

## **Análise De Potencialidades De Incorporação De Resíduos Nas Pavimentações Asfálticas**

### ***Analysis Of Potentialities Of Incorporation Of Waste In Asphalt Paving***

**Samara Schardong, Graduanda do curso de Engenharia Civil.**

E-mail: samiasmim@hotmail.com

**Andreia Balz, Graduanda do curso de Engenharia Civil.**

E-mail: bzandrea@yahoo.com.br

**Lucas Vier, Graduando do curso de Engenharia Civil.**

E-mail: lucascarvalho051@gmail.com

**Diego Menegusso, titulação, Graduando do curso de Engenharia Civil.**

E-mail: diego.mssso@gmail.com

**Bruna Bueno, Graduanda do curso de Engenharia Civil.**

E-mail: bru\_gi\_bueno@hotmail.com

**Leonardo Pазze, Graduanda do curso de Engenharia Civil.**

E-mail: leopazze@hotmail.com

**André Bock, Doutor.**

E-mail: andre.bock@unijui.edu.br

**Resumo:** *O presente artigo foi desenvolvido na área de Pavimentação Rodoviária apresentando a realização de um estudo, fundamentado em uma análise documental, onde serão averiguadas as potencialidades de incorporações de resíduos, procurando a percepção no aumento da qualidade, diminuição de custos e a razão da baixa utilização dos mesmos, além de expor as características de uma pavimentação asfáltica. Atualmente a correta destinação de resíduos é de extrema importância, e as pavimentações brasileiras são em sua maioria precárias, assim unindo dois fatores significativos para a sociedade, ponderou-se algumas adições de variados tipos de resíduos, entre eles os pneus de borrachas, resíduos da construção civil e plásticos. Constata-se por pesquisas já desenvolvidas que a utilização desses resíduos são viáveis, além de apresentar benefícios ao meio ambiente.*

**Palavras-chave:** Pavimentação Asfáltica; Resíduo; Agregado.

**Abstract :** *The present article was developed in the area of Road Pavement presenting a study based on a documentary analysis, where the potentialities of incorporations of residues will be investigated, looking for the perception on the increase of quality, cost reduction and the ratio of the low utilization of the same, besides exposing the characteristics of an asphaltic paving. Currently, the correct disposal of waste is of extreme importance, and Brazilian pavements are mostly precarious, thus bringing together two significant factors for society, some additions of various kinds of waste were pondered, among them rubber tires, construction residues and plastics. It can be seen from research already developed that the use of these wastes are feasible, besides presenting benefits to the environment.*

**Keywords:** *asphalt paving residue; aggregate.*

## **1 Introdução**

É fato que um pavimento em boas condições e melhor qualidade, traz aos usuários diversos benefícios, tais como uma diminuição nos custos de manutenção, devido a rodovias em situações ruins, e a economia no tempo de viagem. A pavimentação busca ocasionar um tráfego confortável e seguro, com o menor custo possível, tirando proveito de materiais existentes no local onde a obra é executada. (BALBO, 2007).

Atualmente, a busca por melhorias nos pavimentos asfálticos se mostra imprescindível devido ao constante aumento no número da frota de veículos que percorrem as rodovias brasileiras. De acordo com o Ranking de qualidade das rodovias dos países da América do Sul – 2016, o Brasil se encontra na 111ª posição, e essa situação se agrava, devido a elevada sobrecarga gerada pelos caminhões. Além disso, a ausência dos investimentos para realizar a manutenção e conservar as estradas, contribui cada dia mais para a degradação das rodovias brasileiras. (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2016).

Os asfaltos convencionais satisfazem plenamente os requisitos necessários para resistir ao tráfego e ao clima, porém, para rodovias especiais é necessário o uso de modificadores das propriedades do asfalto para obter maior resistência aos efeitos da grande variação térmica e do tráfego pesado. (BERNUCCI et al., 2008).

Segundo a pesquisa CNT de Rodovias (2016), a malha rodoviária brasileira possui uma extensão total de 1.720.756 km, sendo dessas, apenas 211.468 km de rodovias pavimentadas, número que representa apenas 12,3% do total. Desse total de vias pavimentadas aproximadamente 58,2% apresentaram algum tipo de deficiência. Na maioria das vezes, esses defeitos surgem de forma precoce no pavimento, por isso a busca de novos materiais visa também evitar o aparecimento prematuro de fissuras, trilhas de roda, e outros, que são prejudiciais à via e aos usuários.

Os asfaltos modificados por polímeros podem melhorar significativamente as características de pavimentos flexíveis, reduzindo as deformações permanentes, trincas devido à variação térmica e fadiga, e ainda auxilia na adversidade entre agregado e betume. Mesmo com todas as vantagens, o elevado custo dos polímeros, se comparados aos materiais utilizados em misturas convencionais, faz com que a quantidade de polímero utilizada se torne a menor possível. Dessa forma, pode-se perceber que existe uma tendência crescente em substituir os polímeros comerciais, por polímeros reciclados, como borrachas de pneus inutilizáveis e resíduos de garrafas PET. (SULYMAN; HAPONIUK; FORMELA, 2016).

Uma das formas já encontradas, buscando a melhoria da rodovia, reutiliza polímeros provenientes de borrachas de pneus triturados por via seca e via úmida. (ROSA et al, 2012). Já que atualmente a destinação inadequada de pneus de borrachas ainda é ampla causando enorme problema ambiental, podendo contaminar o solo, ar e o lençol freático. E ainda um grave problema para a saúde pública devido à relação direta com a propagação do mosquito transmissor da dengue.

. Os materiais plásticos levam cerca de 400 anos para se decompor no oceano, que se transformam em micros-plásticos e são digeridos por animais, assim gerando a morte de

milhares ao redor do mundo. Esses plásticos também afetam os seres humanos, pois, um dos compostos químicos pode gerar diabetes, e obesidade em homens e doenças ovarianas em mulheres. A utilização de resíduo PET em misturas asfálticas também pode trazer diversos benefícios, por ser um material inerte, com boa resistência e por possuir estabilidade química. Apesar de ser um tópico ainda pouco estudado, ele se mostra uma medida promissora para melhoria de uma mistura asfáltica.

O aproveitamento de resíduos na pavimentação ainda é escasso devido à falta de conhecimento e pesquisa, assim esse artigo, o qual fundamentou-se em pesquisa exploratória de base documental, tem como objetivo conhecer a pavimentação asfáltica, e buscar conhecimentos para incorporações de resíduos na pavimentação como aditivo e na substituição parcial de agregados em base ou sub-base, procurando a percepção no aumento da qualidade, estimando a razão da baixa utilização dos mesmos.

## **2 Revisão da Literatura**

Nesse item busca-se ilustrar de um modo geral a composição de um pavimento asfáltico, com um breve relato sobre seus agregados, revestimentos, ligantes e dosagens.

### **2.1 Pavimentação Asfáltica**

De acordo com o Manual do DNIT (2006), o pavimento é uma estrutura em múltiplas camadas onde materiais de diferentes resistências e deformabilidades estão em contato uma com a outra, resultando em uma superfície capaz de suportar as cargas impostas pelo tráfego. Ou seja, o pavimento está assente sobre uma superfície final de terraplanagem, a fim de proporcionar aos usuários, melhores condições de rolamento, de maneira confortável, econômica e principalmente, segura.

Outro determinante da pavimentação, além de proporcionar uma rodovia em boas condições, é buscar construí-la a um custo mínimo, utilizando materiais locais para as obras, o que garante, em termos de custos operacionais e de manutenção, um bom desempenho do pavimento. (BALBO, 2007).

Existem diferentes tipos de pavimentos, e eles são classificados em pavimento flexível, semi-rígido e rígido. No Brasil, a maioria das estradas pavimentadas possui revestimento flexível, estrutura apresentada na figura 1, que tem como função, garantir impermeabilidade, estabilidade, durabilidade, resistência à derrapagem e fadiga.

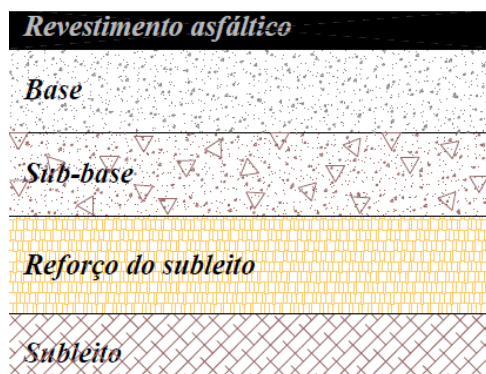


Figura 1 - Estrutura de Pavimento Flexível. Fonte: Bernucci (2008).

A figura 1 apresenta a estrutura de pavimento Flexível sendo composta pela camada de revestimento asfáltico, base, sub-base, reforço do subleito e subleito.

## 2.2 Agregados De Misturas Asfálticas

Segundo a ABNT NBR 9935/2011, agregado pode ser definido como material granular, geralmente inerte, com dimensões e propriedades adequadas para a preparação de argamassa ou concreto. Outra definição, presente na NBR 9935/2011, diz respeito ao agregado natural, que afirma ser um material pétreo granular que pode ser utilizado tal e qual encontrado na natureza, podendo ser submetido à lavagem, classificação ou britagem.

O agregado utilizado na pavimentação asfáltica deve ter determinadas propriedades que o torna capaz de suportar as tensões impostas na superfície do pavimento e também em seu interior. Sua escolha deve ser feita em laboratório, mediante ensaios que definirão seu comportamento quando estiver sobre efeito do tráfego. (BERNUCCI et al, 2008).

Bernucci et al (2008) traz uma classificação, de agregado para a pavimentação, de acordo com sua natureza, tamanho e granulometria:

A variedade de agregados passíveis de utilização em revestimentos asfálticos é muito grande. Contudo, cada utilização em particular requer agregados com características específicas e isso inviabiliza muitas fontes potenciais. Os agregados utilizados em pavimentação podem ser classificados em três grandes grupos, segundo sua (i) natureza, (ii) tamanho e (iii) distribuição dos grãos. (BERNUCCI. P 116, 2008)

## 2.3 Revestimento Asfáltico

O revestimento asfáltico é a camada que esta sujeita a receber às mais diversas cargas e ações, como a carga dos veículos e o clima, por exemplo, sem sofrer grandes deformações elásticas ou plásticas e desagregação dos seus componentes. Portanto, necessita ter em sua composição, materiais bem aglutinados para evitar problemas no pavimento. (BALBO, 2007).

O revestimento é o responsável por proteger o pavimento, sendo uma camada impermeável, flexível, estável, com durabilidade, além de resistir ao trincamento térmico, à fadiga e à derrapagem. Para atender os requisitos técnicos e de qualidade do pavimento asfáltico, é necessário realizar um projeto adequado da estrutura do pavimento, além de um projeto de dosagem da mistura asfáltica coerente com as demais camadas determinadas. (BERNUCCI et al, 2008).

## **2.4 Ligante Asfáltico**

O asfalto utilizado na pavimentação é um ligante betuminoso, cuja matéria prima é o petróleo, que tem a propriedade de ser um adesivo termoviscoplastico, impermeável à água, além de ser pouco reativo. Cimento Asfáltico de Petróleo ou CAP é a denominação utilizada no Brasil para designar esse produto. Apresenta em temperaturas baixas um estado semi-sólido, em temperatura ambiente se torna viscoelástico e líquido a elevadas temperaturas. (BERNUCCI et al, 2008).

Os ligantes asfálticos, ao serem utilizados em serviços de pavimentação, devem tornar-se líquidos o suficiente para possibilitar sua mistura com os agregados, e após lançado e compactado na pista, devem ficar sólidos o suficiente para que suportem as ações provenientes do tráfego. Dessa forma, pode-se notar que o desempenho da rodovia está atrelado à maneira como o ligante asfáltico se comporta. (PILATI, 2008).

Geralmente o CAP possui boa aderência aos agregados, além de apresentar propriedades impermeabilizantes, o que torna seu uso popular na área da engenharia civil. O CAP também é suscetível à temperatura, e sofre transformações químicas no momento em que é exposto à radiação solar, às águas ácidas, e outros, podendo provocar a oxidação do ligante asfáltico. (BALBO, 2007).

A elevada utilização dos pavimentos flexíveis se deve principalmente ao fato de existir refinarias de petróleo por todo país, que são responsáveis pela produção de ligante asfáltico. De acordo com Bernucci et al (2008), os tipos de ligantes que existem hoje, no mercado brasileiro, são chamados de cimentos asfálticos de petróleo (CAP), asfaltos diluídos (ADP), emulsões asfálticas (EAP), asfaltos oxidados ou soprados de uso industrial, asfaltos modificados por polímero (AMP) ou por borracha de pneus (AMB) e agentes rejuvenescedores (AR e ARE).

## **2.5 Dosagem De Concretos Asfálticos**

A dosagem de misturas asfálticas tem como finalidade determinar, a partir de uma faixa granulométrica já definida e pela aplicação de métodos empíricos, um teor ótimo de ligante. (ARAO, 2016).

A dosagem do concreto asfáltico se mostra muito importante, pois através dela, são dosadas misturas trabalháveis, que possuem durabilidade, além de determinar a proporção dos constituintes a fim de gerar um desempenho satisfatório, do revestimento,

em campo. Atualmente, o método mais utilizado no Brasil, é a dosagem Marshall, cuja compactação da mistura asfáltica é realizada por impacto.

Outro método que surgiu com o passar dos anos, por volta de 1993, e passou a ser utilizadas pelas universidades e departamentos de transportes dos Estados Unidos é o Superpave. A maior diferença que se dá entre os métodos Marshall e Superpave é a forma de compactação, que na dosagem Superpave, é realizada por amassamento. Apesar de ser um método inovador, ainda não tem muita utilização no Brasil. (BERNUCCI et al, 2008).

O método Marshall possui dois níveis de energia de compactação, sendo uma de 50 golpes por face do corpo-de-prova para um baixo volume de tráfego e para elevado volume de tráfego são realizados 75 golpes por face do corpo-de-prova.

Segundo Bernucci et al. (2008) o procedimento para determinar os parâmetros gerados pela dosagem Marshall para concreto asfáltico são divididos de acordo com o seguinte passo a passo:

1. Determinação das massas específicas reais do cimento asfáltico de petróleo (CAP) e dos agregados;
2. Seleção da faixa granulométrica a ser utilizada na mistura de concreto asfáltico, de acordo com o DNIT;
3. Escolha da composição dos agregados, a fim de enquadrar a mistura dentro dos limites impostos pela faixa granulométrica escolhida;
4. Escolha das temperaturas de mistura e de compactação, a partir da curva viscosidade-temperatura do ligante escolhido. A temperatura do ligante deve se manter entre 107°C e 177°C, já a temperatura dos agregados, deve se manter entre 10 a 15°C acima da temperatura definida para o ligante, porém, sem ultrapassar os 177°C;
5. Adoção de teores de asfalto para os diferentes grupos de CPs (corpos de prova) a serem moldados. Cada grupo necessita no mínimo 3 CPs. Conforme a experiência do projetista, para a granulometria selecionada, é sugerido um teor de asfalto (T, em %) para o primeiro grupo de CPs. Os outros grupos terão teores de asfalto acima (T+0,5% e T+1,0%) e abaixo (T-0,5% e T-1,0%);
6. Após o resfriamento e a desmoldagem dos corpos-de-prova, são obtidas as dimensões do mesmo. Também são determinadas as massas secas e submersa em água com a finalidade de obter a massa específica aparente dos corpos-de-prova, que quando comparada com a massa específica máxima teórica, permite obter relações volumétricas típicas da dosagem;
7. A partir do teor de asfalto (%a) do grupo de CPs, é realizado o ajuste do percentual em massa de cada agregado (%n);
8. Baseado no teor de asfalto, no percentual em massa de cada agregado e nas massas específicas reais dos constituintes, é calculado a massa específica máxima teórica (DMT) correspondente ao teor de asfalto considerado;
9. Cálculo dos parâmetros de dosagem para cada CP;
10. Após as medidas volumétricas, os CPs são submersos em banho-maria a 60°C por 30 a 40 minutos. Retira-se cada corpo-de-prova colocando-o imediatamente dentro do molde de compressão. Determinam-se, então, por meio da prensa Marshall os parâmetros de estabilidade (N) e fluência (mm).

### **3 Materiais e Métodos**

O estudo está fundamentado em referências bibliográficas, referente ao emprego de diversas incorporações de resíduos na pavimentação asfáltica, averiguando adições, substituições parciais e utilização dos resíduos na base e sub-base de pavimentos.

#### **3.1 Resíduos Na Pavimentação Asfáltica**

A fim de evitar que ocorram patologias de forma prematura em um pavimento, são realizados estudos de diferentes tipos de aditivos para incorporar às misturas asfálticas. Essa busca por novos materiais, combinada com o interesse pelo desenvolvimento sustentável, acaba por encontrar diferentes formas de utilização dos resíduos que não possuem ainda uma disposição adequada.

Dessa forma, a reciclagem de pneus inservíveis, de agregados reciclados, de areia de fundição e de embalagens PET, que serão citados a seguir, são alvos de estudos visando encontrar características que possam trazer melhorias, tanto em qualidade quanto em custo benefício, às rodovias brasileiras.

##### **3.1.1 Asfalto – borracha**

Atualmente, uma das maneiras de se utilizar pneus, que já não possuem mais serventia, é incorporando-os às misturas asfálticas. Tendo em vista os problemas ambientais que esse resíduo pode causar e o tempo que o material demora a se decompor, é fundamental encontrar uma destinação final adequada para ele.

O uso das borrachas de pneu nas misturas asfálticas se dá de duas formas. Uma delas é pelo processo seco, onde as partículas de borracha triturada são incorporadas na mistura de agregados que com a adição de ligante, dão origem ao concreto asfáltico modificado com adição de borracha. Outra forma de utilização da borracha se dá pelo processo úmido, no qual a borracha moída é incorporada ao cimento asfáltico antes mesmo de ser adicionado o agregado, originando o ligante asfalto-borracha, esse procedimento costuma ser realizado em usinas nas quais são fabricados os ligantes asfálticos. (NEVES FILHO, 2004).

A adição de borracha de pneus em ligantes asfálticos tem por objetivo, dar uma destinação adequada aos pneus usados, minimizando, dessa forma, um problema ambiental. Além disso, busca melhorar o desempenho do pavimento quando o mesmo está exposto a elevadas temperaturas, reduzindo um problema muito comum nas rodovias brasileiras, que é a deformação permanente nas trilhas de roda. O uso da borracha na mistura aumenta também a flexibilidade, o que retarda o aparecimento de trincas, e proporciona um aumento de impermeabilização dos revestimentos asfálticos. (NEVES FILHO, 2004).

Segundo Bernucci et al (2008), a primeira aplicação de Concreto Asfáltico (CA) com incorporação de asfalto-borracha foi realizada em agosto de 2001, na rodovia BR-116/RS e, desde então, já foi empregado com sucesso em diversas obras de recuperação estrutural de trechos rodoviários danificados. A Figura 2 mostra a diferença entre os aspectos da consistência do asfalto convencional comparado ao asfalto-borracha no momento da usinagem.

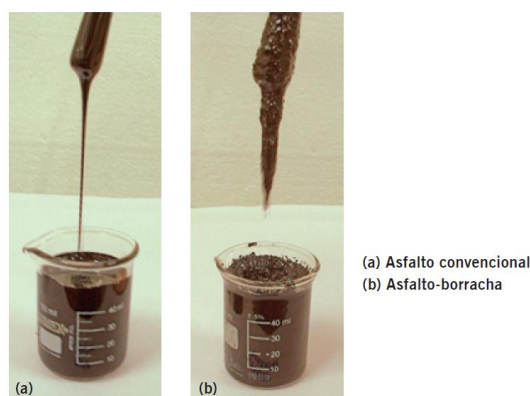


Figura 2 - Consistência do asfalto-borracha. Fonte: Bernucci (2008).

Pode-se observar na figura 2 que o ligante asfalto-borracha possui uma característica mais consistente do que o ligante convencional. Pesquisas realizadas em diversos países comprovam os benefícios que a incorporação da borracha em uma mistura asfáltica traz, porém, o custo para por em prática essa tecnologia se mostra bastante elevado, devido aos processos de trituração e moagem dos pneus. Esse fato tem dificultado a utilização em larga escala do ligante asfalto-borracha, visto que a preferência atualmente é para materiais acessíveis economicamente.

### 3.1.2 Utilização de Resíduos em Bases e Sub-bases

A utilização de entulhos de construção civil e de demolição como agregado reciclado nas camadas dos pavimentos, é atualmente uma das formas mais comuns de reciclar esse resíduo. O agregado reciclado, quando utilizado na pavimentação, traz diversas vantagens, e uma delas é que o material reciclado pode ser utilizado tanto na fração miúda, quanto na graúda da mistura. (CARNEIRO, BURGOS, ALBERTE, 2001).

Outra vantagem obtida com o uso do agregado reciclado em bases e sub-bases é a economia significativa nos custos para a execução da estrutura do pavimento. Essa forma de utilização contribui para um desenvolvimento sustentável, além de reduzir os índices de extração de matérias-primas que não são renováveis. (CARNEIRO, BURGOS, ALBERTE, 2001).

Além dos agregados reciclados, outro resíduo consideravelmente abundante no Brasil, é a areia de fundição. Encontrar uma destinação para esse resíduo é um dos maiores problemas que o setor da fundição de metais enfrenta. De acordo com Klinsky e Fabbri



(2008) a produção brasileira de areia de fundição alcança cerca de 3 milhões de toneladas por ano, e seu descarte representa grande parte dos custos das siderúrgicas.

Dessa forma, uma pesquisa realizada por Klinsky e Fabbri (2008) visa reaproveitar a areia de fundição em bases de pavimentos. As conclusões foram de que o solo com adição de 60% de areia de fundição obteve as melhores propriedades mecânicas e atendem as especificações mínimas impostas pelo DER-SP. Porém, para os requisitos de CBR tradicional, os resultados para essa amostra indicaram que o material pode ser utilizado apenas para bases de pavimentos com tráfego leve.

### **3.1.3 O Resíduo Pet na Pavimentação Asfáltica**

Existem diversos estudos com a adição de materiais plásticos na pavimentação, dentre eles uma pesquisa realizada por Awwad e Shbeeb (2007) que incorporaram ao ligante asfáltico polietileno de baixa densidade (PEBD) e polietileno de alta densidade (PEAD). O experimento revelou que a mistura com PEAD teve um melhor comportamento se comparado a misturas convencionais, apresentando uma melhora na estabilidade, redução na densidade e proporcionar um pequeno aumento do volume de vazios ( $V_v$ ) e volume de agregados minerais (VAM).

Awwad e Shbeeb (2007) ainda concluem que o uso de polietileno na mistura asfáltica aumenta a resistência à fadiga e proporciona melhor adesão entre o ligante e agregado.

Em uma pesquisa realizada por Hassani, Ganjidoust, Maghanaki (2005) foram substituídos parte dos agregados miúdos por resíduo PET em formato de grãos, com diâmetro de cerca de 3 mm. Nesse experimento, a mistura foi realizada com ligante 60/70 e compactados a 50 golpes em cada face dos corpos de prova, seguindo a metodologia Marshall. Os resultados da pesquisa apontaram que a substituição de 20% dos agregados miúdos pelos grãos de PET foi o mais efetivos, devido a melhores resultados no ensaio de estabilidade.

Arao (2016) realizou uma pesquisa para determinar o comportamento mecânico de misturas com resíduo PET triturado. O ensaio consistiu em 6 amostras de concreto asfáltico, sendo a amostra 1 de concreto asfáltico convencional, e as demais amostras com adição de flakes de PET. Uma das amostras ainda se obteve a substituição do pó de pedra por uma porcentagem de pó de PET. Nos ensaios de Estabilidade Marshall os resultados obtidos foram satisfatórios, onde as amostras com adição de PET tiveram um pequeno aumento em relação à mistura convencional. Os resultados dos ensaios de fluência apresentaram valores próximos. O ensaio de Resistência à Tração mostrou uma tendência de aumento de Resistência a Tração com o aumento de quantidade de PET na mistura. No ensaio de Módulo de Resiliência, os resultados das amostras com resíduo PET foram menores se comparados ao da mistura convencional.

Ao analisar as pesquisas já realizadas, pode-se constatar que a utilização de PET influencia de forma positiva as misturas asfálticas. Silva (2013) ressalta a importância de estudar a quantidade adequada de PET que deve ser incorporada ao revestimento. De acordo com sua pesquisa, a utilização de PET como agregado, no revestimento asfáltico

deve ser limitada a uma máxima adição de 5%, pois acima deste limite, as misturas têm a tendência de apresentar volume de vazios e outros parâmetros fora do que é preconizado pelas normas.

#### **4 Resultados e Discussões**

Considerando o estudo realizado pode-se concluir que a utilização de resíduos em pavimentações asfálticas é viável e traz um meio de amenizar o impacto causado por tais materiais ao meio ambiente. Cada resíduo possui uma determinada característica impactando de modos diferentes nas pavimentações, sendo assim, deve-se estudar minuciosamente as consequências da aplicação em curto, médio e longo prazo.

A incorporação de borracha (pneus) em misturas asfálticas traz para o meio ambiente a solução para um grande problema da sociedade, que é a destinação para os mesmos. Além disso, essa adição irá gerar um asfalto mais flexível e permeável diminuindo as deformações permanentes de trilhas de rodas e retardando as fissuras. Entretanto os custos para por em prática esse meio ainda é elevado.

A utilização de resíduos de construção para base e sub-base de pavimentação é a destinação mais comum para esse “lixo”. Além de diminuir a extração de matéria não renovável no ambiente, ainda reduz o custo da estrutura do pavimento. O grande problema é a falta de dosagem e testes na utilização podendo levar sérios problemas a pavimentação.

O uso de plásticos na pavimentação traz diversos benefícios como o aumento da resistência à fadiga e proporciona melhor adesão entre o ligante e agregado. Porém a uma carência de estudo nessa área dificultando o conhecimento em longo prazo e também gerando uma incerteza para o responsável.

Estima-se que falta de uso desses resíduos na pavimentação é recorrente a carência de estudo, gerando uma incerteza aos responsáveis e também ao consumidor. Sem poder avaliar as consequências a longo prazo acaba-se por optar pela pavimentação tradicional, o alto custo de aplicação e processamento desses resíduos também são impedimentos para aplicação do mesmo, em consequência disso se gera mais resíduos sem destinação e mais pavimentações com a convencional técnica.

#### **5 Conclusão**

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou conhecer as características de uma pavimentação e ainda explorar uma área em atual crescimento que é a utilização de recursos reciclados. Podendo assim avaliá-los dentro da pavimentação asfáltica estudando suas características e melhor viabilidade para cada qual.

Baseado em pesquisas já desenvolvidas a utilização de resíduos tanto de borracha, plásticos e materiais de construção são viáveis e utilizados cada qual para determinada característica requerente da pavimentação. Cada resíduo utilizado de forma distinta

apresenta determinadas características beneficiando a pavimentação, mas a baixa utilização se deve ao alto custo, falta de estudo e testes, a incertaza da consequencia ao longo prazo, falta de incentivos entre outros fatores que leva a complicação dessa aplicação.

Tendo em vista esses aspectos pode-se concluir que há um futuro muito promissor na área de incorporação de resíduos na pavimentação asfáltica. Necessitando de pesquisa e estudos é um campo de grandes potenciais, podendo trazer grandes soluções para a sociedade.

## **Referências**

ARAO, Mieka. **Avaliação do comportamento mecânico de misturas asfálticas com a inserção de polietileno tereftalato (PET) triturado**. Rio de Janeiro, RJ, 2016.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pontífica Universidade Católica do Rio de Janeiro, 106p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9935: Agregados – Terminologia. 2011.

AWWAD, Mohammad T.; SHBEEB,Lina. **The use of polyethylene in hot asphalt mixtures**. American Journal of Applied Sciences, Vol. 4, Nº 6, p. 390-396, 2007.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 545p.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobrás: ABERDA, 2008. 475p.

CARNEIRO, Alex Pires; BURGOS, Paulo César; ALBERTE, Elaine Pinto Varela. **Uso do agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimentos**. Projeto Entulho Bom. Salvador: EDUFBA/Caixa Econômica Federal, p. 190-227, 2001.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de Rodovias 2016: relatório gerencial**. Brasília, 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **095/2006 - EM**, Cimentos asfálticos de petróleo – Especificação do material. Rio de Janeiro: IPR, 2006. 6p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.  
**Manual de pavimentação.** Rio de Janeiro: IPR, 2006. 274p.

HASSANI, Abolfazl; GANJIDOUST, Hossein; MAGHANAKI, Amir Abedin. **Use of plastic waste (poly-ethylene terephthalate) in asphalt concrete mixture as aggregate replacement.** Waste Managements and Research, Vol. 23, Nº 4, p.322-327, 2005.

KLINSKY, Luis Miguel Gutiérrez; FABBRI, Glauco Tulio Pessa. **Proposta de reaproveitamento de areia de fundição em sub-bases e bases de pavimentos flexíveis, através de sua incorporação a solos lateríticos argilosos.** São Paulo, SP, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, v. 215.

NEVES FILHO, Cláudio Luiz Dubeux. **Avaliação laboratorial de misturas asfálticas SMA produzidas com ligante asfalto-borracha.** São Carlos, SP, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 62p.

PILATI, Fernanda. **Análise dos efeitos da borracha moída de pneu e do resíduo de óleo de xisto sobre algumas propriedades mecânicas de misturas asfálticas densas.** São Carlos, SP, 2008. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 125p.

ROSA, Ana Paula Gonçalves et al. **Análise comparativa entre asfalto modificado com borracha reciclada de pneus e asfalto modificado com polímeros.** Teoria e prática na Engenharia Civil, n.20, p. 31-38, nov. 2012.

SILVA, José de Arimatéia Almeida e et al. **Estudo da utilização do politereftalato de etileno (PET) para compor as misturas asfálticas dos revestimentos rodoviários.** 42ª Reunião Anual de Pavimentação e 16º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária. Gramado, 2013.

SULYMAN, Mohamed; HAPONIUK, Jozef; FORMELA, Krzysztof. **Utilization of Recycled Polyethylene Terephthalate (PET) in Engineering Materials: A Review.** International Journal of Environmental Science and Development, Vol. 7, Nº 2, p. 100-108, 2016.