

Capítulo I

Pavimentos

ESTUDO DA APLICABILIDADE DE SOLO CONTAMINADO COM PETRÓLEO COMO MATERIAL PARA REVESTIMENTO DE VIAS DE BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO

Daniel Rodrigues Aldigueri

Everton Bezerra Parente

Jorge Barbosa Soares

Laboratório de Mecânica dos Pavimentos – LMP
Departamento de Engenharia de Transportes – DET
Universidade Federal do Ceará – UFC

RESUMO

Em regiões de exploração de petróleo em terra, vazamentos em oleodutos são comuns. Este fato provoca, na maioria das vezes, a contaminação do solo local, gerando assim impactos no meio-ambiente (fauna, flora, etc). O presente trabalho tem por objetivo a avaliação do uso de um solo contaminado com petróleo (SCP) incorporado à misturas asfálticas do tipo CBUQ. Nas misturas asfálticas estudadas foram incorporados 4 teores de SCP, 10%, 20%, 30% e 40% em massa. Foram verificadas a influência do teor de SCP no módulo de resiliência e resistência à tração das misturas estudadas. Tendo em vista os aspectos analisados, este estudo avalia o potencial de uso do SCP como material componente das camadas de revestimento asfáltico para pavimentos rodoviários de baixo volume de tráfego, possibilitando uma destinação mais nobre do ponto de vista ambiental e econômico.

ABSTRACT

Wherever petroleum is explored in land there is risk for leaking, which leads to soil contamination, with great impact in the local environment. The present study investigates the use of a petroleum contaminated soil (PCS) at hot asphalt mixtures. It is presented results of the laboratorial mechanical behavior of mixtures with PCS using the resilient modulus and the indirect tensile strength tests. Four different PCS contents were investigated, 10, 20, 30 and 40%, along with their effect on the mechanical parameters. The results indicate the structural potential of the material as a component in asphaltic layers for low traffic roads, allowing an environmental correct use of the residue.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente com o potencial na área de produção de petróleo – cerca de 100 mil barris diários – e de gás natural – 4 milhões de metros cúbicos por dia, a bacia Potiguar (50 campos no RN e 5 no CE) possui a maior produção de petróleo em terra do Brasil. Neste contexto, estes campos de extração estão suscetíveis a vazamentos de petróleo provocando a contaminação do solo local.

O solo contaminado de petróleo (SPC) utilizado neste estudo é oriundo do vazamento da tubulação que levava petróleo do poço FZB-71, um dos mais de 360 poços do campo da Fazenda Belém, localizado no município de Icapuí (CE). O campo faz parte da Bacia Potiguar, que abrange os estados do Ceará e Rio Grande do Norte. A estimativa da quantidade de petróleo derramada foi em torno de 9.000 litros contaminando uma área de aproximadamente 2 hectares. Devido a sua viscosidade o petróleo escoado no local não se infiltrou facilmente, o que foi constatado por uma fina camada de contaminação deste material no solo.

Alguns autores têm estudado o uso de solo contaminado com petróleo em misturas asfálticas (Czarnecki, 1988; Meegoda et al., 1992). Meegoda et al. (1993) investigaram três misturas asfálticas constituídas com SCP. Os percentuais de contaminação de petróleo em cada solo como também os dados das misturas compostas com SCP estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Teores de contaminação dos solos estudados e valores de Vv, VAM e estabilidade Marshall das misturas compostas com SCP (Meegoda et al., 1993)

	Solo 1	Solo 2
Classificação do solo	Areia siltosa	Areia siltosa
Teor de contaminação de petróleo (%)	0,20	0,32
Teor de SCP na mistura em massa (%)	20,2	17,0
Vv (%)	8,5	5,8
VAM (%)	17,4	20,1
Estabilidade (kgf)	803	741

O objetivo principal do presente estudo é avaliar o comportamento mecânico de misturas asfálticas contendo solo contaminado com petróleo (SCP), a partir de resultados de ensaios de carga repetida (M_R) e resistência à tração (RT). Foram analisados os M_R 's e RT's das misturas considerando os percentuais de SPC utilizados e a comparação com as misturas compostas com os agregados convencionais oriundos do desmonte de rocha.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Coleta e caracterização do SCP

O material utilizado na pesquisa foi proveniente dos campos de exploração de petróleo situados entre os municípios de Icapuí - CE e Mossoró - RN. Este material foi fornecido pela UN-RNCE/Petrobrás (Unidade de Negócios Rio Grande do Norte Ceará da Petrobrás). Estas amostras de SCP consistiam de uma mistura de solo arenoso fino com petróleo. Tal mistura concedia uma maior aglutinação entre os grãos do solo aumentando sua coesão.

Para caracterização das amostras do SCP foram determinados os teores de contaminação de petróleo e as granulometrias das amostras. O teor de contaminação de petróleo foi determinado através do equipamento rotarex (DNER ME 053-94). O resultado pode ser verificado na Figura 1.

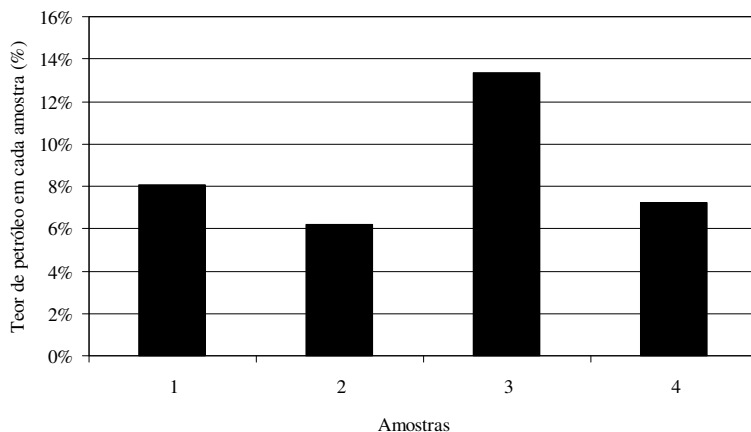


Figura 1: Teor de contaminação de petróleo nas diferentes amostras coletadas de SCP

Observa-se uma dispersão dos resultados, possivelmente, decorrente da falta de homogeneização do material quando da sua armazenagem e isolamento em campo. As

amostras 1, 2 e 4 apresentaram resultados semelhantes, respectivamente 8,0; 6,2 e 7,2 % de petróleo em massa total da amostra. A amostra 3 apresentou um teor bem mais elevado de 13,4%.

A granulometria do SCP foi determinada após a extração do petróleo. O procedimento adotado segue a norma do DNER-ME 51/94. Foram realizadas duas determinações por amostra totalizando 8 ensaios de granulometria. O resultado final é a curva granulométrica apresentada na Figura 2, sendo esta a média das determinações, onde se tem a porcentagem acumulada de material passando em cada peneira. Verifica-se que o tamanho máximo de grão é da ordem de 2 mm, caracterizando um material bastante fino, além de descontínuo como indica o formato da curva granulométrica.

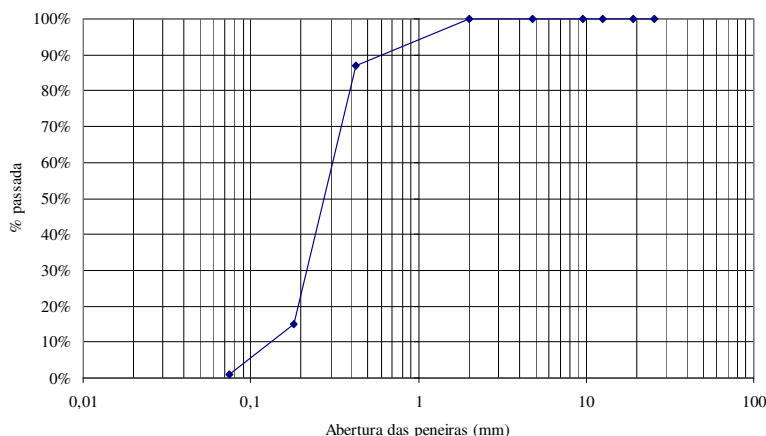


Figura 2: Curva granulométrica representativa do solo contaminado por petróleo

2.2. Seleção e caracterização de agregados locais

Foram selecionados agregados locais disponíveis para compor curvas granulométricas adequadas à confecção de misturas asfálticas. Os materiais selecionados foram: brita $\frac{3}{4}$, brita $\frac{1}{2}$, brita $\frac{3}{8}$ e pó-de-pedra. Estes materiais foram coletados na Pedreira do município de Dix-Sep-Rosado - RN, aproximadamente a 60 km do local de coleta das amostras de SCP. Os agregados, de origem calcária, foram caracterizados granulometricamente DNER-ME 83/98, sendo o resultado das granulometrias apresentado na Figura 3.

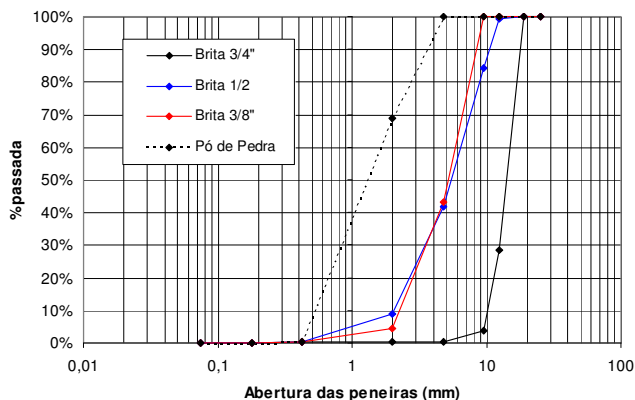
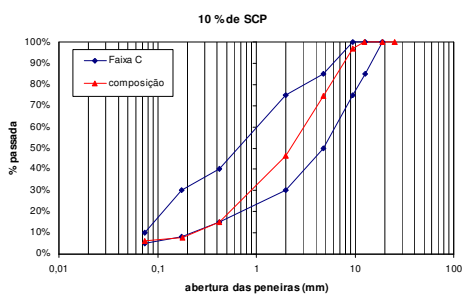


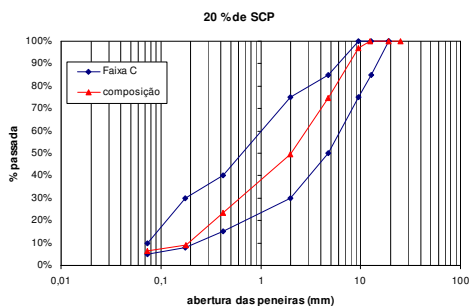
Figura 3: Curvas granulométricas dos agregados selecionados

2.3. Definição das curvas granulométricas da composição agregados + SCP

Para definição das curvas granulométricas da composição agregados + SCP, escolheu-se a faixa C (DNER-ME 313/97) como faixa de trabalho por esta ser a mais utilizada no Estado do Ceará. Foram montadas 4 curvas granulométricas compostas com os agregados selecionados, SCP e cal $\text{Ca}(\text{OH})_2$ como material de enchimento (fíler). Cada curva granulométrica foi obtida através da distribuição percentual dos agregados, do SCP e da cal. Estas curvas apresentam SCP nas quantidades de 10, 20, 30 e 40 % em massa da composição granulométrica final. Não houve necessidade do uso de brita $\frac{3}{4}$ para a montagem de curvas que se enquadram na Faixa C do DNER. As curvas e os respectivos enquadramentos na Faixa utilizada são apresentados na Figura 4.



(a)



(b)

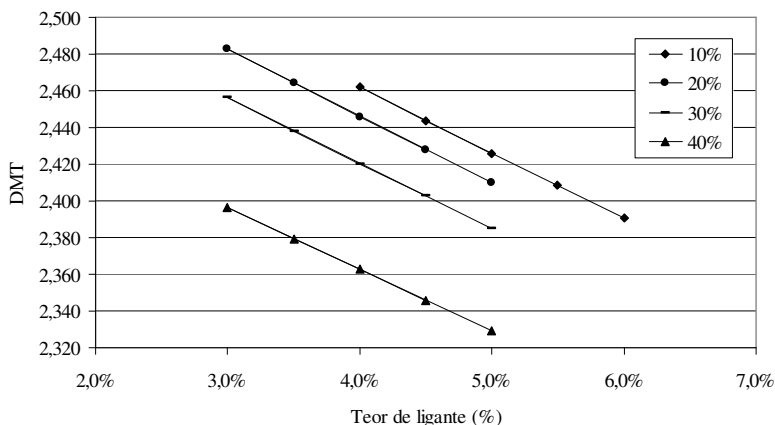


Figura 5: DMT's para os diferentes teores de ligante asfáltico e quantidades de SCP

Após a determinação da DMT, foram confeccionados os corpos de prova. Estes foram utilizados na determinação dos parâmetros volumétricos conforme a NBR 12891/93 e posteriormente na caracterização das propriedades mecânicas das misturas asfálticas. Os parâmetros volumétricos determinados foram vazios do agregado mineral (VAM), volume de vazios (Vv), relação betume-vazios (RBV) e densidade aparente.

As misturas com 10% de SCP nenhum teor de ligante satisfaz as especificações recomendadas de RBV e Vv para concreto betuminoso da norma DNER-ES 313/97. O teor de ligante de 5,0% para misturas com 20% de SCP satisfaz a condição de (3 a 5% de Vv), mas não satisfaz a recomendação de 75 a 82% de RBV constante desta norma. Apenas o teor de ligante com 4,5% com 30% de SCP satisfaz ambas as recomendações Vv e RBV. Quanto as misturas constituídas com 40% de SCP, nenhum teor de ligante satisfaz ambas especificações recomendadas de RBV e Vv.

3.2. Propriedades mecânicas das misturas asfálticas

As propriedades mecânicas analisadas foram módulo de resiliência (M_R) (DNER-ME 133/94) e resistência a tração (RT) (DNER-ME 138/94). Estas duas propriedades são fundamentais para um melhor entendimento do comportamento mecânico de misturas asfálticas. A primeira expressa a relação tensão/deformação do material, sendo portanto um parâmetro indicador da rigidez, e a segunda é a resistência à tração do material determinada de forma indireta por compressão diametral (Motta, 1991; Pinto, 1991, Falcão e Soares, 2002). Todos os ensaios de RT e M_R foram realizados a temperatura de 25 °C e os resultados obtidos são apresentados nas respectivamente nas Figuras 6 e 7.

Verifica-se que as misturas com 20% de SCP apresentaram elevados valores de M_R (acima de 5.000 MPa em alguns teores), bem como de resistência a tração, enquanto que as misturas com 40% de SCP foram aquelas que apresentaram os menores valores de M_R (abaixo de 1.500 MPa em alguns teores) e de resistência a tração. Observou-se ainda exsudação precoce (ao longo do ensaio de M_R) nas mistura com 40% de SCP e teor de ligante igual ou acima de 4%. De maneira geral, a média dos módulos das misturas analisadas encontram-se entre 2.500

a 3.000 MPa e os valores de resistência à tração entre 0,7 a 0,8 MPa, ficando a relação M_R/RT próxima de 3.000, comumente encontrada em misturas betuminosas no Ceará (Soares *et al.*, 1998, 1999).

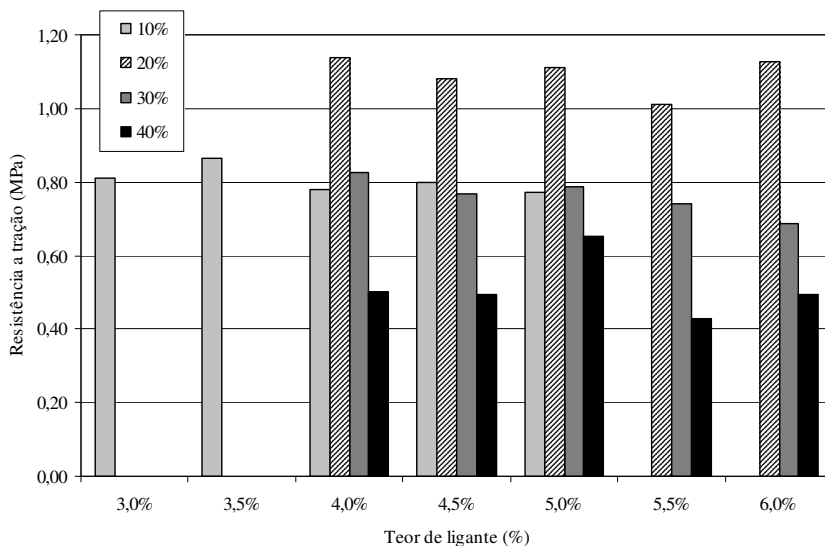


Figura 6: Valores de R_T para as misturas com 10, 20, 30 e 40 % de SPC

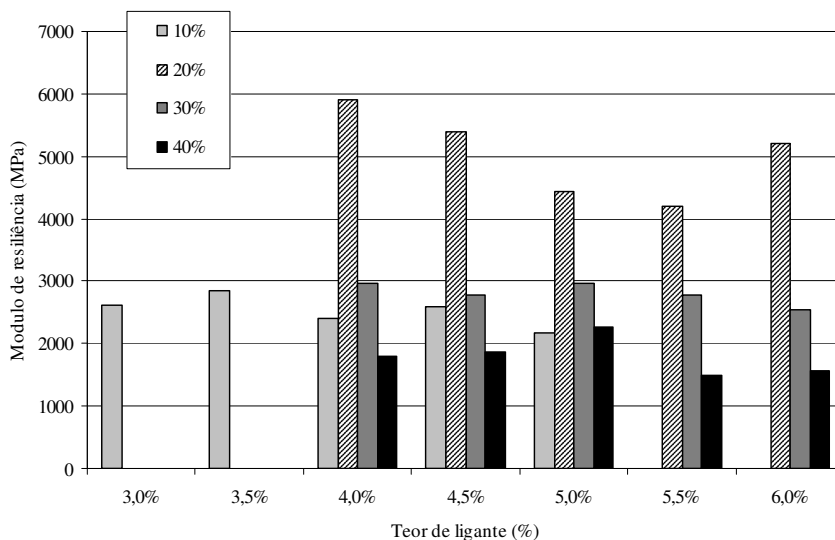


Figura 7: Valores M_R para as misturas com 10, 20, 30 e 40 % de SPC

4. CONCLUSÕES

As misturas asfálticas apresentaram valores compatíveis com a literatura de módulo de resiliência e resistência a tração, com exceção das misturas que continham 40% de SCP. Diante dos valores, as misturas podem ser aplicadas como camada de revestimento de pavimentos, no que diz respeito aos aspectos estruturais. Vale ressaltar que tais misturas, em sua maioria, não satisfazem as recomendações do DNER para concreto asfáltico relativas aos intervalos desejados de volume de vazios (3 a 8%) e relação betume-vazios (75 a 82%). Nem sempre as recomendações de parâmetros volumétricos do DNER são indicadores de misturas asfálticas adequadas à pavimentação (Aldigueri *et al.*, 2000). O estudo indicou o uso de SCP como componente das misturas em concreto asfáltico nas quantidades de 20 e 30% e com teores de ligante de 4,0; 4,5 e 5% para 20% de SCP e 3,5; 4,0 e 4,5% para 30% de SCP. O uso do SCP em misturas asfálticas é uma alternativa ao seu descarte, concorrendo para minimização de suas interferências nocivas com o meio ambiente. Deve-se destacar, contudo, que não existe propósito de contrapor um novo material aos materiais convencionais e que o emprego do SCP na construção de revestimentos rodoviários tipo CBUQ justifica-se frente aos problemas ambientais associados ao produto.

Agradecimentos

Os autores agradecem as equipes do Campo de Fazenda Belém da PETROBRAS – Ativo de Produção Mossoró e do Laboratório de Mecânica dos Pavimentos (LMP/UFC) pela participação nas discussões e ensaios de laboratório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldigueri, D. R.; Bernucci, L. B.; Moura, E. (2000) - O Estudo do Comportamento de Misturas de Areia Asfalto Usinadas a Quente Quanto à Deformação Permanente. 32ª Reunião Anual de Pavimentação da ABPv, Brasília, DF.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1993) – Dosagem de Misturas Betuminosas pelo Método Marshall. NBR 12891. Rio de Janeiro, Brasil.
- ASTM (2000) – Standard Test Method for Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixture.
- Czarnecki, R. (1988) - Marking Use of Contaminated Soils, Civil Engineering, ASCE, Dec. 1988, pp. 72-74.
- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1994) – Métodos de Ensaio – Misturas Betuminosas - Percentagem de Betume. DNER-ME 053/94. Ministério dos Transportes, Brasil.
- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1994) – Métodos de Ensaio - Determinação do Módulo de Resiliência de Misturas Betuminosas. DNER-ME 133/94. Ministério dos Transportes, Brasil.
- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1994) – Métodos de Ensaios – Misturas Betuminosas – determinação da resistência à tração por compressão diametral. DNER-ME 138/94. Ministério dos Transportes, Brasil.
- Falcão, M.F.B.; Soares, J.B. (2002) Considerações Sobre o Ensaio de Compressão Diametral no Estudo de Materiais de Pavimentação. XVI CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, ANPET, São Carlos. P 169-181 vol 1
- Meegoda, N.J.; DuBose, B.; Mueller, R.T.; Chen, Y. (1993) – Petroleum Contaminated Soils in Hot Mix Asphalt Concrete – An Overview, pp 183-194, Waste Materials in Hot-Mix Asphalt.
- Meegoda, N.J.; Huang, D.R.; Dubose, B.; Mueller, R.T. (1992) – Use of Petroleum Contaminated Soils in Asphalt Concrete, Chapter 31, pp 529-548, Lewis Publisher, 1992.
- Motta, L.M.G. (1991) Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis; parâmetros de confiabilidade e Ensaios de Cargas Repetidas; Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- Pinto, S. (1991) Estudo do Comportamento à Fadiga de Misturas Betuminosas e Aplicação na Avaliação Estrutural de Pavimentos. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, RJ, Brasil
- Soares, J.B.; Leite, L. M.; Motta, L. M. G. e Branco, J. V. C. (1999) – O efeito da consistência do CAP no teor ótimo e nas propriedades das misturas asfálticas. XIII CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, ANPET, São Carlos-SP.
- Soares, J.B.; Motta, L.M.G.; Nóbrega, L.M.; Leite, L.M.; Paiva, J.A.A.; Nobre, E.F. (1998) – Estudos Comparativo de Cimentos Asfálticos de Petróleo na Pista Experimental do Ceará. XII CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, ANPET, Fortaleza-Ce.