



ASPECTOS RELEVANTES SOBRE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA COM ADIÇÃO DE BORRACHA

Luisa Andreia Gachet Barbosa (1); Bianca Louize T. Leite-Saulin (2); Adriana C. Campos (3); Rosa Cristina Ceché Lintz (4)

- (1) Coordenação de Tecnologia da Construção Civil - Faculdade de Tecnologia – UNICAMP
– e-mail: gachet@ft.unicamp.br
- (2) Divisão da Construção Civil – Faculdade de Tecnologia – UNICAMP – e-mail: bialouize@yahoo.com.br
- (3) Divisão da Construção Civil – Faculdade de Tecnologia – UNICAMP – e-mail: drycampos@yahoo.com.br
- (4) Divisão da Construção Civil – Faculdade de Tecnologia – UNICAMP – e-mail: rosacclintz@ft.unicamp.br

RESUMO

A utilização da borracha reciclada de pneus usados em pavimentos pode ser uma solução para atenuar o problema da disposição deste resíduo. Porém o principal objetivo da inclusão de farelo de pneus em cimento asfáltico ou misturas modificadas é a melhoria das propriedades de desempenho do pavimento, principalmente no que se refere ao trincamento térmico e por fadiga e ao envelhecimento. O Concreto Asfáltico de Petróleo Modificado por adição de borracha moída proveniente de pneus inservíveis melhora as características do asfalto tradicional e em consequência aumenta a durabilidade das nossas estradas e ruas, prolongando sua vida útil e, portanto, promovendo economia na pavimentação de estradas propiciando destino adequado a pneus que seriam materiais inservíveis.

Palavras-chave: Construção civil, meio ambiente, Concreto Asfáltico de Petróleo Modificado

1 INTRODUÇÃO

A utilização da borracha reciclada de pneus usados em pavimentos pode ser uma solução para atenuar o problema da disposição deste resíduo. Porém, o principal objetivo da inclusão de pneus em misturas modificadas de asfáltico é a melhoria das propriedades de desempenho do pavimento no que se refere ao trincamento térmico, por fadiga ao envelhecimento.

Pela oxidação natural se formam as trincas que ocorre no asfalto. O asfalto tradicional tem uma vida útil de 10 anos em média, por ser um produto perecível sofre um processo de envelhecimento natural do ligante asfáltico. Mas, quando se miscigena e funde-se a borracha com o asfalto, sua vida útil é de 25 a 30 anos segundo MORILHA e GRECA (2003).

Por meio da combinação de determinados polímeros pode-se estender a vida útil e prevenir a degradação prematura do pavimento. Outra característica apresentada é a contribuição para uma maior resistência ao intemperismo e uma melhor adesão ligante/agregado. Com adição de polímeros, encontra-se no pavimento asfáltico o aumento da ductilidade e a redução da suscetibilidade térmica levando a uma maior resistência às deformações plásticas à altas temperaturas e suprimindo o aparecimento de fissuras de retração térmica e fadiga.

Estima-se que o Brasil gere 30 milhões de pneus inservíveis por ano que se ao invés de descartada fossem reaproveitada devidamente, terá efeito benéfico à melhoria do ligante, para o aumento da durabilidade das estradas, tal como para a melhoria em aspecto ambiental (ODA e FERNANDES, 2000).

1.2 ASPECTOS AMBIENTAIS

O primeiro problema que se encontra nos pneus inservíveis é sua disposição final. O pneu possui papel fundamental e indiscutível socioeconômico em países como o Brasil, onde o transporte de bens é feito em sua maioria por caminhões e carretas, assim como o transporte de passageiro numericamente importante.

Segundo Epps (1994) durante a combustão dos pneumáticos, a liberação de óleos tóxicos que contamina o solo podendo atingir até o lençol freático. Por serem objetos de grande volume compostos por material praticamente incompressível e de lenta degradação, torna inviável a disposição em aterros sanitários, e em caso de armazenamento, as condições devem ser apropriadas para evitar riscos de incêndio, poluição visual (**Figura 1**), contaminação do solo e das águas e a proliferação de insetos e roedores (BERTOLLO, 2003).



Figura 1 – Pneus retirados do Rio Tietê, em São Paulo-SP, acumulados na margem. Fonte: TUNES (1998)

A possibilidade de um incêndio é fato importante a ser considerado, visto que a capacidade calorífica do pneu é superior à do carvão.

No contexto sanitário apenas em casos específicos é permitida legalmente disposição dos resíduos de borracha em terrenos, onde locais devem atender às condições devidamente regulamentadas, porém o alto custo gera impossibilidade de retorno financeiro, o que o torna inviável.

A solução ideal para resolver o problema com resíduos de borracha seria aproveitá-los sem causar efeitos adversos ao meio ambiente já que terminado o tempo de vida útil dos artefatos de borracha, que já foram reciclados, os mesmos passam a ser resíduos tendo mais uma vez o problema empurrado para frente. Os processos devem objetivar a conservação e reciclagem a fim de minimizar os impactos ocorridos.

1.3 LEGISLAÇÃO

A lei foi aprovada, em 26 de agosto de 1999, pela resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), responsabiliza o IBAMA a punir os infratores, com base na Lei de Crimes Ambientais, onde fabricantes e importadoras de pneus são responsáveis pelo ciclo total da mercadoria dando disposição final de forma ambientalmente correta, para os produtos que colocam no mercado, a cada quatro pneus novos fabricados no Brasil ou importados, os fabricantes deverão reciclar ou reutilizar um pneu usado (**Tabela 1**).

Tabela 1: Prazos e metas impostas aos produtores e importadores em relação à destinação de pneus inservíveis.

<i>Prazo a partir de</i>	<i>Pneus novos (nacionais ou importados)</i>	<i>Pneus inservíveis</i>
Jan / 2002	4 unidades	1 unidade
Jan / 2003	2 unidades	1 unidade
Jan / 2004	1 unidade	1 unidade
Jan / 2005	4 unidades	5 unidades
<i>Prazo a partir de</i>	<i>Pneus novos (nacionais ou importados)</i>	<i>Pneus inservíveis</i>
Jan / 2004	4 unidades	5 unidades
Jan / 2005	3 unidades	4 unidades

Fonte: CONAMA 258/99

1.4 Processo de fabricação

Segundo SPECHT (2004), o ligante chamado de asfalto borracha origina-se por meio do processo úmido. A tecnologia utilizada, aqui no Brasil, através do processo úmido é denominada *terminal blending*, onde se tem a mistura sendo efetuada em uma unidade central e transportada ao local de aplicação. (Figura2).

A borracha finamente triturada em finíssimas partículas passantes na peneira nº. 40 (0, 425 mm) é adicionada ao CAP aquecido, produzindo o ligante modificado.

O asfalto borracha pode ser utilizado em vários serviços de pavimentação, tais como: concreto asfáltico (CA), *Stone Matrix Asphalt* ou *Stone Mastic Asphalt* (SMA), Camada Porosa de Atrito (CPA), tratamentos superficiais (TS), selagem de trincas e de juntas.

No processo úmido, o pó de pneus representa em geral 15 a 20% da massa de ligante ou menos que 1,5% da massa total da mistura.

O asfalto borracha estocável deve ser processado em altas temperaturas por agitação em alto cisalhamento. Esse processo permite a reação da borracha desvulcanizada e despolimerizada com moléculas do CAP.

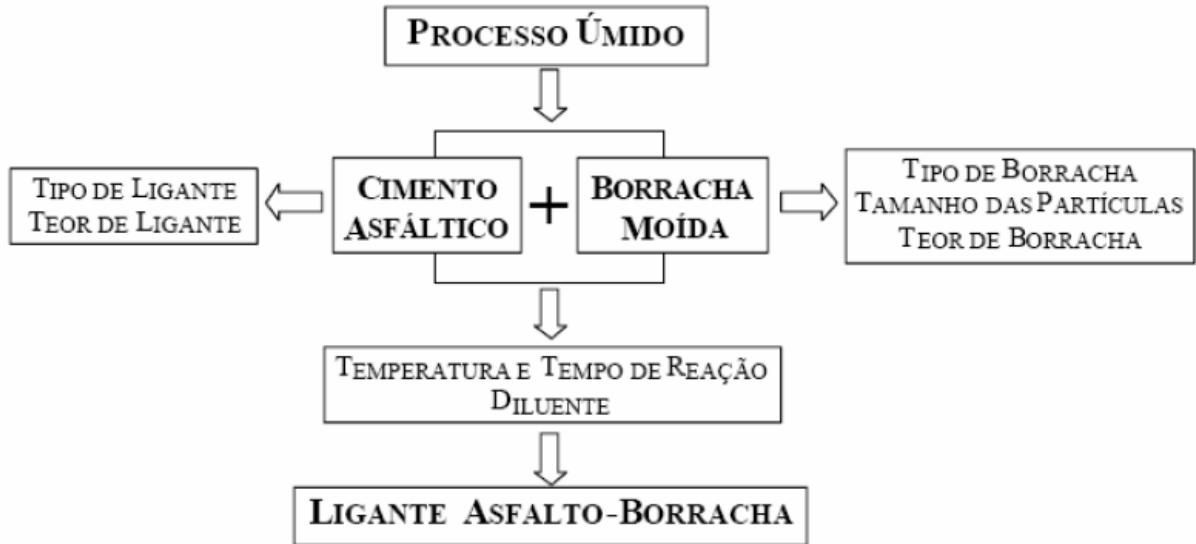


Figura2 – Processo úmido: fabricação do ligante asfalto borracha. Fonte: Oda (2000).

1.5 Estocagem e transporte

A temperatura dos ligantes modificados por borracha deve-se manter constante em seu transporte, porém durante a descarga, há perda expressiva de caloria, por isso é recomendável dispor de uma caldeira de aquecimento eficiente na usina para manter as temperaturas necessárias à usinagem. A caldeira de aquecimento deve dispor de um sistema de aquecimento que apresente boas condições e deve obrigatoriamente ser de óleo térmico, em bom estado, onde há manutenção de troca no mínimo a cada três anos (Bertollo, 2003).

Segundo Morilha Jr. (2006), o fabricante deve definir o tempo máximo e as condições de armazenamento e estocagem do cimento asfáltico modificado com adição de borracha de pneumáticos, para todas as situações específicas, bem como atestar garantia do produto asfáltico através de certificado, caracterizando o produto.

2 OBJETIVO

A finalidade deste trabalho é apresentar os principais aspectos ambientais, as possibilidades de aplicação e características técnicas bem como aspectos envolvendo o custo de aplicação e manutenção de pavimentos utilizando borracha reciclada.

3 METODOLOGIA

Foi realizada pesquisa bibliográfica sobre a Pavimentação Asfáltica, com ênfase na adição da borracha, para obter informações quanto ao destino e a reutilização de pneus, buscando alternativas pertinentes economicamente e ambientalmente viáveis.

De acordo com as normas do DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGENS (DER) foram realizados ensaios de caracterização dos materiais em laboratório, como:

- a) Densidade real do agregado miúdo (DNER-ME 084-95);
- b) Densidade do agregado graúdo (DNER-ME 081-98);
- c) Granulometria dos agregados (DNER-ME 083-98);
- d) Ensaio de Marshall para misturas betuminosas (DNER-ME 043-95).

Foram preparados corpos-de-prova cilíndricos, pesando cerca de 1260g e altura média de 6,35cm, +/- 0,13 cm para os ensaios. Com relação à mistura asfáltica os teores ensaiados foram: 6%; 6,5%; 7%; 7,5% e 8%.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

O principal objetivo desta etapa foi a definição de um projeto de mistura asfáltica utilizando-se de asfalto modificado por borracha, visando maior durabilidade do asfalto e o aproveitamento dos pneus inservíveis. Para tanto foram realizados ensaios de caracterização dos materiais necessários para a confecção de asfalto, tais como: agregado graúdo, agregado miúdo e material de enchimento. Seguindo as normas do DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGENS (DER) foram realizados os ensaios de granulometria dos agregados, determinação da densidade dos agregados, dosagem de misturas betuminosas para fim de caracterização dos materiais. Para verificar as porcentagens de betume deste traço, confeccionaram-se corpos-de-prova, e seguindo orientações de Senço (2001), o agregado e o betume foram aquecidos a temperatura especificada e processadas em moinho próprio. A mistura (Figura 3) foi colocada em molde aquecido e compactada no soquete elétrico, com peso de 4,54 Kg, caindo em queda livre da altura de 45,72 cm, dando-se 75 golpes em cada face (Figura 4).



Figura 3 – Preparação manual da mistura para compactação.



Figura 4 – Compactação da mistura com soquete elétrico, com peso de 4,54 Kg, caindo em queda livre da altura de 45,72 cm.

Para cada teor de betume devem-se haver três repetições de corpo-de-prova. Neste caso, os teores ensaiados foram: 6%; 6,5%; 7%; 7,5% e 8%. (Figura 5). Eles devem pesar cerca de 1260g com altura média de 6,35 cm, +/- 0,13 cm.



Figura 5 – Grupos de corpos-de-prova com teores de 6%; 6,5%; 7%; 7,5% e 8%.

Após compactação, o corpo-de-prova deve ser deixado em repouso durante a noite e posteriormente desmoldado cuidadosamente para evitar fratura e deformação.

Em seguida, foram realizadas as leituras que definem estabilidade e fluênci a de Marshall. Inicialmente os corpos-de-prova foram imersos em banho d'água com a 60°C por 40 minutos (Figura 6) e só então levados a prensa para ruptura.



Figura 6 – Banho d'água com corpos-de-prova a 60°C.

Com relação aos materiais utilizados na confecção do projeto de mistura asfáltica, pode-se relatar de acordo com a Tabela 2, a porcentagem de cada agregado a ser utilizado na mistura. Isso se dá pelo estudo da especificação e enquadramento em uma faixa de trabalho. Para tanto foram realizados os seguintes ensaios:

- a) Densidade real do agregado miúdo (DNER-ME 084-95);
- b) Densidade do agregado graúdo (DNER-ME 081-98);
- c) Granulometria dos agregados (DNER-ME 083-98);
- d) Ensaio de Marshall para misturas betuminosas (DNER-ME 043-95).

Os resultados podem ser observados nas Tabelas 2 e 3 e nas Figuras 7 e 8.

Tabela 2: Composição granulométrica

Peneiras					CALTRANS	BASALTO 4	BASALTO 4	BASALTO 4		SUPERCAL	
	Faixa de Trabalho		Especificação			Brita 1	Pedrisco	Pó de Pedra	Areia	Cal - CH 1	
	Min	Max	Min	Max		25,0	53,0	20,5	0,0	1,5	
# 200	4	8	2	7	6,2	1,2	2,0	16,6	0,0	96,7	
#80	5	10	4,5	10	7,5	1,4	2,3	21,6	0,0	99,2	
#40	8	14	7	15	9,4	1,7	2,6	29,9	0,0	100,0	
#10	10	17	10	20	11,9	2,0	2,8	41,1	0,0	100,0	
#4	35	42	28	42	41,5	5,9	34,0	100,0	0,0	100,0	
3/8"	80	92	78	92	87,1	48,4	100,0	100,0	0,0	100,0	
1/2"	90	100	90	100	96,7	86,8	100,0	100,0	0,0	100,0	
3/4"	100	100	100	100	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	

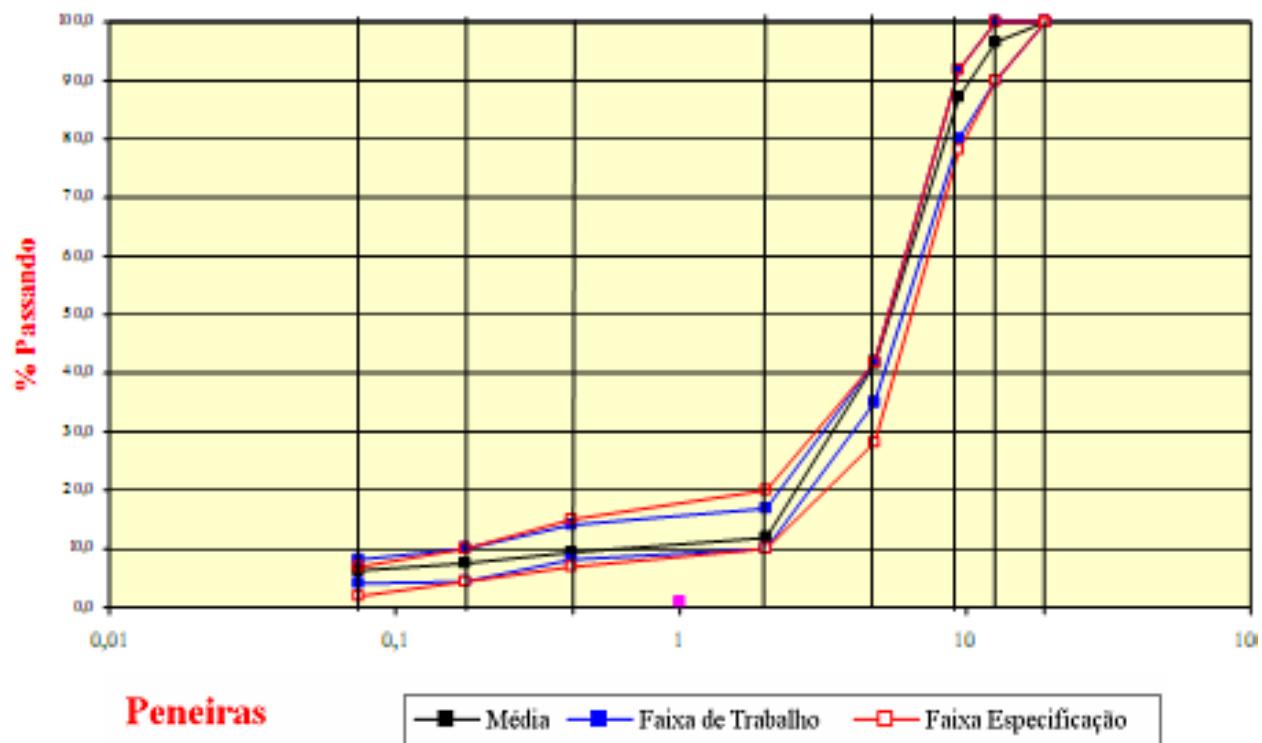


Figura 7 - Composição granulométrica

Os dados observados na Figura 8 projetam-se em gráficos responsáveis pela definição do traço da mistura asfáltica.

ESTUDO MARSHALL Data : 19/05/2009

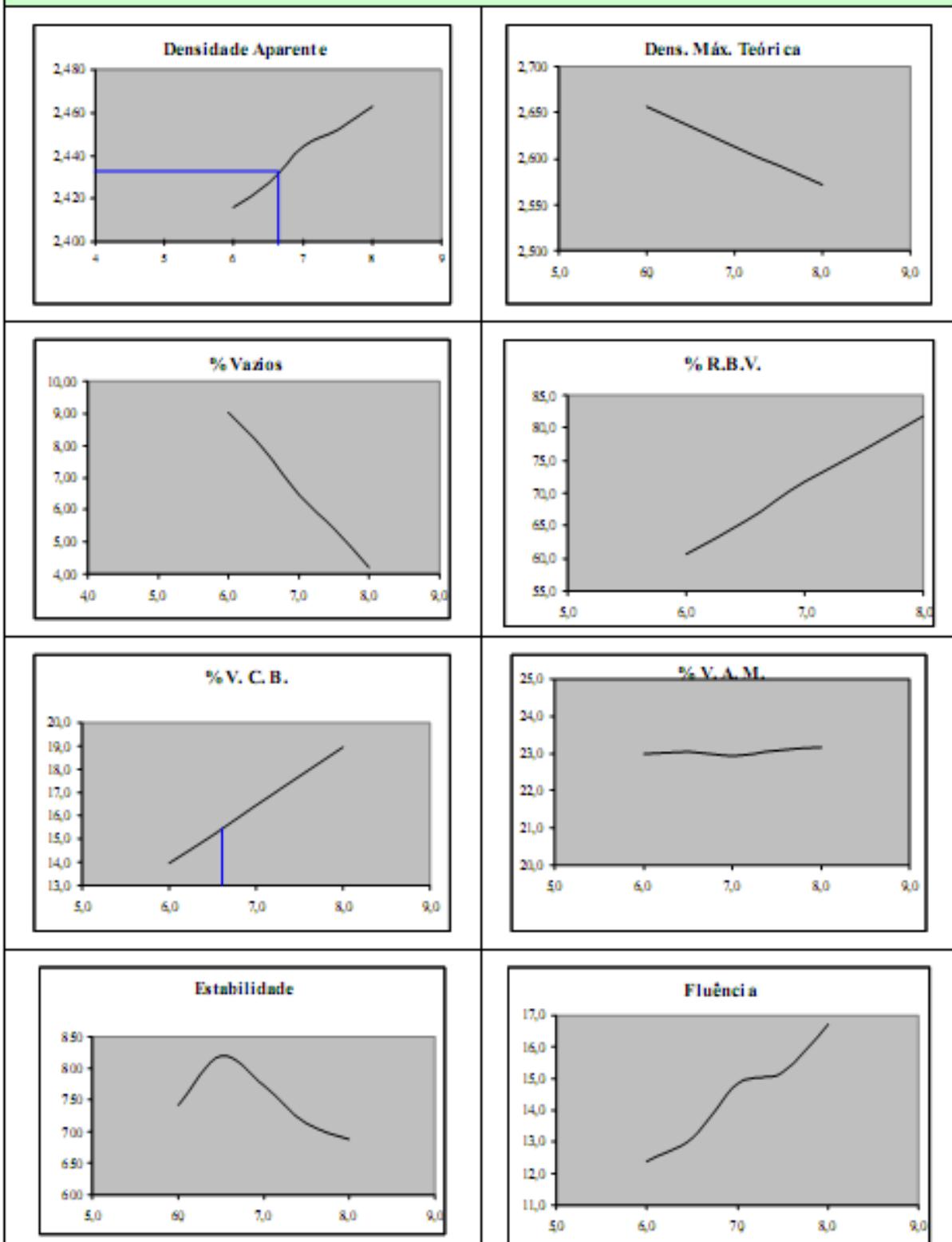


Figura 8 - Gráficos - Estudo de Marshall

Na Tabela 3, mostra-se um resumo dos dados e padrões exigidos encontrados após a realização dos ensaios. Tais dados foram utilizados para a produção da mistura de asfalto borracha em usina gravimétrica.

Tabela 3: Resumo dos dados e padrões exigidos encontrados após os ensaios

Controle Tecnológico		Data: 19/05/2009
Composição da Mistura		
Brita 1		25%
Pedrisco		53%
Pé de Pedra		20,60%
Cal CH1		1,50%
TOTAL		100%
Materiais (Densidade Real)		
Agregado Ret # nº 10		3,019 g/cm ³
Agregado Pass # nº 8 e Ret # nº 200		2,984 g/cm ³
Agregado Passante # nº 200		2,752 g/cm ³
Ecoflex B		1,040 g/cm ³
Resultados		
Especificação	Obtido	Mínimo
Teor Ótimo Asfalto Adicionado	6,80%	6,50%
Densidade Aparente	2,320 g/cm ³	
Densidade Máxima Teórica	2,525 g/cm ³	
Teor de Vazios	7,00%	4
Relação Betume Vazios (RBV)	67,00%	65,00%
Fluência (1/100")	13,6	8
Estabilidade Marshall	810 KGF	>700 kgf
De acordo com o Resultado dos Ensaios chega-ses à conclusão que a Mistura ideal na usina é:		
Mistura		
Brita 1		23,10%
Pedrisco		49,10%
Pé de Pedra		19,50%
Cal CH1		1,50%
Ecoflex B		6,80%
TOTAL		100%
Temperatura de compactação: 160°C a 165°C		
O Teor ECOFLEXPAVE B poderá variar em -0,3 e +0,3 Temperatura: 170°		

Conforme resumo dos resultados apresentados na Tabela 3, observa-se que a utilização de pneu inservível como melhorador do asfalto produz um pavimento com características de maior durabilidade que um asfalto convencional.

5) CONCLUSÕES

Atualmente questiona-se a respeito da destinação de pneus inservíveis em todo o mundo. A borracha, material de grande problema ambiental, quando miscigenado e fundido junto com o ligante, aumenta significativamente a vida útil do pavimento. Ele melhora a adesão ligante/agregado, retarda o aparecimento de fissuras e fadiga, diminui a necessidade de manutenção do pavimento.

No entanto ainda existem barreiras a serem superadas para o emprego desta tecnologia, principalmente econômicos, pois a Trituração de pneus é um processo muito caro, devido ao maquinário necessário para sua implantação.

Conclui-se que a borracha de pneu inservível, traz benefícios quando retirado do meio ambiente e quando se utiliza como melhorador do ligante asfáltico.

Por isso, o Asfalto Borracha possui inúmeras vantagens para ser adotado, tanto ambientalmente quanto na Construção Civil.

6) REFERÊNCIAS

- ABEDA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ASFALTO. **Manual básico de emulsões asfálticas. Soluções para pavimentar sua cidade.** 1. Ed. Rio de Janeiro: ABEDA, 2001.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9935: **Agregados.** Rio de Janeiro, 1987.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12891: **Dosagem de betuminosas pelo método Marshall.** Rio de Janeiro. 1993.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE INDÚSTRIAS DE PNEUMÁTICOS – ANIP (1999). Disponível em www.anip.com.br acessado em abril de 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15115: **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil;** Execução de camadas de pavimentação; Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116: **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil; Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12891. **Dosagem de misturas betuminosas pelo Método Marshall.** Rio de Janeiro, 1993.
- BERNUCCI, L. B. – **Pavimentação Asfáltica - Formação Básica Para Engenheiros.** Petrobrás, Rio de Janeiro: ABEDA. 2006.
- BERTOLLO, S.A.M. **Avaliação laboratorial de misturas asfálticas densas modificadas com borracha reciclada de pneus.** 2003. 198 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- CENPS - Centro de Pesquisas da Petrobrás. **Pavimentação Asfalto Borracha.** 2002.
- CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Pneus – O mercado para reciclagem.** Disponível em <<http://www.cempre.org.br>>. Acesso em maio de 2009.
- CERATTI, J. A.; CRUZ, L. L. da; NUÑEZ, W.P. **Estudo Comparativo do Desempenho de um Recapeamento Utilizando Asfalto Borracha em Pavimento Flexível.** Porto Alegre - RS, 2004.
- CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 18., 2004, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: ANPET, 2004.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Brasília. 1999. **Resolução CONAMA nº 258, de 26 de agosto de 1999.** Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25899.html>>. Acesso em: 22 de março de 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Brasília. 1999. **Resolução CONAMA nº 301, de 21 de março de 2002.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30102.xml>>. Acesso em: 05 de abril de 2009.

CURY, M. V. Q.; et al.. **Análise Sócio-Econômica e Ambiental Para o Uso de Asfalto Emborrachado na Construção de Rodovias**, Rio de Janeiro: IME, 2001, Dissertação (Mestrado em Transporte) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ESTRADAS E A INTERFACE**.

53

DEINFRA - DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA. ES-P 05B/05 - DEINFRA/SC: **Camadas de Misturas Asfálticas Usinadas a Quente com Asfalto Borracha**. Santa Catarina, 2005.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 043/95: **Misturas asfálticas a quente – ensaio Marshall: Método de ensaio**. Rio de Janeiro: IPR, 1995.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 084/95: **Agregados – determinação da densidade real do agregado miúdo: Método de ensaio**. Rio de Janeiro: IPR, 1995.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 054/97: **Equivalente de areia: método de ensaio**. Rio de Janeiro: IPR, 1997.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 081/98: **Agregados – determinação da densidade real do agregado graúdo: Método de ensaio**. Rio de Janeiro: IPR, 1998.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 083/98: **Agregados – análise granulométrica: Método de ensaio**. Rio de Janeiro: IPR, 1998.

DNER - DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ. ES-P 28/05 - DER/PR - **Pavimentação: Concreto Asfáltico Usinado a Quente com Asfalto Borracha**. Curitiba, Paraná, 2005.

DNER - DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. ET-DE-P00/030 - DER/SP - **A Pavimentação: Concreto Asfáltico Com Asfalto-Borracha (Processo Úmido)**. São Paulo, 2007.

DNER - DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. DNER-ME 054/097 ME 054: **Equivalente de areia**. Rio de Janeiro, 1997.

DNIT — DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.

DNIT 031/2004 - ES: **Pavimentação: concreto asfáltico**. Rio de Janeiro, 2004.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.

DNER-ME 035/95: **Peneiras de malhas quadradas para análise granulométrica de solos**. Rio de Janeiro, 1995.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.

DNER-ME 083/98: **Agregados: análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 1998.

GRECA, A. **Ecoflex Asfalto Borracha**. 2007. Disponível em <http://www.grecaasfaltos.com.br>

LEITE-SAULIN, B. L. T.; **Contribuição no estudo de aplicações do concreto DI (deformável e isolante) na construção civil**. 2008. Iniciação Científica. PIBIQ/CNPq-PRP - CESET- UNICAMP – Limeira, SP

- LEITE-SAULIN, B. L. T.; GACHET – BARBOSA, L. A. **Contribuição no estudo de aplicações do concreto DI (deformável e isolante) na construção civil.** Trabalho Publicado em anais do XVI Congresso Interno de Iniciação Científica. UNICAMP, 2008 – Limeira, SP
- LEITE-SAULIN, B. L. T.; GACHET – BARBOSA, L. A. **Transformando pneus inservíveis em concreto Deformável e Isolante e aplicando-os na construção civil.** In: IV Congrema (Congresso de Meio Ambiente), 2008 - Limeira, SP
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Resolução CONAMA N° 301, de 21 de março de 2002.** Disponível na internet no endereço. <http://www.mma.gov.br/port/conama/cfm>.
- MORILHA JR., A. **Estudo sobre a ação de modificadores no envelhecimento dos ligantes asfálticos e nas propriedades mecânicas e de fadiga das misturas asfálticas.** 2004. 165 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- MORILHA JR., A.; TRICHÊS, G. **Análise comparativa de envelhecimento em laboratório de nove ligantes asfálticos.** In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 34, 2003, Campinas. *Anais...* Rio de Janeiro: ABPV, 2003.
- ODA, S. **Análise da viabilidade técnica utilização do ligante asfalto borracha em obras de pavimentação.** Tese doutorado Escola de Engenharia de São Carlos. 250 p., 2000.
- PINHEIRO, J.H.M.; SOARES, J.B. **Realização e acompanhamento de dois trechos experimentais com asfalto-borracha no Estado do Ceará.** In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 18., 2004, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: ANPET, 2004.
- PIRELLI PNEUS. **Sobre pneus.** 2000. Disponível em:<<http://www.pirelli.com.br.htm>> Acesso em 07 março. 2009.
- SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação.** – Editora Pini. v. 2 São Paulo, 2001.
- SPECHT, L.P. **Avaliação de misturas asfálticas com incorporação de borracha reciclada de pneus.** 2004. 279 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- VIA VIVA. **Ecopontos.** Disponível em: <<http://www.viaviva.org.br/paginas/ecopontos.htm>> Acesso em 14 junho. 2009.

7) AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus. À Faculdade de Tecnologia, as empresas Greca Asfaltos e Garcia Terraplenagem cedente do material e do espaço para as pesquisas realizadas, ao PIBIQ/CNPq pela bolsa.