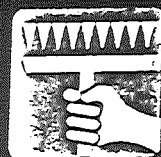


revista

LIMPEZA



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

Pública

54
Janeiro
2000

ARTIGO SANITÁRIO

Metodologia e
critérios corretos
garantem
sucesso do
empreendimento
em Ilhéus

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

Em Londrina, 17
mil pneus são
descartados
mensalmente

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



STT
25/05/00

1975 - 2000 25 anos de Revista



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: 01031-902. 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 Salino Cortes; João Giansi 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.ª. Maeli Estrela Borges
Prof.ª. Wanda Maria Risso Günther
Eng.ª. Jacqueline Rogéria Bringhamti
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

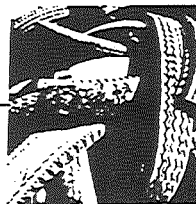
EDITORIAL

Limpeza Urbana

5

DESCARTE DE PNEUS

Quantificação do assunto em Londrina (PR)



12

CONSTRUÇÃO CIVIL

Panorama sobre a Reciclagem de Resíduos (2ª parte)

17

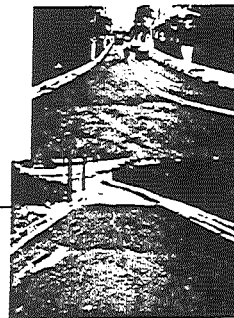
ATERRO SANITÁRIO

Pesquisa e Seleção de Áreas no Município de Ilhéus (BA)

23

PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

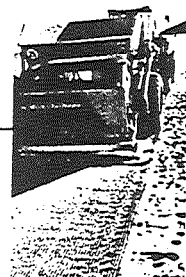
Uma alternativa para a reutilização de pneus



30

ATUALIDADES

Equipamentos alemães prometem deixar nossas praias limpas



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*

Apresentam-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 consequências 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 São 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

SYSNO	1093688
PROD	000910
ACERVO EESC	

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 População abrangida: 180.000	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. <u>Fonte:</u> Secretaria de Obras - Mar/99
Bauru População abrangida: 300.000	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. <u>Fonte:</u> Prefeitura Municipal de Bauru - Departamento de Limpeza Pública - Jul/98
Botucatu População abrangida: 120.000	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. <u>Fonte:</u> Secretaria Municipal do Meio Ambiente - Abr/99
Campinas População abrangida: 846.434	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. <u>Fonte:</u> Departamento de Limpeza Urbana - Abr/99
Limeira População abrangida: 235.000	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. <u>Fonte:</u> Empresa de Desenvolvimento de Limeira (ENDEL) - Jul/98
Piracicaba População abrangida: 300.500	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. <u>Fonte:</u> Secretaria Municipal de Defesa do Meio Ambiente (SEDEMA) - Mar/98
Presidente Prudente População abrangida: 200.000	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. <u>Fonte:</u> PRUDENCO - Companhia Prudentina de Desenvolvimento - Abr/99

Município	Situação
Ribeirão Preto População abrangida: 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. <u>Fonte:</u> Departamento de Urbanização e Saneamento de Ribeirão Preto (DURSARP) - Jul/98
Santos População abrangida: 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. <u>Fonte:</u> Terracom Engenharia Ltda. - Abr/99
São José do Rio Preto População abrangida: 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. <u>Fonte:</u> Construfert Indústria e Comércio Ltda. - Abr/99
São Paulo População abrangida: 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. <u>Fonte:</u> Departamento de Limpeza Urbana do Município de São Paulo (Limpurb) - Jan/98
Sorocaba População abrangida: 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. <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

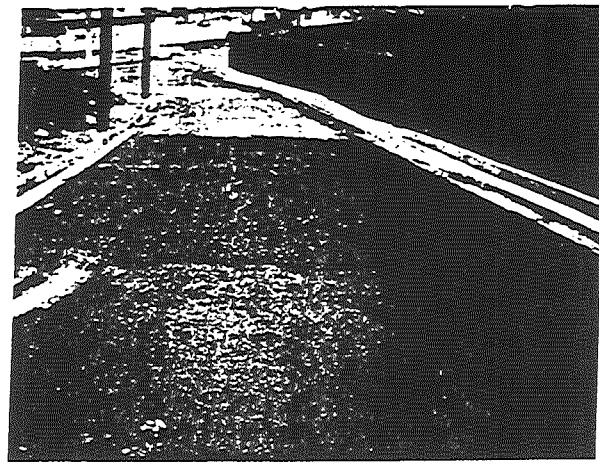
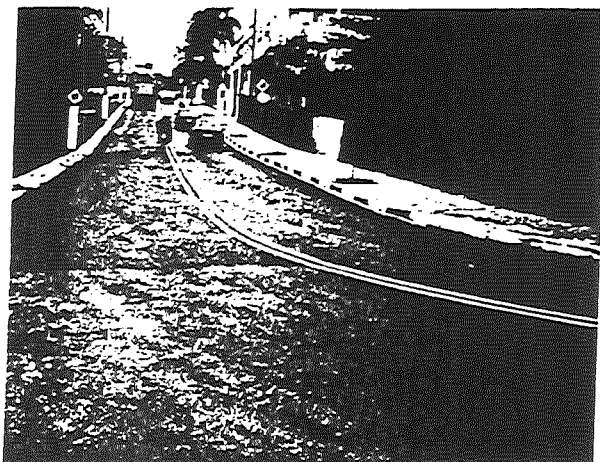


Figura 1: Trechos de pavimentos modificados com adição de borracha de pneus na cidade de Santos-SP.

Transpolix

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 de mistura 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.

SIDUPAR
SOCIEDADE DE DESENVOLVIMENTO
URBANO DO PARANÁ LTDA

DM
Departamento
Municipal de
Limpeza Urbana

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