

INCORPORAÇÃO DA BORRACHA PARA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

Arthur Pimentel Falcão Soares¹
Douglas José Tenório Martins de Oliveira²
Livia Tenório Vasconcelos³
Herycles Willams Morais Santos⁴
Érika Paiva Tenório de Holanda⁵

Engenharia Civil



ISSN IMPRESSO 1980-1777
ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

O presente artigo faz uma revisão bibliográfica sobre a incorporação da borracha para a pavimentação. Tem como objetivo expor informações sobre composição e aplicação do pavimento no Brasil, com finalidade de mostrar, de fato, a utilidade e apresentar suas vantagens em relação ao pavimento tradicional. Inicialmente tem-se uma breve análise histórica de desenvolvimento das primeiras vias em nosso país. Posteriormente, apresentam-se as etapas de execução do pavimento tradicional, pois o mesmo processo ocorre para o asfalto-borracha, mostrando também os meios de descarte e as vantagens que se pode obter reaproveitando os pneus, trazendo assim, benefícios tanto para o meio construtivo, quanto para o ambiente natural em si. Por fim, há uma exposição sobre o processo de trituração dos pneus inservíveis, sua extração e transformação em pó, até a etapa de aplicação no ligante asfáltico. Concluem-se através de comparativos, as vantagens e desvantagens de utilidade do material considerado por muitos, inovador e futuramente mais viável do que o asfalto tradicional.

PALAVRAS-CHAVE

Asfalto-borracha. Pavimentação. Pneus. Vantagens.

ABSTRACT

This article is a review on the problems related to buildings in coastal regions. It aims to expose information about the main causes of problems in order to seek solutions. Initially has an urban analysis of why the increase in coastal construction. Subsequently, there are the explanations of the chemical composition and the damage caused by the sea air, the sun and the winds. Also shows up the importance of a detailed analysis of the soil in the regions to be inhabited next to the sea. Finally, there is an exhibition about the choice of the best materials possible preventions attacks and treatment of these problems. It concludes with the warning to the care that must be taken whenever the buildings in these areas and the need for studies in order to create better preventive solutions to these problems, since the demand for the coast will only grow.

KEYWORDS

Rubber asphalt. Paving. Tires. Advantages.

1 INTRODUÇÃO

Os pneus usados estão se tornando um problema mundial. O descarte de pneus cresce ano após ano em todo o mundo. Pouca importância foi dada ao descarte de pneus em muitos países (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008). O asfalto é um dos mais antigos e versáteis materiais de construção utilizados pelo homem. O Manual de asfalto (IA, 1989 versão em português, 2001) lista mais de 100 das principais aplicações desse material, desde a agricultura até a indústria. O uso em pavimentação é um dos mais importantes entre todos e um dos mais antigos também. Na maioria dos países do mundo, a pavimentação asfáltica é a principal forma de revestimento. No Brasil, cerca de 95% das estradas pavimentadas são de revestimento asfáltico, além de ser também utilizado em grande parte das ruas (BERNUCCI; CERATTI; SOARES; DA MATA, 2008).

Devido às crescentes preocupações ambientais, tem-se questionado a respeito destinação dos pneus inservíveis. Um dos principais problemas relacionado aos pneus é sua durabilidade (aproximadamente 600 anos) em relação ao meio ambiente, ou seja, existe um desafio para reaproveitá-los. A utilização de borracha de pneu moído, ou pó de pneu, nas misturas asfálticas se apresenta na sociedade como uma alternativa que pode apresentar grandes reduções, tanto na questão de redução de volume em aterros, quanto para o meio ambiente (MARTINS, 2004).

1.1 A PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA NO BRASIL

Há 150 anos, o Brasil teve sua primeira rodovia pavimentada concluída, a Estrada União e Indústria, que liga Petrópolis (RJ) à Juiz de Fora (MG). A estrada foi inaugurada em 23 de junho de 1861 pelo imperador Dom Pedro II, durante o período colonial no Brasil. Construída com a mão de obra de colonos alemães, a rodovia foi pavimentada pelo método Macadame – o piso é composto por pequenas pedras, comprimidas de forma a se encaixarem umas nas outras. Considerada, até hoje, como um marco na engenharia brasileira e a primeira rodovia macadamizada da América Latina (ABDALA, 2011).

O projeto da estrada começou em 1854 quando o Comendador Mariano Procopio Ferreira Lage recebeu a concessão por 50 anos para a construção de custeio de uma rota que, partindo de Petrópolis, se dirigisse à margem do Rio Paraíba. Então, Mariano criou a Companhia União e Indústria, que deu nome à estrada e cujo lucro provinha de pedágio por mercadoria, por meio dos usuários da rota (SANTANA NETO, 2012).

Na época, a estrada teve grande importância para o escoamento da produção cafeeira da região, além de ter sido um grande avanço da técnica da engenharia no Brasil daquela época, a estrada integrou e uniu o estado do Rio com o Estado de Minas Gerais. Com a construção da Rodovia BR-040, que liga o Rio de Janeiro a Brasília, passando por Juiz de Fora, alguns trechos da estrada acabaram sendo absorvidos pela nova via (ABDALA, 2011).

1.2 PRIMEIRAS ESTRADAS E DESENVOLVIMENTO

As primeiras rodovias surgiram no final do século XIX, substituindo as estradas de carruagens. Porém, o desenvolvimento efetivo do transporte rodoviário ocorreu no século XX, em decorrência do crescimento da indústria automobilística, um dos símbolos do capitalismo, superando rapidamente o transporte ferroviário no deslocamento de pessoas e cargas (FRANCISCO, 2013).

O desenvolvimento da Estrada União e Indústria teve início em 12 de abril de 1856, com a presença do Imperador Dom Pedro II junto com a Família Imperial, e a placa que registra o evento ainda pode ser vista no início da Avenida Barão do Rio Branco, em Juiz de Fora (ABDALA, 2011). O primeiro trecho a ser finalizado, inaugurado em 18 de abril de 1858, ligava Vila Teresa a Pedro do Rio, num total de 30,865 metros. De Pedro do Rio a obra seguiu até Posse, dois anos e 14 quilômetros depois.

Finalmente, em 23 de junho de 1861, Dom Pedro II e representantes ilustres da Corte e da Companhia União Indústria percorreram os 144 quilômetros, inaugurando a união entre Petrópolis e Juiz de Fora, transformando também Juiz de Fora numa importante rota comercial entre os dois estados (SANTANA NETO, 2012).

Com o tempo a estrada original foi sendo absorvida e alterada em diversos trechos. Entre Petrópolis e Itaipava, e entre Areal e Alberto Torres, novas estradas foram abertas na metade do século XX, e em 1980 toda a estrada foi substituída pela BR-040 no trecho entre o Rio-Juiz de Fora, rodovia moderna de pistas duplas, que absorveu partes das estradas antigas, deixando a antiga União e Indústria apenas para o tráfego local (SANTANA NETO, 2012).

Hoje a estrada faz parte dos sistemas rodoviários estaduais do Rio de Janeiro e Minas Gerais, da antiga União e Indústria, ainda restam várias construções e pontes, destacando-se a Ponte de Santana em Alberto Torres, restaurada pelo governo. A estrada de rodagem União e Indústria foram absorvidas pela BR-3, que ligava o Rio de Janeiro a Belo Horizonte, tornada a partir de 1964 partes da BR-135 pelo Plano Nacional de Viação, e finalmente, desde a revisão do Plano em 1973, é parte da BR-040 que liga Brasília ao Rio de Janeiro (SANTANA NETO, 2012).

1.3 REVESTIMENTOS, COMPOSIÇÃO E ETAPAS DE EXECUÇÃO

Na construção civil, é grande o uso de revestimento asfáltico na composição de pavimentos, sendo responsável, segundo a Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto (ABEDA) por revestir mais de 90% das estradas brasileiras (NAKAMURA, 2011). Por definição, o concreto asfáltico é: “uma mistura, em usina apropriada, com características específicas, composta de agregado graduado, agregado miúdo, material de enchimento (filer) se necessário e cimento asfáltico, espalhada e compactada” (AMORIM, 2010, p. 1).

A pavimentação é composta por quatro camadas: revestimento de base asfáltica, base, sub-base e reforço do subleito, quando necessário. As espessuras de tais camadas são determinadas de acordo com a resistência esperada ou tendo como base o Índice de Suporte Califórnia (ISC). São projetados para atender às capacidades estruturais, suportando os carregamentos verticais e horizontais; e funcionais, proporcionando segurança e conforto de rolamento (AMORIM, 2010).

Os asfaltos são classificados de acordo com o tipo de ligante utilizado e a forma de fabricação. Como qualquer concreto, pode ser fabricado em uma usina especializada ou preparado no próprio local de aplicação (geralmente para tratamentos superficiais). Quanto ao ligante, pode-se optar pela utilização a quente com o uso de concreto asfáltico – Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBQU) ou a frio com o uso de emulsão asfáltica (EAP). No Brasil, o CBQU é mais utilizado, usando-se o EAP mais para revestimentos de ruas e estradas de baixo tráfego, assim como em operações de conservação e manutenção (NAKAMURA, 2011).

Nas misturas asfálticas a quente, existem três tipos para subdivisão, a depender da granulometria dos agregados e do filer, sendo os três tipos de revestimento

usáveis em qualquer volume de tráfego. O 'concreto asfáltico de graduação densa' é o mais utilizado no Brasil; possui, em sua composição poucos vazios, mas suas propriedades são muito sensíveis à variação do teor de ligante, que em excesso ou em falta gera problemas de deformação no asfalto, podendo ocasionar trincas na pavimentação.

Já a 'mistura de graduação aberta' é o tipo de revestimento utilizado quando se quer aumentar a aderência entre os pneus e a pista na chuva, pois é um pavimento drenante, devido à grande porcentagem de vazios de ar em sua composição. Por fim, a 'mistura de graduação descontínua' é um material mais resistente à deformação permanente, devido às grandes dimensões de seus agregados (NAKAMURA, 2011). Enquadra-se nesse último tipo o *Stone Matrix Asphalt* (SMA), que possui macrotextura rugosa, possuindo alta resistência à deformação permanente e a derrapagens, eficiente drenagem superficial, maior vida útil e redução de ruídos, além de ser aplicado em camadas mais delgadas. Todas estas características graças à grande quantidade de agregado graúdo britado (BETUNEL, 2010).

Para a execução do revestimento asfáltico fazem-se necessários dois projetos preliminares, feitos por escritórios especializados: um com a definição da estrutura do pavimento (camadas) e outro com a composição e dosagem da mistura. Na execução tem-se que seguir as definições de projeto e controlar minuciosamente a dosagem e temperatura dos insumos (NAKAMURA, 2011).

Inicialmente, tem-se o processo de usinagem, onde os agregados minerais são misturados com o ligante asfáltico, resultando em uma mistura com temperatura entre 160°C e 165°C, não se podendo elevar esta temperatura para não haver oxidação da massa. Esta etapa pode ser executada em dois tipos de usinas: as gravimétricas, que funcionam com traços em peso similar às betoneiras; e as volumétricas que, depois de calibradas, funcionam continuamente (AMORIM, 2010). Estas usinas devem estar equipadas com termômetro, proteção metálica e pirômetro elétrico (ou equipamento similar), além de possuir silos de agregados (com capacidade três vezes maior que a do misturador e pesagens dinâmicas individuais), cabine de comando e quadros de força instalados em local fechado (NAKAMURA, 2011).

Com o concreto usinado, o mesmo é transportado ao local de aplicação por meio de caminhões basculantes, limpos e com rotas previamente determinadas para não chegar ao local com temperatura abaixo da esperada. O espalhamento então é feito com um equipamento chamado Vidroacabadora, que é acoplado ao caminhão basculante. Nesta etapa, o concreto deve ter temperatura de cerca de 145°C, sendo lançado em camadas uniformes, seguindo largura e espessura especificada em projeto. Espalhado o concreto, caso ocorram falhas, as mesmas devem ser corrigidas manualmente com ancinhos ou rodos metálicos (AMORIM, 2010).

A compactação deve então ser feita com rolos pneumáticos com regulagem de pressão que permitem a calibragem de variação de pressão dos pneus (de 0,25MPa a 0,84MPa), aumentando gradativamente com a diminuição dos vazios. Por fim, há uma compactação com rolos tipo tandem, sempre longitudinal ao eixo da pista ou seguindo a direção do local mais baixo para o mais alto (AMORIM, 2010).

2 REUTILIZAÇÃO DOS PNEUS INSERVÍVEIS

Com o advento do mundo industrial, grandes avanços foram feitos em diversas áreas da vida cotidiana. Um dos mais significativos foi a transformação dos meios de transporte. Se antes se usava carroças e carruagens com rodas de madeira e ferro, com a invenção do pneu de borracha, o transporte ficou muito mais prático e confortável.

A evolução, no entanto, trouxe consigo um problema, hoje mundialmente discutido: a destinação desses pneus usados e os impactos no meio ambiente. No Brasil, estima-se que cerca de 30 milhões de pneus fiquem inutilizados por ano. O destino desses pneus, no entanto, é um problema de difícil solução, já que eles ocupam bastante espaço e precisam ser armazenados em condições que evitem incêndios e disseminação de insetos e roedores. Este grande volume de pneus inservíveis é geralmente guardado, portanto, em fundos de quintais (sejam de residências, borracharias etc.) ou são lançados em terrenos baldios, beiras de estrada e cursos de água, já que seu depósito em aterros sanitários é inviável devido ao seu grande volume e degradação lenta (MARTINS, 2004).

Diante deste problema ambiental, tem sido vista a real necessidade de se procurar formas para reciclagem destes pneus, de forma útil e economicamente viável. Podem ser reutilizados inteiros ou em pedaços para compostagem (transformando-se em adubo), contenção de erosão do solo, reforços de aterros, fabricação de novos pneus, e combustível para geração de energia na fabricação de cimento, cal, papel e celulose. Pode ainda ser usado como estrutura de recifes artificiais, como obstáculos em corridas de cavalo e em equipamentos de playground (MARTINS, 2004). Estas utilizações, no entanto, são pequenas devido ao tamanho do problema, visto que a frota de automóveis cresce a maiores taxas todo ano.

Nos Estados Unidos, 285 milhões de pneus, cerca de 2 milhões de toneladas de borracha, são descartados anualmente (ODA; FERNANDES JR., 2001) e é tentando minimizar este problema que o uso de pneus não mais utilizados como componente dos revestimentos asfálticos tem sido utilizado desde 1970 de forma crescente nos países do exterior, particularmente nos Estados Unidos (MARTINS, 2004).

No Brasil esta prática ainda não é amplamente utilizada, o que seria uma boa solução para atingir as metas previstas pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente

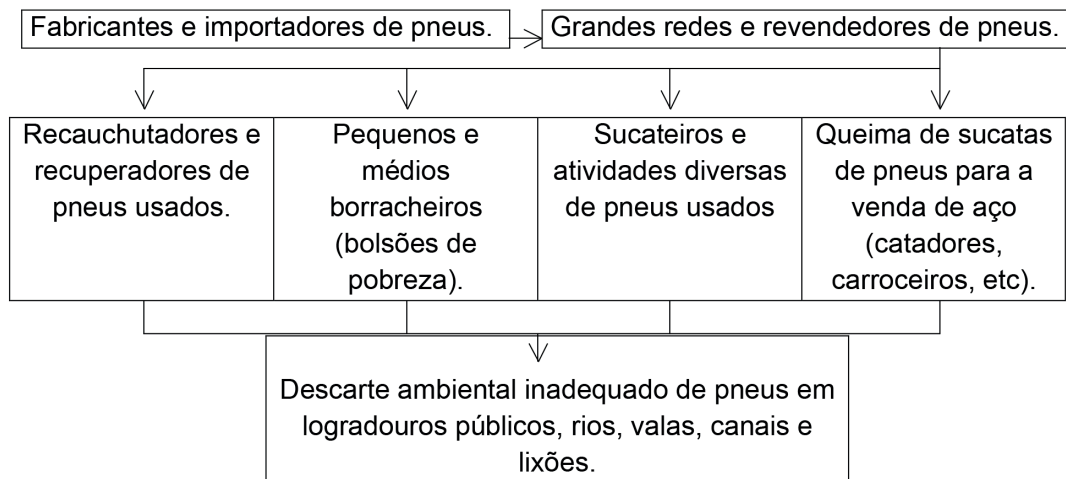
(CONAMA), que, em 2009, instituiu a Resolução nº 416, obrigando fabricantes e importadoras de pneus novos, com peso superior a dois quilos por unidade, a coletarem e destinarem os pneus sem uso. Esta lei obriga ainda, os mesmos, a criarem pontos de coleta em municípios com população superior a 100 mil habitantes, independentes do serviço público de limpeza urbana (INWSTITUTO..., 2013).

A utilização da borracha na pavimentação, além dos benefícios ambientais e de incremento de qualidade no material, ainda pode representar um benefício econômico para o país, visto que se estima que 40% dos gastos públicos com rodovias sejam empregados em pavimentos, representando grande parte dos investimentos do Brasil (ODA; FERNANDES JR., 2001). A nova mistura, embora chegue a custar 30% a mais que o asfalto comum, se torna uma boa solução devido à durabilidade do material, significando menores custos com manutenção, o que representa boa parte dos gastos no setor público (NAKAMURA, 2011).

2.1 BORRACHA E O MEIO AMBIENTE: CONTAMINAÇÃO DO SOLO, AR E ÁGUA

Como já era esperado, o que possui vantagens também possui desvantagens e, com a descoberta da borracha, começaram a surgir vários problemas. A borracha vem causando grande impacto ambiental, uma vez que a maior parte dos pneus descartados é abandonada em locais inadequados e seu tempo de decomposição é indeterminado (estima-se um prazo não inferior a 150 anos) (SENAI-PR, 2001).

Figura 1 – Esquema do ciclo de vida de um pneu



Fonte: Comlurb (2002)

O excessivo número de pneus usados descartados representa um mundial que está diretamente relacionado à frota de veículos de cada país. O Brasil apresentou

crescimento de 10,6% na frota de veículos de 1998 a 2000. Embora seja um grande aumento, a magnitude do efeito ambiental causado todos os anos não são percebidos facilmente. A disposição final de pneus representa um problema de difícil solução, pois são objetos que ocupam grande volume e que precisam ser armazenados em condições apropriadas para evitar riscos de incêndio e a proliferação de insetos e roedores. É inviável aterrar todos os pneus descartados, pois eles apresentam baixa compressibilidade e decomposição muito lenta (BERTOLLO; FERNANDES JR.; SCHALCH, 2002).

Os vários pneus descartados em todos os lugares inapropriados estão em constante risco de incêndios, produzem grande quantidade de dióxido de enxofre (tóxico ao ambiente) e deixam resíduos óleos que contaminam os lençóis freáticos. Os pneus podem também armazenar a água da chuva que, por sua vez, propicia a procriação de mosquitos (BERTOLLO; FERNANDES JR.; SCHALCH, 2002).

2.1.1 Processo de Trituração e Recauchutagem do Pneu

A reciclagem de pneus envolve um ciclo que compreende a coleta, o transporte, a trituração e a separação de seus componentes (borracha, aço, náilon ou poliéster), transformando sucatas em matérias primas para o mercado (BERTOLLO; FERNANDES JR.; SCHALCH, 2002). A grande maioria dos pneus descartados é disposta de forma incorreta, incinerados ou aterrados, provocando problemas ambientais e econômicos. No entanto, uma minoria é reutilizada para reciclagem, geração de energia e materiais para pavimentação (agregado-borracha e asfalto-borracha).

Segundo Andrietta (2002), a recuperação do pneu consiste em uma primeira fase de trituração em pedaços de granulometria elevada, logo após é triturado novamente para garantir uma granulometria menor. O processo se repete várias vezes. Com isso, é possível obter vários granulados de borracha até chegar ao pó fino de borracha. A partir daí não sofrerá mais modificações, pois está na sua forma vulcanizada.

A borracha reciclada terá diferentes usos e será encaminhada para diferentes tipos de indústrias. Isto depende do tamanho de seus granulados, que são: a) pó de borracha com diâmetro entre 0,3 e 2mm, utilizado como matéria-prima para a fabricação de adesivos, vinil, lubrificantes plásticos, peças de borracha, retentores, pastilhas de freio, tintas, tijolos, látex, pneus etc.; b) granulado de borracha com diâmetro entre 1,5 e 3mm, utilizado como matéria-prima para a fabricação do asfalto-borracha (mistura de asfalto com agregados da borracha), solados para calçados, pequenos retentores, revestimentos de peças metálicas, pisos esportivos, construção civil etc.; c) granulado de borracha com diâmetro entre 4 e 7mm, utilizado como matéria-prima na fabricação de produtos de borracha, na mistura com o xisto, que dá origem a gases e óleos combustíveis e na forma de complemento na fabricação de tubos, bombas, encanamentos, retentores de motor, mantas de isolamento acústico e térmico etc. (MARTINS, 2004).

Um dos grandes processos de reutilização do pneu é a recauchutagem, processo no qual um pneu usado é reformado e sua borracha da banda de rolamento é recolocada e vulcanizada, garantindo o reuso de 75% do pneu velho. Este procedimento é bastante utilizado no Brasil e chega a atingir aproximadamente 70% da frota de transporte de carga e passageiros (ANDRIETTA, 2002).

3 APLICAÇÃO DA BORRACHA COM O ASFALTO

O asfalto-borracha vem sendo implantado no Brasil desde os anos 2000, entretanto, a muito tem sido utilizado em países como os Estados Unidos, por exemplo. Os números são ainda pequenos diante de uma malha rodoviária de 170 mil km, mas cerca de 8 mil km de estradas brasileiras são pavimentadas com asfalto-borracha, sendo uma tecnologia adotada principalmente por concessionárias de rodovias no sul e sudeste do país (INFRAESTRUTURA..., 2011).

O material é caracterizado por mistura descontínua com ligante asfáltico modificado por borracha triturada de pneus e compactado a quente. Segundo especialistas, o teor de borracha aplicada é diretamente proporcional à resistência e/ou eficiência da pavimentação, sendo o asfalto-borracha, em geral, 40% mais resistente que o asfalto convencional, o que reduz o custo de manutenção das estradas e rodovias (INFRAESTRUTURA..., 2011).

A tecnologia pode ser aplicada da mesma forma que é a convencional, entretanto, faz-se necessário prever o custo adicional do produto da pavimentação. O asfalto-borracha é em média 30% mais caro. A viabilidade da aplicação depende de uma correta aplicação, que tornará possível vantagem econômica em longo prazo. A durabilidade também varia de acordo com as condições da estrada, a temperatura e clima da região, assim como a intensidade do tráfego. Segundo o Engenheiro Paulo Ruwer (2001, p. 2): "Em uma rodovia de alto tráfego com estrutura de pavimento robusta, o asfalto-borracha pode durar cinco anos, e em uma de baixo tráfego bem estruturada e com as mesmas condições climáticas pode durar 25, 30 anos".

Na pavimentação de 1 km de rodovias com asfalto-borracha, pode ser utilizados, por exemplo, de 600 a 1.000 pneus com resultados satisfatórios. Para isso é usado pó de borracha – extraído do pneu por empresas especializadas, que fazem com que o material se torne novamente útil como matéria-prima na indústria da borracha. Ao ser quimicamente adicionado ao cimento asfáltico de petróleo (CAP), o composto resultante dessa extração dá ao asfalto características que pertenciam ao pneu, como a capacidade de não perder as típicas funcionais por causa da variação de temperatura ou intempéries, e as vantagens de aumentar a estabilidade e prolongar a vida útil do pavimento (MARTINS, 2004).

Com a mistura do pó de borracha (que se assemelha a uma farinha preta), o ligante asfáltico fica mais viscoso, mais grosso, e precisa de uma temperatura maior para ficar líquido e se tornar trabalhável. Enquanto o asfalto convencional exige calor de 60º ou 70º, o asfalto-ecológico precisa de 170º ou até 180º, dependendo da quantidade de pó de borracha adicionado a ele. No final, nem se vê a borracha dissolvida. A última etapa é adicionar pedra ao ligante e aplicar na estrada (MARTINS, 2004).

3.1 COMPARAÇÃO ENTRE A PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA COM E SEM BORRACHA

É recomendado para aplicações que requeiram do ligante asfáltico um desempenho superior, alta elasticidade e resistência ao envelhecimento, tais como revestimentos drenantes, camadas intermediárias de absorção de tensões, camadas anti-reflexão de trincas e outras. Dentre algumas características comparativas entre os tipos de pavimento, o asfalto-borracha se sobressai em determinados pontos. Alguns testes feitos em laboratórios apresentaram maior flexibilidade do asfalto quando submetido a altas compressões em relação aos veículos que trafegam naquela área, devido à presença da borracha. O asfalto-borracha também apresenta melhor resistência à derrapagem, promovendo assim, uma melhora significativa no coeficiente de atrito, mostrando uma maior aderência entre o pneu e o pavimento (MARTINS, 2004).

Em meio econômico, o asfalto-borracha também apresenta um custo/benefício relativamente superiores, pois no mesmo existe a aplicação da borracha não aproveitada, reduzindo a grande dispensação de pneus em aterros sanitários (R\$ 8 milhões/1.000 km), levando em conta que no Brasil são descartados mais de 30 milhões de pneus por ano (INFRAESTRUTURA..., 2011).

4 CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo abordar os grandes benefícios da utilização da borracha, advinda de pneus descartados, na composição do asfalto das rodovias e estradas. Embora se tenha um custo adicional de 30%, vantagens como o aumento de até 40% em resistência e durabilidade, superam a questão econômica. A tecnologia também tem potencial para tirar de lixões e aterros sanitários toneladas de pneus anualmente, o que deixa claro o grande benefício ambiental e a vasta matéria-prima.

Para isso é necessário o maior entendimento dos benefícios éticos e econômicos (em longo prazo), além do apoio por parte governamental, principalmente com o ato de adotar a tecnologia que, atualmente, só é adotada por concessionárias de rodovias.

REFERÊNCIAS

- ABDALA, Vitor. **Agência Brasil - Primeira rodovia pavimentada no brasil.** Disponível em: <<http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2011-06-23/primeira-rodovia-pavimentada-no-brasil-comemora-hoje-150-anos>>. Acesso em: 10 jun. 2016.
- AMORIM, Vladimir de Souza. **Execução de concreto asfáltico em obra de pavimentação.** 2010. Trabalho (Conclusão de Curso) – Faculdade do Vale do Ipojuca, Ipojuca-PE, 2010.
- ANDRIETTA, A. J. Pneus e meio ambiente: um grande problema requer uma grande solução. 2002. 6p. **RECICLAR É PRECISO.** Disponível em: <www.reciclarepreciso.hpg.ig.com.br/recipneus.htm> Acesso em: 5 jun. 2016.
- BERNUCCI, Liedi B. *et al.* **Pavimentação asfáltica – formação básica para engenheiros.** Disponível em: <<http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2011/08/Pavimenta%C3%A7%C3%A3o-Asf%C3%A1ltica-cap2.pdf>> Acesso em: 10 jun. 2016.
- BERTOLLO, S.A.M.; FERNANDES JR., J.L.; SCHALCH, V. Benefícios da incorporação de borracha de pneus em pavimentos asfálticos. **XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Ambiental e Sanitária.** Cancun, México, 2002. 8p. Disponível em: <www.resol.com.br/textos/reciclagem_de_pneus.pdf> Acesso em: 5 jun. 2016.
- BETUNEL. **Topcel.** Disponível em: <http://www.betunel.com.br/topcel_carac.html>. Acesso em: 9 jun. 2016.
- COMLURB. **Política da Prefeitura/Comlurb de gerenciamento de pneus inservíveis.** Rio de Janeiro: Companhia Municipal de Limpeza Urbana, 2002, 8p. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/site/>> Acesso em: 10 Jun. 2016.
- FRANCISCO, Wagner de Cerqueira E. Transporte rodoviário. **Brasil Escola.** Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/rodovias.htm>>. Acesso em: 10 jun. 2016.
- INFRAESTRUTURA Urbana. **Soluções técnicas:** Asfalto-borracha. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/11/asfalto-borracha-a-adicao-de-po-de-borracha-extraido-de-245173-1.aspx>>. Acesso em: 8 jun. 2016.
- INSTITUTO Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. **Brasil atinge 95% da destinação dos pneus inservíveis.** Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/publicadas/brasil-atinge-95-de-destinacao-dos-pneus-inserviveis->>. Acesso em: 8 jun. 2016.

LAGARINHOS, Carlos Alberto F.; TENÓRIO, Jorge Alberto S. **Departamento de engenharia metalúrgica e de materiais**. EPUSP. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282008000200007>. Acesso em: 10 jun. 2016.

MARTINS, Haroldo A.F. **A utilização da borracha de pneus na pavimentação asfáltica**. 2004. Trabalho (Conclusão de Curso) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo-SP. 2004. Disponível em: <<http://engenharia.anhembi.br/tcc-04/civil-14.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

NAKAMURA, Juliana. **Pavimentação asfáltica**: os tipos de revestimentos, o maquinário necessário e os cuidados na contratação, projeto e execução. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/16/artigo260588-5.aspx>>. Acesso em: 8 jun. 2016.

ODA, Sandra; FERNANDES JÚNIOR, José Leomar. Borracha de pneus como modificador de cimentos asfálticos para uso em obras de pavimentação. **Acta Scientiarum**. Maringá: Technology, v.23, n.6, 2001. p.1589-1599.

SANTANA NETO, Antônio Pinto de. CEEP - História da pavimentação do Brasil. **CURSO DE EDIFICAÇÕES**. Disponível em: <<http://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Hist%C3%B3ria-Da-Pavimenta%C3%A7%C3%A3o-No-Brasil/475807.html>> . Acesso em: 10 jun. 2016.

SENAI-PR, Senai/CIC-Cetsam. Reciclagem de pneus é a solução para o descarte inadequado de pneus e controle do impacto no meio ambiente. Bolsa de Reciclagem – Serviço do Sistema da Federação das Indústrias do Paraná (FIEP), Boletim Informativo, ano 1, n.3, jul-ago. 2001, **INFORMAÇÕES – NOTÍCIAS – PNEUS**, 2p. Disponível em: <www.bolsafiep.com.br>. Acesso em: 10 jun. 2016.

Data do recebimento: 20 de junho de 2016

Data de avaliação: 25 de julho de 2016

Data de aceite: 14 de agosto de 2016

-
1. Acadêmico do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: arthur_pimentel97@outlook.com
 2. Acadêmico do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: douglastmo4@gmail.com
 3. Acadêmica do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: liu.arquiteta@hotmail.com
 4. Acadêmico do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: herycllesmorais2014@hotmail.com
 5. Docente do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: eptholanda@gmail.com