

ESTUDO LABORATORIAL DO COMPORTAMENTO MECÂNICO E DE ADESIVIDADE DE MISTURAS EM CONCRETO ASFÁLTICO COM UTILIZAÇÃO DE ESCÓRIA DE ACIARIA

Diego Henrique Wesseling

Mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – PPGE
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Jorge Augusto Pereira Ceratti

Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – PPGE
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

RESUMO

Esta pesquisa de mestrado tem por objetivo avaliar o comportamento mecânico e de adesividade de misturas em concreto asfáltico, utilizando escória de aciaria como agregado em combinação com agregados pétreos. A reutilização da escória de aciaria traz benefícios ambientais, pois resolve a questão de deposição deste rejeito, além de diminuir a degradação ambiental em áreas de extração de agregados pétreos. O desempenho de um pavimento é fortemente condicionado pelas características que suas camadas exibem. Essas características dependem dos materiais utilizados (solos, agregados, e ligantes), da dosagem da mistura betuminosa, de suas condições de compactação e do processo construtivo. Para caracterização e verificação do desempenho das misturas asfálticas será realizada a moldagem dos corpos-de-prova através da Metodologia Marshall, com uso de CAP 50/60, sendo determinado, além das propriedades volumétricas, o módulo de resiliência (M_r), a resistência à tração (R_t) e a resistência retida à tração (RRT) (Metodologia Lottman Modificada) das cinco misturas.

ABSTRACT

This MSc research is carried out with the purpose of evaluating the mechanical behavior and stripping of asphalt concrete using steel slag aggregate in combination with conventional aggregates. The reuse of steel slag results in environmental gains. It not only helps to avoid the open-air deposition of this by-product but to reduce the environment degradation in areas of conventional aggregates extraction as well. The performance of a pavement strongly depends on the structural layers characteristics. These characteristics are affected by the used materials (soils, aggregates, and asphalt cement), the design of the asphalt mixture, and construction process, especially compaction. In order to characterize and verify the performance of hot asphalt mixes with CAP 50/60 (Brazilian binder classified by penetration), specimens will be molded and tested according to Marshall Methodology. In addition to volumetric properties, the resilient modulus, tensile strength and stripping (Modified Lottman test) of five mixtures will be evaluated.

1. INTRODUÇÃO

Existe uma profunda relação entre transportes e desenvolvimento econômico, uma vez que sem transportes não há qualquer possibilidade de pleno aproveitamento do potencial de uma região ou país. Ao analisar-se o atual sistema rodoviário brasileiro, torna-se evidente a pequena extensão de rodovias pavimentadas, que totalizam apenas 9,5% do total da malha rodoviária existente. A razão para tal fato está diretamente relacionada com a escassez de recursos públicos e com os altos custos dos materiais empregados na pavimentação de estradas.

O desempenho de um pavimento é fortemente condicionado pelas características que suas camadas exibem. Essas características dependem dos materiais utilizados (solos, agregados, e ligantes), da dosagem da mistura betuminosa, de suas condições de compactação e do processo construtivo. No caso de falha, principalmente no que diz respeito às camadas asfálticas, por serem componentes de alto custo e com importante função estrutural, é notável o insucesso econômico do investimento.

Devido à escassez de recursos financeiros, a necessidade de desenvolvimento, e a manutenção do meio ambiente, torna-se evidente a importância do estudo de novos materiais e/ou novas

combinações para que seja possível o desenvolvimento de novos materiais que possam apresentar bom comportamento e custo atrativo.

Desse modo, realizar-se-á um estudo visando verificar o comportamento mecânico e de adesividade de misturas em concreto asfáltico, utilizando escória de aciaria como agregado em combinação com agregados pétreos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A produção mundial de aço bruto em 2003 somou 962,5 milhões de toneladas, e em 2004, a projeção é de que a produção mundial poderá alcançar 1 bilhão de toneladas pela primeira vez segundo a Associação Brasileira de Metalurgia (www.abm.org.br). No Brasil em 2003 a produção de aço bruto alcançou 31,1 milhões de toneladas, conforme dados do Instituto Brasileiro de Siderurgia (www.ibs.org.br). Segundo Masuero (2001), em 2000 o Rio Grande do Sul foi responsável por 2,3% da produção brasileira de aço.

2.1. Escória

As escórias siderúrgicas são produtos gerados por processos industriais destinados a obter, em primeiro lugar o ferro gusa (ferro de primeira fusão) e em segundo lugar o aço. Segundo Silva (2002) a principal diferença entre eles é a quantia de carbono presente (gusa, 4% e aço, até 1,7%). No Rio Grande do Sul, as siderúrgicas são do tipo semi-integrada, operando apenas na etapa de refino e conformação do aço, não na produção de ferro primário, gerando escória de aciaria elétrica, conforme descreve Masuero (2001).

As características das escórias de aciaria dependem do processo utilizado para produção do aço. Rohde (2002) descreve os três grandes processos existentes pra fabricação do aço, diferenciados pelo diferente tipo de forno empregado no refino: o Siemens-Martin (Open Heart – OH), o conversor a oxigênio (Linz e Donawitz – LD ou Blast Oxygen Furnace – BOF) e o forno elétrico a arco (Electric Arc Furnace).

2.2. Meio Ambiente

A reutilização da escória de aciaria traz benefícios ambientais, pois resolve a questão de deposição deste rejeito, além de diminuir a degradação ambiental em áreas de extração de agregados pétreos. Masuero (2001) e Rohde (2002) classificaram as escórias de aciaria utilizadas em seus estudos como resíduo classe II (não inerte), capaz de gerar danos ao meio ambiente e saúde pública.

2.3. Uso em pavimentação

Desde o final da década de 70 a escória de aciaria vem sendo utilizada na infraestrutura de estradas em países como Estados Unidos, Inglaterra, Japão e Canadá. (Cavalcante *et al.*, 2003). No Brasil, o uso deste rejeito teve início em 1986, com a execução de 100Km de base e sub-base no estado do Espírito Santo (Silva, 2002).

2.4. Misturas Asfálticas com escória de aciaria

O desempenho de misturas asfálticas foi verificado em estudos realizados por Ali *et al.* (1992); Kandhall e Hoffmann, (1998); Silva, (2002); Cavalcante *et al.* (2003); Bagampadde *et al.* (1999), comprovando que a escória de aciaria é um material adequado para uso em concreto asfáltico, o qual é submetido a grandes solicitações causadas pelo tráfego de veículos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Planejamento do Experimento

O planejamento do experimento contempla a dosagem Marshall de cinco misturas em concreto asfáltico, variando-se a percentagem de escória de aciaria e agregado mineral nas misturas para determinação das propriedades volumétricas da misturas. Na Tabela 1 estão as composições de cada uma das misturas estudadas.

Tabela 1: Composição das misturas estudadas

Denominação	% Escória $\frac{3}{8}$ ''	% Pó-de-escória	% Brita $\frac{3}{4}$ ''	% Brita $\frac{3}{8}$ ''	% Pó-de-pedra
REFERÊNCIA	-	-	12	33	55
A	85	15	-	-	-
B	-	25	5	70	-
C	70	-	-	-	30
D	5	25	15	43	12

A caracterização mecânica das misturas será realizada através de ensaios de módulo de resiliência e resistência à tração.

Serão preparados, no teor de projeto de ligante (considerando volume de vazios de 4,0%), seis corpos-de-prova de cada uma das misturas para verificação da adesividade (dano induzido por umidade) – Metodologia Lottman Modificada.

3.2. Agregados

O agregado siderúrgico a ser utilizado nesta pesquisa será fornecido pela Gerdau Riograndense. Este agregado já foi empregado em outro estudo, realizado por Masuero (2001), na qual foi estudada a expansibilidade deste material. Neste estudo, a escória de aciaria a ser utilizada já se encontra estabilizado.

O agregado mineral que será utilizado nesta pesquisa é uma rocha basáltica da formação Serra Geral, semelhante à encontrada em outros pontos do estado e considerada a mais representativa desta região do país. O agregado foi coletado em uma jazida no município de Novo Hamburgo na região metropolitana de Porto Alegre.

3.4. Cimento Asfáltico

O CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo) a ser utilizado na pesquisa será o CAP 50/60 obtido da Refinaria Alberto Pasqualini – REFAP.

3.5. Metodologia

3.5.1. Metodologia Marshall

Para preparação das amostras e dosagem de cada uma das cinco misturas será utilizado o procedimento Marshall descrito em detalhe pelo Asphalt Institute (1989) e Asphalt Institute (1995).

As amostras serão preparadas em batedeira mecânica com cuba aquecida; a compactação foi realizada com compactador mecânico, sendo aplicados 75 golpes por face de cada amostra.

3.5.2 Módulo de Resiliência

O módulo de resiliência das amostras será determinado através das prescrições do DNER-ME 133/94. O ensaio será realizado à temperatura de 25°C.

3.5.3. Resistência a Tração – Tração por Compressão Diametral

O ensaio de compressão diametral ou tração indireta, conhecido internacionalmente como “ensaio brasileiro”, foi desenvolvido pelo professor Fernando Luiz Lobo Carneiro para determinar a resistência à tração de corpos-de-prova de argamassa através de solicitação estática. O ensaio será realizado à temperatura de 25°C e seguindo as prescrições do DNER – ME 138/94.

3.5.4. Ensaio de Adesividade – Metodologia Lottman Modificada

Este ensaio avalia a propriedade de adesividade em misturas asfálticas, considerando o efeito deletério de água em amostras cilíndricas preparadas através da Metodologia Marshall com volume de vazios de aproximadamente 7% ($\pm 1\%$). A análise é feita pela relação entre a resistência à tração de amostras com condicionamento prévio e amostras sem condicionamento. O ensaio será realizado conforme a norma AASHTO T 283-89.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- AASHTO T 283-89. (1989). Resistance of Compacted Bituminous Mixture to Moisture Induced Damage. In: American Association of State Highway Transportation Officials.
- ALI, N. A., CHAN, J.S. S., PAPAGIANNAKIS, T., THERIAULT, E. G., e BERGAN, A. T. (1992). The use of the Steel Slag in Asphaltic Concrete, effects of aggregates and mineral fillers on asphalt mixture performance. Transportation Research Record, 1652. p. 3-18.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA e MATERIAIS. Disponível na internet em <http://www.abm.org.br>. Consultado em 17 de maio de 2004.
- ASPHALT INSTITUTE. (1989) Asphalt Handbook. Lexington, Manual Series Nº4 (MS-4), 599p.
- ASPHALT INSTITUTE. (1995) Mix design methods for asphalt concrete and other hot-mix types. Lexington, Manual Series Nº2 (MS-2), 6 ed. 141p.
- BAGAMPADDE, U., WAHHAB A. H. I., e AIBAN, S. A. (1999) Optimization of steel slag aggregates for bituminous mixes in Saudi Arabia. Journal of Materials in Civil Engineering, p. 30-35.
- CAVALCANTE V. T. F. *et al.* (2003). Caracterização Mecânica de Mistura Asfáltica com Utilização de Escória de Aciaria como Agregado. XVII Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes, ANPET, Rio de Janeiro.
- DNER. (1994) Misturas betuminosas – determinação do módulo de resiliência: DNER – ME 133/94. Rio de Janeiro 1994, 5p.
- DNER. (1994) Misturas betuminosas – determinação da resistência à tração por compressão diametral: DNER – ME 138/94. Rio de Janeiro 1994, 4p.
- INSTITUTO BRASILEIRO SIDERURGIA. Disponível na internet em <http://www.ibs.org.br>. Consultado em 17 de maio de 2004.
- KANDHALL P. S. e HOFFMANN G. L. (1998). Evaluation of steel slag fine aggregate in hot-mix asphalts mixtures. Transportation Research Record, Washington, D. C., nº 1583, p. 28-36.
- MASUERO, A. B. (2001) Estabilização das Escórias de Aciaria Elétrica com Vistas a sua Utilização como Substituição ao Cimento. Porto Alegre, 2001. 268p. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- ROHDE, L. Escória de Aciaria Elétrica em Camadas Granulares de Pavimentos – Estudo Laboratorial. Porto Alegre, 2002. 94p. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SILVA, E. A. *et al.*, (2002) Utilização de Escória de Aciaria em Todas as Camadas do Pavimento. Instituto do Asfalto. In: Anais do 16º Encontro do Asfalto. Rio de Janeiro.

Endereço dos autores

Diego Henrique Wesseling
e-mail: dhwesseling@yahoo.com.br

Jorge Augusto Pereira Ceratti
e-mail: lapav@genesis.cpgce.ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Av. Osvaldo Aranha, 99 – 3º andar CEP: 90035-190 Porto Alegre – RS – Brasil Fone: (51) 3316-3483.

