

7 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

7 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

O trabalho realizado no âmbito desta tese e explanado ao longo dos capítulos anteriores permitiu a elaboração de algumas considerações e recomendações que se apresentam de seguida.

Na antecipação ao aumento da necessidade de reabilitação de pavimentos existentes, a exploração e implementação da técnica de **reciclagem a frio com espumas de betume** emerge como uma mais valia, revelando-se normalmente como uma **solução económica e vantajosa**. Esta afirmação é sustentada pelas vantagens inerentes à utilização desta técnica tais como:

- ⇒ **economia de energia**, uma vez que evita a necessidade de proceder ao aquecimento dos agregados,
- ⇒ **redução das emissões poluentes**, nomeadamente de CO₂ resultante da menor temperatura de produção das misturas
- ⇒ **redução da exposição das pessoas** a “fumos” e vapores. Estes factores demonstram que a referida técnica compreende um maior cuidado com ambiente envolvente às intervenções a realizar e sustentam também a sua **viabilidade do ponto de vista ambiental**.

O comportamento das espumas de betume conjuga os comportamentos das principais soluções estruturais utilizadas em camadas de pavimentos: rigidez e flexibilidade. Fazendo variar as percentagens de cada ligante podemos modelar o comportamento das espumas de betume de forma a aproximá-lo do comportamento quer de materiais granulares, quer de materiais estabilizados com agentes betuminosos ou hidráulicos. Deste modo, a adaptação de uma solução com espumas de betume **pode ser mais facilmente modelada às solicitações em questão e ao comportamento estrutural pretendido** na solução idealizada.

O desconhecimento dos processos de rotura das espumas de betume nos primeiros estudos efectuados neste área, ocasionou que um número elevado de métodos

diferentes fossem utilizados na análise das suas propriedades. A não existência de normas que padronizem os métodos a utilizar é um dos grandes motivos para a manutenção deste facto. No entanto verifica-se ao longo dos últimos anos uma tendência para estabelecer, ainda que empiricamente, métodos mais ou menos consensuais para o estudo das espumas de betume e suas propriedades

A reciclagem de pavimentos a frio realizada “*in-situ*” com espumas de betume permite uma economia substancial devido (principalmente) aos seguintes factores:

- Os volumes de ligante a transportar e conseqüentemente, os seus **custos de transporte**, são inferiores aos referentes a outros tipos de ligantes utilizados em misturas a frio. Esta tendência economizadora é também verificada no caso da água a utilizar.
- Como as misturas de espuma de betume podem ser compactadas e sujeitas ao tráfego rodoviário imediatamente após a sua aplicação, os prazos das intervenções tendem a ser menores, com os inerentes ganhos de tempo e de não congestionamento.
- As espumas de betume apresentam uma elevada resistência a condições climáticas adversas, o que permite nos casos mais comuns, a sua aplicação sem interrupções.
- A adição de cimento às misturas de espuma de betume é benéfica pois aumenta a sua resistência. No entanto, é necessário ter em atenção que se adicionado em excesso induz na mistura um comportamento frágil, podendo verificar-se o aparecimento de fendilamentos por carregamento excessivo ou mesmo retracção.

A **grande variedade de materiais** que podem ser utilizados como agregados de misturas com as espumas de betume elevam o interesse de utilização desta técnica, nomeadamente na reciclagem de pavimentos, pois neste tipo de trabalhos é comum haver a necessidade de utilizar uma multiplicidade de materiais, **já existentes nos pavimentos a reabilitar**.

Há uma grande diversidade de variáveis que influenciam as propriedades das espumas de betume produzidas. O conhecimento destas variáveis e dos processos físicos envolvidos são auxiliares importantes na compreensão e optimização das mesmas. Destas variáveis realça-se o Foam Índice (**FI**), que se apresenta como um parâmetro muito útil na determinação da percentagem óptima de água a utilizar na produção das espumas. É também de extrema importância que, nos dispositivos utilizados para a produção das espumas de betume, as partículas de água injectadas no betume tenham dimensões entre 100 e 150 μm .

O caso de estudo elaborado neste trabalho foi importante pois permitiu verificar a viabilidade da reabilitação dos três tipos de soluções estruturais apresentadas recorrendo à reciclagem do pavimento com espumas de betume. Os ensaios realizados permitiram observar que os valores obtidos são semelhantes e por vezes **melhores do que outros métodos de reciclagem usuais**. É também visível a resistência das misturas de espumas de betumes a **condições de humidade** adversas.

Para concluir, salienta-se a necessidade de prosseguir a investigação desta técnica, recorrendo à sua utilização como solução para reciclagem de pavimentos de modo a que num futuro próximo sejam desenvolvidos **procedimentos padrão** para a utilização da mesma. Com a esperança de tal evolução deixam-se algumas directrizes para futura investigação:

- ⇒ O estudo da produção de espumas com os betumes mais comuns a **nível nacional**.
- ⇒ O desenvolvimento de um **processo padrão** para a produção das espumas de betume de modo a que sejam possíveis comparações entre diferentes estudos.
- ⇒ A **monitorização dos pavimentos reciclados** com esta técnica, de modo a aferir leis de fadiga às condições climatéricas e de tráfego verificadas a nível nacional.