

## V-043 - RECOMPOSIÇÃO DE PAVIMENTO DECORRENTE DE ABERTURA DE VALA REFORÇADA COM GRELHA DE FIBRA DE CARBONO

### **Leandro Reis Andrade<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade de Guarulhos. Mestre em Habitação pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). Engenheiro Civil da Egis Engenharia e Consultoria Ltda.

### **Gisleine Coelho de Campos<sup>(2)</sup>**

Engenheira Civil, Mestre e Doutora pela Escola Politécnica da USP. Pesquisadora do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).

### **Nélson César Menetti<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia Mauá. Pós Graduado em Engenharia e Saúde Pública pela USP. Engenheiro Civil e Gestor de Contratos da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida João Paulo Ablas, 1430 – Jardim da Glória - Cotia - SP - CEP: 06711-250 - Brasil - Tel: (11) 4551-2077 - e-mail: [andrade.01@gmail.com](mailto:andrade.01@gmail.com)

### **RESUMO**

Foi avaliado neste estudo o desempenho da grelha de fibra carbono utilizada como reforço da camada de capa asfáltica no processo de recomposição de pavimento decorrente de abertura de vala em vias de tráfego de veículos. Esta aplicação teste foi realizada em parceria com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) – Unidade Metropolitana Leste (ML) e com apoio da empreiteira CTL Engenharia Ltda. Para este teste foi definida uma estratégia objetivando, de forma prática, avaliar o desempenho do reforço de pavimento desenvolvido pela S&P Clever Reinforcement Brasil Ltda., sendo escolhidas duas valas recompostas pelas mesmas equipes (de reaterro e de reposição de capa asfáltica) e na mesma faixa de rolamento da via de tráfego, sendo uma vala com aplicação do reforço e a outra sem. Esta metodologia buscou minimizar a interferência do fator humano durante a recomposição do pavimento, mantendo similar a característica executiva de ambas as valas. Desta forma, pode-se afirmar que a carga aplicada sobre as duas recomposições será exatamente a mesma e garantir um comparativo confiável, em um teste realizado em condições reais de uso da via de tráfego de veículos.

Durante o fechamento da vala experimental, foi realizado acompanhamento das etapas da recomposição do pavimento, tendo-se verificado o grau de compactação e o teor de umidade das camadas de reaterro e base, além das demais características dos materiais empregados através dos ensaios de laboratório.

Decorridos 99 dias da recomposição do pavimento, sendo a via liberada para o tráfego geral de veículo neste período, foi realizada uma reavaliação a fim de analisar as condições atuais do pavimento. Nesta etapa foram observadas as condições de integridade do pavimento de ambas as recomposições e também realizada extração de amostras da capa para ensaios (extração realizada na recomposição sem o reforço, isto para evitar a ruptura da grelha que poderá ser monitorada ao longo do tempo).

Os resultados apontaram bom desempenho da grelha de fibra de carbono que evitou a reflexão de trincas na região de aplicação e necessidade ajustarem procedimentos executivos, principalmente em relação à conformação de juntas entre o pavimento recomposto e o existente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Recomposição de Pavimento, Grelha de Fibra Carbono, Reforço de Pavimentos, Abertura de Valas.

### **INTRODUÇÃO**

A busca por novas tecnologias de materiais e processos operacionais que envolvem obras de recomposições de pavimentos decorrentes de aberturas de valas têm sido alvo das concessionárias responsáveis por redes de infraestrutura urbana, isto principalmente devido às recorrentes patologias provenientes do uso de materiais inadequados e/ou execuções em desacordo com especificações e normas técnicas.

Conforme S&P Clever Reinforcement Brasil Ltda (2015), as camadas de betume têm uma tendência de deformar-se, especialmente em curvas ou em seções de frenagem e aceleração de veículos, onde o pavimento

está exposto a tensões de corte adicionais. Tal situação pode ser agravada em regiões onde o pavimento teve que ser recomposto decorrente de uma abertura de vala.

Neste cenário, segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (2010), a escolha de materiais apropriados para o processo de composição de valas é fundamental para evitar retrabalho e garantir segurança e conforto aos usuários das vias de tráfego de veículos. Pensando nisso, foi realizada uma recomposição de pavimento experimental, onde se empregou a grelha de carbono pré-betuminada como reforço de capa da área recomposta.

## **OBJETIVO**

O estudo tem por objetivo avaliar o desempenho da grelha de fibra de carbono pré-betuminada empregada como reforço da capa asfáltica no processo de recomposição de pavimentos em decorrência da abertura de valas.

## **METODOLOGIA**

Para este teste foi definida uma estratégia objetivando, de forma prática, avaliar o desempenho do reforço de pavimento, sendo escolhidas duas valas recompostas pelas mesmas equipes (de reaterro e de reposição de capa asfáltica) e na mesma faixa de rolamento da via de tráfego, sendo uma vala com aplicação do reforço e a outra sem. Esta metodologia buscou minimizar a interferência do fator humano durante a recomposição do pavimento, mantendo similar a característica executiva de ambas as valas. Desta forma, pode-se afirmar que a carga aplicada sobre ambas recomposições será exatamente a mesma e garantir um comparativo confiável, em um teste realizado em condições reais de uso da via de tráfego de veículos.

Buscou-se assegurar as condições mínimas do processo de recomposição das camadas de reaterro e base, em conformidade com as especificações e normas vigentes, isso através da execução dos ensaios de controle tecnológico, sendo realizado o frasco de areia para base, segundo ABNT NBR 7185 (1988) e a cravação de cilindro para camada de reaterro, segundo ABNT NBR 9813 (1987). O acompanhamento foi realizado na época da recomposição da vala, ocorrida no dia 18/05/16 e após o prazo de 99 dias, período durante o qual houve livre trânsito de veículos sobre o pavimento recomposto que está situado à Rua Niterói, 237 em Itaquaquecetuba/SP.

## **PROCESSO DE RECOMPOSIÇÃO DA VALA EXPERIMENTAL**

A recomposição do reaterro foi efetuada em 3 camadas de solo com espessuras iguais e aproximadas de 24,0 cm e a base foi recomposta com bica corrida em 1 camada com espessura de 23 cm. A compactação foi realizada através do uso de compactador do tipo pneumático; para a verificação da qualidade da compactação utilizou-se o método de cravação de cilindro para reaterro e do Frasco de Areia para camada de base, sendo a umidade do material determinada pelo método da frigideira.

Para este evento foi realizado um recorte de 0,30m da capa asfáltica, a partir da borda de abertura da vala, isto para garantir a ancoragem da grelha de fibra de carbono pré-betuminada, as dimensões das valas estão apresentadas na Figura 1, sendo a distância entre os eixos das valas 3,50m.



**Figura 1: Dimensões das recomposições e projeção da vala teste (Autores, 2016)**

Após a compactação das camadas o serviço seguiu com a aplicação da imprimação asfáltica ligante, onde se utilizou a emulsão catiônica de ruptura rápida RR-2C e na sequência foi posicionada a grelha de fibra de carbono pré-betuminada que, aquecida com maçarico, aderiu à imprimação. Por fim, aplicou-se uma camada de 5cm de espessura de CAUQ Faixa V, à temperatura de 160°C, compactada com placa vibratória, conforme especificado na Instrução de Execução N° 03 (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2009), sendo amostra desta massa coletada para ensaio Marshall em laboratório.



**Figuras: 2 a 4 – Sequencia executiva da recomposição da capa (Autores, 2016)**

## REAVALIAÇÃO DO PAVIMENTO RECOMPOSTO

Em complementação à avaliação do processo de reconstrução da vala experimental, com aplicação da grelha de fibra de carbono, ocorrida no dia 18/05/2016 foi elaborada uma intervenção pós-serviço decorridos 99 dias do fechamento da vala.

Nesta reavaliação foram observados aspectos de integridade do pavimento recomposto, principalmente no que diz respeito ao surgimento de possíveis patologias, sendo também, extraída amostra da capa asfáltica proveniente da reconstrução realizada sem o reforço, isto para evitar a ruptura da grelha que poderá ser monitorada ao longo do tempo.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a realização dos ensaios tecnológicos na fase de reconstrução do pavimento, foram coletadas amostras da bica corrida e do solo empregados nas camadas de base e reaterro, além de misturas betuminosas utilizadas para compor a capa do pavimento.

Em relação às camadas de reaterro (solo) e base (bica corrida), os resultados dos ensaios de cravação de cilindro e de frasco de areia, indicaram grau de compactação “in situ”, conforme resultados apresentados na Tabela 1:

**Tabela 1: Determinação do grau de compactação e desvio de umidade “in situ” com emprego do cilindro de cravação e do frasco de areia.**

Local	Tipo de camada	Tipo de material	Tipo de ensaio	W <sub>dc</sub> (%)	W <sub>dl</sub> (%)	γ <sub>dc</sub> (Kg/m <sup>3</sup> )	γ <sub>dl</sub> (Kg/m <sup>3</sup> )	Δw (%)	GC (%)
Rua Niterói, 237 Itaquaquecetuba/SP	Reaterro	Solo classificado como areia argilosa	Cravação de cilindro	14,4	16,0	1551	1773	-1,6	87,5
	Base	Bica corrida	Frasco de areia	6,4	6,2	2100	2230	0,2	94,2

w<sub>dl</sub> = Teor de Umidade Laboratório; w<sub>dc</sub> = Teor de Umidade Campo; γ<sub>dc</sub> = Massa Esp. Apar. Seca de campo; γ<sub>dl</sub> = Massa Esp. Aparente Seca laboratório; Δw = Desvio de Umidade; GC = Grau de compactação.

**Fonte: Egis, 2016**

O grau de compactação “in situ” da camada de solo foi de 87,4%, inferior ao especificado pela SABESP (2010) que é de 95%. O desvio de umidade ficou dentro da faixa aceitável (-2% à +2%). Em relação a camada de bica corrida, o grau de compactação e o desvio de umidade observados foram de CG = 94,2% e Δw = 0,2%.

Analisaram-se também as características da mistura betuminosa empregada como capa do pavimento, sendo os resultados do ensaio comparados com o projeto Marshall apresentados na Tabela 2:

**Tabela 2 – Ensaios realizados em misturas betuminosas coletadas no ato da aplicação**

Critério de Avaliação	Resultados	Especificações IE 03/2009
Densidade Aparente	2,286 g/cm <sup>3</sup>	2,350 g/cm <sup>3</sup>
Teor de Betume	6,6%	5,8% (+/- 0,3%)
Estabilidade Corrigida	3148 kgf	≥ 800 kgf
Fluência	3,2 mm	2 - 4 mm
Temperatura no ato da aplicação	160°C	≥ 120°C
	<b>Peneiras</b>	<b>Passante</b>
	12,7 mm	100,0%
	9,51 mm	100,0%
	4,76 mm	94,8%
	2,00 mm	66,1%
	0,42 mm	35,8%
	0,177 mm	23,8%
	0,075 mm	10,1%
Granulometria (Faixa "V" PMSP)		<b>Faixa "V" PMSP</b>
		100%
		100%
		75% - 100%
		50% - 90%
		20% - 50%
		7% - 28%
		3% - 10%

**Fonte: Egis, 2016**

Complementarmente foi coletada com extratora rotativa, uma amostra da capa asfáltica da recomposição sem o reforço, isto para encaminhamento ao laboratório a fim realizar avaliações da densidade; espessura da capa; teor de betume e granulometria da mistura betuminosa após aplicação “in loco”. Além disso, foi realizada uma avaliação visual para atestar a integridade das recomposições, sendo os resultados apresentados a seguir:

- Avaliação da capa asfáltica em laboratório**

Nos resultados analisados, observou-se uma variação em relação ao teor de betume, que ficou acima do especificado no projeto Marshall e também em relação à granulometria da mistura, em especial referente ao percentual passante na peneira 0,075mm, conforme Tabela 3.

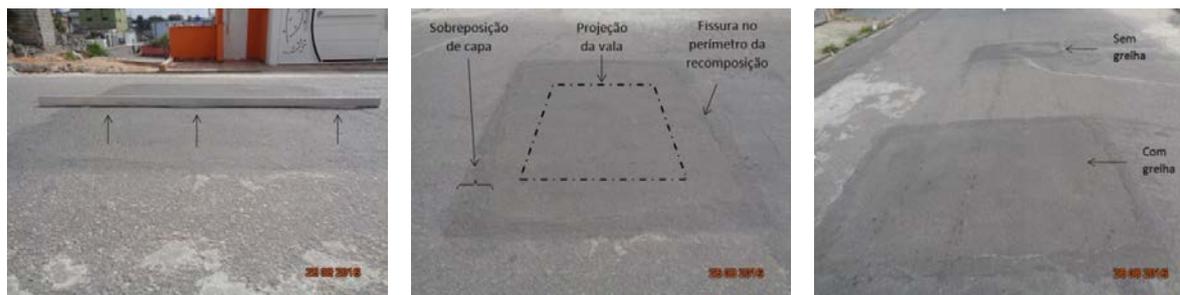
**Tabela 3 – Avaliação da Capa de Concreto Asfáltico Usinado à Quente (CAUQ)**

<b>Critério de Avaliação</b>	<b>Resultados</b>	<b>Especificações IE 03/2009</b>	
Densidade Aparente	2,119 g/cm <sup>3</sup>	2,350 g/cm <sup>3</sup>	
Espessura da Camada da Bica Corrida	23,0 cm	≥ 14,0 cm	
Espessura da Capa Asfáltica	8,5 cm	≥ 3,5 cm	
Teor de Betume	7,1%	5,8% (+/- 0,3%)	
Granulometria (Faixa "V" PMSP)	<b>Peneiras</b>	<b>Passante</b>	<b>Faixa "V" PMSP</b>
	12,7 mm	100,0%	100%
	9,51 mm	100,0%	100%
	4,76 mm	93,9%	75% - 100%
	2,00 mm	65,2%	50% - 90%
	0,42 mm	37,9%	20% - 50%
	0,177 mm	25,1%	7% - 28%
	0,075 mm	14,5%	3% - 10%

Fonte: Egis, 2016

#### • Avaliação in loco

Decorridos 99 dias do fechamento da vala teste foram observados alguns aspectos em relação às condições do pavimento recomposto, entre os quais se podem destacar ondulação na superfície da capa asfáltica, uma fissura que contorna todo o perímetro da recomposição e uma sobreposição do pavimento novo em relação ao antigo. As Fotos 5 e 6 apresentadas abaixo ilustram as ocorrências relatadas, sendo importante destacar que as bordas da vala estão distanciadas em 0,30m do perímetro da recomposição, onde não foram constatadas fissuras. A vala comparativa (sem aplicação da grelha) apresentada na Foto 7 também apresentou pequena ondulação na superfície da recomposição e sobreposição de capa asfáltica, apesar disso não foram constatadas fissuras.



**Figuras 5 a 7 – Vista da recomposição com e sem o reforço (Autores, 2016)**

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a análise das informações obtidas na etapa atual de reavaliação do pavimento recomposto, ou seja, após um período de 99 dias do fechamento da vala teste, concluiu-se que a grelha pré-betuminada de fibra de carbono, empregada como reforço de capa asfáltica, atendeu as expectativas esperadas, visto que ela evitou a ocorrência de possíveis trincas junto à região de bordas de valas. É importante destacar que o grau de compactação observado na época do fechamento da vala teste, tanto da camada de reaterro como da camada de base, não atingiram os valores mínimos aceitáveis na especificação dos serviços, sendo obtido para o reaterro GC=87,5% e para base GC=94,2, lembrando que para solos estipula-se como parâmetro de campo um GC≥95% em relação ao obtido em condições ideais no laboratório e para materiais granulares, como é o caso da bica corrida, GC≥98%. Este fato, aliado à carga aplicada pelo tráfego de veículos, ocasionou um leve afundamento da caixa, gerando uma fissura localizada no perímetro da recomposição e evidenciou de forma clara o benefício da grelha que na região de projeção da vala, não permitiu a reflexão da fissura. O custo de aplicação da grelha é de R\$ 70,00/m<sup>2</sup> (referência outubro/2016), totalizando nesta aplicação teste o valor de R\$ 217,00. Este custo para aplicação em vias locais (tráfego leve) pode ser considerado economicamente inviável, porém para situações especiais, como o caso de obras em vias coletoras (tráfego médio) e principalmente em

vias arteriais (tráfego pesado) onde interdições rotineiras são indesejáveis, esta aplicação poderá ser considerada, pois ao se evitar a ocorrência de fissuras, aumenta-se consideravelmente a vida útil da recomposição, evitando-se novas intervenções para obras de recuperação do pavimento recomposto.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7185: Solo - Determinação da massa específica aparente, “in situ”, com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro, 1988. 7 p.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9813: Solo - Determinação da massa específica aparente, “in situ”, com emprego de cilindro de cravação. Rio de Janeiro, 1987. 5 p.
3. COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (São Paulo). Especificações Técnicas, Regulamentação de Preços e Critérios de Medição: Banco de Preços de Obras e Serviços de Engenharia. 3. ed. São Paulo: Sabesp, 2010. 1064 p.
4. PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Instrução de Execução - IE 03/2009: Camadas de Concreto Asfáltico Usinado a Quente. 2009. Disponível em: <[http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/Instruções de Execução/IE\\_03\\_2009\\_CAQU\[1\].pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/Instruções_de_Execução/IE_03_2009_CAQU[1].pdf)>. Acesso em: 01 setembro 2016.
5. S&P REINFORCEMENT BRASIL (São Paulo). Pavimento. Disponível em: <<http://www.sp-reinforcement.com.br/>>. Acesso em: 01 set. 2016.