

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XXIV Seminário de Iniciação Científica

## MISTURAS ASFÁLTICAS MOLDADAS NAS FAIXAS B E C DO DNIT<sup>1</sup>

**Janaína Terhorst Pizutti<sup>2</sup>, José Antonio Santana Echeverria<sup>3</sup>, João Paulo Demari Avrella<sup>4</sup>,  
Ricardo Zardin Fengler<sup>5</sup>.**

<sup>1</sup> Projeto de pesquisa realizado no curso de Engenharia Civil da Unijuí

<sup>2</sup> Autora. Mestranda em Engenharia Civil, UPF, janapizutti@hotmail.com

<sup>3</sup> Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Unijuí, Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, orientador, jose.echeverria@unijui.edu.br

<sup>4</sup> Autor. Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Unijuí, joaoavrella@hotmail.com

<sup>5</sup> Autor. Mestrando em Engenharia Civil, UFRJ, ricardo\_z\_fengler@hotmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

Frente à destacada predominância do modal rodoviário no deslocamento de pessoas e bens, pode-se inferir que muito ainda deve ser feito em nossa malha pavimentada federal e estadual para que torne-se suficientemente competente há condições de tráfego seguras, confortáveis e propícias para suporte de possíveis sobrecargas.

O desenvolvimento de materiais mais resistentes para execução de obras rodoviárias está vinculado a melhoria das condições destas, consistindo dessa maneira, em uma diminuição dos defeitos na estrutura e funcionalidade das vias, como as patologias de deformações e trincamentos. Entende-se como sendo de suma importância que se acresçam técnicas, referentes a dosagens e misturas asfálticas, distintas dos convencionalmente utilizados, para que sejam consolidadas metodologias e ressoem em revestimentos com materiais e/ou projetos otimizados.

### 2. METODOLOGIA

#### 2.1 Materiais utilizados

-Agregados minerais

A amostra, com a qual os ensaios foram realizados, formou-se pela reunião de várias amostras parciais, tomadas em vários pontos do lote submetido à amostragem. Todos os agregados utilizados na pesquisa foram coletados, transportados e estocados conforme diretrizes da (DNER-PRO-120/97). Os agregados britados que foram analisados para compor a mistura foram: brita 1, brita 3/4", brita 3/8" e o pó de pedra.

Os materiais pétreos utilizados na pesquisa provieram da empresa CONSTRUBRÁS – Construtora de Obras Rodoviárias Ltda, a coleta dos agregados foi realizada na unidade de produção do município de São Luiz Gonzaga–RS.

-Ligante asfáltico

O cimento asfáltico de petróleo (CAP) empregado neste estudo foi o CAP 50/70, produzido na Refinaria Alberto Pasqualini – REFAP, sediada em Canoas – RS.

-Cal hidratada

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** XXIV Seminário de Iniciação Científica

O DNIT tem indicado a partir de 2009, a incorporação de cal em misturas do tipo concreto asfáltico para melhoria de desempenho e elevação de seu módulo. Utilizou-se para as misturas a cal do tipo dolomítica de classe dois – CHII com procedência da empresa FIDA de Caçapava do Sul–RS.

## 2.2 Caracterização dos materiais

Tendo-se como objetivo principal do presente trabalho a comparação de misturas moldadas no centro e nos limites das faixas B e C do DNIT, em revestimentos asfálticos executados a quente, realizou-se a análise granulométrica dos materiais escolhidos para este estudo a fim de verificar seu enquadramento nas faixas de trabalho determinadas pela norma DNIT – ES 031/2006. Adotou-se o peneiramento manual de todos os componentes da mistura seguindo especificações da DNER – ME 080/1994.

De acordo com a curva granulométrica formada por cada material tem-se seu provável comportamento quando utilizado em campo e também a distribuição de seus grãos quanto a seus tamanhos específicos. O ensaio para a determinação das massas específicas dos agregados depende do seu tamanho, se o material for graúdo, ou seja, maior que 4,8 mm (peneira no 4), deve ser utilizado o cesto metálico, ensaio preconizado pela norma DNER-ME 195/1997. Enquanto que, para a fração do material de areia de fundição e do pó de pedra, com grãos menores que 4,8 mm, foi utilizado o picnômetro através dos procedimentos da DNER-ME 084/1995.

## 2.3 Caracterização das misturas asfálticas

### 2.3.1 Dosagem Marshall

As misturas asfálticas dosadas e moldadas nessa pesquisa seguem o que preconiza a norma DNIT ES 031/2006, no que se refere à qualidade dos materiais empregados (agregados e ligantes), além das questões de conformidade e não conformidade das próprias misturas.

### 2.3.2 Ensaio equivalente de areia

A especificação da norma DNER-EM 054/1997 prescreve o método para obtenção do valor do equivalente de areia (EA) de solos ou agregados miúdos, usando reagentes e soluções específicas. Define-se como a relação volumétrica que corresponde a razão entre a altura do nível superior de areia e a altura do nível superior da suspensão argilosa de uma determinada quantidade de solo ou de agregado miúdo. A realização do ensaio se dá numa proveta sob condições estabelecidas na norma citada.

### 2.3.3 Ensaio de resistência a tração por compressão diametral

Conforme preconiza a DNIT-ME 136/2010, este ensaio determina a resistência à tração de corpos de prova cilíndricos de misturas betuminosas, através do ensaio de compressão diametral, o corpo de prova para o ensaio pode ser obtido diretamente na pista por extração, por meio de sonda ou moldado em laboratório.

### 2.3.4 Ensaio do módulo de resiliência

A norma DNIT-ME 135/2010, estabelece que o módulo de resiliência (MR) de misturas asfálticas é a relação entre a tensão de tração aplicada repetidamente no plano diametral vertical de uma

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** XXIV Seminário de Iniciação Científica

amostra cilíndrica de mistura asfáltica e a deformação específica recuperável correspondente à tensão aplicada.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Análise granulométrica

Em conformidade com a metodologia, as peneiras utilizadas na dosagem seguiram especificação do DNIT 031/2006, enquanto que, o método de realização da granulometria decorreu do DNER – ME 080/1994, norma esta, que preconiza a realização da granulometria com lavagem para que o pó existente entre os grãos seja eliminado e posteriormente os mesmos garantam maior aderência com o cimento asfáltico.

Procedido o peneiramento isolado de cada material, formulou-se a curva granulométrica de cada um dos constituintes da mistura, agregados britados e material de enchimento (cal). A partir desta caracterização segmentou-se à dosagem das misturas à serem analisadas mecânica e estruturalmente.

Os materiais pétreos apresentam características distintas entre si, como: Brita nº 1 (Cone): granulometria fechada/uniforme; Brita ¾" (VSI): curva íngreme, granulometria fechada, retido praticamente na peneira 3/8" e peneira ½"; Brita 3/8" (britador VSI): material retido entre as peneiras 4" e 10"; Pó de pedra: curva granulométrica aberta; Cal: porcentagem mais significativa passando na #200.

#### 3.2 Misturas realizadas

Com o reconhecimento granulométrico dos materiais, formulou-se seis misturas, as quais tiveram por finalidade atender a Faixa B (camada de ligação ou rolamento) e a Faixa C (camada destinada ao rolamento) do DNIT - ES 031/2006.

##### 3.2.1 Faixa B Referência

Para a composição da mistura dita como base, traçou-se uma mistura com vista à maior aproximação possível da faixa central e, com atenção para as faixas de trabalho estabelecidas pela norma DNIT 031/2006 – ES. Utilizou-se para esta todos os materiais pétreos disponíveis (brita 1, brita ¾, brita 3/8 e pó de pedra), além do CAP 50/70 e 1,5% de cal dolomítica.

##### 3.2.2 Faixa B limite superior

Para que fosse possível o enquadramento do material escolhido no limite superior da faixa B, tiveram de ser feitas alterações nas características granulométricas do pó de pedra. A alteração se deu devido a necessidade de mais material passante nas peneiras de menor diâmetro, logo acresceu-se 5% no passante da peneira nº10, 10% no passante da peneira nº40 e na peneira nº80, correspondentes ao material mencionado.

##### 3.2.3 Faixa B limite inferior

Seguindo a coerência utilizada no limite superior da faixa B, houve a adição de 5% passante na peneira nº 80 e 5% na peneira nº 200 do material pó de pedra. Nota-se que comparando esta com a

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** XXIV Seminário de Iniciação Científica

composição B superior, está mistura caracteriza-se por maior quantidade de agregados pétreos de maior diâmetro.

#### 3.2.4 Faixa C Referência

Para o enquadramento desta mistura, usou-se a mesma metodologia da mistura B Referência descrita anteriormente, porém, respeitou-se seus limites particulares estabelecidos no DNIT 031/2006 –ES.

#### 3.2.5 Faixa C limite superior

Para esta mistura utilizou-se grande quantidade de pó de pedra. Para tal, almeja-se uma menor quantidade de vazios.

#### 3.2.6 Faixa C limite inferior

Esta mistura exigiu a adição de 5% passante na peneira nº 200 do pó de pedra para melhor tangenciar seu limite. Em relação a mistura CSUP, aproximadamente a metade de material pó foi empregado, o que faz-se esperar um teor de vazios mais elevado.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS MISTURAS ASFÁLTICAS

#### 3.3.1 Dosagem Marshall

Após a definição das seis composições distintas, moldou-se 15 corpos de prova para cada uma delas a fim de determinar seus respectivos teores de ligante.

Estas combinações diferiram-se fundamentalmente em relação as quantidades de materiais graúdos e miúdos que conseqüentemente alteraram a demanda de ligante asfáltico.

Para este estudo, empregou-se a metodologia descrita, estimando-se um volume de vazios igual a 4%, a partir deste fator os teores de ligante de cada mistura acabaram por ser encontrados. Os valores correspondentes podem ser observados no Gráfico 1.

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XXIV Seminário de Iniciação Científica

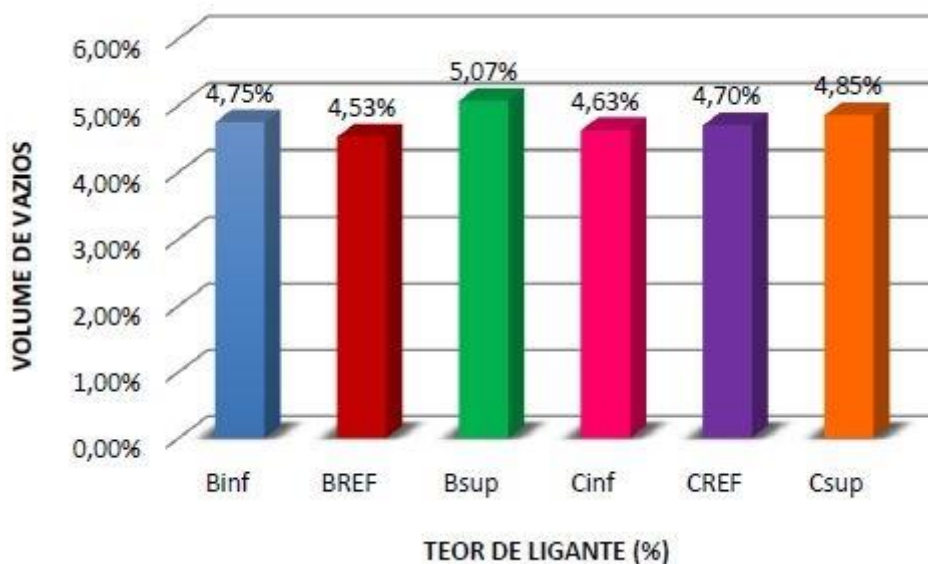


Gráfico 1: Teor de ligante nas misturas

Definidos os teores de projeto para cada uma das misturas, obteve-se sua inserção, em gramas de CAP, para realização dos demais ensaios propostos conforme concisos na Tabela 1.

MISTURA	TEOR DE LIGANTE (g)
CINF	58,3
CREF	59,2
CUSP	61,2
BINF	59,8
BREF	56,9
BSUP	64,1

Tabela 1: Inserção em gramas de CAP

### 3.3.2 Ensaio de Resistência à Tração por Compressão Diametral

A norma DNER – ME 138/94 preconiza este ensaio, o qual objetiva aferir a resistência à tração que o corpo de prova apresenta. Fez-se a análise através da média de 3 corpos de prova moldados com o teor de projeto de ligante para cada tipo de mistura, totalizando 18 CP's. Estimou-se através dos resultados obtidos, que as misturas BREF e CREF apresentaram valores menores de resistência a tração quando comparadas as misturas BSUP, CSUP e CINF. Portanto, com exceção da mistura BINF, as demais misturas tiveram suas resistências aumentadas em relação as misturas referências. O Gráfico 2 mostra os resultados obtidos.

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XXIV Seminário de Iniciação Científica



Gráfico 2: Resistência a tração da mistura

### 3.3.4 Ensaio de Módulo de Resiliência

Com intuito de verificar a tensão-deformação do pavimento, este módulo objetivou caracterizar a deformação das seis misturas asfálticas ensaiadas.

Para tanto, analisou-se 18 corpos de prova, 3 de cada mistura à temperatura estável de 25°C, visto que o módulo de misturas asfálticas tem grande influência desse valor, diferindo-se de materiais para execução de bases, sub-bases e subleito no tão influenciáveis pela temperatura e sim pela umidade.

Resumidamente, o Gráfico 3 mostra os resultados obtidos, constatando-se que a mistura da faixa C referência (CREF), foi a que apresentou maior valor para o MR, equivalente a 6395 MPa e o menor foi encontrado na BREF (3953MPa).

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XXIV Seminário de Iniciação Científica

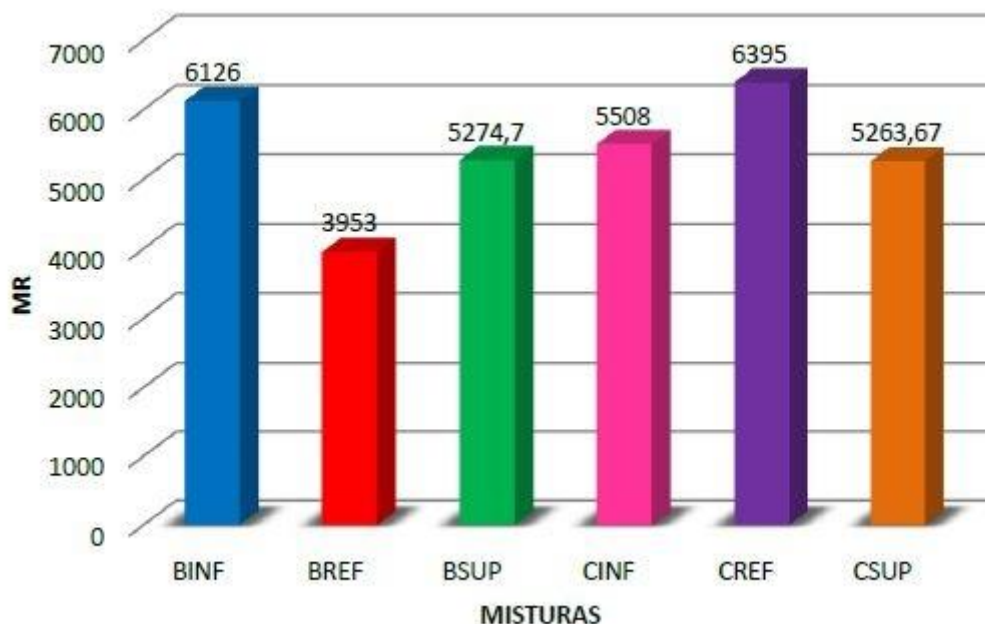


Gráfico 3: Médias dos MR's

### 3.3.5 Ensaio do Equivalente de Areia

O ensaio do equivalente de areia seguiu as especificações da norma DNER-ME 054/97, o qual objetiva determinar a proporção de material (pó ou argila) em amostras de agregado miúdo. Para melhor correlação de dados e seguindo particularizações da norma, ensaiou-se duas amostras de 110g de material de partículas menores que 4,8mm com solução de cloreto de cálcio-glicerina-formaldeído.

Mediu-se a altura de material floculado em suspensão e do agregado depositado por sedimentação e foram obtidos os valores referentes ao ensaio seguem na Tabela 2. Estes mostram que os agregados são satisfatórios para uso em concreto asfáltico, visto que o mínimo atingido deve ser 55% e obteve-se um valor de EA de 71%.

EQUIVALENTE DE AREIA		
	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2
<b>Leitura topo de areia</b>	5,6	5,8
<b>Leitura topo de argila</b>	7,8	8,3
<b>EA</b>	0,7179	0,6987
<b>Média</b>	0,7083	
	71%	

Tabela 2: Resultado ensaio EA

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XXIV Seminário de Iniciação Científica

#### 4. CONCLUSÕES

##### Dosagem Marshall

Todos os parâmetros analisados alusivos a dosagem Marshall satisfizeram as normativas consideradas, sendo o teor de ligante um dos fatores mais preponderantes para este trabalho. Dentre as misturas ensaiadas, as composições superiores, BSUP e CSUP, obtiveram um acréscimo no teor de ligante em relação a suas referências, sendo mais significativo o aumento obtido na mistura BSUP, o qual foi de 0,54%.

##### Resistência a tração

Através do ensaio de resistência à tração pode-se ressaltar que as misturas superiores obtiveram um aumento de valor em relação a suas referências, fato este, que repetiu-se para ambas as faixas, B e C, tendo acréscimos de 0,09 e 0,06 respectivamente. A mistura com a maior resistência a tração foi a CINF, assumindo o valor de 1,4MPa, visto que esta tem um teor de betume inferior em relação mistura referência. A mistura enfatizada anteriormente, BINF, teve comportamento individualizado sendo a mais baixa resistência a tração obtida.

##### Módulo de resiliência

De acordo com pesquisadores, os valores para MR devem se manter acima de 3000 para serem considerados satisfatórios, neste caso, todas atenderam as exigências. Referente ao ensaio de módulo de resiliência teve-se o maior valor apresentado pela mistura CREF, com 6395MPa e o menor valor obtido na mistura BREF, 3187,90MPa.

#### 5. PALAVRAS CHAVE

Concreto asfáltico; Composições granulométricas; Metodologia Marshall.

#### 6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6576: Materiais asfálticos - Determinação da penetração, Rio de Janeiro, RJ, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7207: Terminologia e classificação de pavimentação. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9935: Agregados – Terminologia, Rio de Janeiro, RJ, 2011.

BALBO, José Tadeu. Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558 p., il.

BERNUCCI, Leidi Bariani et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobrás: ABEDA, 2008. 501 p.,il.

CERATTI, Jorge Augusto Pereira; REIS, Rafael Marçal Martins de. Manual de dosagem de concreto asfáltico. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 151p., il.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 043: Misturas betuminosas a quente - Ensaio Marshall, 1995, Disponível em <<http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNER-ME043-95.pdf>> Acesso em 02/abril/2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 081 Agregados - Determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo – Método de ensaio, Rio de Janeiro – RJ, 1998, Disponível em <[http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNIT081\\_1998\\_ME.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNIT081_1998_ME.pdf)> Acesso em 02/mai./2015.



**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** XXIV Seminário de Iniciação Científica

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-EM 054: Equivalente de areia – Método de ensaio, 1997, Disponível em <<http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNER-ME054-97.pdf>> Acesso em 07/mai./2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE. DNIT 135-ME: Determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio, Rio de Janeiro – RJ, 2010, Disponível em <[http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNIT135\\_2010\\_ME.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNIT135_2010_ME.pdf)> Acesso em 06/mai./2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE. DNIT 136-ME:– Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio, Rio de Janeiro – RJ, 2010, Disponível em <[http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNIT136\\_2010\\_ME.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNIT136_2010_ME.pdf)> Acesso em 06/mai./2015.