

EFFECTS OF THE BASE MATERIAL ON THE STRENGTH OF FULL-DEPTH RECLAMATION OF PAVEMENTS WITH CEMENT MIXTURES

Lucas M. Malabarba, William Fedrigo, Thaís R. Kleinert, Mario A. C. López, Washington P. Núñez, Jorge A. P. Ceratti

Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
lucas_malabarba@hotmail.com, williamfedrigo@hotmail.com, trkleinert@gmail.com,
maacastanedalo@gmail.com, wpnunez@superig.com.br, jorge.ceratti@ufrgs.br

Abstract. This paper presents and analyses the effects of the base material type on the unconfined compressive strength of full-depth reclamation of pavements with cement mixtures. The base materials employed on the study were: graded crushed stone (GCS), cement treated crushed stone (CTCS) and soil-cement (SC). These base materials were mixed in proportions of 80:20 and 50:50 with reclaimed asphalt pavement (RAP) originally made of conventional asphalt cement. Cement content was fixed in 4% (in mass), Proctor Modified effort was used when compacting the specimens and the curing time was fixed in 7 days. Test results showed that the mixtures unconfined compressive strength vary with the employed base material, presenting higher values for mixtures containing graded crushed stone and soil-cement.

Keywords: *Pavement, strength, reclaimed.*

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que no Brasil, o modal rodoviário possui grande representatividade no setor econômico e de transporte de passageiros; no entanto, tem-se verificado degradações precoces ocasionando transtorno e prejuízo para sociedade.

Infelizmente, a técnica vem sendo utilizada há pouco mais de três décadas no país. A falta de informação, do ponto de vista científico, compromete a eficácia do método, resultando em um desempenho da camada reciclada não condizente com o previsto em projeto. Deste modo, faz-se necessário realizar estudos acerca das

variáveis que influenciam na qualidade da técnica para viabilizar uma maior difusão do procedimento, além de assegurar um desempenho adequado.

1.1 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo analisar o efeito do material de base na resistência à compressão simples de três misturas de reciclagem profunda de pavimentos com adição cimento Portland.

2. RECICLAGEM DE PAVIMENTOS COM ADIÇÃO DE CIMENTO

Segundo a Portland Cement Association [1], a reciclagem de pavimentos com adição de cimento é a técnica que tritura o revestimento asfáltico juntamente com camadas inferiores do pavimento degradado; misturando o material com cimento para gerar uma nova base estabilizada.

A resistência à compressão simples (RCS) é um dos principais parâmetros analisados quanto da dosagem de misturas recicladas com cimento. O DNIT [2] e o DEINFRA-SC [3] recomendam que tal propriedade deve situar-se entre 2,1 MPa e 2,5 MPa, aos 7 dias de cura. Já o DER-PR [4] relata que o ideal deve estar entre 3,5 MPa e 8,0 MPa, também aos 7 dias de cura.

Internacionalmente, a Portland Cement Association (Ref. [1]) relata que os valores de RCS ideais devem estar entre 2,1 MPa e 2,8 MPa; já o Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones [5] indica que a mistura

reciclada deve atingir um valor de RCS sempre superior a 2,5 Mpa, ambos referentes a 7 dias de cura.

Conforme exposto pela Austroads [6] e pelo manual de reciclagem a frio da Wirtgen [7], a Tabela 1 apresenta os critérios para classificação e o tipo de material considerado, conforme seu grau de cimentação (relacionado à RCS).

Tabela 1 - Classificação dos materiais obtidos pela reciclagem com cimento através da RCS.

Tipo de material	RCS (MPa) (Austroads, 2002)	RCS (MPa) (Wirtgen, 2012)
Modificado	<1	-
Levemente cimentado	1-4	<4
Fortemente cimentado	>4	4-10

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

O programa experimental foi elaborado com o objetivo de avaliar a resistência à compressão simples de diferentes misturas recicladas com cimento Portland, visando identificar a influência do tipo de base e da porcentagem de fresado asfáltico nesta propriedade. O teor de cimento foi fixado em 4% (mínimo sugerido pela Ref. [5]), a energia de compactação empregada foi a Modificada de Proctor e o tempo de cura dos corpos de prova foi fixado em 7 dias, sugerido pelas Ref. [2], [3], [4], [5] e [7].

As proporções de base:fresado utilizadas foram de 20:80 e 50:50. A primeira simulando a reciclagem de pavimentos com revestimento asfáltico delgado, já a segunda respeitando os limites sugeridos pelas Ref. [1], [2] e [3].

3.1 Materiais

O cimento utilizado foi o CP II-E com classe de resistência intermediária (32),

bastante utilizado no país, sendo também um dos mais indicados na execução da reciclagem (PAIVA *et al.* [8]).

Os materiais de base utilizados no estudo foram: brita graduada tratada com cimento (BGTC), brita graduadas simples (BGS) e solo-cimento (SC); misturados com fresado contendo ligante asfáltico convencional e 4% de cimento.

Foi necessário utilizar agregado virgem (brita 3/8") para correção granulométrica da mistura formada por 80% de solo-cimento e 20% de fresado. Nas Figuras 1, 2 e 3 são apresentadas as curvas granulométricas das misturas com os limites propostos pela Ref. [7].

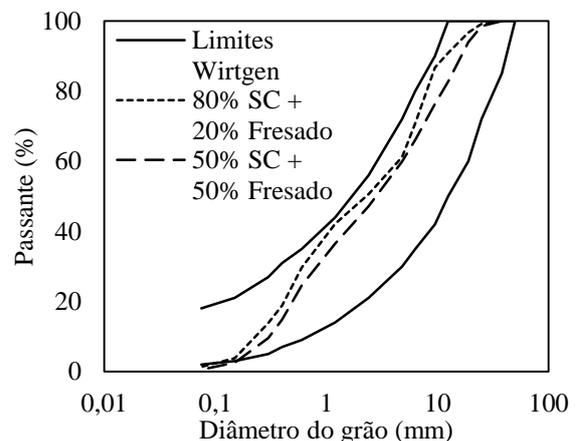


Figura 1 - Curvas granulométricas das misturas SC + fresado

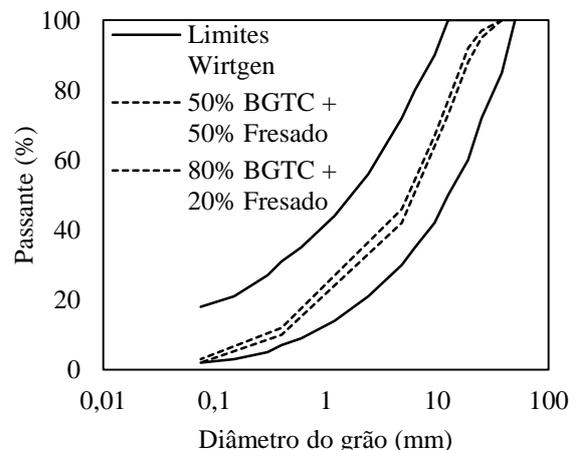


Figura 2 - Curvas granulométricas das misturas BGTC + fresado

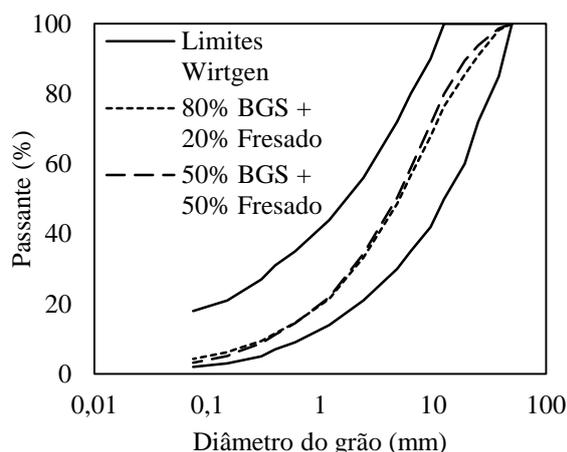


Figura 3 - Curvas granulométricas das misturas BGS + fresado

Foram realizados ensaios de compactação das misturas conforme o método de ensaio DNIT-ME/2013 [9]. A tabela 2 apresenta os resultados de peso específico aparente seco máximo ($\gamma_{sm\acute{a}x}$) e de teor de umidade ótimo (ω_{ot}).

Tabela 2 - Parâmetros de compactação obtidos para as misturas estudadas.

Mistura	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ (kN/m ³)	ω_{ot} (%)
80:20 BGS	21,1	7,6
50:50 BGS	20,7	7,1
80:20 SC	21,3	9,2
50:50 SC	21,3	9,6
80:20 BGTC	21,3	7,8
50:50 BGTC	21,1	5,6

3.2 Métodos

Para a confecção dos corpos de prova (CP) foram utilizados moldes com medidas internas de 10 cm de diâmetros e 20 cm de altura. Cada CP foi moldado através da compactação dinâmica de 5 camadas com 4 cm de espessura. A quantidade de material adicionada por camada e o número de golpes dados foram ajustados para reproduzir o peso específico aparente seco máximo obtido através dos ensaios de compactação.

No final do processo, foram recolhidas amostras do material excedente para verificação do teor de umidade ótimo.

Aceitou-se uma tolerância de $\pm 1\%$ em relação ao teor de umidade ótimo e exigiu-se grau de compactação superior a 95%.

Os ensaios de RCS foram realizados conforme o método de ensaio DNER-ME 091 [10]. Fez-se uso de uma prensa hidráulica digital e a velocidade de aplicação de tensão média nos corpos de prova foi mantida igual a 0,25 MPa/s

4. RESULTADOS

Nas Figuras 4 e 5 são apresentados os resultados de RCS para as duas proporções de base:fresado.

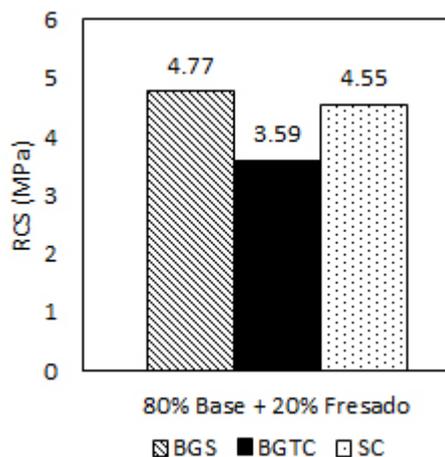


Figura 4 - Efeito do tipo de base na proporção 80:20 na RCS

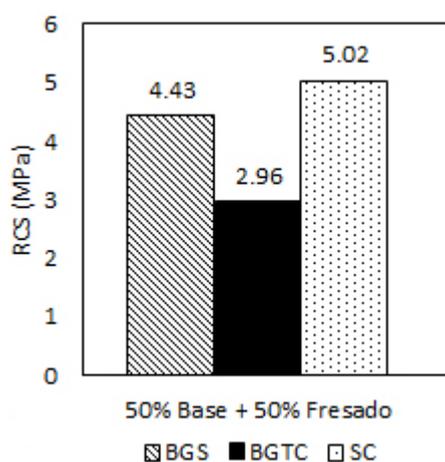


Figura 5 - Efeito do tipo de base na proporção 50:50 na RCS

Observou-se que as misturas alcançaram valores de RCS bastante elevados quando comparadas às especificações apresentadas pelas Ref [1], [2] e [5]. Entretanto, a mistura com 50% de BGTC e 50% de fresado apresentou RCS de 2,96Mpa, abaixo do mínimo exigido pela Ref. [4].

Verificou-se que com o aumento da porcentagem de fresado, houve decréscimo na RCS de 7% na mistura com BGS e de 18% nas misturas com BGTC; por outro lado, as misturas com SC apresentaram aumento na RCS de 10% com o aumento da porcentagem de fresado. Comparando as misturas, percebe-se que com 20% de fresado, as misturas com BGS apresentaram maior RCS, e com 50% de fresado, as misturas com SC apresentaram maior RCS.

5. CONCLUSÕES

As misturas contendo BGS alcançaram os maiores valores de RCS quando empregado 20% de fresado. Já para 50% de fresado, as misturas contendo solo-cimento foram as que apresentaram maiores valores de RCS.

Para as misturas com BGTC, os valores de RCS foram menores quando comparados aos obtidos para as demais misturas. Isso poderia ser explicado pelo fato das partículas de BGTC serem mais arredondadas devido à presença do cimento no material original, reduzindo o intertravamento e, por consequência, a resistência da mistura.

Também é possível destacar que, conforme a Austroads (Ref. [6]) e a Wirtgen (Ref. [7]), as misturas seriam consideradas levemente cimentadas (misturas com BGTC) e fortemente cimentadas (misturas contendo solo-cimento e misturas com BGS).

AGRADECIMENTOS

A todos os funcionários do LAPAV, LEME, LAGEOTEC e às empresas responsáveis pela coleta dos materiais.

REFERÊNCIAS

- [1] Portland Cement Association. Guide to Full Depth Reclamation (FDR) with Cement. Illinois, E.U.A, 2005.
- [2] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Concreto – ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos: DNER-ME 091/98. Rio de Janeiro, 6 p. 1998.
- [3] Departamento Estadual de Infraestrutura do Estado de Santa Catarina. Reciclagem profunda de pavimento com adição de cimento Portland: DEINFRA-SC-ES-P-09/12. Florianópolis, 2012.
- [4] Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná. Pavimentação: Reciclagem de pavimento in situ com adição de cimento: DER/PR ES-P 33/05. Curitiba, 13 p. 2005.
- [5] Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones. Reciclado de firmes in situ con cemento: Guías técnicas. Madrid, 12 p. 2013.
- [6] Austroads. Mix design for stabilised pavement materials: Austroads Publication AP-T16, Sydney, 43 p., 2002.
- [7] Wirtgen. Reciclagem a frio: Tecnologia de reciclagem a frio Wirtgen. Windhagen, Alemanha, 2012.
- [8] Paiva, C. E. L.; Oliveira, P. C. A.; Bonfim, V. As perspectivas de reabilitação de pavimentos no estado de São Paulo – Brasil: Enquadramento e técnicas usuais. Construção Magazine, Vol. 53, Porto, p. 34 – 38, 2013.
- [9] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas – Método de ensaio: DNIT 164/2013 – ME. Rio de Janeiro, 7 p. 2013b.
- [10] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas – Método de ensaio: DNIT 164/2013 – ME. Rio de Janeiro, 7 p. 2013b.