

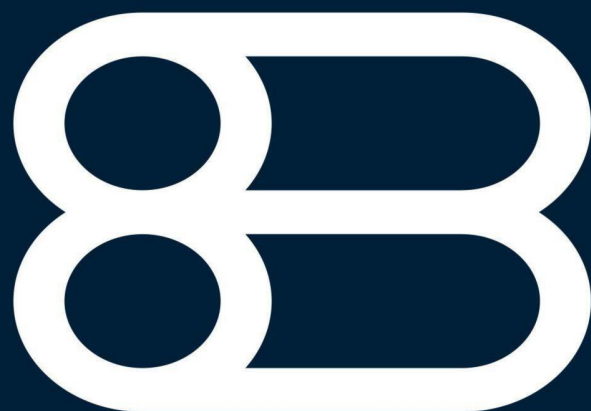
EDIÇÃO 13

Agosto/09

Revista Brasileira de Ciências Ambientais

ISSN Impresso 1808-4524

ISSN Eletrônico 2176-9478



ABES

ISSN Impresso 1808-4524 / ISSN Eletrônico: 2176-9478

Agosto 2009 N° 13

www.ictr.org.br www.cepema.usp.br

Revista Brasileira de Ciências Ambientais



Expediente

Editores

- Jorge Alberto Soares Tenório (USP)
jtenorio@usp.br
- Denise Croce Romano Espinosa (USP)
espinosa@usp.br

Editor Adjunto

- Valdir Fernandes (USP)
v.fernandes@usp.br

Secretária

- Juliana Barbosa Zuquer Giaretta
jzuquer@usp.br

Arte Final

- Octavio Furtado Farias
octaviofarias@msn.com
- G4web

Comissão Editorial

- Adriana Rossetto (UNIVALI)
- Andrea Moura Bernardes (UFRGS)
- Andrea Vidal Ferreira (CDTN)
- Antonio Ésio Bresciani (USP)
- Arlindo Philippi Jr. (USP)
- Carlos Alberto Cioce Sampaio (UFPR)
- Celina Lopes Duarte (IPEN)
- Cláudio Augusto Oller do Nascimento (USP)
- José Roberto de Oliveira (IFES)
- Maria do Carmo Sobral (UFPE)
- Oklinger Mantovaneli Junior (FURB)
- Sérgio Martins (UFSC)
- Tadeu Fabrício Malheiros (USP)

Submissão de artigos, dúvidas e sugestões

rbciamb@gmail.com

Instruções para autores

<http://www.rbciamb.com.br/instrucoes.asp>

ISSN Impresso 1808-4524 / ISSN Eletrônico: 2176-9478
Agosto 2009 N° 13
www.ictr.org.br www.cepema.usp.br

Revista Brasileira de Ciências Ambientais



Índice

01

Processo participativo de criação de indicadores de desenvolvimento sustentável para o município de Ribeirão Pires, Brasil

Sonia Maria Viggiani Coutinho
Tadeu Fabricio Malheiros
Maria Luiza Leonel Padilha

10

Assessment of indoor radon distribution in the metropolitan region of Belo Horizonte, Brazil

Talita O. Santos
Zildete Rocha
Alberto A. Barreto
Leticia A. C. de Souza
Ronaldo A. Miguel
Arno H. de Oliveira

18

Avaliação de áreas utilizadas para disposição de resíduos sólidos urbanos

Adriana Soares de Schueler
Claudio Mahler

26

Estudos sobre bioindicadores vegetais e poluição atmosférica por meio de revisão sistemática da literatura

Regina Maria Alves Carneiro
Angela Maria Magosso Takayanagui

45

A identificação dos resíduos em uma indústria de alimentos e sua política ambiental

Elisângela N. Brandli
Adalberto Pandolfo
Jalusa Guimarães
Marco Aurelio Stumpf González
Renata Reinehr

Processo participativo de criação de indicadores de desenvolvimento sustentável para o município de Ribeirão Pires, Brasil

RESUMO

O objetivo deste artigo é apresentar o processo participativo de construção de um conjunto de indicadores de desenvolvimento sustentável realizado no Município de Ribeirão Pires. A metodologia proposta foi a pesquisa-ação participativa, e os modelos sugeridos por Meadows (1998) e Redefining Progress (1997), que vem há vários anos prestando auxílio a iniciativas de construção de indicadores comunitários a partir de uma perspectiva "bottom-up". Os principais resultados incluem a discussão sobre o processo participativo e a relação do conjunto de indicadores com a Agenda 21 do Município.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão Ambiental municipal, Indicadores de Sustentabilidade, Agenda 21, Desenvolvimento Sustentável.

ABSTRACT

The aim of this paper is to present a participatory process of constructing a set of indicators of sustainable development in the municipality of Ribeirão Pires. The proposed methodology was participatory action research, and the models suggested by Meadows (1998) and Redefining Progress (1997), which has, for several years, provided assistance for initiatives to construct indicators from a community perspective "bottom-up". The main results include a discussion of the participatory process and the relationship between the indicators set and Ribeirão Pires's 21 Agenda.

KEYWORDS: Municipal Environmental Management, Sustainable Indicators, Agenda 21, Sustainable Development

Sonia Maria Viggiani Coutinho

Advogada. Mestre em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da USP. Doutoranda FSP/USP (Bolsista CNPq). Pesquisadora do grupo SIADES - Sistema de Informações Ambientais para o Desenvolvimento Sustentável <http://www.fsp.usp.br/siades>

Tadeu Fabrício Malheiros

Engenheiro Ambiental. Doutor em Saúde Pública. Professor do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos/USP. Pesquisador do grupo SIADES

Maria Luiza Leonel Padilha

Engenheira Agrônoma. Doutora em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da USP. Pesquisadora do grupo SIADES

INTRODUÇÃO

Entre os vários documentos resultantes da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento ocorrida em 1992, no Rio de Janeiro, a Agenda 21 Global (CNUMAD, 1997), em seu capítulo 40, atenta para a necessidade de informação para a tomada de decisões por intermédio de indicadores de desenvolvimento sustentável. Assim, a década de 1990 foi marcada por um conjunto significativo de pesquisas, discussões e experiências sobre a construção e o uso de indicadores de desenvolvimento sustentável para medir e avaliar a sustentabilidade.

Embora no Brasil tenham sido observados avanços na construção de Agendas 21 em âmbito local, verifica-se lacuna no conhecimento sobre indicadores locais de desenvolvimento sustentável e sobre o processo de construção destes enquanto processos participativos e instrumentos de avaliação.

Desta forma, este artigo tem por objetivos apresentar o processo participativo de construção de um conjunto de indicadores de desenvolvimento sustentável ocorrido em Ribeirão Pires - Município da Região Metropolitana de São Paulo, em 2004, bem como apresentar uma breve análise do conjunto de indicadores frente à Agenda 21 de Ribeirão Pires.

Este Município foi escolhido em função de ter concluído sua Agenda 21, com ampla mobilização da população, por haver interesse em avaliar as ações municipais em direção a um desenvolvimento que seja sustentável e por sua localização estratégica dentro de uma região de mananciais.

O município de Ribeirão Pires

O Município de Ribeirão Pires integra a Região Metropolitana de São Paulo, Brasil, distando cerca de 40 km da capital paulista. Sua área total é de 107 km², e a sua população estimada é de 104.508 habitantes, estando 100% inserido em Área de Proteção de Mananciais (IBGE, 2000).

Sua economia é diversificada, predominando, em número de empregos formais, a atividade industrial, com destaque para o setor metal-mecânico. O comércio e o

setor de serviços apresentam hoje as maiores taxas de crescimento, e as atividades de turismo estão sendo dinamizadas desde sua elevação em 1998 à categoria de Estância Turística. São crescentes os investimentos na ampliação da infra-estrutura urbana, na recuperação das atrações locais e na qualificação dos serviços públicos, visando torná-la referência regional nas atividades turísticas e de lazer entre todos os Municípios da bacia do Rio Grande e respectiva área de mananciais.

O crescimento populacional acima da taxa da Região Metropolitana de São Paulo que se deu em Ribeirão Pires desde a década de 1970, aliado à falta da correspondente adequada infra-estrutura urbana, à sua peculiar localização em área de proteção de mananciais e à divulgação de ações de proteção ao meio ambiente, especialmente a partir da Conferência do Rio de Janeiro, em 1992, serviram de mola propulsora para a construção da Agenda 21 de Ribeirão Pires, em base participativa.

Ciente de que as Leis de Proteção aos Mananciais, do Estado de São Paulo, de 1975 e 1976, com suas disposições restritivas à ocupação da terra contribuíram mais para induzir a ocupação clandestina e de baixo custo do que para evitá-la, o poder público municipal passa a editar leis de uso e ocupação do solo e de zoneamento urbano, Agenda 21 e Plano Diretor.

Com um IDHM que aumentou de 0,776, em 1991, para 0,807, em 2000, devido principalmente a investimento em educação, Ribeirão Pires passa a direcionar sua atenção a questões ambientais, suporte da continuidade das atividades econômicas e garantia de qualidade de vida para sua população.

Finalizada a Agenda 21, com a discussão de princípios da sustentabilidade que não eram conhecidos pela maioria de seus cidadãos, o Conselho da Cidade estava preparado para, seguir trabalhando questões ligadas a sustentabilidade do Município, motivo pelo qual a proposta de construção de indicadores de desenvolvimento sustentável para a avaliação dos rumos pretendidos pelo Município foi prontamente aceita pelos membros do Conselho da Cidade.

A grande questão que se apresenta

é a de que, embora o Município possua vários indicadores disponíveis em suas bases e em bases do IBGE, estes dados podem não induzir adequadamente - no que se refere à forma e tempo - as mudanças necessárias para a melhoria do município que são esperadas pela comunidade.

De fato, ao se levantar os anseios da comunidade de Ribeirão Pires por meio de processo participativo para a construção dos indicadores de desenvolvimento sustentável pretendeu-se preencher esta lacuna, uma vez que o que se espera é que a comunidade passe a utilizar este conjunto de indicadores de desenvolvimento sustentável como um instrumento de avaliação no contexto da sustentabilidade local, portanto, com respaldo na Agenda 21 Local.

É importante que os indicadores partam de prioridades da comunidade, devendo surgir a partir de valores e possibilitando a criação de valores baseados na cultura e na experiência de quem participa de sua criação (MEADOWS, 1998).

Além disso, os indicadores de sustentabilidade devem buscar a integração entre as questões ambientais, econômicas e sociais. A ausência de indicadores ambientais e a profusão de indicadores econômicos e sociais representam o descaso com que o ambiente vem sendo considerado em relação principalmente aos aspectos econômicos, há vários anos tratados como sinônimo de desenvolvimento. Deve-se atentar, entretanto, que não se trata de necessidade de criação de novos indicadores, mas de procurar chegar de forma participativa aos indicadores mais relevantes para a realidade do local.

Assim, o processo de construção de indicadores de desenvolvimento sustentável em Ribeirão Pires iniciou a partir da aceitação pela Prefeitura do Município, em 2003, e do encaminhamento da proposta para aprovação em sessão do Conselho da Cidade.

Importância da participação local

A importância em se trabalhar no âmbito local, onde as atividades e os principais impactos sobre o meio ambiente são produzidos, alia-se à questão da participação social.

Para Milaré (2000, p.99):

"o direito à participação pressupõe o direito de informação e está intimamente ligado ao mesmo. É que os cidadãos com acesso à informação têm melhores condições de atuar sobre a sociedade, de articular mais eficazmente desejos e idéias e de tomar parte ativa nas decisões que lhes interessam diretamente...".

A Política Nacional de Meio Ambiente brasileira (Lei Federal nº 6938/81) igualmente estabelece o princípio da participação e sua efetivação através de variados canais, entre eles os Conselhos de Meio Ambiente, devendo ser entendida como um importante instrumento de articulação entre os atores sociais, fortalecendo a união e melhorando a qualidade das decisões, tendo em vista um fim comum.

Além disso, para ser considerada social a participação deve se caracterizar como um processo no qual as diversas camadas sociais tomam parte na produção, na gestão e no usufruto dos bens de uma sociedade historicamente determinada (AMMANN, 1978).

Desde 1988, com a nova Constituição Federal brasileira, com a inclusão do município como entidade da Federação, inicia-se um novo paradigma baseado na gestão descentralizada e na autonomia municipal. Este novo modelo amplia a criação de Conselhos, como espaço de participação da sociedade.

Indicadores de desenvolvimento sustentável

O desenvolvimento e a sustentabilidade, que sempre foram questões tratadas de forma separada na sociedade, agora se unem em uma escala global e em uma estrutura temporal de urgência para buscar resposta de como poderemos fornecer eficiência, segurança e vida para todos: uma questão de desenvolvimento; e de como poderemos viver dentro das leis e limites do ambiente biofísico: uma questão de sustentabilidade (MEADOWS, 1998). Assim, um indicador de desenvolvimento sustentável deve refletir eficiência, suficiência, equidade e qualidade de vida, não podendo mais ser confundido com crescimento apenas, gerando uma única questão acerca da possibilidade de nossa

geração e a de nossos filhos viverem uma boa vida, sem dilapidar a saúde e a produtividade do planeta, e, por conseguinte, permitir que as próximas gerações tenham acesso à boa vida.

Os indicadores que são necessários para responder a esta questão não são imediatamente óbvios, uma vez que se fala há pouco tempo do fator de limite do planeta, mas sabe-se que deverão ser mais do que indicadores ambientais, devendo carregar a noção de tempo e de limites.

Após o estabelecimento das metas para um desenvolvimento sustentável, surge a necessidade da construção de indicadores que mensurem as ações neste sentido. "A quantificação e qualificação das condições ambientais que estão sendo alteradas, preservadas ou simplesmente estudadas passam a ser muito importantes, não só para a espécie humana, como para a vida de muitos organismos. Daí a necessidade de avaliação muito mais precisa do que aquelas que um dia foram suficientes para os homens primitivos: frio, quente, claro, escuro, doce, azedo, etc. Hoje, vários profissionais de diferentes áreas necessitam saber, acuradamente, o quanto e como as atividades antrópicas estão alterando partes específicas de ecossistemas. Somente os órgãos sensitivos natos da espécie humana já não são suficientemente precisos ou adequados para as necessidades da própria espécie" (MAIA NB et al, 2001).

Assim, vários países, cientes de que o indicador até então utilizado para medir desenvolvimento econômico a partir do PIB "per capita" não era mais suficiente para mensurar o desenvolvimento em bases sustentáveis, envolvendo justiça social, desenvolvimento econômico e equilíbrio ambiental, partiram para a construção de novos modelos para avaliar a sustentabilidade de seu desenvolvimento.

A partir daí surgem diversas iniciativas e projetos em todo o mundo com o objetivo de criar indicadores de sustentabilidade para os níveis de gestão local, regional, estadual e até mesmo global. De acordo com Gomes (2000) "praticamente todos os Estados-membros da União Européia já publicaram documentos sobre indicadores ambientais ou de desenvolvimento sustentável".

A determinação da escolha de indicadores em nível global, nacional ou local é analisada por Meadows (1998) ao afirmar que, embora o Planeta Terra seja regido por somente um conjunto de leis físicas e biológicas, estes fatores sofrem modificações de acordo com as diferenças de ecossistemas e climas. Portanto, todos os seres humanos possuem as mesmas necessidades fundamentais por sustentação, porém elas deverão ser buscadas por diferentes meios. Apesar de importante se estabelecer importantes indicadores globais, que informem problemas comuns, é necessário, a partir de paradigmas próprios, se estabelecer o que é importante de ser mensurado para cada região, Estado ou Município. Alguns indicadores serão mensurados de forma quantitativa, enquanto outros necessitarão de um estudo qualitativo, tendo como produto final um "estado percebido" do ambiente, não necessariamente real.

Os indicadores são necessários não só para o entendimento do mundo, mas também para que se possa planejar as ações e tomar decisões. Assim, serão escolhidos a partir de prioridades, como enfatiza Meadows (traduzido e adaptado, 1998, p. viii): "Os indicadores surgem de valores (nós medimos o que nos preocupa) e eles criam valores (nós nos preocupamos com o que é medido)". Carregam, portanto, modelos mentais sobre o mundo baseados na cultura, personalidade, valores e experiência de quem participa de sua criação.

Para se chegar a valores, uma simples questão a ser feita seria: "o que você gostaria de saber sobre sua sociedade para daqui a 50 anos, para assegurar que seus netos estarão tendo uma boa vida? A resposta dada pelas pessoas a esta questão reflete seus valores" (MEADOWS, 1998, p.02).

METODOLOGIA

A metodologia utilizada é denominada pesquisa-ação participativa (PAR) e envolveu a realização de Oficinas de Trabalho junto ao Conselho da Cidade de Ribeirão Pires, dentro de uma perspectiva "bottom-up" (BELL; MORSE, 2005) para o levantamento de prioridades da comunidade, observando-se modelos sugeridos por Mead-

ows (1998) e Redefining Progress (1997) que vem há vários anos prestando auxílio a iniciativas de construção de indicadores comunitários através de uma série de ferramentas, recursos e ajuda técnica, incluindo a existência de um grupo de discussões, um banco de dados com cerca de 200 experiências do mundo todo e diversas publicações.

Embora o termo "pesquisa-ação" tenha sido lançado, em 1945, por John Collier,

com o propósito de tornar a pesquisa mais integrada, Kurt Lewin (1945, 1946) foi considerado o "pai da pesquisa-ação". Sua visão de pesquisa social era a de que deveria ser dada prioridade ao trabalho prático enquanto ferramenta para melhorar as relações entre grupos. Hoje, a pesquisa-ação é definida como um processo de aprendizado conjunto, referindo-se a formas específicas de se entender e gerenciar a relação entre a teoria e a prática, entre pesquisadores e

pesquisados (OTTOSSON, 2003)

Dentro da perspectiva da pesquisa-ação, trabalhou-se sob o enfoque da pesquisa-ação participativa (PAR) (Figura 1), onde o pesquisador teve participação ativa dentro de todo o processo e, ao mesmo tempo, continuou dentro de seu ambiente estritamente científico, promovendo diálogo e discussões em ambos os ambientes e possibilitando a reflexão, análise e documentação (OTTOSSON, 2003).

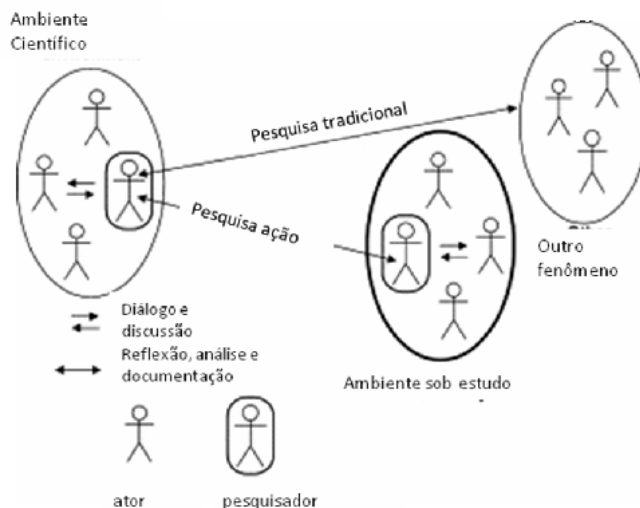


Figura 1: PAR - Pesquisa-ação Participativa. Fonte: Traduzido de Ottosson (2003)

A técnica utilizada dentro da metodologia da Pesquisa-Ação Participativa foi a das oficinas de trabalho, sugerida por Araújo (2002):

- "A idéia básica da técnica é, com base no levantamento de problemas e sonhos da comunidade local, construir uma agenda de prioridades e ações locais de modo participativo;

- "Alguns dos elementos básicos nos quais se baseia o enfoque são: visualização móvel por meio de tarjetas, problematização, alternância entre plenária e trabalho individual ou em grupo, avaliação contínua, ambiente adequado, registro e documentação;

- "O roteiro básico das oficinas segue a seguinte seqüência: identificação dos problemas, determinação das causas dos problemas e atores sociais envolvidos, detalhamento das inter-relações entre atores e priorização dos problemas a serem trabalhados;

- "O produto final das oficinas é a

elaboração de uma agenda prevendo planos de ações, metas, objetivos, responsabilidades, parcerias, prazos, recursos, monitoramento e avaliação" (ARAÍ 2002).

O modelo de criação de indicadores apresentado no relatório Meadows (1998), e observado nesta pesquisa, foi desenvolvido a partir de três níveis: a idéia de processo, com as visões de mundo que poderiam auxiliar na escolha dos indicadores e o estabelecimento de vínculos entre os indicadores, um modelo (ou estrutura) para organizar um sistema de informações para o desenvolvimento sustentável e, por último, a escolha dos indicadores.

As informações locais, tais como erosão do solo, nutrição infantil, saneamento, adequação de moradia, entre outras, foram construídas com o auxílio da comunidade, que ali expressaram seus valores e anseios. Isto possibilitou a criação de indicadores mais relevantes e compreensíveis, capazes de visualizar um

cenário almejado, garantindo que vários interesses fossem representados.

A participação de especialistas foi necessária para fornecer um entendimento mais amplo das perspectivas do sistema ao longo do tempo, para a descoberta de dados e a avaliação do que poderá ser mensurado, dando credibilidade científica ao processo e permitindo a condução dentro da metodologia escolhida.

A partir destas reflexões, foram seguidas as dez etapas para o processo de criação de um conjunto de indicadores:

1. Selecionar um pequeno grupo de trabalho multidisciplinar, responsável por todo o trabalho, que possua estreitos laços com a comunidade do local onde estes indicadores serão construídos. Devem ser incluídos especialistas e não especialistas com grande comprometimento temporal ao processo.

2. Deixar clara a proposta de construção de indicadores, fornecendo informações e apresentando exemplos de

sucesso.

3. Identificar valores e visões compartilhadas pela comunidade.

4. Buscar modelos, indicadores e dados já existentes nas bases locais.

5. Rascunhar um conjunto de indicadores, que deve ser revisto e condensado, para buscar um foco prático.

6. Validar o processo através de apresentação do rascunho a amplos setores da comunidade.

7. Fazer uma revisão técnica, onde um grupo interdisciplinar deve selecionar os indicadores que tiverem mensurabilidade estatística e relevância sistêmica, mantendo as intenções e preferências expressas pela revisão da comunidade. Esta revisão auxilia no preenchimento de lacunas e solução de

problemas técnicos na produção dos dados.

8. Pesquisar os dados.

9. Publicar e disseminar dos indicadores, de maneira clara, apontando ações para melhorá-los e estabelecendo ligações com as políticas que lhes são afetas.
10. Revisar periodicamente.

Neste mesmo sentido, foram seguindo os passos sugeridos pelo modelo de Redefining Progress (1997) (Figura 2), as etapas 1 e 2 foram desnecessárias por já haver em Ribeirão Pires grupo inter-setorial formado pelo Conselho da Cidade que já havia sido preparado anteriormente, por ocasião da construção da Agenda 21 local, para a proposta de indicadores ligados ao desenvolvimento sustentável, apesar de terem sido retomados alguns conceitos. O

passo 3 foi facilitado pela construção recente da Agenda 21.

Os demais passos de 4 a 8 foram seguidos, com a restrição do alcance do passo 6, onde deveriam ter sido selecionados de forma participativa um número gerenciável de indicadores. Esta fase foi parcialmente quebrada com a proximidade do processo eleitoral, que é avaliado nas conclusões deste artigo. O passo 9 faz parte do compromisso ético do pesquisador em retornar ao Município os resultados da pesquisa. O passo 10 é um compromisso da comunidade de continuidade deste processo, que envolve a divulgação da tendência de cada indicador e a revisão periódica do conjunto de indicadores.

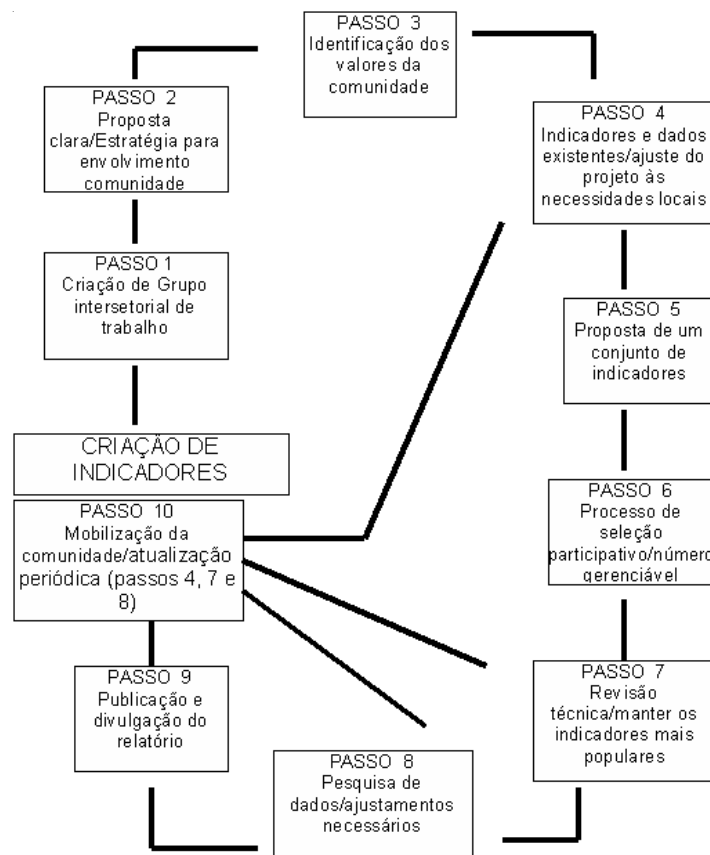


Figura 2: Fases para construção de indicadores de desenvolvimento sustentável. Fonte: Redefining Progress (1997)

O processo todo envolveu uma fase de pesquisa bibliográfica (Fase 1), onde pretendeu-se levantar princípios e metodologias participativas para construção de indicadores locais de desenvolvimento sustentável (Figura 2).

Durante a fase 2, os representantes

do Conselho da Cidade tiveram um papel ativo na definição de prioridades, avaliação e construção dos indicadores. Ao final de cada uma das oficinas de trabalho foram feitas, pelo pesquisador, uma consolidação e uma análise dos resultados obtidos, para apresentação na oficina seguinte, como

ponto de partida para a evolução do processo construtivo dos indicadores.

Houve, portanto, uma clara opção pela abordagem "bottom-up" neste processo de construção. De acordo com Bell e Morse (2005) existem dois tipos de abordagens utilizadas em processos de construção de

indicadores de desenvolvimento sustentável: um processo tecnocrático ou "top-down", onde especialistas estabelecem sozinhos a agenda, ou uma abordagem "bottom-up", que busca, em um processo participativo, envolver todas as partes interessadas e/ou que serão afetadas pelos indicadores de

desenvolvimento sustentável.

A última fase referiu-se a avaliação do conjunto dos indicadores obtidos frente a princípios e modelos levantados. Finalmente, foram elaboradas as conclusões e recomendações finais, com base nas avaliações realizadas.

Este artigo irá deter-se apenas na análise da Fase 2 e 3, que envolvem o processo participativo e a relação do conjunto de indicadores propostos com a Agenda 21 do Município (Figura 3).

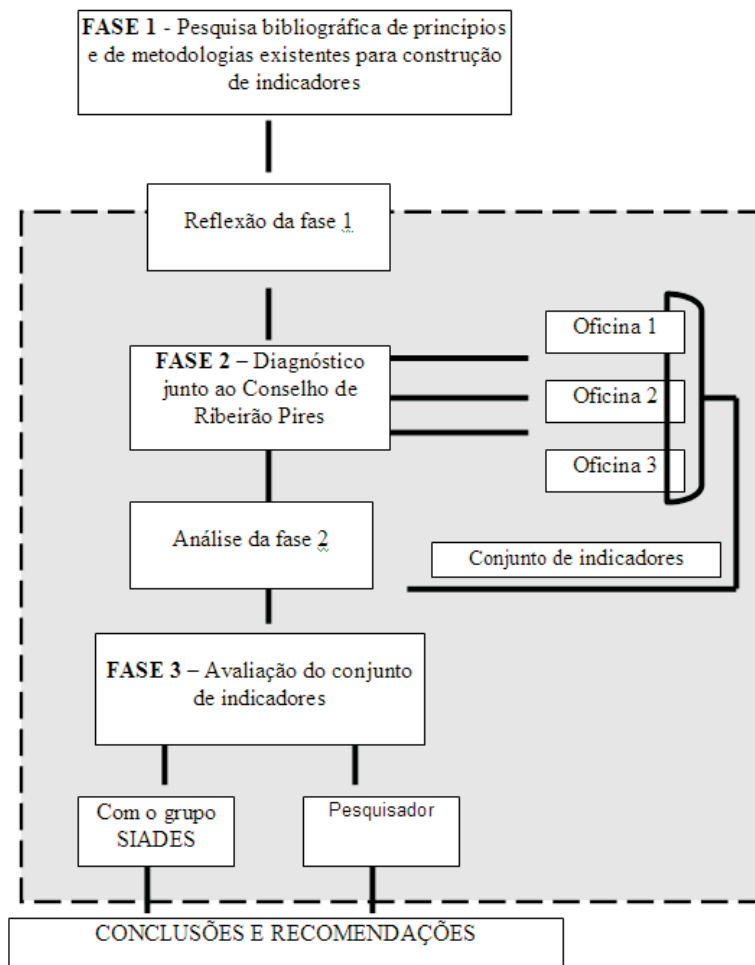


Figura 3: Etapas da pesquisa. Fonte: Coutinho (2006)

O processo

O processo teve início em 2004, com a primeira Assembléia do Conselho da Cidade, onde foram apresentados alguns conceitos relativos a indicadores e desenvolvimento sustentável e a proposta do projeto, que foi prontamente aceita em plenária por todos os participantes.

A primeira oficina contou com a participação de dezenove membros do Conselho da Cidade, sendo catorze representantes da sociedade civil e cinco representantes do setor público, além de dois pesquisadores da

Faculdade de Saúde Pública.

Para a preparação e mobilização dos membros do Conselho da Cidade e da população em geral de Ribeirão Pires para a 1ª oficina de trabalho foram enviados convites, via correio, juntamente com alguns textos preparatórios da temática a ser desenvolvida. O primeiro texto continha relato de semelhante experiência na construção de indicadores de desenvolvimento sustentável na cidade de Seattle, EUA. O segundo texto apresentava o conceito de desenvolvimento sustentável.

A oficina teve início com uma

apresentação sobre os conceitos envolvidos e explanação do roteiro de trabalho. Os participantes foram divididos em quatro grupos de trabalho para discussão e consenso de cinco questões acerca das metas de desenvolvimento da cidade (quadro 1). Cada grupo possuía um coordenador, que buscou estimular a participação de todos os membros do grupo, e um relator, que se responsabilizou pela elaboração de um documento de consenso do grupo. No final da manhã, realizou-se a plenária onde foram apresentadas as questões levantadas por todos os grupos.

Quadro 1: Questões que foram apresentadas aos membros do Conselho da Cidade, Ribeirão Pires, 2003
Fonte: Coutinho (2006)

1. Como você imagina uma Ribeirão Pires ideal?
2. Como você gostaria que fosse o meio ambiente natural e construído em Ribeirão Pires?
3. Como você gostaria que fosse o desenvolvimento econômico em Ribeirão Pires?
4. Quais direitos você imagina ter?
5. Como você imaginaria que deveria ser no futuro questões como: felicidade, realização pessoal e participação comunitária.

Em seguida, o pesquisador, a partir das respostas de cada grupo e o resultado da plenária, elaborou uma apresentação do resumo de todas as questões levantadas pelos participantes, que foi levada ao conhecimento do grupo na 2ª oficina de trabalho.

A segunda oficina de trabalho ocorreu com dezesseis participantes do Conselho da Cidade, sendo oito representantes da sociedade civil e oito representantes do setor público, além de três pesquisadores da Faculdade de Saúde Pública.

A convocação para essa oficina de trabalho foi efetuada, desta vez, via telefone. A oficina iniciou com a apresentação para o grupo sobre o conceito e aplicação dos indicadores de desenvolvimento sustentável, seguida por uma explanação acerca dos resultados obtidos na oficina anterior.

Os participantes foram divididos em

quatro grupos a fim de serem discutidos e sugeridos indicadores de desenvolvimento sustentável, a partir das metas de desenvolvimento para Ribeiro Pires, estabelecidas pela plenária da 1ª oficina, e a partir também dos rumos estabelecidos na Agenda 21 de Ribeirão Pires. Para esta tarefa foram utilizadas fichas a serem preenchidas com a descrição do indicador, sua dimensão (social, econômica, ambiental ou institucional), sua justificativa, a disponibilidade de dados, o período de atualização e prioridade.

Durante as semanas seguintes à oficina de trabalho, o pesquisador reuniu as diversas sugestões de indicadores de todos os grupos e novamente as apresentou no início da 3ª oficina de trabalho, realizada no dia 28 de agosto de 2004. O conjunto de indicadores proposto pelo Conselho da Cidade é composto de 33 indicadores:

Quadro 2: Indicadores propostos pelo Conselho da Cidade de Ribeirão Pires. Fonte: Coutinho (2006)

DIMENSÃO	INDICADOR	
AMBIENTAL	1. Atendimento dos serviços de abastecimento de água 2. Atendimento dos serviços de coleta e tratamento de esgotos 3. Coleta e disposição adequada de resíduos	4. Drenagem de águas pluviais 5. Presença de garças nos rios da cidade 6. Variedade da fauna e da flora
SOCIAL	7. Metros quadrados de parque por habitante 8. Número de praças por habitante 9. Oportunidades para atividades de lazer 10. Número de especialidades médicas 11. Freqüência de atendimento médico satisfatório 12. Número de equipamentos e centros de saúde 13. Tempo de demora no agendamento e atendimento médico 14. Número de leitos ou centros de saúde por habitante 15. Número de atendimentos no Município e por bairro (programas de agentes comunitários da saúde) 16. Informação nutricional das escolas 17. Investimento na atualização de professores 18. Tempo de carreira do funcionário	19. Oferta de cursos profissionalizantes 20. Demanda da população infantil sobre a oferta de vagas 21. Índice de mortalidade por acidente de trânsito 22. Índice de mortalidade por homicídio 23. Índice de mortalidade por doenças contagiosas 24. Índice de mortalidade por faixa etária 25. Índice de mortalidade por região da cidade 26. Número de organizações da sociedade civil 27. Número de projetos desenvolvidos (pelas organizações da sociedade civil) 28. Divulgação das ações do Conselho da Cidade à população 29. Freqüência de visitação e utilização do espaço público
ECONÔMICO	30. Número de empregos e salário médio dos empregados por setor 31. Arrecadação de impostos e produção por setor	32. Número de empresas por setor 33. Número de migrações do trabalho formal para o informal
INSTITUCIONAL	Não foram sugeridos indicadores	

Assim, nesta pesquisa optou-se por trabalhar com os 28 integrantes do Conselho da Cidade de Ribeirão Pires, 14 representantes da sociedade civil e 14 do poder público, e suplentes. A sociedade civil contava com um representante para cada uma das 8 Regiões do Município e 6 ligados a sociedade civil organizada. O Poder público é representado por membros de suas oito secretarias.

Uma característica importante dos representantes do governo neste Conselho a ser destacada é a de que o Conselho da Cidade de Ribeirão Pires agrega representantes de todas as secretarias de governo, o que possibilitou uma maior integração entre elas, diferentemente do que costuma ocorrer em um Conselho de Saúde ou um Conselho de Meio Ambiente apenas.

Os representantes da sociedade civil organizada demonstraram durante todo o processo comprometimento com o trabalho e conhecimento dos problemas do setor representado, bem como procuraram apresentá-los de acordo com prioridades da maioria dos residentes da região.

Durante as Oficinas de Trabalho, embora a iniciativa do processo tenha tido o apoio do Poder Público, não houve a participação da totalidade dos representantes do setor do governo, que possuía representante para cada uma de suas secretarias dentro do Conselho da Cidade. Em contrapartida, houve ampla participação dos representantes da sociedade civil: membros de associações de bairros, comércio, indústria e organizações não governamentais.

De acordo com Meadows (1998), deve-se garantir ampla participação de vários setores da comunidade, sem, contudo, exigir-se a participação de todos, o que tornaria o processo difícil de ser conduzido, com representações desproporcionais, longos, com dificuldade de se obter consenso, gerando indicadores deficientes.

Relação do conjunto de indicadores com Agenda 21 de Ribeirão Pires

Tendo em vista que a construção da Agenda 21 de Ribeirão Pires tratou, tema por tema, do desenvolvimento sustentável considerando o componente social,

econômico, ambiental e também institucional, estabelecendo alguns indicadores, buscou-se relacionar o conjunto de indicadores de Ribeirão Pires com as metas contidas na Agenda 21 de Ribeirão Pires.

É um exercício importante, principalmente se levado em consideração que o grupo do Conselho da Cidade que participou desta pesquisa de construção dos indicadores de desenvolvimento sustentável, em 2004, também participou do grupo de construção da Agenda 21, durante os anos de 2001 e 2003.

As áreas mais cobertas por indicadores dizem respeito à saúde, educação e saneamento, coincidindo com muitos dos objetivos da Agenda 21 de Ribeirão Pires. O foco dos indicadores de saúde escolhidos pelos integrantes do Conselho da Cidade direcionou-se para os índices de mortalidade, muito embora a Agenda 21 de Ribeirão Pires atente para questões de morbidade, tanto em relação às chamadas "doenças da pobreza", como as doenças imuno-previníveis, as transmitidas por vetores, as diarréicas, a tuberculose e a hanseníase, quanto em relação às doenças crônico-degenerativas, como o câncer, diabetes e hipertensão.

A reorganização do modelo assistencial de saúde, previsto na Agenda 21 de Ribeirão Pires encontra paralelo nas preocupações do Conselho em avaliar os Programas de Saúde da Família e o Programa de Agentes Comunitários de Saúde.

A cidadania, prevista na Agenda 21 através de ações de apoio aos grupos mais vulneráveis, como a mulher, a infância e juventude, a terceira idade, a pessoa deficiente, o morador de rua, foi coberta apenas por indicadores que pretendem avaliar as ações dos conselhos e o número de projetos desenvolvidos neste sentido.

A melhoria da qualidade do ensino, tal como prevista pela Agenda 21, foi um aspecto importante levantado pela comunidade e demonstrado pelos indicadores de tempo de carreira e capacitação dos professores, bem como pela questão da oferta de vagas.

Apesar de o Município estar totalmente localizado em área de proteção de mananciais, pouco foi lembrado pelo grupo do Conselho em relação ao uso e ocupação do solo, especialmente quanto ao

planejamento e controle territorial e a habitação, que engloba a realocação de assentamentos localizados em áreas de risco, a recuperação de áreas degradadas, o monitoramento, a fiscalização ou o licenciamento. Ainda que não resultassem em um indicador concreto, as poucas preocupações levantadas durante as oficinas do Conselho diziam respeito à regularização de moradias localizadas em área de proteção, através do título de propriedade.

Outro fator relevante contido na Agenda 21, também em relação à localização estratégica, é que o Município tem, há muitos anos, procurado opções de desenvolvimento econômico em áreas como serviços, comércio e turismo, além de sua vocação para produção mineraria de água mineral, areia e pedra. As indústrias não poluentes também são uma meta procurada pelo setor empresarial de Ribeirão Pires. Embora diversas ações tenham sido previstas pela Agenda 21 neste sentido, muito pouco restou discutido durante as oficinas dos indicadores. Atentou-se mais para a questão dos salários, impostos, migrações para o setor informal e número de empresas por setor do que para alternativas de crescimento de determinados setores da economia, principalmente o turismo.

CONCLUSÕES

O Conselho da Cidade cumpriu seu papel de local de participação dos membros da comunidade, possibilitando um canal de troca de experiências e anseios do grupo, a partir das diferentes visões da realidade. Além disso, seus membros demonstraram conhecimento e interesse com a questão da sustentabilidade, que já havia sido amplamente discutida por ocasião da construção da agenda 21 de Ribeirão Pires. Por outro lado, demonstrou-se haver uma fragilidade da atuação do Conselho durante o período de processo eleitoral e mudança de gestão.

Esta questão demonstra baixa institucionalidade do Conselho, apesar de possuir regimento interno, e aponta para a necessidade de se fortalecer este canal institucional de participação através de capacitação dos membros do conselho e de regras de procedimento mais rígidas que

possibilitem seu funcionamento durante as mudanças de gestão.

Observaram-se durante o processo algumas situações de baixa divergência interna entre os representantes do governo e da sociedade civil, em razão da forte autoridade moral que os representantes do governo exercem sobre os representantes da sociedade civil. Nestes momentos observou-se cooperação em detrimento da negociação e do diálogo. Este fato aponta para a necessidade de maior empoderamento dos representantes da sociedade civil.

A discussão junto à comunidade, representada pelo Conselho da Cidade, favoreceu a se chegar a um conjunto de indicadores de interesse local, o que é de extrema importância, uma vez que ao expressarem os valores e anseios desta comunidade, possibilitaram a criação de indicadores mais relevantes, representativos e compreensíveis de todos os setores da sociedade, o que, de acordo com Meadows (1998), acaba por se traduzir em credibilidade política.

A ausência de indicadores institucionais revela que ainda é próprio da cultura brasileira esperar por resultados palpáveis sem o questionamento do papel do poder público e da sociedade. Revela a necessidade de ampliação da educação para a cidadania, através da participação dos diversos setores no processo de decisão. A atuação do Conselho, por sua evolução natural, deve indicar para a criação destes indicadores no futuro.

Além disso, os indicadores criados pelo Conselho da Cidade de Ribeirão Pires não conseguem preencher os principais objetivos e metas da Agenda 21 de Ribeirão Pires, deixando em aberto importantes lacunas, que acabam por inviabilizar sua completa avaliação, no sentido de se alcançar um desenvolvimento sustentável.

Isto pode significar que o conteúdo da Agenda 21 tenha sido muito amplo e precise ser revisto para incorporar questões mais pontuais para a sustentabilidade do Município.

Pode haver também a necessidade de uma reestruturação deste conjunto de indicadores frente às lacunas existentes, o que não significa criar indicadores para todos os objetivos e metas ali contidos, mas alinhá-

los a objetivos essenciais de sustentabilidade partilhados pelo governo e sociedade civil.

Em todos os casos, é importante a manutenção destas instâncias consultivas e deliberativas para a reversão do padrão de planejamento e execução das políticas públicas ainda existentes no Brasil, tornando-o mais transparente e suscetível de controle pela sociedade.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÍ, VJ. **Análise de um processo participativo na experiência de implementação de um projeto de município saudável.** São Paulo/SP, 2002. [Dissertação de mestrado apresentada ao Departamento de Prática de Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo]

AMMANN, Safira Bezerr. **Participação social,** São Paulo, Brasil, Editora Cortez & Moraes, 1978.

BELL, Simon; MORSE, Stephen. **Delivering sustainability therapy in sustainable development projects.** Journal of Environmental Management, 75(1), pp. 37-51, 2005.

[CNUMAD] Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Agenda 21,** Brasília, Senado Federal, Subsecretaria de edições técnicas, 1997

COUTINHO, Sonia Maria Viggiani. **Análise de um processo de criação de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável no Município de Ribeirão Pires - SP,** [Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Saúde Pública da USP para obtenção de grau de mestre em Saúde Pública] São Paulo, Brasil, 2006

[CPDS] Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional, **Agenda 21 Brasileira: bases para discussão.** Brasília: MMA/PNUD, 2000.

GOMES, Maria Leonor; MARCELINO, Maria Margarida; ESPADA, Maria da Graça. **Proposta para um Sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável.** Portugal: Direção Geral do Ambiente; 2000. Disponível em <<http://www.iambiente.pt/sids/sids.pdf>>

[03/03/2010].

[IBGE] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse preliminar do censo demográfico 2000,** Rio de Janeiro, IBGE, 2000. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/sinopse_preliminar/default.shtm [03/03/2010]

[IBGE] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **"Tendências Demográficas: uma análise da população com base nos resultados dos Censos Demográficos de 1940 e 2000",** Rio de Janeiro, IBGE, 2007. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impresao.php?id_noticia=892> [03/03/2010].

MAIA, Nilson Borlina; MARTOS, Henry Lesjak; BARRELLA, Walter (orgs) **Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações.** São Paulo: EDUC/COMPED/INEP;2001.

MEADOWS, Donella (1998), **Indicators and information Systems for sustainable development,** The Sustainability Institute, 1998. Disponível em < http://www.iisd.org/pdf/s_ind_2.pdf> [03/03/2010].

MILARÉ, Edis. **Direito do ambiente. Doutrina, prática, jurisprudência, glossário,** São Paulo, Revista dos Tribunais, 2000.

OTTOSSON, Stig. **Participation action research-A key to improved knowledge of management.** Technovation. Volume 23, Issue 2, pp 87-94, 2003
<http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V8B-44B2C8V-1&_user=5674931&_coverDate=02%2F28%2F2003&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1222226632&_rerunOrigin=google&_acct=C000049650&_version=1&_urlVersion=0&_userid=5674931&md5=fd2b5ea786b1e5df0592411271636942> [03/03/2010]

REDEFINING PROGRESS. **Community Indicators Handbook: measuring progress toward healthy and sustainable communities.** San Francisco:Redefining Progress;1997.

Assessment of indoor radon distribution in the metropolitan region of Belo Horizonte, Brazil

ABSTRACT

Human beings are exposed to ionizing radiation from many natural sources. Radon and its progeny have been recognized as the most important contributors to the natural radioactivity dose, accounting for about half of all human exposure to ionizing radiation. Radon (^{222}Rn) is a α -radioactive noble gas derived from the natural series of uranium (^{238}U), which occurs in a wide concentration range in all geological materials, especially, in rocks, soils and waters. By diffusion and convection, radon migrates from the rocks and soils to atmosphere and through fissures, pipes and holes it may enter the dwellings and other buildings. Another important radon source in dwellings is its emanation from the construction material. The radon progeny concentration in dwellings has been receiving considerable global attention due to its potential effect in causing lung cancer if it deposited in upper respiratory tract when inhaled. This paper presents radon concentration distribution in dwellings in Metropolitan Region of Belo Horizonte - RMBH. The effective dose estimate is also presented for the RMBH inhabitants. The geological settings of the area are Archean rocks of Granitic Gnaissic Complex and of metasediments sequences of the great Precambrian unit of the Iron Quadrangle of Minas Gerais, Brazil. Radon concentration measurements were carried out with continuous detector AlphaGUARD PQ200PRO (Genitron), in passive mode and with passive detectors E-PERM Eletret Ion Chamber-EIC. The radon progeny concentration was carried out with a solid state alpha spectroscope, the DOSEman PRO (Sarad). It was found an indoor radon concentration varying in a large range from 18.5 to 2671.4 Bq/m³, with an average value of 148.0 Bq/m³ and geometric mean equal to 128.2 Bq/m³. The variable results are due mainly to region geological factors and building material composition of dwellings. The equilibrium factor between radon and its progeny were determined in dwellings, as 0.3 in average.

Talita O. Santos

Departamento de Engenharia Nuclear (PCTN/DEN), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN / CNEN - MG)
E-mail: talitaolsantos@yahoo.com.br

Zildete Rocha

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN / CNEN - MG)

Alberto A. Barreto

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN / CNEN - MG)

Letícia A. C. de Souza

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN / CNEN - MG)

Ronaldo A. Miguel

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN / CNEN - MG)

Arno H. de Oliveira

Departamento de Engenharia Nuclear (PCTN/DEN), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN / CNEN - MG)

INTRODUCTION

Human beings are exposed to ionizing radiation from natural sources. Some natural materials contain trace levels of radionuclides and are usually referred by NORM (Naturally Occurring Radioactive Material), which produces significant environment radon amounts depending on the radium concentration. Environmental radon and its progeny, on average, account for about half of all human exposure to ionizing radiation from natural sources [1]. For this, radon has been receiving considerable global attention by the researchers concerned about radon exposure and its health potential risks. [2, 3]

Radon (^{222}Rn) which is a α -radioactive noble gas produced by the radium (^{226}Ra) decay, member of uranium series (^{238}U), occurs in a wide concentration range in all geological materials, especially, in rocks, soils and waters. Some radon atoms are released from the solid matrix of the material by recoil when the radium decays. By diffusion and advection, they are transported from the pore space to the atmosphere and through fissures, pipes and holes it may enter the dwellings and others buildings [4].

Radon concentration in soil and rocks is important to determine radon rates of entry into dwellings. It is estimated that 95% of the indoor radon comes from the soil and rocks [5]. The soil radon concentration depends on the: uranium and radium distribution in the bedrocks; the soil properties as permeability and porosity; and the meteorological parameters as temperature, humidity and atmospheric pressure. In general, areas of granitic bedrock have high concentration of natural radionuclides and consequently higher radon emanation power [4].

However, other mechanisms can affect the indoor environment radon concentration. Some construction materials can also act as significant radon source. Such materials may have the combination of raised ^{226}Ra level and high porosity which allow radon emanation. Domestic water use constitutes radon source too, however, less significant [1].

The indoor radon exposure began to receive a global attention after 1970, when

a survey on indoor radon made in several countries such as Austria, Czech Republic, Finland, France, Germany, Italy, Spain, Sweden and United Kingdom found a large variation of the radon level in dwellings, covering a range from few Bqm-3 to 100 000 Bqm-3 [3,6].

This way, high radon concentration may occur in indoor environments with reduced ventilation rates. The indoor environment radon concentration can represent a potential risk to the population health that goes or lives in such places. Radon decays by emitting alpha particles, generating a sequence of decay products known as radon progeny (^{218}Po , ^{212}Pb and ^{214}Bi), which are metal atoms in ionic (+) form. Part of this radon decay product attaches to the surrounding aerosol particles in the air, forming what is termed attached radon progeny. The fraction radon progeny that do not attach to the aerosol particle in the air is termed the unattached state. If inhaled, both attached and unattached radon progenies may be deposited in the lung, especially in the upper respiratory tract, and irradiate to the lung tissue as they decay. The entry of radioactive aerosol into the respiratory tract depends on their size, larger particles stop in the nasal cavity, while smaller aerosols reach the lungs [2]. Epidemiologist studies of human population have confirmed the radon carcinogen effect, and currently International Agency of Research in Cancer (IARC) classifies radon as a class I carcinogen [5].

Then, the health hazard from the radon is related to the air concentration of the potential alpha particle energy of the short lived products. The Potential Alpha Energy Concentration (PAEC) is the sum of the potential alpha energy of any mixture of short radon progeny present in a unit volume of air. The PAEC can be expressed in terms of the Equilibrium Equivalent Concentration (EEC) that means the activity concentration of radon in radioactive equilibrium with its short lived progeny that has the same PAEC as the actual non-equilibrium mixture. The ratio of the EEC and the radon concentration is called equilibrium factor. This factor characterizes the disequilibrium between the mixture of the short-lived progeny and their parent nuclide in the air in terms of

potential alpha energy [6]. Equilibrium factor for most indoor atmospheres is in the range of 0.2 to 0.6 [7].

Having this global concern, the authors aim at performing the monitoring of the distribution of the radon concentration in dwellings and other buildings in the Metropolitan Region of Belo Horizonte - RMBH. The objectives of this work are to estimate the effective dose for RMBH inhabitants and to look for radon prone areas.

This study also aims at evaluating if the radon concentration level is above maximum limits recommended internationally by the United States Environmental Protection Agency (USEPA) and also by the International Commission of Radiological Protection (ICRP), which are 148.0 and 200.0 Bqm-3, respectively, so that intervention actions are justified.

MATERIALS AND METHODS

Studied Area

The RMBH is located in Minas Gerais, Brazil (Figure 1). It has about four millions of the inhabitants and is constituted by 34 cities, which cover an area equal to 9486.7 Km² (Figure1). Belo Horizonte and some cities such as Betim, Contagem and Santa Luzia have a concentrated population. However, the biggest cities have an irregular urban area distribution. This characteristic was the most important methodology to prepare the investigation used in this work.

The indoor radon concentration is influenced by geological and meteorological factors and also by constructive typology of the buildings [8]. The RMBH presents geological characteristics that can provide high indoor radon concentration. The geological setting of this area is Archean rocks of Granitic Gnaissic Complex and of metasediments sequences of the great Precambrian unit of the Iron Quadrangle of Minas Gerais, Brazil [9]. The constructive typology has a great variety in RMBH, depending of the purpose (dwellings, public places, stores, etc) and its owners economic power.

Then, considering all information above mentioned, indoor radon concentration measurements are important to the ra-

radiation protection view point for the RMBH population. Radon is considered the second

most important risk factor for lung cancer after smoking, causing between 6 to 15% of

all cases in the United States [3].

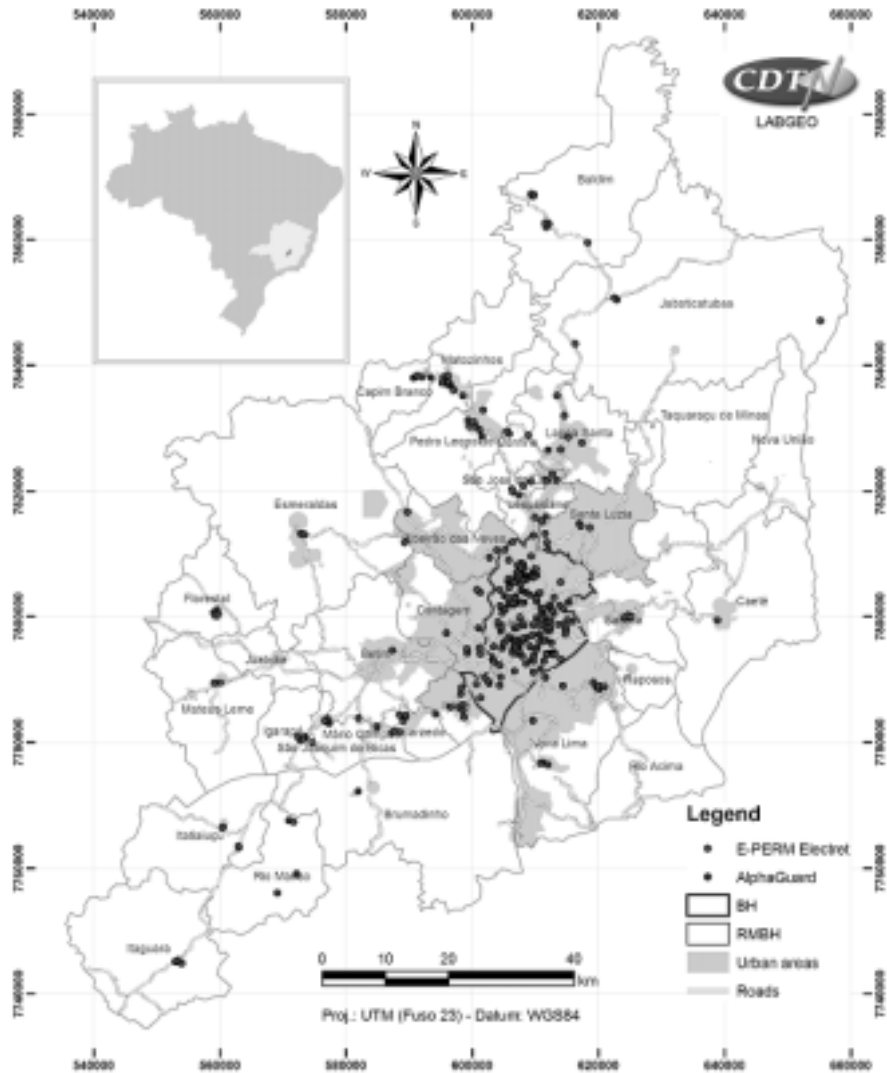


Figure 1. Distribution of radon monitoring points in the RMBH.

Experimental Procedures

The radon concentration measurements were performed by two detectors: AlphaGUARD PQ2000PRO (Genitron) and E-PERM (Radelec, Inc.). AlphaGUARD, a pulse ionization chamber, was used for this work in diffusion mode at intervals of 60 minutes, so acted as a continuous passive detector [2]. The data were acquired and treated with DataExpert software. The E-PERM Electret ion chamber (EIC) consists of a stable electret (a charged Teflon disk) mounted inside chamber acting as a passive integrating ioniza-

tion monitor. Radon concentration was acquired and calculated by E - PERM radon calculator software [10].

Potential Alpha Energy Concentration (PAEC) and the Equilibrium Equivalent Concentration (EEC) measurements were carried out by alpha spectrometry using a solid state alpha detector, DOSEman PRO (Sarad). The data were acquired and treated with Doseman 1.16 software.

Soils radon concentration measurements and some construction materials analyses were performed to associate indoor radon with its main sources. Then,

soil gas radon concentration was determined by AlphaGUARD PQ2000PRO, to the depth of 0.70 m, in closed circuit and active mode, in some specific places in RMBH. The samples of the most used construction materials in the RMBH were collected, homogenized, weighed and analyzed for uranium and thorium activities using the TRIGA MARK I IPR-R1 Reactor by the Instrumental Neutron Activation Analysis (INAA).

In the first part of research, indoor radon measurements were carried out in dwellings and other buildings whose owners are partially known by the authors of

this paper. However, a geographic (spatial) analysis of the data shows that indoor radon measurements did not cover adequately all urban areas of the RMBH. Then, authors prepared a specific strategic based on some characteristics of the RMBH, such as, demography density and urban area distribution to select new points. Routes were prepared though mains roads to reach the interest points.

Equilibrium Factor and Effective Dose

The UNSCEAR 2000 Report methodology for estimating doses due to radon and short-lived radon decay is derived from epidemiological studies and physical dosimetry. In addition to radon concentration, it is necessary to measure the equilibrium factor (F) between radon and its progeny to indoor radon dose assessment:

$$F = \frac{C_e}{C_o}$$

Where C_e is the equilibrium equivalent concentration and C_o is the radon activity concentration in the air. UNSCEAR 2000 Report recommends the value of 0.4 for equilibrium factor to indoor atmospheres. The effective dose for indoor radon and its progeny was calculated by following the equation [4]:

$$H = C_o \cdot F \cdot T \cdot k$$

Where T (hour per year) is the dwelling permanence time, $T=7000$ h and k is the conversion factor, $k = 9$ nSv (Bqhm³)-1 both established values used by UNSCEAR effective dose calculation [4].

RESULTS AND DISCUSS

The radon concentration distribution for indoor environments is presented in Figure 2. Indoor radon concentrations usually follow a log-normal distribution and this accounts for a wide variability in concentration observed in indoor air [3]. It was found an indoor radon concentration varying in a large range from 18.5 to 2671.4 Bqm-3, with an average value of 148.0 Bqm-3 and geometric mean equal 128.2 Bqm-3. Variability can be observed between regions, within regions and from buildings to buildings within individual towns and villages. In this case, the variable results are due mainly to region geological factors, building material composition and constructive typology of the dwellings in RMBH. The two high values, which are 1591.0 and 2671.4 Bqm-3, were removed for the best results representation.

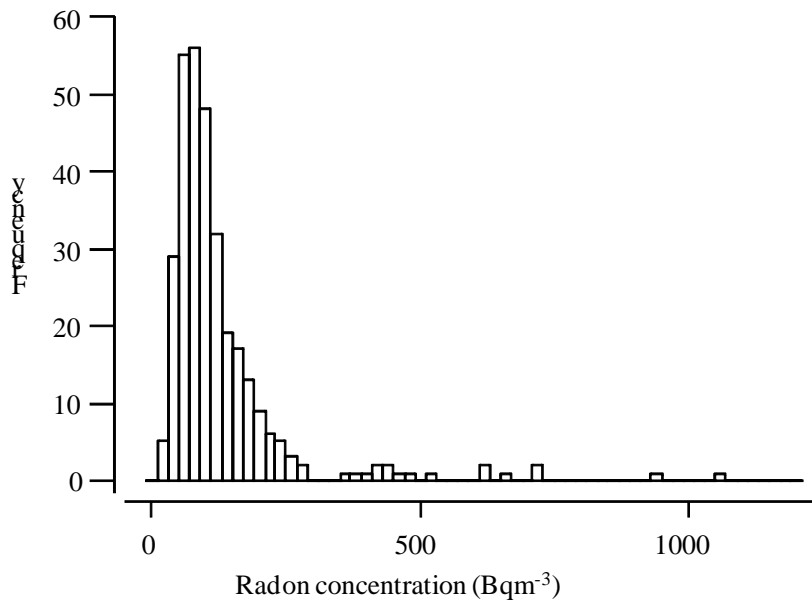


Figure 2. Radon distribution in dwellings and others buildings of RMBH.

About 19% of the indoor environments show values above the action level of the United States Environmental Protection Agency (USEPA) and of the International Commission of Radiological Protection (ICRP), which are 148.0 and 200.0 Bqm-3, respec-

tively. The RMBH presents variable results for the indoor radon concentration as it was shown above. However, there are some regions such as Lagoa Santa and others, where radon concentration average is above the international action levels and the probab-

ity of finding high individual radon concentration has increased. This set of results suggests the existence of radon prone areas (Figure 3).

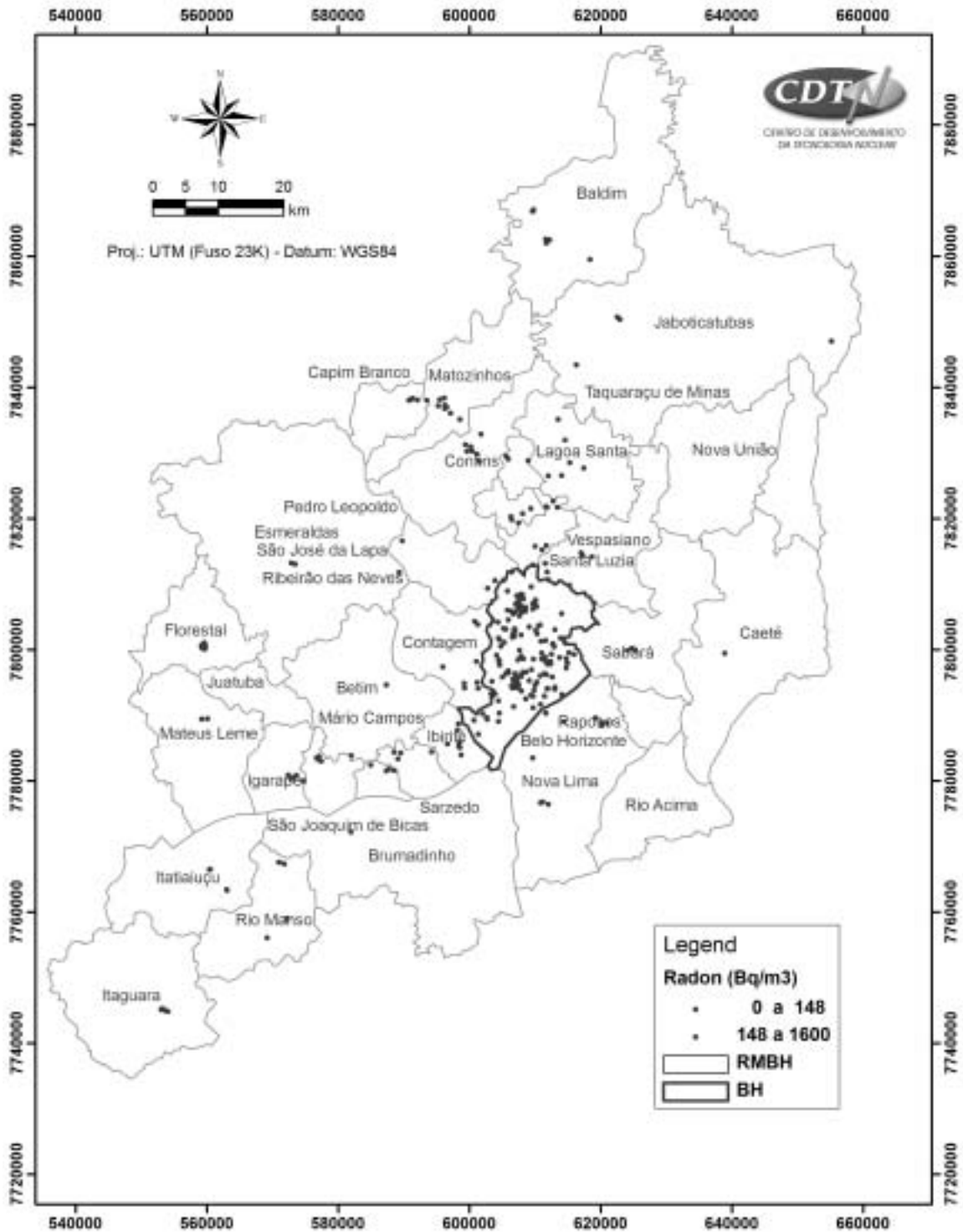


Figure 3. Points above the international action level in the RMBH.

Belo Horizonte is considered an urban area. Then, the demography density was also used to select the news sampled

points. There are regions with high demography density which may receive considerable attention during this work. However,

some regions have already been sufficiently investigated based in their low demography density (Figure 4).

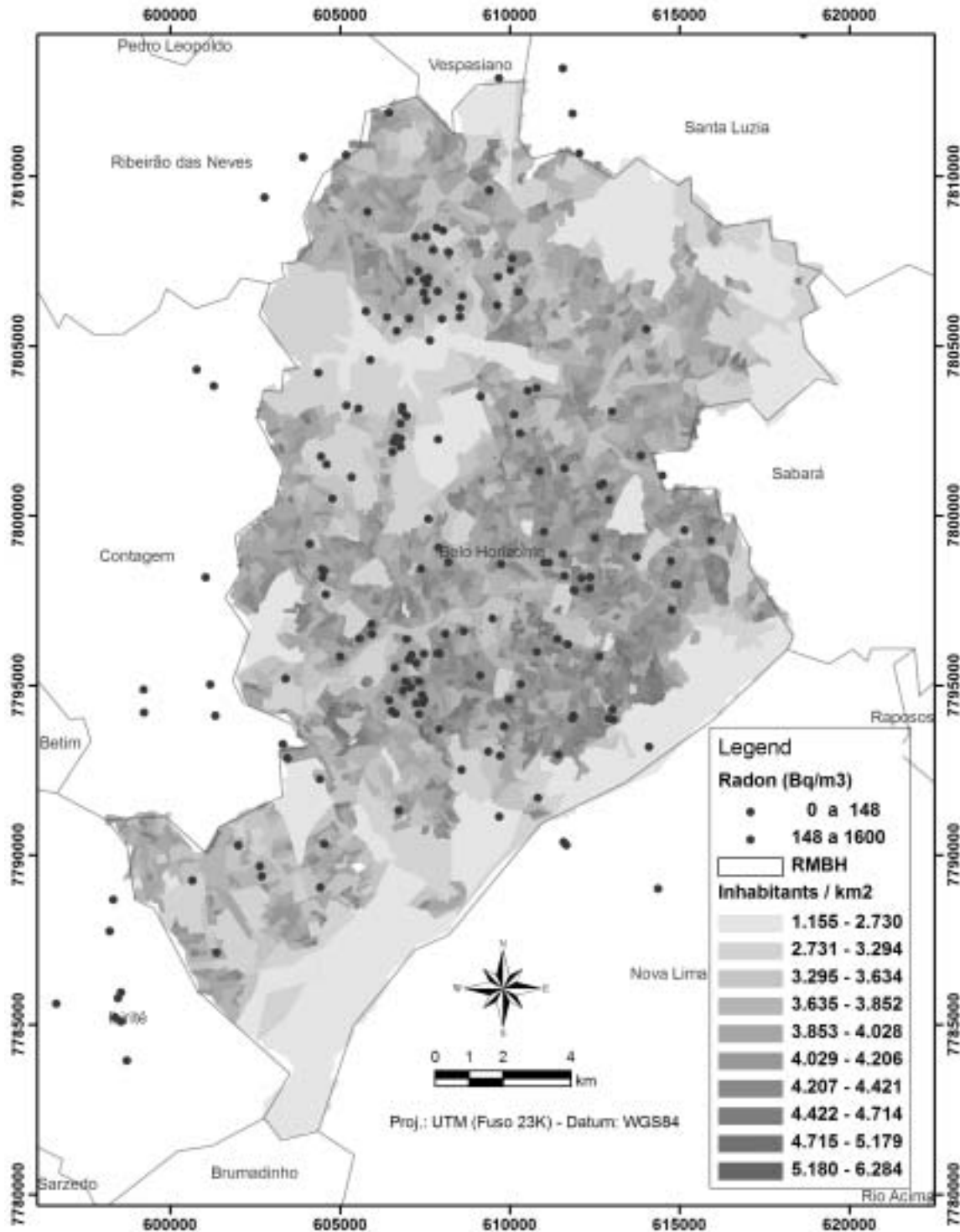


Figure 4. Measured points in RMBH overlaid demography density.

For indoor radon measurements in RMBH, the equilibrium factor values for 13 dwellings were from 0.2 to 0.5, and the arithmetic mean of the F was 0.3. These values

are in accordance with literature [7].

By using Equation 2, the effective dose was calculated and the values range from 1.1 to 11.6 mSv. A mean value for effective

dose of 2.9 mSv averaged by demography density was estimated. This value is a first estimate because the calculation of the effective dose to the critical cells of the res-

piratory tract depends also on the some parameters that were not considered in this work such as aerosol characteristics and the air exchange rate [2]. The measurement of all these parameters will be researched for the authors in futures works.

Radon measurements in soil gas carried out in 34 places of urban area with AlphaGUARD PQ2000PRO range from 2.9 to

183.3 kBqm-3 with average value of the 31.3 kBqm-3, which also suggests the existence of some radon prone areas. Some soil radon concentrations are above the limit value of the 50 kBqm-3, suggested by Åkerblom (1994). The international action levels established that dwellings can be exceeded in places that have soil radon concentration above this value and present rocks with high

or intermediate permeability [8].

The results in Table 1 show uranium and thorium content of different construction material samples, which present the same order of magnitude, as it is found in literature for this kind of material [11]. Then, the main radon source in indoor environments is soils and rocks.

Table 1. Specific Activities of ^{232}Th and ^{238}U in the construction material of RMBH

Samples	Specific Activities (Bqkg^{-1})	
	Neutron Activation	
	^{232}Th	^{238}U
Sand	56.8 ± 4.1	61.8 ± 12.4
Rock	40.6 ± 4.1	98.8 ± 24.7
Cement	20.3 ± 4.1	160.6 ± 24.7
Dust of rock	36.5 ± 4.1	49.4 ± 12.4
Roofing tile	134.0 ± 8.1	86.5 ± 24.7
Brick	105.6 ± 8.1	172.9 ± 24.7
Brick of flagstone	113.7 ± 8.1	111.2 ± 24.7

CONCLUSIONS

Most of the values measured from radon concentration are in the low range when compared with same studies carried out in a tempered climate country [12, 13]. In the present study, such lower results were expected due to the semitropical climate of the RMBH area, where indoor environments are well ventilated even during the winter time.

Some indoor environments show values above the action levels of the USEPA and ICRP, which indicate the existence of radon prone areas. However, there is the necessity to have more radon measurement points in soil gas and in dwellings indoor air with short and long term radon passive detectors in these areas.

As expected, the main indoor radon source constitutes rocks and soils. Some soil gas radon concentration measurements show values in range classified by the Swedish criteria as "high" [14]. There is still the

necessity to adapt the Swedish criteria for a tropical country.

There are some regions of RMBH that were not investigated. However, it has been part of the authors' researches.

Further studies were also carried out for a better comprehension of the radioactivity from the radon in the RMBH. It is important to realize the identification of radon prone areas, the association between radon and its main sources and assessment of the effective dose received by the inhabitants.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank to many workmates from Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), who helped to do this study. Special thanks to Dr. Maria Angela Menezes and Mr. Wagner de Souza for the Instrumental Neutron Activation Analysis, to Maria da Glória M. Linhares of the Environmental Tritium Laboratory and

to the students Giane T. Gariglio, Ludmila S. Marques, Karine S. Araújo, Vanessa P. Matos for helping to carry out the radon analyses. Also, special thanks to the RMBH inhabitants for their help during the measurements. Work supported by the Minas Gerais State FAPEMIG (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais)

REFERENCES

International Atomic Energy Agency, "Radiation Protection against Radon in Workplaces other than Mines", Safety Reports Series No.33, Vienna, Austria (2003).

J. Planinić, Z. Faj, V. Radolic, G. Smit and D.Faj, "Indoor Radon Dose Assessment for Osijek", Journal of Environmental Radioactivity, **44**, pp. 97-106 (1999).

P. A. Colgan and A. T. McGarry, "Radon Monitoring and Control of Radon Exposure", 12th International Congress of the International

- Radiation Protection Association, Refresher Course 15, Buenos Aires, Argentina, (2008).
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, "Sources and Effects of Ionization Radiation", Report to General Assembly, with Scientific Annexes, United Nations, New York (2000)
- L. F. Neves and A. C. Perreira, "Radioactividade natural e ordenamento do território: o contributo das Ciências da Terra", *Geonovas*, 8, pp. 103A-114 (2004).
- International Commission of Radiological Protection, "Protection against Radon-222 at Home and at Work", *Annals of ICRP publication 65*, 23, Canada, United States (1993).
- J. E. Turner, *Atoms, Radiation, and Radiation Protection*, Wiley-Interscience Publication, New York, United States (1995).
- L. J. P. F. Neves, S. C. Avelans and A. J. S. C. Pereira, "Variação Sazonal do Gás Radão em Habitações da Área Urbana da Guarda (Portugal central)", *IV Congresso Ibérico de Geoquímica e XIII Semana de Geoquímica*, Coimbra, pp. 307-309 (2003).
- B. S. Adelbani, E. T. Carvalho, L. M. Fantinel, A. W. Romano and C. S. Viana, "Estudos geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos e geoambientais integrados no município de Belo Horizonte", UFMG Geology Department, Belo Horizonte, Brasil (2005).
- Center for Environmental Research and Technology, Inc. and Rad Elec, Inc., "Becoming Proficient with Rad Elect E - PERM Measurement Devices", *Instrumental Manual*, United States (2006).
- R. Trevisi, M. D'Alessandro, C. Nuccetelli and S. Risica, "Radioactivity in Building Materials: a first overview of European Scenario", *12th International Congress of the International Radiation Protection Association*, Buenos Aires, Argentina (2008).
- J. S. C. Pereira, L. J. P. F. Neves, A. L. V. Salgado and M. M. Godinho, "Concentração do Radão em Habitações da Área Urbana de Tondela (Portugal Central)", *IV Congresso de Geoquímica dos Países de língua Portuguesa e XII Semana de Geoquímica*, Actas, pp. 711-714 (2001).
- L. J. P. F. Neves, S. C. C. Avelans, A. J. S. C. Pereira, "Concentração do Gás Radão em Habitações da Área Sertã-Figueiro dos Vinhos (Portugal Central): Factores Geológicos Condicionantes", *IV Congresso Ibérico de Geoquímica e XIII Semana da Geoquímica*, Coimbra, pp. 310-312 (2003).
- L. C. S. Gunndersen and R.B. Wanty, *Field Studies of Radon in Rocks, Soils and Water*, C. K. Smoley, Florida, United States (2000).

Avaliação de áreas utilizadas para disposição de resíduos sólidos urbanos

RESUMO

A disposição de resíduos sólidos urbanos em locais sem infraestrutura de proteção ao meio ambiente pode ser responsável pela contaminação do solo, águas e ar por meio da emissão de efluentes líquidos e gasosos. Mesmo após o encerramento das atividades de disposição, os resíduos e seus efluentes podem continuar contaminando o meio. A metodologia proposta visa de auxiliar na avaliação do perigo potencial a que estão sujeitas estas áreas, com o objetivo de encerrá-las e reintegrá-las ao contexto urbano adequado. O resultado da avaliação apontará diferentes níveis de cuidados a serem tomados em relação à necessidade de remediação e monitoramento posterior.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro de lixo, Pós-ocupação, Impacto ambiental, Lixiviado, Classificação, Avaliação multicritério.

ABSTRACT

The disposition of municipal solid waste in sites without infrastructure of protection to the environment may be responsible for soil, water and air contamination due to the emission of gaseous and liquids effluent. Even after the closing of the disposal activities the waste and its effluents may continue contaminating the environment. The proposed assessment system may helps with the evaluation of the potential dangerous that those sites are submitted, with the objective of close them down and reinstate them in an adjusted urban context. The result of the evaluation will point different levels of cares in relation to the procedures to be taken how much to its closing and the posterior monitoring.

KEYWORDS: Waste landfill; Later occupation; Environmental impact; Leachate; Classification; Multicriteria evaluation.

Adriana Soares de Schueler

Arquiteta, D.Sc. em Geotecnia Ambiental pela Profa. do Departamento de Arquitetura e Urbanismo do IT/UFRuRJ.

E-mail: aschueler@ufrj.br

Claudio Mahler

D.Sc. L.D. Prof. do Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ

INTRODUÇÃO

Existem em grande número, áreas que foram utilizadas para disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU), normalmente sem infraestrutura de proteção ambiental. Esses locais, mesmo que tenham recebido um gerenciamento adequado antes de seu encerramento, visando à proteção ambiental, não costumam ter um histórico documentado sobre os eventos neles ocorridos.

Nos EUA, a USEPA, com a experiência do programa de controle de áreas contaminadas, conhecido como "Superfund", verificou que algumas áreas, como os aterros de RSU, têm características similares e as medidas de remediação poderiam ser presumidas, o que reduziria tempo e custo, principalmente com investigações detalhadas. A remediação presumida deve enfatizar a utilização de dados existentes, tanto quanto possível, a não ser que existam informações que indiquem a necessidade de investigações mais detalhadas. A estratégia de amostragem deve ocorrer por fases, aumentando o grau de detalhamento conforme a necessidade. (USEPA, 1997a in Silva F. et al, 2001)

Na cidade de São Paulo, a Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA), com a colaboração do Departamento de Limpeza Urbana (Limpurb), realizou um levantamento sobre a viabilidade ambiental da implantação de parques/áreas verdes em seis aterros encerrados. O estudo justificou-se, entre outros, pela necessidade de serem estabelecidos critérios para a ocupação de antigos aterros, com uso para parque/áreas verdes, considerando que estes locais constituem-se áreas degradadas, com características muito específicas, tais como a emissão de gases, comportamento geotécnico, a capacidade de suporte do solo de cobertura para a implantação de vegetação, a exposição dos futuros usuários a potenciais emissões. Uma melhor investigação dessas áreas representa uma otimização de tempo e recursos financeiros, quando da implantação do futuro uso (Silva F. et al, 2001).

Na Alemanha foi desenvolvido

(Heitefuss et al., 1994) um sistema de avaliação antigos aterros de RSU em que, a partir de indicadores de risco, são criadas listas de prioridades para solução dos problemas locais. A avaliação consiste de duas etapas. A primeira refere-se à coleta de dados sobre cada aterro. A segunda se refere ao emprego de matrizes de análise do risco de contaminação ao meio ambiente e segurança da população. O somatório das diversas matrizes permite alcançar uma pontuação de risco na qual, o aterro com maior valor recebe prioridade de solução.

No presente trabalho, é proposto o estabelecimento de critérios para avaliação de aterros de disposição de RSU que estão tendo suas atividades encerradas, bem como para aqueles que já foram fechados há mais tempo, considerando-se a contaminação potencial provocada pelo seu lixiviado. Foi baseado em um monitoramento desenvolvido durante 1 ano no entorno de um aterro de RSU sem infraestrutura de proteção ao meio ambiente (Schueler, 2005), em que foram analisados o solo, as águas subterrâneas, as águas escoadas superficialmente por sobre o resíduo descoberto, bem como as águas do rio que corria aproximadamente a 70 m, longitudinalmente, à jusante do aterro.

O objetivo deste trabalho é auxiliar as decisões de projeto no que se refere ao encerramento adequado e remediação, quando é o caso, visando a reintegração da área num contexto urbano adequado. São utilizadas matrizes para pontuação a partir da utilização de indicadores de perigos potenciais ao meio ambiente e ao ser humano. O resultado da avaliação aponta diferentes níveis de cuidados em relação aos procedimentos a serem adotados quanto ao seu fechamento e ao monitoramento posterior.

MÉTODO

A avaliação da área estudada foi baseada em observações da hidromorfologia do local, na caracterização física do resíduo, em ensaios feitos no solo e no monitoramento das águas superficiais e subterrâneas do entorno do aterro.

A amostragem das águas subterrâneas foi desenvolvida mensalmente

em 5 poços perfurados para este fim. As amostras de água do rio foram tomadas antes e depois de passarem pelo aterro. Foram analisados pH, condutividade elétrica, DQO, DBO, cloreto, sulfato, amônia, potássio, cálcio, magnésio, ferro e manganês, cádmio, cobre, chumbo, cromo, níquel, e zinco.

Quanto ao solo foi ensaiada sua permeabilidade e foram coletadas amostras para caracterização física e desenvolvido um ensaio de coluna em laboratório, com objetivo de determinar sua capacidade de retenção de contaminantes. Além disso, foram feitas análises químicas em amostras coletadas em 5 profundidades junto a cada um dos 5 poços de monitoramento de água, em que foram analisados os mesmos parâmetros medidos nas águas.

A partir das informações adquiridas pelos ensaios e observação do local foram propostos critérios para avaliação das áreas, apresentados em matrizes.

Matrizes para avaliação de aterro

A avaliação é feita por meio do preenchimento de matrizes a partir de informações sobre a área. São utilizados parâmetros relacionados à contaminação potencial provocada pelo lixiviado do aterro de RSU. O somatório dos valores obtidos nas matrizes permite alcançar uma pontuação que pode ser utilizada como sinalizador da necessidade de intervenções. Dependendo das características de geração potencial de lixiviado do aterro e da capacidade potencial deste atingir o solo, as águas, as áreas especiais de proteção ambiental e a população, poderão ser requeridas intervenções com diferentes níveis de cuidado e urgência, e monitoramento após o fechamento.

Na Matriz 1 (Tabela 1) é avaliado o aterro a partir da produção potencial de chorume. Neste trabalho considera-se chorume apenas a fração do efluente líquido produzida pela degradação da matéria orgânica, ou seja, mesmo que um aterro de RSU esteja perfeitamente protegido contra a infiltração de água de chuva, é produzido o chorume decorrente do processo de biodegradação da matéria orgânica e da

umidade inicial do próprio RSU. Nesta matriz são relacionados o volume total do aterro e a idade da última disposição de resíduo. Normalmente não se possui nenhum histórico do material que foi depositado no aterro, bem como o controle de entrada em muitos casos não é ou não foi feito por longos períodos. Desta forma, está sendo considerado neste trabalho, que o resíduo urbano, além de ser composto por resíduos residenciais, comerciais e públicos, pode também conter resíduos provenientes de pequenas ou médias indústrias, serviço de saúde entre outros.

A produção do chorume é governada pela decomposição biológica do resíduo. Apesar de as divisões de fases em que se encontra o processo de estabilização do resíduo não terem limites de tempo rigorosos, estão sendo consideradas três

faixas principais:

Até 5 anos: Os poluentes carregados no chorume geralmente alcançam valores máximos durante os primeiros anos de operação do aterro (2-3 anos) e decrescem gradualmente durante os anos seguintes. Essa tendência é geralmente aplicável à matéria orgânica dissolvida e aos principais íons inorgânicos (metais pesados, cloreto, sulfato, etc.) (IPT/Cempre, 2000 e Andreatolla et al, 1997);

5 a 30 anos: A velocidade da decomposição do resíduo, depois que chega ao seu máximo, baixa lentamente continuando até 25 anos ou mais (Tchobanoglous, 1997). Estes valores foram encontrados a partir de medições de gás.

Mais do que 30 anos: Não foram encontradas na literatura, análises da concentração de lixiviado de aterro de

resíduos sólidos urbanos com mais de 30 anos. Nesta idade, no entanto, já não é esperada produção de gás significativa, o que indica que o processo de estabilização do resíduo encontra-se bastante evoluído, o que influencia na diminuição da produção de lixiviado. A atribuição de valores da matriz 1 foi feita de 1 a 25, linearmente, de modo que, para um mesmo volume de RSU, as opções mais antigas receberam pontuações mais baixas.

Foram considerados pequenos e potencialmente pouco produtores de chorume, aterros de até 30.000 m³. Aterros com mais de 130.000 m³ de resíduos foram considerados relativamente grandes e por isso com maior capacidade de geração de chorume.

A Matriz 2 (Tabela 2) apresenta a

Tabela 1: Matriz de Avaliação do aterro

AVALIAÇÃO DO ATERRO					
Volume m ³	Idade do RSU (anos) – tempo a partir da última disposição de RSU				
	até 6	6 a 12	12 a 18	18 a 24	24 a 30 ou mais
Maior que 100.000	21	22	23	24	25
60.000 a 80.000	16	17	18	19	20
40,000 a 60.000	11	12	13	14	15
20,000 a 40.000	6	7	8	9	10
Menor que 20.000	1	2	3	4	5

avaliação da base do aterro. Nela são relacionadas a permeabilidade e a espessura da faixa de solo não saturado abaixo do aterro. Seu objetivo é pontuar a capacidade do lixiviado atingir o aquífero. Deve-se conhecer a profundidade do lençol freático, o padrão de fluxo subterrâneo, a amplitude da variação regional do lençol freático, de acordo com as estações do ano, a qualidade das águas subterrâneas e risco de contaminação do aquífero.

A variação do nível freático é função, principalmente, da frequência e intensidade das chuvas, da evapotranspiração, da permeabilidade do solo e da topografia. Assim sendo, é possível concluir que, o nível freático encontra-se em maior profundidade em regiões áridas.

Teoricamente, quanto mais profundo for o nível freático, mais protegido estará o aquífero, já que haverá mais espaço para que se processem as depurações físicas, químicas e biológicas dos líquidos lixiviados.

A norma NBR 13896 (ABNT, 1997) estabelece como condição ideal para a instalação de um aterro, o local que possui camada de solo homogêneo de 3,0 m de espessura com coeficiente de permeabilidade de 10-6 cm/s. Não é recomendada a construção de aterros em áreas com predominância de solo com permeabilidade maior ou igual a 50-4 cm/s, mesmo utilizando-se impermeabilizações complementares. Estão sendo consideradas três faixas de valores para permeabilidade

do solo, sugeridos nas normas brasileiras. Para baixa e alta permeabilidade foram adotados os valores de $K = 10^{-6}$ cm/s e $K = 10^{-3}$ cm/s respectivamente. As faixas medianas de permeabilidade compreendem os intervalos limitados por 10-4 e 10-5 cm/s.

A atribuição de valores da matriz 2 foi feita de 1 a 25, linearmente, de modo que as permeabilidades mais baixas receberam menores valores. Nesta avaliação está sendo considerada apenas a permeabilidade como característica que influencia a capacidade do lixiviado de atingir o aquífero. A importância deste parâmetro se relaciona ao transporte de contaminantes por advecção, que ocorre devido ao fluxo de água e, por isso, é responsável pela

contaminação de maior alcance, quando comparada ao transporte por difusão.

O transporte difusivo é um mecanismo importante em solos de baixa permeabilidade, como é o caso de solos de

base e cobertura de aterros de resíduos. Na cobertura o solo pode ser contaminado por difusão, pela diferença de concentração de contaminantes entre o interior do aterro e a superfície. O mesmo pode ocorrer no solo

da base, não apenas o que se encontra sob o aterro, mas na sua borda também.

Tabela 2: Matriz de Avaliação da base do aterro

AVALIAÇÃO DA BASE DO ATERRO					
Permeabilidade do solo (cm/s)	Espessura da zona de vadoze ¹ (m)				
	até 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5
Maior que 10^{-3}	21	22	23	24	25
$10^{-3} > k > 10^{-4}$	16	17	18	19	20
$10^{-4} > k > 10^{-5}$	11	12	13	14	15
$10^{-5} > k > 10^{-6}$	6	7	8	9	10
Menor que 10^{-6}	1	2	3	4	5

1 faixa de solo não saturado, acima do nível freático

Matriz 3

A Matriz 3 (Tabela 3) apresenta a avaliação das características do uso do solo no entorno do aterro. São relacionados tanto o tipo de ocupação quanto os recursos naturais potencialmente afetados, com a proximidade ao aterro de RSU. Seu objetivo é pontuar a capacidade dos efluentes atingirem os habitantes expostos da região e recursos naturais. O objetivo é pontuar a possibilidade dos efluentes de alcançarem e afetarem a população local e as zonas especiais no que diz respeito aos recursos naturais. Foram considerados cinco tipos de uso, que se relacionam à proximidade do aterro às áreas de proteção ambiental, corpos hídricos, tipo de ocupação (residencial, comercial, industrial) e agricultura.

A proximidade do aterro aos núcleos urbanos propicia, em diversos níveis, a exposição antrópica aos efluentes do resíduo. Em relação ao lixiviado, o contato pode se dar tanto pela contaminação das águas subterrâneas e superficiais e do solo, como por via aérea, pelo ar contaminado pela evaporação do efluente. A água contaminada pode ser utilizada por animais domésticos e de

criação para abate, rega de plantas, inclusive hortaliças, bem como pelo contato direto por meio de poços e mesmo para o lazer. O solo contaminado superficialmente, quando ocorre afloramento de lixiviado, pode estar sendo utilizado para hortas, jardins, área de lazer entre outros.

Aparentemente, a concentração de pessoas em um determinado espaço acelera os processos de degradação ambiental, e isso costuma ser acentuado em núcleos residenciais de baixa renda. A precariedade sanitária que as instalações costumam apresentar gera maior suscetibilidade às influências do contato com o aterro de RSU. Nestes locais é usual a negligência em relação a autoproteção e à proteção ambiental tanto pela ignorância e falta de recursos por parte dos moradores, como pela dificuldade de fiscalização por parte do poder público. Quando a área residencial apresenta-se com habitações de baixa renda adiciona-se 1 ponto na pontuação equivalente.

A avaliação dos recursos naturais potencialmente afetados, são relacionados à proximidade do aterro a áreas ambientais protegidas ou corpos hídricos. Seu objetivo é pontuar a capacidade dos efluentes atingirem zonas especiais no que diz

respeito ao meio ambiente natural. Segundo a Portaria Minter no. 124 de 20 de agosto de 1980 não podem ser instalados empreendimentos potencialmente poluentes a menos de 200 m de corpos d'água.

Estão sendo consideradas Zonas de Preservação Ambiental as regiões urbanas que, por suas características e pela tipicidade da vegetação, destinam-se à preservação e à recuperação de ecossistemas, visando garantir espaço para a manutenção da diversidade das espécies e propiciar refúgio à fauna assim como proteger as nascentes e as cabeceiras de cursos d'água. São consideradas Zonas de Proteção, as regiões sujeitas a critérios urbanísticos especiais, que determinam a proteção ambiental de áreas, tendo em vista o interesse público na proteção.

A atribuição de valores foi feita de 1 a 25, linearmente, de modo que as zonas urbanas em que o tempo de permanência da população seja menor, e as maiores distâncias ao aterro de RSU sejam maiores, receberam pontuações mais baixas. As zonas que necessitam maior proteção, e as menores distâncias ao aterro de RSU, receberam pontuações mais altas.

A Matriz 4 (Tabela 1) apresenta a avaliação da dinâmica da hidrologia de

Tabela 3: Matriz 3, Uso do solo

Distância (m)	USO DO SOLO				
	Zonas de preservação	Zonas residencial, comercial / industrial / serviços	Corpos hídricos	Zonas de proteção ambiental	Agricultura
até 200	21	22 (+1)	23	24	25
200 a 400	16	17 (+1)	18	19	20
400 a 600	11	12 (+1)	13	14	15
600 a 800	6	7 (+1)	8	9	10
800 a 1000	1	2 (+1)	3	4	5

superfície - capacidade de haver alagamento ou escoamento superficial - e sua localização em relação ao aterro. Foram selecionados indicadores que influenciam a capacidade de drenagem natural do lixiviado e das águas que escoam pela superfície do aterro bem como a possibilidade da presença dessas águas. A pontuação foi determinada de modo que, áreas em regiões cujo balanço hídrico é negativo sempre recebem valores menores do que as áreas similares, localizadas em regiões com o balanço hídrico positivo.

São recomendáveis áreas com baixa declividade, porém com um desnível

natural ou uma elevação, para minimizar o escoamento das águas superficiais para o interior do aterro.

As condições climáticas devem ser consideradas. O balanço hídrico mensal, calculado a partir de dados como o regime de chuvas, precipitação pluviométrica, incidência solar, evapotranspiração, é de importância fundamental para a geração de efluentes em um aterro de RSU. Áreas muito chuvosas podem aumentar a produção de lixiviado.

A atribuição de valores foi feita de 1 a 25, sob o critério qualitativo de modo que áreas que recebem o mesmo valor

apresentam, a princípio, o mesmo perigo potencial. As piores condições são as com balanço hídrico positivo durante todo o ano. A Região Sujeita a Forte Escoamento Superficial (Figura 1), é aquela em que o balanço hídrico é positivo em alguma época do ano e as características topográficas de declividade possibilitam o forte escoamento superficial. Esta situação topográfica permite uma forte erosão da superfície, carreamento de sedimentos e transportar líquido até maiores distancias.

A • Quando isto ocorre a montante do aterro, poderá ser observado um aumento

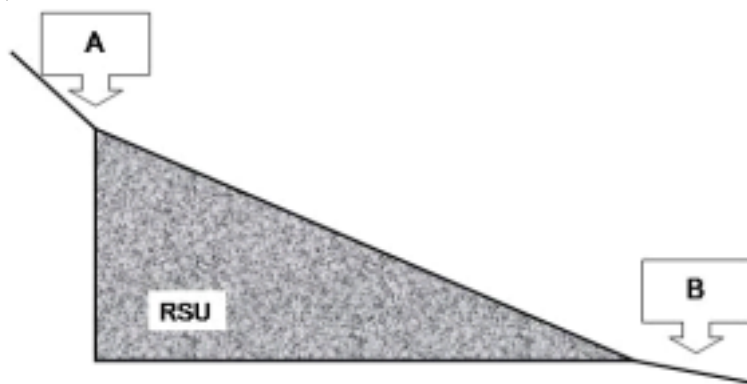


Figura 1: Esquema das alternativas da categoria região sujeita a forte escoamento superficial

de água atingindo o aterro, o que contribui para uma maior formação de lixiviado, o que é um aspecto negativo.

B • Quando isso ocorre à jusante, o escoamento superficial que pode estar contaminado pelo lixiviado, tenderá a

atingir mais rápido maiores distancias, o eu também é um aspecto negativo.

É entendido como Região Inundável, (Figura 2) aquela em que as características topográficas possibilitam condições de alagamento. Em locais

alagados, tende a ocorrer infiltração e evaporação.

C • Quando isto ocorre no entorno do aterro, a montante, a infiltração tende a servir como recarga do aquífero com água não contaminada pelo lixiviado o que, a

princípio pode ser considerado um aspecto positivo. No entanto há a possibilidade de ocorrer fluxos preferenciais para o interior do aterro, o que pode aumentar a sua umidade e, conseqüentemente, o volume de lixiviado.

D • Quando a mesma situação

ocorre a jusante do aterro, o local alagado pode estar contaminado pelo lixiviado do aterro. Neste caso, o líquido poderá infiltrar causando contaminação da superfície do solo até atingir o aquífero ou evaporar, o que se apresenta como um aspecto bastante negativo.

E • Quando a situação ocorre sobre o aterro, a infiltração tende a aumentar sua umidade e conseqüentemente a geração de lixiviado.

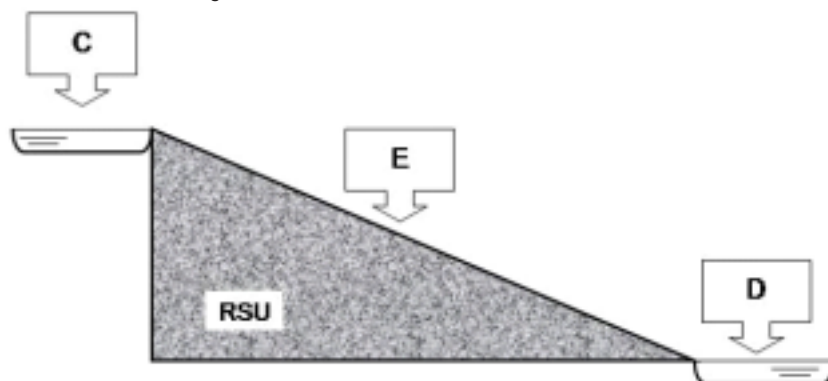


Figura 2: Esquema das alternativas da categoria região inundável

Tabela 4: Matriz de Avaliação da hidrologia superficial

Balanco Hídrico	AVALIAÇÃO DA HIDROLOGIA SUPERFICIAL				
	Região sujeita à forte escoamento superficial		Região inundável		
	A jusante do aterro	A montante do aterro	A montante do aterro	A jusante do aterro	Sobre o aterro
Balanco Hídrico positivo por todo o ano	21	22	23	24	25
Balanco Hídrico positivo até 9 meses no ano	16	17	18	19	20
Balanco Hídrico positivo até 6 meses no ano	11	12	13	14	15
Balanco Hídrico positivo - até 3 meses no ano	6	7	8	9	10
Balanco Hídrico negativo por todo o ano	1	2	3	4	5

PONTUAÇÃO

Os valores foram distribuídos nas matrizes de modo que a matriz 1, referente ao potencial de geração de lixiviado, e a

matriz 2, referente à capacidade do lixiviado atingir o aquífero, contribui cada uma com 30% do total da pontuação, totalizando 60%. Estas matrizes receberam maior peso pela maior dificuldade relativa de se solucionar

as questões envolvidas. A matriz 3, referente aos recursos naturais e população potencialmente atingida pelo contato com o efluente, contribui com 20% do total da pontuação. A matriz 4, referente às condições

climáticas que influenciam a geração de efluente e nas condições topográficas que influenciam a capacidade de drenagem natural do líquido aflorado ou escoado superficialmente, contribui com 20% do total da pontuação. A pontuação total será: Matriz 1 + Matriz 2 + (máximo valor encontrado nas matrizes 3) + (máximo valor encontrado na Matriz 4)

O resultado será utilizado para classificação da área em três categorias possibilitou uma pontuação final e um código de cores, representado pelo Verde, Amarelo e Vermelho, que se relacionam aos níveis de cuidados ambientais pós-fechamento. As faixas de pontuação estabelecidas para as categorias Verde e Vermelha foram limitadas a partir da soma dos valores considerados mínimos e máximos - representados nas matrizes em células verdes e vermelhas respectivamente - em cada uma das matrizes. A faixa de pontuação para a categoria Amarela foi determinada pelos valores intermediários. Dessa forma a área passa por uma avaliação inicial em relação à contaminação potencial provocada ao meio ambiente. A avaliação inicial deve ser confirmada por meio de análises químicas das águas subterrâneas, e a partir daí, determinadas as ações de fechamento com remediação se necessário. Depois de fechado o aterro, é necessário o monitoramento das águas subterrâneas, que irá variar segundo a categoria em que a área está inserida.

Até 20 pontos: Categoria Verde' A avaliação inicial indica aterros cuja contaminação potencial ao meio é considerada baixa. Sua confirmação é feita por meio de análises químicas das águas subterrâneas, cujos resultados devem apresentar teores que não excedam às referências da região. A área deverá passar por um monitoramento desenvolvido em duas fases:

a) Durante o 1º ano, para que sejam identificados períodos críticos em relação a eventual presença de contaminação é proposto um monitoramento trimestral.

b) Depois disso o monitoramento passa a ser anual durante 5 anos.

Caso não haja alteração provocada pelo lixiviado do RSU no aquífero superficial, a área pode ser considerada ambientalmente

saudável em relação à contaminação provocada pelo lixiviado.

De 21 a 60 pontos: Categoria Amarela ' A avaliação inicial indica aterros cuja contaminação potencial ao meio é considerada média. A confirmação é feita por meio de análises químicas das águas subterrâneas, cujos resultados apresentam teores mais elevados do que as referências da região. Neste caso são necessárias ações visando à proteção do meio ambiente local. Depois disso deverá ser desenvolvido um monitoramento com análises químicas das águas subterrâneas, dividido em 3 fases.

a) Monitoramento trimestral durante 1 ano, para que sejam identificados períodos críticos em relação à contaminação do aquífero.

b) O monitoramento semestral até que os resultados apresentem valores que não excedam as referências da região.

c) Idem ao item b da categoria Verde. De 61 a 100 pontos: Categoria Vermelha ' A avaliação inicial indica aterros cuja contaminação potencial ao meio é considerada alta. A confirmação é feita por meio de análises químicas das águas subterrâneas, cujos resultados apresentam teores iguais ou mais elevados do que os Valores Máximos Permitidos para as substâncias pela portaria 518 do Ministério da Saúde. São necessárias ações urgentes visando à proteção do meio ambiente local. Depois disso deverá ser desenvolvido um monitoramento com análises químicas das águas subterrâneas, dividido em 3 fases.

a) Monitoramento trimestral das águas subterrâneas com análises químicas, até que os resultados apresentem valores de concentração de contaminantes mais baixos do que os Valores Máximos Permitidos para as substâncias pela portaria 518 do Ministério da Saúde para as substâncias tóxicas presentes no percolado.

b) Depois disto seguir as orientações para a categoria amarela b e c.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depois de feita a avaliação inicial da área, diagnosticado o passivo ambiental, (identificação da contaminação da atmosfera, presença de catadores, presença

de animais, falta de compactação da cobertura, espalhamento dos resíduos, criadouros de mosquitos, contaminação do lençol freático, populações expostas, etc) e obtidas informações sobre a presença de lixiviado e a influência que este exerce no seu entorno, é importante considerar o nível de recuperação necessário. Normalmente são necessários cuidados como instalação de sistema de drenagem superficial, remoção de resíduos próximos a curso d'água, quando o aterro está situado próximo a áreas alagadas, construção de sistema de drenagem de percolado, instalação de drenos de gás, retaludamento e cobertura dos resíduos.

Deve-se considerar que áreas que foram usadas para disposição de resíduos, depois de encerradas, muitas vezes tornam-se locais de potencial interesse para ocupação por população de baixa renda. Sabendo-se que esses antigos aterros podem continuar produzindo efluentes e contaminando o entorno durante muitos anos, é importante que não sejam simplesmente abandonados, mas que tenham um destino adequado ao contexto urbano, podendo ser fiscalizados para evitar sua ocupação irregular.

O método de avaliação aqui proposto visa contribuir ao estabelecimento de critérios para a reintegração urbana dos antigos aterros, direcionando a investigação destas áreas e, conseqüentemente, otimizando tempo e recursos financeiros.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e a FAPERJ pelo suporte.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT (1997), Aterros de resíduos não-perigosos - Critérios para projetos, implantação e operação - Procedimento. Rio de Janeiro. (NBR-13896);

ANDREOTTOLA G. & CANNAS P. (1997). Chemical and biological characteristics of landfill leachate in Landfilling of waste: Leachate.

T.H. Christensen, R. Cossu e R. Stegman (editors), 1997, pp 65 - 88.

HEITEFUSS, S. & KEUFFEL- TÜRK, A. (1994). Altlastenfakten 4: Erstbewertung von altablagerungen bei beweisniveau 1. Ergänzende bearbeitungshinweise zur aufstellung Regionaler Prioritätenlisten und Regionaler Wartelisten durch die Regionalen Bewertungs-kommissionen - 8S., 7 Abb;

IPT/CEMPRE (2000). Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado. 1ª ed. São

Paulo: Instituto de Pesquisa Tecnológicas/ IPT;

MINISTÉRIO DA SAÚDE (2004). Portaria número 518, de 25 de março de 2004

SCHUELER, A.S. (2005). Estudo de caso e proposta de avaliação de áreas degradadas por disposição de resíduos sólidos urbanos. Tese de doutorado, Coppe - UFRJ. Rio de Janeiro -RJ 122p; disponível em http://www.coc.ufrj.br/index.php?option=com_content&task=view&id=3805&Itemid=191

SILVA, F.A.N. e SEPE, P.M. (2001). Avaliação preliminar da viabilidade ambiental da implantação de parques municipais em aterros sanitários desativados. Prefeitura Municipal de São Paulo, Secretaria Municipal do Meio Ambiente.

TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H. & VIGIL, S (1994). Gestion integral dos resíduos sólidos 1 ed. Madri: McGraw-Hill, Inc, v(s).1-2, 1106p. (em Espanhol).

Estudos sobre bioindicadores vegetais e poluição atmosférica por meio de revisão sistemática da literatura

RESUMO

O uso de biomonitoramento vem sendo cada vez mais considerado como método complementar na análise de poluentes urbano-industriais. Este trabalho teve por objetivo identificar espécies vegetais (vasculares, musgos e líquens) utilizadas como bioindicadores e associadas a poluentes atmosféricos, em estudos experimentais e observacionais por meio de revisão sistemática de literatura. De um total de 4775 trabalhos pré-selecionados, foram analisados 507 estudos por aplicação de dois testes de relevância, resultando na inclusão de 265 trabalhos científicos sobre o tema estudado. Os resultados revelaram a utilização de 224 espécies vegetais como bioindicadores de processos de poluição atmosférica, sendo: 147 pertencentes à divisão angiosperma; 22 à divisão coniferófito; 30 a líquens; e, 25 a musgos. Os estudos selecionados eram relacionados ao monitoramento dos seguintes poluentes atmosféricos: metais pesados, ozônio, material particulado, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, fluoretos, compostos orgânicos voláteis e hidrocarbonetos. Foi possível constatar nesses estudos, o uso de algumas espécies vegetais em processos de avaliação da qualidade do ar em várias partes do mundo, indicando a potencial utilização do biomonitoramento vegetal como um novo instrumento de monitoramento e controle da qualidade do ar, em espaços urbanos.

PALAVRAS-CHAVE: Bioindicador vegetal; poluição do ar; avaliação de risco ambiental; biomonitoramento.

ABSTRACT

The use of biomonitoring is being increasingly considered as a complementary method in the analysis of urban-industrial pollutants. This study aimed to identify vegetal species (vascular, moss and lichen) used as bioindicators associated with air pollutants, in experimental and observational studies through a systematic literature review. Out of a total of 4,775 pre-selected scientific papers were analysed 507 studies by applying two tests of relevancy, of which we included 265 scientific studies on the theme. The results revealed the use of 224 vegetal species as bioindicators of air pollution processes, as follows: 147 species belonging to the angiosperm division, 22 to the coniferofit division, 30 to the lichens, and 25 to mosses species. The selected studies were related to the monitoring of the following air pollutants: heavy metals, ozone, particulate matter, sulfur dioxide, nitrogen oxides, carbon monoxide, fluorides, volatile organic compounds and hydrocarbons. It was possible to note in the selected studies the use of some plant species in assessing air quality in various parts of the world, indicating the potential use of the vegetal biomonitoring as a new tool for monitoring and controlling air quality in urban areas, which will enable the verification of risk situation by the presence of air pollutants in urban areas.

KEYWORDS: Vegetal bioindicator; air pollution; environmental risk evaluation; biomonitoring

Regina Maria Alves Carneiro

Engenheira Florestal pela ESALQ/USP. Mestre em Enfermagem em Saúde Pública pela EERP/USP. Especialista em Ciências Ambientais da Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Ribeirão Preto-SP, Brasil rmcarneiro@meioambiente.pmrp.com.br

Angela Maria Magosso Takayanagi

Enfermeira de Saúde Pública pela EERP/USP. Professora Associada da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

INTRODUÇÃO

A qualidade do ar tem sido avaliada a partir de estimativas das concentrações ambientais dos principais poluentes, sendo comumente utilizados métodos físico-químicos cientificamente consagrados. Por esses métodos, pode-se verificar se normas e valores limites para concentrações de poluentes no ar estão sendo respeitados. Porém, nem sempre os resultados obtidos permitem conclusões imediatas sobre os impactos das concentrações atuais de poluentes em seres vivos (KLUMPP et al., 2001).

A partir de meados do século passado, iniciou-se o processo de utilização de organismos vivos em método auxiliar de detecção de alterações perigosas da qualidade do ambiente, denominado de biomonitoramento, que se constitui em método experimental indireto de verificação da presença de poluentes numa determinada área. Os organismos vivos utilizados são conhecidos como bioindicadores, e respondem ao estresse a que se encontram submetidos por modificações nos seus ciclos vitais ou pela acumulação de poluentes (GARTY; KLOOG; COHEN, 1998; CARRERAS; PIGNATA, 2001; CARNEIRO, 2004).

Os bioindicadores podem ser utilizados de forma passiva, quando já habitam a área de estudo; ou em método ativo, quando são introduzidos de forma controlada no ambiente a ser investigado (DOMINGOS et al., 1998; SILVA et al., 2000; SUMITA et al., 2003).

Dentre os organismos utilizados como bioindicadores, destacam-se os líquens, os musgos e certas plantas superiores, que podem apresentar alterações típicas nas folhas, perdas foliares, redução de crescimento, alterações nos padrões de floração, ou ainda, alterações na frequência e abundância de populações quando expostas a poluentes atmosféricos (KLUMPP; DOMINGOS; KLUMPP, 1996; KRUPA; LEGGE, 1999; SCERBO et al., 1999; KLUMPP, A.; KLUMPP, G.; ANSEL, W., 2003; BURGER, 2006).

Visando-se reunir conhecimento referente ao uso de bioindicadores vegetais, como método complementar de monitoramento da contaminação

atmosférica, foi realizada esta pesquisa, de caráter descritivo, com base em revisão sistemática da literatura - RSL (MUÑOZ et al., 2002).

METODOLOGIA

Foram levantados estudos publicados na literatura acadêmica relacionados ao uso de bioindicadores em processos de poluição atmosférica, sendo os critérios iniciais de inclusão: estudos experimentais ou observacionais nos idiomas inglês, espanhol ou português sobre o tema bioindicador vegetal de poluição atmosférica, publicados no período compreendido entre janeiro de 1997 e dezembro de 2007.

Tomou-se por base a metodologia da revisão sistemática da literatura (RSL), que busca a integração da informação acadêmica produzida em diferentes situações, locais e por diversos grupos de pesquisadores, possibilitando o conhecimento das evidências científicas existentes na área (GREENHALGH, 1997; MUÑOZ et al., 2002).

As bases de dados utilizadas foram: Biological Abstracts, da Electronic Reference Library (ERL), MedLine, Agris, ProQuest e, também, os bancos e bases de dados nacionais e latino-americanos Lilacs, Instituto Brasileiro de Informações em Ciências Tecnológicas (IBCT) e Dedalus.

Os instrumentos de coleta de dados constituíram-se de dois formulários denominados Teste de Relevância 1 (TR1) e Teste de Relevância 2 (TR2), elaborados para avaliar a inclusão ou a exclusão dos artigos levantados junto aos bancos e bases de dados selecionadas, de acordo com os critérios estabelecidos para o estudo.

Os critérios de inclusão dos estudos no TR1 foram: período e idioma da publicação; tipo de estudo; e, a pertinência do tema. Para o TR2, os critérios foram também: análise direta ou indireta de qualquer um dos poluentes selecionados para esta investigação (PTS, MP-10, metais pesados, SO₂, NO_x, O₃, CO, VOCs, hidrocarbonetos, HF e demais fluoretos gasosos); registro da presença de danos verificáveis a olho nu em folhas, caule, flores ou frutos dos vegetais analisados, bem

como modificações anatômicas, metabólicas, fisiológicas e genéticas, não visíveis a olho nu; e, a indicação do vegetal como um bioindicador ou bioacumulador.

RESULTADOS

A presente pesquisa foi baseada em 305 estudos analisados na íntegra, sendo uma continuação do estudo acadêmico realizado por Carneiro (2004), no Brasil, considerado um dos únicos estudos nacionais dessa natureza e com essa abrangência.

Os resultados obtidos são apresentados segundo o uso do método de revisão sistemática da literatura empregado neste estudo e também quanto à utilização de vegetais em sistemas de biomonitoramento da qualidade do ar.

Quanto à revisão sistemática da literatura

O levantamento bibliográfico efetuado conduziu, inicialmente, a um universo de 4775 estudos científicos, dos quais nem todos se referiam, exclusivamente, ao tema pesquisado, abrangendo diversas formas de bioindicadores vegetais, animais e do metabolismo humano, utilizados para avaliação da contaminação do ar, da água, do solo, ou ainda relativos à saúde humana. Após uma leitura prévia seletiva, foram selecionados 507 trabalhos referentes exclusivamente a bioindicadores vegetais de poluição atmosférica, incluindo, além de artigos científicos, três dissertações de mestrado e uma tese de doutorado defendidas em universidades brasileiras e americanas, segundo as informações obtidas nas bases de dados e periódicos selecionadas.

Com a aplicação do TR1, foram avaliados os 507 artigos científicos por dois revisores, tomando-se por base os seus resumos, resultando em 391 inclusões e 116 exclusões. Dos 391 estudos selecionados, obteve-se acesso a 305. O motivo da perda de 86 (22%) estudos selecionados foi a sua não disponibilização nos meios eletrônicos ou na forma impressa. Assim, a amostra final para aplicação do TR2, foi de 305 estudos na íntegra.

A aplicação do TR2 nos 305 estudos na íntegra encontrados resultou na inclusão de 265 artigos (86,8 % do total analisado), que constitui a amostra final deste estudo, e na exclusão dos outros 40 estudos (13,1 % do total de 305 analisados), por motivos de não atendimento aos critérios de seleção para o TR2.

Quanto ao uso de bioindicadores vegetais em processos de poluição atmosférica

Tomando-se como referência evidências científicas sobre o uso de bioindicadores vegetais em processos de poluição atmosférica, foram identificadas 224 diferentes espécies nos 265 estudos incluídos nesta revisão, sendo 147 pertencentes à Divisão Angiospermae, 22 à Divisão Coniferophyta, 25 à Classe Musci da Divisão Bryophyta (musgos) e 30 líquens. Verificou-se que algumas espécies são mais frequentemente associadas a determinados poluentes, como: *Nicotiniana tabacum*, usada como bioindicador da presença de ozônio; musgos *Pleurozium schreberi*, *Hypnum cupressiforme* e *Hylocomium splendens*, usados como bioindicadores da presença de metais pesados; e, o gênero *Tridascantia*, usado como bioindicador associado a poluentes urbanos, dentre outros. Também a investigação da biodiversidade de líquens em ambientes próximos a fontes emissoras de poluentes atmosféricos foi uma técnica frequentemente encontrada nos estudos selecionados (CARNEIRO, 2004).

Os trabalhos levantados nesta investigação são apresentados no Quadro I, em forma de uma lista com as referências dos estudos e o ano de publicação.

Discussão

O uso da metodologia de revisão sistemática da literatura permitiu levantar o conhecimento acadêmico gerado sobre uso de bioindicador vegetal em processos de poluição atmosférica, embora os resultados obtidos possam ser considerados parciais em relação à produção acadêmica mundial sobre esse tema, devido a limitações da metodologia empregada, em termos das

palavras-chave e bancos/bases de dados utilizados, bem como por dificuldades com o acesso a todos os estudos selecionados.

As revistas eletrônicas tiveram papel relevante na concretização desta pesquisa, tendo em vista que mais de 90 % dos estudos foram obtidos por essa via. A busca efetuada conduziu a apenas quatro trabalhos de dissertação ou tese, o que pode ser devido a um caráter de vanguarda do tema selecionado ou, então, por não indexação de estudos nas bases e bancos de dados utilizados nesta investigação.

Os resultados também revelaram a utilização de 224 espécies vegetais como bioindicadores de processos de poluição atmosférica, utilizadas em diversas situações climáticas e geológicas e em diferentes regiões do mundo.

Os estudos também apontaram para o uso individual ou em grupo de algumas espécies, relacionadas ao monitoramento de um ou vários poluentes atmosféricos, entre os mais comuns, destacando-se: metais pesados, ozônio, material particulado, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, fluoretos, compostos orgânicos voláteis e hidrocarbonetos.

No entanto, com os dados levantados foi possível constatar uma ampla rede de situações de uso de algumas espécies vegetais em avaliação da qualidade do ar em várias partes do mundo. Acredita-se que o biomonitoramento vegetal seja um novo instrumento de monitoramento e controle da qualidade do ar, em espaços urbanos, que possibilitará a verificação de situações de risco pela presença de poluentes atmosféricos, juntamente com os instrumentos usualmente utilizados na quantificação desses poluentes.

Acredita-se que o uso de biomonitoramento com vegetais bioindicadores, a partir de sistemas conhecidos e padronizados, possibilitará a verificação de situações de risco pela presença de poluentes atmosféricos, facilitando, ainda, a decisão sobre locais que devam ser sistematicamente monitorados com a ajuda de instrumentos destinados à quantificação desses poluentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa revela um interesse crescente, de amplitude mundial, na busca por métodos auxiliares de detecção de alterações ambientais provocadas por poluentes atmosféricos, visando o diagnóstico precoce de situações de risco. Também, esta revisão sistemática da literatura amplia os achados de Carneiro (2004), trazendo novas contribuições acadêmicas na área de controle da poluição atmosférica por uso de bioindicador vegetal.

Corroborando, ainda, os estudos de Klumpp et al. (2001), Reiss et al. (2007) e Krewski (2009), destacando a necessidade de motivar a opinião pública, incluindo a administração pública e os setores de produção privada, sobre a importância de adoção de novos meios de controle da qualidade do ar mediante efeitos negativos da poluição.

Baseado nos achados desta investigação, considera-se que a adoção de métodos alternativos de verificação de risco ambiental, como o uso de bioindicadores vegetais em processos de poluição atmosférica, poderá auxiliar na minimização das consequências desses contaminantes sobre a saúde humana e sobre a qualidade ambiental dos centros urbanos.

Autor	Título do artigo	Referência
1997		
BERG, T.; STEINNES, E.	Recent trends in atmospheric deposition of trace elements in Norway as evident from the 1995 moss survey.	The Science of the Total Environment, v.208, p.197-206, 1997.
BERG, T.; STEINNES, E.	Use of mosses (<i>Hylocomium splendens</i> and <i>Pleurizium schreberi</i>) as biomonitors of heavy metal deposition: From relative to absolute deposition values.	Environmental Pollution, v.98, n.1, p.61-71, 1997.
BLUM, O.; BYTNEROWICZ, A.; MANNIG, W.; POPOVICHEVA, L.	Ambient tropospheric ozone in the Ukrainian Carpathian Mountains and Kiev region: Detection with passive samplers and bioindicator plants	Environmental Pollution, v. 98, n. 3, p.299-304, 1997.
BRIGHIGNA, L.; RAVANELLI, M.; MINELLI, A.; ERCOLI, L.	The use of an epiphytic (<i>Tillandsia caput-medusae</i> morren) as bioindicator of air pollution in Costa Rica.	The Science of the Total Environment, v. 198, p. 175-180, 1997.
CALASANS, C. F.; MALM, O.	Elemental mercury contamination survey in a chlor-alkali plant by the use of transplanted Spanish moss, <i>Tillandsia usneoides</i> (L.).	The Science of the Total Environment, v.208, p.165-177, 1997.
CHAPPELKA, A.; RENFRO, J.; SOMERS, G.; NASH, B.	Evaluation of ozone injury on foliage of black cherry (<i>Prunus serotina</i>) and tall milkweed (<i>Asclepias exaltata</i>) in Great Smoky Mountains National Park.	Environmental Pollution, v.95, n. 1, p.13-18, 1997.
GODZIK, B.	Ground level ozone concentrations in the Kraków region, Southern Poland.	Environmental Pollution, v. 98, n. 3, p. 273-280, 1997.
GONZALEZ, C.M.; PIGNATA, M.L.	Chemical response of the lichen <i>Punctelia subrudecta</i> (NYL.) Krog transplanted close to a power station in an urban-industrial environment.	Environmental Pollution, v. 97, n.3, p.195-203, 1997.
KURCZYNSKA, E.U.; DMUCHIWSKI, W.; WLOCH, W.; BYTNEROWICZ, A.	The influence of air pollutants on needles and stems of scot pine (<i>Pinus silvestris</i> L.) trees.	Environmental Pollution, v. 98, n.3, p. 325-334, 1997.
MANKOVSKÁ, B.	Deposition of heavy metals in Slovakia - Assessment on the basis of moss and analysis.	Ekologica (Bratislava), v.16, n.4, p. 433-442, 1997.
POMPÉIA, S. L.	Sucessão secundária da Mata Atlântica em Áreas Afetadas pela poluição atmosférica Cubatão, SP. 1997. 193f.	Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
1998		
BAUR, M.; ULAUCHERT, A.W.	Biochemical indicators for novel forest decline in Spruce.	Chemosphere, v. 36, n. 4-5, p. 865-870, 1998.
BÖHM, P.; WOLTERBEEK, H.; VERBURG, T.; MUSÍLEK, L.	The use of tree bark for environmental pollution monitoring in the Czech Republic.	Environmental Pollution, v.102, p.243-250, 1998.
DOMINGOS, M.; KLUMPP, A.; KLUMPP, G.	Air pollution impact on the Atlantic forest in the Cubatão region, SP, Brazil.	Ciência e Cultura Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science, v. 50, n.4, p. 230-236, July/August 1998.
DONGARRÀ, G.; VARRICA, D.	The presence of heavy metals in air particulate at Vulcano island (Italy).	The Science of the Total Environment, v.212, p.1-9, 1998.
GARTY, J.; KLOOG, N.; COHEN, Y.	Integrity of Lichen Cell Membranes in Relation to Concentration of Airborne Elements.	Arch. Environ. Contam. Toxicol. v. 34, p.136-144, 1998
HALLERAKER, J.H.; REIMANN, C.; CARITAT, P.; FINNE, T.E.; KASHULINA, G.; NISKAAVAARA, H.; BOGATYREV, I.	Reliability of moss (<i>Hylocomium splendens</i> and <i>Pleurozium schreberi</i>) as a bioindicator of atmospheric chemistry in the Barents region: Interspecies and field duplicate variability.	The Science of the Total Environment, v. 218, p.123-139, 1998.

Autor	Título do artigo	Referência
1998		
KLUMPP, A.; DOMINGOS, M.; MORAES, R.M.; KLUMPP, G.	Effects of complex air pollution on tree species of the Atlantic rain Forest near Cubatão, Brazil.	Chemosphere, v.36, n. 4-5, p. 989-994, 1998.
LODOVICI, M.; AKPAN, V.; CASALINI, C.; ZAPPA, C.; DOLARA, P.	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in <i>Laurus nobilis</i> as a measure of air pollution in urban and rural sites of Tuscany.	Chemosphere, v.36, n.8 p. 703-1712, 1998.
LOPPI, S.; CENNI, E.; BUSSOTI, F.; FERRETTI, M.	Biomonitoring of Geothermal air pollution by lichens and forest trees.	Chemosphere, v.36, n.4-5, p.1079-1082, 1998.
MALM, O.; FONSECA, M.F.; MIGUEL, P. H.; BASTOS, W. R.; PINTO, F. N.	Use of epiphytic plants as biomonitors to map atmospheric mercury in a gold trade center city, Amazon, Brazil.	The Science of the Total Environment, v. 213, p. 57-64, 1998.
POIKOLAINEN, J.; KUUSINEN, M.; MIKKOLA, K.; LINDGREN, M.	Mapping of the epiphytic lichens on conifers in Finland in the years 1985-86 and 1995	Chemosphere, v.36, n.4-5, p.1073-1078, 1998.
RIGA-KARANDINOS, A. N.; KARANDINOS, M. G..	Assessment of air pollution from a lignite power plant in the plain of Megalopolis (Greece) using as biomonitors three species of lichens; impacts on some biochemical parameters of lichens	The Science of the Total Environment, v. 215, p.167-183, 1998.
ROSMAN, K.J.R.; LY, C.; STEINNES, E.	Spatial and Temporal Variation in Isotopic Composition of Atmospheric Lead in Norwegian Moss.	Environmental Science & Technology, v.32, n.17, p.2542-2546, 1998.
SCHRAUDNER, M.; MOEDER, W.; WIESE, C.; CAMP, W.V.; INZÉ, D.; LANGEBARTELS, C.; SANDERMANN JR., H.	Ozone-induced oxidative burst in the ozone biomonitor plant, tobacco Bel W3.	The Plant Journal, v.16, n.2, p.235, 1998.
VASCONCELOS, M.T.S.D.; TAVATES, H.M.F.	Atmospheric metal pollution (Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, and Zn) in Oporto city derived from results for low-volume aerosol samplers and for the moss <i>Sphagnum auriculatum</i> bioindicador.	The Science of the Total Environment, v.212, p.11-20, 1998.
XIAO, Z.; SOMMAR, J.; LINDQVIST, O.; GIOULEKA, E.	Atmospheric mercury deposition to grass in southern Sweden.	The Science of the Total Environment, v. 213, p. 85-94, 1998.
1999		
ARUTYUNYAN, R.M.; POGOSYAN, V.S.; SIMONYAN, E.H.; ATOYANTS, A.L.; DJIGARDJIAN, E.M.	In situ monitoring of ambient air around the chloroprene rubber industrial plant using the <i>Tradescantia-stamen-hair</i> mutation assay.	Mutation Research, v.426, p.117-120, 1999.
BATALHA, J. R. F.; GUIMARÃES, E. T.; LOBO, D. J. A.; LICHTENFELS, A. J. F. C.; DEUR, T.; CARVALHO, H. A.; ALVES, E. S.; DOMINGOS, M.; RODRIGUES, G. S.; SALDIVA, P. H. N.	Exploring the clastogenic effects of air pollutants in São Paulo (Brazil) using the <i>Tradescantia micronuclei</i> assay.	Mutation Research, v.426, p.229-232, 1999.
BRUMELIS, G.; BROWN, D.H.; NIKODEMUS, O.; TJARVE, D.	The monitoring and risk assessment of Zn deposition around a metal smelter in Latvia.	Environmental Monitoring and Assessment, v.58, p.201-212, 1999.
CEBURNIS, D.; STEINNES, E.; KVIETKUS, K.	Estimation of metal uptake efficiencies precipitation in mosses in Lithuania.	Chemosphere, v. 38, n. 2, p. 445-445, 1999.
DOBBEN, H.F.V.; BRAAK, C.J.F.T.	Ranking of Epiphytic lichen sensitivity to air pollution using survey data: a comparison of indicator scales.	Lichenologist, v.31, n1, p. 27-39, 1999.
GRASO, M.F.; CLOCCHIATTI, R.; CARROT, F.; DESCHAMPS, C.; VURRO, F.	Lichens as bioindicators in volcanic areas: Mt. Etna and Vulcano Island (Italy).	Environmental Geology, v.37, n. 3, p.207-216, 1999.
GRODZINSKA-JURCZAK, M.; SZAREK-LUKASZEWSKA, G.	Evolution of SO ₂ and NO ₂ -related degradation of coniferous forest stands in Poland.	The Science of the Total Environment, v.241, p.1-15, 1999.
HIATT, M.H.	Leaves as an Indicator Exposure Airborne Volatile Organic Compounds	Environmental Science & Technology, v.33, p.4126-4133, 1999.
HIRANO, T.; MORIMOTO, K.	Growth reduction of the Japanese black pine corresponding to an air pollution episode	Environmental Pollution, v.106, p.5-12, 1999.

Autor	Título do Artigo	Referência
JEZIERSKI, A.; BYLINSKA, E.; SEAWARD, M.R.D.	Electron paramagnetic resonance (EPR) investigations of lichens - 1: Effects of air pollution.	Atmospheric Environment, v.33, p. 4629-4635, 1999.
KRUPA, S.V.; LEGGE, A.H.	Foliar injury symptoms of Saskatoon service berry (<i>Amelanchier alnifolia</i> Nutt.) as a biological indicator of ambient sulfur dioxide exposures.	Environmental Pollution, v.106, p.449-454, 1999.
KUEHLER, E.A.; FLAGLER, R.B.	The effects of sodium erythorbate and ethylenediurea on photosynthetic function of ozone-exposed loblolly pine seedlings	Environmental Pollution, v. 105, p. 25-35, 1999.
MONARCA, S.; FERETTI, D.; ZANARDINI, A.; FALISTOCCO, E.; NARDI, G.	Monitoring of mutagens in urban air samples	Mutation Research v.426, p.189-192, 1999.
NORMANDIN, L.; KENNEDY, G.; ZAYED, J.	Potential of dandelion (<i>Taraxacum officinale</i>) as a bioindicator of manganese arising from the use of methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl in unleaded	The Science of the Total Environment, v.239, p.165-171, 1999.
PEÑUELAS, J.; RIBAS, A.; GIMENO, B.S.; FILELLA, I.	Dependence of ozone biomonitoring on meteorological conditions of different sites in Catalonia (N. E. Spain)	Environmental Monitoring and Assessment, v.56, p.221-224, 1999.
PIGNATA, M.L.; GUDIÑO, G.L.; CAÑAS, M.S.; ORELLANA, L.	Relationship between foliar chemical parameters measured in <i>Melia azedarach</i> L. and environmental conditions in urban areas.	The Science of the Total Environment, v. 243/244, p. 85-96, 1999.
ROSSBACH, M.; JAYASEKERA, R.; KNIEWALD, G.; THANG, N.H.	Large scale air monitoring: lichen vs. air particulate matter analysis.	The Science of the Total Environment, v.232, p.59-66, 1999.
SAMECKA-CYMERMAN, A.; KEMPERS, A. J.	Bioindication of heavy metals in the town Wroclaw (Poland) with evergreen plants	Atmospheric Environment, v.33, p. 419-430, 1999.
SCERBO, R.; POSSENTI, L.; LAMPUGNANI, L.; RISTORI, T.; BARALE, R.	Lichen (<i>Xanthoria parietina</i>) biomonitoring of trace element contamination and air quality assessment in Livorno Province (Tuscany, Italy).	The Science of the Total Environment, v.241, p.91-106, 1999.
TONCELLI, M.L.; LORENZINI, G.	Comparative evaluation of biomonitoring techniques of tropospheric ozone	Environmental Monitoring and Assessment, v.55, p.445-458, 1999.
TRIMBACHER, C.; WEIS, P.	Needle surface characteristics and element contents of Norway spruce in relation to the distance of emission sources	Environmental Pollution, v.105, p. 11-119, 1999.
WADLEIGH, M. A.; BLAKE, D.M.	Tracing sources of atmospheric using epiphytic lichens	Environmental Pollution, v.106, p.265-271, 1999.
WEISS, D.; SHOTYK, W.; KRAMERS, J.D.; GLOOR, M..	Sphagnum mosses as archives of recent and past atmospheric lead deposition in Switzerland	Atmospheric Environment, v.33, p.3751-3763, 1999.
2000		
AKOSY, A.; ÖZTÜRK, M.A.	Nerium oleander L. of lead and other heavy metal pollution in Mediterranean environments	The Science of the Total Environment, v.205, p.145-150, 1997.
ALAIMO, M.G.; DONGARRÀ, G.; MELATI, M.R.; MONNA, F.; VARRICA, D.	Recognition of environmental trace metal contamination using pine needles as bioindicators. The urban area of Palermo (Italy)	Environmental Geology, v.39, n. 8, p.914-923, 2000.
BULBOVAS, P.	Efeitos da poluição atmosférica na germinação e crescimento de plântulas de <i>Euterpe edulis</i> MARTna região de Cubatão, SP. 2000. 115f	Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
CEBURNIS, D.; STEINNES. E.	Conifer needles as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: comparison with mosses and precipitation, role of the canopy	Atmospheric Environment, v.34, p.4265-4271, 2000.
FAUS-KESSLER, T.; DIETL, C.; TRITSCHLER, J.; PEICHL, L.	Correlation patterns of metals in the epiphytic moss <i>Hypnum cupressiforme</i> in Bavaria	Atmospheric Environment, v.32, n.2, p.427-439, 2000.
FERNÁNDEZ, J. A.; ABOAL, J. R.; CARBALLEIRA, A.	Use of native and transplanted mosses as complementary techniques for biomonitoring mercury around an industrial facility	The Science of the Total Environment, v.256, p.151-161, 2000.

Autor	Título do Artigo	Referência
FERNÁNDEZ, J. A.; CARBALLEIRA, A.	Differences in the responses of native and transplanted mosses to atmospheric pollution: a possible role of selenium.	Environmental Pollution, v.110, p. 73-78, 2000.
FERREIRA, M.I.; PETRENKO, H.; LOBO, D.J.A.; RODRIGUES, G.S.; MOREIRA, A.; SALDIVA, P.H.N.	In situ monitoring of the mutagenic effects of the gaseous emissions of a solid waste incinerator in metropolitan São Paulo, Brazil, using the Tradescantia stamen - hair assay	Journal of the Air & Waste Management Association, v.50, p. 1852-1856, 2000.
GENONI, P.; PARCO, V.; SANTAGOSTINO, A.	Metal biomonitoring with mosses in the surroundings of an oil-fired power plant in Italy	Chemosphere, v.41, p.729-733, 2000.
GONZÁLEZ, C.M.; PIGNATA, M.L.	Chemical Response of transplanted lichen Canomaculina pilosa to different emission sources of air pollutants.	Environmental Pollution, v.110, p. 235-242, 2000.
GRATANI, L.; CRESCENTE, M.F.; PETRUZZI, M.	Relationship between leaf life-span and photosynthetic activity of Quercus ilex in polluted urban areas (Rome).	Environmental Pollution, v.110, p.19-28, 2000.
GUIMARÃES, E.T.; DOMINGOS, M.; ALVES, E.S.; CALDINI JR, N.; LOBO, D.J.A.; LICHTENFELS, A.J.F.C.; SALDIVA, P. H. N.	Detection of the genotoxicity of air pollutants in and around the city of São Paulo (Brazil) with the Tradescantia-micronucleares (Trad-MCN) assay	Environmental and Experimental Botany, v.44, n.1, p.1-8, 2000.
HEAGLE, A.S.; STEFANSKI, L.A.	Relationships between ambient ozone regimes and white clover forage production using different ozone exposure indexes	Atmospheric Environment, v.34, p.735-744, 2000.
HOLOUBEK, I.; KORÍNEK, P.; SEDA, Z.; SCHNEIDEROVÁ, E.; HOLOUBKOVÁ, I.; PAČL, A.; TRISKA, J.; CUDLÍN, P.; ČÁSLAVSKÝ.	The use of mosses and pine needles to detect persistent organic pollutants at local and regional scales	Environmental Pollution, v.109, p.283-292, 2000.
JALKANEN, L.; MÄKINEN, A.; HÄSÄNEN, E.; JUHANOJA, J.	The effect of large anthropogenic particulate emissions on atmospheric aerosols, deposition and bioindicators in the eastern Gulf of Finland region	The Science of the Total Environment, v.262, p.123-136, 2000.
KLUMPP, G.; FURLAN, C.M.; DOMINGOS, M.; KLUMPP, A.	Response of stress indicators and growth parameters of Tibouchina pulchra Cogn. exposed to air and soil pollution near the industrial complex of Cubatão, Brazil	The Science of Total Environment, v.246, p.79-91, 2000.
LIMA, J.S.; FERNANDES, E. B.; FAWCETT, W. N.	Mangifera indica and Phaseolus vulgaris in the bioindication of Air Pollution in Bahia, Brazil	Ecotoxicology and Environmental Safety, v.46, p.275-278, 2000.
LOPPI, S.; BONINI, I.	Lichens and mosses biomonitors of trace elements in areas with springs and fumarole activity (Mt. Amiata, central Italy).	Chemosphere, v.41, p.1333-1336, 2000.
LOPPI, S.; PUTORTI, E.; PIRINTSOS, S.A.; DOMINICIS, V.	Accumulation of Heavy metals in epiphytic lichens near a municipal Solid Waste Incinerator (Central Italy)	Environmental Monitoring and Assessment, v.61, p.361-371, 2000.
MORAES, R.M.; DELITTI, W.B.C.; MORAES, J.A.PV.	Respostas de indivíduos jovens de Tibouchina pulchra Cogn, à poluição aérea de Cubatão, SP: fotossíntese líquida, crescimento e química foliar	Rev. Brasil. Bot., São Paulo, v.23, n.4, p. 441-447, 2000.
NIMIS, P.L.; LAZZARIN, G.; LAZZARIN, N.; SKERT, N.	Biomonitoring of trace elements with lichens in Veneto (NE Italy)	The Science of the Total Environment, v.255, p.97-111, 2000.
ODUKOYA, O.O.; AROWOLO, T.A.; BAMGBOSE, O.	Pb, Zn, and Cu levels in tree barks as indicator of atmospheric pollution	Environmental International, v.26, p.11-16, 2000.
OMASA, K.; TOBE, K.; HOSOMI, M.; KOBAYASHI, M.	Absorption ozone and seven organic pollutants by Populus nigra and Camelia sasanqua	Environ. Scien. & Technol., v.34, p.2498-2500, 2000.
RIGET, F.; ASMUND, G.; AASTRUP, P.	The use of lichen (Cetraria nivalis) and moss (Rhacomitrium lanuginosum) as monitors for atmospheric deposition in Greenland	The Science of the Total Environment, v. 245, p. 137-148, 2000.

Autor	Título do Artigo	Referência
SILVA, L. C.; AZEVEDO, A. A.; SILVA, E. A. M.; OLIVA, M. A.	Flúor em chuva simulada: sintomatologia e efeitos sobre a estrutura foliar e o crescimento de plantas arbóreas	Rev. Brasil. Bot., São Paulo, v.23, n.4, p. 383-391, 2000.
WAPPELHORST O.; KÜHN I.; OEHLMANN J.; MARKERT B.	Deposition and disease: a moss monitoring project as an approach to ascertaining potential connections	The Science of the Total Environment, v. 249, p. 243-256, 2000.
ZAFAR, I.M.; MUHAMMAD, S.	Periodical effects of automobile pollution on the growth of some roadside trees	Ekologia (Bratislava), v.19, n1, p.104-110, 2000.
2001		
ALVES, E. S.; GIUSTI, P. M.; DOMINGOS, M.; SALDIVA, P. H. N.; GUIMARÃES, E. T.; LOBO, D. J. A.	Estudo anatômico foliar do clone híbrido 4430 de Tradescantia: alterações decorrentes da poluição aérea urbana	Rev. Brasil. Bot., São Paulo, v.24, n.4 (suplemento), p. 567-576, 2001.
BEDNÁROVÁ, E.	Situation in epicuticular waxes of birch (<i>Betula pendula</i>) leaves in air-polluted regions	Ekologica (Bratislava), v. 20, n. 3, p.284-291, 2001.
BORTIER, K.; DEKELVER, G.; DE TEMMERNAN, L.; CEULEMANS, R.	Stem injection of <i>Populus nigra</i> with EDU to study ozone effects under fields conditions	Environmental Pollution, n.111, p.199-208, 2001.
CALZADA, I.; MESANZA, J.; CASADO, H.; CASTILHO, F. J.	Biochemical changes in needles of <i>Pinus radiata</i> D. Don trees in relationship to long-term ozone exposure indices	Environmental Pollution, v.114, p.325-335, 2001.
CARRERAS, H. A.; PIGNATA, M. L.	Comparison among air pollutants, meteorological conditions and some chemical parameters in the transplanted lichen <i>Usnea amblyoclada</i>	Environmental Pollution, v.111, p.45-52, 2001.
DOBLEN, H. F. V.; WOLTERBEEK, H. T.; WAMELINK, G.W.W.; BRAAK, C.J.F.T.	Relationship between epiphytic lichens, trace elements and gaseous atmospheric pollutants	Environmental Pollution, v.112, p.163-169, 2001.
GARTY, J.; TAMIR, O.; HASSID, I.; ESHEL, A.; COHEN, Y.; KARNIEL, A.; ORLOVSKY, L.	Photosynthesis, chlorophyll integrity, and spectral reflectance in lichens exposed to air pollution	Journal of Environmental Quality, v. 30(3): 884-893, 2001.
GEEBELEN, W.; HOFFMANN, M.	Evaluation of bio-indication methods using epiphytes by correlating with SO ₂ pollution parameters	Lichenologist, v.33, n.3, p.249-260, 2001.
GEOFF, N.; FRANCES, D.	Environmental accumulation of airborne fluorides in Romania	Environmental Geochemistry and Health, v.23, p.43-51, 2001.
GRODZINSKA, K.; SZAREK-LUKASZEWSKA, G.	Response of mosses to the heavy metal deposition in Poland - an overview	Environmental Pollution, v.114, p.443-451, 2001.
KANOUN, M.; GOULAS, M. J. P.; BIOLLEY, J. P.	Effect of a chronic and moderate ozone pollution on the phenolic pattern of bean leaves (<i>Phaseolus vulgaris</i> L. Cv Nerina): relations with visible injury and biomass production	Biochemical Systematic and Ecology, v.29, p.443-457, 2001.
KEANE, B.; COLLIER, M.H.; SHANN, J.R.; ROGSTAD, S.H.	Metal content of dandelion (<i>Taraxacum officinale</i>) leaves in relation to soil contamination and airborne particulate matter	The Science of the Total Environment, v. 281, p. 63-78, 2001.
KEYMEULEN, R.; GÖRGÉNYI, M.; HÉBERGER, K.; PRIKSANE, A.; LANGENHOVE, H.V.	Benzene, toluene, ethyl benzene and xylenes in ambient air and <i>Pinus sylvestris</i> L. needles: a comparative study between Belgium, Hungary and Latvia	Atmospheric Environmental, v.35, p.6327-6335, 2001.
KLEIER, C.; FARNSWORTH, B.; WINNER, W.	Photosynthesis and biomass allocation of radish cv. "Cherry Belle" in response to root temperature and ozone	Environmental Pollution, v.111, p.127-133, 2001.
KOPPER, B. J.; LINDROTH, R. L.; NORDHEEIM, E. V.	CO ₂ and O ₃ effects on paper birch (<i>Betulaceae: Betula papyrifera</i>) phytochemistry and whitemarked tussock moth (<i>Lymantriidae: Orgyia leucostigma</i>) performance	Entomological Society of America, v30, n.6, p.1119-1126, 2001.

Autor	Título do Artigo	Referência
KUBIZŇÁKOVÁ, J.	Atmospheric pollution as a stressor in disturbed spruce stands.	Ekologica (Bratislava), v. 20, n. 1, p.80-94, 2001.
LOPPI, S.	Environmental distribution of mercury and other trace elements in the geothermal area of Bagnore (Mt. Amiata, Italy)	Chemosphere, v.45, p.991-995, 2001.
NIMIS, P. L.; ANDREUSSI, S.; PITTAO, E.	The performance of two lichen species as bioaccumulators of trace metals	The Science of the Total Environment, v.275, p.43-51, 2001.
SAITANIS, C. J.; KARANDINOS, M. G.	Instrumental recording and biomonitoring of ambient ozone in the Greek countryside	Chemosphere, v. 44, p. 813-821, 2001.
SAITANIS, C. J.; RIGA-KARANDINOS, A.N.; KARANDINOS, M. G.	Effects of ozone on chlorophyll and quantum yield of tobacco (<i>Nicotiana tabacum</i> L.) varieties	Chemosphere, v.42, p.945-953, 2001.
UHLIG, C.; JUNTILLA, O.	Airborne heavy metal pollution and its effects on foliar elemental composition of <i>Empetrum hermaphroditum</i> and <i>Vaccinium myrtillus</i> in Sor-Varanger, northern Norway	Environmental Pollution, v.114, p. 461-469, 2001.
WAGER, D. J.	Monitoring ozone concentrations and assessing risk to vegetation in the central Wasatch Mountains	Dissertation. Utah State University, United States. MAI, 39/03, p. 762, Jun 2001. Publication Number: AAT 1402755
2002		
NIEMI, R.; MARTIKAINEN, P.J.; SILVOLA, J.; HOLOPAINEN, T.	Ozone effects on Sphagnum mosses, carbon dioxide exchange and methane emission in boreal peat land microcosms	The Science of the Total Environment, v. 289, p. 1-12, 2002.
ALESSIO, M.; ANSELMINI, S.; CONFORTO, L.; IMPROTA, S.; MANES, F.; MANFRA, L.	Radiocarbon as a biomarker of urban pollution in leaves of evergreen species sampled in Rome and in rural areas (Lazio-Central Italy)	Atmospheric Environmental, v.36, p.5405-5416, 2002.
AMADO FILHO, G.M.; ANDRADE, L. R.; FARINA, M.; MALM, O.	Hg localization in <i>Tillandsia usneoides</i> L. (Bromeliaceae), an atmospheric biomonitor	Atmospheric Environment. v.36, p. 881-887, 2002.
BRIGHIGNA, L.; PAPINI, A.; MOSTI, S.; CORNIA, A.; BOCCHINI, P.; GALLETI, G.	The use of tropical bromeliads (<i>Tillandsia</i> sp) for monitoring atmospheric pollution in the town of Florence, Italy	Rev. Biol. Trop., v.50, n.2, p. 577-584, 2002.
CARIGNAN, J.; SIMONETTI, A.; GARIÉPY, C.	Dispersal of atmospheric lead in northeastern North America as recorded by epiphytic lichens	Atmospheric Environmental, v.36, p.3759-3766, 2002.
CLAIR ST., S. B.; CLAIR ST., L.L.; MANGELSON, N.F.; WEBER, D.J.	Influence of growth form on the accumulation of airborne copper by lichens	Atmospheric Environmental, v.36, p.5637-5644, 2002.
EL-HASAN, T.; AL-OMARI, H.; JIRIES, A.; AL-NASIR, F.	Cypress tree (<i>Cupressus semervirens</i> L.) bark as an indicator for heavy metal pollution in the atmosphere of Amman City, Jordan.	Environmental International, v.28, p.513-519, 2002.
FIGUEIRA, R.; SÉRGIO, C.; SOUSA, A. J.	Distribution of trace metals in moss biomonitors and assessment of contamination sources in Portugal.	Environmental Pollution, v.118, p.153-163, 2002.
GARTY, J.; LEVIN, T.; COHEN, Y.; LEHR, H.	Biomonitoring air pollution with the desert lichen <i>Ramalina maciformis</i> .	Physiologia Plantarum. v.115, p.267, 2002.
GERDOL, R.; BRAGASSA, L.; MARCHESINI, R.; MEDICI, A.; PEDRINI, P.; BENENDETTI, S.; BOVOLENTA, A.; COPPI, S.	Use of moss (<i>Tortula muralis</i> Hedw) for monitoring organic and inorganic air pollution in urban and rural sites in Northern Italy.	Atmospheric Environmental, v.36, p.4069-4075, 2002.
GIORDANI, P.; BRUNIALTI, G.; ALLETEO, D.	Effects of atmospheric pollution on lichen biodiversity (LB) in a Mediterranean region (Liguria, Northwest Italy).	Environmental Pollution, v.118, p.53-64, 2002.
MADKOUR, S.A.; LAURENCE, J.A.	Egyptian plant species as new ozone indicators.	Environmental Pollution, v.120, p.339-353, 2002.
MANNING, W.J.; GODZIK, B.; MUSSELMAN, R.	Potential bioindicator plant species for ambient ozone in forested mountain areas of central Europe.	Environmental Pollution, v.119, p.283-290, 2002.

Autor	Título do Artigo	Referência
MORAES, R.M.; KLUMPP, A.; FURLAN, C.M.; KLUMPP, G.; DOMINGOS, M.; RINALDI, M.C.S.; MODESTO, I.F.	Tropical fruit trees as bioindicators of industrial air pollution in southeast Brazil.	Environmental International, v.28, p.367-374, 2002.
ORLANDI, M.; PELFINI, M.; PAVAN, M.; SANTILLI, M.; COLOMBINI, M. P.	Heavy metals variations in some conifers in Valle d'Aosta (Western Italian Alps) from 1930 to 2000	Microchemical Journal, v.73, p.237-244, 2002.
PIGNATA, M.L.; GUDIÑO, G.L.; WANNAZ, E.D.; PLÁ, R.R.; GONZÁLEZ, C.M.; CARRERAS, H.A.; ORELLANA, L.	Atmospheric quality and distribution of heavy metals in Argentina employing Tillandsia capillaris as a biomonitor.	Environmental Pollution, v.120, p.59-68, 2002.
SAITANIS, C.J.; KARANDINOS, M.G.	Effects of ozone on tobacco (Nicotiana tabacum L.) varieties.	J. Agronomy & Crop Science. v. 188, p. 51-58, 2002.
SZAREK-LUKASZEWSKA, G.; GRODZINSKA, K; BRANIEWSKI, S.	Heavy metal concentration in the moss Pleurozium schreberi in the Niepolomice forest, Poland: chances during 20 years.	Environmental Monitoring and Assessment, v.79, p.231-237, 2002.
VERGÉ, X.; CHAPUIS, A.; DELPOUX, M.	Bioindicator reliability: the example of Bel W3 tobacco (Nicotiana tabacum L.).	Environmental Pollution, v.118, p.337-349, 2002.
2003		
ACETO, M.; ORNELLA A.; CONCA, R.; MALANDRINO, M.; MENTASTI, E.; SARZANINI, C.	The use of mosses as environmental metal pollution indicators.	Chemosphere, v.50, p. 333-342, 2003.
ADAMO, P.; GIORDANO, S.; VINGIANI, S.; COBIANCHI, R. C.; VIOLANTE, P.	Trace element accumulation by moss and lichen exposed in bags in the city of Naples (Italy)	Environmental Pollution, v.122, p.91-103, 2003.
ALAIMO, M. G.; COLOMBO, P.; FIRETTO, A.; TRAPANI, S.; VIZZI, D.; MELATI, M. R.	Stress induced injuries and trace element concentrations in vascular leaf plants from an urban environment, (Palermo, Italy).	Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, v. 17(Supplement 1): 65-74, 2003
BACKOR, M.; PAULIKOVA, K.; GERALSKA, A.; DAVIDSON, R.	Monitoring of air pollution in Kosice (eastern Slovakia) using lichens.	Polish Journal of Environmental Studies, v. 12(2): 141-150, 2003.
BARGAGLI, R.; MONACI, F.; AGNORELLI, C.	Oak leaves as accumulators of airborne elements in an area with geochemical and geothermal anomalies.	Environmental Pollution, v. 124(2): 321-329, 2003.
CAPE, J. N.; LEITH, I. D.; BINNIE, J.; CONTENT, J.; DONKIN, M.; SKEWES, M.; PRICE, D.N.; BROWN, A. R.; SHARPE, A. D.	Effects of VOCs on herbaceous plants in an open-top chamber experiment.	Environmental Pollution, v. 124(2): 341-353, 2003.
CHAPPELKA, A. H.; NEUFELD, H. S.; DAVISON, A. W.; SOMERS, G. L.; RENFRO, J. R.	Ozone injury on cutleaf coneflower (Rudbeckia laciniata) and crown-beard (Verbesina occidentalis) in Great Smoky Mountains National Park.	Environmental Pollution, v. 125(1): 53-59, 2003.
COLLIER, M. D.; SHEPPARD, L.J.; CROSSLEY, A.; HANKE, D. E.	Needle cytokinin content as a sensitive bioindicator of N pollution in Sitka spruce	Plant Cell and Environment, v.26 (12): 1929-1939, 2003
COULSTON, J. W.; SMITH, G. C.; SMITH, W. D.	Regional assessment of ozone sensitive tree species using bioindicator plants.	Environmental-Monitoring-and-Assessment, v. 83(2): 113-127, 2003.
DAVISON, A. W.; NEUFELD, H. S.; CHAPPELKA, A. H.; WOLFF, K.; FINKELSTEIN, P. L.	Interpreting spatial variation in ozone symptoms shown by cutleaf cone flower, Rudbeckia laciniata L.	Environmental Pollution, v.125 (1): 61-70, 2003.
EL-KHATIB, A. A.	The response of some common Egyptian plants to ozone and their use as biomonitors.	Environmental Pollution, v. 124(3): 419-428, 2003.
FERREIRA, M.I.; RODRIGUES, G.S.; DOMINGOS, M.; SALDIVA, P.H.N.	In Situ Monitoring of Mutagenicity of Air Pollutants in São Paulo City Using Tradescantia - SHM Bioassay.	Brazilian Archives of Biology and Technology, v.46, n.2, p. 253-258, 2003.
FORNASIERO, R. B.	Fluorides effects on Hypericum perforatum plants: First field observations.	Plant Science (Oxford), v.165 (3): 507-513, 2003.
FUERST, A.; SMIDT, S.; HERMAN, F.	Monitoring the impact of sulphur with the Austrian Bioindicator Grid.	Environmental Pollution, v. 125(1): 13-19, 2003.

Autor	Título do Artigo	Referência
GARTY, J.; TOMER, S.; LEVIN, T.; LEHR, H.	Lichens as biomonitors around a coal-fired power station in Israel.	Environmental Research, v.91, p.186-198, 2003.
GEROSA, G.; MARZUOLI, R.; BUSSOTTI, F.; PANCRAZI, M.; BALLARIN, D. A.	Ozone sensitivity of <i>Fagus sylvatica</i> and <i>Fraxinus excelsior</i> young trees in relation to leaf structure and foliar ozone uptake.	Environmental Pollution, v.125 (1): 91-98, 2003.
GOMBERT, S.; ASTA, J.; SEAWARD, M. R. D.	Correlation between the nitrogen concentration of two epiphytic lichens and the traffic density in an urban area	Environmental Pollution, v.123, p.281-290, 2003.
GONZALEZ, C. M.; PIGNATA, M. L.; ORELLANA, L.	Applications of redundancy analysis for the detection of chemical response patterns to air pollution in lichen.	Science of the Total Environment, v. 312(1-3): 245-253, 2003
GRACIANO, C.; FERNANDEZ, L. V.; CALDIZ, D. O.	<i>Tillandsia recurvata</i> L. as a bioindicator of sulfur atmospheric pollution.	Ecologia Austral, v.13 (1): 3-14, 2003.
GREGG, J. W.; JONES, C. G.; DAWSON, T. E.	Urbanization effects on tree growth in the vicinity of New York City.	Nature (London), v.424 (6945): 183-187, 2003.
GRODZINSKA, K.; FRONTASYEVA, M.; SZAREK-LUKASZEWSKA, G.; KLICH, M.; KUCHARSKA-FABIS, A.; GUNDORINA, S. E.; OSTROVNAYA, T. M.	Trace element contamination in industrial regions of Poland studied by moss monitoring.	Environmental-Monitoring-and-Assessment, v.87 (3): 255-270, 2003.
KRISHNA, M. V. B.; KARUNASAGAR, D.; ARUNACHALAM, J.	Study of mercury pollution near a thermometer factory using lichens and mosses.	Environmental Pollution, v. 124(3): 357-360, 2003.
LOPPI, S.; BOSI, A.; SIGNORINI, C.; DE-DOMINICIS, V.	Lichen recolonization of <i>Tilia</i> trees in Arezzo (Tuscany, central Italy) under conditions of decreasing air pollution.	Cryptogamie Mycologi, v.24 (2): 175-185, 2003.
LORENZINI, G.; LANDI, U.; LOPPI, S.; NALI, C.	Lichen distribution and bioindicator tobacco plants give discordant response: a case study from Italy.	Environ Monit. Assess., v. 82(3): 243-64, 2003
MAKHOLM, M. M.	Assessing air pollution impacts: Biomonitoring with lichens and mosses	Dissertation. The University of Wisconsin, Madison, 2003, p. 105.
NOVAK, K.; SKELLY, J. M.; SCHAUB, M.; KRAUCHI, N.; HUG, C.; LANDOLT, W.; BLEULER, P.	Ozone air pollution and foliar injury development on native plants of Switzerland.	Environmental Pollution, v. 125(1): 41-52, 2003.
ORENDOVICI, T.; SKELLY, J. M.; FERDINAND, J. A.; SAVAGE, J. E.; SANZ, M. J.; SMITH, G. C.	Response of native plants of northeastern United States and southern Spain to ozone exposures; determining exposure/response relationships.	Environmental Pollution, v. 125(1): 31-40, 2003.
PASQUALINI, V.; ROBLES, C.; GARZINO, S.; GREFF, S.; BOUSQUET-MELOU, A.; BONIN, G.	Phenolic compounds content in <i>Pinus halepensis</i> Mill. Needles: a bioindicator of air pollution.	Chemosphere, v.52, p.239-248, 2003.
PICZAK, K.; LESNIEWICZ, A.; ZYRNICKI, W.	Metal concentrations in deciduous tree leaves from urban areas in Poland.	Environmental Monitoring and Assessment, v.86 (3): 273-287, 2003.
PUGLISI, M.; PRIVITERA, M.; CENCI, R. M.; BEONE, G. M.	Bryophytes as bioaccumulators of trace elements in environmental monitoring of Mt. Etna (Sicily)	Archivio Geobotanico, v. 9(1-2): 19-24, 2003
RAUTIO, P.; HUTTUNEM, S.	Total vs. internal element concentrations in Scots pine needles along a sulphur and metal pollution gradient.	Environmental Pollution, v.122, p.273-289, 2003.
RIBAS, A.; PEÑUELAS, J.	Biomonitoring of tropospheric ozone phytotoxicity in rural Catalonia.	Atmospheric Environmental, v.37, p.63-71, 2003.
ROBLES, C.; GREFF, S.; PASQUALINI, V.; GARZINO, S.; BOUSQUET-MELOU, A.; FERNANDEZ, C.; KORBOULEWSKY, N.; BONIN, G.	Phenols and flavonoids in Aleppo pine needles as bioindicators of air pollution.	Journal-of-Environmental-Quality, v.32 (6): 2265-2271, 2003.

Autor	Título do Artigo	Referência
SCHAUB, M.; SKELLY, J. M.; STEINER, K. C.; DAVIS, D. D.; PENNYPACKER, S. P.; ZHANG, J.; FERDINAND, J. A.; SAVAGE, J. E.; STEVENSON, R. E.	Physiological and foliar injury responses of <i>Prunus serotina</i> , <i>Fraxinus americana</i> , and <i>Acer rubrum</i> seedlings to varying soil moisture and ozone.	Environmental Pollution, v. 124(2): 307-320, 2003.
SMITH, G.; COULSTON, J.; JEPSEN, E.; PRICHARD, T.	A national ozone biomonitoring program: Results from field surveys of ozone sensitive plants in northeastern forests (1994-2000).	Environmental Monitoring and Assessment, v.87 (3): 271-291, 2003.
SRIUSSADAPORN, C.; YAMAMOTO, K.; FUKUSHI, K.; SIMAZAKI, D.	Comparison of DNA damage detected by plant comet assay in roadside and non-roadside environments.	Mutation Research, v.541 (1-2): 31-44, 2003.
STABENTHEINER, E.; GROSS, A.; SOJA, G.; GRILL, D.	Ozone biomonitoring using tobacco, <i>Nicotiana tabacum</i> "BelW3"	Acta Biologica Slovenica, 46(2): 21-28, 2003
SUMITA, N.M.; MENDES, M.E.; MACCHIONE, M.; GUIMARÃES, E.T.; de-LICHTENFELS, A.J.F.C.; de-LOBO, D.J.A.; SALDIVA, P.H.N.	<i>Tradescantia pallida</i> cv. <i>purpurea</i> Boom in the characterization of air pollution bioaccumulation of trace elements.	Journal of the Air & Waste Management Association, v.53, P. 574-579, 2003.
SUMITA, N. M.; MENDES, M. E.; MACCHIONE, M.; GUIMARAES, E.T.; DE-LICHTENFELS, A. J.; DE-LOBO, D. J.; SALDIVA, P. H.; SAIKI, M.	<i>Tradescantia pallida</i> cv. <i>purpurea</i> boom in the characterization of air pollution by accumulation of trace elements.	J. Air Waste Manag. Assoc., v. 53(5): 574-9, 2003
SUN, E. J.; KANG, H. W.	Tobacco clones derived from tissue culture with supersensitivity to ozone.	Environmental Pollution, v.125 (1): 111-115, 2003.
TONNEIJCK, A.E.G.; BERGE TEN, W.F.; JANSEN, B.P.	Monitoring the effects of atmospheric ethylene near polyethylene manufacturing plants with two sensitive plant species.	Environmental Pollution, v.123, p.275-279, 2003.
YUSKA, D. E.; SKELLY, J. M.; FERDINAND, J. A.; STEVENSON, R. E.; SAVAGE, J. E.; MULIK, J.D.; HINES, A.	Use of bioindicators and passive sampling devices to evaluate ambient ozone concentrations in north central Pennsylvania.	Environmental Pollution, v.125 (1): 71-80, 2003.
ZSCHAU, T.; GETTY, S.; GRIES, C.; AMERON, Y.; ZAMBRANO, A.; NASH, T. H. III	Historical and current atmospheric deposition to the epiphytic lichen <i>Xanthoparmelia</i> in Maricopa County, Arizona.	Environmental Pollution, v. 125(1): 21-30, 2003.
2004		
ABDUL-WAHAB, S. A.; YAGHI, B.	Use of plants to monitor contamination of air by SO ₂ in and around refinery	Journal of Environmental Science and Health Part A-Toxic Hazardous Substances and-Environmental Engineering, v. 39(6): 1559-1571, 2004.
ABOAL, J. R.; FERNANDEZ, J. A.; CARBALLEIRA, A.	Oak leaves and pine needles as biomonitors of airborne trace elements pollution	Environmental and Experimental Botany, v. 51(3): 215-225, 2004.
BAJPAI, R.; UPRETI, D. K.; MISHRA, S. K.	Pollution monitoring with the help of lichen transplant technique at some residential sites of Lucknow city, Uttar Pradesh	Journal of Environmental Biology, v. 25(2): 191-195, 2004.
BASSIN, S.; KOLLIKER, R.; CRETTON, C.; BERTOSSA, M.; WIDMER, F.; BUNGENER, P.; FUHRER, J.	Intra-specific variability of ozone sensitivity in <i>Centaurea jacea</i> L., a potential bioindicator for elevated ozone concentrations.	Environ Pollut., v. 131(1): 1-12, 2004
DEMIRBAS, A.	Trace element concentrations in ashes from various types of lichen biomass species	Energy Sources, v. 26(5): 499-506, 2004.
FERNANDEZ, J.A.; ABOAL, J. R.; COUTO, J. A.; CARBALLEIRA, A.	Moss bioconcentration of trace elements around a FeSi smelter: modeling and cellular distribution	Atmospheric Environment, v. 38(26): 4319-4329, 2004.
HERPIN, U.; SIEWERS, U.; MARKERT, B.; ROSOLEN, V.; BREULMANN, G.; BERNOUX, M.	Second German heavy-metal survey by means of mosses, and comparison of the first and second approach in Germany and other European countries.	Environmental Science and Pollution Research International, v. 11(1): 57-66, 2004.

Autor	Título do Artigo	Referência
LEHNDORFF, E.; SCHWARK, L.	Biomonitoring of air quality in the Cologne Conurbation using pine needles as a passive sampler - Part II: polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH)	Atmospheric Environment, v. 38(23): 3793-3808, 2004.
LOPPI, S.; FRATI, L.; PAOLI, L.; BIGAGLI, V.; ROSSETTI, C.; BRUSCOLI, C.; CORSINI, A.	Biodiversity of epiphytic lichens and heavy metal contents of Flavoparmelia caperata thalli as indicators of temporal variations of air pollution in the town of Montecatini Terme (central Italy)	Science of the Total Environment. V.326(1-3): 113-122, 2004
MAISTO, G.; ALFANI, A.; BALDANTONI, D.; DE-MARCO, A.; DE-SANTO, A. V.	Trace metals in the soil and in Quercus ilex L. leaves at anthropic and remote sites of the Campania Region of Italy	Geoderma, v. 122(2-4): 269-279, 2004.
MANNING, W. J.; GODZIK, B.	Bioindicator plants for ambient ozone in Central and Eastern Europe	Environmental Pollution, v. 130(1): 33-39, 2004.
NALI, C.; CROCICCHI, L.; LORENZINI, G.	Plants as indicators of urban air pollution (ozone and trace elements) in Pisa, Italy	Journal of Environmental Monitoring, v. 6(7): 636-645, 2004.
OLIVA, S. R.; VALDES, B.	Ligustrum lucidum AIT. F. leaves as a bioindicator of the air-quality in a Mediterranean City	Environmental Monitoring and Assessment, v. 96(1-3): 221-232, 2004.
OTVOS, E.; KOZAK, I. O.; FEKETE, J.; SHARMA, V. K.; TUBA, Z.	Atmospheric deposition of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in mosses (Hypnum cupressiforme) in Hungary	Science of the Total Environment, v. 330(1-3): 89-99, 2004.
PURVIS, O. W.; CHIMONIDES, P. J.; JONES, G. C.; MIKHAILOVA, I. N.; SPIRO, B.; WEISS, D. J.; WILLIAMSON, B. J.	Lichen biomonitoring near Karabash Smelter Town, Ural Mountains, Russia, one of the most polluted areas in the world.	Proceedings of the Royal Society Biological Sciences Series B, v. 271(1536): 221-226, 2004.
SALEMAA, M.; DEROME, J.; HELMISAARI, H. S.; NIEMINEN, T.; VANHA-MAJAMAA, K.	Element accumulation in boreal bryophytes, lichens and vascular plants exposed to heavy metal and sulfur deposition in Finland	Science of the Total Environment, v. 324(1-3): 141-160, 2004.
SMIDT, S.; HERMAN, F.	Evaluation of air pollution-related risks for Austrian mountain forests.	Environ. Pollut., v.130 (1): 99-112, 2004
URBAT, M.; LEHNDORFF, E.; SCHWARK, L.	Biomonitoring of air quality in the Cologne conurbation using pine needles as a passive sampler - Part I: magnetic properties	Atmospheric Environment, v. 38(23): 3781-3792, 2004.
YENISOY-KARAKAS, S.; TUNCEL, S. G.	Geographic patterns of elemental deposition in the Aegean region of Turkey indicated by the lichen, Xanthoria parietina (L.) Th. Fr.	Science of the Total Environment, v. 329(1-3): 43-60, 2004.
2005		
ALAIMO, M. G.; VIZZI, D.; MELATI, M. R.	Histochemical properties and trace element concentrations in Parietaria L. from urban sites (Palermo, Italy)	Aerobiologia, v. 21(1): 21-31, 2005.
BASLAR, S.; DOGAN, Y.; YENIL, N.; KARAGOZ, S.; BAG, H.	Trace element biomonitoring by leaves of Populus nigra L. from Western Anatolia, Turkey	Journal of Environmental Biology, v. 26(4): 665-668, 2005.
BENNETT, J. P.; BENSON, S.	Elemental content of lichens of the Point Reyes Peninsula, northern California	Science-of-the-Total-Environment, v. 343(1-3): 199-206, 2005.
BIALONSKA, D.; DAYAN, F. E.	Chemistry of the lichen Hypogymnia physodes transplanted to an industrial region	Journal of Chemical Ecology, v. 31(12): 2975-2991, 2005.
BURKEY, K. O.; MILLER, J. E.; FISCUS, E. L.	Assessment of ambient ozone effects on vegetation using snap bean as a bioindicator species	Journal of Environmental Quality, v. 34(3): 1081-1086, 2005.
CELIK, A.; KARTAL, A. A.; AKDOGAN, A.; KASKA, Y.	Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using Robinio pseudo-acacia L.	Environment-International, v. 31(1): 105-112, 2005.
CHOUDHURY, S.; PANDA, S. K.	Toxic effects, oxidative stress and ultrastructural changes in moss Taxithelium nepalense (Schwaegr.) Broth. under chromium and lead phytotoxicity	Water Air and Soil Pollution, v. 167(1-4): 73-90, 2005.

Autor	Título do Artigo	Referência
FREMSTAD, E.; PAAL, J.; MOLS, T.	Impacts of increased nitrogen supply on Norwegian lichen-rich alpine communities: a 10-year experiment	Journal of Ecology, v. 2 93(3): 471-481, 2005.
HASSELBACH, L.; VER-HOEF, J. M.; FORD, J.; NEITLICH, P.; CRECELIUS, E.; BERRYMAN, S.; WOLK, B.; BOHLE, T.	Spatial patterns of cadmium and lead deposition on and adjacent to National Park Service lands in the vicinity of Red Dog Mine, Alaska	Science-of-the-Total-Environment, v. 348(1-3): 211-230, 2005.
HIJANO, C. F.; DOMINGUEZ, M. D. P.; GIMENEZ, R. G.; SANCHEZ, P. H.; GARCIA, I. S.	Higher plants as bioindicators of sulphur dioxide emissions in urban environments	Environmental Monitoring and Assessment, v. 111(1-3): 75-88, 2005.
JOVAN, S.; MCCUNE, B.	Air-quality bioindication in the greater central valley of California, with epiphytic macrolichen communities	Ecological Applications, v. 15(5): 1712-1726, 2005.
LEE, C. S. L.; LI, X.; ZHANG, G.; PENG, X.; ZHANG, L.	Biomonitoring of trace metals in the atmosphere using moss (<i>Hypnum plumaeforme</i>) in the Nanling Mountains and the Pearl River Delta, Southern China	Atmospheric Environment, v. 39(3): 397-407, 2005.
LIU, W.; LI, P. J.; QI, X. M.; ZHOU, Q. X.; ZHENG, L.; SUN, T. H.; YANG, Y. S.	DNA changes in barley (<i>Hordeum vulgare</i>) seedlings induced by cadmium pollution using RAPD analysis	Chemosphere, v. 61(2): 158-167, 2005.
LIU, X.; ZHANG, G.; JONES, K. C.; LI, X.; PENG, X.; QI, S.	Compositional fractionation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in mosses (<i>Hypnum plumaeformae</i> WILS.) from the northern slope of Nanling Mountains, South China	Atmospheric Environment, v. 39(30): 5490-5499, 2005.
MANNING, W. J.	<i>Pinus cembra</i> , a long term bioindicator for ambient ozone in subalpine regions of the Carpathian Mountains	Polish Botanical Studies, v. 19: 59-64, 2005.
MANKOVSKA, B.; PERCY, K. E.; KARNOSKY, D. F.	Impacts of greenhouse gases on epicuticular waxes of <i>Populus tremuloides</i> Michx.: results from an open-air exposure and a natural O ₃ gradient.	Environ. Pollut, v. 137(3): 580-6, 2005
MENDIL, D.; TUZEN, M.; YAZICI, K.; SOYLAK, M.	Heavy metals in lichens from roadsides and an industrial zone in Trabzon, Turkey	Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, v. 74(1): 190-194, 2005.
MITCHELL, R. J.; TRUSCOT, A. M.; LEITH, I. D.; CAPE, J. N.; VAN-DIJK, N.; TANG, Y. S.; FOWLER, D.; SUTTON, M. A.	A study of the epiphytic communities of Atlantic oak woods along an atmospheric nitrogen deposition gradient	Journal of Ecology, v. 93(3): 482-492, 2005.
NAIDOO, G.; NAIDOO, Y.	Coal dust pollution effects on wetland tree species in Richards Bay, South Africa	Wetlands Ecology and Management, v. 13(5): 509-515, 2005.
SAIPUNKAEW, W.; WOLSELEY, P.; CHIMONIDES, P. J.	Epiphytic lichens as indicators of environmental health in the vicinity of Chiang Mai city, Thailand	Lichenologist (London), v. 37(Part 4): 345-356, 2005.
SARDANS, J.; PENUELAS, J.	Trace element accumulation in the moss <i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw. and the trees <i>Quercus ilex</i> L. and <i>Pinus halepensis</i> Mill. in Catalonia	Chemosphere, v. 60(9): 1293-1307, 2005.
SAXENA, D. K.; KAUR, H.	Effect of cadmium and nickel toxicity on the peroxidase activity and carotenoids content in moss <i>Thuidium cymbifolium</i> .	Indian Journal of Plant Physiology, v. 10(4): 397-399, 2005.
SCHINTU, M.; COGONI, A.; DURANTE, L.; CANTALUPPI, C.; CONTU, A.	Moss (<i>Bryum radiculosum</i>) as a bioindicator of trace metal deposition around an industrialized area in Sardinia (Italy)	Chemosphere, v. 60(5): 610-618, 2005.
SINGH, P. K.	Plants as indicators of air pollution: An Indian experience	Indian Forester, v. 131(1): 71-80, 2005.

Autor	Título do Artigo	Referência
SMYKLA, J.; SZAREK-GWIAZDA, E.; KRZEWICKA, B.	Trace elements in the lichens <i>Usnea aurantiaco-atra</i> and <i>Usnea antarctica</i> from the vicinity of Uruguay's Artigas Research Station on King George Island, Maritime Antarctic	Polish Botanical Studies, v. 19: 49-57, 2005.
SOLGA, A.; BURKHARDT, J.; ZECHMEISTER, H. G.; FRAHM, J.P.	Nitrogen content, ¹⁵ N natural abundance and biomass of two pleurocarpous mosses <i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt. and <i>Scleropodium purum</i> (Hedw.) Limpr. in relation to atmospheric nitrogen deposition	Environmental Pollution, v. 134(3): 465-473, 2005.
STEINNES, E.; ABERG, G.; HJELMSETH, H.	Atmospheric deposition of lead in Norway: spatial and temporal variation in isotopic composition	Science of the Total Environment, 336(1-3): 105-117, 2005
WANG, C.; XING, D.; ZENG, L.; DING, C.; CHEN, Q.	Effect of artificial acid rain and SO ₂ on characteristics of delayed light emission	Luminescence (Chichester), v. 20(1): 51-56, 2005.
ZECHMEISTER, H. G.; HOHENWALLNER, D.; HANUS-ILLNAR, A.	Estimation of element deposition derived from road traffic sources by using mosses	Environmental Pollution, v. 138(2): 238-249, 2005.
ZECHMEISTER, H. G.; RISS, A.; HOHENWALLNER, D.; HANUS-ILLNAR, A.; RODER, I.	Changes in trace metal deposition in Austria between 1991 and 2000	Polish Botanical Studies, v. 19: 27-34, 2005.
2006		
AKSOY, A.; DEMIREZEN, D.	<i>Fraxinus excelsior</i> as a biomonitor of heavy metal pollution	Polish Journal of Environmental Studies, v.15(1): 27-33, 2006
BYKOWSZCZENKO, N.; BARANOWSKA-BOSIACKA, I.; BOSIACKA, B.; KACZMAREK, A.; CHLUBEK, D.	Determination of heavy metal concentration in mosses of Slowinski National Park using atomic absorption spectrometry and neutron activation analysis methods	Polish Journal of Environmental Studies, v. 15(1): 41-46, 2006.
COSKUN, M.	Atmospheric deposition of heavy metals in thrace studied by analysis of Austrian pine (<i>Pinus nigra</i>) needles	Bulletin-of Environmental Contamination and Toxicology, v. 76(2): 320-326, 2006.
DAVIS, D. D.; ORENOVICI, T.	Incidence of ozone symptoms on vegetation within a National Wildlife Refuge in New Jersey, USA	Environmental Pollution, v. 143(3): 555-564, 2006.
DIVRIKLI, U.; MENDIL, D.; TUZEN, M.; SOYLAK, M.; ELCI, L.	Trace metal pollution from traffic in Denizli-Turkey during dry season	Biomedical and Environmental Sciences, v. 19(4): 254-261, 2006.
GAEB, M.; HOFFMANN, K.; LOBE, M.; METZGER, R.; VAN-OOYEN, S.; ELBERS, G.; KOELLNER, B.	NIR-spectroscopic investigation of foliage of ozone-stressed <i>Fagus sylvatica</i> trees	Journal of Forest Research, v. 11(2): 69-75, 2006.
GEMICI, M.; GEMICI, Y.; TAN, K.	Sulphur content of Red pine (<i>Pinus brutia</i>) needles and bark as indicator of atmospheric pollution in Southwest Turkey	Phytologia Balcanica, v. 12(2): 267-272, 2006.
GULERYUZ, G.; ARSLAN, M.; IZGI, B.; GUCER, S.	Element content (Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, and Zn) of the ruderal plant <i>Verbascum olympicum</i> Boiss. from East Mediterranean.	Zeitschrift fuer Naturforschung Section C - Journal of Biosciences, v. 61(5-6): 357-362, 2006.
HABERER, K.; JAEGER, L.; RENNENBERG, H.	Seasonal patterns of ascorbate in the needles of Scots Pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.) trees: Correlation analysis with atmospheric O ₃ and NO ₂ gas mixing ratios and meteorological parameters	Environmental Pollution, v. 139(2): 224-231, 2006.
IRITI, M.; BELLI, L.; NALI, C.; LORENZINI, G.; GEROSA, G.; FAORO, F.	Ozone sensitivity of currant tomato (<i>Lycopersicon pimpinellifolium</i>), a potential bioindicator species	Environmental Pollution, v. 141(2): 275-282, 2006.
JOVAN, S.; McCUNE, B.	Using epiphytic macrolichen communities for biomonitoring ammonia in forests of the greater Sierra Nevada, California	Water Air and Soil Pollution, v. 170(1-4): 69-93, 2006.

Autor	Título do Artigo	Referência
KLUMPP, A.; ANSEL, W.; KLUMPP, G.; CALATAYUD, V.; GARREC, J. P.; HE, S.; PENUELAS, J.; RIBAS, A. RO-POULSEN, H.; RASMUSSEN, S.; SANZ, M. J. VERGNE, P.	Tradescantia micronucleus test indicates genotoxic potential of traffic emissions in European cities	Environmental Pollution, v. 139(3): 515-522, 2006.
KLUMPP, A.; ANSEL, W.; KLUMPP, G.; VERGNE, P.; SIFAKIS, N.; SANZ, M. J.; RASMUSSEN, S.; RO-POULSEN, H.; RIBAS, A.; PENUELAS, J.; KAMBEZIDIS, H.; HE, S.; GARREC, J. P.; CALATAYUD, V.	Ozone pollution and ozone biomonitring in European cities Part II. Ozone-induced plant injury and its relationship with descriptors of ozone pollution	Atmospheric Environment, v. 40(38): 7437-7448, 2006.
KUANG-YUAN-WEN; ZHOU-GUO-YI; WEN-DA-ZHI; LIU-SHI-ZHONG	Acidity and conductivity of Pinus massoniana bark as indicators to atmospheric acid deposition in Guangdong, China	Journal of Environmental Sciences (China), v. 18(5): 916-920, 2006.
LOPPI, S.; FRATI, L.	Lichen diversity and lichen transplants as monitors of air pollution in a rural area of central Italy	Environmental Monitoring and Assessment, v. 114(1-3): 361-375, 2006.
LORENZINI, G.; GRASSI, C.; NALI, C.; PETITI, A.; LOPPI, S.; TOGNOTTI, L.	Leaves of Pittosporum tobira as indicators of airborne trace element and PM10 distribution in central Italy	Atmospheric Environment, v. 40(22): 4025-4036, 2006.
MANDIWANA, K. L.; RESANE, T.; PANICHEV, N.; NGOBENI, P.	The application of tree bark as bio-indicator for the assessment of Cr(VI) in air pollution	Journal of Hazardous Materials, v. 137(2): 1241-1245, 2006.
NALI, C.; FRANCINI, A.; LORENZINI, G.	Biological monitoring of ozone: the twenty-year Italian experience	Journal of Environmental Monitoring, v. 8(1): 25-32, 2006.
NG, O. H.; TAN, B. C.; OBBARD, J. P.	Lichens as bioindicators of atmospheric heavy metal pollution in Singapore	Environmental Monitoring and Assessment, v. 123(1-3): 63-74, 2006.
NUHOGLU, Y.	A new approach to air pollution determination using annual rings: Dendro-chemical elemental analysis of annual rings by SEM-EDS	Polish Journal of Environmental Studies, v. 15(1): 111-119, 2006
ONDER, S.; DURSUN, S.	Air borne heavy metal pollution of Cedrus libani (A. Rich.) in the city center of Konya (Turkey)	Atmospheric Environment, v. 40(6): 1122-1133, 2006.
PIRAINO, F.; AINA, R.; PALIN, L.; PRATO, N.; SGORBATI, S.; SANTAGOSTINO, A.; CITTERIO, S.	Air quality biomonitring: assessment of air pollution genotoxicity in the Province of Novara (North Italy) by using Trifolium repens L. and molecular markers.	Sci. Total Environ., v. 372(1): 350-9, 2006
PIRAINO, F.; AINA, R.; PALIN, L.; PRATO, N.; SGORBATI, S.; SANTAGOSTINO, A.; CITTERIO, S.	Air quality biomonitring: Assessment of air pollution genotoxicity in the Province of Novara (North Italy) by using Trifolium repens L. and molecular markers	Science of the Total Environment, v. 372(1): 350-359, 2006.
RAI, A.; KULSHRESHTHA, K.	Effect of particulates generated from automobile emission on some common plants	Journal of Food Agriculture and Environment, v. 4(1): 253-259, 2006.
RAMO, K.; SLOTTE, H.; KANERVA, T.; OJANPERA, K.; MANNINEN, S.	Growth and visible injuries of four Centaurea jacea L. ecotypes exposed to elevated ozone and carbon dioxide	Environmental and Experimental Botany, v. 58(1-3): 287-298, 2006.
REIMANN, C.; ARNOLDUSSEN, A.; BOYD, R.; FINNE, T. E.; NORDGULEN, O.; VOLDEN, T.; ENGLMAIER, P.	The influence of a city on element contents of a terrestrial moss (Hylocomium splendens)	Science of the Total Environment, v. 369(1-3): 419-432, 2006.
SCHROETER-KERMANI, C.; KREFT, D.; SCHILLING, B.; HERRCHEN, M.; WAGNER, G.	Polycyclic aromatic hydrocarbons in pine and spruce shoots - temporal trends and spatial distribution	Journal of Environmental Monitoring, v. 8(8): 806-811, 2006.
SIRITO-DE-VIVES, A. E.; MOREIRA, S.; BOSCOLO-BRIENZA, S. M.; SILVA-MEDEIROS, J. G.; TOMAZELLO-FILHO, M.; ARAUJO-DOMINGUES-ZUCCHI, O. L.; DO-NASCIMENTO-FILHO, V. F.	Monitoring of the environmental pollution by trace element analysis in tree-rings using synchrotron radiation total reflection X-ray fluorescence	Spectrochimica Acta Part B - Atomic Spectroscopy, v. 61(10-11, Sp. Iss. SI): 1170-1174, 2006.

Autor	Título do Artigo	Referência
SUZUKI, K.	Characterization of airborne particulates and associated trace metals deposited on tree bark by ICP-OES, ICP-MS, SEM-EDX and laser ablation ICP-MS	Atmospheric Environment, v. 40(14): 2626-2634, 2006.
WEISSMAN, L.; FRAIBERG, M.; SHINE, L.; GARTY, J.; HOCHMAN, A.	Responses of antioxidants in the lichen <i>Ramalina lacera</i> may serve as an early-warning bioindicator system for the detection of air pollution stress	FEMS Microbiology Ecology, v. 58(1): 41-53, 2006.
WOO, S. Y.	Trends of several air pollutants and the effects of ozone on the plant antioxidant system in <i>Platanus occidentalis</i> in Korea	Journal of Korean Forestry Society, v. 95(2): 183-187, 2006.
ZECHMEISTER, H. G.; DULLINGER, S.; HOHENWALLNER, D.; RISS, A.; HANUS-ILLNAR, A.; SCHARF, S.	Pilot study on road traffic emissions (PAHs, heavy metals) measured by using mosses in a tunnel experiment in Vienna, Austria	Environmental Science and Pollution Research International, v. 13(6): 398-405, 2006.
2007		
BERGAMASCHI, L.; RIZZIO, E.; GIAVERI, G.; LOPPI, S.; GALLORINI, M.	Comparison between the accumulation capacity of four lichen species transplanted to a urban site	Environmental Pollution, v. 148(2): 468-476, 2007.
CALATAYUD, V.; SANZ, M. J.; CALVO, E.; CERVERO, J.; ANSEL, W.; KLUMPP, A.	Ozone biomonitoring with <i>Bel-W3</i> tobacco plants in the city of Valencia (Spain)	Water Air and Soil Pollution, v. 183(1-4): 283-291, 2007.
CAMERON, R. P.; NEILY, T.; RICHARDSON, D. H. S.	Macrolichen indicators of air quality for Nova Scotia	Northeastern Naturalist, v. 14(1): 1-14, 2007.
CAYIR, A.; COSKUN, M.; COSKUN, M.	Determination of atmospheric heavy metal pollution in Canakkale and Balikesir provinces using lichen (<i>Cladonia rangiformis</i>) as a bioindicator	Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, v. 79(4): 367-370, 2007.
CONTRAN, N.; PAOLETTI, E.	Visible foliar injury and physiological responses to ozone in Italian provenances of <i>Fraxinus excelsior</i> and <i>F. ornus</i>	The Scientific World JOURNAL, v. 7: 90-97, 2007.
DAVIS, D. D.; McCLENAHEN, J. R.; HUTNIK, R. J.	Use of the moss <i>Dicranum montanum</i> to evaluate recent temporal trends of mercury accumulation in oak forests of Pennsylvania	Northeastern Naturalist, v. 14(1): 27-34, 2007.
GALUSZKA, A.	Distribution patterns of PAHs and trace elements in mosses <i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) BSG and <i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt. from different forest communities: A case study, south-central Poland	Chemosphere, v. 67(7): 1415-1422, 2007.
KOHUT, R.	Assessing the risk of foliar injury from ozone on vegetation in parks in the US National Park Service's Vital Signs Network	Environmental Pollution, v. 149(3): 348-357, 2007.
KROMMER, V.; ZECHMEISTER, H. G.; RODER, I.; SCHARF, S.; HANUS-ILLNAR, A.	Monitoring atmospheric pollutants in the biosphere reserve Wienerwald by a combined approach of biomonitoring methods and technical measurements	Chemosphere, v. 67(10): 1956-1966, 2007.
McCLENAHEN, J. R.; DAVIS, D. D.; HUTNIK, R. J.	Macrolichens as biomonitors of air-quality change in western Pennsylvania	Northeastern Naturalist, v. 14(1): 15-26, 2007.
NOVAK, K.; CHERUBINI, P.; SAURER, M.; FUHRER, J.; SKELLY, J. M.; KRAEUCHI, N.; SCHAUB, M.	Ozone air pollution effects on tree-ring growth, delta C-13, visible foliar injury and leaf gas exchange in three ozone-sensitive woody plant species	Tree Physiology, v. 27(7): 941-949, 2007.
OSYCZKA, P.; DUTKIEWICZ, E. M.; OLECH, M.	Trace elements concentrations in selected moss and lichen species collected within Antarctic research stations	Polish Journal of Ecology, v. 55(1): 39-48, 2007.

Autor	Título do Artigo	Referência
PINA, J. M.; MORAES, R. M.	Ozone-induced foliar injury in saplings of <i>Psidium guajava</i> 'Paluma' in Sao Paulo, Brazil	Chemosphere, v. 66(7): 1310-1314, 2007.
REY-ASENSIO, A.; CARBALLEIRA, A.	<i>Lolium perenne</i> as a biomonitor of atmospheric levels of fluoride	Environment International. 2007; 33(4): 583-588
SAIPUNKAEW, W.; WOLSELEY, P. A.; CHIMONIDES, P. J.; BOONPRAGOB, K.	Epiphytic macrolichens as indicators of environmental alteration in northern Thailand	Environmental Pollution, v. 146(2): 366-374, 2007.
SHARMA, S.	<i>Marchantia polymorpha</i> L: A bioaccumulator	Aerobiologia, v. 23(3): 181-187, 2007.
SZCZEPANIAK, K.; ASTEL, A.; SIMEONOV, V.; TSAKOVSKI, S.; BIZIUK, M.; BODE, P.; PRZYJAZNY, A.	Comparison of dry and living <i>Sphagnum palustre</i> moss samples in determining their biocumulative capability as biomonitoring tool	Journal of Environmental Science and Health Part A - Toxic Hazardous Substances and Environmental Engineering, v. 42(8): 1101-1115, 2007.
WANG, X.; ZHENG, Q.; YAO, F.; CHEN, Z.; FENG, Z.; MANNING, W. J.	Assessing the impact of ambient ozone on growth and yield of a rice (<i>Oryza sativa</i> L.) and a wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) cultivar grown in the Yangtze Delta, China, using three rates of application of ethylenediurea (EDU)	Environmental Pollution, v. 148(2): 390-395, 2007

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BURGER, J. Bioindicators: A review of their use in the environmental literature 1970-2005. **Environmental Bioindicators**, v.1, n.2, p.136-144, 2006. Disponível em: <<http://www.sibi.usp.br/sibi/biblioteca/revista/selecao.php>>. Acesso em: 05 nov. 2008.

CARRERAS, H. A.; PIGNATA, M. L. Comparison among air pollutants, meteorological conditions and some chemical parameters in the transplanted lichen *Usnea amblyoclada*. **Environmental Pollution**, v.111, p.45-52. Jan. 2001.

CARNEIRO, R. M. A. **Bioindicadores vegetais de poluição atmosférica**: uma contribuição para a saúde da comunidade. 2004. 146f. Dissertação (Mestrado). Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto-SP.

DOMINGOS, M.; KLUMPP, A.; KLUMPP, G. Air pollution impact on the Atlantic forest in the Cubatão region, SP, Brazil. **Ciência e Cultura Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science**, v. 50, n.4, p. 230-236. July/August. 1998.

GARTY, J.; KLOOG, N.; COHEN, Y. Integrity of lichen cell membranes in relation to concentration of airborne elements. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.** v. 34, p.136-144, 1998. Disponível em: <<http://www.sibi.usp.br/sibi/biblioteca/revista/selecao.php>>. Acesso em: 17 jan. 2004.

GREENHALGH, T. Papers that summarize other papers (systematic reviews and meta-analyses). **BMJ**, v. 315, p. 672-3. Jul/Aug. 1997.

KLUMPP, A.; DOMINGOS, G.; KLUMPP, G. Assessment of the vegetation risk by fluoride emissions from fertilizer industries at Cubatão, Brazil. **The Science of the Total Environment**, v.192, p.219-228. March. 1996.

KLUMPP, A.; ANSEL, W.; KLUMPP, G.; FOMIN, A. Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede européia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras (EuroBionet). **Rev. Bras. Bot.**, n. 4. supl., 511-518. dez. 2001.

KLUMPP, A.; KLUMPP, G.; ANSEL, W. Eurobionet: standardized methods for biomonitoring air quality in European cities. **Inter. Soc. Environ. Botanists**, v.9, n.3, 2003. EnviroNews, News-

letter of ISEB India. Disponível em: <http://isebindia.com/01_04/03-07-1.html> Acesso em: 05 fev. 2009.

KRUPA, S.V.; LEGGE, A.H. Foliar injury symptoms of Saskatoon serviceberry (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) as a biological indicator of ambient sulfur dioxide exposures. **Environmental Pollution**, v.106, p.449-454, 1999. Disponível em: <<http://www.sibi.usp.br/sibi/biblioteca/revista/selecao.php>> Acesso em: 17 jan. 2004.

MUÑOZ, S. I. S.; TAKAYANAGUI, A.M.M.; SANTOS, C.B.; SANCHEZ_SWEATMAN, O. Revisão Sistemática de literatura e metanálise: desenho, interpretação e aplicação na área da saúde. **Anais do 8.º Simpósio de Comunicação em Enfermagem**. SIBRACEN. maio. 2002. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/> - Eventos.

REISS, R.; ANDERSON, E. L.; HIDY, G.; HOEL, D.; MACLELLAN, R.; MOOLGAVKAR, S. Evidence of health impacts of sulfate and nitrate containing particles in ambient air. **Inhal. Toxicol.**, v. 19, n. 5, p. 419-49, 2007. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17365047>> Acesso em: 07 jan. 2009.

KREWSKI, D. Evaluating the effects of ambient air pollution on life expectancy. **N. Engl. J. Med**, v. 360, n. 4, p. 413-415, 2009. Disponível em < <http://content.nejm.org/cgi/content/full/360/4/413>> Acesso em: Acesso em: 07 jan. 2009.

SCERBO, R.; POSSENTI, L.; LAMPUGNANI, L.; RISTORI, T.; BARALE, R. Lichen (*Xanthoria parietina*) biomonitoring of trace element contamination and air quality assessment in Livorno Province (Tuscany, Italy). **The Sci-**

ence of the Total Environment, v.241, p.91-106, 1999. Disponível em: <<http://www.sibi.usp.br/sibi/biblioteca/revista/selecao.php>> Acesso em: 17 jan. 2004.

SILVA, L.C.; AZEVEDO, A. A.; SILVA, E. A. M.; OLIVA, M. A. Flúor em chuva simulada: sintomatologia e efeitos sobre a estrutura foliar e o crescimento de plantas arbóreas. **Rev. Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.23, n.4, p. 383-391, 2000. Disponível em: <<http://www.sibi.usp.br/sibi/biblioteca/revista/>

[selecao.php](#)> Acesso em: 17 jan. 2004.

SUMITA, N.M.; MENDES, M.E.; MACCHIONE, M.; GUIMARÃES, E.T.; LICHTENFELS, A.J.F.C.; LOBO, D.J.A.; SALDIVA, P.H.N. *Tradescantia pallida* cv. *purpurea* Boom in the characterization of air pollution by accumulation of trace elements. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v.53, p. 574-579. 2003.

A identificação dos resíduos em uma indústria de alimentos e sua política ambiental

RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar um estudo relacionado à investigação dos impactos ambientais gerados a partir do processo produtivo de uma indústria de alimentos oriundos da soja, identificando os resíduos gerados pela empresa e a forma de destinação. Foram realizadas visitas técnicas à empresa, entrevistas não estruturadas e análise de documentação. Os resultados evidenciaram que a empresa tem consciência da importância da gestão dos recursos naturais, considerando seus resíduos como um material com potencial de reaproveitamento e demonstra através de sua política de responsabilidade ambiental atitudes sustentáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos, Recursos, Impactos.

ABSTRACT

This paper aims to present a research study related to the environmental impacts generated from the production process of an industry of food from the soybean, identifying the waste generated by the company and the form of assignment. Were conducted technical visits to the company, unstructured interviews and analysis of documentation. The results showed that the company is aware of the importance of managing natural resources, considering their waste as a material with the potential for reuse and demonstrates through its politics of environmental responsibility attitudes sustainable.

KEYWORDS: Waste, Resources, Impacts.

Elisangela N. Brandli

Professora Mestre em Engenharia,
Faculdade Anhanguera
E-mail: elisnicoloso@yahoo.com.br

Adalberto Pandolfo

Professor Doutor, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia (PPGENG),
Universidade de Passo Fundo (UPF),
Faculdade de Engenharia e Arquitetura (FEAR)

Jalusa Guimarães

Bolsista Pibic, Faculdade de Engenharia e
Arquitetura (FEAR)
Universidade de Passo Fundo (UPF)

Marco Aurelio Stumpf González

Dr. Em Eng. Programa de Pós Graduação em
Engenharia (PPGE), Unisinos

Renata Reinehr

Bolsista Cnpq, Faculdade de Engenharia e
Arquitetura (FEAR), Universidade de Passo
Fundo (UPF)

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: A RELAÇÃO DA INDÚSTRIA COM O MEIO AMBIENTE

O aumento da pressão pela conservação dos ecossistemas, a maior rigidez da legislação ambiental e a preocupação cada vez maior dos consumidores com a qualidade ambiental dos produtos têm conduzido as empresas a reverem suas estratégias de produção industrial.

A medida que aumentam as preocupações com a melhoria da qualidade do meio ambiente, as organizações de maneira crescente voltam suas atenções para os potenciais impactos de suas atividades, produtos e serviços. Dessa forma, a NBR 14001:2004 apresenta especificações e diretrizes para auxiliar as organizações na implementação de um sistema de gestão ambiental. Esta norma define, além de outros itens, aspecto ambiental, impacto ambiental e desempenho ambiental. Aspecto ambiental é o elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente. Já impacto ambiental é qualquer modificação no meio ambiente, adversa ou benéfica que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização. O desempenho ambiental é a medida de quão bem uma organização está saindo em relação ao cuidado com o meio ambiente, principalmente em relação à diminuição de seu impacto ambiental global.

O desempenho ambiental de uma organização vem ganhando importância cada vez maior para as partes interessadas, internas e externas (GHENO, 2006). Segundo Libera (2003), a indústria acaba afetando o meio ambiente (seja pelo uso de recursos

naturais, produção de resíduos, liberação de gases, etc.), sendo importante adotar uma gestão estratégica em relação às questões ambientais, e os impactos gerados nesta área devem ser avaliados, quantificados, mensurados e informados, gerando, com isso, uma contribuição em benefício da sociedade.

O Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável (BCSD, 2006), em um estudo sobre a publicação de relatórios de sustentabilidade em Portugal, afirma que o desenvolvimento sustentável está cada vez mais presente na agenda das empresas. Cada empresa, dentro das suas circunstâncias particulares, estabelece a sua visão de sustentabilidade, procurando desenvolver melhores práticas e com elas criar vantagens competitivas para o seu negócio.

A visão empresarial mostra que os executivos estão convencidos que o desenvolvimento sustentável é economicamente lucrativo e garante o futuro das empresas (SCHMIDHEINY, 1992). Dessa forma, esta pesquisa apresenta um estudo de caso em uma indústria de alimentos localizada na cidade de Passo Fundo/RS, detalhando os aspectos e impactos ambientais inerentes a cada etapa do processo produtivo, identificando os resíduos gerados pela unidade, bem como a destinação final dos mesmos.

METODOLOGIA

Para a realização do presente estudo, foram utilizados múltiplos meios e fontes de coletas de dados, como: visitas a indústria, entrevistas não estruturadas e análise documental.

RESULTADOS

A empresa

Atualmente, a Bunge tem unidades industriais, silos e armazéns nas Américas do Norte e do Sul, Europa, Austrália e Índia; no Brasil possui mais de 300 instalações entre fábricas, portos, centros de distribuição e silos. Presente em 16 estados brasileiros, a empresa atua nos setores de fertilizantes, agronegócio e alimentos.

O objeto de estudo desta pesquisa é a unidade da Bunge alimentos de Passo Fundo, Rio Grande do Sul (Brasil), localizada na RS 153, km 2. Essa unidade desenvolve as atividades de agronegócios e produtos; sendo que a divisão de agronegócios produz farelo de soja e óleo degomado, o qual é refinado pela divisão produtos e expedido em latas, bombonas ou a granel. A indústria possui aproximadamente 150 funcionários próprios e conta com 60 funcionários terceirizados. Possui a certificação ISO 9001 desde 2004.

A unidade de Passo Fundo está situada em um ponto estratégico em termos regionais, possibilitando a diminuição dos valores gastos com a obtenção de matéria-prima e com a distribuição de produtos acabados.

Responsabilidade ambiental

Por meio de sua Política de Sustentabilidade, a empresa põe em prática seu compromisso com o desenvolvimento sustentável em suas operações em todos os países nos quais atua.

O Quadro 1 apresenta os três pilares de sustentabilidade da empresa, conforme a NBR 16001:2004, que trata dos requisitos de sistema de gestão da responsabilidade social.

SUSTENTABILIDADE	
Desenvolvimento Econômico	A parceria com o produtor rural e demais <i>stakeholders</i> , gerando empregos, divisas e riquezas para o país.
Responsabilidade Social	A crença na participação comunitária e nos valores da cidadania empresarial moldando políticas em benefício de todos.
Responsabilidade Ambiental	A preocupação com os recursos naturais e o respeito ao meio ambiente conduzindo políticas e ações que integram homem e natureza.

Quadro 1: Os três pilares da sustentabilidade da empresa - Fonte: Relatório de sustentabilidade (BUNGE BRASIL, 2005)

A Política de Sustentabilidade estabelece os seguintes compromissos (BUNGE BRASIL, 2005):

- Associar os objetivos de negócios às questões da responsabilidade socioambiental;
- Buscar ir além do cumprimento da legislação ambiental local e outros requisitos aplicáveis aos seus processos, produtos e serviços;
- Promover a melhoria ambiental contínua e o desenvolvimento sustentável, aplicando os princípios do gerenciamento, indicadores de desempenho e avaliações de risco ambiental;
- Investir na formação de parceiros, que devem entender os conceitos empregados e apresentar sua visão do processo;
- Manter uma postura ética e transparente em todas as atividades e relacionamentos de negócios;
- Gerar empregos, renda e riquezas para as comunidades e o país onde opera;
- Demonstrar responsabilidade social procurando atender as necessidades das

comunidades onde atua e promover o uso responsável dos recursos naturais;

- Contribuir para o desenvolvimento da cidadania por meio de ações de valorização da educação e do conhecimento.

Política Ambiental

A empresa é comprometida com a melhoria contínua da gestão ambiental em todos os níveis, negócios e regiões de atuação, e adotou a seguinte política ambiental global:

- Conduzir os negócios de modo a promover a qualidade ambiental.
- Para atender esta política, a Bunge se compromete a:
 - Cumprir a legislação ambiental e outros requisitos aplicáveis aos seus processos, produtos e serviços;
 - Promover a melhoria ambiental contínua e o desenvolvimento sustentável, aplicando os princípios do gerenciamento ambiental, indicadores de desempenho e avaliações de risco ambiental;

- Prover e apoiar o treinamento em gestão ambiental, respeito ao meio ambiente e responsabilidade de desempenho ambiental para os seus colaboradores;
- Medir e avaliar o desempenho ambiental associado aos processos de suas instalações, produtos e serviços;
- Atuar com responsabilidade social, procurando atender às necessidades ambientais de suas comunidades e promovendo o uso responsável dos recursos naturais;
- Buscar a prevenção da poluição, a redução de resíduos, o reúso e a reciclagem e seus processos, produtos e serviços, quando tecnicamente viáveis e economicamente justificáveis.

O processo produtivo e a geração de resíduos

O processo de produção da soja, mostrado na Figura 1 apresenta de forma resumida as etapas, conforme as setas indicativas, da ordem de produção.

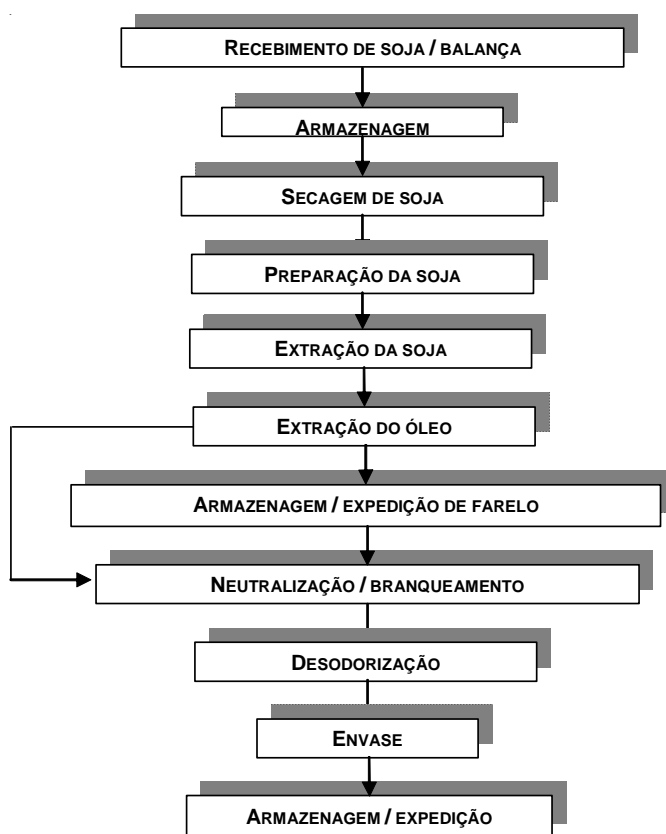


Figura 1: Fluxograma do processo produtivo - Fonte: Cadastro do processo industrial

O processo produtivo inicia com o recebimento da soja, pelos caminhões graneleiros diretamente das lavouras, onde é pesada e inspecionada. A soja armazenada passa pela secagem por combustão a lenha, posteriormente os grãos são quebrados, destilados e hidratados, resultando no óleo degomado, que após a neutralização, branqueamento e desodorização, passa pelo

envase, terminando na expedição onde é encaminhado à pesagem. O farelo é estocado em armazéns graneleiros para posterior expedição.

Levantamento dos aspectos e impactos ambientais inerentes ao processo produtivo da empresa

No Quadro 2 estão descritos os aspectos e impactos ambientais inerentes a cada processo produtivo, baseados nos relatórios de identificação, disponibilizados

Quadro 2: Aspectos e impactos ambientais do processo produtivo - BPF (Boas Práticas de Fabricação)

Processo Produtivo	Aspectos ambientais	Impactos ambientais
Recebimento de soja/Balança	Consumo de combustível; Papelão; Descarte de pneus, pilhas, baterias, cartucho toner e EPI's; Emissão de Gases e Vapores.	Ocupação do aterro; Alteração na qualidade do ar e solo; Contribuição para o esgotamento; Redução da disponibilidade de recursos naturais.
Armazenagem/ Secagem da soja	Geração de resíduos sólidos; Vazamento de óleo hidráulico; Descartes de pilhas, baterias, vidros, materiais refratários, graxas, óleo lubrificante, fusíveis, ponta de eletrodo, circuitos eletrônicos, cinza e borracha; Resíduos de limpeza de fossa séptica, caixa de gordura; Sucata de metal contaminada ou não; Resíduo orgânico; Borra de soldagem; Consumo de energia elétrica, água, madeira; Emissão de particulado, pó; Efluente de pintura.	Ocupação do aterro; Alteração na qualidade do solo, água, ar; Contribuição para o esgotamento; Redução da disponibilidade de recursos naturais.
Preparação da soja	Consumo de soja, vapor, energia elétrica; Descartes de produtos químicos, pilhas, baterias, vidros, graxas, óleo lubrificante / hidráulico, amido, feltros dos mancais, silicato de cálcio, circuitos eletrônico, efluente c/ detergente, ponta de eletrodo e borracha; Resíduos orgânicos; Sucata de metal contaminada ou não; Explosão; Incêndio; Emissão de particulado, pó; Efluente de pintura, oleoso; Bombonas plásticas.	Alteração na qualidade da água, ar e solo; Contribuição para o esgotamento; Ocupação do aterro; Redução da disponibilidade de recursos naturais.
Extração da soja /óleo	Emissão de gases e vapores; Sucatas de metal contaminadas; Resíduos de varrição, orgânicos; Efluentes de pintura, oleoso, químico; Descarte de amianto, papelão, papel, gaxeta, borracha, óleo lubrificante, materiais de isolamento térmico, pilhas, baterias, fusível, massa de calafetar; Plásticos; Borracha; Embalagens metálicas contaminadas; Panos de limpeza contaminados; Resíduos de limpeza na caixa de gordura; Consumo de energia elétrica, água.	Alteração na qualidade do ar, solo, água; Ocupação do aterro; Contribuição para o esgotamento; Redução da disponibilidade de recursos naturais.
Armazenagem/ Expedição do farelo	Resíduos de varrição, orgânicos; Geração de efluente orgânico, resíduos sólidos; Descarte de óleo lubrificante, óleo hidráulico, filtro de óleo diesel e óleo lubrificante, filtro de ar, pneus, mangueira de óleo hidráulico, vidro, pincéis, entulhos, ponta de eletrodo, borra de soldagem, resíduos sólidos, graxa, borracha; Descarte de sucata de metal contaminada; Emissão de pó, gases, vapores; Consumo de combustível, energia elétrica; Efluente de pintura, químico; Explosão; Panos de limpeza contaminado; Derramamento de farelo, óleo combustível, lubrificante e graxa.	Alteração na qualidade do solo, água, ar; Ocupação do aterro; Incômodo à comunidade; Contribuição para o esgotamento, Redução da disponibilidade de recursos naturais.
Neutralização/ Branqueamento/ Desodorização	Efluentes de pintura, químicos, oleosos; Madeira; Plásticos; Papel / papelão; Derramamento de borra, produto químico, goma, fluido térmico, óleo vegetal, óleo lubrificante, ácido graxo; Descartes de efluente c/ detergente, produto químico, pilhas, baterias, óleo lubrificante, chapas de aço, circuito elétrico, fusíveis, elemento filtrante, resíduos sólidos; Geração de resíduos sólidos, líquidos, químicos, efluente oleoso e orgânico, vidros; Vazamentos de sulfato de alumínio, polímero, óleo vegetal, terra clarificada, BPF 1, BPF, óleo combustível, produtos químicos, borra; Sucata de metal contaminada; Panos de limpeza contaminados; Emissão de gases, vapores; Consumo de energia elétrica; Baldes plásticos e metálicos; Lodo do tratamento de efluente; Bombonas plásticas.	Alteração da qualidade do solo, água, ar; Contribuição para o esgotamento; Ocupação do aterro; Redução da disponibilidade de recursos naturais; Incômodo à comunidade.
Envase	Descarte de cola, papelão e plásticos contaminados, embalagens metálicas contaminadas e sucatas, efluentes c/ detergentes, panos de limpeza contaminados, resíduos de varrição, embalagens plásticas contaminadas; Efluentes oleosos, químicos; Madeira.	Alteração na qualidade da água, solo e ar; Contribuição para o esgotamento; Ocupação do aterro; Redução da disponibilidade de recursos naturais.
Armazenagem/ Expedição	Emissão de particulado, gases, vapor; Vazamento de produto acabado; Panos de limpeza contaminados; Geração de resíduos sólidos; Efluentes químicos, oleosos; Descarte de vidros contaminados, cartucho de toner, circuito elétrico, fusíveis, pilhas, baterias, pneus, plástico contaminados, resíduos sólidos, embalagens longa-vida; Consumo de energia elétrica, GLP; Policarbonato; Madeira / serragem; Papel / papelão.	Alteração na qualidade da água, solo e ar; Contribuição para o esgotamento; Ocupação do aterro; Redução da disponibilidade de recursos naturais.

pela empresa.

Os principais aspectos ambientais relacionados ao processo produtivo são as emissões de gases, vapores e particulados, geração de resíduos sólidos como: papéis, papelão, plásticos, pilhas, madeira, cinzas da caldeira, orgânicos, sucata de metais ferrosos, borra oleosa, vidro, borracha, entre outros; efluentes líquidos produzidos na limpeza da fossa séptica, tintas, solventes e pigmentos, limpeza da área da empresa, do processo de refinaria.

Os principais impactos ambientais

relacionados ao processo produtivo são: a ocupação do aterro, a alteração da qualidade da água, do ar e do solo e a redução da disponibilidade dos recursos naturais.

Levantamento dos resíduos industriais da unidade de Passo Fundo - RS

A No Quadro 3, estão apresentados os resíduos gerados na unidade industrial de Passo Fundo, bem como sua classe de acordo com a NBR 10004:2004, que

classifica os resíduos em: Classe I - Resíduos perigosos (que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, se gerenciados de forma inadequada); Classe II - Resíduos não perigosos, Classe II A - Não inertes, Classe II B - Inertes.

Os resíduos são listados e catalogados em uma planilha gerada trimestralmente, por meio de um Sistema de Gerenciamento e Controle de Resíduos Sólidos Industriais (SIGECORS).

Quadro 3: Resíduos industriais - Fonte: Relatório de resíduos

Item	Resíduos gerados	Classe
1	Óleo lubrificante usado	Classe I
2	Resíduo têxtil contaminado (panos e estopas)	Classe I
3	Outros resíduos perigosos de processo (corrosivo, resinas)	Classe I
4	Acumuladores de energia (baterias, pilhas, assemelhados)	Classe I
5	Lâmpadas fluorescentes e mistas (vapor de mercúrio ou sódio)	Classe I
6	Resíduos de restaurante (restos de alimentos)	Classe II A
7	Resíduo orgânico de processo (varrição orgânica, terra, grãos)	Classe II A
8	Resíduos de varrição não perigosos (pó, terra, farelo, soja)	Classe II A
9	Sucata de metais ferrosos	Classe II B
10	Resíduo de papel e papelão	Classe II A
11	Resíduo plástico (filmes e pequenas embalagens)	Classe II B
12	Resíduo de borracha	Classe II B
13	Resíduo de madeira (paletes descartáveis e restos de madeira não tratada)	Classe II A
14	Cinzas da caldeira	Classe II A
15	Resíduo de vidros	Classe II B
16	Borra oleosa (borra de neutralização e ácidos graxos destilados)	Classe I
17	Lodo perigoso de ETE	Classe I
18	Embalagens vazias contaminadas	Classe I
19	Resíduos de tintas e pigmentos	Classe I
20	Resíduo e lodo de tinta	Classe I
21	Embalagens metálicas (latas vazias não contaminadas)	Classe II B
22	Borra de óleo vegetal	Classe II-B
23	Óleo vegetal usado em fritura no restaurante	Classe II A
24	Resíduo sólido de ETE com substâncias não tóxicas	Classe II A
25	Pós metálicos	Classe I
26	Material contaminado com óleo	Classe I
27	Resíduo perigoso de varrição	Classe I
28	Óleo de corte e usinagem	Classe I
29	Óleo usado contaminado em isolamento ou refrigeração	Classe I
30	Resíduos oleosos de sistema separador de água e óleo	Classe I
31	Solventes contaminados	Classe I
32	Equipamentos contendo bifenilas policloradas – PCB's (transformadores)	Classe I
33	Resíduo gerado fora do processo industrial (escritório, embalagens)	Classe II
34	Sal usado	Classe II A

Os resíduos de papel e papelão também são gerados pelo setor administrativo, que produz também resíduos de embalagens e de escritório. Os resíduos de vidros são gerados pelo laboratório. A borra oleosa (borra de neutralização e ácidos graxos destilados), assim como a borra de óleo vegetal e outros resíduos corrosivos e resinas são gerados na refinaria.

Resíduos como lodo perigoso de ETE, tóxico de ETE com substâncias não

tóxicas, óleo usado contaminado em isolamento ou refrigeração, oleosos de sistema separador de água e óleo, equipamentos contendo bifenilas policloradas (PCB's), transformadores e acumuladores de energia (baterias, pilhas e assemelhados) são gerados na estação de tratamento de esgoto e na subestação.

Destinação final dos resíduos

As principais formas de tratamento

e destinação dos resíduos industriais produzidos são: reciclagem, aterro municipal, co-processamento, aterro industrial, estocagem, incineração, incorporação, fertilização ou landfarming e aterro de terceiros. Com relação aos resíduos não inertes, porém, as principais formas de tratamento e destino incluem a reciclagem, a estocagem na própria indústria e o despejo em aterros municipais (FEEMA, 2000).

Quadro 4: Destinação dos resíduos.

Tipo de resíduo gerado	Destinação
Óleo lubrificante usado	Armazenado em tanque específico com bacia de contenção; Venda – Indústria Petroquímica do Sul Ltda;
Outros perigosos Classe I	Depositados na central de resíduos para posterior destinação; UTRESA;
Têxtil contaminado	Locação de toalhas – AlSCO Brasil Ltda;
Acumuladores de energia	Estocagem na central de resíduos;
Lâmpadas fluorescentes, mistas	Armazenadas na central de resíduos; Brasil Recicle;
Resto de alimentos (restaurante)	Compostagem orgânica na unidade;
Varrição Classe II B	UTRESA; Estocagem na central de resíduos;
Varrição Classe II A	Compostagem orgânica na unidade; UTRESA;
Varrição Classe I	UTRESA; Armazenado na central de resíduos;
Sucata de metais ferrosos	Venda – Comércio de Sucatas Severino Silvestre – ME; Venda – Comércio de Sucatas Sanches Ltda;
Papel e papelão	Venda – Comércio de Sucatas Severino Silvestre – ME; Venda – Comércio de Sucatas Sanches Ltda; Venda – Recolhedora de Papel e Plástico Repasso Ltda;
Plástico	Tamborsul; Venda – Comércio de Sucatas Severino Silvestre – ME; Armazenado na central de resíduos; Venda – Comércio de Sucatas Sanches Ltda;
Madeira não reaproveitável	Pró-Ambiente Ltda;
Madeira pallet descartável	Doação para queimar em fornos de olarias; Queima de paletes não tratados nos secadores da unidade industrial;
Cinza da caldeira	Pátio da empresa
Vidro	Venda – Comércio de Sucatas Severino Silvestre – ME; Armazenado na central de resíduos; Venda – Comércio de Sucatas Sanches Ltda;
Borra de oleosa	Sulina Comércio de Óleos;
Resíduo de borracha	Armazenado na central de resíduos; UTRESA;
Lodo perigoso da ETE	Armazenado na central de resíduos; UTRESA;
Óleo vegetal usado (restaurante)	Armazenado na central de resíduos; UTRESA;
Solventes contaminados	Armazenado na central de resíduos; UTRESA;
Pós metálicos	Armazenado na central de resíduos; UTRESA;
Embalagens metálicas	Venda – Comércio de Sucatas Severino Silvestre – ME;
Embalagens vazias contaminadas	Armazenado na central de resíduos; UTRESA;
Tintas e pigmentos	Armazenado na central de resíduos;
Gerados fora do processo industrial (material de escritório, embalagens, etc.)	Armazenado na central de resíduos; Prefeitura Municipal de Passo Fundo;
Sólidos da ETE com substâncias não tóxicas	Usado na compostagem orgânica;
Ácidos graxos destilados	Indústria e Comércio de Óleos Paranalba; Cognis do Brasil Ltda;
Outros perigosos do processo	Depositado na central de resíduo para posterior destinação; UTRESA;
Sal usado	UTRESA;

Como exemplo da venda dos resíduos, a borra de óleo de soja bruta passa a ser um subproduto, tornando-se matéria-prima para a fabricação de sabão.

A partir de julho de 2007, as destinações dos resíduos são de responsabilidade de uma empresa terceirizada. A empresa responsável pelo recolhimento dos resíduos segrega e classifica-os de acordo com a sua periculosidade.

A prestadora de serviço possui um controlador de resíduos, responsável pela gestão dos resíduos e controle de informações diárias, como a quantidade e setores em que estes são gerados.

A empresa recolhe os resíduos recicláveis semanalmente na Bünge; já para os demais resíduos, o recolhimento é conforme a quantidade gerada.

Alguns dos resíduos gerados pela Bünge são previamente analisados, para verificar sua periculosidade, pela empresa terceirizada, antes de sua destinação final.

CONCLUSÕES

O presente artigo foi motivado visando considerar como uma organização de grande porte, como é o caso da Bünge Alimentos, lida com o meio ambiente, através da identificação de seus resíduos e por meio de ações desenvolvidas para melhorar a qualidade ambiental.

Conforme o exposto, a indústria produz resíduos através de vários processos. Ações da empresa, como as referentes à venda de resíduos recicláveis e à realização de análises para verificação de sua periculosidade, asseguram que muitos desses materiais nem sempre são nocivos ao meio ambiente e à sociedade.

A avaliação da adequação da

empresa em estudo, com relação à disposição dada aos resíduos sólidos gerados, é uma ferramenta de extrema importância para o aprimoramento do sistema produtivo quando se visa associar crescimento econômico e preservação ambiental. De forma geral, a destinação dos resíduos sólidos gerados tem sido adequada, já que a empresa tem controle sobre os seus resíduos, identifica e monitora as quantidades geradas. Sua destinação e armazenagem são feitas de acordo com a classe do resíduo.

Através do estudo de seu processo produtivo, a referida empresa demonstra por meio de sua política de responsabilidade ambiental, da consideração dos potenciais impactos ambientais do seu processo produtivo e da destinação adequada dos seus resíduos, a preocupação com o desenvolvimento sustentável.

A gestão ambiental faz parte do planejamento, política e objetivos da empresa, por meio de ações que visam atender as exigências dos consumidores e do mercado nacional e estrangeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 1004:2004. **Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 1401:2004. **Sistema de gestão ambiental - requisitos com orientação para uso**. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16001:2004. **Responsabilidade social - sistema de gestão - requisitos**. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

BCSD PORTUGAL - Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável. **Estudo sobre a publicação de relatórios de sustentabilidade em Portugal em 2006**. Disponível em: <http://www.bcsdportugal.org/files/983>. Acesso em: 28 mar de 2007.

BUNGE BRASIL. **Cadastro do processo industrial**. Bunge Brasil, 2007.

BUNGE BRASIL. **Relatório de sustentabilidade 2005**. Bunge Brasil, 2005.

FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente), 2000. **Gestão de Resíduos - Relatório Semestral de Atividades do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara - Setembro/2000**. Rio de Janeiro: FEEMA.

GHENO, R. **Sistema de gestão ambiental e benefícios para a organização: estudo de caso em empresa metalúrgica do RS. 2006**. Dissertação (Mestrado em Infra-estrutura e Meio Ambiente). Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.

LIBERA, K. A. D. **Análise da gestão estratégica dos custos de natureza ambiental: estudo de caso em uma empresa do setor cerâmico. 2003**. Dissertação de mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SCHMIDHEINY, S. **Mudando o rumo: uma perspectiva empresarial global sobre desenvolvimento e meio ambiente**. Rio de Janeiro: FGV, 1992.



ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

Av. Beira-Mar, 216, 13º andar
Castelo | Rio de Janeiro | RJ | Brasil | CEP 20021-060
Tel: (21) 2277-3900 Fax: (21) 2262-6838

www.abes-dn.org.br