

VIABILIDADE DA MULTI-RECICLAGEM DE CAMADAS DE DESGASTE BETUMINOSAS ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES REJUVENESCEDORES

Vítor Antunes

Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Tel: 218443000 Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, vantunes@lnec.pt

Ana Cristina Freire

Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Tel: 218443000 Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, acfreire@lnec.pt

Ricardo Campos

Faculdade de Engenharia, Universidade Lusófona – Centro Universitário de Lisboa, Tel: 217515500 Campo Grande 376, 1749-024 Lisboa, Portugal, ricardo_ribeiroc@yahoo.com.br

José Neves

CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Tel: 218418413 Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Ambiente, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, jose.manuel.neves@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO: Anualmente, as administrações rodoviárias alocam elevados orçamentos para a manutenção de pavimentos, resultando numa elevada produção de resíduos e consumo de recursos naturais. A reciclagem de misturas betuminosas recuperadas (MBR) requer o uso de rejuvenescedores para recuperar as propriedades do betume envelhecido. Neste estudo, avaliou-se a interação entre dois rejuvenescedores de origens distintas em misturas betuminosas com dois ciclos de reciclagem, incorporando 75% de MBR, em camadas de desgaste. Foram realizados ensaios laboratoriais para caracterizar o desempenho mecânico e funcional das misturas, comparando-as com uma mistura de referência (materiais virgens) e uma com um ciclo de reciclagem. As misturas analisadas enquadram-se na classificação de betão betuminoso AC 14 surf 35/50. A mistura com um ciclo de reciclagem foi envelhecida e britada para ser reutilizada no segundo ciclo de reciclagem, combinando dois tipos de rejuvenescedores. Os resultados indicaram que a interação entre os rejuvenescedores alterou significativamente o desempenho e as características da MBR, evidenciando boa compatibilidade. Assim, diferentes rejuvenescedores podem ser utilizados em ciclos sucessivos de reciclagem sem comprometer a qualidade da mistura betuminosa, favorecendo a sustentabilidade e a eficiência na reutilização de pavimentos rodoviários.

PALAVRAS-CHAVE: Economia Circular, Multi-reciclagem, Mistura betuminosa recuperada, Rejuvenescedores, Sustentabilidade.

A sociedade está a viver um apelo global para a reciclagem e redução de produtos de uso único, sendo a reutilização de materiais rodoviários gerados durante a manutenção e reabilitação de estradas obrigatória. Este procedimento contribui para a redução da extração de recursos naturais e consequente emissão de gases com

efeito de estufa, o que faz da Mistura Betuminosa Recuperada (MBR) uma importante mais-valia na engenharia no que respeita a um produto sustentável enquadrado no conceito de economia circular. Refere-se que a União Europeia pretende criar uma economia totalmente circular, atingindo os objetivos de neutralidade climática até 2050, para preservar o ambiente e reforçar a competitividade económica, no entanto, atualmente, apenas 12% dos materiais e recursos são reintroduzidos na economia. A economia circular na pavimentação pode ser aplicada no processo de reutilização dos materiais da camada de desgaste do pavimento mais do que uma vez, permitindo a reutilização de materiais de origem natural e reduzindo a eliminação precoce de materiais. A mistura betuminosa pode ser 100% reciclada sem reduzir a sua funcionalidade. A reutilização deste material em novas misturas betuminosas permite a aplicação do conceito de economia circular ao longo de todo o ciclo. A multi-reciclagem de MBR através da incorporação em novas misturas betuminosas apresenta vantagens consideráveis em termos de emissões de gases com efeito de estufa e de necessidades de novas matérias-primas. Com a incorporação de 100% de MBR em novas misturas betuminosas, os impactes ambientais podem reduzir-se até 30%, tendo em conta todo o ciclo de vida de uma mistura betuminosa.

O objetivo principal deste estudo foi avaliar a capacidade de multi-reciclagem da MBR e a interação entre dois rejuvenescedores de diferentes origens considerando dois ciclos de reciclagem da MBR em misturas betuminosas a quente com elevadas taxas de incorporação para camadas de desgaste de pavimentos rodoviários. Foram executados ensaios laboratoriais para simular as condições de produção e utilização no pavimento, de modo a ser possível analisar os resultados e compará-los com estudos anteriores.

Durante os estudos desenvolvidos foram realizados ensaios e analisados os resultados obtidos, relativos a uma mistura betuminosa com uma taxa de incorporação de MBR de 75% no segundo ciclo de reciclagem, tendo como objetivo verificar a interação entre dois rejuvenescedores diferentes, ambos rejuvenescedores comerciais de base natural, um utilizado no primeiro ciclo de reciclagem e outro no segundo ciclo. O rejuvenescedor utilizado no primeiro ciclo de reciclagem resulta de um subproduto da indústria de produção de papel através da utilização de madeira de pinho. No caso do rejuvenescedor utilizado no segundo ciclo de reciclagem, este provém de óleos de origem vegetal, sem identificação da sua origem. Para efeitos de comparação, foram utilizados os dados de um estudo anterior, onde foram analisados os seguintes materiais: uma mistura betuminosa (MB) sem adição de MBR (0% MBR), uma MB com uma taxa de 75% MBR no primeiro ciclo de reciclagem (75% MBR-1) e uma MB com 75% MBR no segundo ciclo de reciclagem (75% MBR-2).

Foram realizados ensaios laboratoriais para caracterizar o desempenho mecânico e funcional das misturas, comparando-as com uma mistura de referência (materiais virgens) e a mistura com um ciclo de reciclagem. O desempenho mecânico foi avaliado em termos de: rigidez (EN 12697-26); resistência à fadiga (EN 12697-24); e resistência à deformação permanente (EN 12697-22). O desempenho funcional foi avaliado considerando a avaliação da microtextura (EN 13036-4) e as características da macrotextura (EN 13036-1). Ambas as propriedades foram avaliadas em provetes prismáticos compactados com rolo, sem a aplicação de cargas ou ações que levassem à remoção da película de betume sobre os agregados.

As misturas analisadas enquadram-se na classificação de betão betuminoso AC 14 surf 35/50. A mistura com um ciclo de reciclagem foi envelhecida e britada para ser reutilizada no segundo ciclo de reciclagem, combinando os dois tipos de rejuvenescedores. Os resultados indicaram que a interação entre os rejuvenescedores alterou significativamente o desempenho e as características da mistura recuperada, evidenciando boa compatibilidade. Diferentes rejuvenescedores podem ser utilizados em ciclos sucessivos de reciclagem sem comprometer a qualidade da mistura betuminosa, favorecendo a sustentabilidade e a eficiência na reutilização de pavimentos rodoviários. O presente trabalho contribui assim para provar que a multi-reciclagem é uma forma sustentável de reutilizar os materiais da camada de desgaste dos pavimentos rodoviários, favorecendo a realização de ciclos de utilização da MBR, tendo presente os conceitos de economia circular na pavimentação rodoviária. Estudos posteriores efetuados com outras misturas betuminosas e rejuvenescedores, quer em laboratório quer *in situ*, poderão confirmar a viabilidade da multi-reciclagem das misturas betuminosas.