

revista

# LIMPEZA PÚBLICA

ABLP - Associação Brasileira de Limpeza Pública  
www.ablp.org.br

54  
Janeiro  
2000

## ATERRO SANITÁRIO

Metodologia e critérios corretos garantem sucesso do empreendimento em Ilhéus

## RECICLAGEM

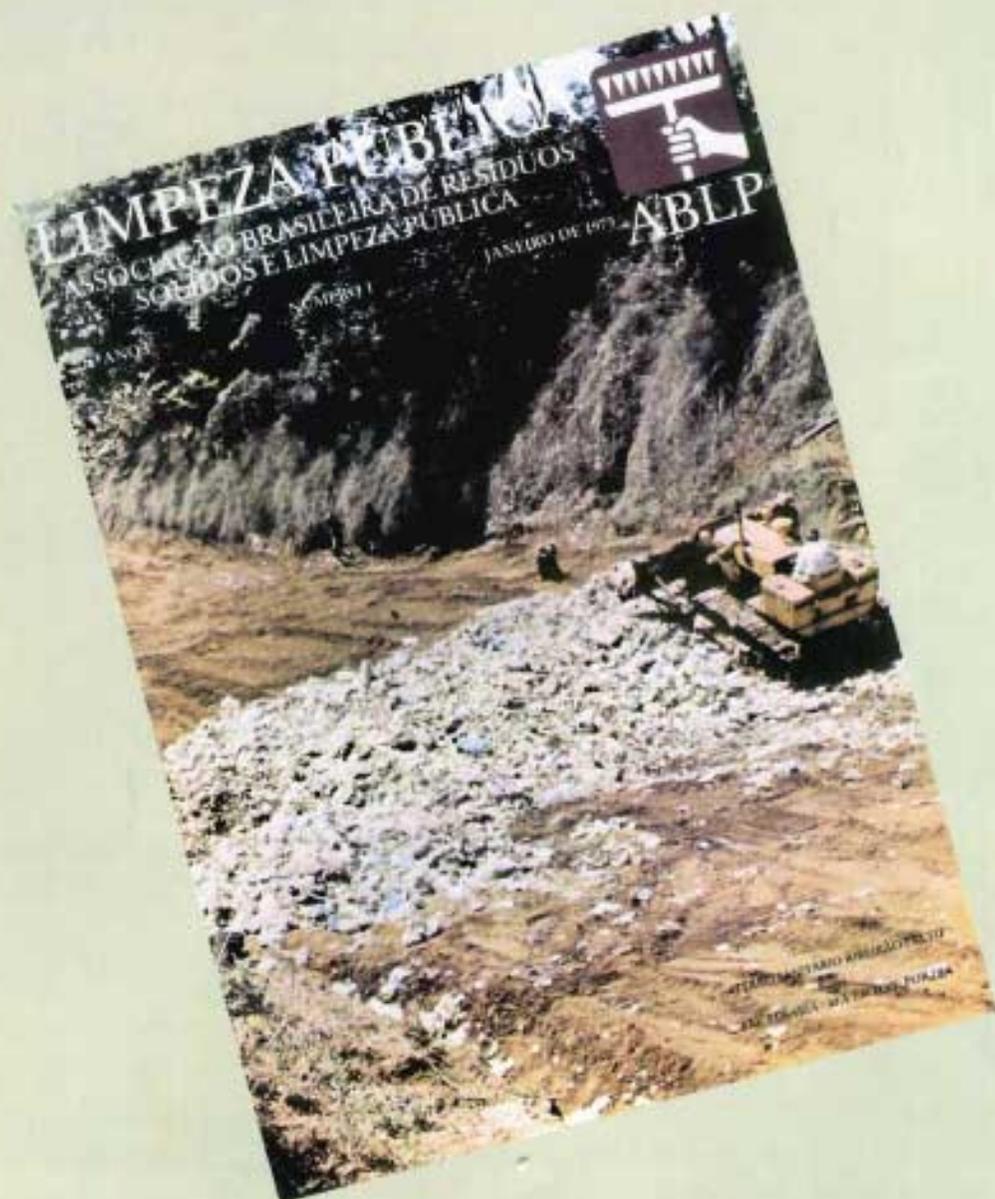
A pavimentação asfáltica é uma interessante alternativa de reutilização de pneus velhos

## ARTIGO TÉCNICO

Em Londrina, 17 mil pneus são descartados mensalmente

## ATUALIDADES

Reciclagem de óleos lubrificantes, fertilizante de lodo de esgoto e concurso fotográfico são alguns dos destaques desta edição



**1975 - 2000**  
**25 anos de Revista**

## ATUALIZE-SE!!!

Seja mais um participante dos cursos da Associação Brasileira de Limpeza Pública - ABLP. Ao longo dos anos, a ABLP vem ministrando cursos, *workshops* e seminários sobre Resíduos Sólidos e Limpeza Pública, oferecendo capacitação e atualização para os técnicos da área. Confira abaixo a programação para o ano 2000:

### CURSOS A SEREM REALIZADOS EM SÃO PAULO/SP

| MÊS      | DURAÇÃO | CURSOS   |
|----------|---------|--|
| Maio     | 3 dias  | Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde |
| Junho    | 3 dias  | Compostagem de Resíduos Sólidos  |
| Julho    | 3 dias  | Incineração de Resíduos Sólidos  |
| Agosto   | 1 dia   | " Workshop " sobre Resíduos Especiais                                  |
| Agosto   | 2 dias  | Controle de Vetores de Interesse em Limpeza Pública                    |
| Setembro | 3 dias  | Aterro Sanitário   |
| Outubro  | 3 dias  | Gerenciamento de Serviços de Limpeza Pública                           |
| Novembro | 3 dias  | Gerenciamento e Plano de Gerenciamento de Serviços de Saúde            |
| Dezembro | 2 dias  | Gerenciamento de Resíduos Industriais                                  |

Programação sujeita a alterações.

**NOTA:** Se houver interesse em parcerias é possível realizar alguns destes cursos em outras cidades. Para maiores informações, entre em contato com a ABLP.

#### INFORMAÇÕES:

Telefax: (0xx11) 229- 5182 ou tel.: (0xx11) 229-8490  
<http://www.ablp.org.br> - e-mail: [ablp3@uol.com.br](mailto:ablp3@uol.com.br)



## REVISTA LIMPEZA PÚBLICA

é uma publicação trimestral da Associação Brasileira de Limpeza Pública - ABLP. Sede: Av. Prestes Maia, 241 - 32º andar - conj. 3218 - São Paulo - SP - CEP: 00031-902. Fone: (0xx11) 229-8490 e Fone/Fax: (0xx11) 229-5182 - Entidade de utilidade pública - Decreto nº 21234/85-SP.

**Presidentes Eméritos (in Memoriam):** Francisco Xavier Ribeiro da Luz, Jayro Navarro, Roberto de Campos Lindenberg.

### DIRETORIA DA ABLP - Biênio 97/98

**Presidente:** Francisco Luiz Rodrigues; **2º vice-presidente:** José Paulo Pinto Teixeira; **3º vice-presidente:** Júlio Rubbo; **4º vice-presidente:** Maeli Estrela Borges; **5º vice-presidente:** Wanda Maria Risso Günther; **1º tesoureiro:** Mário Guilhem de Almeida; **2º tesoureiro:** Jumara Bastos; **1º secretário:** Cláudio Roberto Guaraldo; **2º secretário:** Arthur Moreira Barbosa Júnior.

### CONSELHO CONSULTIVO

**Titulares:** Adalberto Leão Bretas; Alberto Pacheco; Ariovaldo Caodaglio; Cineas Feijó Valente; Denise M. E. Formaggia; Fernando Sirlino Cortes; João Ganesi Netto; José Álvaro Luz Pereira; Luiz Augusto de Lima Pontes; Renato Mendonça; Tadayuki Yoshimura; Walter Engracia de Oliveira

**Suplentes:** Edmar José Kiehl; Maria Helena de Andrade Orth; Maria Márcia Orsi Morel; Valter Pedrosa de Amorim

### CONSELHO FISCAL

**Titulares:** Christopher Wells; Douglas Natal; Pedro Gonzales Campoamor

**Suplentes:** Conrado Carvalho Alves; José Messias dos Anjos; Maurício Adeodato Boaventura

### CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. Alberto Pacheco

Prof. Eng.º, Maeli Estrela Borges

Prof.ª, Wanda Maria Risso Günther

Eng.ª, Jacqueline Rogéria Bringhenti

Eng.ª, Denise M. E. Formaggia

Arq.º, Júlio Rubbo

### COORDENAÇÃO DA REVISTA

Jumara Bastos

### EDITOR RESPONSÁVEL

Clara Tartik (Mtb 12.712)

### PRODUÇÃO GRÁFICA E EDITORIAL

Edição de Textos: Clara Tartik

Edição de Arte e Produção Gráfica e

Fotolitos: Laserplan

Impressão: Perfecta Artes Gráficas Ltda.

Tiragem: 7.000 exemplares

Os conceitos e opiniões emitidos em artigos assinados são de inteira responsabilidade dos autores e não expressam necessariamente a posição da ABLP. A ABLP não se responsabiliza pelos produtos e serviços das empresas anunciantes, as quais estão sujeitas às normas de mercado e do Código de Defesa do Consumidor.

# Índice

## 4 EDITORIAL Limpeza Urbana

## 5 DESCARTE DE PNEUS Quantificação do assunto em Londrina (PR)



## 12 CONSTRUÇÃO CIVIL Panorama sobre a Reciclagem de Resíduos (2ª parte)

## 17 ATERRO SANITÁRIO Pesquisa e Seleção de Áreas no Município de Iheus (BA)



## 23 PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA Uma alternativa para a reutilização de pneus



## 30 ATUALIDADES Equipamentos alemães prometem deixar nossas praias limpas

# Limpeza Urbana: fundamental aliada da Saúde Pública

O desenvolvimento histórico na área de Resíduos Sólidos e Limpeza Urbana comprova que, durante décadas, esses segmentos do Saneamento Básico – tão importantes quanto os setores de Água e Esgoto – sempre foram relegados a segundo plano no Brasil.

É indiscutível que a ampliação da oferta de água potável à população urbana foi extremamente acertada pela redução de inúmeras doenças, embora o mesmo não tenha ocorrido com o esgotamento sanitário. Na década de 70, com a formação das companhias estatais de “saneamento básico”, vários investimentos maciços foram realizados, o que permitiu uma melhoria considerável em suas infra-estruturas.

Entretanto, nesses últimos 30 anos, o setor de Limpeza Pública permaneceu sem a devida atenção, sobretudo dos Poderes Estadual e Federal, ficando vinculado aos Municípios e, conseqüentemente, sob total dependência técnica, financeira e operacional. As aplicações de recursos orçamentários de uma prefeitura deixam claro que o setor não é prioridade na hierarquização de gastos. E com exceção da coleta regular e limpeza de logradouros, as demais atividades estão praticamente esquecidas. Uma prova disso são os milhares de lixões a céu aberto, que comprometem inclusive alguns mananciais de abastecimento.

A ABLP – que completa 30 anos em novembro próximo – acompanhou toda a trajetória da área, tendo constatado ao longo desse período que pouco foi feito no tocante às formas de Tratamento e Disposição Final. E apesar de não atuar num setor estruturado como o da Água e Esgoto, manteve-se fiel ao seu objetivo, juntamente com um grupo que carinhosamente chamamos de “lixeiros”, e que ainda estão bastante atrelados ao ritmo e condições que as prefeituras do País podem oferecer.

Em seus primeiros 25 anos, a Associação foi mantida graças aos esforço e dedicação de seus ex-presidentes, que merecem aqui todo nosso reconhecimento por terem conseguido mantê-la viva, apesar dos percalços. A partir de 1995, tivemos a oportunidade de participar ativamente da Diretoria, convivendo com os professores Walter Engrácia de Oliveira e Roberto de Campos Lindenberg (in memoriam), o que foi muito gratificante. Nesse período, a ABLP despertou para a necessidade de imprimir uma nova condição de trabalho, compatível com as transformações advindas do novo milênio.

As novas exigências no tratamento de Resíduos Sólidos e os serviços de Limpeza vêm tomando significativa importância, seja pela mudança de entendimento das prefeituras, seja pela contribuição e melhoria impulsionada pelas empresas prestadoras de serviços. Atrelado ao processo de modernização da ABLP, modificações nos Estatutos estão sendo estudados, com o objetivo de possibilitar novos propósitos, entre os quais a descentralização da Associação através da criação de seções regionais e estaduais, viabilizando maior oferta de cursos, eventos e discussões técnicas. Com isso, temos a certeza de estarmos contribuindo para que a área de Resíduos Sólidos e Limpeza Urbana passe a integrar a cadeia do Saneamento Básico e mostrar sua inter-relação com a Saúde Pública.

Paralelamente aos 30 anos que a ABLP completa neste ano, também comemoramos outra importante data: os 25 anos desta revista, que tem atuado como importante canal de divulgação e de informação sobre o que vem sendo realizado na área, dentro e fora do Brasil.

Finalmente, a todos os Associados e Colaboradores, que acreditaram em nossa entidade, agradecemos o apoio e compreensão.

**Francisco Luiz Rodrigues**  
Presidente ABLP



Renato Rodrigues / Flonorte

# O descarte de pneus usados em Londrina

Quatro estudiosos realizaram, durante seis meses, levantamento de dados para saber quantos pneus são descartados mensalmente na cidade.

*Por Janete Teixeira Costa, José Carlos Dalmas,  
Antonio Carlos Giroldo e Mabel da Silva Xavier*

O objetivo deste trabalho foi quantificar o número de pneus jogados diariamente em Londrina, no Paraná. Esses pneus — dispostos em terrenos baldios, margens de rios, estradas rurais e em outros locais impróprios — causam danos ao meio ambiente e à saúde pública. Foi realizado levantamento, também, em borracharias, locais de comércio de pneus e outros estabelecimentos do ramo de

pneumáticos, utilizando-se a metodologia de entrevista com aplicação de questionário, em amostragem deliberada e sistemática. O resultado obtido foi de 17 mil pneus descartados mensalmente. Esse número foi comparado ao valor resultante do cálculo realizado com base na frota de veículos existentes em Londrina, em que perto de 19 mil pneus de automóveis e caminhonetes são renovados mensalmente. A diferença



observada entre os dois métodos de avaliação — cerca de 11% — situa-se dentro da margem de erro estatístico observado no levantamento. Entretanto, sugere-se que parte dessa diferença esteja relacionada aos pneus que são reaproveitados em processos de reciclagem existentes, atualmente, na região norte do Paraná.

### Abstract:

The aim of the present work is to quantify the number of used tire generated in the Londrina city. These tires have been discarded in vacant lots, river's margins, country roads and other unsuitable sites, generating environmental and people healthy hazards. The research data survey was done in tire repair shops, tire trade centers and other similar stores using the interview methodology with questionnaire application, in systematic and deliberated samples. Results have shown the amount of the 17.000 tires that have been monthly discarded. This value was confronted with the estimative achieved upon the vehicles' fleet, which result was 19.000 tires. The difference observed between both evaluation methods — nearly 11( — is within the statistic error, however, it is suggested that part this difference is related to the number of tire that is being recycled at moment in Northern Paraná.

### PALAVRAS-CHAVES:

*pneus, reciclagem, resíduos sólidos.*

### Introdução

A grande quantidade de pneus descartados e sua longa durabilidade no ambiente tem motivado a proposição de medidas mitigadoras dos impactos ambientais e a realização de pesquisas, em vários países (3, 4, 5). Os problemas ambientais estão relacionados a instalação de grandes depósitos, que ocupam áreas extensas e que ficam sujeitos à queima acidental ou provocada, causando prejuízos na qualidade do ar devido à liberação de fumaça contendo alto teor de dióxido de enxofre entre outras substâncias tóxicas (11). Do ponto de vista da saúde pública, esses depósitos são igualmente danosos por se constituírem em criadouros de mosquitos, especialmente o *Aedes aegypti* que, no Brasil, é o transmissor da dengue e da febre amarela (8).

Em alguns países, como Estados Unidos, Japão e Coreia, a reciclagem de pneus aumentou nessa última década (1, 5 e 6). Para se ter uma idéia, nos Estados Unidos, a reciclagem saltou

de 11% para 33% do total de sucata produzida, devido ao uso como fonte de energia, em pavimentação asfáltica e na transformação em outros produtos. Lá, anualmente, descartam-se entre 250 e 279 milhões de pneus, que se somam aos 2 a 3,5 bilhões de pneus amontoados ao redor dos centros urbanos (4,5).

No Brasil, produz-se anualmente de 35 a 40 milhões de unidades de pneus, sendo que aproximadamente 16/17 milhões desses são colocados no mercado para reposição de usados (2, 7). Somam-se a esses, os pneus remoldados, importados de países desenvolvidos para o mercado brasileiro, e que são comercializados à população a preços competitivos. De acordo com dados da Indústria Nacional de Pneumáticos - ANIP do Brasil, estima-se que o total de pneus descartados anualmente seja de 21 milhões (8). Segundo informação veiculada pela Internet, na página da Cempre - Compromisso Empresarial para Reciclagem ([www.cempre.org.br](http://www.cempre.org.br)) -, 10% das 300 mil toneladas de sucatas disponíveis são utilizadas para a regeneração da borracha. Porém, existem poucas informações sobre a taxa referente às demais formas de reciclagem (2, 9).

Em 23/12/96 o Conama - Conselho Nacional de Meio Ambiente (12), regulamentou a importação de resíduos e reafirmou o controle sobre a importação de pneumáticos exercida pelo Ibama - Instituto Brasileiro para a Amazônia Legal e Meio Ambiente desde 1990. Recentemente, o Conama propôs a regulamentação e o Paraná legislou (13), obrigando os fabricantes e importadores de pneus a promoverem, gradativamente, destinação ambientalmente adequada dos pneus inservíveis. Acredita-se que haverá aumento da reciclagem de pneus, especialmente o reaproveitamento de pneus radiais, que são pouco utilizados como matéria-prima pela quase totalidade de indústrias de reciclagem instaladas hoje no País.

Na região norte do Paraná, a reciclagem dos pneus inservíveis limita-se, quase que exclusivamente, aos pneus convencionais dos veículos de carga e transporte, feita pelas laminadoras para produzirem solados e saltos de botas, borracha para rodinhos, percintas para fabricação de móveis estofados e outros produtos em menor escala. Dos pneus radiais dos veículos de carga e transporte, aproveitam-se os aros para a confecção de tubos, úteis na drenagem pluvial das áreas rurais e as bandas de rodagem, que são revendidas a recuperadores de pneus que utilizam a técnica de perucagem. Parte dos pneus



usados são, eventualmente, transportados para outros estados para serem queimados na produção de energia em indústrias de calcário ou para a recuperação da borracha feita por uma indústria paulista. No município de Mandaguari, Paraná, fabricam-se tapetes, através do reaproveitamento dos resíduos do pó de borracha, resultante da raspagem dos pneus nas recauchutadoras.



Renato Rodrigues / Plenarte



Renato Rodrigues / Plenarte

Conseqüentemente, em Londrina, a quase totalidade dos pneus radiais de automóveis e outros veículos utilitários de médio e pequeno porte são descartados às margens de estradas, fundos de vale, terrenos baldios e depósitos municipais de lixo, gerando conflitos entre o poder público e a população. Em especial, os proprietários de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços do ramo de pneumáticos, acabam doando os pneus passíveis de recapagem para que os repassadores ou recauchutadores levem também os pneus inservíveis, por não haver alternativas de disposição ou reciclagem para a maior parte deles.

## Material e Métodos

Na identificação do universo de estabelecimentos existentes em Londrina, que atuam no ramo de pneumáticos, utilizou-se o Cadastro Imobiliário da Prefeitura Municipal, Código 260.819.7, atividade: borracharia, conserto, reparação, recuperação e recauchutagem de

pneumáticos, de 30/04/98 e Código 250.603-3, Atividade Comércio de Pneus e Câmara de Ar, de 15/07/99.

Nesse levantamento, adotou-se a entrevista com aplicação de questionário como instrumento para quantificar o descarte de pneus usados. Nas borracharias e demais serviços, os dados foram levantados entre agosto e novembro de 1998 e, em junho e julho de 1999, completou-se o levantamento incluindo os estabelecimentos comerciais. Procurou-se avaliar quantitativamente os serviços realizados mensalmente, estoque de pneus, descarte mensal e destino dado aos pneus.

O método estatístico adotado na definição da amostragem foi o de escolha sistemática e deliberada (11), selecionando-se os estabelecimentos que compunham as duas listas dos cadastros citados, segundo regra sistemática. Essas listas formaram uma única listagem

enumerada de 1 (um) à 191; definiu-se o tamanho da amostra (n) como sendo 30 (do número total de estabelecimentos relacionados (N)). Para a escolha sistemática dos estabelecimentos avaliados, foi adotado intervalo de três vezes a constante K, sendo K o número inteiro mais próximo de  $N/n$ .

Assim os estabelecimentos escolhidos corresponderam à seguinte seqüência: 3K; 3K+K; 3K+2K; 3K+3K; ...3K+nK.

Quando não foi possível obter os dados do estabelecimento selecionado escolheu-se entre os dois estabelecimentos anteriores. Esgotadas essas duas possibilidades, a seqüência adotada foi: 3K+(n+1)K; 3K+(n+2)K; ..... até 3K+(n+5)K.

Como parâmetro de comparação, adotou-se o cálculo estimativo de descarte de pneus utilizando-se dados da frota de veículos existentes em Londrina, fornecidos pelo Departamento Nacional de Trânsito - Detran.

## Resultados e Discussão

Na Tabela 1 (página 8), estão relacionados os estabelecimentos visitados, as médias mensais de serviços realizados (consertos, vendas ou recuperação de pneus) e as médias de descartes mensais de pneus.

**Tabela 1** Médias Mensais

| Nome do Estabelecimento   | Média de serviços/mês | Média descarte/mês |
|---|-----------------------|--------------------|
| Acyr Geremias / R. Guilherme de Almeida, 135                          | -                     | 50                 |
| Adriana Grezoski de Castro / R. Figueira, 294                         | 250                   | 30                 |
| Alfredo Rafalski / R. das Hortências, 170                             | 20                    | 10                 |
| Angela Maria Nogueira / Av. Brasília, 5259                            | 160                   | 20                 |
| Antonio Damácio / R. Quintino Bocaiúva, 300                           | 100                   | 15                 |
| Antonio Josué / Av. Guilherme de Almeida, 1071                        | 30                    | 20                 |
| Antonio Marcos de Arruda / Av. Tiradentes, 2494                       | 100                   | 20                 |
| Amadeo Souza Domingues,- Posto Bengala Rod. pr. 445, Km 330           | 280                   | 20                 |
| Arruda Campos e Cia Ltda. / Av. Celso Garcia Cid, 977                 | 80                    | 50                 |
| Bidega Pneus Ltda. / Av. Nassin Jabur,933                             | -                     | 50                 |
| Borracharia Viana SC. Ltda., Av. Duque de Caxias, 2009                | 130                   | 32                 |
| Caçado Pneus Ltda./ Av. Brasília, 1700                                | 1800                  | 300                |
| Carlotto e Carlotto Ltda. /Av. Tiradentes 1325                        | 500                   | 150                |
| Casa dos Pneus SA Importados / Av. Tiradentes 1106                    | 70                    | 15                 |
| Cláudio Felipe / Av. Saul Elkind, 1740                                | 200                   | 200                |
| Claudecir Faion/ Av. Duque de Caxias, 2393                            | 200                   | 40                 |
| Claudemir L. Silva / R. Floral, 54                                    | 70                    | 10                 |
| Claudemir Martins dos Santos / Av. Luigi Amorese, 7028                | 25                    | 12                 |
| Comércio de Pneus Transamérica / Av. Tiradentes, 537                  | 700                   | 300                |
| Cornélio Amarim / Rua Francisco Gabriel Arruda, 1200                  | 400                   | 200                |
| Dínis Comercio de Pneus Ltda. / Rua Guaporé, 54                       | 300                   | 200                |
| D F Saderi Pneus / Av. Dez de Dezembro, 1489                          | 900                   | 500                |
| Edivaldo Maria de Oliveira / Rua Bahia, 611                           | 70                    | 25                 |
| Eliana Euzébio Alves Caetano / Av. Celso Garcia Cid, 756              | 150                   | 150                |
| Francisco de Assis Cardoso / Av. duque de Caxias, 2653                | 100                   | 40                 |
| Isaura Kiyoko Ohashi / Rua Serra dos Pirineus, 1135                   | 100                   | 30                 |
| Ismael Alves Ferreira / Rod. Celso G. Cid., 9896                      | 350                   | 80                 |
| Ismael Pinto da Silva ? Rua Montese, 297                              | 60                    | 40                 |
| José Alves / Rua Luiz de Brito Almeida Cid., 199                      | 100                   | 80                 |
| José Correia / Rodovia Pr 323, Km. 401                                | 100                   | 10                 |
| José da Costa Lobato / Rod. Celso Garcia Cid., 30                     | 100                   | 35                 |
| José Gildo Fornelli / Av. Guilherme Almeida, 2010                     | 100                   | 30                 |
| José Miranda / R. Figueira, 720                                       | 130                   | 20                 |
| José Ramos de Paiva Filho / Av. Brasília, 1855                        | 550                   | 12                 |
| José Vieira de Sousa / Av. Brasília, 7100                             | 250                   | 60                 |
| Leste Oeste Pneus Ltda / Av. Dom Geraldo Fernandes, 3160              | 200                   | 300                |
| M D A Truck Ltda. / Av. Brasília 1855 sala 22                         | 250                   | 05                 |
| Maria Edna Balduino / Rua José Silva, 140                             | 400                   | 200                |
| Máximo Oliveira da Silva - P. Tupã, 2393 Av. D. de Caxias, 2393       | 200                   | 40                 |
| Messias Inácio. Av. Robert Kock, 795                                  | 150                   | 10                 |
| Mitzi Pneus Auto Center Ltda. / Av. Duque de Caxias, 2766             | -                     | 20                 |
| Oswaldo Garcia da Silva / Av. Arthur Thomas, 1058                     | 130                   | 35                 |
| Paulo Roberto Walichek / Av. Salgado Filho, 520                       | 150                   | 20                 |
| Pedro Emídio Ribeiro da Cruz / Av. Tiradentes, 4946                   | 120                   | 07                 |
| Pneumais SC. Ltda. / Rua Araguaia, 973                                | 200                   | 20                 |
| Radir Giroto Ltda. / Rua Acre, 343                                    | 200                   | 50                 |
| R M N Pneus Ltda. / Av. Dez de Dezembro, 1443                         | 1300                  | 600                |
| Renato Pneus / Av. Tiradentes, 300                                    | 800                   | 500                |
| Ricardo Vieira da Silva/Ricardo Vieira da Silva Rua Arcindo Sardo, 38 | 180                   | 80                 |
| Rogério Quilis / Av. Inglaterra, 970                                  | -                     | 50                 |
| Santo Fabiano de Souza / R. Guaporé, 87                               | 40                    | 15                 |
| Sebastião Noe Martins Ribeiro / Rua Castanheira, 69                   | 400                   | 200                |
| Silcero Aparecido Diotto/ R. Augusto Severo, 701                      | 120                   | 23                 |
| Shop Car Comércio de Pneus Ltda. / Rua São Salvador, 464              | 60                    | 20                 |
| Vulcaniza Comércio de Pneus Ltda. / Rua Caviúna 641                   | 32                    | 05                 |
| Walter Martins da Silva / Rua Paraíba, 17                             | 66                    | 30                 |
| Wander Carlo Silva dos Santos / Av. Tiradentes, 2841                  | 200                   | 35                 |

Observou-se que entre os locais relacionados ocorre grande variação na quantidade de pneus descartados, que está relacionada ao tipo de serviço prestado pelos estabelecimentos. As borracharias são mais numerosas e, normalmente, realizam apenas

consertos de pneus. Geralmente os serviços são prestados pelo proprietário ou por mais um ajudante, o que limita o número de atendimentos e, conseqüentemente, a quantidade de pneus descartados. Algumas borracharias e outros estabelecimentos do ramo, como aqueles que fazem o balanceamento de veículos, comercializam pneus novos ou recauchutados, mantendo um padrão maior de serviços e de descarte de pneus. Na outra extremidade, estão as grandes lojas de venda de pneus novos. As recauchutadoras mantêm um padrão médio de descarte, com raras exceções, pelo fato de selecionarem previamente ao comprarem pneus para serem recauchutados.

A frequência de descarte de pneus estratificada em 10 classes, tabela 2, evidencia que a maior parte dos estabelecimentos pesquisados, representados pela classe 1, descarta até 50 pneus/mês. Um número menor de estabelecimentos descarta entre 50 e 300 pneus/mês e apenas três dos estabelecimentos pesquisados descartam acima de 450 pneus por mês.

**Tabela 2** Descarte de pneus em 10 classes de frequência

| Classes       | Número de Estabelecimentos | Frequência relativa    | Nº acumulado de estabelecimentos | Frequência acumulada |
|---------------|----------------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------|
| <50           | 40                         | 0,7018                 | 40                               | 0,702                |
| 51 - 100      | 4                          | 0,0702                 | 44                               | 0,772                |
| 101 - 150     | 2                          | 0,0351                 | 46                               | 0,807                |
| 151 - 200     | 5                          | 0,0877                 | 51                               | 0,895                |
| 201 - 250     | 0                          | 0,0000                 | 51                               | 0,895                |
| 251 - 300     | 3                          | 0,0526                 | 54                               | 0,947                |
| 301 - 350     | 0                          | 0,0000                 | 54                               | 0,947                |
| 351 - 400     | 0                          | 0,0000                 | 54                               | 0,947                |
| 401 - 450     | 0                          | 0,0000                 | 54                               | 0,947                |
| 451 - 500     | 2                          | 0,0351                 | 56                               | 0,982                |
| >500          | 1                          | 0,0175                 | 57                               | 1,000                |
| Média = 89,84 |                            | Desvio padrão = 131,69 |                                  | Mediana = 35         |

Na figura 1 (página 10), apresenta-se a frequência de estabelecimentos em relação às classes de descarte de pneus. Cerca de 70% dos estabelecimentos pesquisados descartam até 50 pneus/mês e, aproximadamente, 95% destes descartam até 300 pneus/mês.

O descarte segue o padrão de distribuição



**CORPUS**

Saneamento e Obras Ltda

**COMPROMETIDA COM O FUTURO E A  
QUALIDADE DE VIDA DAS PESSOAS**

- \* Projeto e implantação de aterros sanitários
- \* Projeto e recuperação de áreas degradadas (lixões)
- \* Serviços de limpeza urbana: coleta domiciliar, varrição de ruas e manutenção de áreas verdes
- \* Coleta e incineração de resíduos de serviços de saúde
- \* Coleta e destinação final de resíduos industriais e especiais

SÃO PAULO: Av. Turmalina, 178 - Aclimação - CEP. 01531-020 / Fone/Fax.: (011) 278-7222  
 INDAIATUBA: Rua Julio Stein, 271 - Jd. Paraíso - CEP. 13330-000 / Fone/Fax.: (019) 894.5050  
 VITÓRIA: Rua São Sebastião, 70 - Resistência - CEP. 29030-000 / Fone/Fax.: (027) 325.4922  
<http://www.corpus.com.br>

normal, havendo, entretanto, grande concentração de dados no início do histograma de distribuição. Isso explica, em parte, o elevado desvio padrão obtido. Entretanto, considerando que a amostragem realizada representou proporcionalmente os estabelecimentos envolvidos com os serviços e vendas de pneus, tomaremos a média como medida de tendência central representativa para o cálculo da quantidade de pneus descartada em Londrina. Assim, tendo como referência os anos de 1998 e 1999, e, sendo a média de descarte obtida pela amostragem de 57 estabelecimentos igual a 89,94; os 191 estabelecimentos do ramo de serviços e vendas de pneus descartam mensalmente cerca de 17 mil pneus.

O intervalo de confiança, estabelecido o nível de 95%, indica que o descarte deve variar entre os valores de 10.495 até 23.823 pneus/mês. Os pneus descartados são, em sua maior parte, os pneus radiais de automóvel e caminhonetes, uma vez que os convencionais e os radiais de caminhão estão sendo reaproveitados, total ou parcialmente, principalmente pelas laminadoras existentes na região norte do Paraná e por empresas de outras regiões.

## Descarte de pneus através da frota de veículos

Pode-se estimar o descarte mensal de pneus tendo-se conhecimento da frota de veículos e estabelecendo-se o tempo de vida útil médio para os diferentes tipos de pneus.

Em levantamento de dados sobre a frota de veículos realizada pelo Detran - Departamento de Trânsito da Secretaria de Segurança Pública do Paraná, em abril de 1999, observou-se que o automóvel representava 64% do total dos 156.719 veículos que circulavam na cidade de Londrina, conforme apresentado na Tabela 3. Somado à caminhonete o percentual sobe para 72,8%. Se considerar-se que esses veículos contribuem com a quase totalidade dos pneus descartados devido a sua predominância e à maior dificuldade de reciclagem, pode-se calcular o descarte de pneus a partir das seguintes premissas: a frota de automóvel e caminhonete, em Londrina, é de 114.101 veículos e a durabilidade média do pneu novo de automóvel e de caminhonete é de um ano. Considerando-se a possibilidade de uma recapagem, a durabilidade total do pneu, antes de ser descartado, é de dois anos.

Em dois anos, portanto, os 114.101 veículos estariam descartando 456.404 pneus. Isto representa um descarte mensal de cerca de 19 mil pneus de automóvel e caminhonetes, no município de Londrina.

As formas de recuperação e de reciclagem de pneus existentes atualmente na cidade conferem uma dinâmica complexa ao fluxo de vida dos pneus. Antes de serem depositados em lixões ou outros locais impróprios, passam por borracharias, balanceadoras, recauchutadoras, lojas de venda de usados, etc. Em qualquer dessas etapas, poderão ser considerados inservíveis, sendo descartados ou reciclados, originando diferentes produtos. Esta complexidade dificulta uma avaliação precisa do descarte de pneus através de levantamentos nos locais de vendas e serviços.

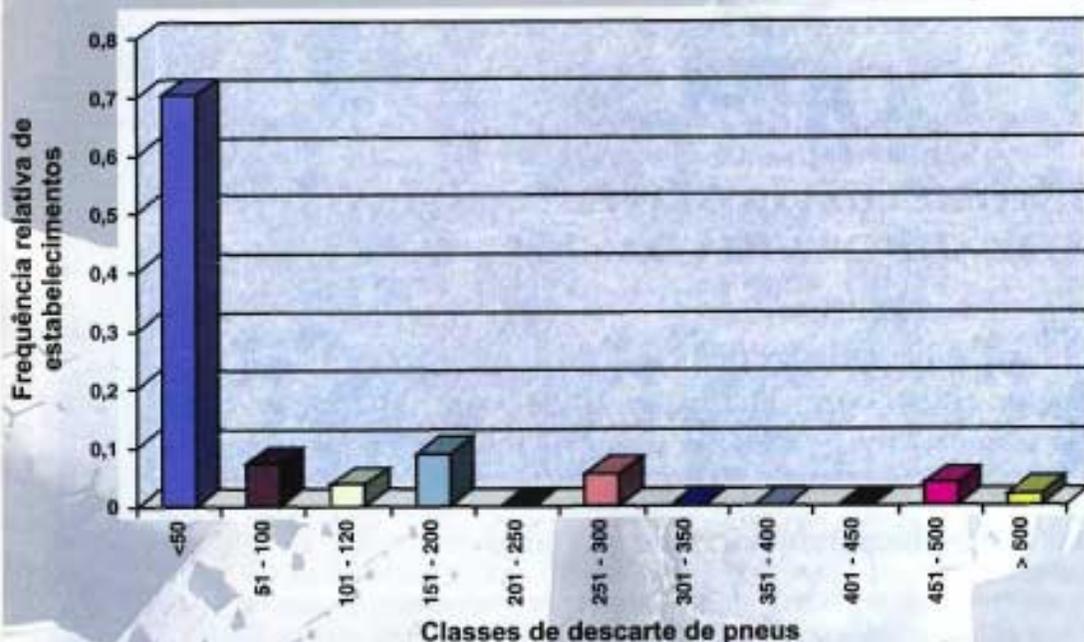


Figura 1 - Distribuição percentual de estabelecimentos em diferentes classes de descarte de pneus.

**Tabela 3** Frota de veículos de Londrina em abril de 1999

| Veículos nacionais e estrangeiros | Quantidade    |
|-----------------------------------|---------------|
| Ciclomotor                        | 4.822 (3%)    |
| Motoneta                          | 3.812 (2%)    |
| Motocicleta                       | 21.376 (13%)  |
| Triciclo                          | 8             |
| Automóvel                         | 100.701 (64%) |
| Microônibus                       | 231           |
| Ônibus                            | 1.516         |
| Reboque                           | 2.254 (1%)    |
| Semi-reboque                      | 1.294         |
| Caminhonete                       | 13.400 (9%)   |
| Caminhão                          | 6.259 (4%)    |
| Caminhão trator                   | 981           |
| Trator de rodas                   | 31            |
| Trator de esteira                 | 17            |
| Trator misto                      | 01            |
| Outros                            | 01            |
| Total                             | 156.719       |

SESP, DETRAN/PR

A quantidade de pneus usados calculada sobre a frota atual de veículos (19 mil pneus) está bastante próxima do valor obtido através do levantamento feito nos estabelecimentos do ramo (17 mil pneus). Esta proximidade é ainda maior quando se considera que parte dos pneus novos vendidos no comércio - cerca de 10% - são pneus convencionais, que são reaproveitados através de processos de reciclagem já existentes na cidade. Assim, parte dos 19 mil pneus novos que estariam sendo descartados mensalmente, poderão estar sendo reaproveitados pelas empresas existentes atualmente, aproximando os valores de descarte obtido pelos dois métodos de avaliação.

## CONCLUSÃO

Em Londrina, perto de 17 mil pneus são descartados, mensalmente, em locais impróprios. A estimativa de renovação de pneus é de 19 mil, se considerarmos apenas os pneus de veículos tipo passeio e utilitários de menor porte. É provável que a diferença entre esses dois valores seja devido, em parte, às formas de reciclagem e aproveitamentos existentes, atualmente, para os pneus convencionais. Os 17 mil pneus descartados são, em sua quase totalidade, pneus radiais de automóvel, conforme verificado nos locais pesquisados.

Há necessidade de se buscar soluções para evitar que essa grande quantidade de pneus, mais de 204 mil unidades/ano, continue sendo depositada em locais impróprios.

## Bibliografia

- (1) EWARDINGER, M. Recycling technology: new generation of tire processing. *Biocycle*, v. 37, n. 1, p. 40-2, 1996.
  - (2) FIORI, J. Petrobrás tira óleo do pneu usado cooperando com o combate a dengue. *Limpeza Pública*, n.47, p. 3-6, 1998.
  - (3) HELZER, S.C.; VARZAVAND, S. Environmental and economical aspect of metal reclaimed from waste tires. In: INTERNATIONAL CONFERENCE RECICL. MET. 2., 1994. *Proceedings ...* Brussel: ASM International Europe, 1994. p. 191-5.
  - (4) HOLST, O.; STENBERG, B.; CHRISTIANSSON, M. Biotechnological possibilities for waste tyre-rubber treatment. *Biodegradation*, v. 9, n. 3 -4, p. 301-310, 1998.
  - (5) JANG, J. W.; YOO, T.S.; IWASAKI, I. Discarded tire recycling practices in the United State, Japan and Korea. *Resources Conservation and Recycling*, v. 22, p. 1-14, 1998.
  - (6) LONGSDON, G. Agony and ecstasy of tire recycling. *Biocycle*, v. 31, n. 7, p. 44 -45, 1998.
  - (7) MARTINS, F. Brasil terá que reciclar pneus em cinco anos. *Gazeta do Povo*, Curitiba, 28 abr. 1999. p. 13.
  - (8) MELO, N.V. de. Pneus e o mosquito da dengue. *Limpeza Pública*, n.47, p. 31-32, 1998.
  - (9) SUCATA para Estados Unidos e Holanda. *Exportar & Gerência*, n. 10, p.25-26, 1998.
  - (10) TORANZOZ, F.I. *Estatística*. São Paulo: Mestre Jou, 1969. 381p.
  - (11) WAGNER, J.P.; CARABALLO, S.A. Toxic species emissions from controlled combustion of select rubber and plastic consumer products. *Polymer Plastics Technology and Engineering*, v.36, n. 2, p. 189-224, 1997.
- Normas Técnicas e Legislação:
- (12) Conama - Conselho Nacional do Meio Ambiente, dez 1996. RESOLUÇÃO n( 23
  - (13) BRASIL, Paraná. Assembléia Legislativa do Estado do Paraná, jan 1999. LEI n( 12493.

*Janete Teixeira Costa* é Bióloga do Instituto Ambiental do Paraná em Londrina e M.S. em Microbiologia da Solo pela Universidade Federal de Vassouras, MG.

*José Carlos Dalmas* é Professor do Departamento de Estatística Aplicada da Universidade Estadual de Londrina e M.S. em Estatística pela Universidade Estadual de Londrina.

*Antonio Carlos Giraldo* é Agente de Saneamento da Fundação Nacional de Saúde de Londrina.

*Mabel da Silva Xavier* é Auxiliar de Enfermagem, Vigilância Sanitária, da Autarquia Municipal de Saúde de Londrina.

**Sanear**  
SANEAMENTO



# Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil

Publicamos, a segunda e última parte do artigo – iniciado na edição anterior – sobre as dificuldades encontradas ao aprofundamento da prática de reciclagem no Brasil, particularmente na construção civil.

Por Vanderley M. John

## A Experiência Brasileira

Sem sombra de dúvida, a maior experiência nacional na área de reciclagem de produtos gerados por indústrias na produção de materiais de construção civil é a conduzida pela indústria cimenteira, que recicla, principalmente, escórias de alto forno básica e cinzas volantes. YAMAMOTO et al (1997) estimam que, em 1996, a indústria cimenteira brasileira reduziu a geração de CO<sub>2</sub> em 29% e obteve uma economia de combustível de 28%, depois de adotar a reciclagem maciça de cinzas volantes e escórias granuladas de alto forno básicas, além da calcinação de argilas e adição de filler calcário. Adicionalmente, MARCIANO & KHIARA (1997) estimam que a indústria cimenteira economizou entre 1976 e 1995, cerca de 750 mil toneladas de óleo combustível queimando resíduos como: casca de arroz, serragem e pedaços de madeira, pó de carvão vegetal, pedaços de pneus e borrachas, cascas de babaçu, entre outros. Atualmente, a indústria cimenteira está iniciando no País a prática de co-processamento, definido como calcinação de resíduos perigosos em fornos de cimento para redução do consumo de energia e do volume de resíduos perigosos em aterros.

A produção anual de escórias de alto forno no Brasil, em 1996, foi de 6,4 milhões de

toneladas, sendo que 0,7 milhões resfriadas lentamente e o restante granulado, sendo portanto, adequada a reciclagem como aglomerantes. Contudo, nem toda a escória granulada — mesmo a de composição básica — é consumida pela indústria cimenteira, permanecendo acumulada em aterros. A fração escória resfriada lentamente é utilizada internacionalmente como agregado para concreto, base para pavimentação, mas seu uso, ainda, não é difundido no Brasil, onde a fração granulada acumula-se nas usinas. Já no mercado norte-americano, 85% dos 11,8 Mton de escória de alto forno produzidas anualmente são resfriadas lentamente e comercializadas como agregado (GIBBS, 1999).

O mercado brasileiro não dispõe de escória moída para mistura em betoneira e agregados leves de escória. A produção desses agregados é feita através da peletização da escória (PERA, 1996), em um processo onde o fluxo de escória líquida é interceptado por uma roda dentada rotatória, resfriada com pequena quantidade de água e projetada na forma de grãos de tamanho variável. Os grãos menores são predominantemente vítreos e podem ser utilizados na produção de cimento. Os grãos maiores constituem-se em agregados leves.

**Comercialização de resíduos** – Atualmente a indústria siderúrgica já considera o foco ambiental como parte de sua estratégia competitiva, valorizando economicamente seus resíduos e diversificando seu mercado consumidor. Recentemente esse interesse levou à construção da primeira fábrica brasileira de cimento, que não dispõe de forno próprio para a produção de clínquer, a cimento Mizu. Essa fábrica opera produzindo cimento CPIII, que é adquirido no Oriente ou mesmo no mercado nacional. Localizada dentro da área da CST, está capacitada a produzir cerca de 700 mil toneladas de cimento ao ano. A CST também está exportando escória granulada para os EUA. Se o mercado brasileiro seguir a tendência internacional, a busca de valorização levará, a nível internacional, à criação de companhias especificamente voltadas para a comercialização dos resíduos. É o caso da East Coast Slag Products inglesa, uma joint venture da British Steel com a Tarmac, um dos maiores grupos de construção civil e de materiais de construção do Reino Unido. Essa companhia comercializa escória moída para mistura em betoneira (East Cost Slag Cement), agregado de escória resfriada ao ar (Teesside Slag and Scunthorpe Slag) e cerca de 1000 toneladas/dia de agregado leve de escória (Pellite). No Canadá, a NSL também comercializa agregado de escória peletizada, sob a marca comercial de Litex. Outros usos da escória de alto forno são: a produção de isolantes (lã de rocha), lastro ferroviário e produção de telhas asfálticas (shingles) (GIBBS, 1999).

O mercado norte-americano possui, também, uma associação que promove o uso e comercialização das escórias. Uma tendência da pesquisa é o desenvolvimento de cimentos de escória para aplicações específicas, como cimentos especiais de baixa alcalinidade destinados à produção de materiais reforçados com fibras de vidro ou fibras vegetais.

Além das escórias de alto forno, a indústria siderúrgica brasileira produz cerca de 3,2 Mton<sup>2</sup> de escórias de aciaria, tanto elétrica como de conversor LD. De composição variável entre as diferentes indústrias e mesmo tipos de aço, essas escórias são expansivas, uma vez que apresentam grandes teores de aço (em alguns casos acima de 20%), CaO, MgO e o instável  $\gamma$ CS. Apesar dos riscos envolvidos, esse produto, após a remoção mecânica das frações mais ricas em metal e envelhecimento

(segundo dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Siderurgia) indica que cerca de 38% são recicladas na forma de lastro ferroviário - especialmente na área de influência da Companhia Vale do Rio Doce e pavimentação (SILVA, 1999). Devido a falta de critérios de controle adequados à realidade brasileira, a expansibilidade desse tipo de escória tem levado a vários desastres, tanto quando utilizada como base de pavimentação, aterro ou agregado para concreto. O desenvolvimento de critérios técnicos para análise do risco de expansão deste produto é uma preocupação do setor siderúrgico. O método existente é uma adaptação do método CBR para solos, cujos resultados apresentam expansões de mais de até 10%.

O setor siderúrgico é, também, um grande reciclador. Boa parte do aço destinado ao reforço de concreto armado produzido no País é proveniente do processo de arco elétrico, que utiliza como matéria-prima, quase que exclusivamente, sucata. A reciclagem desse material permitiu economizar, em 1997, perto de seis milhões de toneladas de minério de ferro, evitando a geração de cerca de 2,3 milhões de toneladas de resíduos e de outros 11 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>.

**Cinzas Volantes** – O setor termoelétrico e outras indústrias, que queimam carvão em caldeiras de leito fluidizado geram cerca de 1,4 Mton de cinzas volantes todos os anos, além de cerca de 0,36 Mton de cinzas de grelha, valores que devem crescer no futuro próximo. As cinzas volantes são comercializadas especialmente para a indústria de cimento, embora existam várias pesquisas para a produção de cal hidráulica e cimentos. As cinzas de grelha não encontram aplicação no mercado brasileiro. Nos mercados inglês e norte-americano existem, inclusive, associações setoriais voltadas à promoção e aperfeiçoamento do mercado de produto, como por exemplo, a Worldwide Coal Ash Council, recentemente criada. A empresa Ash Resources, que pertence ao grupo The Rugby Group PLC, um conglomerado fabricante de cimento e outros materiais de construção em diversos países, comercializa as cinzas volantes classificadas para a produção de concreto através da mistura em betoneira produzindo, também, agregado leve por calcinação da cinza volante pelotizada - comercializada sob a marca Lytag. A cinza de

grelha, mesmo em uma grande central termoelétrica como a de Drax, é integralmente comercializada como agregado, especialmente na indústria de blocos de concreto leve e de maior resistência térmica. Um dos consumidores desses agregados é a Tarmac Topblocks que produz uma linha de blocos chamada HEMETILE, contendo mais de 50% de resíduos, que utiliza como argumento de venda a sua adequação ao sistema de certificação de edifícios BREEAM.

**Reciclagem de Entulho** - Iniciada na Europa após a II Guerra Mundial, a reciclagem de entulho encontra-se muito atrasada no Brasil, apesar da escassez de agregados nas grandes regiões metropolitanas, especialmente se comparada aos países europeus, onde a fração reciclada pode atingir cerca de 60%. É o caso da Holanda (ZWAN, 1997), que já discute a certificação do produto (HENDRICKS, 1994) tendo se convertido em negócio. Embora observe-se no mercado movimentação de empresas interessadas em explorar o negócio de reciclagem de entulho, e não apenas o negócio de transporte, as experiências brasileiras estão limitadas às ações das municipalidades (PINTO, 1996), que buscam reduzir os custos e o impacto ambiental negativo da deposição da enorme massa de entulho (entre 0,7 a 1 ton/hab. ano, segundo HENDRICKS, 1994) no meio urbano.

Algumas municipalidades, como a de Belo Horizonte (CAMPOS; RESENDE & PINTO, 1994), operam plantas de reciclagem produzindo, principalmente, base para pavimentação, adicionalmente à tecnologia de reciclagem de entulho em canteiro para a produção de argamassas, aproveitando inclusive a atividade pozolânica conferida pela fração cerâmica (LEVY & HELENE, 1996).

Um dos problemas mais graves nos entulhos é a sua composição, que varia de acordo com a fase e o tipo de obra, afetando a qualidade das argamassas produzidas. A recente introdução maciça de gesso na forma de revestimentos ou placas é também um complicador. Contudo, esses problemas podem ser superados através da classificação de entulhos e seu manejo em pilhas, de forma a reduzir a variabilidade. Tais tecnologias somente são viáveis em centrais de reciclagem.

A reciclagem de pavimento asfáltico, introduzida no mercado paulistano, no início

da década de 90, é hoje uma realidade nas grandes cidades brasileiras, viabilizando a reciclagem, tanto do asfalto quanto dos agregados do concreto asfáltico. Nos EUA, a reciclagem da capa de asfalto atinge cerca de 82% (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 1993). O mesmo relatório mostra experiências na utilização de borracha de pneu, vidro e plásticos, entre outros, em pavimentação asfáltica.

Existe uma grande quantidade de resíduos com potencial de emprego na construção civil e que, ainda, são ignorados pelo mercado e até por pesquisadores brasileiros. Os resíduos derivados do saneamento urbano, ou seja, escória da incineração de lixo urbano domiciliar e lixo hospitalar, e o lodo de esgoto devem apresentar crescimento acentuado na sua produção em um futuro próximo, especialmente na cidade de São Paulo, onde inexistem áreas de deposição e onde está previsto o saneamento do Rio Tietê. A Sabesp já operou, em São Paulo, unidade de produção de agregado leve a partir de lodo de esgoto sintetizado, em uma tecnologia desenvolvida pelo IPT. Infelizmente o processo de produção foi descontinuado. A reciclagem fosfogesso, resíduo da produção de adubos, já foi tentada no passado no Brasil. No entanto, os produtos apresentaram enorme tendência ao desenvolvimento de fungos na fase de uso e a tecnologia foi abandonada. Em algumas regiões, os fosfogessos são radiativos.

### **Pesquisa sobre Reciclagem no Brasil**

O desenvolvimento da reciclagem está estreitamente ligado às atividades de pesquisa. As diferenças entre os processos industriais, matérias-primas e técnicas de manuseio dos resíduos e de construção civil dificultam a simples importação de tecnologias. Provavelmente, a primeira pesquisa sistemática sobre o tema foi a de CINCOTTO (1988).

Outro marco importante foi o estudo de PINTO (1989), que deu início a uma série de trabalhos sobre desperdícios em construção, políticas municipais e técnicas de reciclagem de entulhos.

Uma visão das pesquisas em desenvolvimento na área pode ser encontrada em JOHN & ROCHA (1996). A tabela 2 resume a situação de pesquisa e desenvolvimento de alguns resíduos brasileiros.

Resíduos reciclados na área de construção civil e grau de desenvolvimento da pesquisa no Brasil:

**Tabela 2**

| Resíduo                   | Caracterização | Risco Ambiental | Alternativas de reciclagem | a nível de laboratório | Risco ambiental | Viabilidade econômica | Processo desenvolvido | Normalização | Transferência da tecnologia | Novas alternativas |
|---------------------------|----------------|-----------------|----------------------------|------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|--------------|-----------------------------|--------------------|
| Escória de Alto forno     |                |                 |                            |                        |                 |                       |                       |              |                             |                    |
| Cinza volante             |                |                 |                            |                        |                 |                       |                       |              |                             |                    |
| Escória de aciaria        |                |                 |                            |                        |                 |                       |                       |              |                             |                    |
| Cinza de grelha           |                |                 |                            |                        |                 |                       |                       |              |                             |                    |
| Entulho de obra           |                |                 |                            |                        |                 |                       |                       |              |                             |                    |
| Cinza de casca de arroz   |                |                 |                            |                        |                 |                       |                       |              |                             |                    |
| Escória de cobre          |                |                 |                            |                        |                 |                       |                       |              |                             |                    |
| Cinza de xisto betuminoso |                |                 |                            |                        |                 |                       |                       |              |                             |                    |
| Fosfogesso                |                |                 |                            |                        |                 |                       |                       |              |                             |                    |
| Fibras vegetais           |                |                 |                            |                        |                 |                       |                       |              |                             |                    |
| Microsilica               |                |                 |                            |                        |                 |                       |                       |              |                             |                    |
| Cal de carbureto          |                |                 |                            |                        |                 |                       |                       |              |                             |                    |
| Resíduos de madeira       |                |                 |                            |                        |                 |                       |                       |              |                             |                    |
| Areia de fundição         |                |                 |                            |                        |                 |                       |                       |              |                             |                    |
| Beneficiamento de rochas  |                |                 |                            |                        |                 |                       |                       |              |                             |                    |
| Aparas de plástico        |                |                 |                            |                        |                 |                       |                       |              |                             |                    |

cinza forte indica conhecimento consolidado; cinza fraco, conhecimento já desenvolvido, e em branco, conhecimento incipiente ou inexistente (JOHN, 1997).

## Conclusão

Uma intensa política de reciclagem é condição para qualquer política de desenvolvimento sustentável. A reciclagem apresenta vantagens ambientais potenciais, como: redução do consumo de matérias-primas naturais, redução do consumo de energia e da geração de poluição, redução do volume de resíduos em aterros e até melhoria da durabilidade de muitas soluções. A construção civil, como maior consumidor de matérias-primas naturais, possui grande capacidade de reciclagem, devendo reciclar seus próprios resíduos e também os de outras cadeias produtivas.

O Brasil não possui grande mercado de reciclados. Uma das causas é a ausência de uma política ambiental voltada para o desenvolvimento sustentável, que inclua mecanismos de desenvolvimento de mercado de reciclagem de resíduos, como por exemplo: através do uso do poder de compra do estado e a existência de sistemas de certificação ambiental de produtos e edifícios.

Essa situação já começou a mudar, com a criação

do Programa Brasileiro de Reciclagem, das Câmaras Ambientais no Estado de São Paulo, e até da criação do "Selo Verde", também, em São Paulo.

Devido a ausência de "selos verdes", as empresas que praticam reciclagem não conseguem utilizar sua contribuição ambiental como ferramenta de marketing, o que dificulta ainda mais o avanço da política de reciclagem. A tendência internacional é de valorização de resíduos. Em países mais desenvolvidos, as escórias de alto forno, cinzas volantes e cinzas de grelha são tratadas como produtos, com estrutura de comercialização independente e até, de associações para comercialização desses produtos. A tendência de valorização de resíduos já é visível no caso da escória de alto forno no Brasil, onde estratégias de comercialização mais agressivas e mesmo de exportação já são nítidas, devendo em breve, sofrer desdobramentos similares aos internacionais.

Certamente a indústria cimenteira brasileira é a principal recicladora do país, reciclando grandes volumes de escória de alto forno e cinzas volantes, além de utilizar resíduos como combustível, como

no caso do co-processamento. Essa contribuição é significativa. A indústria siderúrgica, também, recicla grandes quantidades de sucata metálica e quase a totalidade do aço para concreto armado é obtida a partir de resíduos.

No campo da reciclagem das escórias de alto forno ainda estão ausentes do mercado a escória moída para mistura em betoneira, agregados de escória resfriada lentamente, e os agregados leves de escória. As siderúrgicas tendem a buscar formas de valorizar seu produto, podendo-se esperar, a médio prazo, posturas mais agressivas de mercado desse setor, inclusive com a criação de companhias voltadas exclusivamente para o beneficiamento e comercialização deste produto. As escórias de aciaria, devido a sua expansibilidade, são de reciclagem mais difícil, tanto em nível nacional quanto internacional. Já as cinzas de grelha podem ser facilmente recicladas. Existe grande necessidade de pesquisa na área de resíduos.

#### **Bibliografia**

BALDWIN, R. ET ALL. BREEAM 98 for offices - an environmental assesment method for office buildings. Garston Watford, BRE, 1998.36 p

CAMPOS, H.K.; RESENDE, M.D.; PINTO, T.P. Programa para correção das deposições e reciclagem de resíduos em Belo Horizonte. In: Sem. Reciclagem de resíduos para a redução de custos na construção habitacional. Belo Horizonte, 11/12 Jul. 1994. São Paulo : IPT, 1994. p.56-65

CINCOTTO, M.A. Utilização de sub-produtos e resíduos na indústria da construção civil. In: Tecnologia de Edificações. São Paulo, Pini/IPT, 1988 p.71-74

CLINTON, W. J. Federal Acquisition, Recycling and Waste Prevention(Executive order 12873 of October 20,1993). Federal Register, Vol. 58 n°203, Friday, October 22, 1993. Presidential Documents p.54911-54919.

CRAMER, J. Life cycle analyses: results of some case studies. In: Environmental aspects of construction with waste materials. GOUmans, VAN DER SLOOT & AALBERS (editors). Amesterdam : Elsevier, 1994.p.17-28

CURWELL, s. and COOPER, I. The implications of urban sustainability. Building Research and Information. V.26, n°1, 1998 p.17-28

ENBRI - Development of a framework for environmental assesment of building materials and compoments. (ENBRI Proposal to European Community BRITE EURAM Program). Mimeo. 18 Março 1994.

EPA - Comprehensive procurement guidelines. <http://www.epa.gov/cpg/>. 22/05/99

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION A study of the use of recycled paving material. 1993 (Report n° EPA/600/R-93/095)

GIBBS, G.E. Slag: The material of choice. In: Workshop Eco-eficiência na indústria siderúrgica. Belo Horizonte, 14 e 15 de Abril de 1999. IBS, ABM, 1999 s.p.

HENDRICKS, C.F. Certificatgion system for aggregates produced from building waste and demolished buildings. In: Environmental aspects of construction with waste materials. Amesterdam : Elsevier, 1994 p.821-834.

JOHN, V.M. Reciclagem de Resíduos Agro-Industriais para Uso na Construção Civil no Brasil: O Caso da Escória de Alto Forno In: Reciclagem na Construção Civil, Alternativa Econômica Para Proteção Ambiental. São Paulo, 29 de abril de 1997. PCC USP, p.67-76

LEVY, S.; HELENE, PRL. Propriedades mecânicas de argamassas produzidas com entulho de construção civil. In: Workshop Reciclagem e Reutilização de Resíduos como materiais de construção civil. São Paulo, 15 e 16 de novembro de 1996. São Paulo : ANTAC, PCC USP, UFSC., 1997 p.137-146

MARCIANO, E.; KIHARA, Y. Looking green. World Cement, April 1997. p.82-88  
MCT Consultoria Jurídica. Portaria n° 92, de 6 de agosto de 1998 <http://www.mct.gov.br/conjur/portaria/POR92/98.htm>. 22/05/99

MORENO, H.[Linha Ecológica de Cabos Pirelli]. O foco ambientalista da construção civil. JOHN, V.M. Coordenador. In: Seminário Materiais & Design - Interface no Desenvolvimento do Produto. Anais... São Carlos, 1998 FIESP, UFSCAR, SEBRAE. 1998. p 174-182

PINTO, T.P. Utilização de resíduos de Construção - estudo do uso em argamassas. São Carlos 1989. 148 p. Dissertação (Mestrado)- Escola de Engenharia de São Carlos (Departamento de Arquitetura e Planejamento) Universidade de São Paulo.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO - Governo do Estado institui Selo Verde para produtos que respeitam a natureza <http://www.ambiente.sp.gov.br/not2105c.htm>

SILVA, E.A. Uso de escória de Aciaria em Pavimentação Viária. In: Workshop Eco-eficiência na indústria siderúrgica. Belo Horizonte, 14 e 15 de Abril de 1999. IBS, ABM, 1999 s.p.

US GREEN BUILDING COUNCIL LEED - Green Building Rating System( 1.0 - Leadership in Energy and Environmental Design. San Francisco, January 1999 (pilot version) 37p.

VAN DER SLOOT et all. Intercomparison of leaching tests for stabilized waste. In: Environmental aspects of construction with waste materials. GOUmans, VAN DER SLOOT & AALBERS (editors). Amesterdam : Elsevier, 1994. p63-76

ZWAN, J. Th. Van der Application of waste materials a success now, a success in the future. In: Waste materials in Construction: pouting theory into practice. Amesterdam : Elsevier, 1997 p. p869-882.

**Vanderley M. John** é Engenheiro Civil, graduado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com doutorado, pela PCC/USP. É doutor do Departamento de Engenharia de Construção Civil, da PCC-USP.

Endereço para contato: Cx. Postal 61548, CEP -05424-970 São Paulo-SP E-mail: [VMJohn@pcc.usp.br](mailto:VMJohn@pcc.usp.br)

# Pesquisa e Seleção de Áreas para Aterro Sanitário

Não é nada fácil definir o local adequado para implantar um aterro sanitário. Em Ilhéus, na Bahia, critérios foram estabelecidos e metodologias adotadas para garantir o sucesso desse empreendimento.

Por Ivo Sadao Massunari

**U**ma das principais dificuldades enfrentadas na implantação de um aterro sanitário é, sem dúvida, a escolha de uma área que reúna boas condições técnicas, econômicas e ambientais. Isto, normalmente, é feito a partir de criteriosa pesquisa de áreas (alternativas) favoráveis, seguido de processo de hierarquização que permita, então, orientar a sua escolha final.

## Abstract

One of the majors difficulties to develop and install a landfill site is to find a place that has favorable technical, economical and environment conditions. Usually a deep research is conducted in several potential landfill areas, followed by a hierarchy process that allowed a based conclusion.

## PALAVRAS-CHAVES:

*Aterro sanitário, pesquisa, hierarquização, seleção de área para aterro sanitário.*

## Introdução

O estudo de alternativas locais é considerado um importante instrumento de planejamento ambiental, pois muitos impactos ambientais podem ser evitados ou minimizados com a escolha de local adequado para a implantação do empreendimento. Assim, a Resolução Conama nº 001/86, que instituiu a

obrigatoriedade da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para fins do licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente – onde se incluem aterros sanitários – estabeleceu como uma das suas principais diretrizes a Análise de Alternativas Tecnológicas e Locacionais, exigindo que a escolha adotada seja justificada. Além disto, como se sabe, durante o processo de licenciamento são realizadas audiências públicas, onde o empreendimento é submetido à apreciação da comunidade, devendo, portanto, estar bem fundamentada a escolha da sua localização, bem como a concepção e os cuidados ambientais incorporados ao projeto.

No Estado da Bahia, no âmbito do Programa de Desenvolvimento Turístico – Prodetur/BA e sob o gerenciamento da Conder – Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador, diversos municípios com potencial turístico, estão recebendo apoio técnico e recursos financeiros para a melhoria do sistema de limpeza urbana e, principalmente, para o equacionamento do tratamento/destinação final dos resíduos sólidos. No âmbito deste programa, a Equipe UMAH foi contratada pela Conder para a elaboração do Plano Diretor de Limpeza Urbana de Ilhéus, bem como do EIA/RIMA e dos projetos Básico e Executivo do Aterro

Sanitário para este município (4).

No desenvolvimento deste trabalho foram estabelecidos procedimentos metodológicos específicos, primeiramente para a pesquisa de áreas favoráveis à implantação do aterro sanitário e depois para a hierarquização destas áreas, com o objetivo de orientar a escolha do sítio. O procedimento metodológico adotado procurou contemplar aspectos técnicos, ambientais, econômicos e operacionais, objetos deste artigo e que são apresentados nos itens a seguir.

### **Pesquisa de Áreas**

A pesquisa e avaliação de áreas para a implantação do aterro sanitário compreendeu a análise integrada de condicionantes técnicos, legais, antrópicos, naturais e econômicos, onde foi adotado o seguinte procedimento metodológico:

#### **• Levantamento e Análise da Legislação Municipal, Estadual e Federal e dos Estudos Existentes**

- Compreendeu o levantamento e a análise da legislação municipal, estadual e federal, no que se refere ao zoneamento do uso do solo, áreas urbanas e de expansão urbana, planos diretores, projetos localizados, áreas de proteção aos mananciais, áreas de preservação e outras normas específicas relativas ao tratamento e disposição final de resíduos sólidos, com o objetivo de identificar as restrições existentes à localização de aterros sanitários.

Foram consultados, em nível municipal, os acervos e realizadas entrevistas com técnicos da Secretaria de Infra-Estrutura Urbana da Prefeitura Municipal de Ilhéus e no âmbito estadual foram visitadas a agência local do CRA - Centro de Recursos Ambientais, assim como o escritório central em Salvador, e também, a Embasa - Empresa Baiana de Águas e Saneamento. No âmbito federal, foram efetuadas consultas junto ao Ibama - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis e à Ceplac - Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira.

Na Prefeitura Municipal de Ilhéus obtiveram-se informações sobre as restrições legais decorrentes das normas urbanísticas vigentes e as diretrizes que orientam as tendências de crescimento da cidade. Foi consultada a Lei de Uso e Ocupação do Solo da área urbana, elaborada a partir das diretrizes

do Plano Urbanístico de Ilhéus e, principalmente, a Lei Orgânica vigente.

No CRA, foram obtidas informações sobre a legislação ambiental do Estado da Bahia (6), bem como dois documentos importantes elaborados pela instituição com a colaboração da Prefeitura Municipal de Ilhéus e da Ceplac, com os seguintes títulos: "Diagnóstico Ambiental da Cidade de Ilhéus" (1995) e "Diagnóstico do Distrito Industrial de Ilhéus" (1996).

Na Embasa, foram obtidos dados relativos aos mananciais utilizados para o abastecimento de água da cidade, onde foram identificadas as áreas correspondentes às bacias hidrográficas do atual e futuro manancial para o abastecimento da Cidade de Ilhéus.

No Ceplac/Ceped, importante centro de pesquisa da lavoura cacaueira, que reúne grande acervo de levantamentos e pesquisas de recursos naturais da região, foram obtidos mapas e fotografias aéreas (escala 1:25.000), que serviram de base para os trabalhos de campo. Foram obtidos, também, dados e informações de natureza física, biótica e sócio-econômica.

Ainda no âmbito local, foram realizados contatos com representantes de Organizações Não Governamentais - ONGs, visando à obtenção de informações de interesse, bem como a participação destas entidades no processo de escolha e discussão das áreas mais adequadas à implantação do aterro sanitário. Neste sentido foram efetuados contatos com o IESB - Instituto de Estudos Sócio-Ambientais do Sul da Bahia e a Fundação Pau Brasil, ambas com atuação no município e região.

#### **• Mapeamento e Delimitação das Restrições**

- Todas as restrições levantadas na atividade anterior foram mapeadas e lançadas em planta cartográfica, de forma a delimitar as áreas em que haveria restrições à implantação de aterros sanitários. Foram mapeadas as áreas de preservação, onde foram incluídas as áreas legisladas (APA da Lagoa Encantada e Parque da Boa Esperança), os manguezais e a bacia hidrográfica do atual e futuro manancial de abastecimento de água, bem como a mancha urbana e as possíveis áreas de expansão. A figura ao lado apresenta o mapa síntese desta atividade, bem como a localização das áreas identificadas nas atividades subsequentes.



**LEGENDA**

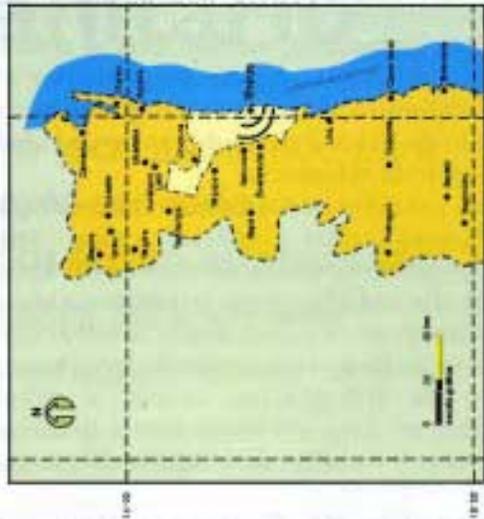
- ① Área de Proteção Ambiental da Lagoa Encantada (Decreto Estadual nº 2.217 de 14/06/93)
- ② Parque Municipal da Boa Esperança (Decreto Estadual nº 42 de 17/06/94)
- ① Manancial de Abastecimento
- ② Manancial de Abastecimento (em implantação)
- C Delimitação da Área de Interesse para Estudo de Área para Alarrio Sanitário (área compreendida entre rios maior que 10km e menor que 20 km)
- Mangues
- Mancha Urbana
- ↑ Valor de Expansão Urbana

**ÁREAS ESCOLHIDAS**

- 1 EMBASA
- 2 AREAL
- 3 CLARILUPE
- 4 FAZENDA OMOLOGI
- 5 FAZENDA ARABELA
- 6 MARIA JAPE I
- 7 MARIA JAPE II
- 8 CARIBEIRA
- 9 ITARIPI

**CONVENÇÕES**

- Estrada Pavimentada
- Estrada Não Pavimentada
- Curso de Água
- Lago ou Lagoa
- Curva de Nível / Contorno
- Estação de Tratamento de Água da EMBASA (em implantação)
- Linha de Transmissão de Energia Elétrica



PLANTA DE LOCALIZAÇÃO

**RESTRICÇÕES DE ORDEM LEGAL, DISTÂNCIAS E ÁREAS ESCOLHIDAS**

### • Identificação de Áreas Favoráveis -

Sobre o mapa de restrições foi lançado um círculo com raio de 20 km a partir do centro da cidade, com a finalidade de delimitar o espaço onde deveria ser concentrada a pesquisa de área para o aterro sanitário, tendo em vista que distâncias superiores a este valor resultam em custos de transporte muito elevados, onerando sobremaneira os custos operacionais do serviço de coleta. Entretanto, melhor seria se o aterro sanitário situasse a uma distância inferior a 10 km. Para tanto foi lançado um segundo círculo com raio de 10 km a partir do centro da cidade, para servir de referência.

Uma vez delimitadas as áreas com restrições, realizou-se uma análise nas áreas remanescentes situadas no raio de 20 km do centro da cidade, com o objetivo de se identificar as regiões mais favoráveis à implantação de aterros sanitários, com base no exame de fotografias aéreas e mapas topográficos. Essa atividade teve a finalidade de orientar o trabalho de pesquisa de campo.

• **Pesquisa de Campo** - Depois de identificadas as regiões mais favoráveis, foram efetuados trabalhos de pesquisa de campo para localizar sítios adequados para aterros sanitários e verificar possíveis interferências e atributos de cada local, tais como: dimensões (vida útil) e topografia da área, característica da cobertura de solo (argiloso ou arenoso), disponibilidade de solo para empréstimo, afloramentos de rocha, presença de nascentes de água, presença de formações vegetais importantes, uso e ocupação do solo da área, distância de cursos de água, distância de núcleos urbanos, distância em relação ao centro de geração de lixo, condições do acesso viário, etc.

Atualmente a área em uso (Lixão do Cururupe), ainda foi objeto de vistoria de campo, objetivando a sua avaliação como alternativa para o aterro sanitário, mediante a implantação de um projeto de recuperação. Foram pesquisados, também, locais com cavas de mineração de areia abandonadas, com o objetivo de se examinar a possibilidade do aproveitamento e recuperação destas áreas, localizadas ao Sul de Ilhéus.

• **Pré-Seleção de Áreas** - Com base nas informações obtidas em campo, estabeleceu-se uma pré-seleção para identificar os locais que

reuniam requisitos mínimos necessários para a implantação do aterro sanitário. Em seguida, essas áreas foram submetidas a processo de hierarquização, de maneira a permitir a escolha de três áreas alternativas que foram consideradas nos estudos subsequentes.

Na pré-seleção das áreas foram considerados, entre outros, os critérios técnicos apresentados no quadro a seguir.

**Quadro 1** Critérios técnicos adotados na pesquisa de áreas

| ASPECTO TÉCNICO                    | CRITÉRIO                              |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| Topografia                         | 1% < declividade < 30%                |
| Lençol freático                    | Profundidade > 1,50 m                 |
| Cobertura de solo                  | Espesso (> 3m) e argiloso             |
| Distância de corpos d'água         | Distância ≥ 200 m                     |
| Distância de núcleos populacionais | Distância ≥ 500 m                     |
| Distância do centro de atendimento | desejável ≤ 10 km - aceitável ≤ 20 km |
| Vida útil                          | Mínimo desejável 10 anos              |

Fontes: (1) e (5)

### • Hierarquização das Áreas Alternativas -

Com o objetivo de permitir uma melhor sistematização da análise e hierarquização das áreas estudadas, foram selecionados alguns indicadores técnicos e ambientais e estabelecidos critérios de pontuação e ponderação da importância relativa de cada indicador, que possibilitaram o estabelecimento de uma avaliação/comparação qualitativa e quantitativa das áreas alternativas.

Todos os indicadores receberam pontuações variando de 1 a 10, de acordo com a sua maior adequação para a implantação do aterro sanitário, ou seja, quanto maior a pontuação mais favorável é a área em relação àquele indicador. Como nem todos os indicadores apresentam a mesma importância, foi definida a aplicação de um coeficiente de ponderação da importância, variando de 1 a 5, sendo o maior valor aplicado aos indicadores de maior importância.

Apresentamos, a seguir, os indicadores selecionados, suas respectivas justificativas e os

critérios de pontuação utilizados:

### 1- Distância em relação ao centro gerador de lixo -

O indicador procura refletir os custos operacionais envolvidos no transporte do lixo coletado. Quanto maior a distância percorrida, maiores são os gastos com combustível e tempo de utilização do equipamento.

**Pontuação** - nota variando de 1 a 10, sendo inversamente proporcional à distância. A nota 10 corresponde à menor distância e a nota 1 à maior distância.

**Coefficiente de importância - 5**

### 2- Condições das vias de acesso -

Este indicador, também, procura refletir os custos operacionais no transporte do lixo até o aterro sanitário, pois quanto pior forem as condições de trafegabilidade da via, maiores serão os desgastes e a necessidade de manutenção corretiva nos veículos, bem como no tempo gasto nas viagens e no consumo de combustíveis.

**Pontuação** - aqui, a nota foi desdobrada em duas partes: 5 pontos para avaliar a necessidade ou não de obras de melhoria no sistema viário e 5 pontos para avaliar a existência ou não de pavimentação e as condições do relevo.

**Coefficiente de importância - 5**

**Quadro - 2** Critério de pontuação para condições das vias de acesso

| Necessidade de obras de melhoria (5 pontos) |                               |              | Tipo de pavimento / relevo (5 pontos) (*) |  |                 |
|---|-------------------------------|--------------|---|--|-----------------|
| Construção de ponte                         | Alçamento de pista e drenagem | Nenhuma obra | estrada de terra relevo muito acidentado  | estrada de terra relevo pouco acidentado | pista asfaltada |
| 1   | 3                             | 5            | 1   | 3  | 5               |

(\*) No caso de acessos, com mais de um tipo de situação, as notas são aplicadas proporcionalmente a extensão de cada caso.

### 3- Vida útil do aterro sanitário -

Este indicador é de fundamental importância para a verificação do atendimento do horizonte planejado, que é de 15 anos. A determinação efetiva da vida útil somente poderia ser obtida após o levantamento topográfico e elaboração da concepção do aterro sanitário. Assim, no estudo realizado, a avaliação da vida útil foi

feita com base em estimativa feita a partir das dimensões da área e suas características topográficas (2).

**Pontuação** - nota 5 para aterros com vida útil de 10 anos e nota 10 para os casos com vida útil de 15 ou mais. Valores intermediários receberam notas proporcionais.

**Coefficiente de importância - 5**

### 4- Disponibilidade de solo para cobertura -

Reflete parte dos custos de operação do aterro sanitário, pois nos casos de pouca disponibilidade de solo no local, será necessário a exploração de áreas de empréstimo, o que significará um aumento nos custos pela necessidade do transporte deste material.

**Pontuação** - conforme apresentado no quadro a seguir. Foi considerada como disponibilidade local, os casos de áreas de empréstimo situados num raio de até 1 km.

**Coefficiente de importância - 3**

**Quadro - 3** Critério de pontuação para disponibilidade de solo para cobertura

| Disponibilidade de solo | 100 % no local | 50 % no local e restante até 5 km | 100 % até 5 km |
|-------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------|
| Nota                    | 10             | 7                                 | 5              |

### 5- Ocupação atual da área -

Reflete o impacto sobre a vegetação natural e sobre as atividades ou ocupações presentes na área.

**Pontuação** - nota 10 para áreas de pastagens ou capoeira rala; nota 5 para áreas cultivadas ou com vegetação secundária, e nota 3 para áreas com cobertura vegetal em estágio avançado.

**Coefficiente de importância - 5**

### 6- Titulação da área -

Reflete o impacto sobre os proprietários das áreas, bem como a maior ou menor facilidade no processo de desapropriação, pois no caso de propriedades pertencentes à municipalidade ou instituições públicas, o processo é bastante facilitado.

**Pontuação** - nota 10 para propriedades pertencentes à prefeitura; nota 7 para propriedades pertencentes a instituições ou grandes proprietários e nota 5 para pequenos proprietários.

#### Coefficiente de importância - 1

**7- Disponibilidade de infra-estrutura na área** Este indicador leva em consideração a disponibilidade de energia elétrica, linha telefônica, redes de água e de esgoto. Delas, a energia elétrica é a de maior importância.

**Pontuação** - nota 10 quando há disponibilidade de energia elétrica, rede de água, telefone e rede de esgoto; nota 9 quando há energia e mais duas infra-estruturas, nota 8 quando há energia e mais uma infra-estrutura, e nota 7 quando há apenas energia elétrica.

#### Coefficiente de importância - 2

**8- Características do solo** - Procura distinguir os solos menos permeáveis daqueles mais permeáveis.

**Pontuação** - nota 10 para solos bastante argilosos; nota 7 para solos siltosos ou argilo-arenosos, e nota 5 para solos mais arenosos.

#### Coefficiente de importância - 3

**9- Clima** - O indicador aqui utilizado foi a frequência e direção predominante dos ventos ao longo do ano, presença de núcleos urbanos e a sua distância em relação à área do aterro. Com relação às precipitações pluviométricas, tendo em vista que as áreas encontram-se localizadas num mesmo contexto regional, considerou-se que não haveria distinção sobre este elemento climático (3).

**Pontuação** - Os ventos só tem influência quando existem ocupações urbanas próximas, cujos efeitos podem ser mais acentuados com a maior proximidade. Assim, o critério aqui considerado levou em consideração a existência e a distância de núcleos urbanos, bem como a maior ou menor permanência dos ventos na direção e sentido do aterro sanitário para a área urbana.

#### Coefficiente de importância - 1

| Distância do núcleo urbano até o aterro sanitário | Nº de meses com vento na direção do núcleo urbano | Nota |
|---|---|------|
| 500 a 1.000 m                                     | 1 a 3   | 5    |
|   | 4 a 6   | 4    |
|   | 7 a 9   | 3    |
|   | 8 a 12  | 13   |
| 1.001 a 1.500 m                                   | 1 a 3   | 8    |
|   | 4 a 6   | 7    |
|   | 7 a 9   | 6    |
|   | 8 a 12  | 5    |
| 1.501 a 3.000 m                                   | 1 a 3   | 9    |
|   | 4 a 6   | 8    |
|   | 7 a 9   | 7    |
|   | 8 a 12  | 6    |

**Nota:** Quando não houver núcleos urbanos próximos à área do aterro sanitário, ou então quando a direção predominante dos ventos não ocorre na direção e sentido do aterro para a área urbana, a nota será 10.

**10- Distância de áreas urbanas** - Este indicador procura considerar maior ou menor possibilidade de haver alguma interferência (incômodo) com a população e conseqüente rejeição do empreendimento.

**Pontuação** - a distância mínima recomendada é de 500 m, sendo 1.000 m considerada razoável e desejável valor superior a 1.500 m. Assim foi adotado o seguinte critério:

#### Coefficiente de importância - 3

| Distância do núcleo urbano até o aterro sanitário | 500 a 1.000 m | 1.001 a 1.500 m | acima de 1.500 m |
|---|---------------|-----------------|------------------|
| Nota  | 3             | 7               | 10               |

(Continua na próxima edição)

# Pavimentação asfáltica: uma alternativa para a reutilização de pneus usados

O que fazer com pneus velhos? De lenta degradação, constituem-se em um dos grandes problemas ambientais modernos. Contudo, começam a surgir interessantes alternativas de reutilização, entre as quais, a pavimentação asfáltica.

*Por Sandra Ap. Margarido Bertollo, José Leomar Fernandes Júnior, Romulo Barroso Villaverde e Delchi Migotto Filho*

**A**presentam-se os resultados iniciais de pesquisa sobre a viabilidade técnica da reutilização de borracha de pneus em pavimentação asfáltica. A revisão bibliográfica aborda desde a importância econômica dos pneus até as graves conseqüências ambientais que sua disposição final inadequada pode causar. Apresenta-se o resumo do levantamento das condições de coleta e disposição final e do volume de pneus descartados no Estado de São Paulo. Com base nas características físico-químicas dos pneus discutem-se os critérios de engenharia que devem ser atendidos previamente à sua utilização em obras de pavimentação asfáltica. O desenvolvimento deste trabalho procura ser do interesse tanto de legisladores e técnicos envolvidos com saneamento ambiental como de profissionais que atuam em obras de pavimentação, pois ao mesmo tempo em que procura contribuir para a redução da demanda de espaço nos aterros sanitários e minimização dos impactos

ambientais, também analisa os efeitos da adição de borracha de pneus sobre o desempenho de misturas asfálticas.

## **Abstract**

This paper presents the initial results of a research about the technical feasibility of the reuse of scrap tire rubber in asphalt pavements. The literature review covers from the economical importance of tires to the hazardous environmental consequences due to its inadequate final disposal. It is presented the summary of a survey about the conditions of collection and disposal and about the volume of discharged tires in the State of Sao Paulo. Based on the physical and chemical characteristics of the tires it is discussed the engineering criteria that must be attended prior to its utilization in pavement construction. The development of this research work could be of interest for both legislators and technicians involved with environmental engineering and professional involved with

paving works. This work aims to contribute to the reduction of environmental problems caused by the tires disposal and to the analysis of the effects of the use of tire rubber in asphalt mixtures.

**PALAVRAS-CHAVES:**  
*Reutilização de pneus, misturas asfálticas, processo seco.*

### **Lenta Degradação**

O pneu possui papel fundamental e insubstituível em nossa vida diária, tanto no transporte de passageiros quanto no de cargas. Entretanto, quando tornam-se inservíveis, acarretam uma série de problemas: são objetos perceptíveis e incomodamente volumosos, que precisam ser armazenados em condições apropriadas para evitar riscos de incêndio e proliferação de mosquitos e roedores. A disposição em aterros torna-se inviável, já que apresentam baixa compressibilidade e degradação muito lenta. Além disso, quando enterrados, tendem a subir e sair para a superfície (EPA, 1991; JARDIM, 1995).

Considerando a dificuldade para a disposição das carcaças de pneus em aterros sanitários e a falta de uma legislação para controle da destinação adequada desses resíduos, tem havido uma tendência da população em abandonar os pneus em cursos de água, terrenos baldios e beiras de estradas, que agravam ainda mais o problema. Todo pneu, em algum momento, se transformará em um resíduo potencialmente danoso à saúde pública e ao meio ambiente. Para acabar com isso, uma solução adequada à sua destinação final deve ser adotada. Pesquisas vêm sendo realizadas, particularmente no exterior, em busca do desenvolvimento de novas tecnologias de reutilização, seja na forma inteira, como borracha reciclada, ou como combustível, na geração de energia.

Na sua forma inteira, os pneus podem ser aplicados em obras de contenções nas margens de rios para evitar desmoronamentos; como recifes artificiais, na construção de quebra-mares; na construção de equipamentos para parques infantis; no controle de erosão etc. Inteiros podem, ainda, ser utilizados como combustível em fábricas de celulose e papel, em fornos de cimento e em usinas termelétricas (EPA, 1991).

O pneu apresenta uma estrutura complexa, formada por diversos materiais como: borracha, aço e tecido (náilon ou poliéster), que visam

conferir as características necessárias ao seu desempenho e segurança. Do ponto de vista ambiental, a reciclagem dessas matérias-primas seria a solução mais satisfatória, com a condição de se poder recuperar materiais de qualidade a um custo energético mínimo. Mas o pneu, no sentido exato do termo, não é verdadeiramente reciclável. Isso porque o seu caráter compósito, bem como a irreversibilidade da reação de vulcanização, tornam impossível reobter as matérias-primas iniciais. No entanto, é possível recuperar e reutilizar parte deles. Os pneus são cortados e triturados, em várias operações de separação dos diferentes materiais, que permitem a recuperação dos materiais, obtendo-se borracha pulverizada ou granulada, que irá ter diversas aplicações, como: em misturas asfálticas, em revestimentos de quadras e pistas de esportes, na fabricação de tapetes automotivos, adesivos etc.

É importante observar que, quando analisados os vários mercados para utilização de borracha de pneus inservíveis, somente dois apresentam potencial para utilização de número significativo de pneus: o energético e de misturas asfálticas. Segundo HEITZMAN (1992) e ZANZOTTO & KENNEPOHL (1996), cada tonelada de mistura asfáltica pode incorporar a borracha de 2 a 6 pneus.

Nas misturas asfálticas, existem dois processos – úmido e seco - de incorporação dos pneus. No processo úmido (*wet process*) são adicionadas partículas finas de borracha ao cimento asfáltico, produzindo um novo tipo de ligante denominado "asfalto-borracha". Já no processo seco (*dry process*), partículas maiores de borracha substituem parte dos agregados pétreos. Após a adição do ligante, formam um produto denominado "concreto asfáltico modificado com adição de borracha". Para contribuir nesse problema, o Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos – USP vem realizando pesquisa e estudo de avaliação do processo seco de incorporação de borracha de pneus nas misturas asfálticas.

### **Volume dos Pneus**

Um dos objetivos da pesquisa da Escola de Engenharia de São Carlos é levantar os volumes de pneus descartados e estocados em aterros sanitários de algumas cidades do Estado de São Paulo. Para tanto, foram realizados contatos com prefeituras municipais, feitas visitas técnicas e elaborado questionário, com os seguintes itens: informações gerais sobre o aterro, volume de

resíduos sólidos gerados e coleta/disposição dos pneus. A tabela 1 apresenta as informações sobre coleta/disposição de pneus obtidas em 12 cidades do Estado de São Paulo: Araçatuba,

Bauru, Botucatu, Campinas, Limeira, Piracicaba, Presidente Prudente, Ribeirão Preto, Santos, São José do Rio Preto, São Paulo e Sorocaba.

**Tabela 1** Levantamento dos volumes de pneus descartados e estocados em algumas cidades do Estado de São Paulo.

| Município  | Situação   |
|--|--|
| Araçatuba<br>População abrangida:<br>180.000           | <p>Todo os resíduos coletados na cidade são dispostos em lixão a céu aberto. Não existe coleta de pneus velhos por parte da Prefeitura, porém as borracharias descartam os pneus que não servem para recauchutagem no referido lixão. Não existem informações quanto ao volume de pneus hoje existente no local. Acredita-se que os pneus também são dispostos em depósitos clandestinos.</p> <p>Fonte: Secretaria de Obras - Mar/99</p>   |
| Bauru<br>População abrangida:<br>300.000               | <p>Os pneus não são colocados no aterro sanitário. Foi criado junto ao aterro sanitário um pequeno aterro para pneus, que é utilizado em situações de emergência, como por exemplo nos arrastões de limpeza organizados pela Secretaria da Saúde para o controle do transmissor da dengue. Estima-se que o município produza 6.000 pneus inservíveis por mês. Não existe estimativa sobre o volume de pneus armazenados no aterro. Os pneus são dispostos inteiros, em camadas e aterrados. Não existem taxas para a descarga de pneus no aterro sanitário.</p> <p>Fonte: Prefeitura Municipal de Bauru - Departamento de Limpeza Pública - Jul/98</p> |
| Botucatu<br>População abrangida:<br>120.000            | <p>O aterro não recebe pneus, uma vez que não é permitido esse tipo de coleta pela Prefeitura. Entretanto, é de aproximadamente 35.000 o número de veículos cadastrados na cidade, que geram cerca de 25.000 pneus por ano.</p> <p>Fonte: Secretaria Municipal do Meio Ambiente - Abr/99</p>   |
| Campinas<br>População abrangida:<br>846.434            | <p>Aterro Sanitário Delta I Pneus não são coletados pelos caminhões da Prefeitura, não sendo permitida a entrada desse tipo de resíduo no aterro Delta I.</p> <p>Fonte: Departamento de Limpeza Urbana - Abr/99</p>  |
| Limeira<br>População abrangida:<br>235.000             | <p>Entre os dias 29 de janeiro e 15 de junho de 1998 foram recolhidos um total de 8.838 pneus (90.925 kg) durante visitas a 28 borracharias. Este trabalho foi realizado pelo serviço de zoonose, para a prevenção da transmissão da dengue. No aterro existe uma área específica para o descarte de pneus. Entretanto, não há estimativas do volume de pneus armazenados no aterro sanitário (o trabalho de contagem está sendo feito). Os pneus são armazenados inteiros. Existem projetos no sentido de usar pneus na drenagem de chorume no aterro.</p> <p>Fonte: Empresa de Desenvolvimento de Limeira (ENDEL) - Jul/98</p>                       |
| Piracicaba<br>População abrangida:<br>300.500          | <p>Aterro sanitário do "Pau Queimado": Chegam ao aterro aproximadamente 100 pneus por dia. Existe uma área específica dentro do município (área rural) para que a população possa jogar os pneus, sendo que não há cobrança de taxas. Estima-se que atualmente aproximadamente 10.000 pneus inteiros (de diversos tamanhos) estejam estocados no aterro. Piracicaba está desenvolvendo um programa de reutilização de pneus no controle de erosão do solo, onde são utilizados uma parte dos pneus estocados no aterro.</p> <p>Fonte: Secretaria Municipal de Defesa do Meio Ambiente (SEDEMA) - Mar/98</p>  |
| Presidente Prudente<br>População abrangida:<br>200.000 | <p>Estima-se uma média de recebimento de 30 pneus por dia, sendo que os mesmos são enterrados. Não existe cobrança de taxa para o recebimento dos pneus. Os pneus são aceitos inteiros, sendo separados do lixo domiciliar apenas para facilitar a compactação.</p> <p>Fonte: PRUDENCO - Companhia Prudentina de Desenvolvimento - Abr/99</p>  |

| Município  | Situação   |
|--|--|
| Ribeirão Preto<br>População abrangida:<br>480.000        | Não existe controle sobre a quantidade de pneus que chegam por dia ao aterro. Estima-se que 15.000 pneus estejam enterrados nas saias dos taludes (são lançados 4 metros de lixo bem compactados sobre os pneus, para evitar o afloramento dos mesmos). Aproximadamente 15% dos rejeitos existentes no aterro é formado por pneus (em termos de volume). São recebidos pneus inteiros, não sendo cobradas taxas no recebimento.<br><u>Fonte:</u> Departamento de Urbanização e Saneamento de Ribeirão Preto (DURSARP) - Jul/98   |
| Santos<br>População abrangida:<br>412.288                | Não existe controle quanto ao volume de pneus que chegam diariamente no aterro. Estima-se um volume de 200 pneus/dia. Não existe estimativa quanto ao volume de pneus existentes no aterro. Não existem trituradores no aterro. Os pneus são coletados pelo Cata-Treco (programa de coleta nos bairros) e misturado com outros entulhos. Não existe cobrança de taxa para a disposição final dos pneus no aterro.<br><u>Fonte:</u> Terracom Engenharia Ltda. - Abr/99  |
| São José do Rio Preto<br>População abrangida:<br>342.059 | O aterro sanitário não recebe pneus. A prefeitura faz a coleta e armazena os pneus em uma área de sua propriedade. Estão sendo realizados estudos de alternativas para o reaproveitamento.<br><u>Fonte:</u> Construfert Indústria e Comércio Ltda. - Abr/99  |
| São Paulo<br>População abrangida:<br>10 milhões          | Aterro Bandeirantes: A descarga específica de grandes quantidades de pneus é esporádica. Normalmente os pneus vêm misturados aos resíduos domiciliares. Logo, não é realizado o controle da entrada de pneus. Os pneus são aceitos inteiros no aterro. Não existe armazenamento no local, os pneus são colocados diretamente na frente de descarga. A taxa cobrada pela Prefeitura para o recebimento de resíduos industriais classe II e comerciais (inclusive pneus) no aterro é de R\$ 48,30/tonelada.<br><u>Fonte:</u> Departamento de Limpeza Urbana do Município de São Paulo (Limpurb) - Jan/98 |
| Sorocaba<br>População abrangida:<br>455.000              | Até 1998 os pneus estavam sendo enviados pelas borracharias e pelo órgão de controle de zoonoses para 2 barracões da Prefeitura, onde eram armazenados. Estima-se que estejam armazenados nestes barracões cerca de 4000 pneus. Como os galpões estão com sua capacidade esgotada, o aterro voltou a receber pneus na sua forma inteira, que são coletados pelos órgãos de prevenção e controle de zoonoses. Não são cobradas taxas para o recebimento dos pneus já que o aterro não recebe pneus de particulares.<br><u>Fonte:</u> Serviço de Prevenção e Controle de Zoonoses - Abr/99               |

Com base nos números obtidos, tem-se uma geração anual média *per capita* para o Estado de São Paulo igual a 0,15, ou seja, aproximadamente seis milhões de pneus são descartados anualmente. Comparando-se com outros países, pode-se suspeitar que esse número esteja subestimado, provavelmente em razão dos vários artifícios utilizados para a disposição clandestina e da falta de recursos para a coibição de tal prática. Na Europa, por exemplo, dois milhões de toneladas de pneus chegam ao fim de sua vida a cada ano. No Canadá, aproximadamente, 30 milhões de pneus são descartados anualmente (ZANZOTTO & KENNEPOHL, 1996).

**Estados Unidos** - Nenhum país produz mais pneus inservíveis que os Estados Unidos. Estima-se que sejam dispostos 285 milhões de pneus por ano, algo em torno de 4,7 milhões de toneladas, o que representa mais de um pneu, por habitante, por ano. Desse montante, 33 milhões de pneus são recauchutados, 22 milhões são reutilizados (revendidos) e os outros 42 milhões são destinados a diferentes aplicações. Os 188 milhões de pneus restantes são enviados para aterros ou dispostos ilegalmente (HEITZMAN, 1992).

Nesse país, os riscos ambientais vinculados à presença de pneus inservíveis motivaram a criação de legislação específica em nível federal e estadual. No início de 1991, 44 estados

decretaram leis para controlar a disposição dos pneus (HEITZMAN, 1992). As leis estaduais regulamentam a aquisição, armazenagem e processamento dos pneus, impõem restrições para armazenagem em aterros sanitários e oferecem incentivos para o desenvolvimento de novas alternativas de uso.

Muitos estados americanos proíbem a disposição de pneus inteiros em aterros, só recebendo os mesmos triturados e, ainda assim, cobrando taxas tão elevadas que tornam essa alternativa economicamente proibitiva. Nos estados onde é permitido estocar pneus sem enterrá-los, existem normas que regulamentam o tamanho, a construção de obras de prevenção a incêndios, coberturas e tapumes para que haja o controle adequado desses depósitos.

**No Brasil** – Ainda não existe nenhuma monitorização do Governo, nem do setor privado, sobre as formas de disposição final dos pneus usados, assim como não há levantamento dos depósitos de pneus abandonados em todo o país. Algumas estimativas indicam que são gerados 35 milhões de carcaças de pneus anualmente (FIORI, 1998) e que existem mais de 100 milhões de pneus abandonados em todo o País (SATO, 1999).

Na maioria das cidades analisadas, o poder público municipal proíbe a entrada dos pneus nos aterros, eximindo-se da responsabilidade de coletar e armazenar adequadamente esses resíduos e contribuindo para a disposição ilegal em terrenos baldios, rios etc. Esse fato também evidencia o descaso das autoridades em relação à saúde pública, pois os pneus proporcionam um ambiente adequado para a criação do mosquito transmissor da dengue e de outros vetores de doenças.

Das cidades contatadas, apenas Piracicaba e Sorocaba possuem controle efetivo do volume de pneus coletados e estocados. Particularmente, as cidades de Piracicaba e Limeira estão empenhadas em encontrar alternativas de utilização para os pneus estocados: controle de erosão em Piracicaba e drenagem de líquidos percolados de aterros sanitários em Limeira. Com relação à reutilização de pneus usados em obras de pavimentação asfáltica, conforme discutido a seguir, apenas a cidade de Santos está construindo ou reabilitando pavimentos utilizando concreto asfáltico com incorporação de pneus usados triturados.

## Utilização da Borracha em Pavimentação Asfáltica

No Brasil foi aprovada, em 26 de agosto de 1999, resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama, que institui a responsabilidade, ao produtor e importador, pelo ciclo total da mercadoria. A partir de janeiro de 2002, fabricantes e importadoras de pneus serão obrigados a coletar e dar destinação final de forma ambientalmente correta para os produtos que colocam no mercado. Pela proposta, o Ibama ficará responsável pela aplicação da resolução, podendo punir os infratores com base na Lei de Crimes Ambientais. Inicialmente, para cada quatro pneus novos fabricados no Brasil ou importados, os fabricantes e importadoras deverão reciclar/reutilizar um pneu inservível.

Muitos países têm desenvolvido legislação para direcionar seus departamentos de estradas de rodagem a investigar a possibilidade de utilização de materiais recicláveis em obras de pavimentação. O governo americano, em especial, têm incentivado a incorporação de borracha de pneus nas misturas asfálticas. Na maioria dos estados americanos, por exemplo, existem leis ou regulamentações que afetam a disposição e a reutilização de pneus.

**Incentivos Fiscais** - A seção 1038 da Lei sobre a Eficiência do Transporte Intermodal de Superfície de 1991 (Intermodal Surface Transportation Efficiency Act - ISTEA, 1991), que trata do "uso de material reciclado em pavimentação visando a proteção ambiental", estabelece a utilização de um percentual mínimo de borracha reciclada nas misturas asfálticas (em relação ao total produzido), tendo aumentado de 5% em 1994 até 20% em 1997, e assim se mantido nos anos seguintes. A lei garante incentivos fiscais aos Estados que utilizam borracha de pneus nas misturas asfálticas e prevê punições aos Estados que não a obedecerem.

A adição de borracha triturada em misturas betuminosas — além de minimizar os problemas de disposição de pneus em aterros sanitários e, principalmente, de queima ou disposição em locais inadequados — pode também melhorar o desempenho dos pavimentos, retardando o aparecimento de trincas, selando as já existentes e aumentando a impermeabilização proporcionada pelos revestimentos asfálticos.

Como as pesquisas são muito recentes, ainda não existem resultados conclusivos sobre o



**Figura 1:** Trechos de pavimentos modificados com adição de borracha de pneus na cidade de Santos-SP.

desempenho dos pavimentos que contêm borracha de pneu triturada. A tecnologia de ensaios, projetos e avaliação de ligantes e misturas modificadas com adição de borracha ainda não é totalmente compreendida. Considerações de projetos tais como: tipo e teor de asfalto, tipo de borracha, granulometria da borracha, temperaturas demistura e compactação, entre outros, estão relativamente indefinidos. Portanto, existe a necessidade de se estabelecer procedimentos padronizados para o projeto e de avaliação de misturas modificadas com adição de borracha reciclada (TROY et al., 1996).

**Apoio da Administração Municipal - A Prodesan** -Progresso e Desenvolvimento de Santos, empresa de economia mista da Prefeitura Municipal da cidade litorânea de Santos - SP, responsável pela construção e manutenção dos pavimentos asfálticos da cidade, tem recebido apoio da administração municipal para desenvolver estudos visando mitigar o problema da disposição dos pneus no aterro sanitário. Vários trechos de pavimentos construídos em Santos indicam a viabilidade de se utilizar borracha triturada substituindo parte dos agregados pétreos nas misturas asfálticas. Nos trechos construídos, foram incorporadas raspas de borracha obtidas em empresas de recauchutagem. O consumo girou em torno de 30kg de borracha por tonelada de mistura. A figura 1 apresenta dois trechos de pavimentos modificados com adição de borracha de pneus.

No âmbito laboratorial, estão sendo analisados os fatores granulometria dos

agregados pétreos, granulometria da borracha (grossa, fina e contínua), teor de borracha (2, 4 e 6% em peso de agregado pétreo), tempo de cura e temperaturas de mistura e compactação. As "respostas" serão obtidas dos ensaios utilizados para avaliação dos fatores intervenientes no desempenho das misturas asfálticas: método Marshall para determinação de estabilidade e fluência, ensaio de compressão diametral dinâmico para determinação do módulo de resiliência e ensaio de fluência por compressão uniaxial ("creep test") estático e dinâmico para avaliação das misturas em termos de resistência à deformação permanente.

Como existem limitações inerentes aos ensaios de laboratório, a avaliação do desempenho das misturas asfálticas com borracha de pneus também se dará através de pistas experimentais submetidas às condições de tráfego e climáticas reais. Através de uma parceria entre a Prodesan e o Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos - USP serão construídos vários trechos experimentais em Santos, onde serão considerados diferentes espessuras de revestimento asfáltico, teores de borracha e granulometrias de borracha. Busca-se, dessa forma, contribuir para a solução do grave problema ambiental que é a disposição de resíduos sólidos, pois a reutilização de pneus em larga escala no Brasil vai depender do conhecimento profundo dos aspectos econômicos e técnicos, relacionados ao meio ambiente e ao desempenho como material de construção.

Transporte

**SIDUPAR**  
SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO  
URBANO E INFRAESTRUTURA

**DM**  
Departamento  
Municipal de  
Limpeza Urbana

*“ECNA?  
Eu nunca ouvi falar  
desse compactador.”*

*Carlos Henrique Soares  
Mecânico*

Se o seu mecânico ainda não ouviu falar da Ecna, não estranhe. É um nome que não costuma freqüentar as oficinas de manutenção e fica pouco tempo quando passa por lá. Mas essa é apenas uma das inúmeras características que diferenciam nossos compactadores dos disponíveis no mercado. O Carlos Henrique ainda não ouviu falar da gente, mas você ainda vai ouvir e falar muito da tecnologia Ecna.

E finalmente entender por que o Ecna é considerado o melhor compactador do Brasil.

## Considerações Finais

Na medida em que quase todos os municípios apresentam problemas quanto à disposição final dos resíduos sólidos domiciliares, uma vez que poucos têm aterro sanitário e, dentre esses, muitos já estão com sua capacidade perto do limite, investimentos devem ser aplicados em novas tecnologias, que possam contribuir para a redução do volume e para sua reutilização ou reciclagem. A disposição final dos pneus contribui para agravar ainda mais a situação, pois os pneus apresentam baixa compressibilidade, representam risco constante de incêndios e servem como local de procriação de mosquitos, roedores e outros vetores de doenças.

A falta de recursos para o controle da disposição final e para o estudo de alternativas econômica e ambientalmente viáveis para a reutilização de pneus usados é diretamente proporcional à falta de interesse político. Em outras palavras, o problema está nos critérios para priorização da utilização dos recursos existentes. A situação atual no Estado de São Paulo, conforme resumido neste trabalho, está longe do ideal, mas começam a surgir evidências de que no futuro próximo prefeituras municipais, fabricantes de pneus, órgãos reguladores e fiscalizadores, universidades e institutos de pesquisas poderão trabalhar em parceria para solucionar o gravíssimo problema que é a disposição final de pneus usados.

## Agradecimentos

Esta pesquisa contou com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - Fapesp, através da concessão de uma bolsa de doutorado.

## Bibliografia

FIORI, J. (1998). Petrobrás tira óleo do pneu usado cooperando com o combate da dengue. *Revista Limpeza Pública*, n. 47. Associação Brasileira de Limpeza Pública - ABLP, p.3-5.

HEITZMAN, M. (1992). Design and Construction of Asphalt Paving Materials with Crumb Rubber

Modifier. *Transportation Research Record* 1339. TRB. National Research Council. Washington, D.C., p.1-8.

ISTEA (1991) *Intermodal Surface Transportation Efficiency Act*. Public Law 102-240 - Dec.

ARDIM, N. S. et al. (1995). *Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado*. 1ª ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, CEMPRE (Publicação IPT 2163), 278p.

EPA (1991) *Summary of Markets for Scrap Tires*. U.S. Environmental Protection Agency, EPA/530-SW-90-074B. Oct.

EPPS, J. A. (1994). *NCHRP Synthesis of Highway Practice 108: Uses of Recycled Rubber Tires in Highways*. TRB, National Research Council, Washington, D.C., 162p.

SATO, S. (1999) Fabricantes e importadores de pneus terão de destruir produtos usados. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, 27 ago., p.18.

TROY, K.; SEBAALY, P. E.; EPPS, J. A. (1996). Evaluation Systems for Crumb Rubber Modified Binders and Mixtures. *Transportation Research Record* 1530. TRB. National Research Council. Washington, D.C., p.3-10.

ZANZOTTO, L.; KENNEPOHL, G. J. (1996). Development of Rubber and Asphalt Binders by Depolymerization and Devulcanization of Scrap Tires in Asphalt. *Transportation Research Record* 1530. TRB. National Research Council. Washington, D.C., p. 51-58.

---

**Sandra Ap. Margarido Bertollo** é Engenheira Civil e Doutoranda em Engenharia de Transportes na Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

**José Leomar Fernandes Júnior** é Professor Doutor do Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

**Romulo Barroso Villaverde** é Engenheiro Civil da Prodesan - Progresso e Desenvolvimento de Santos.

**Delchi Migotto Filho** é Diretor Presidente da Prodesan.

Endereço para contato:

**Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos - USP**

Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 - 13560-250 - São Carlos - SP

Fones: (0xx16) 272-4368 / 9702-1674

E-mail: samberto@sc.usp.br



*“ECNA?  
Eu nunca ouvi falar  
de outro compactador.”*

*José Antônio Ribeiro  
Gari*

Quem é do ramo sabe: lugar de compactador é na rua, trabalhando. Não na oficina, dando trabalho. O José Antônio é um desses privilegiados que ainda não tiveram o trabalho de conhecer outro equipamento. Você também, depois de conhecer tudo o que a nossa tecnologia pode fazer pela limpeza de sua cidade, não vai nem querer ouvir falar de outras marcas. Afinal, quem mais entende de lixo já está convencido de que o compactador Ecna, com todas as suas inovações, é o melhor do Brasil.

## LEGISLAÇÃO

**Projeto limita uso do alumínio** - A fim de reduzir os problemas ambientais causados pelo crescente uso de embalagens descartáveis, encontra-se, em Brasília, projeto de lei, de autoria do deputado José Carlos Vieira, que limita o envasamento da cerveja, em embalagens de alumínio, em até 30% da produção.

A intenção é forçar a utilização dos vasilhames de vidro, que são menos nocivos ao meio ambiente, uma vez que são retornáveis.

## ECONOMIA

**Reciclagem de Óleos Lubrificantes** - A Agência Nacional do Petróleo - ANP, informou que, dentro de dois anos, 30% do total de lubrificantes comercializados no País deverá ser reciclado. É que os serviços de coleta desse material, anteriormente subsidiado pelo Governo são, desde o final de 1999, atribuição dos produtores que deverão, ainda, destiná-los de forma adequada, evitando a contaminação do ambiente com substâncias nocivas à saúde, com a redução do despejo de resíduos não biodegradáveis e tóxicos em lençóis freáticos e da poluição do ar pela queima indevida do óleo.

**Reciclagem de Plásticos nos EUA** - A grande diversidade de embalagens plásticas está se tornando um grande problema nos Estados Unidos. Enquanto no Brasil, o mercado de reciclagem vem conquistando espaço, nos EUA, a triagem está se tornando cada vez mais trabalhosa e onerosa, por causa do número diversificado de produtos plásticos, de diferentes composições, que acabam dificultando e encarecendo a separação.

Diferentemente do alumínio e do papel, o plástico pode ser produzido em várias versões que, na maior parte das vezes, precisam ser cuidadosamente separadas para reciclagem. Um exemplo são as garrafas coloridas de suco, feitas de polietileno de alta densidade, que precisam ser processadas separadamente das garrafas de refrigerante feitas de PET.

**CSN investe em meio ambiente** - A Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) assinou, no final de janeiro, termo de ajuste com o governo carioca, para escapar de uma multa ambiental, estimada em R\$ 13 milhões. Para tanto, a empresa optou por realizar três benfeitorias em Volta Redonda - RJ: duplicação da estação de tratamento de água, instalação de aterro sanitário e doação de área para a construção de uma estação de tratamento de esgoto.

Além dessas melhorias, a CSN terá de investir, até 2002, R\$ 180 milhões em 130 projetos de controle de poluição, com garantias bancárias.

**Valença aguarda liberação de recursos** - A Prefeitura Municipal de Valença - RJ continua lutando para colocar em funcionamento a Usina Municipal de Reciclagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Domésticos. Segundo

a Prefeitura, a conclusão da obra depende, apenas, da liberação de recursos já aprovados e autorizados para esse projeto, pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente.

Além dos benefícios inerentes à reciclagem, o processo irá gerar renda e emprego, através da compostagem dos resíduos orgânicos em adubo natural, que serão utilizados em hortas comunitárias e por pequenos agricultores.

## TECNOLOGIA

**Praias Limpas** - Acabam de desembarcar no Brasil, os equipamentos Beach Tech, um novo método de limpeza de praias muito mais eficiente do que qualquer coisa que já foi utilizada até hoje por aqui.

Fabricados pela empresa alemã Kässbohrer Geländefahrzeug AG, os equipamentos possuem uma "mão mecânica", que vai passando pela areia e recolhendo o lixo. Em seguida, um outro dispositivo peneira a areia para devolvê-la à praia, guardando apenas os dejetos.

Os Beach Tech estão disponíveis em três modelos: STR 3000, que limpa até 30 mil metros quadrados de areia por hora, removendo a areia com 20 cm de profundidade; STR 2000, de tamanho intermediário, que limpa perto de 20 mil metros quadrados de areia/hora, removendo a areia com 18 cm de profundidade, e o Sweepy, um varredor compacto de areia, ideal para áreas menores, arborizadas ou com quiosques, com capacidade para limpar até 3.500 m<sup>2</sup>/h com profundidade de 9 cm.



**Monitor Eletrônico** - Para eliminar problemas causados por excesso de rotação, a Magnus Hidráulica Ltda. acaba de lançar o Monitor Eletrônico - MEL 0611C.

O novo dispositivo pode ser aplicado em compactadores de lixo e basculantes, e oferece excelente relação custo/benefício, uma vez que desliga o sistema ao menor sinal de excesso de rotação, eliminando problemas como: desgaste prematuro da bomba hidráulica; redução da vida útil dos componentes do circuito hidráulico, através do seu aquecimento; alto nível de ruído e de consumo de combustível, e elevado índice de emissão de poluentes.

**Plataforma roll-on roll-off** - As Indústrias Ecna, de Goiânia - GO, estão lançando oficialmente a sua plataforma hidráulica roll-on roll-off, que tem como atrativo a versatilidade de poder levar, para cima de um veículo, diferentes tipos de equipamentos.

De fácil manejo e com capacidade de carga de até 25 ton. as aplicações vão desde o acondicionamento e transporte de resíduos até estruturas mais complexas como, por exemplo, a possibilidade de se montar um escritório completo ou um aparato de lubrificação móvel.



[www.ecna.com.br](http://www.ecna.com.br)

*Pegue carona no melhor  
compactador do Brasil.*



Menos assistência técnica, o mais reduzido custo de manutenção, maior poder de compactação e um design concebido para oferecer o máximo em conforto, segurança e funcionalidade ao trabalho do gari. Para saber mais sobre o compactador que está dando o que falar, e de toda a linha Ecna de equipamentos voltados para a limpeza urbana, visite nossa página na Internet.

  
**ecna**  
INDÚSTRIAS ECNA LTDA.  
Call Center: 0800-626464  
E-mail: [ecna@ecna.com.br](mailto:ecna@ecna.com.br)

**Combustível a partir do lixo** - Quatro empresas americanas estão se preparando para produzir etanol (álcool combustível) a partir de resíduos retirados da produção local americana, como por exemplo: sobras do milho, bagaço da cana de açúcar e palha de arroz. Até mesmo lixo orgânico e resíduos de esgoto serão utilizados como matéria prima.

Essa medida está sendo adotada — depois que o governo americano gastou quase 50 anos e centenas de milhões de dólares em pesquisas, sobre os vários tipos de resíduos conhecidos como "biomassa", e que podem transformar-se na fonte do combustível de amanhã — em resposta a necessidade de observação das leis ambientais, associada à produção e geração desses resíduos em grande escala e a problemática da destinação final.

**Fertilizante de Lodo de Esgoto** - Pesquisas realizadas na agricultura utilizando lodo de esgoto, ou biossólido, como insumo (que é rico em nutrientes e matéria orgânica), têm demonstrado maior eficiência em relação aos fertilizantes minerais, como pode ser comprovado nos testes realizados na cultura do milho, em Curitiba e Brasília.

Segundo Wanderley José de Melo, Professor de Agronomia da Universidade Estadual Paulista - Unesp, campus de Jaboticabal, "o lodo de esgoto é uma alternativa espetacular para a agricultura". Além de apresentar todos os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas, favorece a retenção de água e o nível de acidez, liberando gradativamente os nutrientes. Entretanto, o uso deve ser realizado dentro de critérios que garantam a segurança do meio ambiente, já que o lodo pode oferecer riscos ao meio ambiente, se não receber tratamento adequado. O principal é a liberação de metais pesados, como: cádmio, níquel e mercúrio, comuns nos resíduos industriais.

## SERVIÇOS

**Adeus, desperdício** - Com o objetivo de preservar o meio ambiente e, simultaneamente, evitar o desperdício de materiais sólidos e semi-sólidos, a Aracruz Celulose S/A, indústria fabricante de papel, sediada em Aracruz, no Espírito Santo, adquiriu 34 caçambas estacionárias de aplicação múltipla Kabitudo, da Kabi Indústria e Comércio S/A. Com elas, os resíduos são separados em função do seu tratamento e/ou destino final, sendo que os perigosos vão para aterro industrial.

**"Limpou, Trocou, Ganhou"** - Segundo informações prestadas pela Prefeitura Municipal de Rio Bonito - RJ, vem sendo desenvolvido, há mais de um ano e meio, programa de coleta seletiva, com enfoque social. Trata-se do "Limpou, Trocou, Ganhou", que, além de trocar lixo reciclável por alimentos, conscientiza para a importância da separação e destinação final, propiciando mais saúde às comunidades carentes.

**Programa "Nosso Lixo"** - Este programa vem sendo desenvolvido, desde o 2º semestre de 1999, pela Prefeitura de Guarapuava - PR, em conjunto com a Associação de Catadores de Papel de Guarapuava - SURG.

O programa envolve a comunidade local em um processo de educação ambiental, proporcionando melhoria da qualidade de vida, além de gerar renda para classes sociais menos favorecidas. Atualmente, são comercializados cerca de 150 toneladas de material reciclável, que representam de 5 a 6% do resíduo sólido urbano gerado mensalmente na cidade.

## LANÇAMENTOS

**Modelo de Gestão de Resíduos Sólidos** - A Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, coordenadora do Projeto Internacional de Cooperação Técnica BRA 92/017 - "Gestão e Tecnologias de Tratamento de Resíduos" (1993-1999) está divulgando o resultado final do estudo. Trata-se de uma publicação, com o mesmo nome do projeto, e que aborda modelos de gestão de resíduos sólidos para a ação governamental na Região Metropolitana.

**Gerenciamento de Limpeza Urbana** - Sob a coordenação da Engenheira, Arquiteta e Sanitarista, Maeli Estrêla Borges, membro da Diretoria da Associação Brasileira de Limpeza Pública - ABLP, foi lançado, no final do ano passado, o videocurso "Gerenciamento de Limpeza Urbana", pelo Centro de Produções Técnicas de Viçosa - RJ.

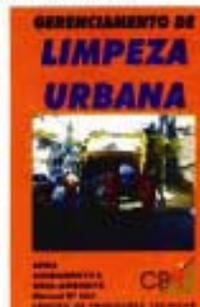
Destinado aos responsáveis pelo gerenciamento da limpeza urbana de pequenas e médias comunidades, a obra aborda o gerenciamento da limpeza urbana, noções sobre o lixo, atividades da limpeza urbana, destino final do lixo, regulamentação e fiscalização e aspectos de remuneração dos serviços prestados.

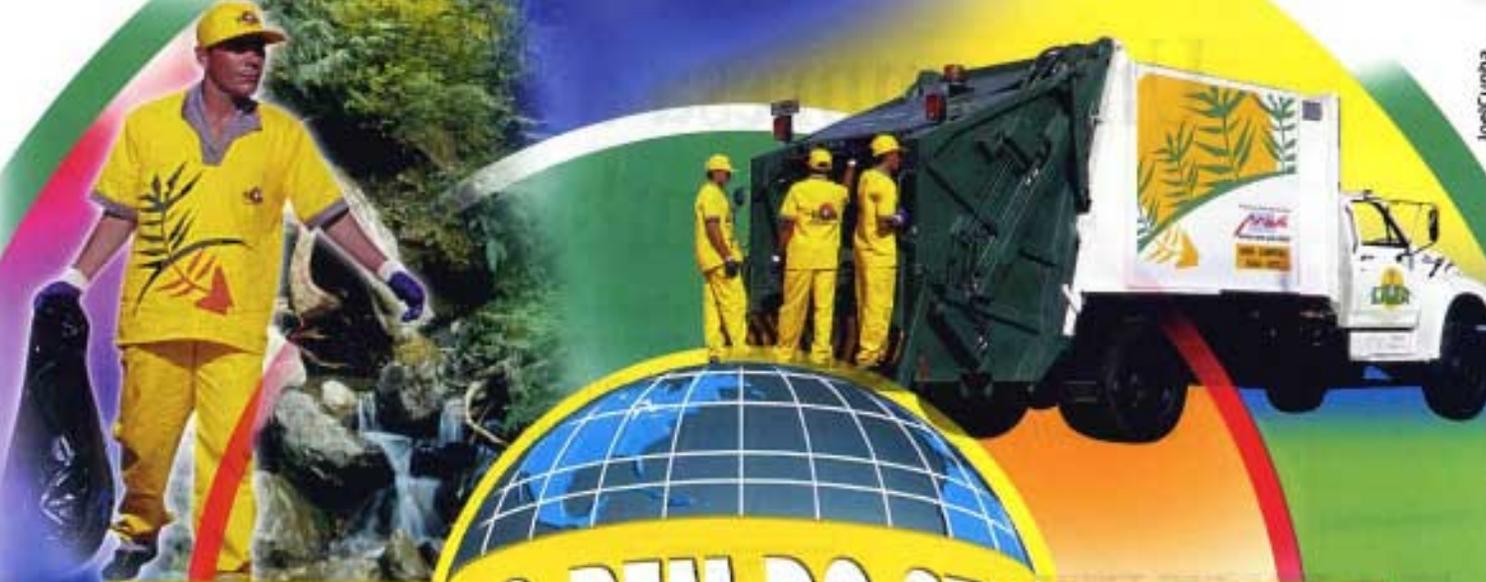
## CONCURSO

**Internacional de Fotografia** - O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - Pnuma está promovendo o 3º Concurso Fotográfico Internacional sobre o Meio Ambiente, que tem como tema: "enfoque o seu mundo". Divididos em duas categorias - adulto e infantil, os trabalhos deverão ser enviados até 30 de abril próximo. Os prêmios variam entre US\$ 20 mil e US\$ 2 mil. Podem participar profissionais ou amadores, com até três fotos, a cores ou em preto e branco. Maiores informações poderão ser obtidas no Comitê Brasileiro do Pnuma, tel: (0xx21) 2201820.

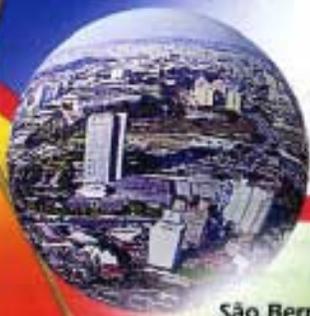
## CURSO

**Aterro Sanitário** - A Associação Brasileira de Limpeza Pública - ABLP, ministrou dias 3 e 4 de dezembro último, em Recife - PE, curso básico sobre "Aterro Sanitário". Patrocinado pela Locar - Saneamento Ambiental, o treinamento contou com a participação de 33 profissionais e foi desenvolvido pela Profª Wanda Maria Risso Günther, Engª Maria Helena de Andrade Orth e Engº Francisco José Pereira de Oliveira. No último dia, os participantes realizaram visita técnica ao aterro da Muribeca, em Recife.

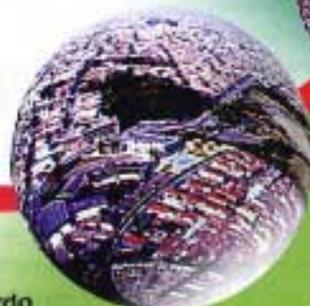




# CUIDANDO BEM DO SEU MUNDO



São Bernardo do Campo SP



São Caetano do Sul SP



Mauá SP



Vista Aérea Aterro Sanitário LARA Mauá SP

**A LARA atende as prefeituras:**  
 de Mauá-SP, São Bernardo do Campo-SP, São Caetano do Sul-SP, Diadema-SP, Ribeirão Pires-SP, Rio Grande da Serra-SP e Rio Branco(Acre).  
**Oferecendo Prestação de Serviços com Qualidade em:**  
 Projeto/Implantação e Operação do Aterro Sanitário, Coleta Domiciliar de Resíduos, Coleta de Resíduos em Favelas, Lavagem de Vias, Varrição Manual e Mecanizada, Coleta de Resíduos de Saúde, Caixa Brooks por Sistema de Poliguindaste, Pintura de Guias, Raspagem, Capinação, Estação de Transbordo, Usina de Triagem e Compostagem, Limpeza de Feiras Livres, Limpeza de Bocas de Lobo, Entulho de Particular



**LARA**  
 CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS  
 Estrada do Guaraciaba, 1985  
 B.Sertãozinho 09370-840 Mauá SP  
 Fone (011) 7634 1077

*Há 10 anos contribuindo com a Limpeza Urbana Respeitando o Meio Ambiente*

# Uma empresa a serviço do meio ambiente

*Manter crescimento sustentado, prestando serviços com qualidade pelo Brasil e América Latina de coleta, transporte, tratamento, disposição de resíduos sólidos e outras atividades relacionadas à preservação e melhoria do meio ambiente é a missão da VEGA.*



## ÁREAS DE COMPETÊNCIA

SERVIÇOS DE LIMPEZA PÚBLICA

COLETA HOSPITALAR E DE SERVIÇOS DE SAÚDE

ATERRO SANITÁRIO

COLETA INDUSTRIAL E COMERCIAL

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS

ENGENHARIA E SANEAMENTO AMBIENTAL

USINA DE INCINERAÇÃO

USINA DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM

ESTAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA

ATERRO INDUSTRIAL

ASSISTÊNCIA TÉCNICA E VENDA DE TECNOLOGIA



VEGA ENGENHARIA AMBIENTAL S.A.