áreas degradadas e contaminadas.

A poluição das águas procede da adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, modificam suas características físicas e químicas, prejudicando a sua utilização.

Há disponível uma grande variedade de instrumentos de controle e gerenciamento da poluição da água.

Assim que a poluição hídrica começou a ser percebida e sentida pela população humana, tais instrumentos, tanto técnicos como legais, foram desenvolvidos e evoluíram ao longo dos anos. Dentre eles encontra-se a biorremediação.

A técnica de biorremediação vem sendo avaliada como a melhor alternativa para solucionar impactos ambientais no meio aquático, pois se trata de uma técnica natural, realizada por plantas ou microrganismos que são lançados em corpos d'água produzindo uma série de efeitos, como o consumo de O₂ e eutrofização dos mananciais, além de minimização ou retirada de gosto e odor nas fontes de abastecimento de água. É um processo de baixo custo, possui grande versatilidade, podendo ser utilizado para remediação do meio da água, ar ou solo, com variantes que dependem dos objetivos a serem atingidos.

Tendo em vista que 170.000 das 250.000 espécies vegetais descritas ocorrem nos trópicos e subtropicais, de acordo com Wilson (1992), a aplicação desta tecnologia em países de clima tropical é muito favorecida devido à biodiversidade vegetal e de microrganismos nestes locais. Vários fatores podem afetar o desempenho da fitorremediação, incluindo propriedades do solo, as características físico-químicas do contaminante e a espécie vegetal.

Essa nova técnica tem sido utilizada em diversos países desenvolvidos, devido às suas vantagens sobre os demais meios de descontaminação. Isto ocorre devido à versatilidade da técnica, a qual pode ser realizada *in situ* sem causar danos devido ao uso de materiais orgânicos, tais como microrganismos e plantas, no lugar de produtos tóxicos. Utilizando-a, ocorre um melhoramento da vida no meio ambiente, população local e adjuvante; ela ainda tem a capacidade de degradar diversas substâncias perigosas, como as provenientes do petróleo; além de colaborar com a conservação das águas para as

futuras gerações, sendo, portanto, uma remediação viável ambiental, social e economicamente para tratamento de águas.

O presente estudo é um protocolo inovador, tanto pelo interesse das agências reguladoras ambientais como pela maior aceitação, por parte da opinião pública, tendo como objetivo principal remediar áreas contaminadas com resíduos de petróleo até níveis aceitáveis de contaminação, segundo a legislação vigente, os quais são, normalmente, descartados na natureza sem um fim adequado, prejudicando o meio ambiente e os seres que o habitam.

Os objetivos específicos são:

- Definir técnicas de amostragem;
- Definir tipos de análises físico-química do corpo d'água e análise microbiana dos componentes existentes;
- Elaborar modelos de tanques para avaliação da melhor técnica de biorremediação a ser utilizada;
- Fazer um levantamento bibliográfico dos principais contaminantes dos corpos d'água e dos processos de biorremediação disponíveis.

2 CARACTERIZAÇÃO DOS CORPOS D'ÁGUA

Segundo Tucci (2001), a água tem uma grande importância para a manutenção da vida de todas as espécies do planeta. Esse recurso natural cobre cerca de 70% da superfície terrestre, entretanto cerca de 3% deste volume é de água doce, que é o foco de biorremediação neste protocolo.

2.1 LAGOS

São massas de águas confinadas, tranquilas e profundas. Os lagos possuem em geral origem natural e estão situados em depressões de rochas

impermeáveis, produzidas por causas diversas e sem conexão com o mar. Essas águas podem ser provenientes da chuva, de uma nascente local, de cursos de água, como rios e geleiras, que deságuem nessa depressão (TUCCI, 2001).

2.2 LAGOAS

Depressões de formas variadas, normalmente circulares, de profundidade pequena. As lagoas podem ser definidas como massas de água superficial de pequena extensão e profundidade, cercadas por terra (TUCCI, 2001).

2.3 AQUÍFERO

Aquífero é toda formação geológica em que a água pode ser armazenada e que possua permeabilidade suficiente para permitir que esta se movimente. A rocha ou sedimento deve ter porosidade suficiente para armazenar água, e os poros ou espaços vazios devem ter dimensões suficientes para permitir que a água possa passar de um lugar a outro, sob a ação de um diferencial de pressão hidrostática (TUCCI, 2001).

3 QUALIDADES DA ÁGUA

A qualidade da água é mensurada por alguns indicadores, e são eles: poluição geral: potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, sólidos totais e turbidez; poluição orgânica: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), cloretos, fenóis e oxigênio dissolvido (OD); poluição inorgânica: metais, praguicidas, outras substâncias tóxicas e testes de toxicidade; contaminação bacteriana: coliformes totais e termotolerantes e pesquisa de *Escherichia Coli*.

Segundo a Resolução do CONAMA nº 357/2005, as águas são classificadas como doce, salobra ou

salgada, dependendo do grau de salinidade. No presente protocolo, o objetivo é apresentar formas de biorremediação em águas doces a fim de atingir a classe II para que se torne viável ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas e à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000 (CONAMA, 2000).

4 CONTAMINAÇÃO POR PETRÓLEO E DERIVADOS

O petróleo é um líquido oleoso, cuja cor varia segundo a origem, oscilando do negro ao âmbar. É encontrado no subsolo, em profundidades variáveis e é muito rico em hidrocarbonetos.

De acordo com Dazzani *et al.* (2003), o desenvolvimento industrial do século XX foi muito beneficiado pela utilização do petróleo como fonte de energia. Através da sua destilação fracionada, pode-se obter vários produtos, tais como o gás natural, o querosene, o diesel, os óleos lubrificantes, a parafina e o asfalto. Porém, a gasolina é a fração do petróleo que possui maior valor comercial.

A gasolina, combustível energético para motores de combustão interna com ignição por centelha (ciclo Otto), é uma complexa combinação de mais de 400 hidrocarbonetos (C5 a C12) provenientes de processo de refino, apresentando uma variação de quatro a doze átomos de carbono e possuindo pontos de ebulição entre 30 e 225°C. É composta também por saturados, olefinas, aromáticos e pode ser constituída de compostos oxigenados, detergentes e aditivos (LOBO, 2002).

Existem atualmente 4 principais tipos de gasolina. A gasolina tipo C é a gasolina comum, que se encontra disponível no comércio, sendo distribuída nos postos revendedores. Na produção desta, adiciona-se álcool etílico anidro à gasolina tipo A, sendo a porcentagem

de álcool anidro em torno de 25%. A gasolina tipo C premium possui uma formulação especial e maior octanagem, apresentando uma maior resistência à detonação que a gasolina comum. A gasolina aditivada consiste na gasolina do tipo A, com adição de detergentes-dispersantes, e apresenta-se na cor verde. Estes dois últimos tipos de gasolina possuem a mesma porcentagem de álcool etílico anidro que a gasolina comum. A gasolina podium é um combustível com octanagem mais elevada que as gasolinas comum, premium e aditivada, além de aumentar o rendimento, diminuir a formação de resíduos nos cilindros e ser mais estável (LOBO, 2002).

De acordo com Siedliecki e Cava (2008), a lógica econômica estimula o incessante comércio e consumo sem considerar os custos ambientais causados pela geração de resíduos e dos consequentes danos causados ao meio ambiente, levando em consideração a relevante contaminação da água e do solo por hidrocarbonetos.

Ainda de acordo com os autores, a banalização dos procedimentos adotados em instalações de pontos de distribuição de combustíveis, o desconhecimento na instalação e manutenção de sistemas de abastecimento subterrâneo de combustíveis e a tardia legislação que aborda este problema são principais fatores que potencializam os riscos de contaminação do meio ambiente.

Siedliecki e Cava (2008) relatam que os hidrocarbonetos geram quatro principais fases de contaminações ao meio ambiente, sendo elas a fase livre, que consiste na gasolina, óleo diesel ou lubrificante utilizado, a fase vapor, que é derivada da evaporação do produto, a fase residual, que consiste em resíduos que se instalam em interstícios do solo e rocha e a fase dissolvida na água subterrânea, que formam plumas e se propagam com o fluxo do freático.

As contaminações ocorrem através dos vazamentos em tanques, filtros e bombas de gasolina e óleo diesel, e há, também, as contaminações chamadas difusas, decorrentes de trocas de óleo, lavagem de veículos, descarga de combustíveis e separadores de água e óleo, entre outras. (SIEDLIECKI; CAVA, 2008).

O presente protocolo tem como finalidade elaborar um plano de ação biorremediadora para áreas aquáticas contaminadas, especialmente, por contaminantes desse tipo.

5 TÉCNICAS DE BIORREMEDIAÇÃO

Dentre os vários tratamentos que compõem o processo de Biorremediação *in situ*, a Bioestimulação parece ser o mais usual. Esse tratamento envolve basicamente a adição de nutrientes (N e P) e oxigênio, necessários para estimular os microrganismos endógenos, acelerando o consumo da matéria orgânica presente (contaminante) (MARGESIN *et al*, 2000).

A concentração do inóculo adicionado é um fator bastante importante para aumentar a taxa de biodegradação. A efetividade está diretamente relacionada à manutenção de uma concentração significativa durante todo o período de tratamento, muitas vezes conseguida através de adições periódicas. Essa inoculação intermitente pode permitir uma distribuição mais uniforme dos microrganismos na área tratada (GILBERT; CROWLEY, 1998).

A taxa de biodegradação de hidrocarbonetos é dependente de uma série de parâmetros físico-químicos, como temperatura, pH, nutrientes inorgânicos e oxigênio. A capacidade de determinados microrganismos de produzir ou sintetizar enzimas específicas e essenciais ao processo é tão importante quanto a produção de biosurfatantes *in situ*, que promove a solubilização e transporte dos

contaminantes, disponibilizando-os para o ataque microbiano (DÉZIEL *et al.*, 1996).

Para a escolha de um microrganismo que poderá ser potencialmente utilizado na remediação de uma área contaminada, necessita-se determinar sua capacidade em degradar o contaminante alvo e o tempo necessário para que isso ocorra (Geerdink *et al.*, 1996). Na literatura científica, bactérias, leveduras e fungos filamentosos são citados como agentes transformadores eficazes, face à habilidade em degradar uma ampla diversidade de substâncias orgânicas, comumente encontradas nos efluentes gerados pelas refinarias e indústrias.

E' sabido que para a degradação dos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) há um grande número de enzimas envolvidas, sendo que a maioria dos microrganismos não possui a capacidade de degradar os HAPs, justificando a necessidade de se isolar e selecionar microrganismos potencialmente degradadores, visando à sua utilização na biorremediação de águas contaminadas (ALEXANDER, 1999).

Segundo Silva *et al.* (2007), a maior parte do conhecimento sobre rotas metabólicas de degradação desses compostos encontra-se fundamentada em bactérias. No entanto, estudos têm mostrado que fungos atuam como decompositores de compostos aromáticos, assim como de compostos fenólicos. Desde a década de 1950, vêm sendo isoladas bactérias degradadoras desses compostos, pertencentes principalmente aos gêneros *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Beijerinckia*, *Flavobacterium*, *Nocardia*, *Corynebacterium*, *Sphingomonas*, *Mycobacterium*, *Stenotrophomonas*, *Paracoccus*, *Burkholderia*, *Microbacterium*, *Gordonia*, entre outros (JACQUES *et al.*, 2007) e vários fungos dos gêneros *Cunnighamella*, *Phanerochaete*, *Fusarium*, *Candida*, *Penicillium*, *Pleorotus*, *Trametes*,

Aspergillus, *Bjerkandera* e *Chrysosporium* (JACQUES *et al.*, 2005).

6 MATERIAIS E MÉTODOS

Para se colocar em prática este protocolo, elaborou-se abaixo um plano de ação com materiais e métodos a serem seguidos.

6.1 COLETA DE ÁGUA

Para a coleta de água, serão necessários béqueres (marca PYREX®) previamente esterilizados (autoclave a 121°C por pelo menos 15 minutos), amarrados na boquilha com barbante com cerca de 2 metros cada.

A coleta deverá ser realizada sobre a superfície e a uma profundidade de 1 metro a partir desta, abrangendo toda a periferia e centro do corpo d'água em estudo.

6.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

6.2.1 NO MOMENTO A COLETA – *IN SITU*

- Temperatura:

Será avaliada no momento da coleta com um termômetro da marca G-TECH.

6.2.2 NO UNIBH – CAMPUS ESTORIL

- PH:

Será medido utilizando-se o papel de tornassol (papel de filtro impregnado com tornassol, marca do produto: MN - MACHERY-NAGEL). Este indicador apresenta uma ampla faixa de viragem, servindo para indicar se uma solução é nitidamente ácida (quando ele fica vermelho) ou nitidamente básica (quando ele fica azul).

- Turbidez:

A turbidez será avaliada utilizando-se um turbidímetro ou nefelômetro (marca HACH), sendo o parâmetro físico presente nas águas aferido por meio da quantificação da resistência encontrada pela luz ao passar pelo meio analisado, sendo provocada pelas partículas em suspensão na água.

6.2.3 EM LABORATÓRIOS TERCEIRIZADOS

Serão avaliados em laboratórios de análises físico-químicas os parâmetros de Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, Demanda Química de Oxigênio - DQO, metais pesados e compostos orgânicos. A lista de laboratórios encontra-se anexa (ANEXO A).

6.3 ANÁLISE MICROBIANA

Serão utilizados os métodos de coloração de Gram, coloração a fresco e coloração de endósporo para identificação microbiana, espécies majoritárias e possível identificação de microrganismos degradadores do contaminante alvo.

6.3.1 COLORAÇÃO DE GRAM

Materiais:

- Cepas;
- Lâmina e alça de inoculação (marcas: EPIMED e INLAB);
- Corantes: cristal violeta e safranina (marca INLAB);
- Lugol e álcool acetonado (marca LB);
- Microscópio (marca ZEISS).

Metodologia:

Fazer o esfregaço; colocar o corante cristal violeta por 1'; tirar o excesso e lavar com água destilada; colocar o lugol por 1'; adicionar álcool acetonado (rapidamente); lavar com água destilada; adicionar safranina por 30"; lavar com água destilada; secar e adicionar óleo de imersão.

6.3.2 COLORAÇÃO A FRESCO

Materiais:

- Placa/lamínula do microcultivo (marca: INLAB);
- Lâmina e alça de inoculação (marcas: EPIMED e INLAB);
- Corante azul de metileno (marca: INLAB).

6.3.3 COLORAÇÃO DE ENDÓSPORO (PARA A PRESENÇA DE *CLOSTRIDIUM* E *B. SUBTILIS*)

Materiais:

- Lâmina e alça de inoculação (marcas: EPIMED e INLAB);
- Corantes: verde malaquita e safranina (marca: INLAB);
- Óleo de imersão (marca: LB).

Metodologia:

Fazer o esfregaço; adicionar o verde malaquita e aquecer; tirar o excesso e limpar com água destilada; colocar safranina durante 30", tirar o excesso e lavar com água destilada, secar e colocar óleo de imersão.

6.4 TÉCNICAS DE BIORREMEDIAÇÃO

Depois de realizadas as análises descritas acima, a água será depositada em 4 tanques para ser

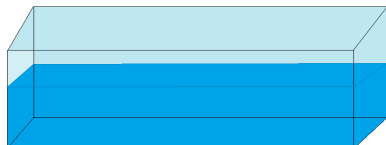
escolhida a melhor técnica de biorremediação. No primeiro tanque, pretende-se o acompanhamento natural, ou seja, a água coletada não receberá nenhum tipo de alteração.

No segundo, após a prévia análise dos microrganismos existentes, será feito o processo de bioaumentação dos microrganismos com potencial de biodegradação.

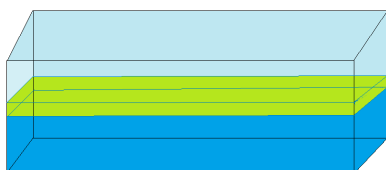
De acordo com os materiais existentes na amostra e com auxílio de revisão bibliográfica, serão escolhidas as espécies vegetais aquáticas capazes de depurar o meio, as quais serão implementadas no terceiro tanque.

No quarto tanque, será acrescentado um consórcio entre os dois métodos citados acima: Bioaumentação e Fitorremediação, em que serão monitorados.

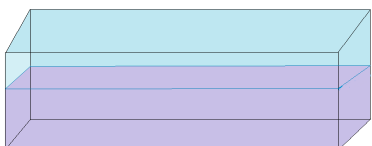
- Tanque 01 – Água in natura.



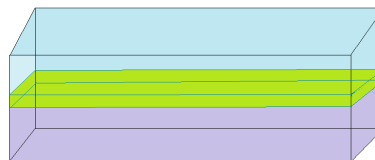
- Tanque 02 – Água com Bioaumentação.



- Tanque 03 – Água com fitorremedição



- Tanque 04 – Água com bioaumentação e fitorremediação



7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou, na íntegra, duas metodologias de biorremediação de corpos d'água contaminados por petróleo e derivados.

Este protocolo oferece uma alternativa viável de descontaminação menos agressiva que os métodos normalmente utilizados. Esse procedimento, como dito, pode ser utilizado em qualquer corpo d'água com esse tipo de contaminação, já que é um tratamento natural. Todavia, é sempre necessário realizar todas as análises e planejamento adequadamente, pois, ainda que natural, um errôneo tratamento pode tornar o problema ainda maior.

A partir de revisão bibliográfica foi possível a criação do protocolo de biorremediação de águas com o intuito de posterior implementação em área contaminada por combustíveis fósseis.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, M. **Biodegradation and bioremediation.**

Academic Press, London: 1999, ed. 2.

BRASIL. **Portaria MS Nº 2914 DE 12/12/2011.**

Disponível em:

<<http://www.caern.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/caern/arquivos/pdf/portaria-ms-2914.pdf>>. Acesso em: 22 de outubro de 2012.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. 2000. **Resolução Conama no 274.**

Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?colegi=272>>. Acesso em 30 de abril de 2014.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. 2005. **Resolução Conama no 357.**

Disponível em :

<https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:ZwliFo aQL0UJ:www.cetesb.sp.gov.br/agua/praias/res_conama_357_05.pdf+&hl=pt-R&gl=br&pid=bl&srcid=ADGEEsJzxey2b_8LN6sl-pfEvWfSzBfrjsikR8efSNQ_jlcKnZAmTjl79LWKqTzN_9HBzSmrnoldd37DZj71bXWfuS47kTjtlNlai7_BRCJkTja74eWKLEDV3NA99JvXx0xPW5PnWnDg&sig=AHIEtbSEdPwGpjURny1WlulhBMudtMk7kw> Acesso em : 13 de novembro de 2012.

DÉZIEL, E. *et al.* **Biosurfactant production by a soil Pseudomonas strain growing on polycyclic aromatic hydrocarbons,** 1996

Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1388868/>>. Acesso em: 22 de outubro de 2012

DAZZANI, M. *et al.* **Explorando a Química na Determinação do Teor de Álcool na Gasolina.** Rev. Experimentação no Ensino de Química. São Paulo, 2003.

Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/a11.pdf>>. Acessado em: 26 de outubro de 2012.

GEERDINK *et al.*, 1996 *apud* TRONIC, Ed. **The neurobehavioral and social-emotional development of infants and children.** Nd.

Disponível em: <http://books.google.com/books?id=wDgGrIkvQbwC&pg=PA45&lpg=PA45&dq=Geerdink+et+al,+1996&source=bl&ots=zc_X4p7mfN&sig=MpqZFF6STArHzrtxNvj7Yal8Kg&hl=en&sa=X&ei=VDxhU-2AMoKLyASXvYGgAQ&ved=0CCgQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 30 de abril de 2014

GILBERT; CROWLEY. **Repeated application of carvone-induced bacteria to enhance biodegradation of polychlorinated biphenyls in**

soil. 1998. Disponível em: <http://www.biomedexperts.com/Abstract.bme/9830100/Repeated_application_of_carvone-induced_bacteria_to_enhance_biodegradation_of_polychlorinated_biphenyls_in_soil>. Acesso em: 26 de outubro de 2012.

JACQUES, R. J. S, *et al.* **Anthracene biodegradation by Pseudomonas sp isolated from a petrochemical sludge landfarming.** International Biodeterioration and Biodegradation, v.56, n.3, p.143-150, 2005

JACQUES, R. J. S. *et al.* **Characterization of a polycyclic aromatic hydrocarbon-degrading microbial consortium from a petrochemical sludge landfarming site Biorem.** 2007. Disponível em:

<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10889860601185822#.U2FF0fIdU_s>. Acesso em 26 de outubro de 2012.

LOBO, Marcos Thadeu. **Tudo sobre gasolina.** Rev. Cultivar Máquinas. Rio Grande do Sul, 2002. Disponível em:

<http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/maquinas15_gasolina.pdf>. Acesso em: 15 de outubro de 2012.

MARGESIN R, *et al.* **Monitoring of bioremediation by soil biological activities.** 2000. Disponível em:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10665397>>. Acesso em: 30 de abril de 2014

SIEDLIECKI, K.; CAVA, L. T. **A contaminação por combustíveis é um passivo ambiental comum.** Paraná, 2008.

Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/artigos/contaminacaotextoboletim.pdf>>. Acesso em: 15 de outubro de 2012.

SILVA, J. *et al.* **Ecologia e fisiologia de fungos filamentosos isolados de solo contaminado por metais pesados.** Revista Brasileira de Biociências, v.5, n.2, p.903-905, 2007. Suplemento 2 (Nota Científica).

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação.** 2º Ed, Porto Alegre. Editora Universidade/UFRGS: ABRH 2001; Pág. 855-860.

WILSON, Edward O. **The diversity of life.** Boston, Harvard University Press, 1992.

ANEXO A

Lista de laboratórios de análises físico-químicas em Belo Horizonte

- Centro de Pesquisas Especiais
Avenida Álvares Cabral, 1354
Lourdes - Belo Horizonte - MG
Tel: (31) 3275-41

- Hidrocepe
Avenida Álvares Cabral, 1354
Lourdes - Belo Horizonte - MG
Tel: (31) 33335-62

- José C V Andrade
Rua São Paulo, 249
Centro - Belo Horizonte - MG
Tel: (31) 3272-98

- Laboratório Minimax
Rua Mário Coutinho, 10
Estoril - Belo Horizonte - MG
Tel: (31) 3374-81

- Sempcoop Cooperativa Med e de Atividades Afins
Alameda Ezequiel Dias, 389 an 2
Centro - Belo Horizonte - MG
Tel: (31) 3213-75