



RECICLAGEM DE PAVIMENTOS EM TERMINAIS PORTUÁRIOS

João Bastos; António Ressurreição
Future Proman

francisco.bastos@future.proman.pt, antonio.ressurreicao@future.proman.pt

Introdução

O Porto de Leixões fica situado no Norte de Portugal, nas proximidades da cidade do Porto, sendo enquadrado pelas povoações de Leça de Palmeira a Norte e Matosinhos a Sul. O seu Terminal de Contentores é parte integrante do sistema portuário europeu desempenhando um papel de relevo na fachada Atlântica da Península Ibérica onde se assume como a estrutura inter-regional mais importante, sendo referência para as cadeias logísticas que operam nesta área.

A administração portuária é incumbida à entidade APDL - Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo, S. A., sendo que o Terminal de Contentores Sul (TCS) e o Terminal de Contentores Norte (TCN) são objeto de concessão por parte da YILPORT Leixões desde maio de 2000. Para melhorar o funcionamento e a operacionalidade destes Terminais, a YILPORT procedeu a uma reabilitação dos pavimentos dos terminais de contentores, nomeadamente nas vias de circulação, que se apresentavam bastante degradados.

Neste contexto, a Future Proman foi convidada a elaborar um estudo que teve como objetivo a caracterização do estado dos pavimentos das vias de circulação dos terminais, assim como a apresentação de soluções para a sua reabilitação, no sentido de repor os níveis de serviço exigidos para estas vias.

Para este efeito foi conduzida uma inspeção visual detalhada no local e uma campanha de prospeção geotécnica aos pavimentos existentes. Foi definida uma metodologia de dimensionamento assim como definidas as características e requisitos que cada material deverá cumprir de modo a assegurar os pressupostos de dimensionamento.

A particularidade deste projeto consistiu na utilização da técnica de reciclagem *in situ* com cimento da camada de base, permitindo assim realizar um rejuvenescimento/reforço do pavimento. Nesta técnica preconiza-se a reutilização parcial ou integral dos materiais constituintes das camadas do pavimento, que após serem submetidos a um processo de desagregação por fresagem são misturados e homogeneizados com cimento, água e eventualmente com aditivos e agregado, que por sua vez são convenientemente espalhados e compactados.

Para efeitos de verificação estrutural, foi adotado um período de dimensionamento de 10 anos, compreendido entre 2022 e 2031.

Considerações gerais sobre os terminais

De um modo geral, os pavimentos dos parques de contentores existentes são revestidos por blocos de betão e as vias de circulação por betão betuminoso.

Nas operações de movimentação de contentores ao longo dos terminais são usados os seguintes equipamentos, a saber:

- Veículos de transporte de contentores (*Tractor Trailers* e Camiões com semirreboque);
- *Reach Stackers*;
- Pórticos do Tipo *RMG* e Pórticos do Tipo *RTG* (zona renovada do TCS);
- Gruas de cais.

Na Figura 1 apresentada de seguida, ilustra-se o *Reach Stacker* que será utilizado no terminal.



Figura 1. Ilustração do *Reach Stacker* que será utilizado no terminal.

Zonas a intervir

O âmbito do projeto referido restringiu-se à análise das zonas de circulação existentes ao longo do terminal, conforme ilustrado na planta apresentada na Figura 2.



Figura 2. Zonas a intervir. Esq.: TCN; Dir.: TCS.

Os pavimentos do TCN têm uma antiguidade de cerca de 20 anos enquanto que os do TCS têm cerca de 14 anos. Os pavimentos das vias de circulação apresentavam-se muito degradados, condicionando as operações no porto e aumentando os riscos de segurança para os operadores do porto.

Caracterização da situação existente

Com o objetivo de estudar o estado de conservação dos pavimentos existentes, bem assim como entender as causas das degradações existentes, foi desenvolvido o estudo “Terminais de Contentores do Porto de Leixões (Sul e Norte) - Inspeção e Análise de Pavimentos”, que determinou que o estado de degradação dos pavimentos dos terminais se deve principalmente aos seguintes fatores, a saber:

- Estruturas de pavimento construídas sem capacidade para o período de serviço já decorrido, tendo em conta o número e tipologia de cargas que solicitam os pavimentos do terminal;
- Largo período de tempo sem trabalhos de reabilitação profundos desde o início do primeiro mecanismo de rotura, acelerando a degradação das estruturas de pavimento;
- A proximidade do mar e dos ventos dominantes, que podem participar na oxidação mais rápida do interior das misturas betuminosa, promovendo o envelhecimento do mástique betuminoso, com conseqüente perda de elasticidade, de flexibilidade e de coesão da mistura, potenciando a sua desagregação;



- Assentamentos diferenciais na interface entre pavimento e caleira, potenciando a acumulação de águas, com consequente infiltração no pavimento;

Em face da situação existente, verificou-se que os pavimentos dos corredores de circulação dos terminais carecem de intervenções pesadas, de carácter generalizado, que deverá abranger as camadas superiores betuminosas e a camada de base do pavimento.

Soluções de Reabilitação

Seguiram-se as recomendações enunciadas do estudo referido contemplando-se intervenções de reabilitação de carácter generalizado, em toda a extensão das vias de circulação dos terminais, através da substituição das camadas superiores betuminosas, por camadas betuminosas novas, de melhor qualidade, em todos os corredores de circulação.

Nos corredores de circulação exteriores do TCN, preconizou-se ainda a estabilização da camada de base, de modo a aumentar a rigidez da estrutura. Excetua-se o corredor N2, onde não se considerou necessário proceder a trabalhos na camada de base existente, uma vez que as solicitações são mais reduzidas – apenas se prevê a circulação de camiões de carga.

Para a estabilização da camada de base propôs-se a reciclagem *in situ* a frio das camadas granulares do pavimento existente, com a utilização de cimento como elemento estabilizador.

Na Figura 3 apresentam-se as estruturas de pavimento adotadas.

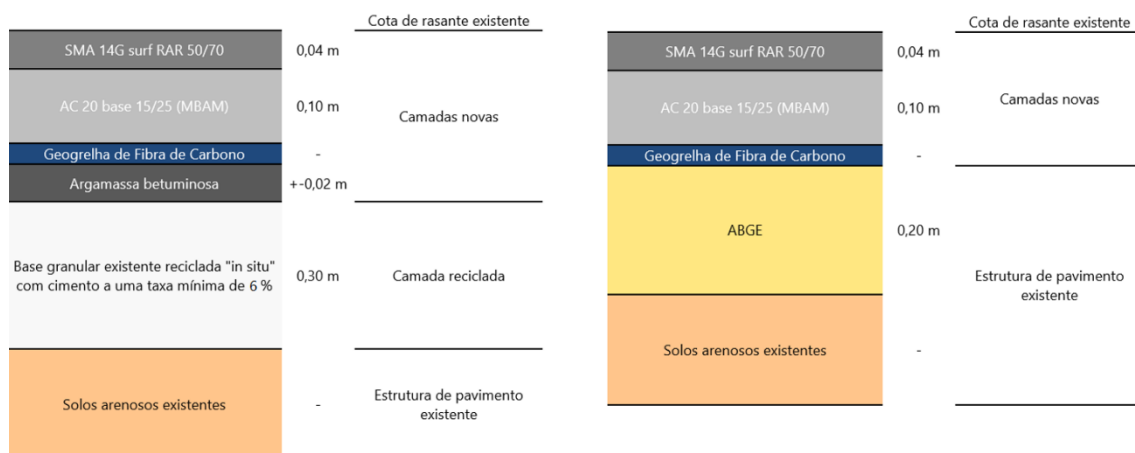


Figura 3. TCN - Estruturas de Pavimento adotadas. Esq.: N1, N3, N4, N5 e N6; Dir.: N2.

“A reciclagem *in situ* com cimento de um pavimento é um processo de rejuvenescimento/reforço de pavimento no qual se preconiza a reutilização parcial ou integral dos materiais constituintes do pavimento, misturas betuminosas e materiais granulares, que após submetidos a um processo de desagregação por fresagem são misturados e homogeneizados com cimento, água e eventualmente com aditivos e agregado, que por sua vez são convenientemente espalhados e compactados...” (CETO, IP)

Esta técnica permitiu alcançar um reaproveitamento bastante significativo dos materiais existentes, reforçando ao mesmo tempo a capacidade estrutural do pavimento.

Para a estabilização da camada, propôs-se uma dosagem mínima de cimento da ordem dos 6% de cimento por metro cúbico de mistura, sendo esta ajustada em obra, com base em estudo de formulação com material recolhido do local. O estudo de formulação permitirá também avaliar a necessidade da utilização de agregado para a correção granulométrica, que deverá possuir características idênticas aos dos materiais granulares utilizados em camadas similares.



No caso dos corredores de circulação do TCS, constata-se a presença de uma camada de base em betão, o que dispensa a necessidade de estabilização desta camada. Dessa forma, como as técnicas de pavimentação adotadas não incluem processos de reciclagem, tais detalhes não são abordados neste trabalho.

Materiais da camada de base granular reciclada com cimento

Após a remoção das camadas betuminosas, propõe-se a reciclagem *in situ* a frio da camada de base existente, com a utilização de cimento como elemento estabilizador.

A mistura final deverá conter uma taxa mínima de cimento de 6%, devendo cumprir as seguintes especificações:

- Resistência à compressão diametral aos 28 dias > 0.9 MPa;
- Resistência à compressão simples aos 7 dias > 5.0 MPa;
- Resistência à compressão simples aos 28 dias > 7.0 MPa;
- Resistência à tração por flexão > 1.1 MPa.

Esquema da operação para estabilização/reciclagem

No presente caso a estabilização/reciclagem foi feita por via seca de acordo com o procedimento ilustrado na Figura 4. Na estabilização por via seca, o ligante é espalhado sobre o solo em forma de pó, como um tapete de espessura uniforme.

- 1) Distribuição do pó aglutinante (cimento)
- 2) Mistura da base granular existente com o cimento
- 3) Pré-compactação
- 4) Correção do perfil da mistura espalhada
- 5) Conclusão da compactação e afinação

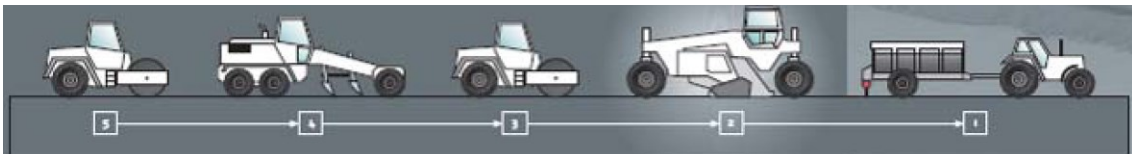


Figura 4. Esquema de operação para estabilização/reciclagem.

Considerações

A técnica de reciclagem *in situ* com cimento da camada de base permitiu alcançar um reaproveitamento bastante significativo dos materiais existentes, reforçando ao mesmo tempo a capacidade estrutural do pavimento.

A área abrangida, em que foi executada esta técnica, foi da ordem dos 15 045 m².

Referências Bibliográficas

- Future Proman (2021) – “TCL - Terminal de Contentores do Porto de Leixões - Reabilitação dos Pavimentos das Vias de Circulação Projeto de Execução.
- Ecoasfalt - Estabilizado de suelos y reciclado de firmes con cemento/cal, Ecoasfalt 2019.