

ISSN 1980-797X
ISSN 1982-2162 online

fepam em revista

Revista da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler

volume 2 • número 1 • Janeiro a dezembro de 2008

fepam em revista

FEPAM em Revista v. 2, n. 1, 2008

Publicação periódica de divulgação técnico-científica da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler – FEPAM, RS.

Missão

Estimular a documentação e a divulgação dos conhecimentos e informações produzidas na Fundação, divulgar estudos nos campos das ciências ambientais e ações de gestão ambiental, contribuindo para a atualização e o fortalecimento do setor ambiental, e o crescimento da consciência ambiental na Sociedade.

FEPAM em Revista é editada pela **Comissão Editorial** da FEPAM.
Os artigos assinados são de responsabilidade de seus autores.

Comissão Editorial

Coordenadora Kátia Helena Lipp Nissinen • **Secretária** Sílvia Maria Jungblut
Carmem Lúcia Vicente Níquel, Ilse Rosito Dicki, Mário Eugênio Villas-Boas da Rocha, Nina Rosa Rodrigues

Colaboradores desta edição

Pareceristas/revisores *ad hoc* Antonio Pedro Viero (UFRGS),
Ivo André Homrich Schneider (UFRGS) e Lino Geraldo Vargas Moura (ASCAR/EMATER)

Projeto Gráfico

Letraria

Impressão e Diagramação

Dolika Afa Artes Gráficas

Tiragem

3000 exemplares

Distribuição

Gratuita, com circulação dirigida

Endereço Eletrônico

<http://www.fepam.rs.gov.br/Revista>

Endereço para correspondência

FEPAM em Revista
Coordenação da Comissão Editorial
Rua Carlos Chagas, 55, sala 801 • CEP 90030-020 • Porto Alegre • RS • Brasil
e-mail: comissaoeditorial@fepam.rs.gov.br

Impresso em papel reciclado 180 g (capa) e 90 g (miolo)

Capa

Dunas, Parque Estadual de Itapeva, Torres, RS. Foto de Zé Paiva / Vista Imagens – Projeto Expedição Natureza Gaúcha em unidades de conservação do Rio Grande do Sul, com o apoio da Secretaria Estadual do Meio Ambiente - SEMA-RS

Publicação indexada por CAB ABSTRACTS

F383 Fepam em Revista: revista da Fundação Estadual de
Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler /
FEPAM. – vol. 1, n.1 (2007) - . Porto Alegre: FEPAM
2007-

Semestral
ISSN 1980-797X / ISSN 1982-2162 online

1. Proteção Ambiental - Periódico 2. Meio Ambiente – Periódico
I. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler.

Ficha catalográfica elaborada por Sílvia Maria Jungblut CRB 10/644

Com muito orgulho pela produção intelectual da FEPAM, apresentamos a terceira publicação da nossa *FEPAM em Revista*. Aqui, buscamos esclarecer e divulgar vários aspectos envolvidos na tão atual e complexa ciência ambiental. Este número aborda contribuições dentro dos seguintes tópicos: procedimentos ambientalmente adequados para o gerenciamento de resíduos industriais; acompanhamento da qualidade da água através de bioindicadores de toxicidade, contribuindo para a gestão responsável dos nossos mananciais; metodologia para avaliação da capacidade de suporte dos solos para disposição de resíduos, de interesse tanto do setor produtivo como dos gestores públicos; e a participação do consumidor na logística reversa de disposição de resíduos perigosos,

formando uma cadeia de responsabilidades com o meio ambiente, do produtor ao consumidor final, comprometendo neste processo, também, o gestor municipal através da coleta seletiva. Recentemente, este último tema foi objeto da Resolução CONAMA nº 401/2008, publicada em 04 de novembro do corrente ano, o que demonstra a atualidade de nosso trabalho. Informando sobre as novas atitudes e compromissos a serem assumidos por todos os atores sociais, acreditamos estar contribuindo para uma sociedade mais responsável com relação à minimização dos danos ambientais causados pelos subprodutos do nosso desenvolvimento. A todos, nossos agradecimentos pelo interesse e colaboração.

Ana Maria Pellini
*Diretora-Presidenta da Fundação
Estadual de Proteção Ambiental*
Henrique Luis Roessler
FEPAM

Avaliação do gerenciamento das areias geradas nas fundições de ferro do estado do Rio Grande do Sul, Brasil

Roseane Gonçalves Adegas¹ e Andrea Moura Bernardes²

Resumo

As areias de fundição constituem o principal resíduo gerado nas fundições de ferro. Devido ao grande volume dessas areias, faz-se necessário um gerenciamento adequado, de forma a minimizar a geração das mesmas, bem como buscar alternativas de reutilização. Este trabalho objetivou traçar um panorama do gerenciamento das areias geradas nos processos das indústrias de fundição ferrosa no estado do Rio Grande do Sul (RS) que utilizam areias, com ênfase nas alternativas buscadas por estas empresas quanto à minimização, recuperação e destinação final dada às areias usadas. Objetivou ainda relacionar o gerenciamento adequado dos resíduos gerados ao licenciamento ambiental, bem como à existência de certificação ambiental. Através dos resultados, verificou-se que, apesar de 81% das empresas descartarem as areias geradas em aterros industriais licenciados pela FEPAM, somente uma delas está procurando alternativas de reúso das areias geradas. Também foi constatado que não há uma preocupação com a minimização da geração desses resíduos. O licenciamento ambiental no RS é hoje a única ferramenta através da qual é possível exigir-se das empresas a adequação de suas atividades de forma a não impactar o meio ambiente.

Palavras-chave: Areia de fundição, reúso de areia, licenciamento ambiental.

Evaluation of the management of sands from iron foundries in the state of Rio Grande do Sul, Brazil

Abstract

Foundry sands are the main waste from iron foundries. Due to their large amounts, an appropriate management is necessary for their reduction and reuse. This work aimed to evaluate the management of foundries sands in the state of Rio Grande do Sul (RS), Brazil, with emphasis in reuse alternatives. It also aimed to relate the correct management to the environmental license and certification. The results showed that, although 81% of the companies discharge used sands in licensed landfills in compliance with the regulation, only one of them is seeking for reuse alternatives out of the process. It was also verified that there is not any concern about reducing the sand generation. The environmental license in RS is, in fact, the only way to make the companies adequate their installations aiming at environmental protection.

Keywords: foundry sand, sand reuse, environmental permits.

¹Serviço de Licenciamento de Atividades Industriais em Implantação, Divisão de Controle da Poluição Industrial, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler FEPAM, ²Laboratório de Corrosão - LACOR, Departamento de Materiais, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Endereço para correspondência: Rua Carlos Chagas, 55, CEP 90.030-020, Porto Alegre, RS, Brasil. Tel/Fax: (51) 3288-9417, e-mail: roseanega@fepam.rs.gov.br.

Introdução

A indústria de fundição é um segmento da economia com significativo potencial, empregando no Brasil aproximadamente 57 mil trabalhadores, e respondendo por um faturamento de 2,9 bilhões de dólares em 2005. O Brasil ocupa a sétima posição no ranking dos maiores países produtores de fundidos do mundo, de acordo com os números divulgados na edição de dezembro de 2006 da revista *Modern Casting*. Este setor é constituído por um número superior a 1.200 empresas em todo o Brasil, em sua maioria de pequenas e microempresas e de capital nacional, de acordo com a Associação Brasileira de Fundição – ABIFA.

No RS, conforme os resultados obtidos com a pesquisa realizada em 2005, existem aproximadamente 110 fundições, empregando um número superior a 5.000 trabalhadores e com um faturamento anual acima de R\$ 60.000.000,00.

Apesar da indústria da fundição utilizar como matéria-prima, prioritariamente, sucata de metais, evitando desta forma a extração do metal, e com isto traduzindo uma economia de recursos naturais, necessita ainda areia industrial como um de seus insumos principais, para a moldagem e fabricação de machos. Essas areias constituem um dos principais excedentes do processo de fundição, podendo ser classificadas segundo a NBR 10.004 (2004) da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, em resíduos, Classe I ou Classe II-A, conforme os insumos utilizados na mistura (Peixoto e Guesser, 2003).

A possibilidade de reaproveitamento adequado das areias de fundição, além de reduzir ou eliminar a necessidade de sua disposição em aterros industriais, diminuindo o risco de acidentes ambientais, gera economia com a substituição parcial desse insumo no processo, com a redução da demanda de energia para a sua extração e com a redução dos custos com o transporte desde a sua extração até a indústria.

Metodologia

Foi utilizado o método *survey* de pesquisa, tendo sido enviados formulários para as indústrias de fundição localizadas no RS, através dos Correios, durante o período de 06.03.2006 e 20.05.2006.

As indústrias foram selecionadas a partir de informações no banco de dados da Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul – FEPAM, para os seguintes ramos de atividade: produção de fundidos de ferro e aço, fabricação de máquinas e aparelhos com fundição, fabricação de peças, utensílios e acessórios, com fundição e fabricação de autopeças/motopeças, com fundição.

Considerando-se que, de acordo com os resultados obtidos, todas as fundições em que o ferro é o principal metal fundido, utilizam areias nos processos de moldagem e macharia, o presente trabalho foi limitado às fundições de ferro, correspondendo em números absolutos a 39 empresas no RS.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos possuem uma boa representatividade, considerando que 85% dos questionários foram respondidos.

De acordo com os mesmos, a produção em 2005 no RS, foi de 168.274 toneladas de peças fundidas em ferro e aço, valor correspondente a 6,17% da produção nacional de fundidos de ferro e aço, conforme dados do Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico, elaborado no Ministério de Minas e Energia - MME (2006). O segmento automotivo lidera a produção de fundidos no Estado, seguido pelo segmento de máquinas agrícolas e mecânicas.

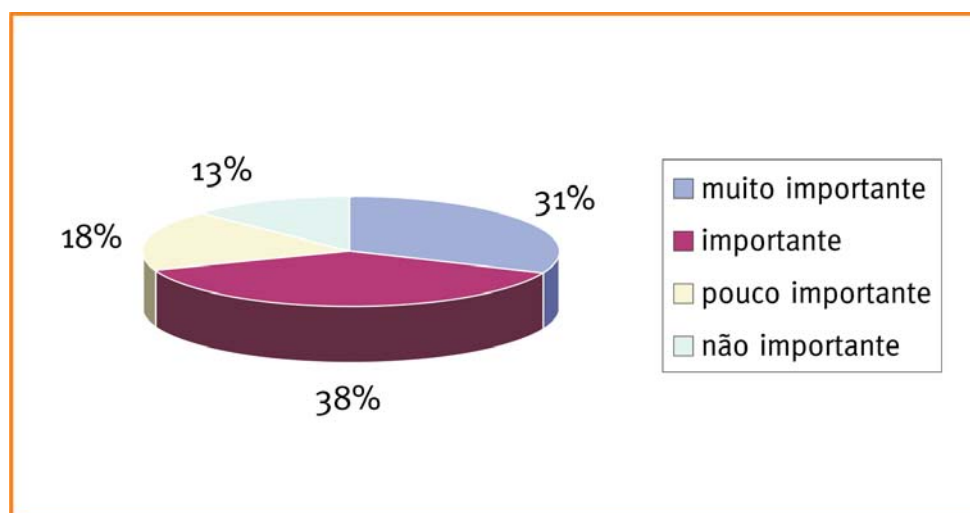
A maioria das fundições ferrosas no RS apresenta as seguintes características:

- até 50 funcionários;
- área utilizada entre 250 a 10.000 m²;
- faturamento anual de 50% das empresas acima de R\$ 2.400.000,00;
- capacidade instalada entre 50 e 250 t/mês de fundidos de ferro e aço.

Este é o perfil das fundições do Brasil, de acordo com dados levantados pela ABIFA e pelo MME (2006), bem como das fundições dos Estados Unidos (2002) e dos países da União Européia (UE), de acordo com dados do FIRST – Foundry Industry Recycling Starts Today (2006) e do documento de referência “Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Technique in the Smitheries and Foundries Industry”, de 2005, para as melhores técnicas disponíveis para as indústrias de fundição da UE.

As indústrias pesquisadas desenvolvem mais de um processo de moldagem. O processo areia verde, desenvolvido por 95% das fundições, de acordo com Siegel (1972), é o mais simples de executar, o mais econômico e se adapta tanto à moldagem de peças isoladas quanto à produção em série. Os outros processos mais utilizados entre as fundições pesquisadas são os processos em casca, processos de cura a frio e processos CO₂.

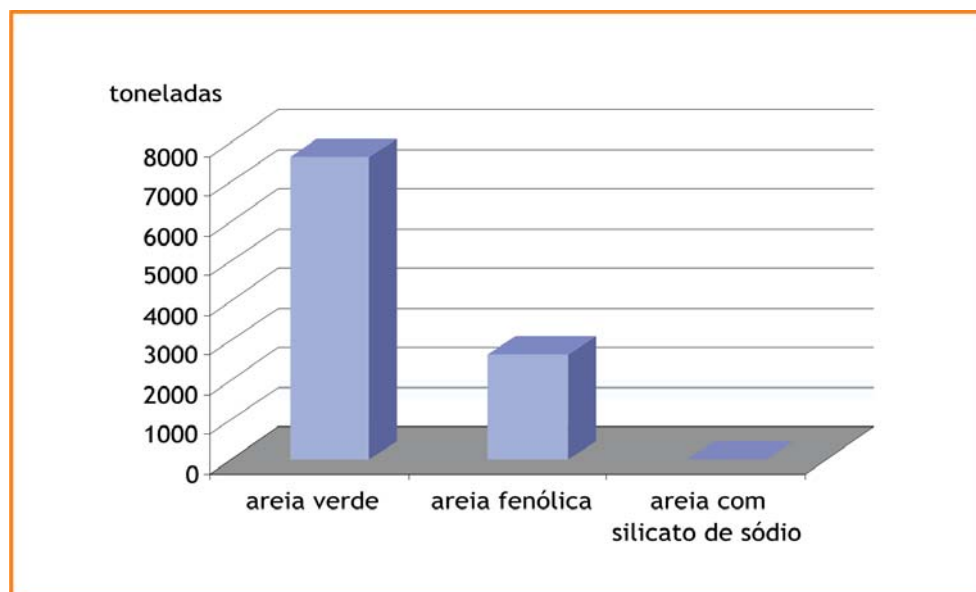
O processo areia verde, pela sua geração de grandes volumes de areias, é um dos mais problemáticos sob o ponto de vista ambiental, apesar dessas areias não serem consideradas como resíduos perigosos pela ABNT. Enquanto as areias geradas nos processos de cura a frio e em casca, por estarem contaminadas com resíduos fenólicos, são consideradas como resíduos perigosos, devendo, necessariamente, ser dispostas em aterros industriais de resíduos perigosos, de acordo com a legislação.



◀ Figura 1 - Distribuição percentual das empresas conforme a percepção com relação à geração de resíduos.

Foi verificado que 69% das fundições ferrosas pesquisadas consideram a geração de resíduos, associada aos processos de moldagem e macharia, como importante e muito importante.

► Figura 2 - Volumes de areias geradas de acordo com os processos de moldagem e macharia utilizados pelas fundições.



A Figura 1 apresenta a percepção das indústrias pesquisadas com relação à geração de resíduos. O percentual acima da média está relacionado à destinação final adequada das areias, fruto de exigências do órgão ambiental estadual por ocasião do licenciamento ambiental dessas indústrias.

A Figura 2 apresenta as quantidades de areia geradas no ano de 2005 pelas indústrias pesquisadas, de acordo com os processos de moldagem utilizados. As areias verdes constituem aproximadamente 74% do volume total das areias geradas nas fundições de ferro, sendo esse volume motivo de preocupação e de motivação para a busca de alternativas de reúso dessas areias.

No ano de 2005, foram descartadas aproximadamente 62% das areias verdes geradas, enquanto que as areias fenólicas foram descartadas em um percentual de 26%. As areias contaminadas com silicato de sódio apresentam um alto percentual de descarte devido à dificuldade na implantação de sistemas de regeneração para estas areias.

O baixo percentual de descarte das areias fenólicas pode estar associado à inexistência de uma eficiente segregação das areias nas empresas, implicando em que o volume total seja considerado como de areias verdes, classificadas pela NBR 10.004/2004 como Classe II A – não inertes, cujo custo para descarte em aterros é menor.

Em 73% das fundições onde são geradas areias verdes, foram implantados sistemas de recuperação destas areias, tendo esses apresentado eficiência acima de 70%. Este percentual situa-se dentro da média das taxas reais de recuperação de areias encontradas em fundições da UE. Estas areias após recuperação retornam em sua maioria ao processo produtivo.

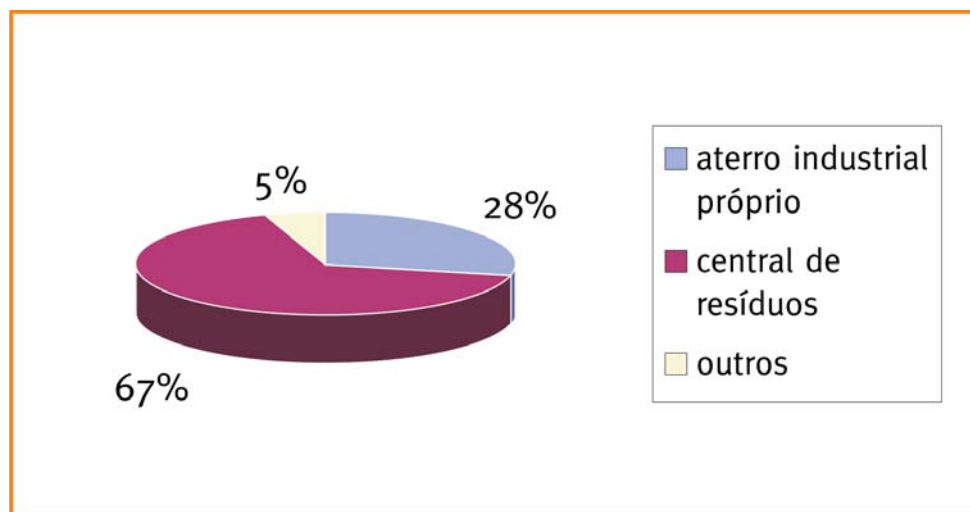
Com relação às areias contaminadas com resinas fenólicas, o percentual de recuperação das mesmas é de 48%, sendo o custo elevado o fator determinante para a implantação de sistema de recuperação destas areias.

Muitas das fundições têm investido em sistemas de recuperação de areias que possibilitam recuperar em torno de 95% das areias usadas nos próprios processos de fundição. Esses sistemas, de acordo com a Agência Ambiental Norte Americana – EPA (2006), representam uma importante oportunidade ambiental e econômica para as fundições, auxiliando no controle dos custos de produção e na redução das quantidades de resíduos para disposição.

Existe apenas uma empresa que apresentou, de forma individual, projeto de alternativa de destinação das areias verdes geradas, para utilização destas como insumo na massa cerâmica para fabricação de tijolos. Esse projeto foi autorizado pela FEPAM, estando a empresa apta a operar em escala industrial.

Também foi autorizada pela FEPAM a utilização das areias de fundição não fenólicas na pavimentação asfáltica, objeto de solicitação por parte de uma central de resíduos industriais localizada no Estado. Essa mesma central de resíduos utiliza a areia de fundição, também como cobertura final das valas encerradas.

No caso acima, o encaminhamento das areias de fundição para a Central não implica, por parte das empresas, em comprometimento ou preocupação com a posterior reutilização das mesmas.



◀ Figura 3 - Distribuição das empresas de acordo com a destinação final das areias geradas.

A Figura 3 apresenta uma distribuição percentual das empresas de acordo com a destinação final das areias descartadas. É importante salientar que as utilizações na pavimentação asfáltica ou como insumo na massa cerâmica para fabricação de tijolos sequer aparecem, já que as mesmas não foram mencionadas nos formulários respondidos.

A destinação “outros” significa que em 100% dos casos, as areias estão armazenadas em locais não licenciados, dentro ou fora da área industrial, na maioria das vezes de forma totalmente inadequada.

A Central mencionada na figura 3 está relacionada a aterros industriais licenciados pela FEPAM, sendo que 67% das empresas encaminham as areias usadas para esses aterros.

Com relação aos aterros industriais “próprios”, de acordo com o banco de dados da FEPAM (2007), somente 50% deles estão licenciados. Deste fato, podemos pressupor que os outros 50% de aterros próprios não licenciados estão relacionados a uma disposição inadequada das areias geradas.

Portanto, somando o percentual de 14% das empresas cujos aterros próprios são licenciados, com os 67% de empresas que encaminham as areias para as centrais de resíduos licenciadas, verifica-se que 81% das empresas destinam as areias geradas para locais licenciados pela FEPAM. Essas empresas consideram que, de acordo com a legislação vigente, estão agindo de forma ambientalmente correta, já que os aterros para onde encaminham seus resíduos possuem licença ambiental.

Foi verificada também a existência de certificações ambientais e de qualidade por parte das empresas. A questão da qualidade é uma variável que está inserida em mais de 50% das fundições ferrosas pesquisadas, já que 44% delas possuem certificação de qualidade, enquanto 8% estão em processo de certificação. Em contrapartida, a grande maioria das empresas, 87% delas, não possui sistema de gestão ambiental implementado. Este fato mostra a dificuldade dessas empresas em gerenciar corretamente os resíduos, bem como em evitar que estes sejam gerados.

Nenhuma das empresas pesquisadas possui certificação ambiental, sendo que apenas 15% delas se encontram em fase de implementação de certificação ambiental.

Por fim foi verificado que, das empresas pesquisadas, 87% possuem licença ambiental ou estão em processo de licenciamento.

Considerando-se o elevado percentual de empresas já licenciadas e em processo de licenciamento e que o licenciamento ambiental é um dos instrumentos para a destinação ambientalmente adequada dos resíduos gerados, poderíamos esperar que a destinação final adequada apresentasse um percentual maior. Além disso, o licenciamento no RS, da forma como vem sendo feito, não estimula as empresas a procurar reuso externo para as areias geradas, nem a minimizar as quantidades geradas no processo. As empresas deverão ser estimuladas a implantar em seus processos, sistemas de recuperação de areias visando sua reutilização no próprio processo, diminuindo assim a quantidade para o descarte e o consumo de matéria-prima virgem. Deverá ser estimulada a elaboração de uma norma ou exigência nos licenciamentos realizados pelo órgão ambiental do Estado, visando ao reuso dessas areias e à conseqüente promoção de procedimentos mais sustentáveis por parte da indústria.

Conclusões

Com os resultados obtidos, foi possível chegar às seguintes conclusões:

- 81% das indústrias de fundição ferrosa localizadas no RS destinam as areias geradas para locais licenciados pela FEPAM;
- as alternativas de reutilização aprovadas no RS para as areias de fundição são na fabricação de tijolos, na cobertura de valas encerradas em centrais de resíduos industriais e na pavimentação asfáltica, reutilizações estas consagradas na UE e nos EUA;
- somente uma indústria de fundição ferrosa está buscando, individualmente, alternativa para o reaproveitamento das areias geradas;
- nenhuma das empresas pesquisadas está certificada ambientalmente;
- a reutilização externa das areias de fundição deverá ser incentivada pelo órgão ambiental através de ações conjuntas entre este, as fundições e as empresas potencialmente aptas a utilizar esses materiais em seus processos produtivos, paralelamente à obrigatoriedade de implantação de sistemas de regeneração de areias em todas as fundições no Estado;
- o licenciamento ambiental é uma ferramenta capaz de determinar a implantação de estratégias de gestão ambiental nas empresas.

Referências bibliográficas

AMERICAN FOUNDRY SOCIETY. 40th Census of World Casting Production – 2005. **Modern Casting**, Illinois, US, v. 96, n. 12, dez. 2006, p 28-31.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO. **Índices de mercado**. Disponível em: <<http://www.abifa.org.br>>. Acesso em: maio 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: classificação de resíduos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. **Anuário estatístico, setor metalúrgico**, 2006. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: out. 2006.

FOUNDRY INDUSTRY RECYCLING STARTS TODAY. **What is Recycled Foundry Sand (RFS)**. Disponível em: <<http://foundryrecycling.org>>. Acesso em: out. 2006.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br>>. Acesso em: fev. 2006.

INTEGRATED pollution prevention and control reference document on best available techniques in the smitheries and foundries industry. Disponível em: <<http://eippeb.jrc.es/pages/FActivities.htm>>. Acesso em: maio 2006.

PEIXOTO, F.; GUESSER, W. L. Reutilização de areia regenerada termicamente. In: CONGRESSO DE FUNDIÇÃO, 11., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: CONAF/ABIFA, 2003. Disponível em: <http://www.tupy.com.br/downloads/guesser/reutilizacao_areia_regenerada_termicamente.pdf>. Acesso em: out. 2006.

SIEGEL, M. **Curso de fundição**. 4.ed.. São Paulo: Associação Brasileira de Metais, 1972.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Sector Strategies Division. Office of Policy, Economics and Innovation; AMERICAN FOUNDRY SOCIETY ASSOCIATION OF STATE AND TERRITORIAL SOLID WASTE MANAGEMENT OFFICIALS. **Beneficial reuse of foundry sand: a review of state practices and regulations**. Washington, DC EPA, 2002. Disponível em <www.epa.gov/sectors/metalcasting/reuse.pdf>. Acesso em: nov. 2006.

Metodologia para classificação de solos quanto à resistência a impactos ambientais decorrentes da disposição final de resíduos

Nestor Kämpf¹, Elvio Giasson¹, Alberto Vasconcellos Inda Junior¹, Paulo César do Nascimento¹, Ana Lucia Mastrascusa Rodrigues^{2,6}, Maria da Conceição Marques Anghinoni^{3,6}, Lilian Waquil Ferraro^{4,6}, Raquel Barros Binotto^{2,6}, José Ricardo Druck Sanberg^{5,6}

¹Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS; ²Serviço da Região do Uruguai, ³Serviço da Região do Guaíba, ⁴Serviço de Geoprocessamento - Departamento de Qualidade Ambiental e ⁵Serviço de Emergência Ambiental da ⁶Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler – FEPAM/RS
Endereço para correspondência: Serviço da Região do Uruguai, Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM, Rua Carlos Chagas, 55, sala 715, Bairro Centro, CEP: 90030-020, Porto Alegre, RS, Brasil. Telefone/Fax: ++(51) 3288-9407, E-mail: reg.uruguai@fepam.rs.gov.br

Resumo

A fim de subsidiar o planejamento das atividades modificadoras dos solos, bem como fornecer diretrizes técnicas para a gestão do uso dos solos, é proposta uma metodologia de classificação de solos quanto à resistência a impactos ambientais. A classificação é baseada em critérios relacionados às características e propriedades de solos do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Os critérios selecionados correspondem a fatores do solo (profundidade, textura, mineralogia, gradiente textural, drenagem natural, lençol freático, lençol suspenso, erodibilidade, pedregosidade, e rochiosidade) ou do terreno (relevo local e declividade) considerados de maior relevância para a identificação dos potenciais impactos ambientais incidentes sobre esse recurso natural. Por meio de um quadro-guia foram estabelecidos quatro níveis de limitações crescentes tolerados para cada fator, possibilitando a classificação dos solos nas classes Alta (A), Média (B), Baixa (C) e Muito Baixa (D) de resistência a impactos ambientais decorrentes principalmente da disposição final de resíduos ao solo. Essa metodologia foi aplicada na classificação dos solos do Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: Solo, resistência a impacto, quadro-guia, aplicação de resíduos, classificação de solos

Methodology for soil classification according to their resistance to environmental impacts related to land application of wastes

Abstract

In order to subsidise the planning of soil modifying activities, as well as to supply technical procedures for soil use management, a methodology for classification according to the resistance of soils to environmental impacts is proposed. The classification is based on criteria related to the characteristics and properties of soils of the Rio Grande do Sul State, Brazil. The selected criteria are representative of factors of the soil (depth, texture, mineralogy, textural gradient, natural drainage, water table depth, perched water table, erodibility, stoniness and rockiness) or the terrain (local relief and slope gradient), which are most relevant for the identification of potential

environmental impacts on soils. To each factor, four levels of increasing limitations were assigned, allowing the organization of four soil classes - High (A), Medium (B), Low (C) and Very Low (D) - of decreasing resistance to environmental impacts, mainly associated with waste disposal on land. This methodology is applied for the classification of soils from Rio Grande do Sul.

Keywords: soil, environmental impact, land evaluation, soil classification, soil properties, soil management, waste disposal.

Introdução

O uso do solo em empreendimentos potencialmente modificadores do meio ambiente pode conduzir a conseqüências ambientais negativas. Entre esses empreendimentos destacam-se, por exemplo, os usos do solo para o descarte de resíduos, para a instalação de aterros controlados e de aterros sanitários. Neste contexto, uma avaliação dos recursos naturais disponíveis e de suas limitações deve ser usada como base para a tomada de decisões quanto ao uso do solo e ao gerenciamento das atividades desenvolvidas em cada área. Há diversas classificações técnicas ou interpretativas usadas na avaliação de áreas quanto a sua aptidão para usos específicos, notadamente sistemas de avaliação das terras para fins agrícolas (Klingeblie; Montgomery, 1961; Lepsch *et al.*, 1991; Ramalho Filho & Beek, 1994; Schneider *et al.*, 2007). Por outro lado, são escassas as classificações técnicas de solos enfocadas na avaliação de impactos ambientais potenciais, relacionando o tipo de uso com as qualidades do solo. Essas últimas são instrumentos importantes, tanto na seleção de locais adequados, quanto na posterior avaliação desses empreendimentos para seu licenciamento ambiental. Visando contribuir com uma base racional para subsidiar a forma de uso do solo, o presente artigo propõe uma metodologia para a avaliação dos solos, enfocando principalmente impactos ambientais decorrentes da disposição final de resíduos no solo, bem como aplica essa metodologia na classificação dos solos do Rio Grande do Sul.

Metodologia

Na classificação dos solos quanto à resistência a impactos ambientais decorrentes da aplicação de resíduos foram usados critérios baseados nas características e propriedades dos perfis de solos identificados no Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Sul (BRASIL, 1973) e no levantamento pedológico do Levantamento de Recursos Naturais (IBGE, 1986).

Foram selecionados fatores considerados limitantes para serem utilizados na avaliação da suscetibilidade ambiental, os quais representam fatores do solo (profundidade, textura, mineralogia, presença de gradiente textural, drenagem natural, presença de lençol freático e presença de lençol suspenso) ou do terreno (risco de inundação, suscetibilidade à erosão, relevo local e declividade). Esses fatores foram interpretados de forma a permitir uma classificação genérica de resistência a impactos, uma vez que alguns tipos de impactos podem requerer a utilização de outros critérios e avaliações específicas. A fundamentação e a interpretação dos fatores limitantes utilizados são apresentadas a seguir:

1. Profundidade do solo: baseada na espessura do perfil de solo. Esta característica representa o volume de solo disponível para absorção e atenuação de impactos (absorção de soluções, incorporação e enterramento de sólidos). Classes utilizadas: até 50 cm, acima de 50 até 100 cm, acima de 100 até 150 cm e maior que 150 cm.

2. Textura: baseada em classes genéricas de textura (arenosa, média, argilosa, muito argilosa; conforme EMBRAPA, 2006). A presença de argila (fração coloidal) é essencial para sorção, retenção e tamponamento de materiais impactantes. Classes utilizadas: argilosa (mais que 35% de argila), média (entre 15% e 35% de argila) e arenosa (menos que 15% de argila).

3. Mineralogia: baseada na predominância de argila caulínica e óxidos de ferro; ou de argila expansiva (esmectitas) identificada pela presença de feições vérticas no solo, tais como slickensides, fendilhamento expressivo. Considera-se que os solos (Latossolos, Nitossolos, Argissolos Vermelhos) com predomínio de argila caulínica e óxidos de ferro, apesar da baixa capacidade de troca de cátions (CTC) desses minerais, apresentam uma maior resistência a impactos ambientais devido a maior estabilidade física (menor erodibilidade, melhor trafegabilidade e facilidade de manipulação). Solos com predomínio de argilas expansivas (Vertissolos, solos com feições vérticas), apesar da CTC mais elevada, devido a sua capacidade de expansão e contração com a variação da umidade, restringindo sua trafegabilidade e manipulação, são considerados de menor resistência a impactos ambientais. Classes utilizadas: argila caulínica associada com óxidos de ferro; argila expansiva ou feições vérticas.

4. Gradiente textural: baseado na ocorrência de um incremento notável no teor de argila do horizonte subsuperficial, isto é, presença de um horizonte superficial mais arenoso (A ou E) seguido por um horizonte subsuperficial (B ou C) mais argiloso. A presença de gradiente textural implica na diminuição da permeabilidade do solo, na formação de lençol freático suspenso possibilitando a movimentação lateral de soluções e na maior suscetibilidade do solo à erosão. Classes utilizadas: sem gradiente textural ou com pouco gradiente textural; com gradiente textural, no caso de ser abrupto então em profundidade menor que 100 cm; com gradiente textural abrupto em profundidade igual ou maior que 100 cm.

5. Drenagem natural: identificada segundo as classes de drenagem descritas em Santos *et al.* (2005), baseada em critérios de cor, textura e gradiente textural. A caracterização da drenagem natural serve como critério de avaliação da permeabilidade do solo, da possibilidade de contaminação do lençol freático, da facilidade de tráfego de máquinas e manejo do solo. Classes de drenagem do solo utilizadas: excessivamente, acentuadamente, fortemente, bem, moderadamente, mal e muito mal drenado.

6. Lençol freático: baseado na identificação da presença e na profundidade de ocorrência de lençol freático (inferida pela zona de ocorrência de mosqueados e/ou gleização no perfil de solo). A ocorrência de lençol freático pouco profundo implica em aumento do risco de contaminação das águas subterrâneas. Classes de presença e profundidade do lençol freático: ausente, alto e superficial.

7. Lençol suspenso: baseado na identificação da presença estacional de lençol de água suspenso, caracterizado pelo acúmulo de água sobre camada pouco permeável ou impermeável devido à presença de mudança textural abrupta ou camada cimentada impermeável. O lençol suspenso normalmente é pouco profundo, razão pela qual aumenta o risco de contaminação das áreas adjacentes por fluxo lateral. Classes utilizadas: presente, eventual e ausente.

8. Erodibilidade: combinações de fatores como textura, gradiente textural, relevo e declividade do terreno podem tornar uma área mais suscetível à erosão hídrica, implicando em perda de solo e de resíduos nele incorporados. Classes de erosão utilizadas: muito forte, forte, moderada, ligeira e nula (segundo Ramalho Filho; Beek, 1994; BRASIL, 1973).

9. Pedregosidade: a presença de pedregosidade pode interferir na aração, dificultar ou tornar impraticável o uso de máquinas agrícolas. Refere-se à proporção de calhaus (diâmetro de 2

a 20 cm) e matacões (diâmetro acima de 20 até 100 cm) sobre a superfície e/ou na massa do solo. A estimativa é baseada em Santos *et al.* (2005).

10. Rochosidade: a presença de afloramentos de rochas pode restringir e/ou tornar impraticável o uso de máquinas agrícolas. Refere-se à proporção relativa de rochas expostas na superfície do solo ou de fragmentos com diâmetro superior a 100 cm. A estimativa é baseada em Santos *et al.* (2005).

11. Risco de inundação: avaliado quanto a sua ocorrência e temporalidade. Afeta a aptidão das terras pelo risco de contaminação por erosão e transporte de materiais.

12. Relevo local e declividade: o relevo local representa a conformação da superfície do terreno, apresentando declividade variável em diferentes posições do terreno. O aumento da declividade do terreno aumenta o risco de erosão, de movimentação de solo e de resíduos e dificulta o acesso e o tráfego de máquinas. Classes utilizadas: plano e suave ondulado (declive de 0 a 12%), ondulado (declive acima de 12% até 20%), forte ondulado (declive acima de 20% até 45%) e montanhoso (declive superior a 45%).

13. Aptidão agrícola: conforme critérios do Sistema Brasileiro de Classificação da Aptidão Agrícola (Ramalho Filho; Beek, 1994) e BRASIL (1973), referente a culturas de sequeiro. Este fator tem apenas caráter auxiliar, pois as limitações do solo ao uso agrícola coincidem, geralmente, com limitações na sua aptidão para o descarte de resíduos.

A partir da interpretação dos fatores de solo acima descritos, foram estabelecidos quatro níveis de limites máximos tolerados para cada fator de forma que a área avaliada fosse enquadrada numa classe de resistência ambiental. As classes de resistência decrescente, definidas conforme tais limites, são Alta (A), Média (B), Baixa (C) e Muito Baixa (D).

Neste contexto, foi elaborado o quadro-guia (Tabela 1), o qual apresenta os critérios para enquadramento dos solos nas respectivas classes de resistência a impactos ambientais decorrentes principalmente da disposição final de resíduos sólidos. A primeira coluna do quadro-guia lista os fatores do solo ou do terreno e as demais colunas listam os respectivos limites máximos tolerados para cada classe. O aumento no grau de limitação corresponde a um decréscimo na resistência dos solos a impactos ambientais.

Uso do quadro-guia

O uso do quadro-guia estabelece que para a classificação de um solo na classe Alta (A) é necessário que todos os fatores do solo e do terreno atendam aos limites máximos listados na respectiva coluna. Já a classificação de solos nas demais classes de resistência (Média = B, Baixa = C e Muito Baixa = D) é estabelecida pelo fator ou fatores mais limitantes. Por exemplo, um solo que preencher a maioria dos requisitos da classe Alta (A), exceto pelo fato de apresentar uma profundidade do solo entre 50 e 100 cm e uma textura média (teor de argila entre 15% e 35%), deverá ser enquadrado na classe Baixa (C). Dessa maneira, o fator mais limitante é considerado como determinante da classe de resistência à impacto ambiental do solo em questão.

A classificação de um solo nas classes B, C ou D de resistência a impactos não inviabiliza o seu aproveitamento para o uso pretendido; apenas adverte que, devido a sua menor resistência a impactos, há necessidade de reduzir ou fracionar a carga impactante e/ou de adotar tecnologias (e investimentos) capazes de atenuar (ou superar) as limitações existentes. A classificação de resistência a impactos ambientais pode ser usada (ou adaptada) na seleção ou avaliação de áreas para o descarte de resíduos em geral, na localização de áreas para aterros controlados e aterros sanitários, e de sistemas de absorção de

efluentes de fossas sépticas. A classificação proposta não contempla propósitos como a avaliação da aptidão das terras para fins agrícolas, silvicultura e outros usos do gênero; para estas finalidades são recomendadas metodologias específicas, como, por exemplo, a do sistema proposto por Schneider *et al.* (2007) e a classificação de Ramalho Filho; Beek (1994).

► Tabela 1 - Quadro-guia para a classificação de solos quanto à resistência a impactos ambientais decorrentes da aplicação de resíduos.

Fator do solo ou do terreno ⁽¹⁾	Classes de resistência a impactos ambientais			
	Alta (A)	Média (B)	Baixa (C)	Muito Baixa (D)
Máximo grau de limitação admitido				
Profundidade (até a rocha dura ou saprólito)	> 150 cm	≥ 100 a 150 cm	50 a 100 cm	≥ 50 cm
Textura (dominante no perfil)	Argilosa (> 35% de argila)	Média (15 a 35% de argila)	Arenosa (< 15% de argila)	Arenosa (< 15% de argila)
Mineralogia predominante	Caulinita e óxidos de ferro	Caulinita e óxidos de ferro	Esmectita e/ou feições vérticas	Esmectita e/ou feições vérticas
Gradiente textural	Sem gradiente ou com gradiente gradual	Com gradiente, se abrupto em profundidade <100 cm	Com gradiente abrupto em profundidade ≥ 100 cm	Com ou sem gradiente
Drenagem natural	Bem ou moderadamente drenado	Forte ou acentuadamente drenado	Imperfeita ou excessivamente drenado	Mal ou muito mal drenado
Lençol freático (ou em profundidade)	Ausente (ou > 180 cm)	Ausente (ou de 100 a 180 cm)	< 100 cm	Superficial
Lençol suspenso	Ausente	Ausente	Presente	Presente
Erodibilidade	Ligeira a moderada	Moderada a forte	Forte	Forte a muito forte
Pedregosidade (% da massa do solo)	Não pedregosa a moderadamente pedregosa (< 3%)	Pedregosa (3 a 15%)	Muito pedregosa (≥ 15 a 50%)	Extremamente pedregosa (>50%)
Rochosidade (% da superfície do terreno)	Não rochosa (< 2%)	Ligeiramente rochosa (2 a 10%)	Moderadamente rochosa (≥ 10 a 25%)	Rochosa a extremamente rochosa (>25%)
Risco de inundação	Nulo	Nulo	Raro	Ocasional a freqüente
Relevo local	Plano a ondulado	Ondulado	Forte ondulado	Forte ondulado a montanhoso
Declividade	< 12%	≥ 12 a 20%	≥ 20 a 45%	> 45%
Aptidão agrícola (para cultura de sequeiro)*	Bom	Boa a regular	Regular a restrita	Restrita

⁽¹⁾ Ver SANTOS *et al.* (2005) para a descrição dos parâmetros das propriedades do solo.

Resultados e Discussão

A metodologia proposta aplicada às unidades de solos identificadas no Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul (BRASIL, 1973) está ilustrada na Figura 1, que exemplifica uma distribuição espacial genérica das classes de resistência a impactos ambientais no Estado. Devido a sua escala (1:1.000.000), este mapa de resistência a impactos ambientais do Rio Grande do Sul (Figura 1) tem caráter apenas orientador, não substituindo a

necessidade de uma avaliação local da resistência do solo ao impacto causado por atividades específicas. Para fins de planejamento em municípios, microbacias ou propriedades rurais, são necessários mapas de solos em escala compatível com os objetivos pretendidos.

Os solos classificados como de alta resistência a impacto ambiental (Classe A) são aqueles com boa drenagem, profundos, pouco ou nenhum gradiente textural, sem risco de inundação, argilosos, localizados em relevo plano ou suave ondulado, geralmente correspondendo a solos das classes Latossolos, Nitossolos, Argissolos sem gradiente abrupto e alguns Cambissolos. Os solos de média resistência (Classe B) diferenciam-se dos anteriores (Classe A), por apresentarem textura mais arenosa, gradiente textural mais pronunciado ou menor profundidade (Tabela 1), geralmente correspondendo às classes Cambissolos, Argissolos com gradiente abrupto em profundidade menor que 100 cm e Latossolos mais arenosos (textura média). Já os solos de baixa resistência (Classe C) podem apresentar diversas limitações (Tabela 1), como o predomínio de argilominerais esmectíticos, ou têm drenagem imperfeita ou excessiva, ou são mais rasos, ou têm maior risco de inundação ou situam-se em áreas mais declivosas, geralmente correspondendo às classes Vertissolos, Argissolos com gradiente textural abrupto em profundidade maior que 100 cm, Chernossolos, Luvisolos, Neossolos Quartzarênicos Órticos, Neossolos Regolíticos e Planossolos. Aqueles solos classificados como de muito baixa resistência (Classe D) apresentam forte restrição quanto a pelo menos um dos fatores limitantes (Tabela 1), compreendendo principalmente as classes Gleissolos, Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos, Neossolos Litólicos, Neossolos Flúvicos e Organossolos.

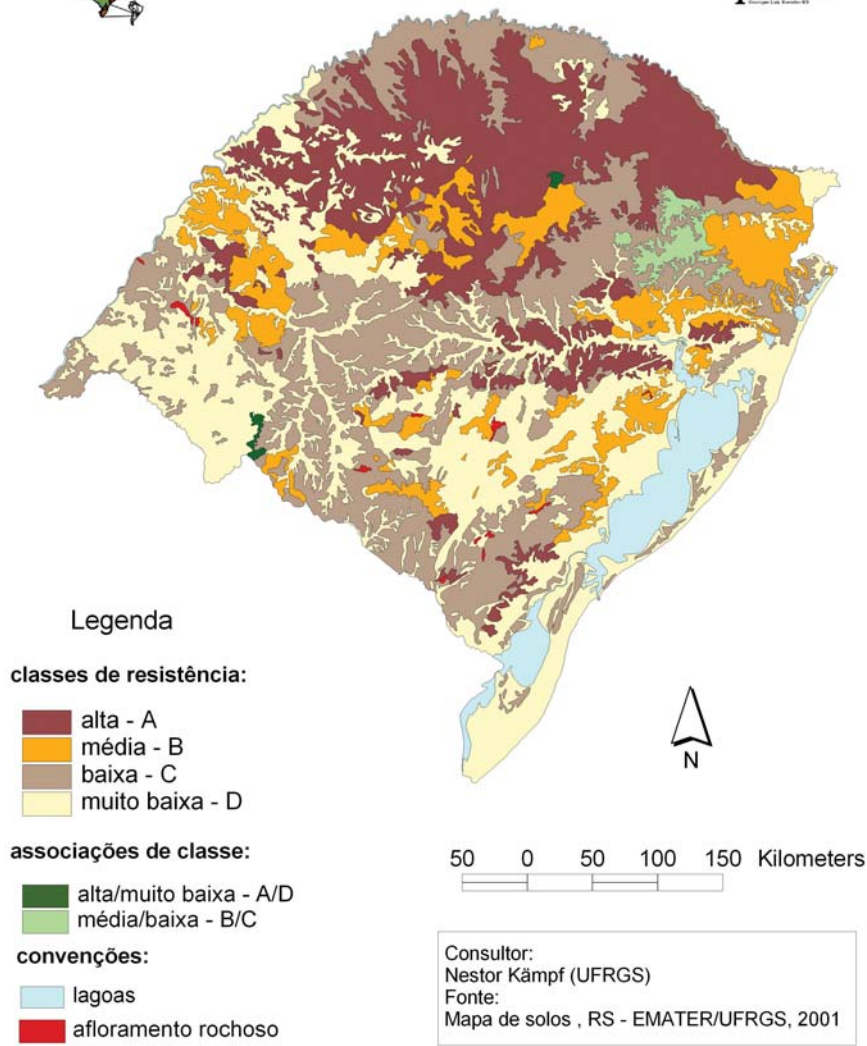
Conforme a Figura 1, genericamente, a maior frequência de solos com alta resistência à impactos é encontrada na região do Planalto do RS, enquanto que maiores extensões de solos com baixa e muito baixa resistência ocorrem nas regiões da Campanha, da Serra do Sudeste e do Litoral. Isto não significa que solos menos resistentes ou mais resistentes não estejam presentes nestas regiões. A explicação decorre dos solos com, respectivamente, maiores limitações na região do Planalto e menores limitações nas demais regiões, ocuparem áreas cuja extensão é inferior à dimensão da área mínima mapeável (AMM) na escala do mapa representado na Figura 1. Esse aspecto reforça a necessidade de usar-se mapas mais detalhados de solos para avaliações específicas a nível regional, municipal e de propriedades rurais.

Recomendações

O quadro-guia proposto pode ser utilizado como uma referência de campo na seleção e na avaliação de áreas em vistorias para fins de licenciamento ambiental. A classificação deve ser baseada em informações sobre os solos compatíveis com a escala do planejamento ou licenciamento pretendido. Neste contexto, devem ser coletadas informações dos solos diretamente no campo ou por extrapolação de informações de mapas detalhados de solos. A avaliação do solo e do terreno no campo consiste na descrição do perfil de solo em trincheira ou por tradagem e observação das feições do terreno, segundo normas descritas em Santos *et al.* (2005), coletando as informações requeridas para uso do quadro-guia. Além dessas características, devem ser atendidos os requisitos da legislação ambiental pertinente ao licenciamento pretendido.

► Figura 1 - Distribuição espacial genérica das classes de solos quanto à resistência ao impacto ambiental.

Classificação dos solos quanto à resistência aos impactos ambientais, RS



Referências bibliográficas

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisas Pedológicas. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento dos Recursos Naturais: Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim**. Rio de Janeiro, 1986. 796p. (Levantamento de Recursos Naturais, 33)
- KLINGEBIEL, A. A.; MONTGOMERY, P. H. **Land capability classification**. Washington, DC: Soil Conservation Service, U.S. Govt. Print. Office, 1961. 21p.
- LEPSCH, I. et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Rio de Janeiro, EMBRAPA.CNPS, 1994.
- SANTOS, R. D. dos et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; EMBRAPA. CNPS, 2005. 92p.
- SCHNEIDER, P.; GIASSON, E; KLAMT, E. **Classificação da aptidão agrícola das terras: um sistema alternativo**. Guaíba: Agrolivros, 2007. 72p.

Avaliação de amostras de água do rio Cai entre os anos de 1996 e 1997 através de ensaios crônicos com *Daphnia magna* (Crustacea : Cladocera).

Nara Regina Terra, Ilda Rosa Feiden

Resumo

A aplicação de bioensaios para a caracterização da qualidade dos compartimentos ambientais tem sido uma das ferramentas mais freqüentemente utilizadas, devido às boas respostas que fornecem quando o objetivo é a conservação da vida aquática e da saúde humana. O rio Cai possui importância sócio-econômica e ambiental para o Estado por ser um dos formadores da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, responsável pelo abastecimento público de água da capital. Foram monitorados oito locais para a qualidade da água (maio/96 a março/97) através de ensaios crônicos com *Daphnia magna*. O trabalho descreve a qualidade deste rio considerando as alterações na sobrevivência e na reprodução destes cladóceros, quando expostos a amostras de água de um trecho situado no terço inferior do rio. Foram expostos 1.080 microcrustáceos a situações de estresse ambiental do início da vida até a senilidade, visando obter informações do impacto das amostras sobre a espécie. Raramente foi detectada ecotoxicidade aguda (sobrevivência), enquanto que a toxicidade crônica (reprodução) foi freqüente, indicando a necessidade de ensaios crônicos para determinação mais segura da qualidade ambiental. Comparando estes resultados com dados de trabalhos publicados recentemente, observamos queda na qualidade da área de estudo nos últimos 20 anos.

Palavras-chave: Microcrustáceos, bioensaios, ecotoxicologia, reprodução, sobrevivência.

Assessment of water samples from Caí River using chronic bioassay with *Daphnia magna* (Crustacea : Cladocera) between 1996 and 1997

Abstract

The application of bioassays for the characterization of environmental compartments quality has been one of the most frequently used tools, due to the good responses these methods can offer when the objective is the conservation of aquatic life and human health. The Caí River has socioeconomical and environmental relevance for Rio Grande do Sul state for being one of the constitutes of Lago Guaíba's Basin and because it is the public water supply source for the capital city. Eight sites were monitored for the water quality (May/96 to March/97) through chronic assay with *Daphnia magna*. The present study describes the quality of this river considering the alterations in the survival and reproduction taxes in these cladocerans when they were exposed to samples of water from a site located in the inferior third of the river. For this purpose, 1.080 microcrustaceans were exposed to situations of environmental stress, from birth to senility, in order to obtain information about the impact of the samples on this species. Acute ecotoxicity (survival) were rarely

Divisão de Biologia,
Departamento de
Laboratórios, Fundação
Estadual de Proteção
Ambiental Henrique Luís
Roessler – FEPAM/RS.
Endereço para
correspondência: Av.
Salvador França, 1707, Prédio
3, Bairro Jardim Botânico,
CEP 90.690-000, Porto
Alegre, RS, Brasil. Telefone/
Fax: ++(51) 3334-6765.
E-mail: nara.terra@ufrgs.br,
ilda.feiden@gmail.com

Agradecimentos

As autoras agradecem ao
CNPq - Conselho Nacional de
Desenvolvimento Científico e
Tecnológico, pelo auxílio
concedido através de Bolsa
de Pesquisador, Nível
Superior a Ilda Rosa Feiden.

detected, while chronic toxicity (reproduction) was frequent. These results indicate the need of chronic assays application for safer determination of environmental quality. Comparing these data with studies recently published, we could observe the environmental quality decline of the studied area in the last 20 years.

Keywords: Microcrustaceans, bioassays, ecotoxicology, reproduction, survival

Introdução

O desencadeamento de processos que alteram o habitat, antes lento e gradual, hoje é acelerado ou desviado do rumo natural devido à interferência do Homem (Lemos & Terra, 2003). Visando proteger a qualidade ambiental dos ecossistemas do Estado a FEPAM vem desenvolvendo estudos ecotoxicológicos com amostras dos rios formadores da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba desde a década de 80. No período entre maio/96 a março/97, foram coletadas amostras de água em um trecho situado no terço inferior do rio Caí, visando complementar dados observados no projeto Métodos Analíticos de Avaliação Toxicológica para Controle da Qualidade Ambiental (FEPAM, PADCT-FINEP, 1997).

Uma das formas mais utilizadas atualmente para detectar os desvios que os ecossistemas estão tomando, é através do uso de ensaios biológicos que simulam o ambiente natural a fim de detectar alterações no desenvolvimento normal dos seres vivos, mesmo quando esses se manifestam de forma ainda inicial. Ensaio crônicos identificam alterações reprodutivas que não são detectadas em ensaios agudos (Nebeker *et al.*, 1984, Terra & Schäfer, 2000), pois a ação de muitos poluentes é silenciosa quando estes se encontram em pequenas quantidades, as quais muitas vezes não são detectadas por ensaios químicos. Testes biológicos, portanto, são essenciais para se decidir sobre a qualidade do ambiente. Além disto, ensaios de longa duração permitem que o organismo-teste permaneça por maior tempo exposto ao agente tóxico, filtrando através de suas brânquias substâncias nocivas disponíveis no ambiente.

Ações antrópicas como o lançamento de esgotos domésticos, industriais e as atividades de dragagem do leito dos rios têm modificado os ecossistemas desencadeando alterações na qualidade ambiental e na capacidade que os rios apresentam de se autodepurar e recuperar o seu equilíbrio.

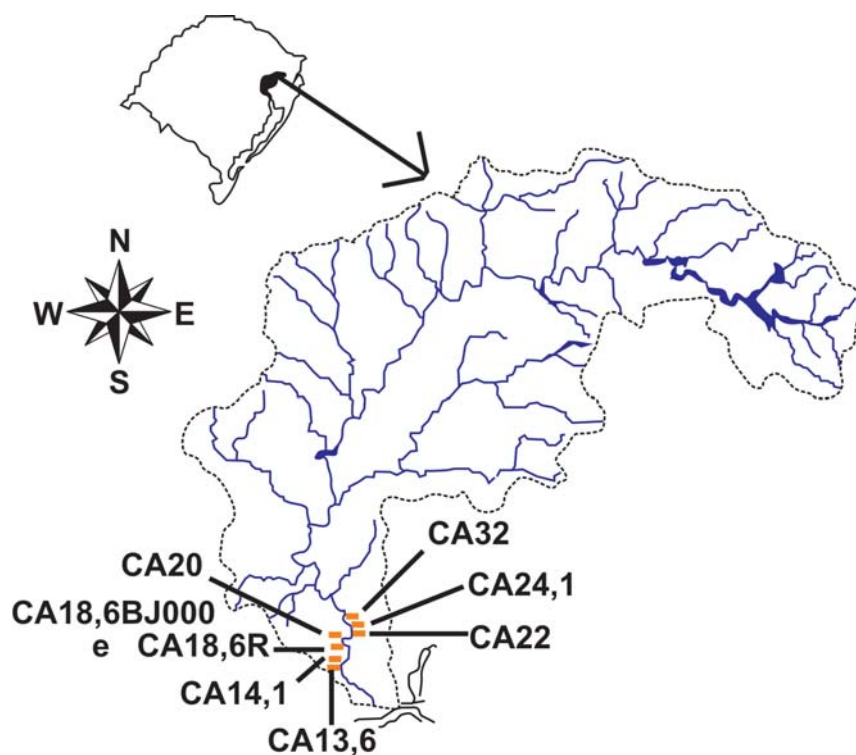
O objetivo deste trabalho é descrever a qualidade do rio Caí, valendo as alterações reprodutivas e da sobrevivência de *D. magna*, quando expostas a amostras dos locais selecionados. A escolha deste organismo baseia-se no sucesso obtido em nosso laboratório quanto à reprodutibilidade de respostas, à sensibilidade que esses cladóceros apresentam aos contaminantes aquáticos e por ser esta espécie amplamente estudada por muitos pesquisadores (Burton & Allen, 1992, Gillis *et al.*, 2005, Olmstead & LeBlanc, 2000, Terra *et al.*, 2003, 2004; 2006, 2007, 2008), tornando possível comparar estes dados com outros gerados em diferentes momentos ou áreas físicas. Além disto, pequenos cladóceros apresentam rápido crescimento durante o ciclo ontogênico, fornecendo facilmente respostas e otimizando desta forma o tempo de exposição ao estresse ambiental (Terra *et al.*, 2001).

Embora essa espécie não pertença à fauna brasileira e sim a áreas com teor de dureza superior ao encontrado no local de estudo, trabalhos relatam ausência de alterações reprodutivas ou no crescimento (Zagatto; Goldstein, 1984, Terra; Feiden, 2003), quando os indivíduos foram expostos a concentrações menores de CaCO_3 .

Metodologia

Bioensaios crônicos, semi-estáticos foram realizados com nove amostras de água do rio Caí, visando avaliar a ação do ambiente sobre o cladóceros *Daphnia magna*, entre maio/96 a mar/97. Os pontos estavam situados a 13,6 (29°52'14" de latitude Sul e 51°21'47" de longitude Oeste), 14,1 (29°51'53" de latitude Sul e 51°21'46" de longitude Oeste), 18,6 (29°50'06" de latitude Sul e 51°16'59" de longitude Oeste), 20 (29°49'06" de latitude Sul e 51°21'58" de longitude Oeste), 22 (29°49'19" de latitude Sul e 51°21'01" de longitude Oeste), 24,1 (29°48'23" de latitude Sul e 51°21'14" de longitude Oeste) e 32 (29°47'14" de latitude Sul e 51°22'05" de longitude Oeste) km da foz (Figura 1). As amostras foram mantidas no escuro, divididas em alíquotas e congeladas. Antes de cada uso, a vidraria foi submetida a uma lavagem cuidadosa com sabão líquido neutro, ácido nítrico p. a. diluído a 50% e acetona p. a., visando utilizar material livre de qualquer resíduo tóxico de origem orgânica ou metais.

Os dafinídeos utilizados nos ensaios foram obtidos através de culturas com densidades de 25 adultos por 1000ml de meio de cultivo M4. Estas condições mantêm os microcrustáceos em estágio de reprodução partenogenética garantindo a semelhança da população.



◀ Figura 1 - Localização da área de estudo no rio Caí, Rio Grande do Sul.

Para evitar a contaminação dos cultivos, os testes foram realizados em germinadoras distintas, ambas programadas para 200°C ± 20°C e fotoperíodo de 16 horas-luz diárias.

Os cladóceros foram observados diariamente durante 30 dias, para mortalidade (falta total de movimento) e reprodução. Após as observações os cladóceros foram alimentados com a alga *Scenedesmus subopiscatus* na concentração 107 células/cm³, *ad libitum*.

Utilizou-se *D. magna* com idade entre 2 e 26h de vida, distribuídos aleatoriamente em 3 béqueres de 50ml contendo 40ml de amostra e 5 organismos em cada, totalizando 15 indivíduos por amostra. Até o final do projeto foram expostos 120 indivíduos de *D. magna*, por ponto, totalizando a observação de 1080 cladóceros.

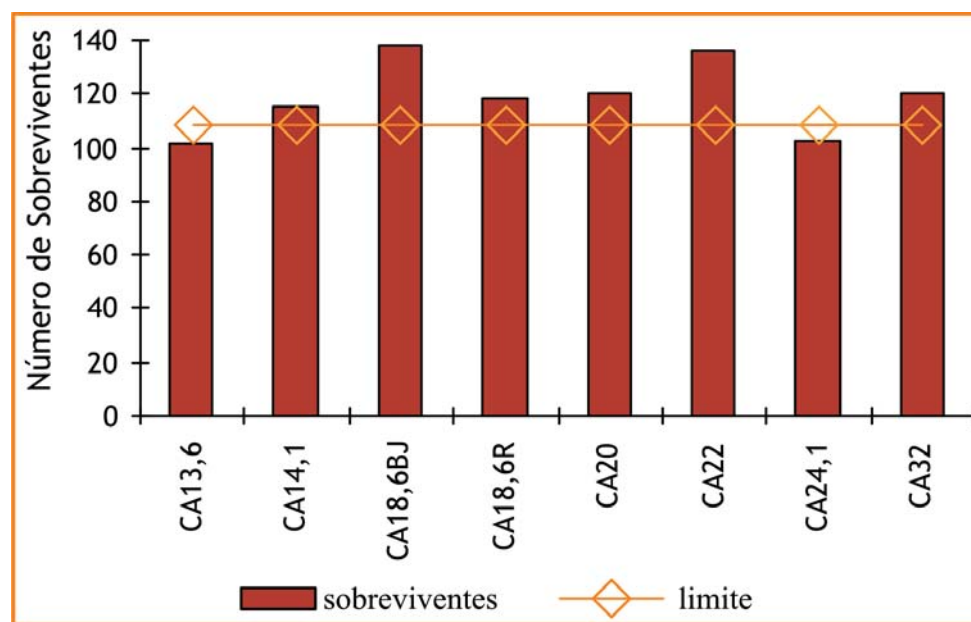
Antes do início de cada ciclo de bioensaios, os organismos foram submetidos a testes de sensibilidade ao dicromato de potássio, sendo utilizados somente lotes onde a LC50-24h situa-se próximo a 1,00mg $K_2Cr_2O_7$. Para o cálculo da LC50-24h foi aplicado o Trimmed Spearman-Kärber Method (Toxstat version 1.5).

Resultados e Discussão

Ao longo do curso, o rio Caí apresenta níveis de toxicidade variáveis devido às diferentes fontes causadoras de estresse ambiental, entre elas a navegação, os poluentes industriais, os esgotos domésticos e os agrotóxicos. O efeito agudo das amostras foi raro embora tenha ocorrido efeito crônico em algumas ocasiões.

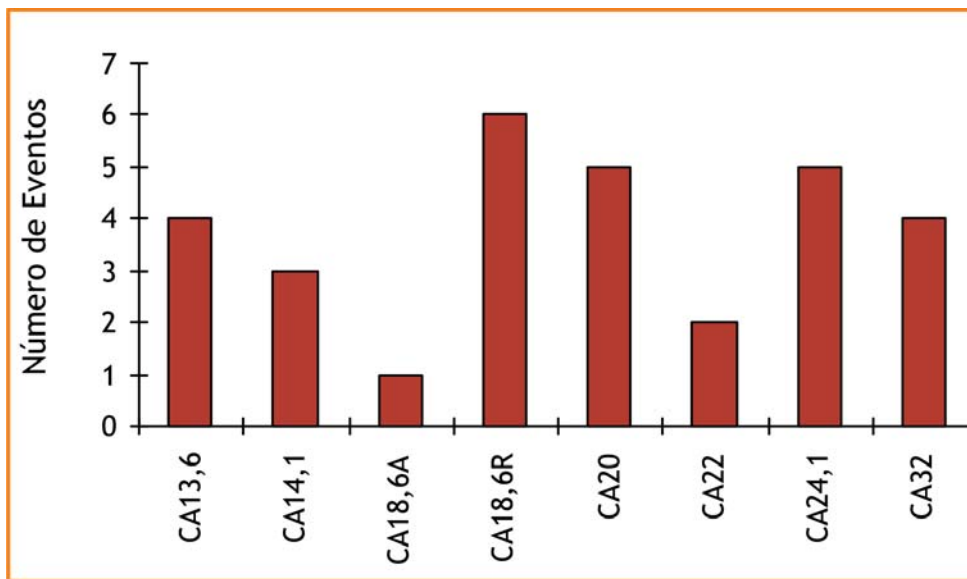
Quando as informações de sobrevivência de todas as amostragens foram reunidas, verificamos que o maior efeito foi encontrado em CA13,6 e CA24,1 com 102 e 103 sobreviventes respectivamente indicando o comprometimento pela contaminação ambiental (Figura 2).

► Figura 2 - Sobreviventes de *Daphnia magna* expostas a amostras de água do rio Caí entre maio/96 e março/97.



A foz do arroio Bom Jardim, localizada junto a uma área que recebe a influência de rejeitos de um complexo industrial petroquímico desde 1982, apresentou apenas uma resposta inadequada para sobrevivência em nove amostragens realizadas (Figura 3). No entanto, outro trabalho desenvolvido com amostras deste mesmo Arroio entre junho/01 e maio/02, mostrou que a qualidade do ponto CA18,6 BJO000 decaiu, apresentando respostas compatíveis com ecotoxicidade aguda, uma vez que sete de oito amostragens apresentaram respostas inadequadas quando considerada a sobrevivência (Terra *et al.* 2006). Segundo Gewurtz *et al.* (2000) os PAHs podem acumular-se no sistema e serem transferidos diretamente a níveis mais altos da rede trófica. Neste caso a inclusão destes poluentes pode se dar através da metabolização quando ingeridos. Sendo os PAHs poluentes prioritários, podem causar danos à biota aquática (Ireland *et al.*, 1996). A toxicidade dos hidrocarbonetos aromáticos, em particular os PAHs, é claramente identificada nestes organismos (Trucco *et al.*, 1983).

Para avaliação da ecotoxicidade crônica foram consideradas respostas relacionadas aos eventos reprodutivos observados. Os resultados mais críticos encontraram-se entre



◀ Figura 3 - Eventos de sobrevivência inferiores a 80%, entre *Daphnia magna* expostas a amostras do rio Caí entre maio/96 e março/97.

junho e setembro (inverno) em todos os pontos amostrados, sendo agosto o mês com maior retração reprodutiva (Figura 4). Esta situação pode ter sido desencadeada pelo aumento da massa d'água e da correnteza, comuns no inverno, que revolvem o leito dos rios disponibilizando poluentes anteriormente sedimentados. Trucco *et al.* (1983) afirmam que a atividade petroquímica pode liberar subprodutos afetando a vida dos cladóceros. Contaminantes como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAHs), organoclorados e metais, presentes em rejeitos petroquímicos, podem ser retidos no sedimento e liberados após no ecossistema aquático (Ankley *et al.* 1996, Ireland *et al.*, 1996, Gewurtz *et al.*, 2000). A liberação destes poluentes para as camadas superiores da coluna d'água, devido às correntes ou após eventos de chuvas ou ainda através da navegação, podem disponibilizá-los para organismos aquáticos.

Comparando os dados apresentados no presente trabalho com estudos posteriores (Terra *et al.*, 2006), verificamos que a reprodução também indicou queda na qualidade ambiental em CA18,6BJ000. A contaminação ambiental, mesmo que lenta pode interferir no ambiente ao longo do tempo, desencadeando respostas biológicas nos organismos expostos. Nikunen (1985) também observou impacto na reprodução de dafnínidos expostos a contaminantes de indústria petroquímica.

A reprodução mostra-se muito sensível às agressões ambientais não detectadas de forma aguda tornando-se um parâmetro fundamental de análise, uma vez que muitas vezes respostas negativas para mortalidade foram acompanhadas por respostas positivas para a deficiência reprodutiva o que também foi constatado por Nikunen (1985).

Outros estudos realizados com amostras da foz do mesmo Arroio (CA18,6BJ000) foram positivos para ensaios genotóxicos com *Salmonella* (Vargas *et al.*, 1993, 1995), assim como ensaios com linfócitos humano (Lemos *et al.*, 1994, Lemos & Erdtmann, 2000).

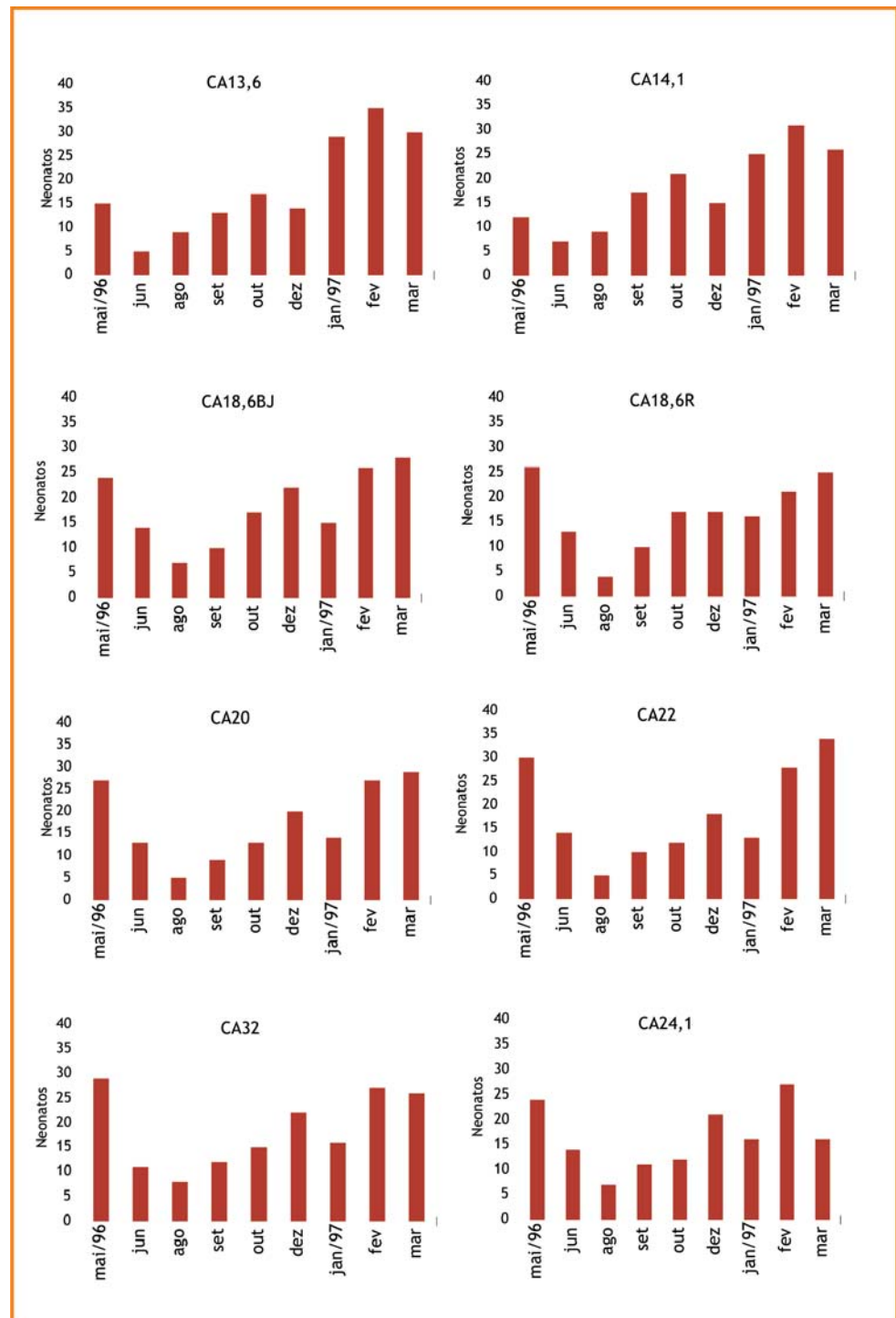
Conclusões

Danos sofridos por seres vivos expostos a amostras ambientais têm constituído importante ferramenta para avaliação do ecossistema auxiliando na tomada de decisões e agilizando processos que visem a recuperação do ambiente aquático. A importância da avaliação crônica a partir de amostras ambientais está na possibilidade de propor medidas precoces para a recupe-

ração ambiental, possibilitando a recuperação da qualidade do ecossistema com menor esforço e com menor custo econômico e social.

A comparação dos dados deste trabalho com outros mais recentes mostram que a foz do arroio Bom Jardim (CA18,6BJ00) vem apresentando queda na qualidade. É importante mencionar o processo de deterioração rápida e crescente que os recursos hídricos vêm sofrendo. Locais com águas de boa qualidade hoje são raros, devido ao mau uso exercido pela sociedade, tornando este bem natural, antes fartamente disponível, escasso para todos os seres vivos e extremamente caro para o homem.

► Figura 4 - Média de neonatos de *Daphnia magna* expostas a amostras de água do rio Caí entre maio/96 e março/97.



Referências bibliográficas

- ANKLEY, Gerald T. *et al.* A field investigation of the relationship between zinc and acid volatile sulfide concentrations in freshwater sediments. **Journal of Aquatic Ecosystem Health**, Dordrecht, Netherlands, v. 5, p. 255-264, 1996.
- BURTON Jr., Allen G. Sediment quality assessment. In: CONFERENCE ON ASSESSMENT AND TREATMENT OF CONTAMINATED SEDIMENTS IN THE NORTH BRANCH CHICAGO RIVER, Oct. 19-20, 1992. Proceedings ... Chicago, il.
- GEWURTZ, Sarah B.; LAZAR, Rodica ; HAFFNER, Douglas. Comparison of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon and polychlorinated biphenyl dynamics in benthic invertebrates of lake Erie, USA. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v. 19 n. 12, p. 2943-2950, 2000.
- GILLIS, P. L. *et al.* Daphnia need to be gut-cleared too: the effect of exposure to and ingestion of metal-contaminated sediment on the gut-clearance patterns of *D. magna*. **Aquatic Toxicology**, Dordrecht, Netherlands, v. 71, p. 143-154, 2005.
- IRELAND, D. Scott; BURTON Jr., Allen G. ; HESS, Gorge G. In situ toxicity evaluations of turbidity and photoinduction of polycyclic aromatic hydrocarbons. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v. 15, n. 4, p. 574-581, 1996.
- LEMOS, Clarice Torres; VARGAS, Vera Maria Ferrão; HENRIQUES, João Antonio Piegas & MATTEVI, M. S. Genotoxicity of river water under the influence of petrochemical industrial complexes. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 52, p. 848-855, 1994.
- LEMOS, Clarice Torres; ERDTMANN, Bernardo. Cytogenetic evaluation of aquatic genotoxicity in human cultured lymphocytes. **Mutation Research**, Amsterdam v. 467, p. 1-9, 2000.
- LEMOS, Clarice Torres; TERRA, Nara Regina. Poluição: causas, efeitos e controle. In: SILVA, J.; ERDTMAN, B.; HENRIQUES, J. A. P. (Org). **Genética Toxicológica**. Porto Alegre. Ed. Alcance. 2003. v.1, p.119-138.
- NEBEKER, Alan V. *et al.* Biological methods for determining toxicity of contaminated freshwater sediments to invertebrates. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v. 3, p.617-630, 1984.
- NIKUNEN, Esa. Toxic impact of effluents from petrochemical industry. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 9, p. 84-91, 1985.
- OLMSTEAD, Allen W.; LE BLANC, Gerald A. Effects of endocrine-active chemicals on the development of sex characteristics of *Daphnia magna*. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v.19, n.8, p. 2107-2113, 2000.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER. Programa de Pesquisas Ambientais; FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS. Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Relatório de Pesquisas. Porto Alegre: FEPAM/PADCT/FINEP, 1997. 4 v. **Métodos analíticos de avaliação toxicológica para controle da qualidade ambiental**.
- TERRA, Nara Regina; FEIDEN, Ilda Rosa. Reproduction and survival of *Daphnia magna* Straus, 1820 (Crustacea:Cladocera) and different hardness condition. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Botucatu, v. 15, n. 2, p. 51-55, may/aug, 2003.
- TERRA, Nara Regina; SCHÄFER, Alois. Chronic in vivo effects of zinc on *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822) (Gastropoda, Ampullariidae). **Brazilian Journal of Ecology**, Rio Claro, v. 4, n:1 /2, p. 118-122, 2000.
- TERRA, Nara Regina, FEIDEN, Ilda Rosa, NUNES, Emilene Arusievicz. Efeito do sedimento do rio Gravataí na reprodução e na sobrevivência de *Daphnia magna*, 1820, Straus (Crustacea: Cladocera). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 4., 2004, **Anais...** Porto Alegre, 2004. CD-ROM.

TERRA, Nara Regina, FEIDEN I. R., MOREIRA Juliano de Souza, NUNES Emilene Arusievicz, 2006, Reproductive inhibition in *Daphnia magna* Straus, 1820, exposed to sediment samples of an area under impact from the petrochemical industry. **Acta Limnológica Brasiliensia**, Botucatu, v. 18, n. 3, p. 229-237, jul./sept. 2006.

TERRA, Nara Regina; FEIDEN, Ilda Rosa; FACHEL, Jandyra Maria; MOREIRA, Juliano de Souza, LEMKE, Cristiano. "Chronic assays with *Daphnia magna*, 1820, Straus in sediment samples from Caí River, Rio Grande do Sul, Brazil". **Acta Limnológica Brasiliensia**, Botucatu, v. 19, n. 1, p. 31-39, jan./jun, 2007.

TERRA, Nara Regina; FEIDEN, Ilda Rosa; FACHEL, Jandyra Maria Guimarães; LEMOS, Clarice Torres de, NUNES, Emilene Arusievicz, intitulado "Ecotoxicological evaluation of sediment and water samples from Sinos River, Rio Grande do Sul, Brazil, using *Daphnia magna* and V79 cells" em **Acta Limnológica Brasiliensia**, Botucatu, v. 20, n.1, p. 63-72, jan./jun, 2008.

TERRA, Nara Regina; LEMOS, Clarice Torres de; FEIDEN, Ilda Rosa; CORREA, Lizélia Moraes. Ensaio biológico na avaliação da qualidade ambiental. In: TUCCI, C. E. M. MARQUES, D. M. L. M.(Org.). TUCCI, C. E. M. MARQUES, D. M. L. M.(Org.). **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: Ed. ABRH, 2001. v. 2, p. 87- 95.

TERRA, Nara Regina; FEIDEN, Ilda Rosa; CORREA, Lizelia Moraes. Ação tóxica do sedimento do rio dos Sinos na sobrevivência e na reprodução de *Daphnia magna* Straus, 1820 (Crustacea) In: VI CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 6, 2003, Fortaleza. Anais... Fortaleza: Universidade Federal do Ceará: 2003. p 397-399.

TRUCCO, R. G.; ENGELHARDT, F. R.; STACEY, B. Toxicity, accumulation and clearance of aromatic hydrocarbons in *Daphnia pulex*. **Environmental Pollution**, Essex, Great Britain, (Series A) v. 31, p.191-202, 1983.

VARGAS, Vera Maria Ferrão; GUIDOBONO, Regis R.; JORDÃO, Cleusa, HENRIQUES, José Antônio Piegas. Use of two short-term tests to evaluated the genotoxicity of river water treated with different concentration extraction procedures. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 343, p. 31-52, 1995.

VARGAS, Vera Maria Ferrão; MOTTA, Vailmicir Elisabeth; HENRIQUES, José Antônio Piegas. Mutagenic activity detected by the Ames test in river water under the influence of petrochemical industries. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 319, p. 31 - 45, 1993.

ZAGATTO, Pedro A., GOLDSTEIN, E.G. Estudo comparativo entre as taxas de reprodução de *Daphnia similis* Claus, 1876 e *Daphnia magna* Straus, 1820: Resultados preliminares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 3.,1984, São Carlos, SP. Anais... São Paulo: 1984. p.411-423.

Matéria técnica

A participação do consumidor na logística reversa de resíduos sólidos

Mário Rogério Kolberg Soares

A gestão de resíduos sólidos no Brasil carece de uma Política Nacional, cuja matéria perpetua-se por anos no Congresso Nacional, ainda sem uma perspectiva de encaminhamento final. Assim sendo, estados e municípios vêm legislando a respeito, na tentativa de definir instrumentos para minimizar os efeitos causados pela destinação final inadequada dos mesmos.

O Estado do Rio Grande do Sul tem a sua política estadual de resíduos fixada através da Lei Estadual n° 9.921/93 e regulamentada pelo Decreto Estadual n° 38.356/98, que estabelece como uma das metas para o sistema de gerenciamento a redução dos resíduos gerados. Complementarmente a esta política, temos a Lei Estadual n° 11.019/97, de 23 de setembro de 1997, regulamentada pelo Decreto Estadual n° 45.554, de 19 de março de 2008. Esta legislação vem ao encontro da tendência mundial relativa ao gerenciamento dos resíduos gerados a partir de produtos quando do pós-consumo, introduzindo o conceito de logística reversa para o recolhimento de bens materiais que após a sua vida útil tornam-se resíduos, em especial os que apresentam periculosidade e que precisam de um destino final adequado. A logística reversa apresenta-se como *"um instrumento de desenvolvimento econômico e social, caracterizada por um conjunto de ações, procedimentos e meios, destinados a facilitar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos aos seus geradores, para que sejam tratados ou reaproveitados em novos produtos, na forma de insumos, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, visando à não geração ou à minimização de rejeitos"*.

A periculosidade de um resíduo pode ser determinada com o auxílio da norma técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT 10004, que define como perigosos os resíduos que, em função das características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar risco à saúde pública ou efeitos adversos ao meio ambiente.

A importância da logística reversa e da participação do consumidor minimiza o impacto dos resíduos com periculosidade no gerenciamento municipal, em particular na disposição final em aterros urbanos que possam vir a comprometer o meio ambiente, uma vez que estes resíduos não possuem valor comercial para o gerenciamento através das cooperativas e associações de catadores, via coleta seletiva.

Dentro desta ótica é que está embasada a legislação estadual, estabelecendo um fluxo de responsabilidades para o destino final adequado destes resíduos oriundos do pós-consumo, iniciando com as ações a serem desempenhadas pelo consumidor, seguidas pelo estabelecimento comercial, até chegar ao fabricante ou importador do produto, que deverá providenciar na destinação final adequada do mesmo.

Serviço de Licenciamento de Áreas Industriais em Implantação – SELAI, Divisão de Controle da Poluição Industrial – DICOPI, Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM, Rua Carlos Chagas, 55, Porto Alegre, RS, CEP 90.030-020, Brasil.

Responsabilidades no pós-consumo

- Consumidor: após a utilização do produto, deverá disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reversos para coleta, levando os mesmos até um local de recolhimento;

- Serviço público de limpeza urbana: articular com os fabricantes e importadores dos produtos a implementação da estrutura necessária para garantir o fluxo de retorno dos resíduos sólidos reversos, oriundos dos serviços de limpeza urbana;

- Revendedores, comerciantes e distribuidores de produtos: receber, acondicionar e armazenar temporariamente, de forma ambientalmente segura, os resíduos sólidos reversos, oriundos dos produtos comercializados ou distribuídos;

- Fabricante e importador: destinar os resíduos sólidos, priorizando a reciclagem destes na forma de matérias-primas ou novos produtos em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos.

Os atores sociais dentro da atual situação, presentes no recolhimento e destino de resíduos sólidos urbanos no Brasil, podem ser divididos em dois grandes grupos: os coletores oficiais e os coletores informais (catadores e cooperativas), que disputam o resíduo reciclável, segregado pelo consumidor como “lixo seco”, via coleta seletiva, para comercialização junto às empresas recicladoras.

Como gestor municipal no gerenciamento dos resíduos, os municípios devem estar voltados para a estruturação e implantação da coleta seletiva, à criação de unidades de triagem, ao fomento do sistema cooperativo para geração de receita para famílias de baixa renda e à construção de aterros sanitários adequados para a disposição final de resíduos urbanos não recicláveis e não perigosos. Os percentuais verificados de resíduos recicláveis dentro do lixo urbano, viabilizam economicamente ações de caráter social, reconduzindo o indivíduo, até então numa situação de miserabilidade no contexto social, como importante agente dentro do conceito de sustentabilidade global.

A aplicação do termo “logística reversa” está, dentro do presente contexto, mais associada à logística de recolhimento de resíduos perigosos resultantes do pós-consumo e que na quase totalidade dos casos, não têm valor comercial, não sendo, por isso, passíveis de interesse por parte das associações de catadores e coletores informais. O objetivo da sua aplicação está em minimizar o impacto dos resíduos com periculosidade no gerenciamento municipal, em particular na disposição final em aterros, transformando-se em grande passivos ambientais que poderão vir a comprometer o meio ambiente e a saúde humana, em função da precariedade com que os mesmos são construídos e operados no Brasil.

Caracterizamos na seqüência alguns destes resíduos oriundos do pós-consumo, que necessitariam o auxílio do consumidor para o êxito de uma política de logística reversa.

► Fonte: ABETRE – Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos Especiais

Recicláveis da Coleta Seletiva



Lâmpadas fluorescentes

Constituída de um tubo de vidro selado preenchido com gás inerte (argônio), à baixa pressão e vapor de mercúrio, com terminais de alumínio, eletrodos (tungstênio, níquel, cobre ou ferro) e um “pó fosforoso” (clorofluorofosfato de cálcio 4 a 6 gramas / lâmpada de 40 watts). O conteúdo de mercúrio em cada lâmpada atinge mais de 10 mg de vapor de mercúrio.

Conhecidas como lâmpadas “ambientalmente corretas”, vistas sob o aspecto do consumo e da eficiência de luminosidade, a substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes vem recebendo incentivos por parte dos órgãos governamentais, face a estes aspectos positivos, como por exemplo, sua vida útil que pode chegar a até 16.000 horas de duração satisfatória contínua o que, comparado com uma lâmpada comum, corresponderia à vida útil de 8 lâmpadas. Estas também têm um consumo muito menor de energia, em média 80% menos que as incandescentes, embora tenham o custo mais elevado.

Políticas públicas estão voltadas ao fomento destas lâmpadas, como pode ser constatado em matéria que foi publicada no jornal Estado de São Paulo em 2001, período crítico da crise energética vivida pelo País, que noticiou: *“nos últimos meses, o governo determinou que as concessionárias de energia apresentem programa de distribuição gratuita dessas lâmpadas para os consumidores de baixa renda, doando mais de 6 milhões de lâmpadas, como uma das medidas de combate ao desperdício de energia. Os técnicos do governo estimam que, com a implantação desta idéia, seja possível uma economia anual da ordem de 680 milhões de quilowatts/hora – o suficiente para abastecer, por um mês, uma cidade de 580 mil habitantes”*.

A preocupação está no descarte após a vida útil das lâmpadas fluorescentes. Não podemos continuar aceitando que o impacto destas, assim como de outros resíduos contendo metais pesados, num aterro de resíduos urbanos seja o mesmo que o proporcionado por "casca de ovos e abacaxis", em função da presença de vários metais, entre eles o mercúrio, que possui toxidez aguda, podendo provocar náuseas, vômitos, danos aos rins, entre outras e toxidez crônica com inflamação da boca, perda de dentes, alterações psicológicas e psicomotoras, e ainda podendo ser facilmente metilado por bactérias e, após, ser absorvido por animais, onde irá acumular-se nos tecidos. O argumento de que as concentrações presentes são baixas caem por terra, uma vez que estamos falando de áreas de aterros onde os resíduos serão dispostos e ali irão perpetuar, resultando em altas concentrações localizadas.

Uma série de outros elementos químicos, além do mercúrio, está presente na composição do “pó fosforoso” da lâmpada fluorescente, entre os quais: bário, cádmio, cálcio, alumínio, chumbo, cobre, ferro, magnésio, manganês, sódio, zinco, antimônio e níquel.

Países desenvolvidos já anunciam o fim das lâmpadas incandescentes, com o estabelecimento em paralelo de políticas claras para destino final das lâmpadas fluorescentes no pós-consumo. A Nova Zelândia fixou a data de outubro de 2009 como limite máximo para o término da comercialização no país das lâmpadas incandescentes, sob o argumento de tratar-se de uma “tecnologia muito velha e ineficaz, onde somente 5% da energia que consome gera luz, sendo o restante calor inútil”.

No Brasil, ainda se faz necessária uma diretriz legal para o recolhimento e processamento adequado, sob pena de não estarmos computando o custo ambiental como uma variável nesta equação econômica, priorizando a redução do consumo energético. Trata-se de um resíduo que não pode ser gerenciado através de “sucateiros”, como evidenciado na foto a seguir, os quais não têm condições de absorver, armazenar e destiná-lo corretamente, pois necessitarão desembolsar



recursos que não possuem para tal, acarretando na permanência dos mesmos “jogados” dentro de suas propriedades, sem qualquer preocupação ambiental e de saúde.

Pilhas e baterias

Diferentemente das lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias possuíam uma diretriz legal aprovada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução CONAMA nº257/99, que disciplinava “o descarte e gerenciamento ambientalmente adequado das mesmas, no que tange à coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final”, em vigor até o mês de outubro de 2008 e agora substituída pela Resolução CONAMA nº401/08, publicada em 04 de novembro de 2008.

A primeira Resolução estabelecia, textualmente em seu artigo primeiro, que as “pilhas e baterias, contendo em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, necessárias ao funcionamento de diversos tipos de aparelhos, veículos ou sistemas, móveis ou fixos, bem como os produtos eletro-eletrônicos que as contenham integradas em sua estrutura de forma não substituível, após seu esgotamento energético, serão entregues pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada pelas respectivas indústrias, para repasse aos fabricantes ou importadores, para que estes adotem, diretamente ou por meio de terceiros, os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada”. A Resolução fixava, também, percentuais máximos para a fabricação, importação e comercialização das mesmas no território nacional, para metais pesados como mercúrio, cádmio e chumbo, dentro do conceito de minimização da fabricação de produtos contendo substâncias perigosas. Contemplava, porém, no seu artigo décimo terceiro, que as pilhas e baterias que atendessem aos limites fixados para os metais pesados nela referidos, poderiam ser dispostas, conjuntamente, com os resíduos domiciliares em aterro sanitários licenciados.

Dessa forma, a Resolução até então em vigor estabelecia que as pilhas comuns fabricadas hoje no Brasil, por já se encontrarem dentro dos percentuais máximos fixados para os metais pesados referidos, conforme comprovação feita ao Ministério do Meio Ambiente pelos fabricantes nacionais, poderiam ser descartadas em aterros sanitários licenciados, juntamente com os resíduos urbanos. Entendemos que definir metas para produção de bens que minimizem impactos ao meio ambiente, com o emprego da chamada “*produção mais limpa*”, deve ser política exigida pela sociedade. Contudo, vincular a redução de metais pesados na fabricação de produtos, como sendo uma relação direta com o grau de periculosidade desses ao final de sua vida útil, entendendo como possível o seu descarte em aterros de resíduos urbanos, resultando em concentrações elevadas numa mesma área, nos parece uma inversão completa de conceitos.

A versão, até então em vigor, da referida Resolução permitia também a destinação ao lixo urbano das pilhas utilizadas em brinquedos, rádios, máquinas fotográficas, lanternas, aparelhos auditivos, calculadoras, relógios, enfim, os produtos do nosso consumo diário, relacionando ao recolhimento de responsabilidade dos fabricantes ou importadores, apenas as baterias automotivas, de telefones celulares, e outras mais específicas, como por exemplo, as utilizadas em instrumentos de navegação.

A nova Resolução agora promulgada estabelece a obrigatoriedade pela destinação final adequada aos produtores e importadores, fixando o prazo dois anos para este atendimento. Entende-se que com esta nova Resolução em vigor, todos os tipos de pilhas deverão ser recolhidos e destinados de forma ambientalmente adequada, iniciando-se uma correção de rumo no caminho que estava traçado até então.

Dentro do contexto de ausência de uma política nacional para a gestão de resíduos sólidos, o Rio Grande do Sul promulgou o Decreto Estadual nº 45.554, de 19.03.08, que regulamentou a Lei Estadual nº 11.019/97, de 23.09.97, referente ao “descarte e destinação final de pilhas que contenham mercúrio metálico, lâmpadas fluorescentes, baterias de telefone celular e demais artefatos que contenham metais pesados no Estado do Rio Grande do Sul”.

Com a publicação desse, fica proibido o descarte de pilhas que contenham mercúrio metálico, lâmpadas fluorescentes, baterias de celular e demais artefatos que contenham metais pesados em lixo doméstico ou comercial no Estado. Os fabricantes e importadores de produtos de que trata o referido Decreto são responsáveis pela adoção de mecanismos adequados de gestão ambiental e destinação final, quando do “pós-consumo”, cabendo o seguinte fluxo de responsabilidades:

Consumidor – devolução dos resíduos nos locais pré-indicados, sensibilizado por campanhas de conscientização;

Estabelecimento comercial – disponibilização de recipientes de coleta e transporte para armazenamento temporário;

Fabricante e importador – armazenamento temporário e destinação final.

Resíduos de pneumáticos

Diferentemente dos demais resíduos perigosos quando do pós-consumo, os pneus inservíveis também possuem papel de destaque na gestão dos resíduos urbanos, pela dificuldade dos mesmos serem recolhidos pelo poder público para disposição final em aterros sanitários. Não há operacionalidade, independentemente de qualquer outro fator, na compactação de pneus em células de aterro.

Embora não apresentando periculosidade, as carcaças de pneus podem acarretar problemas de saúde pública quando relacionados como responsáveis pelo acúmulo de água da chuva e proliferação

de vetores e problemas ambientais quando da queima a céu aberto, produzindo emissões atmosféricas resultantes da queima incompleta do compostos orgânicos presentes na sua composição.

O gerenciamento destes pneus inservíveis está fixado nas resoluções CONAMA n° 258/99 e n° 301/03, que estabelecem a responsabilidade pela destinação final destes no pós-consumo, às empresas fabricantes e importadoras na relação de “para cada quatro pneus novos fabricados ou importados deverão ser destinados cinco pneus inservíveis”.

Os fabricantes de pneumáticos novos instalados no país, reunidos através da Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos – ANIP, desenvolveram um programa de “logística reversa” para o recolhimento destas carcaças inservíveis para todo o País, baseada em centrais de recolhimento denominadas “Ecopontos” (fruto de parcerias com a iniciativa privada e com prefeituras municipais), para posterior coleta e encaminhamento dos pneus para um destino final adequado.

Entre outros destinos, os pneus inservíveis estão sendo utilizados pela indústria calçadista (solados), pela indústria cimenteira (como substituto de combustíveis na fabricação de clínquer), para obtenção de gases e óleo combustível (unidade de industrialização de xisto da Petrobrás), para a fabricação de tapetes para veículos e outros artefatos de borracha e na incorporação ao asfalto (chamado “asfalto ecológico”).

Embalagens de agrotóxicos

Dentro do princípio da “logística reversa”, um exemplo que também deve ser referido, com papel fundamental do consumidor, é o da destinação final das embalagens de agrotóxicos. Fixado por legislação federal, Decreto Federal n° 4.074/02, os estabelecimentos comerciais deverão dispor de instalações adequadas para recebimento e armazenamento das embalagens vazias devolvidas pelos usuários, até que sejam recolhidas pelas respectivas empresas titulares do registro, produtores e comerciantes, responsáveis pela destinação final dessas embalagens.

O agricultor, usuário dos produtos, deve proceder na tríplice lavagem das embalagens laváveis, devendo as mesmas ser inutilizadas (perfuradas) e armazenadas na sua propriedade para posterior devolução aos locais referidos pelo comerciante para tal. Embalagens contaminadas e não passíveis de lavagem, também devem ser recolhidas e armazenadas para posterior devolução. A partir da devolução, cabe ao revendedor local armazenar de forma adequada e disponibilizar ao fabricante ou importador, através das centrais de recolhimento, para o destino final adequado.

Trata-se de um exemplo específico em que o consumidor aparece com responsabilidade explícita no próprio texto legal, como propulsor da logística reversa, com obrigações a cumprir e passível de penalidades para o caso de não atendimento.

Instrumentos econômicos e financeiros

A introdução do conceito de logística reversa dentro da política de gestão de resíduos sólidos, necessita estar associada a instrumentos econômicos e financeiros para o êxito nos resultados quanto à proteção ambiental. Questões como linhas de financiamento com vistas a alterações em processos produtivos para prevenção e redução na geração de resíduos sólidos; desenvolvimento de pesquisas voltadas a produção de bens menos poluentes quando do pós-consumo; fomento a infra-estruturas físicas e equipamentos para organizações voltadas à reciclagem e segregação de resíduos; desenvolvimento tecnológico; programas de incentivo a projetos consorciados de logística reversa, entre outros, são pontos fundamentais para minimização do impacto negativo do descarte de resíduos no meio ambiente.

A obrigatoriedade de elaboração de planos de gestão integrada de resíduos sólidos, por entidades públicas e privadas, é condição prévia para que a logística reversa possa ter sucesso, propiciando a conscientização e a mobilização por parte do consumidor final.

Um plano de gerenciamento de resíduos sólidos deve contemplar os procedimentos a serem executados, visando à não geração de resíduos, à minimização da geração, à segregação, à reciclagem, ao armazenamento, ao transporte, ao tratamento e à destinação final adequada, observando as normas técnicas referentes à proteção ambiental. A ausência de um plano de gerenciamento impossibilita visualizar e contabilizar os prejuízos econômicos e ambientais com o desperdício de matérias primas e as dificuldades de recondução dos materiais descartados ao ciclo produtivo, inviabilizando qualquer possibilidade de aplicação da “logística reversa”. Assim, também é papel fundamental do consumidor a cobrança junto aos gestores públicos para que elaborem e implementem planos de gerenciamento de resíduos, nas esferas de administração municipal, estadual e federal.

bibliografia comentada

Convênios de Cooperação e Apoio Técnico-Científico possibilitam duas novas publicações com a participação da FEPAM

A Natureza na Cartografia Histórica do Rio Grande do Sul - Mapas histórico-ambientais do Rio Grande do Sul



Esta obra resgata as representações do espaço geográfico e do ambiente correspondentes à territorialidade do Rio Grande do Sul, através da cartografia e da história cartografada, idealizada, percebida e transmitida através de símbolos gráficos. Este projeto pioneiro abrangeu pesquisa em várias instituições nacionais e internacionais. Elaborado pelo Instituto Histórico e Geográfico do Rio Grande do Sul (IHGRGS), contou com equipe composta pelos seguintes pesquisadores: geógrafos Carmem Marília Machado Franco, Gervásio Rodrigo Neves e Heinrich Hasenack, e historiadora Liana Bach Martins. Com o apoio da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM), a publicação foi patrocinada pela Companhia Petroquímica do Sul (COPEL), e está disponível na forma impressa e em CD-ROM.

► INSTITUTO HISTÓRICO E GEOGRÁFICO DO RIO GRANDE DO SUL. **A Natureza na cartografia histórica do Rio Grande do Sul**: mapas histórico-ambientais do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: IHGRS, 2008.

Mercúrio antrópico e outros elementos em drenagens associadas às minerações auríferas de Lavras do Sul

O trabalho objetivou realizar uma avaliação ambiental, metalogenética e prospectiva relacionada, principalmente, aos elementos mercúrio, arsênio, ouro, cádmio, cobre, níquel, chumbo e zinco em solos, sedimentos de corrente e águas superficiais da área de estudo. A conhecida toxicidade do mercúrio, associada aos demais contaminantes metálicos e não metálicos ligados à mineralização aurífera, torna o trabalho importante fonte de subsídios a instituições das áreas de saúde humana e qualidade ambiental. A publicação foi executada por pesquisadores da Companhia de Recursos Minerais (CPRM) e da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM) e integra o Programa Nacional de Geoquímica Ambiental e Geologia Médica (CPRM/Ministério Minas e Energia). Disponível na íntegra em <http://www.fepam.rs.gov.br> / Biblioteca Digital / Relatórios Técnicos.

► GRAZIA, Carlos Antonio, PESTANA, Maria Heloisa Degrazia. **Mercúrio antrópico e outros elementos em drenagens associadas às minerações auríferas de Lavras do Sul**. Porto Alegre: CPRM/FEPAM, 2008. 60p.



Grupo de Monitoramento Permanente - GMP do CONAMA para óleos lubrificantes usados e/ou contaminados - OLUCs.

Carmem Lúcia Vicente Níquel

Serviço de Licenciamento de Áreas Industriais em Implantação – SELAI, Divisão de Controle da Poluição Industrial, FEPAM, representante da ABEMA no GMP. Endereço para correspondência: Rua Carlos Chagas, 55, Porto Alegre, RS, CEP 90.030-020, Brasil. E-mail: carmemniquel@fepam.rs.gov.br

O óleo lubrificante usado e/ou contaminado – OLUC, também conhecido como óleo queimado, provém, principalmente, do setor de transportes e do setor industrial. O OLUC é um resíduo tóxico potencialmente perigoso para o meio ambiente e para a saúde humana. O OLUC proveniente de motores é composto por poluentes, tais como: metais pesados, resinas, ácidos orgânicos resultantes da oxidação parcial do óleo, compostos clorados originados de aditivos de lubrificação, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), fenóis, ftalatos e outras substâncias. Apesar de dispor de potencial calorífico equivalente a 90% do óleo combustível, o impacto negativo da combustão do OLUC no ambiente é muito elevado devido aos produtos decorrentes da queima.

No Brasil, a queima de OLUC está proibida pela Resolução CONAMA n° 362/2005, que trata do recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado e dispõe: “*Art. 1°: Todo óleo lubrificante usado ou contaminado deverá ser recolhido, coletado e ter destinação final, de modo que não afete negativamente o meio ambiente e propicie a máxima recuperação dos constituintes nele contidos, na forma prevista nesta Resolução.*”

Os produtores e importadores são obrigados a coletar todo óleo disponível ou garantir o custeio de toda a coleta de OLUC realizada efetivamente, na proporção do óleo lubrificante acabado que colocam no mercado. Além disso, há razões econômicas, pois a atividade de reciclagem do óleo lubrificante usado é favorável à balança comercial brasileira, uma vez há a necessidade de importação deste insumo, pois o petróleo nacional não possui características para tal e, portanto, não supre a demanda de substâncias lubrificantes. Atualmente, o rerrefino é o processo tecnológico de destinação final do OLUC, legal e ambientalmente, adequado.

Os Ministérios do Meio Ambiente e de Minas de Energia publicaram a Portaria Interministerial MME/MMA n° 464, de 29 de agosto de 2007, que fixou percentuais mínimos de coleta de OLUC por região e país, para os anos de 2008, 2009, 2010 e 2011.

Ao Grupo de Monitoramento Permanente (GMP) instituído pela Resolução CONAMA n° 362/2005, sob o Art. 11 e criado pela Portaria Ministerial/MMA n° 31, de 23 de fevereiro de 2007, coube, como diretriz de trabalho, coordenar a realização, em 2008, de três Oficinas Regionais de Capacitação para a Aplicação da Resolução CONAMA n° 362/2005, de acordo com as realidades locais. As oficinas visam uniformizar os entendimentos

entre os setores envolvidos, fiscais e técnicos ambientais dos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente, tendo sido já realizadas nas regiões Centro-Norte, Nordeste e Sul. A próxima oficina acontecerá em São Paulo, no início do mês de dezembro de 2008, reunindo os estados da região Sudeste.

O trabalho do Grupo conta com a participação de coletores e rerrefinadores de OLUC, além da participação da sociedade civil, representada pela ONG Ambientalista APROMAC e as entidades ambientalistas estaduais e municipais de meio ambiente, respectivamente, ABEMA e ANAMMA.

Normas gerais para apresentação dos trabalhos

A Revista recebe contribuições de textos dentro das seguintes categorias de seções: Artigo Técnico, Artigo de Revisão, Comunicação Técnica, Relato de Experiências, Relato de Eventos, Bibliografia Comentada, Legislação Ambiental, Tradução de Trabalho, Destaque Fotográfico, Almanaque Ambiental e Cartas. A elaboração de outras seções estará a cargo da Comissão Editorial.

O estilo de redação deverá ser claro e coerente na exposição das idéias, observando-se o uso adequado da linguagem. O autor deverá submeter o trabalho a uma revisão gramatical antes de seu encaminhamento à Comissão Editorial da Revista. Os trabalhos deverão ser digitados com o editor de texto *Microsoft Word* versão 6.0 ou superior.

Em folha anexa ao corpo do texto, deverão constar o(s) nome(s) completo(s) do(s) autor(es) (ou, se necessário, a forma preferencial de sua citação), seguido(s) do nome e local da instituição a qual está(ão) vinculado(s). No caso de trabalho elaborado por vários autores, designar o autor para envio de correspondência, com endereço postal completo, telefone, fax e *e-mail*.

Os títulos e subtítulos deverão estar em negrito e ter apenas a primeira letra da primeira palavra em maiúscula. O texto deverá ser escrito em português, utilizado-se o tipo *Times New Roman*, com tamanho de fonte 12, espaço 1,5 entre linhas e parágrafos, alinhamento justificado, papel A4, páginas não numeradas, margens superior e inferior com 2,5 cm e margens esquerda e direita com 3,0 cm. Palavras estrangeiras deverão ser citadas em itálico. Nomes científicos de espécies e substâncias químicas, bem como unidades de pesos e medidas, deverão obedecer as regras e padrões internacionais. As referências bibliográficas deverão estar de acordo com a NBR-6023 da ABNT, disponível na Biblioteca da FEPAM.

Deverão ser ainda seguidas todas as demais normas específicas para cada categoria de seção da Revista, as quais estão disponíveis em detalhe no endereço <http://www.fepam.rs.gov.br/fepamemrevista/Revista.asp>.

Os trabalhos deverão ser encaminhados em 02 (duas) vias impressas em papel não timbrado e em meio digital – por disquete, CD-ROM ou e-mail, para o endereço abaixo:

Coordenação da Comissão Editorial - FEPAM

Rua Carlos Chagas, 55, sala 801

CEP 90030-020 – Porto Alegre – RS

e-mail: comissaoeditorial@fepam.rs.gov.br



18 anos a serviço da sustentabilidade ambiental

PORTO ALEGRE

SEDE:

Rua Carlos Chagas, nº 55 - 5º andar - Centro
Porto Alegre - RS - Brasil CEP: 90030-020
Fone (pabx): 51 3288-9400
Fax: (51) 3288-9423
E-mail: faleconosco@fepam.rs.gov.br

Central de Atendimento ao Público
Térreo do Edifício Sede
Fone: (51) 3288-9428 e 3288-9434
Horário de atendimento: 9:00 –12:00 h e 14:00 –16:45 h

SEAMB – Serviço de Emergência Ambiental
Fone: (51) 3288-9457
Fone exclusivo para emergências
ambientais: (51) 9982-7840

LABORATÓRIOS:

DLAB - Divisão de Biologia e Serviço de Amostragem
Rua Salvador França, nº 1707 - Jardim Botânico
Porto Alegre - RS - CEP: 90690-000
Divisão de Biologia - Fone: (51) 3334-4583
Serviço de Amostragem - Fone: (51) 3381-1599

DLAB - Divisão de Química
Rua Aurélio Porto, nº 37 – Partenon
Porto Alegre - RS - CEP: 90620-090
Fone: (51) 3226-56

INTERIOR DO ESTADO

Balcão Ambiental Unificado da Campanha
Rua David Canabarro nº 165
Alegrete - RS - CEP: 97542-180
Fone: (55) 3422-6028
E-mail: regional.alegrete@fepam.rs.gov.br

Balcão Ambiental Unificado do Litoral Norte
Rua São João, nº 819
Tramandaí - RS - CEP: 95590-000
Fone: (51) 3661-1685
E-mail: regional.litoralnorte@fepam.rs.gov.br

Balcão Ambiental Unificado de Santa Cruz do Sul
Av. João Pessoa, nº 199
Santa Cruz do Sul - RS - CEP: 96815-770
Fone: (51) 3711-6655
E-mail: santacruzdosul@fepam.rs.gov.br

Escritório Regional Serra
Rua Alfredo Chaves, nº 998
Caxias do Sul - RS - CEP: 95020-460
Fone: (54) 3214.8401
Fax: (54) 3221.1296
E-mail: regional.caxias@fepam.rs.gov.br

Escritório Regional Sul em Rio Grande
Rua Marechal Floriano, nº 5 - 3º Andar
Rio Grande - RS - CEP: 96200-380
Fone: (53) 3232-9777
E-mail: regional.riogrande@fepam.rs.gov.br

Escritório Regional Sul em Pelotas
Rua Barão de Santa Tecla, nº 469 Sala 1
Pelotas - RS - CEP: 96010-140
Fone: (53) 3222-9172
E-mail: pelotas@fepam.rs.gov.br

Escritório Regional Central
Rua Pedro Londero, nº 22
Santa Maria - RS - CEP: 97095-530
Fone: (55) 3222-1648 e (55) 3225-3131
E-mail: regional.santamaria@fepam.rs.gov.br

Escritório Regional Noroeste
Rua Armando Haag, nº 44
Santa Rosa - RS - CEP: 98900-000
Fone: (55) 3512-6573 e (55) 3511-3624
E-mail: regional.santarosa@fepam.rs.gov.br

Artigos **04** Avaliação do gerenciamento das areias geradas nas fundições de ferro do estado do Rio Grande do Sul, Brasil

11 Metodologia para classificação de solos quanto à resistência a impactos ambientais decorrentes da disposição final de resíduos

18 Avaliação de amostras de água do rio Cai entre os anos de 1996 e 1997 através de ensaios crônicos com *Daphnia magna* (Crustácea: Cladocera)

Matéria Técnica **26** A participação do consumidor na logística reversa de resíduos sólidos

Bibliografia Comentada **32**

Legislação **33** Óleos Lubrificantes Usados e/ou Contaminados