

DESEMPENHO MECÂNICO E RECOMENDAÇÕES DE UTILIZAÇÃO DE MISTURAS BETUMINOSAS COM ALTA TAXA DE RECICLAGEM REJUVENESCIDAS COM ÓLEO ALIMENTAR USADO OU *BIO-HEATING OIL*

Silvino Capitão

Instituto Politécnico de Coimbra, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, SusCita, Coimbra, Portugal & CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, capitao@isec.pt

Luís Picado-Santos

CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, luispicadosantos@tecnico.ulisboa.pt.

Armanda Almeida

Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal & CITTA, Centro de Investigação do Território, Transportes e Ambiente, armanda@dec.uc.pt.

Palavras-chave: Misturas betuminosas recuperadas, Rejuvenescimento, Óleo alimentar usado, bio-heating oil, desempenho mecânico.

Resumo Executivo

Este artigo apresenta uma síntese dos resultados do projeto CoolAsphalt, no qual se desenvolveram misturas betuminosas temperadas com 80% de MBR – misturas betuminosas recuperadas – e misturas a quente com 60% de MBR. Utilizaram-se como rejuvenescedores do betume envelhecido óleo alimentar usado (OAU) ou BHO (*bio-heating oil*). Além disso, apresenta uma análise comparativa de custos diretos destas misturas e de soluções convencionais, a qual mostra vantagens económicas consideráveis para estradas de tráfego médio e baixo. Apresentam-se também boas práticas para o uso das misturas estudadas, demonstrando o potencial destes materiais para viabilizar um maior aproveitamento de MBR, OAU e BHO.

O projeto envolveu a formulação e caracterização mecânica de várias composições de misturas betuminosas. Os constituintes das misturas betuminosas foram pré-aquecidos a 150°C (mistura a quente) e 130°C (mistura temperada). Antes da compactação, as misturas foram mantidas à temperatura de fabrico por 30 minutos para permitir a interação do rejuvenescedor com o ligante. Foram avaliadas propriedades volumétricas, Marshall e de sensibilidade à água em provetes cilíndricos compactados em laboratório. No processo de formulação, aceitaram-se misturas com estabilidade Marshall de 26,5 kN e deformação de 5,0 mm, considerando um aumento de 25% em relação ao habitualmente usado para misturas convencionais. A sensibilidade à água foi analisada pelo ensaio de resistência à tração indireta (ITS) a 15°C. Foram compactadas lajetas para ensaios de pista, a 50°C, tendo-se cortado vigas prismáticas para avaliar módulo de rigidez e fadiga em ensaios de flexão, a 20°C. Os ensaios de flexão foram realizados antes e após envelhecimento acelerado com UVB e ciclos de molhagem-secagem, simulando cinco anos de serviço no equipamento TEAGE (TEcnico Accelerated AGEing).

Construíram-se trechos experimentais (Figura 1) em condições de produção industrial para validar a tecnologia estudada em laboratório. As amostras recolhidas no campo utilizaram-se para comparar os resultados com os das misturas de laboratório e recomendar procedimentos para aplicação em obra.

As curvas granulométricas não seguiram totalmente o fuso de um AC 14 surf. A elevada quantidade de finos da MBR reduziu a porosidade, mas os valores de VMA cumpriram o mínimo de 14%. As misturas apresentaram

baixa sensibilidade à água (ITSR>80%), mas valores de ITS reduzidos nos tarolos de campo. A maior porosidade no campo deveu-se à granulometria um pouco mais grosseira, ao teor de ligante um pouco inferior e à mais baixa temperatura de compactação alcançada no campo. Também os distintos métodos de compactação em laboratório e nos trechos influenciaram o arranjo dos materiais e a porosidade.



Figura 1. Aspectos dos trechos experimentais e das misturas produzidas

Verificou-se uma boa resistência à deformação permanente, a 50°C, mas as lajetas de campo deformaram-se mais, pelo que a maior porosidade e a diferente estrutura do agregado pode explicar o pior comportamento apresentado pelas lajetas dos trechos. A mistura com 60% de MBR e OAU mostrou menor variação no campo relativamente aos resultados de laboratório.

As misturas a quente com 60% de MBR tiveram maior módulo de rigidez que as temperadas com 80% de MBR, independentemente do rejuvenescedor. A estrutura dos agregados e a presença de cera explicam essa diferença. As amostras de campo apresentaram resistência inferior, especialmente as misturas com BHO, as quais apresentaram nos trechos experimentais porosidade superior. Apesar das diferenças de porosidade, a resistência à fadiga das misturas com OAU nos trechos foi adequada e superior à de laboratório. As misturas com BHO também apresentaram resistência satisfatória, embora tenha havido redução após envelhecimento, mas ainda suficiente para estradas de médio/baixo tráfego, comparável a um AC 14 surf 35/50.

Para a construção de trecho experimentais, as misturas foram produzidas numa central de tambor-secador com entrada controlada de MBR, evitando o contacto direto com a chama. A mistura com 80% de MBR usou cera orgânica para reduzir a viscosidade do ligante e permitir fabrico a temperaturas mais baixas. A experiência demonstrou a viabilidade técnica da solução, exigindo cuidados como proteção e homogeneização da MBR, controlo de temperatura e dosagem, e monitorização contínua da composição. Recomenda-se a aplicação de boas práticas de armazenamento, transporte e análise da composição periódica da MBR. A tecnologia é viável, se a formulação e o controlo forem adequados.

A análise de custos diretos mostra que as misturas com elevada percentagem de MBR têm potencial económico, com custos entre 59% e 84% dos de um betão betuminoso convencional (AC 14 surf 35/50). No caso das misturas temperadas com 80% de MBR, há um acréscimo de custos devido à necessidade de cera orgânica, mas esse custo é parcialmente compensado pela redução no consumo energético. O BHO, por ter preço mais baixo, é uma alternativa viável ao OAU. A durabilidade estimada das misturas com MBR é comparável à convencional para estradas de médio/baixo tráfego, com custos anuais que podem ser até 47,6% inferiores, mesmo considerando cenários de variação na vida útil comparativamente a uma mistura convencional a quente.