



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



## 25º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 48ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

### TRECHO EXPERIMENTAL URBANO COM ALTO MÓDULO: PROJETO, CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO

DOI: (a ser preenchido após o envio do código DOI da publicação)

*Assis Rodrigues Abbud Villela<sup>1</sup>; Driely Mariane Lancarovici<sup>1</sup>; Pedro Francisco Hernani Santiago Henriques<sup>1</sup>; José Geraldo Freire de Andrade Junior; Robinson Alexandre de Avila<sup>1</sup> & Vinicius Maróstica Alberto<sup>1</sup>*

#### RESUMO

A primeira experiência de utilização de misturas asfálticas de módulo elevado (EME- *Enrobé à Module Éleve*) foi registrada na década de 1980 na França, sendo aplicadas à restauração do pavimento de vias urbanas e rodovias submetidas à elevado tráfego. No Brasil, o primeiro trecho experimental foi executado na Rodovia Presidente Dutra em 2010, onde foi verificado o bom desempenho desta mistura. Este trabalho apresenta a primeira experiência da aplicação de misturas asfáltica EME em vias urbanas no Brasil. Foi realizada a avaliação de um trecho experimental executado em 03/07/2021, submetido à tráfego elevado na rodovia SP-294, inserido em área urbana no município de Pompéia/SP. São apresentados os principais aspectos quanto ao projeto de dosagem da mistura e das limitações da execução da restauração cuja solução adotada foi de fresagem de 7,0 cm do revestimento primitivo e recomposição com a mistura EME. Para a avaliação do pavimento foi realizado o monitoramento da deformação deflectométrica em três diferentes períodos: antes da restauração, 30 dias após e 150 dias após a execução. O equipamento empregado para a avaliação foi o *Falling Weight Deflectometer* (FWD) modelo KUAB no nível de carregamento de 4,1 tf. A partir dos dados coletados foram analisados os parâmetros de curvatura da bacia deflectométrica para caracterização da resposta estrutural do pavimento nas diferentes condições avaliadas. Os resultados obtidos têm sido positivos, mostrando a vantagem de utilização da mistura EME para vias urbanas.

**PALAVRAS-CHAVE:** EME, asfalto de alto módulo, via urbana, deflexão.

#### ABSTRACT

The first experience with the use of High Modulus Asphalt Mixtures (EME - *Enrobé à Module Éleve*) was recorded in the 1980s in France, being applied for the restoration of pavement in urban roads and highways subjected to high traffic. In Brazil, the first experimental section was executed on the Presidente Dutra Highway in 2010, where the good performance of this mixture was verified. This paper presents the first experience of applying EME asphalt mixtures in urban roads in Brazil. An evaluation was carried out on an experimental section executed on 03/07/2021, subjected to high traffic on the SP-294 highway, with a length of 200 m, located in an urban area in the municipality of Pompéia/SP. The main aspects regarding the mixture design and the limitations of the restoration execution are presented, with the adopted solution being a milling of 7.0 cm of the existing pavement and replacement with the EME mixture. For pavement evaluation, the deformation measurement was monitored at three different periods: before the restoration, 30 days after, and 150 days after execution. The equipment used for evaluation was the Falling Weight Deflectometer (FWD) model KUAB, with a loading level of 4.1 tf. Based on the collected data, the parameters of the deflection basin were analyzed to characterize the structural response of the pavement under the different evaluated conditions. The obtained results have been positive, demonstrating the advantage of using EME mixtures for urban roads.

**KEY WORDS:** EME, high modulus asphalt, urban road, deflection.

<sup>1</sup> Concessionária de Rodovias EixoSP, Rodovia Washington Luís s/n, SP 310, km 216+800, pista Sul, Zona Rural, CEP: 13530-000, Itirapina/SP. E-mails: [assis.villela@eixosp.com.br](mailto:assis.villela@eixosp.com.br); [driely.alves@eixosp.com.br](mailto:driely.alves@eixosp.com.br); [pedro.henriques@eixosp.com.br](mailto:pedro.henriques@eixosp.com.br); [robinson.avila@eixosp.com.br](mailto:robinson.avila@eixosp.com.br); [vinicius.alberto@eixosp.com.br](mailto:vinicius.alberto@eixosp.com.br)



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



## INTRODUÇÃO

A utilização de misturas asfálticas de módulo elevado (EME) teve início na França, na década de 1970, com o objetivo de reduzir o consumo de cimento asfáltico devido à crise do petróleo ocorrida na época. As misturas EME são constituídas de ligantes duros (CAP 10/20) e devido a sua elevada rigidez, permitiam uma redução da camada de concreto asfáltico em relação às misturas convencionais francesas (FEE, 2002). No entanto, os estudos para emprego das misturas EME na pavimentação foram mais aprofundados a partir de 1980 (CAPITÃO, 2003)

As misturas EME passaram a ser adotadas pelos franceses para restauração de vias urbanas, uma vez que estas vias apresentam restrições de espessura das camadas do pavimento, em virtude de interferências de redes de abastecimento urbano, calçadas, meio-fio e sarjeta, por exemplo-(CAROFF & CORTÉ, 1994; BROSSEAUD, 2006)

A partir de 1990, foi iniciada a utilização de betumes duros diretamente para a camada de rolamento, uma vez que foi observado o bom desempenho destas misturas para redução do afundamento de trilha de roda. Desta forma, LESAGE (1993) e LESAGE et al (1993) apresentaram uma mistura que proporcionasse seu emprego como uma única camada, ao invés de ser aplicada nas camadas de base e rolamento com funções distintas. Esta mistura é denominada na França como *béton bitumineux à module élevé* (BBME), preconizada pela norma NF P 98-141 (AFNOR, (1999)).

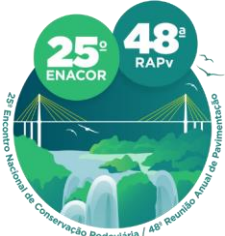
Em 1992, foi proposta a primeira especificação francesa para misturas asfáltica de módulo elevado, o que foi possível a partir da realização de testes no Simulador de Tráfego Circular de Nantes, além de maior número de ensaios laboratoriais comparando o desempenho das misturas EME e tradicionais.

No Brasil, a primeira experiência com aplicação de misturas EME foi realizada em 2012 para a recuperação de um trecho sujeito à tráfego pesado e intenso, na rodovia Presidente Dutra, localizado no município de Jacareí/SP. VILLELA (2012) comprovou o bom comportamento estrutural do pavimento para as três diferentes seções, onde foi variada a espessura da camada de base de módulo elevado. Ainda segundo o autor, não foram verificadas dificuldades adicionais desde a usinagem do material até o processo executivo da camada.

Para avaliação da resposta estrutural do pavimento VILLELA (2012) realizou análises complementares a partir das características da linha de deformação elástica obtidas com o equipamento FWD (*Falling Weight Deflectometer*). Os indicadores adotados pelo autor para avaliação do trecho estão indicados na Tabela 1.

No Brasil, os parâmetros D0 e R são os principais critérios utilizados para a avaliação estrutural do pavimento, conforme DNER-PRO 011/79. Neste procedimento o Raio de Curvatura é considerado como um dos critérios para a avaliação estrutural do pavimento, atribuindo estruturas com má à regular qualidade para  $R < 100$ .

Segundo Kim et. al, 2000, as deflexões mais próximas do centro do carregamento possuem relação com a camada de revestimento, indicando a condição estrutural da camada de revestimento.



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Tabela 1 Parâmetros da Bacia Deflectométrica para avaliação do pavimento

Índice da Bacia Deflectométrica	Referência	Cálculo	Legendas
Raio de Curvatura (R)	DNER-PRO 011/79	$R = \frac{10 \cdot x^2}{2(D_0 - D_x)}$	Deflexão recuperável medida (10-2 mm): Dx: Leitura do geofone localizado a x mm do ponto de aplicação da carga; D0: Leitura do geofone localizado no ponto de aplicação da carga; D30: Leitura do geofone localizado a 300 mm do ponto de aplicação da carga;
Índice de Curvatura da Superfície (SCI)	KIM et.al (2000)	$SCI = D_0 - D_{30}$	
Índice de Dano na Base (BDI)	KIM et.al (2000)	$BDI = D_{30} - D_{60}$	
Índice de Curvatura da Base (BCI)	KIM et.al (2000)	$BCI = D_{60} - D_{90}$	
Área	AASHTO (1993)	$AREA = 15 \cdot \left[ 1 + 2 \cdot \frac{D_{30}}{D_0} + 2 \cdot \frac{D_{60}}{D_0} + \frac{D_{90}}{D_0} \right]$	

## TRECHO EXPERIMENTAL

### Localização

O Trecho Experimental está localizado entre os quilômetros 481 e 482 da Rodovia SP-294 no município de Pompéia/SP. Trata-se de um segmento em área urbana, entre a Rua Nelson Alves Bastos e Rua Espírito Santo, caracterizado como pista simples com extensão de 200 m, com uma faixa em cada sentido, conforme croqui apresentado na Figura 1

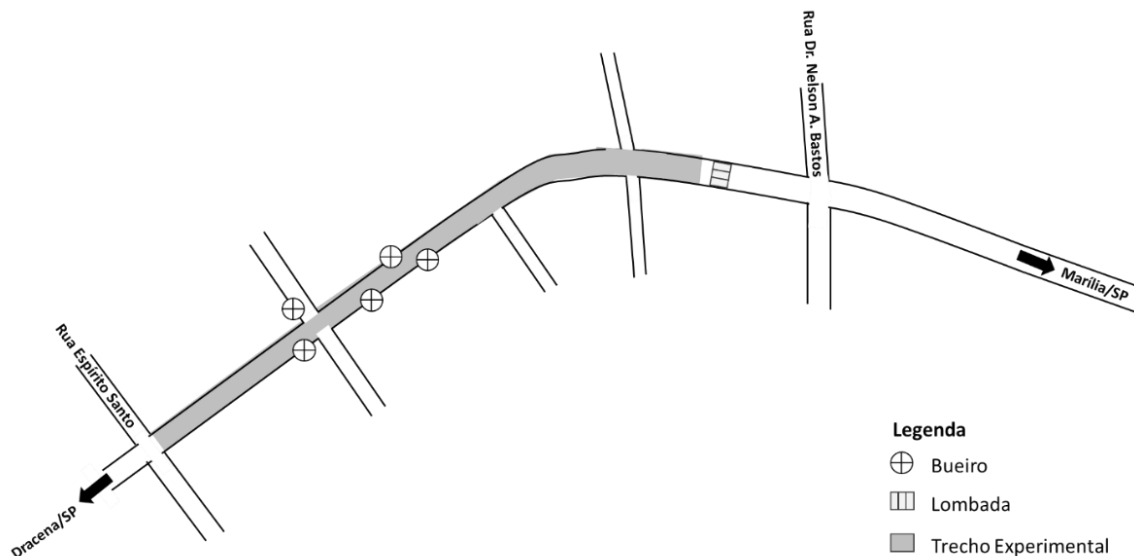
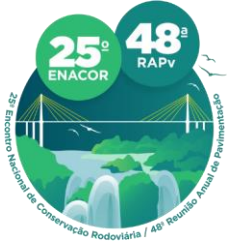


Figura 1 Croqui do trecho experimental na SP-294

A rodovia no segmento selecionado atravessa residências e pontos de comércio, desta forma o pavimento é constantemente submetido a esforços excessivos de aceleração e frenagem devido aos



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



acessos com entrada e saída de veículos. Trata-se de um trecho crítico, pois recebe o tráfego elevado da rodovia, no entanto possui limitações com interferências de dispositivos de área urbana, como redes de abastecimento público, calçadas, meio-fio, guias, sarjetas e bueiros.

Anterior à execução do trecho experimental com asfalto de alto módulo, várias soluções com camadas asfálticas convencionais com CAP 30/45 foram aplicadas para restauração da estrutura pavimento, no entanto devido às limitações de espessura a ser aplicada e executivas, era verificado o surgimento de defeitos precocemente. O “retrabalho” de execução da via, o que além de gerar custos adicionais, causava perturbações à comunidade lindeira. Na Figura 2 é apresentada a condição de superfície do pavimento anterior à restauração com emprego do EME.

Figura 2 Ilustração da condição da superfície do pavimento antes da execução da restauração com EME



## Tráfego Atual na Região do Trecho Experimental

No km 476+436 do Trecho Experimental, existem sensores a laço indutivo para contagem, classificação e identificação de veículos. A partir destas informações, são apresentados na Tabela 2 Número “N” de forma resumida os dados de tráfego na época da execução do Trecho Experimental.

Tabela 2 Número “N”

Sentido	FV AASHTO	FV USACE	N AASHTO	N USACE
Oeste	2,64	6,99	1,93E+06	2,26E+07
Leste	2,58	7,69	1,90E+06	2,42E+07

\*AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials

\*USACE: United States Army Corps of Engineers

## ESTUDOS LABORATORIAIS

### Distribuição Granulométrica do EME

A composição granulométrica adotada para a mistura de elevado módulo possui uma distribuição contínua, para proporcionar o maior preenchimento dos vazios, resultando em uma mistura de característica densa.





19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Para o projeto de dosagem foram utilizados os agregados de origem basáltica da “Pedreira Siqueira”, localizada na cidade de Paraguaçu Paulista/SP. A mistura é composta por 14% de brita 1, 18% de brita 1/2, 18% de pedrisco e 50% de pó de pedra e atende a faixa granulométrica adotada por VAL MELÚS (1996), conforme apresentado na Figura 3.

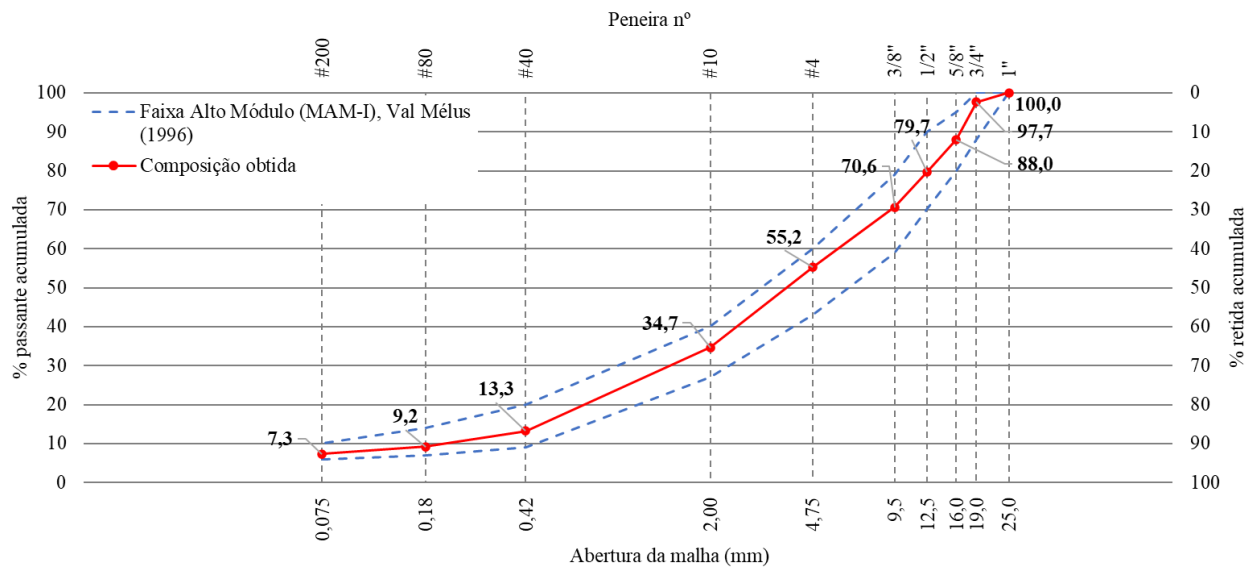


Figura 3 Composição granulométrica da mistura EME aplicada

Foi realizada a verificação da densidade máxima da composição, conforme estabelece a especificação do *Superpave*, sendo adotados os parâmetros para o Diâmetro Máximo Nominal (DMN) de 19 mm. Na Figura 4 são apresentadas a distribuição e a curva de densidade máxima da composição obtida.

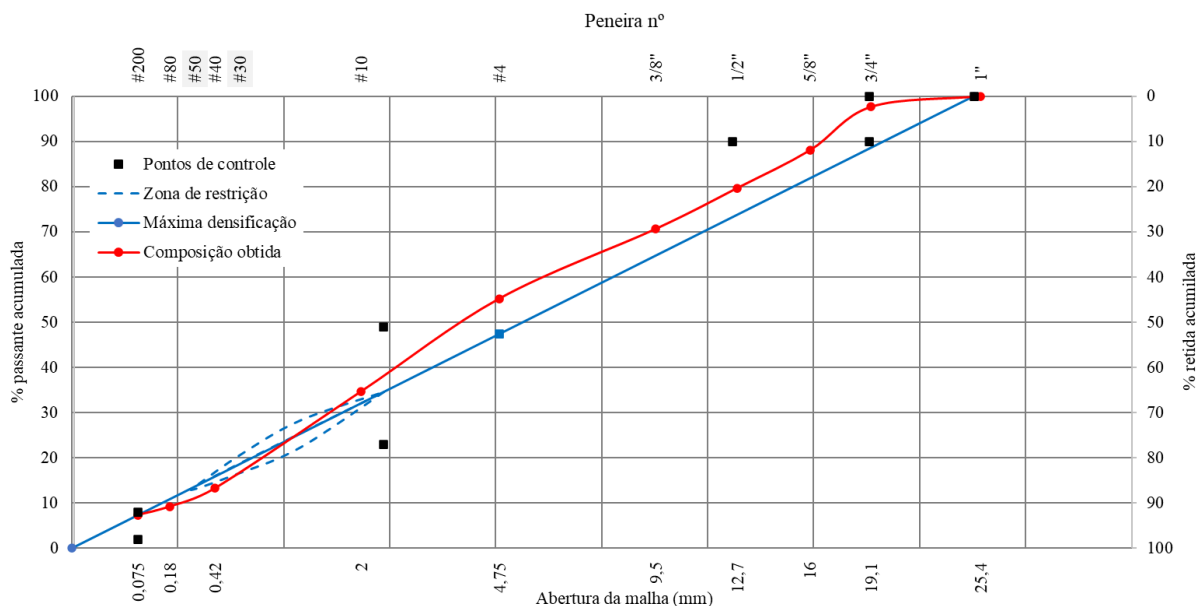
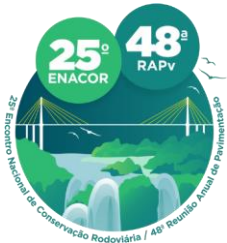


Figura 4 Curva da densidade máxima



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR  
[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



Apesar de a especificação *Superpave* não recomendar que a curva granulométrica ultrapasse a zona de restrição, é importante ressaltar que a mistura demonstrou resultados favoráveis em termos de estabilidade e fluência.

### Caracterização do Agregado

Na Tabela 3 são apresentados os resultados de caracterização do agregado utilizado. Os limites adotados foram estabelecidos conforme especificação ET-DE-P00/027 do DER-SP e ASTM D-4791.

Tabela 3 Resultados de caracterização dos agregados

Descrição	Especificação	Limite	Resultado	Observação
Desgaste por abrasão Los Angeles, (%)	NBR NM 51	$\leq 50$	19,3	Graduação B
Durabilidade ao sulfato de sódio, (%)	DNER ME 089	$< 12$	1,55	Agregado Graúdo
Adesividade	NBR 12583	Satisfatória	Satisfatória	Agregado Graúdo
Índice de forma	ASTM D-4791	$\leq 20$	21	Agregado Graúdo
Equivalente de areia, (%)	NBR 12052	$> 55$	62,4	Agregado Miúdo

### Caracterização do Ligante do EME

Os dados do controle de recebimento do ligante asfáltico, realizados no local onde a mistura foi usinada, estão apresentados na Tabela 4, considerando os limites adotados por VILLELA (2012). Salienta-se que trata-se de um ligante comercialmente oferecido pelas empresas distribuidoras de asfalto.

Tabela 4 Caracterização do ligante asfáltico

Descrição	Especificação	Limite	Resultado
Penetração a 25°C, 5s, 100g, (dmm)	NBR 6576	10 a 20	18,5
Ponto de amolecimento anel e bola, (°C)	NBR 6560	60 a 76	68,3
Viscosidade Brookfield, a 135°C, 20 RPM, (cP)	NBR 15184	600 a 3.000	1.825
Viscosidade Brookfield, a 150°C, 50 RPM, (cP)		$\geq 300$	734
Viscosidade Brookfield, a 177°C, 100 RPM, (cP)		$\geq 150$	200

As faixas de temperaturas para a usinagem e compactação seguiram as indicadas pela empresa Greca Asfaltos, fornecedora do ligante utilizado, sendo a temperatura de usinagem de 171°C a 177°C e temperatura de compactação de 159°C a 165°C.

### Projeto da Mistura do EME

Para o projeto da mistura foi adotado o procedimento de dosagem Marshall, conforme sintetizado na Figura 5, sendo avaliadas as propriedades:

- Massa específica aparente e massa específica máxima teórica (Rice Test);
- Propriedades volumétricas: volume de vazios (VV), relação betume vazios (RBV) e vazios no agregado mineral (VAM);



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



- Propriedades mecânicas: fluência, estabilidade e resistência à tração por compressão indireta (RTD).

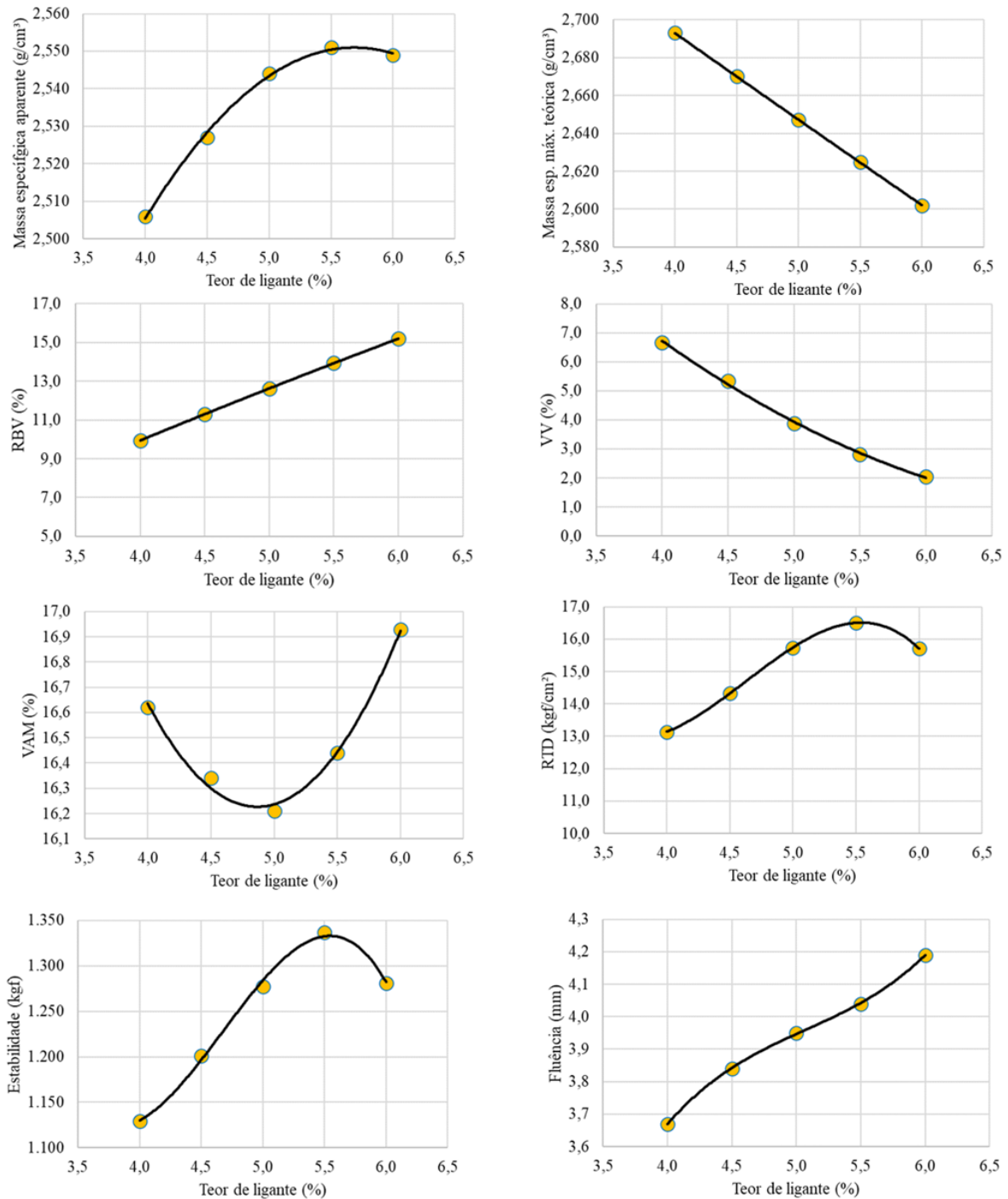
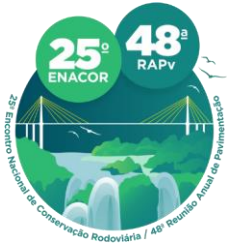


Figura 5 Parâmetros obtidos da dosagem Marshall para a mistura EME



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR  
[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



Após a obtenção das curvas dos parâmetros, as principais premissas adotadas para a definição do teor ótimo de ligante foram:

- Módulo de riqueza “k”, representado pela espessura mínima da película (filme) de asfalto sobre o agregado;
- Volume de vazios estabelecido entre 3,0 e 3,5%. Na Tabela 5 encontram-se os valores definidos no projeto.

Na Tabela 5 estão indicados os valores obtidos para a mistura EME para os demais parâmetros e os seus respectivos limites, definidos conforme especificação ET-DE-P00/027 do DER-SP.

Tabela 5 Parâmetros de projeto

Parâmetro	Limite	Resultado
Teor de ligante, (%)	$\geq 5,1$	<b>5,15</b>
Módulo de riqueza "k"	$\geq 3,2$	3,4
Massa específica aparente, (g/cm <sup>3</sup> )	Indicativo	2,548
Massa específica máxima teórica, (g/cm <sup>3</sup> )	Indicativo	2,640
Volume de vazios, (%)	3,0 a 3,5	3,5
Relação betume vazios, (%)	65 a 80	78,4
Vazios no agregado mineral, (%)	$\geq 14$	16,2
Resistência à tração por compressão diametral, (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\geq 8$	16,07
Fluência, (mm)	2 a 4	4,0
Estabilidade, (kgf)	$\geq 800$	1.299

## METODOLOGIA

Para a avaliação da condição estrutural do pavimento antes e após a restauração do pavimento com a mistura asfáltica EME, a bacia de deformação elástica recuperável do pavimento foi determinada pelo equipamento FWD (*Falling Weight Deflectometer*) com carregamento de 4,1 tf. Na Figura 6 é ilustrado de maneira esquemática os estágios nos quais os levantamentos deflectométricos foram realizados.

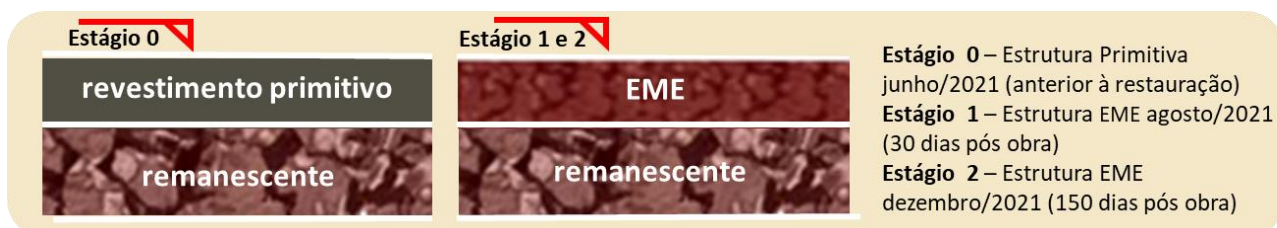


Figura 6 Representação das estruturas do pavimento existente e novo





19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para avaliação da influência da utilização do EME no comportamento estrutural do pavimento foram analisados os parâmetros da bacia deflectométrica indicados na Tabela 1.

Na Figura 7 estão indicados os valores médios calculados para as Pistas Leste e Oeste nos três estágios de avaliação: pavimento antigo (anterior à restauração), pavimento novo após 30 dias e 150 dias da restauração. Ressalta-se que as deflexões medidas foram previamente corrigidas para a carga exata de 4,1 tf e a temperatura da superfície do pavimento de 21°C, segundo o AASHTO (1993).

Após o cálculo dos parâmetros da bacia deflectométrica, foi aplicado o Teste de Grubbs para identificar os valores discrepantes (outliers). Em seguida, utilizou-se o Teste t-Student com significância de 5%, assumindo variâncias diferentes, para realizar uma análise estatística e identificar diferenças significativas entre as médias para cada parâmetro da bacia de deflexão avaliado.

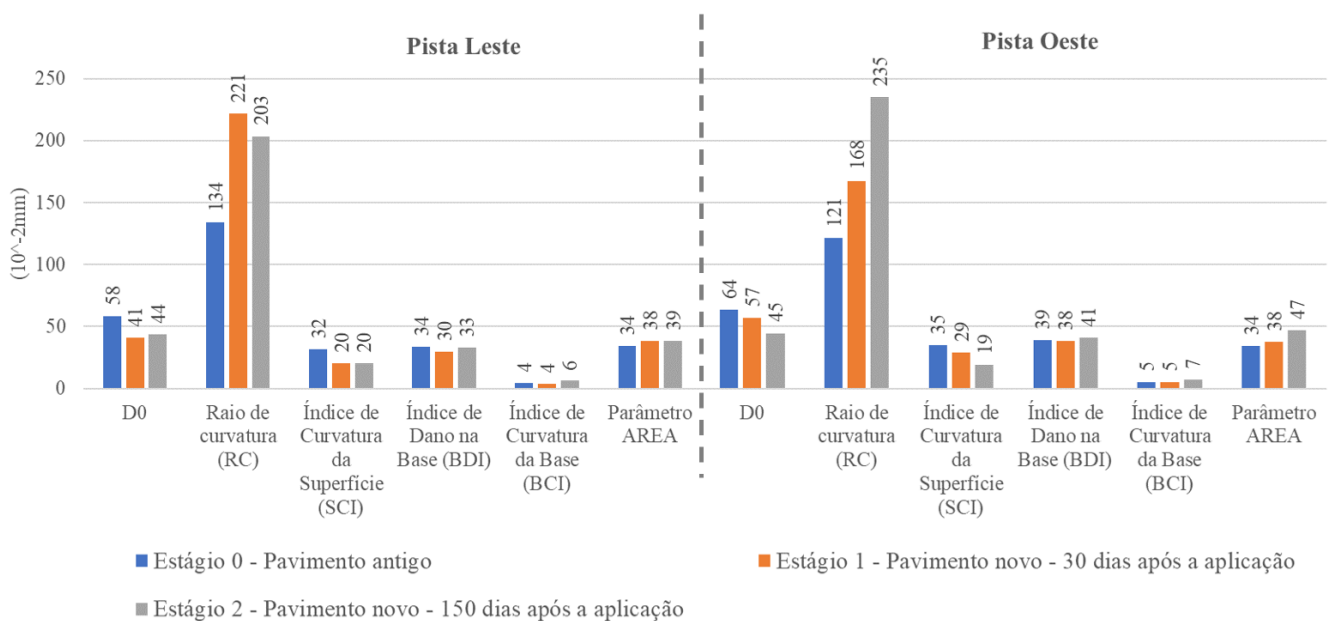


Figura 7 Parâmetros das bacias deflectométricas para a carga de 4,1 tf – Pista Leste e Pista Oeste

Quanto ao parâmetro D0, para a pista leste e oeste, foi verificada respectivamente uma redução de 25% e 30% após 150 dias da execução do EME (entre estágio 0 e estágio 2). Os resultados da análise estatística indicam que não houve alterações significativas na pista Leste entre os estágios 1 e 2 do EME. Já para a pista Oeste, não foram observadas variações significativas entre o estágio 0 e o estágio 1, o que pode ser atribuída à fase de consolidação do pavimento pós-obra. Segundo KIM et al, (2000), a deflexão máxima possui maior influência das camadas superiores do pavimento.

Para o parâmetro de Raio de Curvatura, o pavimento antigo (estágio 0) poderia ser considerado com bom desempenho estrutural. No entanto, isto não era observado com a elevada ocorrência de defeitos de superfície como painelas, afundamentos e trincamentos, que apareciam precocemente após restaurações com misturas asfálticas com CAP 30/45. Após a execução da restauração com EME e, passados 150 dias (estágio 2), para ambas as pistas houve um aumento de aproximadamente 50% do



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR  
[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



parâmetro R. Destaca-se que na pista Leste o aumento observado entre estágio 1 e estágio 2 não foi significativo estatisticamente.

O Índice de Curvatura da Superfície (SCI) apresentou uma redução pós-obra (estágio 2) de 36% para a Pista Leste e de 45% para a Pista Oeste. Conforme ANDRADE et al, (2016), para SCI acima de  $25 \times 10^{-2} \text{mm}$ , a camada de revestimento é pouco resistente ou que possui a espessura abaixo da ideal para resistir as deformações. Desta forma pode-se considerar que houve ganho da estrutura após a sua recuperação, uma vez que se pode observar a redução do SCI médio de  $35 \times 10^{-2} \text{mm}$  para  $15 \times 10^{-2} \text{mm}$ .

Para o Índice de Dano na Base (BDI), não houve variação estatisticamente significativa entre os valores encontrados.

O Índice de Curvatura da Base (BCI), embora ambos os sentidos (Leste/Oeste) obtiveram acréscimo no estágio 2, estes ficaram abaixo do valor que segundo KIM et al, (2000) caracteriza o subleito como de baixo suporte para a estrutura.

Por fim, o parâmetro AREA, utilizado para verificar as condições de rigidez da estrutura, apresentou ganho de 12% para a Pista Leste e, 36% para a Pista Oeste, mostrando que a estrutura obteve acréscimo em sua rigidez.

Analisando os resultados, observa-se que o parâmetro AREA e o SCI são os mais indicados para a verificação das condições em que se encontrava o pavimento no estágio 0 e, atuais no estágio 2. Segundo o parâmetro AREA, o pavimento antigo está categorizado em “flexíveis fracos” conforme sugerido por WSDOT (1995). Já o SCI, indica que a estrutura possui uma camada asfáltica com baixa resistência a deformação permanente. Embasando-se em ambos os parâmetros, a elevada incidência de defeitos que surgiam precocemente após as intervenções com as misturas asfálticas com ligante convencional CAP 30/45, estão relacionadas à debilidade da estrutura.

## CONCLUSÃO

Com base nos parâmetros das bacias deflectométricas, a mistura de EME se apresentou como uma alternativa de bom desempenho para vias urbanas com tráfego elevado. Nestas vias, a dificuldade de realizar intervenções profundas devido às interferências como redes de abastecimento público, por exemplo, faz com que o EME seja uma alternativa vantajosa, possibilitando intervenção mínima (fresagem e recomposição da camada asfáltica), sem a necessidade de reparo ou reconstrução da camada de base ou subleito. Além disso, a adoção dessa solução também contribuiu significativamente para a redução dos transtornos causados pelo tempo de obra e pela interrupção do tráfego, proporcionando benefícios diretos para os moradores do município.

## AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste trabalho só foi possível devido ao empenho da Concessionária de Rodovias Eixo-SP em incentivar a execução de segmentos experimentais para avaliação de novas alternativas com bom desempenho para emprego nas camadas do pavimento. O bom desempenho do trecho experimental verificado até o momento foi possível devido ao comprometimento dos técnicos, engenheiros e encarregados da Eixo-SP.



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). *Guide for Design of Pavement Structures*. Washington, D.C.
- AFNOR - Association Française de Normalisation. (1993). *Préparation des Mélanges Hydrocarbonés, Partie 1: Essai d'Orniérage, NF T 98-253-1*.
- AFNOR - Association Française de Normalisation. (1993a). *Essais Relatifs aux Chaussées: Essai à la Presse à Cisaillement Giratoire (PCG), Association Française de Normalisation, NP P 98-252*.
- AFNOR - Association Française de Normalisation. (1999b). *Enrobés hydrocarbonés - Couches de roulement et couches de liaison: bétons bitumineux à module élevé (BBME), NF P 98-141*.
- ANDRADE, L., VASCONCELOS, K., & BERNUCCI, L. (2016). Avaliação do comportamento estrutural de pavimentos por meio de adoção de parâmetros de bacia deflectométrica. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1992). *NBR 12052 – Solo ou agregado miúdo – Determinação do equivalente de areia – Método de ensaio*.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2001). *NBR NM 51. Agregado graúdo – Ensaio de abrasão “Los Angeles”*.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2007). *NBR 6576. Materiais asfálticos – Determinação da penetração*.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2016). *NBR 6560. Ligantes asfálticos – Determinação do ponto de amolecimento – Método do anel e bola*.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2017). *NBR 12583. Agregado graúdo – Determinação da adesividade ao ligante betuminoso*.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2021). *NBR 15184. Materiais betuminosos – Determinação da viscosidade em temperaturas elevadas usando um viscosímetro rotacional*.
- ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. (2019). *ASTM D 4791 – Standard Test Method for Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate*.
- BROSSEAUD, Y. (2006, Novembre). *"Les Enrobés à Module Eleve: Bilan de L'expérience de Française et Transfert de Technologie"*. 70 Congrès National de la Route, Maroc.
- CAPITÃO, S. (2003). *Caracterização mecânica de misturas betuminosas de alto módulo de deformabilidade*. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.
- CAROFF, G., & CORTÉ, J. F. (1994). *Les enrobés à module élevé. Revue Général des Routes et des Aérodrômes, Spécial chaussées d'autoroutes*. Paris.



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



- CORTÉ, J.-F. (2001). *Development and uses of hard grade asphalt and of high modulus asphalt mixes in France, Transportation Research Circular: Perpetual Bituminous Pavements*, Washington, DC, n. 503, p. 12-31.
- DER - Departamento Nacional de Rodagem. (1979). *Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis, procedimento B DNER-PRO 11/79*.
- DNER - Departamento Nacional de Rodagem. (1979). *Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis, procedimento B DNER-PRO 11/79*.
- DNER - Departamento Nacional de Rodagem. (1989). *Avaliação da durabilidade pelo emprego de solução de sulfato de sódio ou de magnésio DNER ME 089/94*.
- FEE, F. (2002, May). *Extended Life Asphalt Pavement: New Approaches to Increase Durability, volume 21, No 1*. Asphalt Review Online, Australian asphalt Pavement Association, AAPA.
- KIM, Y.R., Lee, Y., RANJITHAN, S. R. (2000). *Flexible pavement condition evaluation using deflection basin parameters and dynamic finite element analysis implemented by artificial neural networks. Nondestructive Testing of Pavements and Backcalculation of Moduli*; ASTM STP 1375, S. D. Tayabji and E. O. Lukanen, Eds, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, pp. 514-530.
- KÖPPEN, W. (1931). *Grundriss der Klimakunde*, Water D E Guyter & Co. Berlin, 390p.
- LESAGE, J. (1993). *Intéret d'un liant de faible pénétration pour structurer les corps de chaussées en construction neuve ou en entretien: mode d'évaluation en laboratoire, Vol. II, 5th Eurobitume Symposium*, pp. 536-45.
- LESAGE, J., FRIMAUX, J. P., & HIERNAUX, R. (1993, Maio). *Des couches de roulement épaisses, renforçantes et antiorniérantes, Revue Général des Routes et des Aérodomes, n° 707, RGRA*, pp. 35-41.
- VAL MELÚS, M. A. (1996, Julho-Agosto). *Contribution à la mise au point d'un nouveau matériau de construction des chaussées - L'enrobé bitumineux à haut module pour couche de base, Bulletin dès Liaisons du Laboratoire des Ponts et Chaussées, No. 204, LCPC*, pp. 43-52.
- VÉRHÉE, F., & DELORME, J. (1991, Março-Abril). *Enrobés classiques et à module élevé: bilan de comportement des enrobés à module élevé, Bulletin des Liaisons, n° 172, LCPC*, pp. 43-06.
- VILLELA, A. (2012). *Estudo de camada de base asfáltica de módulo elevado para restauração de rodovias de tráfego muito pesado*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo.
- WSDOT - Washington State Department of Transportation. (1995). *Pavement guide for Design Evaluation and Rehabilitation*.