

## **USO DE BORRACHA MOÍDA DE PNEUS INSERVÍVEIS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS**

**Clóvis Juniti Matsuzaki<sup>1</sup>**

**Juliana Paiola da Silva<sup>2</sup>**

**Renata Menoci Gonçalves<sup>3</sup>**

**José Luiz Miotto<sup>4</sup>**

### **RESUMO**

O uso de resíduos de pneus para a produção de asfalto mostra-se um importante aliado para a redução de um grave problema ambiental, o qual é o grande volume de pneus descartados no Brasil e, que muitas vezes tem destinos em locais inadequados, aumentando o risco de incêndio, o acúmulo de água e a proliferação de vetores de doenças. Este trabalho apresenta um estudo comparativo do cimento asfáltico de petróleo modificado com borracha moída, proveniente de pneus inservíveis, e o cimento asfáltico de petróleo modificado com polímero SBS (estireno, butileno, estireno), utilizados em obras de pavimentação. Foram realizados os ensaios de caracterização e posteriormente a determinação da resistência à tração por compressão diametral dos corpos-de-prova, de ambos os tipos de CAPs, que passaram pelo processo normal e os que passaram pelo processo designado Danos por Umidade Induzida (D.U.I). Fez-se então a relação entre os resultados para obtenção dos parâmetros previstos em norma. Nota-se que a resistência à tração se mostrou satisfatória em ambos os casos. O teor de CAP borracha se mostrou superior ao CAP modificado por polímero SBS. A resistência dos corpos-de-prova com CAP Borracha foi de 81,3%, enquanto que os corpos-de-prova com CAP modificado por polímero SBS resultaram em 79,7%, abaixo dos 80% determinados pela norma americana, mas dentro dos limites da norma brasileira ABNT NBR 15.617:2015, que determina o mínimo de 70%.

**Palavras-chave:** Asfalto borracha. Sustentabilidade. Avaliação experimental.

---

<sup>1</sup>Graduado, Faculdade de Tecnologia Senai Maringá, clovis.estudos.facul@gmail.com

<sup>2</sup>Mestranda, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana-PEU, paiola.juliana@gmail.com

<sup>3</sup>Prof. Dra, Faculdade de Tecnologia Senai Maringá, menoci@hotmail.com

<sup>4</sup>Prof. Dr., Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Engenharia Urbana-PEU, miotto.jl@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos, no ano de 2016 foram produzidos 67 milhões de pneus (ANIP, 2017). Destes, após ser atingida sua vida útil transformam em pneus inservíveis, sendo considerados como materiais reciclados apenas após a parte metálica ser separada da borracha, momento em que é cortada e triturada. Os pneus inservíveis que acabam abandonados em locais a céu aberto, tornam-se habitat de insetos como o mosquito *Aedes Aegypti* dentre outros, espalhando doenças e poluindo o meio ambiente (ODA; FERNANDES JÚNIOR, 2001).

Um pneu leva em média 150 anos para se decompor e é formado por vários elementos químicos. Nesse processo, liberam gases e resíduos perigosos ao meio ambiente. O aterro como destino é uma solução duvidosa, pois seu uso gera instabilidade e resulta na formação de vazios na estrutura, que podem provocar desmoronamentos (ODA; FERNANDES JÚNIOR, 2001).

Embora já utilizado para fins de pavimentação asfáltica há mais de 50 anos nos EUA, só a partir de 2002 o asfalto com adição de borracha passou a ser empregado no Brasil, devido ao fim dos direitos de propriedade do produto. Assim, a utilização de borracha moída de pneus (BMP) inservíveis incorporada no cimento asfáltico de petróleo (CAP) tem ganhado força. Isso é possível devido à incorporação das propriedades da borracha moída ao CAP. Quando misturados na temperatura definida pela curva de viscosidade, o CAP modificado com BMP adquire maior resistência à suscetibilidade térmica, maior recuperação elástica e melhor estabilidade, o que resulta em um pavimento mais firme, com menor incidência de derrapagem, melhor sensação acústica ao rodar, menor manutenção, rapidez na liberação para o tráfego, economia combustíveis e diminuição da emissão de poluentes (ODA; FERNANDES JÚNIOR, 2001).

Mellone, Santos e Shibao (2013) citam em seu estudo, que o custo da incorporação de BMP em 2007 era cerca de 30% maior que o asfalto convencional. Em outro estudo Ferrara (2006), constatou que o custo era, em valores máximos, cerca de 20% a 30% mais caro, porém, a longevidade e o baixo custo de manutenção do pavimento com asfalto com BMP, tornavam-no mais barato quando comparado ao asfalto convencional.

De acordo com a faixa escolhida para o concreto betuminoso usinado à quente (CBUQ), cerca de 1.000 pneus são utilizados por quilômetro de pavimento, numa pista com 7,5 m de largura e 4 cm de espessura (GRECA, 2016).

Nesse contexto, este artigo apresenta a proposta de uso de BMP inservíveis em pavimentos flexíveis, realiza ensaios em laboratório utilizando o CAP modificado por polímero SBS (DNIT-EM 129:2011) e o CAP modificado com borracha moída (DNIT-EM 111:2009). Espera-se verificar se o CAP borracha é uma opção vantajosa para uso em pavimentos.

### 1.2. Ação dos modificadores no CAP

Segundo Antosczezem Junior (2012) o CAP modificado com polímero consiste em um asfalto comum que recebe a adição de polímeros, que podem ser produtos de origem orgânica, inorgânica ou sintética. O SBS (eStireno-Butadieno-eStireno), utilizado neste estudo é um tipo de copolímero, que é uma unidade de compostos de diferentes monômeros.

No caso da adição da BMP, a reação de incorporação das propriedades da borracha pelo asfalto, ocorre quando a BMP é aquecida em reatores específicos, o que modifica as características físico-químicas e resulta num produto com alto desempenho, valores de viscosidade, ponto de amolecimento e capacidade elástica bem maiores que o asfalto convencional (ANTOSCZEZEM

JUNIOR, 2012).

### 1.3. Faixa Gap Graded

A faixa *Gap Grade* é uma faixa de mistura asfáltica desenvolvida nos EUA especificamente para trabalhar com o CAP borracha, possui como característica principal um intervalo específico descontínuo em sua curva granulométrica, descontinuidade essa chamada de “Gap” e propositadamente criada para a interação com o CAP borracha (ANTOSCZEZEM JUNIOR, 2012). Apesar dessa descontinuidade, a *Gap Graded* não é considerada uma mistura asfáltica aberta, porém, não possui a quantidade de finos elevada o suficiente para ser considerada fechada. O resultado de sua composição granulométrica é um revestimento final com macro textura superficial rugosa, que apresenta um volume de vazios que varia entre 4% a 6%. (BERNUCCI et al., 2006).

### 1.4. Importância do controle da temperatura nas misturas asfálticas modificadas

Fatores como a ação de calor, ar e água influenciam de forma prejudicial na vida útil dos pavimentos. A modificação das propriedades químicas do CAP por polímeros ou pó de borracha, melhoram as características, o que proporciona um tempo de vida maior para os pavimentos.

O CAP, ou ligante asfáltico são classificados como fluido visco elástico, seja qual for sua condição, modificado ou não. Isso reflete no seu comportamento físico, pois fluidos viscosos apresentam comportamentos que variam de acordo com a temperatura ambiente (OMENA, 2012).

Dessa forma, seu uso necessita de temperaturas elevadas para que haja condições de manejo, como a usinagem do CAP com os agregados e a compactação da massa asfáltica para pavimentação. Por outro lado, o emprego de temperaturas elevadas, bem acima do limite estabelecido através de ensaios laboratoriais, implica na perda das características desejáveis do ligante asfáltico para operações de pavimentação, devido ao fenômeno denominado de craqueamento térmico, ou seja, a quebra das cadeias moleculares que compõem o asfalto. Para evitar a perda do CAP, diversos estudos têm sido realizados, resultando em normas que determinam a temperatura de transporte e estocagem (OMENA, 2012).

A viscoelasticidade tem fundamental importância, pois através da temperatura ideal do ligante asfáltico, consegue-se uma massa asfáltica que apresenta condição desejada de compactação, que é representada pelo não escorregamento da massa pela ação dos rolos compactadores, conseguindo assim um volume de vazios determinado no projeto. (OMENA, 2012).

## 2. DESENVOLVIMENTO

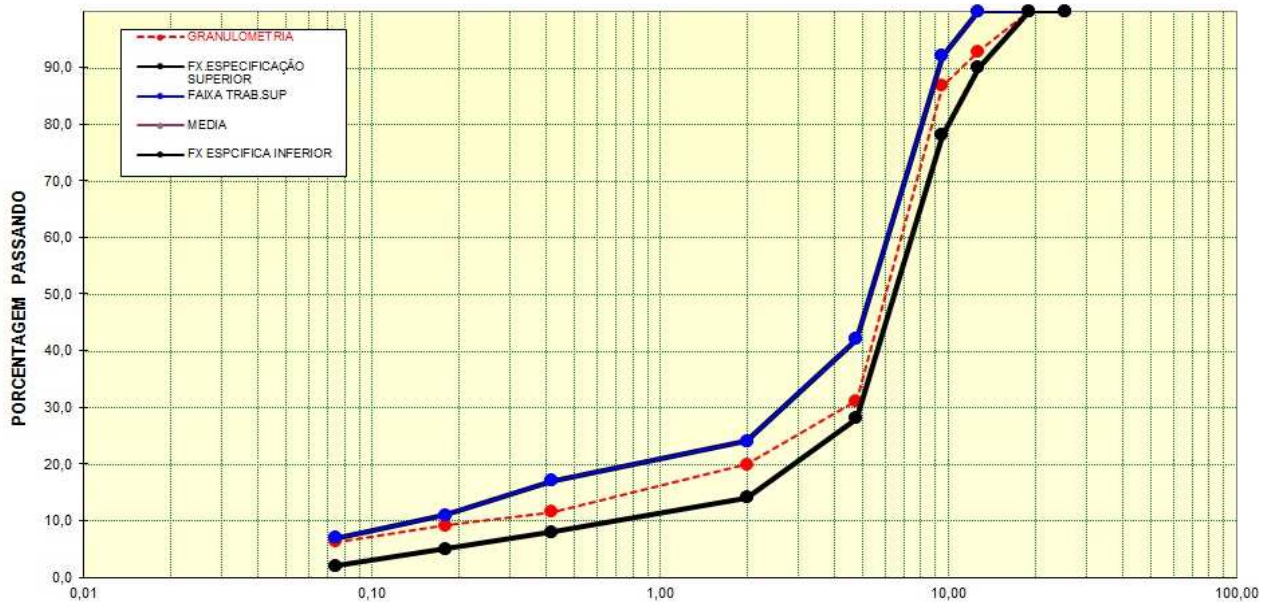
### 2.1 Materiais

#### 2.1.1. Agregados e fíler

A faixa adotada para o ensaio foi a faixa Gap Graded ideal para o uso de CAP modificado com BMP, já que possui um volume de vazios maior que outras faixas e também maior grau de aderência. Os agregados utilizados foram obtidos pela britagem de rocha basáltica da região de Itambé, Paraná. A cal utilizada foi a CH-I (DNIT-ES 031:2004).

Quanto aos resultados médios da faixa escolhida, a Gap Graded unida ao ligante asfáltico, conferem ganhos ao pavimento pois reduzem os efeitos de trincamento precoce provocado por fadiga e deformação permanente, além de resultar em maior aderência entre o pavimento e o pneu, o que confere melhor conforto acústico (ANTOSCZEZEM JUNIOR, 2012). No gráfico 1 é

apresentado a curva granulométrica para o estudo.



**Gráfico 1 – Curva granulométrica do projeto para faixa Gap Graded**

Fonte: Os autores (2016).

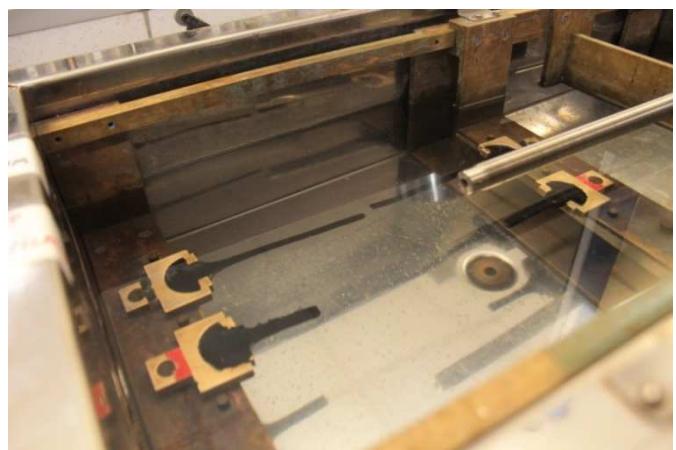
### 2.1.2 Cimento Asfáltico de Petróleo - CAP

Foram realizados ensaios de caracterização com os dois tipos de CAP: CAP com BMP (CAP-BMP) e CAP modificado com polímero SBS (CAP-SBS), obteve-se a confirmação dos resultados apresentados pelos fabricantes. A Figura 1 apresenta a amostra passando pelo ensaio de ponto de amolecimento conforme recomendações da DNIT-ME 131:2010. Na Figura 2 ilustra-se o ensaio de recuperação elástica (DNIT-ME 130:2010), com o CAP-SBS na parte inferior e com a tarja vermelha o CAP-BMP. Nas figuras 3 e 4 observa-se o aparelho para a determinação da viscosidade cinemática Brookfield (DNER-ME 151:94).



**Figura 1 – Ensaio de ponto de amolecimento**

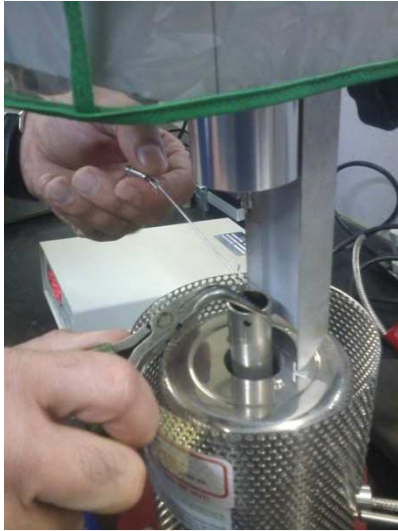
Fonte: Os Autores (2016)



**Figura 2 – Ensaio de recuperação elástica**

Fonte: Os Autores (2016)





**Figura 3 – Amostra no cilindro antes do ensaio de viscosidade cinemática Brookfield**  
Fonte: Os Autores (2016)



**Figura 4 – Descarte da amostra após o ensaio de viscosidade cinemática Brookfield**  
Fonte: Os Autores (2016)

## 2.2. Métodos

Após coleta dos agregados na pedreira (DNER-PRO 120:97), foi determinada a granulometria, além do fíler, a composição da mistura de agregados, necessária para o enquadramento da composição na faixa *Gap Graded*. Os corpos-de-prova foram moldados pelo método de dosagem Marshall (DNER-ME 043:95), desmoldados após 24 horas de repouso em temperatura de 24°C. A determinação da densidade máxima teórica foi obtida pelo método RICE (ASTM D 2041M-11:2011), utilizado na obtenção do volume de vazios dos corpos-de-prova, conforme figuras 5 e 6.



**Figura 5 – Pesagem da amostra RICE TEST.**  
Fonte: Os Autores (2016)



**Figura 6 – Início do ensaio RICE TEST.**  
Fonte: Os Autores (2016)

Os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio DNIT ME 136:2010 - Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral (RTCD), ensaio que simula o esforço de tração a que a camada asfáltica é submetida na pista, conforme figura 7.

Outro ensaio realizado foi o de estabilidade e fluência, com os corpos-de-prova submetidos a imersão em banho-maria na temperatura de 60°C pelo período de 30 minutos. Assim, os corpos-de-prova são submetidos ao ensaio de compressão axial, que mede a estabilidade do corpo-de-prova a uma carga distribuída por toda a superfície lateral, e a fluência que determina a deformação, em milímetros, do corpo-de-prova.

Posteriormente, outros 12 corpos-de-prova foram moldados para a realização do ensaio D.U.I. – Danos por Umidade Induzida (AASHTO T 283-14), diferindo da moldagem normal pelo número menor de golpes aplicado na mistura asfáltica, 45 golpes em cada face dos corpos-de-prova, face superior e inferior.

Na figura 8, os corpos de prova são submetidos ao processo de retirada do ar por bombeamento a vácuo, o que permite que a água ocupe os espaços deixados pelo ar, conforme AASHTO T 283-14, tem por objetivo testar a mistura asfáltica de corpos-de-prova submetendo-as a condições agressivas de umidade e temperatura.

No ensaio D.U.I., as normas AASHTO T 283-14 e ASTM D 4867M-09-2014, após a determinação das densidades aparente e densidade máxima teórica RICE (ASTM D 2041M-2011), metade dos corpos-de-prova são submetidos a indução de água no interior dos mesmos através do uso de bomba à vácuo, estando os corpos-de-prova imersos dentro de um recipiente lacrado com água à 25°C por período de 10 minutos.



**Figura 7 – Corpo de prova submetido ao ensaio de RTCD**

Fonte: Os Autores (2016)



**Figura 8 – Ar sendo retirado dos corpos de prova**

Fonte: Os Autores (2016)

A norma AASHTO T 283-14 estabelece um percentual de água a ser inserido no corpo de prova. Após o processo a vácuo, são determinadas as massas dos corpos de prova saturados, recebem mais 10 ml de água e são embalados com filme plástico sendo acomodados em um congelador por 16 horas à -18°C.

Após o período de congelamento, os corpos-de-prova são retirados e imersos em banho-maria por 24 horas à 60°C, simulando o choque térmico, num efeito acelerado ao que ocorre no revestimento asfáltico expostos a intempéries e variações de temperatura.

Após o período de imersão à 60°C, os corpos-de-prova são retirados e imersos em outro recipiente de banho-maria à temperatura de 25°C por 2 horas, conforme visto na figura 9, para estabilizar com a temperatura ambiente.



**Figura 9 – Corpos de prova D.U.I. no banho-maria**  
Fonte: Os Autores (2016)

### 2.3 Resultados

O processo é concluído com o ensaio de RTCD. O resultado dos corpos-de-prova que passaram pelo processo normal é relacionado aos resultados de RTCD dos corpos-de-prova que passaram pelo processo D.U.I. obtendo em porcentagem o valor final.

O valor mínimo exigido pela norma ASTM D 4867M-2014 e pela norma brasileira ABNT NBR 15617:2015 é de 70% de resistência da média dos corpos-de-prova que passaram pelo processo, comparado aos que passaram pelo processo normal, porém, a norma americana AASHTO T 283-2014 determina um valor mínimo de resistência de 80%.

Na figura 10 apresentam-se os corpos-de-prova com o CAP-BMP da primeira parte do estudo, antes do ensaio D.U.I., rompidos. Na Figura 11 é apresentado um dos corpos-de-prova com CAP-BMP rompido após o processo de ensaio D.U.I., mostrando a pouca perda de adesividade do ligante ao agregado, estando este quase todo coberto.

Os resultados obtidos pelos ensaios Marshall com os corpos-de-prova com o CAP-SBS e com CAP-BMP, demonstraram a melhora significativa da resistência à tração dos corpos-de-prova utilizando o CAP modificado por borracha moída (8,37 kg/cm<sup>2</sup>) em relação aos corpos-de-prova, que utilizaram o CAP modificado por polímero (6,93 kg/cm<sup>2</sup>) nas misturas conforme pode ser observado nos quadros 2 e 3.



**Figura 10 – Corpos de prova com CAP-BMP rompidos na primeira parte do estudo**

Fonte: Os Autores (2016)



**Figura 11 – Corpo de prova com CAP-BMP rompido após ensaio D.U.I.**

Fonte: Os Autores (2016)

Houve o aumento do teor de CAP nos corpos-de-prova com CAP-BMP e a diminuição da densidade aparente ( $d$ ) em relação aos corpos-de-prova de CAP-SBS.

Com base na curva de Viscosidade x Temperatura, a temperatura de usinagem da mistura de agregados seguiu valores em torno de 175 °C, e de 165° para moldagem.

As demais variáveis como porcentagem dos volumes de vazios na mistura ( $V_v$ ), relação betume-vazios (RBV), estabilidade, fluência, porcentagem dos vazios do agregado mineral (VAM) e relação de finos betume também constam nas tabelas a seguir.

Quanto aos resultados obtidos pelos ensaios D.U.I., ambas as séries de corpos de prova ficaram acima no mínimo de resistência exigido pela norma americana ASTM D 4867M-2014 e pela norma brasileira ABNT NBR 15617:2015, que é de 79,7% para o ensaio D.U.I. dos corpos-de-prova com CAP-SBS e 81,3% para os corpos-de-prova com CAP-BMP, porém quando se utiliza o índice mínimo da norma AASHTO T 283-2014, apenas os corpos-de-prova com o CAP-BMP seriam aprovados.



**Quadro 2 – Resultados dos ensaios com o CAP-BMP**

Ensaio Marshall	DNER-ME 043	Especificações	
		mínimo	máximo
Teor %	6,4%	6,1%	6,7%
d ( g/cm³)	2,468	-	-
Vv %	5,33	4,00	6,00
RBV %	68,76	65,00	78,00
Estabilidade (KGF)	893,0	700	-
Fluência (1/100*)	2,47	2,00	4,00
VAM %	17,18	14,00	-
Tração (Kg/cm²)	8,37	6,50(0,65 Mpa)	
Relação finos betume %	1,13	0,8	1,2

Fonte: Os Autores (2016)

**Quadro 3. Resultados dos ensaios com o CAP-SBS**

Ensaio Marshall	DNER-ME 043	Especificações	
		mínimo	máximo
Teor %	5,2%	5,0%	5,4%
d ( g/cm³)	2,553	-	-
Vv %	4,93	4,00	6,00
RBV %	72,58	65,00	78,00
Estabilidade (KGF)	966,0	700	-
Fluência (1/100*)	2,92	2,00	4,00
VAM %	18,00	15,00	-
Tração (Kg/cm²)	6,93	6,5 (0,65 MPa)	
Relação finos betume %	1,00	0,8	1,2

Fonte: Os Autores (2016)

### 3. CONCLUSÃO

Sabe-se que o uso de modificadores de propriedades no CAP visa acentuar qualidades necessárias para o CBUQ como maior estabilidade, maior resistência a intempéries e por consequência, menor taxa de oxidação que resulta em maior tempo de vida, resistência aos esforços de tração, garante melhor adesividade do ligante (CAP) com o agregado mineral utilizado, entre outras.

Observou-se que a borracha moída de pneus inservíveis resulta num material com maiores qualidades quando comparado ao CAP-SBS, sendo muito utilizada em massas asfálticas destinadas a pavimentos com intenso fluxo de tráfego pesado e trechos de rodovias onde haja esforços acentuados como curvas e aclives.

Com base nos resultados, percebeu-se que a resistência à tração se mostrou satisfatória em ambos os casos. Como esperado, o teor de CAP-BMP subiu em relação ao ensaio com CAP-SBS.

No ensaio D.U.I., os resultados foram positivos para ambos os ligantes asfálticos modificados. Como esperado, a resistência dos corpos-de-prova com CAP-BMP foi de 81,3%, enquanto que os corpos-de-prova com CAP-SBS apresentaram resultados médios de 79,7%, abaixo dos 80% determinados pela norma americana, porém, dentro dos limites da norma brasileira ABNT

NBR 15.617:2015 que determina o mínimo de 70%. É comum que concessionárias determinem que a resistência a ser adotada seja mínima de 80%, estando assim apenas o CAP-BMP passível de uso por estas empresas.

Nota-se assim, a melhor qualidade final do pavimento utilizando o CAP-BMP para a massa asfáltica, porém, ensaios laboratoriais positivos não substituem o rigor no controle da seleção dos materiais a serem utilizados no CBUQ, nem a obediência aos processos normatizados na produção da massa asfáltica como temperatura, umidade dos materiais, cuidados na logística do transporte da massa para a pista onde será aplicada, entre outros.

É imprescindível a fiscalização rigorosa na aplicação com relação à temperatura, os procedimentos corretos de compactação, verificação da espessura e os cuidados ambientais necessários para evitar o descarte irregular de excedente. Não se deve esquecer o item básico anterior aos processos já descritos que compreende o correto dimensionamento do pavimento, com atenção especial ao projeto geométrico e ao projeto de infraestrutura básica, inclusive drenagem da pista. É fato que o controle rígido em laboratório, na usina e na pista, de nada adianta se não houver a previsão de um sistema de drenagem corretamente dimensionado.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **AASHTO T-283**: Standard Method of Test for Resistance of Compacted Asphalt Mixtures to Moisture-Induced Damage, 2014.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-2041M**: Standard test method for theoretical maximum specific gravity and density of bituminous paving mixtures. West Conshohocken, 2011.

\_\_\_\_\_. **ASTM D-4867M**: Standard Test Method for Effect of Moisture on Asphalt Concrete Paving Mixtures. West Conshohocken, 2014.

ANTOSCZEZEM JUNIOR, J. A. Evolução Tecnológica. **Desenvolvimento dos revestimentos asfálticos produzidos com asfaltos modificados por polímero e borracha de pneus no Brasil**. SINICESP. Boletim Técnico. São Paulo, edição nº 7, 2012. Disponível em: <<http://www.sinicesp.com.br/materias/2012/bt07a.htm>> Acesso em: 09abr. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15617**: Misturas asfálticas – Determinação do dano por umidade induzida. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS. Disponível em: <<http://www.anip.com.br/>>. Acesso em: 17 de abr. 2017.

BERNUCCI, L. L.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2006. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2011/08/Pavimenta%C3%A7%C3%A3o-Asf%C3%A1ltica-cap4.pdf>> Acesso em: 10 abr. 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 043/95**: Misturas betuminosas à quente – Ensaio Marshall. Rio de Janeiro, 1995.



Avenida Colombo, 5790 (UEM)

Bloco C67 (DEC) – Sala 102A

(44) 3011-5865

\_\_\_\_\_. **DNER-ME 151:** Asfaltos – Determinação da viscosidade cinemática. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. **DNER-PRO 120:** Coleta de amostras de agregados. Rio de Janeiro, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT-EM 111.** Pavimentação flexível – Cimento asfáltico modificado por borracha de pneus inservíveis pelo processo via úmida, do tipo “Terminal Blending”. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **DNIT-ES 031:** Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **DNIT-EM 129:** Pavimentação flexível – Cimento asfáltico de petróleo modificado por polímero elastomérico. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. **DNIT-ME 130:** Determinação da recuperação elástica de materiais asfálticos pelo ductilômetro. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. **DNIT-ME 131:** Materiais asfálticos – Determinação do ponto de amolecimento – Método do Anel e Bola. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. **DNIT-ME 136:** Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. **DNIT-ME 155:** Material asfáltico – Determinação da penetração. Rio de Janeiro, 2010.

FERRARA, R. D. **Estudo comparativo do custo x benefício entre o asfalto convencional e asfalto modificado pela adição de borracha moída de pneu.** 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.

MELLONE, G.; SANTOS, M. R.; SHIBAO, F. Y. **Pavimentação de rodovias com a utilização de resíduos de pneus inservíveis.** 2013. Rev. Elet. Gestão e Serviços v.3 n.2/v.4 n.1, Jan./Jun. 2013. UNINOVE – Universidade Nove de Julho. São Paulo, 2013. Disponível em: <<https://www.metodista.br/revistas/revistas-ims/index.php/REGS/article/viewFile/3547/3547>> Acesso em: 09 mai. 2017.

ODA, S.; FERNANDES JUNIOR, J. L. **Borracha de pneus como modificador de cimentos asfálticos para uso em obras de pavimentação.** Acta Scientiarum (UEM), Maringá, Paraná, Brasil, v. 23, n. 6, p. 1589-1599, 2001. Disponível em: <[ojs.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/download/2804/1855](http://ojs.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/download/2804/1855)> Acesso em: 10 abr. 2017.

OMENA, W. **Temperatura de Manuseio dos Asfaltos.** SINICESP. Boletim Técnico. São Paulo, edição nº2, 2012. Disponível em: <[www.sinicesp.com.br/materias/2012/bt02a.htm](http://www.sinicesp.com.br/materias/2012/bt02a.htm)> .Acesso em: 09 abr. 2017.