

Article:

Utilização de Borracha Reciclada de Pneus em Misturas Asfálticas

Conference name:

Terceiro Encontro Ibero-Americano de Unidades Ambientais do Setor Transportes

Conference dates:

November 29-December 04, 1998.

Conference place:

Florianópolis, Brazil.

Authors:

Reus Salini; Antônio Fortunato Marcon

Cite

Copy and paste a formatted citation or import into a bibliography manager.

- MLA Salini, Reus, and Antônio Fortunato Marcon. "Utilização De Borracha Reciclada De Pneus Em Misturas Asfálticas." *Terceiro Encontro Ibero-Americano de Unidades Ambientais do Setor Transportes* 1998. Print.
- APA Salini, R., & Marcon, A. F. (1998). *Utilização de Borracha Reciclada de Pneus em Misturas Asfálticas*. Paper presented at the Terceiro Encontro Ibero-Americano de Unidades Ambientais do Setor Transportes Florianópolis, Brazil.
- Chicago 16th Salini, Reus, and Antônio Fortunato Marcon. "Utilização De Borracha Reciclada De Pneus Em Misturas Asfálticas." In *Terceiro Encontro Ibero-Americano de Unidades Ambientais do Setor Transportes* Florianópolis, Brazil., 1998.
- Harvard SALINI, R. & MARCON, A. F. 1998. Utilização de Borracha Reciclada de Pneus em Misturas Asfálticas. *Terceiro Encontro Ibero-Americano de Unidades Ambientais do Setor Transportes* Florianópolis, Brazil.
- Vancouver Salini R, Marcon AF. Utilização de Borracha Reciclada de Pneus em Misturas Asfálticas. *Terceiro Encontro Ibero-Americano de Unidades Ambientais do Setor Transportes* November 29-December 04; Florianópolis, Brazil.1998.

Import citation to:



Right-click the paperclip and select [save embedded file as](#)
or check the [Attached Files](#) tab in your PDF reader software.

UTILIZAÇÃO DE BORRACHA RECICLADA DE PNEUS EM MISTURAS ASFÁLTICAS

Reus Salini
salini@gmx.net

Antônio Fortunato Marcon
afmarcon@der.sc.gov.br

PALAVRAS-CHAVES:

pavimento

asfalto modificado

borracha

reciclagem

asfalto-borracha

1 RESUMO

Este trabalho apresenta um programa de pesquisa que tem por objetivo caracterizar o comportamento da mistura asfáltica (empregada em pavimentação viária) quando esta recebe a adição de borracha reciclada de pneus usados. A pesquisa a ser desenvolvida visa qualificar e quantificar o desempenho da mistura asfáltica quando a borracha reciclada é adicionada, utilizando para isso os ensaios tradicionais e trabalhando com as seguintes variáveis: quantidade e granulometria da borracha, temperatura de usinagem da mistura e emprego de aditivos. O resultado final esperado é uma mistura asfáltica com características superiores às observadas em *misturas convencionais* e com um custo bastante reduzido quando comparado ao de *misturas polimerizadas* (modificadas) com o uso de polímeros virgens. Além da melhoria da qualidade técnica das misturas asfálticas esta reciclagem também amenizará o impacto ambiental do descarte dos pneus.

2 ABSTRACT

This work presents a research program that aims to evaluate the performance of hot asphalt mix used in highway pavement construction with the addition of recycled rubber of tyres. The goals of the research are to qualify and quantify the performance of asphalt mix when recycled rubber is added. This research will be based upon laboratory tests to evaluate the following variables: amount and size of rubber particles, temperature in the asphalt mix and employment of additives. The expected result is an asphalt mix with better characteristics than those observed in traditional mixtures, with lower cost than modified asphalt with virgins polymers. Besides the improvement of technical quality of asphalt mix this process also decreases the environmental problems of tyres disposal.

3 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O revestimento betuminoso é um acabamento vital em estradas importantes e com tráfego intenso, além de ser indispensável em obras urbanas e aeródromos. Na pavimentação temos grandes extensões de estradas a serem pavimentadas com escassos recursos financeiros. A utilização de materiais mais baratos e duráveis é uma forma de viabilizar a implantação de novas rodovias, bem como, a restauração das já existentes.

O aproveitamento de resíduos na composição de novos materiais é uma tendência mundial que vem crescendo rapidamente em todos os ramos da atividade econômica e contempla a redução de custos trazendo, por vezes, melhorias e facilidades técnicas e operacionais. Esta é uma prática amplamente adotada por alguns setores de países desenvolvidos e começa a ser implantada a nível de Brasil, onde destacam-se a indústria do vidro e alumínio.

A utilização racional e benéfica dos rejeitos vem de encontro às crescentes preocupações com relação a disposição ambiental de detritos, ao mesmo tempo que economiza recursos naturais.

Um material que pode ser reaproveitado, embora constitua hoje um problema ambiental, é a borracha dos pneus de veículos rodoviários, pneus estes que após o uso são descartados ou, de forma pouco significativa, recauchutados.

Estes pneus geralmente não são depositados nos aterros sanitários por não permitirem compactação, sendo que muitas vezes são queimados liberando gases que contribuem para a formação de chuvas ácidas e outros problemas ambientais. As pilhas de armazenagem destes pneus também servem como local para a procriação de mosquitos, ratos e outros vetores de doenças e representam um risco constante de incêndio.

Com relação ao custo, o dos resíduos sempre é irrisório, limitando-se geralmente ao transporte, enquanto a matéria prima virgem, além do transporte, possui o custo do material em si, da estrutura de extração e/ou industrialização, etc. e seu custo tende a crescer, rapidamente em alguns casos, pelo esgotamento das reservas naturais, como já ocorre com o cobre.

A área de Infra-Estrutura Viária apresenta características que a qualificam de forma ímpar para o aproveitamento de resíduos. Dentre essas características destaca-se a possibilidade de utilização de materiais em estado bruto e semi-bruto, que dispensam a aplicação de processos de transformação caros e/ou complexos, muitas vezes, responsáveis pela inviabilização econômica da reciclagem, pelo fato do custo final do material reciclado ser superior ao da própria matéria prima virgem. Também os sempre grandes volumes de materiais empregados pela construção viária ajudam, em muito, a viabilização técnico-econômica de processos de reciclagem.

O reaproveitamento da borracha de pneus, com o objetivo de incorporá-la ao pavimento asfáltico possui dentro da Infra-Estrutura Viária uma posição de destaque. Dentre as vantagens da reciclagem da borracha de pneus pode-se destacar:

- a) esta reutilização vai de encontro à solução do problema ambiental dos pneus descartados (poluição);
- b) a "carcaça" de pneu se constitui em um resíduo de fácil transporte;
- c) seu manuseio não oferece riscos aos operadores;
- d) é um material homogêneo, que permite a determinação das suas características comportamento com mínima variação;
- e) seu custo resume-se ao transporte dos locais onde foram gerados ao ponto de utilização;
- f) aumenta a massa final do concreto asfáltico;
- g) pneu possui dimensões geométricas padronizadas, o que facilita o desenvolvimento equipamentos de desmonte e trituração, caso sejam necessários, embora para fins estudos isso possa ser feito por processos artesanais; e
- h) por ter a mesma origem do asfalto (petróleo), a borracha de pneu não apresentará problemas de compatibilidade química com o pavimento betuminoso, nem causará problemas de corrosão nos equipamentos construtivos rodoviários, como verificou-se com outros resíduos.

Além de evitar que os pneus transformem-se em fonte de poluição, esta reciclagem é ambientalmente correta ao utilizar ao máximo um recurso natural (derivado de petróleo) e além de tudo isso o resultado final é um produto com características técnicas superiores ao material convencional.

O pneu também é composto de borracha sintética, que possui excelentes propriedades físicas e ótima estabilidade química para ser incorporado ao pavimento asfáltico. Quando isso acontece é produzido um efeito de emborrachamento do pavimento, o que traz uma série de melhorias ao material. Uma delas é a melhor impermeabilização do pavimento, que traz dois benefícios em termos de durabilidade da via: gera uma excelente proteção para as diversas camadas do pavimento e diminuí sensivelmente o problema da oxidação (envelhecimento) do asfalto. Além disso o emborrachamento melhora as condições de aderência dos pneus dos veículos, beneficiando a segurança dos usuários, e é mais resistente a ação química de combustíveis e óleos lubrificantes eventualmente derramados por veículos. Este emborrachamento também aumenta o ponto (temperatura) de amolecimento e melhora as características de deformação do composto final, fatores de grande influência na vida do pavimento. [8,9,10,11,12,14,15,16,17]

Este novo material que, acredita-se, possuirá características bastante favoráveis aliado ao seu custo reduzido e maior durabilidade frente ao CAUQ (Concreto Asfáltico Usinado a Quente) tradicional pode transformar-se numa excelente alternativa para a recuperação de pavimentos deteriorados, bem como, a execução de novos pavimentos, seja em rodovias, vias urbanas ou aeródromos.

4 HISTÓRICO

A necessidade de ligantes para a construção de estradas começou juntamente com a construção da primeira estrada. Zenke [19] relata que o Rei George IV (Inglaterra) concedeu uma patente sobre a utilização de borracha natural na construção de estradas para o Sr. Honcock [20] em 1823. Com a produção dos primeiros polímeros sintéticos por volta do ano de 1930, imediatamente, pensou-se em adicioná-los à mistura asfáltica.

A utilização de borracha reciclada de pneus em pavimentos asfálticos também não é nova, começou em 1940, nos USA, quando a Rubber Reclaiming Company começou a vender borracha desvulcanizada reciclada, denominada Ramflex, como partículas para serem adicionadas em misturas asfálticas para pavimentos. Em meados de 1960, Charles McDonald desenvolveu um ligante modificado para asfalto usando borracha triturada, que foi chamado Overflex e em meados de 1970 a Arizona Refining Company Inc. criou um novo ligante contendo borracha reciclada batizado de Arm-R-Schild.

Na Suécia em 1960 duas empresas desenvolveram um composto que utilizava uma estudada mistura de borracha de pneus e tecidos usados. A borracha era adicionada à mistura na forma de partículas pequenas para funcionarem como agregado. Aproximadamente em 1970, este

produto foi introduzido nos USA e patenteado com o nome de PlusRide.

Devido a importância ambiental em se encontrar alternativas para o consumo dos pneus usados, em 1991 o ISTEA (Intermodal Surface Transportation Efficiency Act - USA) determinou a utilização de borracha de pneus em pavimentos asfálticos. A partir desta data muitas novas tecnologias começaram a ser pesquisadas e avaliadas. Os estudos começaram com misturas similares ao PlusRide e ao processo de McDonald e atualmente os processos estão em contínuo aperfeiçoamento. Apesar dos grandes esforços que estão sendo feitos, são poucos os processos que conseguiram viabilidade técnica e econômica [21].

5 TECNOLOGIA DO ASFALTO ADITIVADO COM BORRACHA RECICLADA

O uso de borracha de pneu não será a solução definitiva para o problema da disposição ambiental deste resíduo [1] mas vai amenizá-lo ao mesmo tempo em que promete modificar para melhor o concreto asfáltico. A adição da borracha ao concreto asfáltico pode ser feita em misturas a quente de duas formas básicas:

- a) **Como agregado:** quando a borracha triturada é misturada com o agregado e é envolvida pelo ligante asfáltico (CAP) em um processo denominado "**à seco**" ou "**agregado-borracha**"; ou
- b) **Como modificador do ligante:** neste processo o ligante modificado pela borracha é usado para aglutinar as partículas de agregado num processo denominado "**úmido**" ou "**asfalto-borracha**". [2,3,4,5,6,7]

6 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho de pesquisa é obter por um processo novo, e semelhante ao processo "à seco" as características que atualmente são verificadas no processo "úmido", mas sem os inconvenientes deste. O processo úmido dá ao asfalto uma elevada qualidade, comparável a de asfaltos modificados com polímeros virgens (atualmente de custo extremamente elevado no Brasil), no entanto a sua concretização e viabilização depende da utilização de instalações específicas para a realização da polimerização (modificação) em larga escala, o que implica em elevados custos iniciais [22]. O processo à seco, efetivado na própria usina de asfalto, é portanto muito mais simples e barato, e mais próximo da realidade técnico-econômica brasileira e de outros países em desenvolvimento.

O ponto de máxima qualidade da modificação será determinado utilizando como variáveis os seguintes fatores:

- a) Granulometria da borracha utilizada;
- b) Temperatura de usinagem da mistura;
- c) Utilização de aditivos; e

d) Percentual de borracha empregado.

Em termos gerais, portanto, esta proposta de trabalho visa, de forma científica, estudar o comportamento e características do pavimento asfáltico quando a mistura betuminosa à quente (CAUQ, PMQ, etc.) recebe a adição de borracha triturada de pneus, verificar a viabilidade técnica e econômica do seu emprego bem como determinar critérios de dimensionamento do pavimento e dosagem da mistura.

Pelo fato da borracha de pneus ser um rejeito praticamente homogêneo os estudos que serão realizados terão ampla validade a nível nacional e internacional.

7 CARACTERÍSTICAS DA MISTURA ASFÁLTICA MODIFICADA

As principais melhorias que ocorrem no pavimento asfáltico que recebe a incorporação de borracha de pneu são:

- a) Mistura final altamente resistente ao envelhecimento devido a incorporação de anti-oxidantes e inibidores de raios ultra-violeta existentes na borracha de pneu [8,9,10,11];
- b) Maior elasticidade da mistura, maior coesão e menor sensibilidade a temperaturas extremas [8,9,10];
- c) Maior resistência ao trincamento (ruptura, fissuras, ...) [8,9,10,11,12];
- d) Menor aparecimento de trilhas de roda [8,9,10];
- e) Diminuição dos custos pelo aumento da vida útil do pavimento [8,12];
- f) Possibilidade de utilizar camadas mais delgadas;
- g) Redução do nível de ruído do tráfego em até 10 db [8,12,13];
- h) Maior resistência ao fraturamento por congelamento (climas frios) [8];
- i) Maior resistência a deformação permanente em altas temperaturas [9];
- j) Melhor resistência a solventes [12,14,15,16,17];
- k) Diminuição da poluição e melhoria da qualidade ambiental [12];
- l) Melhor conservação dos agregados e do cimento asfáltico [12].

8 METODOLOGIA

Para que sejam atingidos os objetivos propostos, serão moldados corpos de prova em laboratório, seguindo-se rigorosamente as normas técnicas existentes. Todos os materiais empregados (agregado, filler, asfalto, borracha reciclada, aditivos, etc.) serão caracterizados mediante os ensaios de laboratório adequados e os resultados serão comparados aos de misturas convencionais, das quais também serão elaborados corpos de prova.

Os corpos de prova serão moldados e agrupados em quatro categorias:

- a) **Convencional:** Serão moldados corpos de prova em número suficiente para determinar com precisão qual é o comportamento e quais são as características desta mistura que não possuirá a adição de borracha reciclada, mediante a realização de ensaios de laboratório. As misturas experimentais serão comparadas com esta mistura convencional para verificar qual é a melhora efetiva no material. Isso faz-se necessário devido ao fato de existir uma variação significativa no comportamento do material "asfalto" de um lote para outro fornecido pela refinaria;
- b) **Mistura Experimental A:** Também nesta mistura serão moldados corpos de prova em número suficiente para determinar com precisão qual é o comportamento e quais são as características desta mistura. Ela diferencia-se da convencional por ter a adição de um percentual "A" (¹) de borracha reciclada de pneus e eventualmente aditivos (²);
- c) **Mistura Experimental B:** Terá a adição de um percentual "B" (¹) de borracha reciclada de pneus e eventualmente aditivos (²);
- d) **Mistura Experimental C:** Terá a adição de um percentual "C" (¹) de borracha reciclada de pneus e eventualmente aditivos (²);

(¹) Os valores de A, B e C estão ainda sendo analisados.

(²) A necessidade de utilização de aditivos será definida durante os Ensaio Preliminares.

De forma específica pode-se citar os seguintes itens como relevantes a serem estudados ou verificados neste trabalho:

- a) Procura e análise de estudos semelhantes ou correlatos a nível mundial. Análise de métodos, processos e normas executivas, caso tenham sido estabelecidas por alguma entidade;
- b) Análise teórica e prática do comportamento físico-químico do novo composto;
- c) Ensaio de laboratório previstos pelas normas nacionais e internacionais para pavimentos betuminosos;
- d) Alterações na permeabilidade do pavimento constituído pelo novo material;
- e) Verificação da diminuição ou extinção da circulação de ar no pavimento e sua influência na oxidação do asfalto;
- f) Influência na aderência dos veículos ao pavimento;
- g) Resistência ao desgaste provocado pelo tráfego;
- h) Influência nas condições de visibilidade noturna. No pavimento convencional, quando a face dos agregados da capa selante ficam expostos há melhora na visibilidade noturna pela produção de reflexos;

- i) Comportamento na retenção do agregado;
- j) Resistência à tração do pavimento;
- k) Resistência à fadiga;
- l) Comportamento quando o novo composto for utilizado na capa de rolamento e capa selante;
- m) Viabilidade da adoção de camadas mais finas, se confirmada a melhoria esperada na capacidade de suporte do material;
- n) Busca de parceria com empresas do setor, prefeituras e órgãos oficiais (DNER, DERs, etc.) inclusive com vistas a construção de pista experimental;

Os ensaios que serão realizados para que sejam verificadas as características e o comportamento da nova mistura asfáltica bem como da mistura convencional para comparação são os seguintes:

- a) Estabilidade Marshall;
- b) Densidade aparente;
- c) Volume de vazios;
- d) Determinação do Módulo de Resiliência por compressão diametral dinâmica;
- e) Verificação da Vida de Fadiga;
- f) Adesividade;
- g) Fluência;
- h) Ponto de Amolecimento;
- i) Classificação Granulométrica do Agregado;
- j) Resistência à Tração por compressão diametral;
- k) Ensaio Cantabro (também chamado Ensaio Espanhol); e
- l) Micromorfologia do Asfalto ao Microscópio Óptico.

Serão realizados ensaios preliminares que antecederão a estes, vide item 9 (Atividades).

9 ATIVIDADES

9.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Etapa básica em qualquer trabalho de pesquisa. Visa conhecer o que já foi realizado por outros pesquisadores neste ramo de pesquisa, seus métodos, conclusões e recomendações, através

de publicações específicas. Como esta proposta de pesquisa caracteriza-se por ser uma **tese**, ou seja, não haverá a aplicação de um "conhecimento conhecido" mas será "criado" conhecimento, a revisão bibliográfica será baseada em publicações que abordam o mesmo assunto mas não a mesma linha específica de estudo, mesmo assim constituirá um importante material de apoio durante todo o trabalho, assim como os contatos com os respectivos autores.

9.2 ENSAIOS PRELIMINARES

Visam propiciar uma visão inicial de como este novo material irá comportar-se, de forma que a totalidade dos ensaios seja realizada apenas em misturas experimentais com uma elevada garantia de acerto. Estes procedimentos são:

- a) Determinação do teor ótimo de asfalto;
- b) Verificação da absorção de asfalto pela borracha;
- c) Verificação da necessidade de aditivos;
- d) Determinação do tipo e quantidade de aditivos, se necessários;
- e) Outros procedimentos que serão definidos no transcorrer da pesquisa com base no "feedback" dos itens acima.

9.3 ENSAIOS PRINCIPAIS:

Estão enumerados no item 8 (Metodologia).

9.4 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

É uma das últimas etapas a ser desenvolvida e irá determinar "em quanto" a nova mistura é mais econômica, considerando o custo final de produção e o aumento na durabilidade.

9.5 CONCLUSÃO

Serão apresentados os resultados da pesquisa. Será demonstrado o comportamento de cada mistura experimental comparada com a mistura convencional, suas vantagens, problemas encontrados e recomendações para aprimoramento e pesquisas futuras. Procurar-se-á estabelecer critérios que auxiliem no dimensionamento da espessura necessária para a aplicação dos resultados obtidos em projetos de pavimentos. Também serão apresentados os resultados da análise de viabilidade econômica.

10 BIBLIOGRAFIA

- [1] EMERY, J. Evaluation of Rubber-Modified Asphalt Demonstration Projects. Regina: Canadian Technical Asphalt Association Proceedings. 1994.

- [2] HEITZMAN, M.A. Design and Construction of Asphalt Paving Materials with Crumb Rubber Modifier. Transportation Research Record 1339. Washington: Transportation Research Board.1992. p. 1-8.
- [3] KANDHAL, P., HANSON D. Crumb Rubber Modifier (CRM) Technologies, Crumb Rubber Modifier Workshop. Spokane: 1993. Session 5, 5.1-5.20.
- [4] MCDONALD, C.H. Low Viscosity Asphalt Rubber Paving Material, US Patent No. 4,085,078
- [5] ROUSE, M. Ultrafine Asphalt Cements, Brochure 628. Rouse Rubber Industries Inc. 1992.
- [6] PlusRide II Asphalt User's Manual. EnviroTire Inc. June, 1992.
- [7] TAKALLOU, M.B., SAINTON, A. Advances in Technology of Asphalt Paving Materials Containing Used Tire Rubber, Transportation Research Record 1339. Washington: Transportation Research Board. 1992.
- [8] Brochure on Asphalt Rubber, International Surfacing Inc. Chandler, Arizona.
- [9] HANSEN R., ANDERTON G. A Laboratory Evaluation of Recycled Tire Rubber in Hot-Mix Asphalt Paving Systems, ASTM Special Technical Publication STP 1193. Philadelphia: 1993. p. 69-83.
- [10] ROBERTS, F. Crumb Rubber Modifier (CRM) Technologies, Crumb Rubber Modifier Workshop. Spokane: 1993. Session 8, 8.1-8.10.
- [11] U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. State of Practice - Design and Construction of Asphalt Paving Materials with Crumb Rubber Modifier. Publication No. FHWA-SA-92-022, 1992.
- [12] AMIRKHANIAN S.N., Utilization of Scrap Tires in Flexible Pavements - Review of Technology, ASTM Special Technical Publication STP 1193. Philadelphia: 1993. 233-250.

- [13]** Teicher Works with Sacramento County to Test New Rubberized Asphalt. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://teichert.com/tt/tt95f02.htm>. Arquivo consultado em 21 de Agosto de 1998, 13:00 hs.
- [14]** California State Department of Transportation - Caltrans. Asphalt Rubber Hot Mix- Graded Thickness Determination Guide. March 1992.
- [15]** California State Department of Transportation - Caltrans. Rubberized Asphalt Concrete - Status Report. February 1994.
- [16]** HANNON J. Suggested Guidelines for New Construction Dense Graded Hot Mix. Caltrans. Unpublished. Maio 1994.
- [17]** DOTY R. Flexible Pavement Rehabilitation using Asphalt Rubber Combinations - A Report. California State Department of Transportation - Caltrans. January 1988.
- [18]** Ministry of Environment and Energy - Ontario. Evaluation of Rubber Modified Demonstaration Projects. February 1994.
- [19]** ZENKE, G. Polymer-modifizierte Strassenbaubitumen im Spiegel von Versuch eines Resumes - Teil I. In: Die Asphaltstrasse (1) 5-16 (1985); Teil II, In: ibid (4) (1985 170-182.; Teil III In: ibid (6) 264-284 1985.
- [20]** HANCOCK, T. British Patent No. 4768, 1823.
- [21]** History of Crumb Rubber. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.bei-emulsions.com/rubber-1.htm>. Arquivo consultado em 21 de Agosto de 1998, 13:00 hs.
- [22]** Transportation Association of Canada. Utilization of Recycled Tire Rubber in Asphalt Pavements. Canadá: 1996. 180 p.