cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Pavimento composto (Blacktopping): Qualificação do concreto reforçado com fibras sobreposto por revestimento de misturas asfálticas

Diego Leandro Thomaz[1]; Matheus Ricardo Mazali Narusevicius[1]; Vivian Silveira dos Santos Bardini[1]
[1] Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas (FT-UNICAMP), Limeira-SP, Brasil

Palavras-chave: Pavimento composto. Concreto reforçado com fibras.

Introdução

O pavimento composto, denominado por Balbo (2005) pavimento asfáltico rígido-híbrido (blacktopping), constitui alternativa intermediária entre os pavimentos flexíveis e os rígidos, ao associar revestimento em mistura asfáltica a uma base de concreto de elevada rigidez.

Também designado pavimento rígido-flexível (HUANG et al., 2022), configura-se por uma camada asfáltica superficial flexível sobre base rígida de concreto de cimento (CC), concreto compactado com rolo (CCR) ou concreto armado contínuo (CAC). A base amplia a capacidade de suporte, enquanto o revestimento asfáltico proporciona maior conforto ao rolamento.

O sistema alia a capacidade de absorver deformações dos pavimentos flexíveis à durabilidade e à estabilidade dos rígidos, sendo solução viável e econômica, ainda pouco explorada no Brasil. Seu principal desafio é a aderência na interface entre as camadas, cuja ruptura por cisalhamento é o modo de falha mais comum (JIN et al., 2023).

Objetivos

Verificar o desempenho e a aplicabilidade de um concreto reforçado com fibras sobreposto por revestimento de misturas asfálticas, por meio de ensaios laboratoriais em amostras que reproduzem uma estrutura de pavimento composto do tipo blacktopping.

Metodologia

Foram moldados 16 corpos de prova (CPs) cilíndricos de 150 mm de diâmetro, com base de concreto reforçado com fibras de aço e revestimento asfáltico com AMB (CPs 1 a 8) ou CAP 30/45 (CPs 9 a 16), unidos por pintura de ligação. A superfície da base recebeu dois tratamentos: hidrojateamento (H) e ranhuras (R), com quatro CPs por combinação de ligante e tratamento.

Os CPs permaneceram por 2 h em incubadora a 25 °C e foram ensaiados por cisalhamento direto (configuração Leutner, acessório LPDS, Figura 1), com carregamento a 50 mm/min. Adotou-se como critério de aderência a tensão mínima de 0,85 MPa (Alemanha e Suíça).

- **Revestimento asfáltico:** duas misturas asfálticas (CBUQ), uma com cimento asfáltico de petróleo convencional (CAP 30/45) e outra modificada com polímero (AMB), à base de borracha de pneus reciclados, também conhecida como asfalto-borracha.
- **Concreto reforçado com fibras de aço:** adotou-se o método de dosagem da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), com substituição de parte do cimento por sílica ativa e adição de 20 kg/m³ de fibras de aço, para o traço T80sa.
- **Fibras de aço:** Dramix 3D 80/60 BG, com gancho, comprimento de 60 mm, diâmetro de 0,75 mm, fator de forma (l/d) igual a 80 e resistência à tração de 1225 N/mm².
- **Pintura de ligação:** emulsão asfáltica de ruptura rápida do tipo RR-2C, aplicada como ponto de aderência entre as camadas de concreto e de asfalto, a fim de avaliar o desempenho conjunto dos materiais por meio do ensaio de cisalhamento direto.

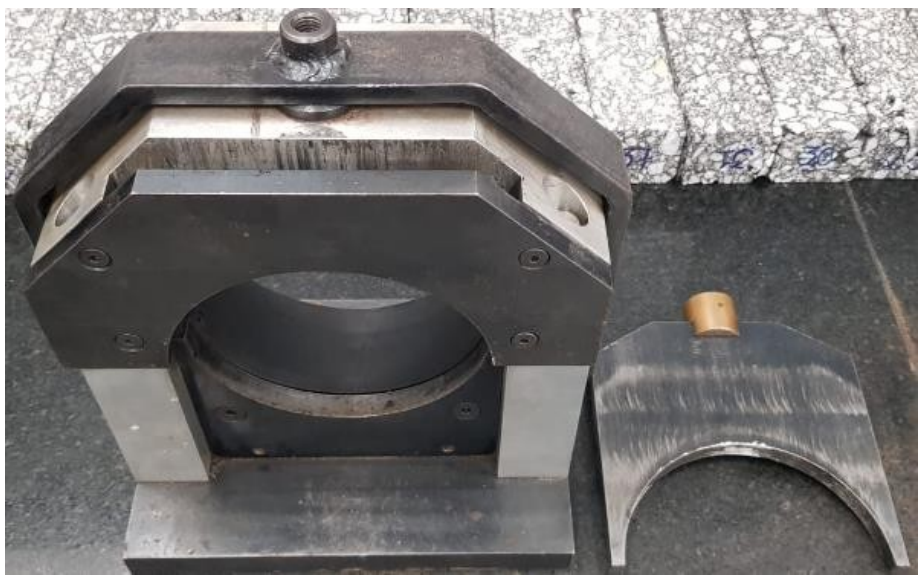


Figura 1. Acessório de cisalhamento direto (LPDS) utilizado no ensaio de aderência entre camadas.

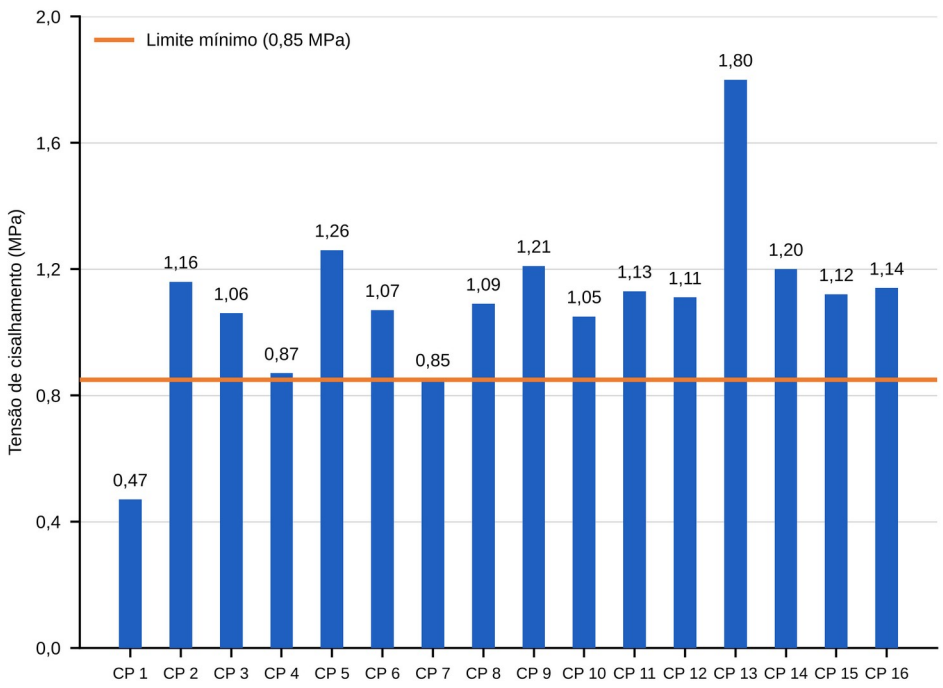
Resultados e Discussão

Tabela 1. Resistência obtida no ensaio de cisalhamento direto.

Amostra	Grupo	Área (mm²)	Carga (kgf)	Tensão (MPa)	Mínimo (MPa)
CP 1	BorrF-H	17671,46	852,00	0,47	0,85
CP 2	BorrF-H	17671,46	2095,00	1,16	0,85
CP 3	BorrF-H	17671,46	1919,00	1,06	0,85
CP 4	BorrF-H	17671,46	1566,00	0,87	0,85
CP 5	BorrR	17671,46	2262,00	1,26	0,85
CP 6	BorrR	17671,46	1922,00	1,07	0,85
CP 7	BorrR	17671,46	1533,00	0,85	0,85
CP 8	BorrR	17671,46	1969,00	1,09	0,85
CP 9	ConvF-H	17671,46	2177,00	1,21	0,85
CP 10	ConvF-H	17671,46	1884,00	1,05	0,85
CP 11	ConvF-H	17671,46	2042,00	1,13	0,85
CP 12	ConvF-H	17671,46	2001,00	1,11	0,85
CP 13	ConvR	17671,46	3250,00	1,80	0,85
CP 14	ConvR	17671,46	2161,00	1,20	0,85
CP 15	ConvR	17671,46	2018,00	1,12	0,85
CP 16	ConvR	17671,46	2046,00	1,14	0,85

BorrF-H: asfalto-borracha e hidrojateamento (CPs 1 a 4); BorrR: asfalto-borracha e ranhuras (CPs 5 a 8); ConvF-H: CAP 30/45 e hidrojateamento (CPs 9 a 12); ConvR: CAP 30/45 e ranhuras (CPs 13 a 16). Mínimo de 0,85 MPa. Valor abaixo do mínimo em vermelho.

Figura 2. Tensão de cisalhamento por corpo de prova e limite mínimo de aderência.



Todos os CPs, exceto o CP 1 (0,47 MPa), atingiram o mínimo de 0,85 MPa, o que corresponde a 93,75 % de resultados aceitáveis (15 de 16 CPs). As misturas com CAP 30/45 apresentaram as maiores resistências (média de 1,22 MPa, contra 0,98 MPa das misturas com AMB, calculadas a partir da Tabela 1), com destaque para o CP 13 (1,80 MPa), cujo valor mais elevado decorreu de leve desvio na aplicação da carga.

CAP 30/45. Os CPs com hidrojateamento (9 a 12) apresentaram maior estabilização, com apenas deslocamento da camada superior sobre a inferior, ao passo que os CPs ranhurados (13 a 16) tiveram a camada asfáltica totalmente arrancada após a aplicação da carga cisalhante.

Asfalto-borracha (AMB). As resistências foram menores, mas atingiram o mínimo, exceto no CP 1; dois valores ficaram no limite da norma (CPs 4 e 7). Resistências baixas podem ser explicadas por má compactação, superfície muito lavada, falta de massa asfáltica e baixa temperatura de compactação. Com hidrojateamento, os CPs 1 a 3 sofreram separação parcial ou total entre as camadas; já os CPs ranhurados (5 a 8) não se separaram, em razão da penetração da mistura com borracha nas reentrâncias da base rígida.

Conclusões

1. A aderência entre as camadas é significativamente influenciada pela qualidade da compactação, pela umidade residual e pela composição dos materiais; 15 dos 16 CPs (93,75 %) atenderam ao mínimo de 0,85 MPa.
2. O efeito do tratamento superficial depende do ligante: com AMB, as ranhuras favoreceram a aderência (nenhum CP separado); com CAP 30/45, o hidrojateamento proporcionou maior estabilização.
3. O ensaio de cisalhamento direto (Leutner) mostrou-se de fácil execução; a principal dificuldade está na obtenção de CPs com a configuração adequada. Na ausência de norma nacional específica, evidencia-se a necessidade de normatização para o contexto brasileiro.
4. O uso de materiais modificados, como o asfalto-borracha, mostrou-se promissor e alinhado às práticas sustentáveis de reutilização de resíduos, contribuindo para a durabilidade, a eficiência e a economia em projetos de infraestrutura rodoviária.

Referências e Agradecimentos

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

FLEXURAL and compressive behaviours of sustainable AC/RC composite system with various supplementary materials. **International Journal of Pavement Engineering**, 2021. DOI: 10.1080/10298436.2021.1873335.

HUANG, Y. et al. Laboratory study on mechanical properties of composite pavement under partial compression-shear load. **Construction and Building Materials**, v. 356, 2022.

JIN, T. et al. Investigation of interlayer bonding performance between asphalt concrete overlay and Portland cement concrete using inclined shear fatigue test. **Construction and Building Materials**, v. 400, 2023.

Agradecimentos: Os autores agradecem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento no congresso.