

## **USO DA ESCÓRIA COMO AGREGADO EM MISTURAS ASFÁLTICAS TIPO CBUQ**

**Lia Madeira Nóbrega**

**Luis Edmundo Prado de Campos**

Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana

Universidade Federal da Bahia

**Jorge Barbosa Soares**

Universidade Federal do Ceará

### **RESUMO**

O objetivo da dissertação de mestrado em desenvolvimento é analisar as propriedades mecânicas de misturas asfálticas que utilizam escória como agregado em laboratório através do teste de fadiga, resistência à tração e módulo de resiliência. A escória utilizada é proveniente da RDM – Rio Doce Manganês (antiga SIBRA), indústria que produz 190.000 t/ano do rejeito. O uso da escória atualmente utilizado nos revestimentos dos pavimentos do Estado da Bahia e a destinação adequada desse resíduo foram as principais razões para o desenvolvimento deste trabalho. O rejeito estudado está sendo submetido a ensaios adicionais; análise química quantitativa e qualitativa.

### **ABSTRACT**

The study is the result of a thesis that has the aim of analyzing the mechanical properties of asphaltic mix that uses steel slag as aggregate, through fatigue analysis, stress strength analysis and resilient modulus analysis. The steel slag was obtained at RDM (Rio Doce Manganês) where 190.000 t of steel slag are produced per year. The use of the steel slag in asphaltic mix in the state of Bahia and its final destination are the main reasons for this study. The steel slag is being submitted to additional tests, both quantitative and qualitative chemical analysis.

### **1. INTRODUÇÃO**

A escória é um resíduo da produção de indústrias siderúrgicas, a geração na Europa é de aproximadamente 12 milhões de toneladas de escória por ano. No Brasil a produção de ferro-gusa, aço e ferroligas ficou em torno de 30.480.000 t no ano de 2003, sendo gerado 4,5 milhões de tonelada de escória, já que, em média, cada tonelada de aço gera 150 kg de escória. Na Bahia existem quatro grupos de empresas que produzem escória, RDM, Carafba Metais, Ferbasa e Gerdau, a produção de escória da RDM foi da ordem de 190.000 t/ano em 2003 (VDM, 2004; Castelo Branco, 2004; MME, 2003; Lima *et al*, 2000; Motz *et al*, 2001; Machado, 2000).

O uso de escória em pavimentação é uma aplicação de reciclagem de resíduos primordial para a preservação do meio ambiente reduzindo custo e consumo de energia. A utilização de escória em pavimentação, que se tem registro, começou no final da década de 70 nos Estados Unidos, Inglaterra, Japão e Canadá. No Brasil o uso de escória de aciaria em pavimentação não é recente havendo trechos executados há mais de 20 anos. (Cavalcante *et al*, 2003; Rohde, 2002; Alvarenga, 2001; Lima *et al*, 2000).

As escórias são utilizadas na pavimentação como materiais granulares nas bases e sub-bases e como agregados em revestimentos asfálticos (Silva e Mendonça, 2001; Lima *et al*, 2000). Na pesquisa em andamento o enfoque é dado ao revestimento asfáltico com mistura tipo CBUQ, caracterizando todos os materiais utilizados na mistura, confecção dos corpos de prova e ensaios no DERBA – Departamento de Infra-Estrutura de Transporte da Bahia e nos laboratórios de Mecânica dos Pavimentos (LMP) da Universidade Federal do Ceará, Geotecnia e de Química da Universidade Federal da Bahia.

## 2. OBJETIVO

O objetivo geral desta pesquisa é efetuar maior número de ensaios de caracterização mecânica utilizando escória na mistura asfáltica tipo CBUQ. Os objetivos específicos são:

- Estudar a expansibilidade da escória em estudo;
- Realizar ensaios de análise química quantitativa e análise química qualitativa;
- Realizar ensaios de teste de fadiga, resistência à tração e módulo de resiliência em misturas feitas em laboratório;
- Verificar a interferência da textura rugosa e vítrea da escória.

## 3. METODOLOGIA

O trabalho consta das seguintes etapas: (1) revisão bibliográfica, através de publicações nacionais e internacionais, dissertações, teses, relacionadas às diversas aplicações da escória visando um melhor direcionamento da pesquisa; (2) escolha de materiais e coleta para caracterização, confecção e ensaios em laboratórios; (3) definição dos traços a serem utilizados bem como aditivos como cal hidratada e condicionamento térmico; (4) confecção de corpos de prova com rocha a título de comparação; (5) análise dos resultados obtidos; (6) conclusões e recomendações para futuras pesquisas.

## 4. MATERIAIS E ENSAIOS

Foram coletadas cinco toneladas de escória proveniente da RDM na Prefeitura de Salvador, bem como ligante asfáltico proveniente da RLAM/PETROBRAS, localizado no município de São Francisco do Conde, classificado como CAP 50/60. A escória coletada apresenta duas granulometrias distintas, uma de 0 a 1/2" e outra de 0 a 3/8", portanto constituindo duas amostras diferentes

### 4.1. Ligante asfáltico

O ligante asfáltico foi submetido aos ensaios de penetração, densidade relativa, ductilidade, ponto de fulgor e ponto de amolecimento foram realizados no laboratório do Derba – Departamento de Infra-Estrutura de Transporte da Bahia, localizado no Centro Administrativo da Bahia e na RLAM/PETROBRAS. Os resultados são apresentados logo abaixo na Tabela 1:

**Tabela1:** Resultados dos ensaios do ligante asfáltico

Característica	Resultado	Unidade
Penetração	50	0,1 mm
Densidade Relativa	1,049	
Ductilidade	> 150	cm
Ponto de Fulgor	346	°C
Ponto de amolecimento	52	°C

### 4.2. Escória

A escória está sendo submetida aos ensaios de abrasão Los Angeles, durabilidade, densidade, equivalente de areia, expansibilidade e adesividade.

#### 4.2.1. Análise química quantitativa da escória de 1/2" e de 3/8"

A análise química quantitativa foi realizada pelo Departamento de Química da UFBA, onde são apresentados na tabela 2 os resultados da escória de 1/2" e de 3/8". As amostras foram ensaiadas sem cura feita em laboratório, tentando chegar o mais próximo possível da realidade em campo, com o intuito de conhecer os compostos sem às reações de hidratação que

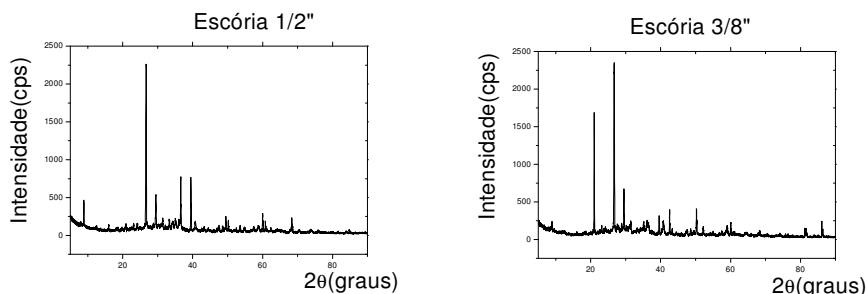
interferem nos compostos. Utilizou-se o material passando na peneira de 0,074 mm. A presença de 34,06% na escória de 1/2" e de 31,08% na escória de 3/8" de cálcio, manganês e magnésio são preocupantes, pois estes elementos são responsáveis pelo potencial expansivo do material. (Cavalcante, 2003)

**Tabela1: Resultados da análise química quantitativa**

Elementos	Escória de 1/2" (%)	Escória de 3/8" (%)
O	38.49	40.14
Mn	19.26	17.44
Si	15.23	16.02
Ca	12.55	11.60
Al	5.87	6.27
Fe	2.51	2.43
Mg	2.25	2.04
K	1.77	1.89

#### 4.2.2. Difração de raio-x

Para identificar a composição mineralógica foi feito este ensaio no Departamento de Química da UFBA. Os picos que aparecem na figura são as distâncias interplanares características dos minerais presentes, que estão relacionados com o raio atômico e os tipos de ligação. Para amostra de escória 1/2" foi detectado a presença de silicato de magnésio como o pico máximo conforme apresenta figura 1 e para a escória de 3/8" foi detectado o óxido de cálcio conforme apresenta figura 1.



**Figura 1: Resultados da difração de raio-x**

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisar e estudar a aplicação de escória na pavimentação em busca de dar uma destinação final adequada e com respaldo técnico é essencial para que outros projetos de reciclagem venham a ganhar espaço no emprego em construção civil. A literatura mostra que a escória quando estabilizada volumetricamente constitui um excelente agregado para pavimentação, podendo apresentar melhores características que os materiais convencionais.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao DERBA, Prefeitura de Salvador, RLAM/PETROBRAS, Laboratório de Mecânica dos Pavimentos/UFC, Geotecnia/UFBA, Química/UFBA e Rede Asfalto N/NE pelo apoio aos ensaios e fornecimento de materiais. Ao PROCES/CAPES/UFBA pela bolsa de mestrado.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarenga, J. C. A. (2001) *Um estudo de avaliação estrutural e econômica de pavimentos flexíveis de escória de aciaria*. Tese de mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ.

- Castelo Branco, V. T. F. (2004) *Caracterização de misturas asfálticas com o uso de escória de aciaria como agregado*. Tese de mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ.
- Cavalcante, V. T. F.; J. B. Soares; L. M. G. Motta; D. R. Aldigueri e E. B. Parente (2003) Caracterização mecânica de mistura asfáltica com utilização de escória de aciaria como agregado. *Anais do XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Rio de Janeiro.
- Lima, N. P.; Nascimento, J. F.; Val, V. P.; Albernaz, C. A. V. (2000) Pavimentos de alto desempenho estrutural executados com escória de aciaria. *Anais da 10ª Reunião de Pavimentação Urbana, Urbelândia/MG*.
- Machado, A.T. (2000) *Estudo comparativo dos métodos de ensaio para avaliação da expansibilidade das escórias de aciaria*. Tese de mestrado, POLI/USP, São Paulo/SP.
- MMM (2003) Sinopse do Balanço Energético Brasileiro. Ministério de Minas e Energia.
- Motz, H.; Geiseler, J. (2001) Products of steel slags an opportunity to save natural resources. *Waste Management* 285 - 293 [www.elsevier.nl/locate/wasman](http://www.elsevier.nl/locate/wasman).
- Rohde, L. (2002) Escória de aciaria elétrica em camadas granulares de pavimentos – estudo laboratorial. Tese de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Silva, E. A. e R. L. Mendonça (2001) Utilização da escória de aciaria em todas as camadas do pavimento. *Revista Engenharia Ciência e Tecnologia*, v.4, n. 2, p. 7-20.
- VDM (2004) Contato Pessoal. Companhia Siderúrgica Vale Doce Manganês.

---

Lia Madeira Nóbrega ([lianobrega@bol.com.br](mailto:lianobrega@bol.com.br))  
Luis Edmundo Prado de Campos ([ledmundo@ufba.br](mailto:ledmundo@ufba.br))  
Universidade Federal da Bahia  
Escola Politécnica  
Laboratório de Geotecnia/DCTM  
Rua Aristides Novis, 02 – 3º andar – Federação – Salvador/BA  
CEP: 40.210-630  
Jorge Barbosa Soares ([jsoares@det.ufc.br](mailto:jsoares@det.ufc.br))  
Universidade Federal do Ceará  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Engenharia de Transportes  
Campus do Pici – Bloco 703 – Fortaleza/CE  
CEP: 60455-760