



26° Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 49ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

ASFALTO COM PLÁSTICO A PRIMEIRA EXPERIÊNCIA EXECUTADA NO BRASIL

Assis Rodrigues Abbud Villela¹; Emerson Rodrigues Maciel²; Driely Mariane Lancarovici Alves³; Pedro Francisco Hernani Santiago Henriques⁴; Robinson Alexandre de Avila⁵ & Larissa Montagner de Barros⁶

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados do desempenho do Trecho Experimental, pioneiro no Brasil, que utiliza Asfalto com Plástico. Localizado na rodovia Washington Luís (SP-310), no município de Rio Claro, este trecho abrange os quilômetros 170,830 a 171,650 no sentido Norte. O experimento compreende quatro seções, cada uma com uma composição específica de Asfalto com Plástico, empregando ligante CAP 30/45 e plásticos reciclados pós-consumo (PCR). Após a remoção das camadas asfálticas anteriores, foi aplicado o Asfalto com Plástico, seguido por análises de desempenho estrutural e funcional ao longo dos dois anos desde sua implantação. Os valores defletoométricos demonstraram-se abaixo da deflexão admissível, evidenciando a resistência e a durabilidade do pavimento. Além disso, a avaliação do Índice de Gravidade Global (IGG) revelou uma significativa melhoria na condição da superfície do pavimento, eliminando defeitos previamente observados. A aplicação deste tipo de asfalto resultou em reduções consideráveis na irregularidade da superfície da rodovia e no afundamento da trilha de roda, proporcionando maior conforto e segurança aos usuários. Esta inovação tecnológica representa uma alternativa sustentável para a pavimentação de rodovias, contribuindo para a redução da poluição plástica e para o desenvolvimento socioeconômico, ao mesmo tempo que promove a sustentabilidade ambiental e a responsabilidade social.

PALAVRAS-CHAVE: Asfalto; Plástico; Trecho Experimental; Desempenho.

ABSTRACT

This article presents the performance results of the Experimental Section, pioneering in Brazil, which utilizes Plastic Asphalt. Located on the Washington Luís highway (SP-310), in the municipality of Rio Claro, this section covers kilometers 170.830 to 171.650 in the North direction. The experiment comprises four sections, each with a specific composition of Plastic Asphalt, employing binder CAP 30/45 and post-consumer recycled plastics (PCR). After the removal of the previous asphalt layers, Plastic Asphalt was applied, followed by structural and functional performance analyses over the two years since its implementation. The deflectionometric values were found to be below the admissible deflection, highlighting the pavement's strength and durability. Additionally, the evaluation of the Global Severity Index (IGG) revealed a significant improvement in the pavement surface condition, eliminating previously observed defects. The application of this type of asphalt resulted in considerable reductions in road surface irregularity and wheel track rutting, providing greater comfort and safety to users. This technological innovation represents a sustainable alternative for road paving, contributing to the reduction of plastic pollution and socioeconomic development, while promoting environmental sustainability and social responsibility.

KEY WORDS: Asphalt; Plastic; Trial Section; Performance.

¹ Eixo-SP Concessionária de Rodovias,

² Stratura Asfaltos, Paulínia-SP, Brasil,

³ Eixo-SP Concessionária de Rodovias,

⁴ Eixo-SP Concessionária de Rodovias,

⁵ Eixo-SP Concessionária de Rodovias,

⁶ Stratura Asfaltos, Paulínia-SP, Brasil,

assis.villela@eixosp.com.br

emerson.maciell@stratura.com.br

driely.alves@eixosp.com.br

pedro.henriques@eixosp.com.br

robinson.avila@eixosp.com.br

larissa.montagner@stratura.com.br



INTRODUÇÃO

A utilização de materiais inovadores e sustentáveis na execução de pavimentos asfálticos tem se tornado uma necessidade crescente, no Brasil e no mundo. Nesse contexto, o asfalto com incorporação de plástico reciclado pós-consumo (PCR) surge como uma alternativa promissora, oferecendo benefícios ambientais e demonstrando melhorias estruturais e funcionais nas vias.

O trecho experimental descrito neste estudo, localizado na rodovia Washington Luís (SP-310), representa um marco significativo na introdução de uma solução pioneira no Brasil e a avaliação de desempenho dessa tecnologia. Compreendendo quatro seções experimentais, cada uma com diferentes composições e espessuras de Asfalto com Plástico, o estudo visa avaliar a viabilidade técnica dessa solução, além de analisar seu desempenho estrutural e funcional ao longo do tempo.

O Asfalto com Plástico busca oferecer uma solução sustentável para a gestão de resíduos plásticos, garantindo maior durabilidade, resistência e segurança nas estradas. As análises estruturais e funcionais realizadas demonstram resultados promissores, com melhorias significativas na condição da superfície do pavimento e redução dos defeitos observados no pavimento primitivo.

Nesse sentido, este estudo destaca os avanços tecnológicos na área da pavimentação asfáltica, ressaltando a importância de adotar práticas sustentáveis e inovadoras para enfrentar desafios ambientais e sociais.

Ao fornecer uma alternativa de pavimentação de alto desempenho com relevância ambiental e social, o Asfalto com Plástico surge como uma alternativa de infraestrutura rodoviária mais sustentável e responsável, contribuindo para a economia circular, a redução da poluição plástica e o desenvolvimento socioeconômico.

TRECHO EXPERIMENTAL

Localização

O trecho experimental está situado na rodovia Washington Luís (SP-310), abrangendo os quilômetros 170,830 a 171,650 no sentido Norte, no município de Rio Claro. Nessa área, a direção Norte da rodovia Washington Luís possui três faixas de tráfego no sentido Norte (em direção a São Carlos), e o Trecho Experimental foi implementado na terceira faixa, mais à direita (faixa mais exigida).

Durante o ano de 2021, o Trecho Experimental registrou uma média diária de 6.000 veículos comerciais.

O Trecho Experimental compreende quatro Seções, descritas a seguir:

- Primeira Seção Experimental (SE-01): seção de 7cm de Asfalto com Plástico;
- Segunda Seção Experimental (SE-02): seção de 6cm de Asfalto com Plástico;
- Terceira Seção Experimental (SE-03): seção de 4cm de Asfalto com Plástico;
- Quarta Seção Experimental (SE-04): seção de 6cm de Asfalto com Plástico.



A Tabela 1 e a Figura 1 que seguem fornecem informações sobre a localização e a composição das camadas em cada Seção do Trecho Experimental.

Tabela 1 - Constituição geral do trecho experimental

Seção Experimental	km		Extensão (m)	Largura (m)	Espessura (cm)
	Inicial	Final			
SE-01	170,83	171,05	220	3,6	7
SE-02	171,05	171,27	220	3,6	6
SE-03	171,27	171,35	80	3,6	4
SE-04	171,35	171,65	300	3,6	6

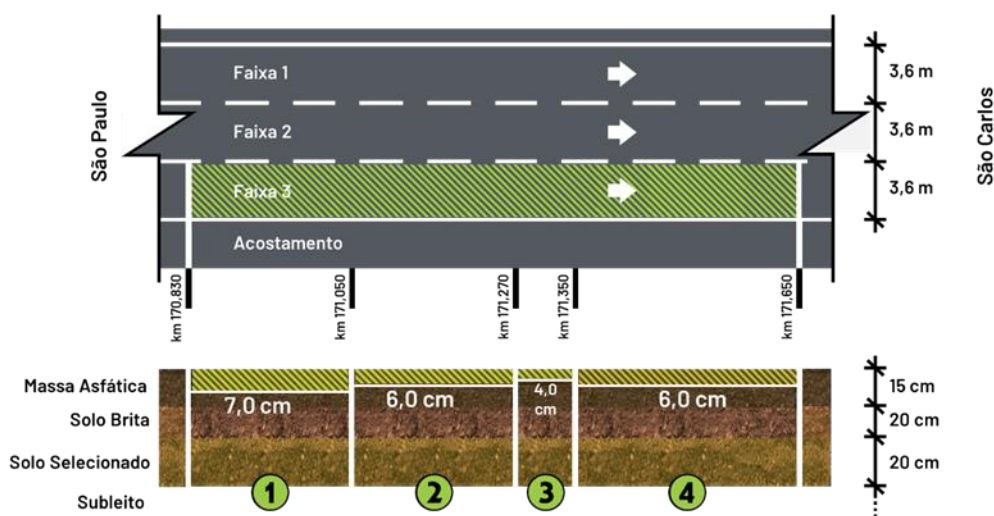


Figura 1 – Estruturas das Seções Experimentais

MATERIAIS

O ligante utilizado no material asfáltico foi o CAP 30/45, e plásticos reciclados pós-consumo doméstico do tipo PCR. Este ligante é caracterizado por apresentar menor suscetibilidade térmica, melhor adesão e coesão entre os agregados, maior resistência à oxidação e um ponto de amolecimento mais elevado, resultando em maior durabilidade, resistência a trincas e deformações permanentes em diversas condições climáticas.

Os agregados utilizados, assim como o processo de usinagem Asfalto com Plástico, foram fornecidos por uma Usina de Asfaltos localizada a cerca de 15 km do Trecho Experimental. Essa Usina é do tipo volumétrica, equipada com um sistema de secagem por contrafluxo e um misturador do tipo *pug-mill*.

A Figura 2 a seguir ilustra o processo de usinagem Asfalto com Plástico.



Figura 2 – Processo de fabricação da mistura de Asfalto com Plástico

Conforme as informações do controle tecnológico no recebimento do ligante na Usina, as características estão detalhadas na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Caracterização do ligante asfáltico com plástico

Parâmetro	Unidade	CAP 30/45 (*)	PCR	Método
Penetração	dmm	30	22	NBR-6576/2007
Ponto de amolecimento	°C	52,5	66,7	NBR-6560/2016
Recuperação Elástica	%	8,1	73,5	DNIT 130/2010 - ME
Viscosidade Brookfield, 135°C (20 rpm)	cP	435	2.275	NBR-15184/2004
Viscosidade Brookfield, 150°C (50 rpm)	cP	219	969	
Viscosidade Brookfield, 177°C (100 rpm)	cP	78	305	
Separação de Fases	-	0,11	11,00	
(*) Valores de referência para CAP convencional 30/45 ensaiado				

Observa-se que a adição de plástico resultou em um considerável aumento no ponto de amolecimento, bem como uma redução na penetração. Além disso, houve um aumento notável nas três viscosidades. No entanto, ao analisar o ensaio de separação de fases – isto é, a condição na qual o material não mantém estabilidade durante o armazenamento em um tanque com sistema de aquecimento – observou-se que este plástico apresentou baixa afinidade química com o meio intermicelar, acarretando uma separação acima do valor desejado (superior a 10,00), a qual foi corrigida ao ligar o agitador do tanque de produção piloto, resultando na completa homogeneização dos ligantes.



Distribuição Granulométrica

Neste estudo, o agregado mineral utilizado foi obtido a partir da britagem de basalto, proveniente de uma Pedreira localizada no município de Campinas/SP. O ligante asfáltico de penetração 30/45 foi modificado pela adição de plástico PCR.

Para o estudo, foi considerada a dosagem da mistura asfáltica incluindo frações de agregados minerais compostas por 33% de Brita 1/2", Pedrisco e Pó de pedra, juntamente com 1% de cal, e o teor de CAP modificado com plástico PCR correspondente a 5,0%, para um volume de vazios de 4%, conforme especificação da Faixa-III do DER/SP. A representação gráfica da distribuição granulométrica está apresentada na Figura 3 a seguir.

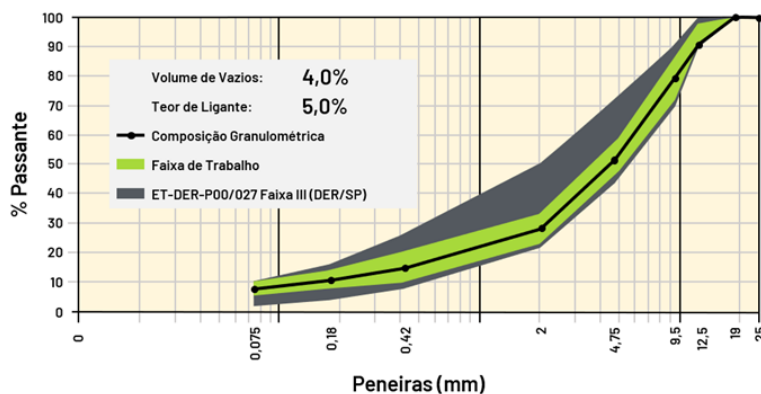


Figura 3 – Distribuição granulométrica da Mistura Asfáltica com Plástico

PROJETO DA MISTURA DO ASFALTO COM PLÁSTICO

Com base na distribuição granulométrica escolhida, procedeu-se ao projeto da mistura entre o asfalto e o plástico. Na Tabela 3 são apresentados os parâmetros volumétricos identificados.

Tabela 3 - Parâmetros volumétricos do Asfalto com Plástico

Parâmetro	Unidade	Faixa III (DER/SP, 2005)	PCR
Teor de Asfalto	%	—	5,0
Massa específica aparente	(g/cm ³)	—	2,551
Massa específica teórica.	(g/cm ³)	—	2,656
Vv	%	4,0	4,0
V.A.M.	%	> 14,0	16,7
R.B.V.	%	65 a 80	76,3
Relação filer/asfalto	MPa	0,6 a 1,2	1,6
Estabilidade	kN	> 8,0	18,6
Fluência	0,01 pol	8 a 16	13,7
Tração Compressão Diametral	MPa	> 0,80	2,83

(*) Valores de referência para especificação da Faixa-III do DER/SP



De acordo com a volumetria da mistura asfáltica analisada, observou-se que apenas a relação fíler/asfalto não se adequou aos parâmetros recomendados pela especificação do DER/SP. Quanto ao ensaio de resistência à tração por compressão diametral, conduzido conforme as diretrizes do DNIT 136/2018 ME, foi possível constatar que o Asfalto com Plástico demonstrou uma elevada resistência.

EXECUÇÃO DO TRECHO EXPERIMENTAL

Procedimento de Remoção das Camadas Asfálticas

Nas quatro Seções Experimentais (SE-01, SE-02, SE-03 e SE-04), procedeu-se a remoção das camadas asfálticas nas espessuras definidas conforme apresentado na Tabela 4 a seguir. Essas remoções foram realizadas por meio de fresagem.

Tabela 4 – Espessura de fresagem no trecho experimental

Seção Experimental	km		Extensão (m)	Espessura de Fresagem (cm)
	Inicial	Final		
SE-01	170,83	171,05	220	7
SE-02	171,05	171,27	220	6
SE-03	171,27	171,35	80	4
SE-04	171,35	171,65	300	6

Inicialmente, a Seção Experimental SE-03 estava planejada para ter uma extensão de 220 m. Contudo, durante a fresagem de 4 cm de espessura, foi observado que a superfície da caixa fresada apresentava instabilidade, com materiais asfálticos soltos em placas. Diante dessa situação, foi realizada uma fresagem adicional de 2 cm de espessura para eliminar as áreas com materiais soltos. Assim, foi criada uma nova Seção Experimental, SE-04, com uma superfície de caixa totalmente íntegra, adequada para a recomposição da massa asfáltica.

Execução da Camada de Asfalto com Plástico

Logo após a fresagem de cada Seção Experimental, realizou-se a aplicação da pintura de ligação, seguida da aplicação da camada de Asfalto com Plástico para restabelecer as caixas fresadas.

A temperatura de compactação variou de 160 a 175°C, e, em todas as Seções Experimentais, a massa asfáltica foi aplicada em uma única camada. A seguir, as Figuras 10 e 11 ilustram a recomposição das caixas fresadas com Asfalto com Plástico.



ANÁLISES ESTRUTURAIS E FUNCIONAIS

Análises Estruturais

As análises estruturais no Trecho Experimental foram realizadas por meio de medições deflectométricas utilizando o equipamento FWD (*Falling Weight Deflectometer*).

A Tabela 5 e a Figura 4 a seguir exibem os registros deflectométricos obtidos.

Tabela 5 – Levantamentos deflectométricos do trecho experimental

Seção	km		Extensão (m)	Deflexão Máxima (10^{-2} mm)			
	Inicial	Final		Pav.Primitivo 28/07/2022	Pavimento Novo		
Experimental					03/08/2022	10/11/2022	13/03/2023
SE-01	170,83	171,05	220	26	25	20	20
SE-02	171,05	171,27	220	20	18	21	22
SE-03	171,27	171,35	80	20	25	22	26
SE-04	171,35	171,65	300	21	18	21	21

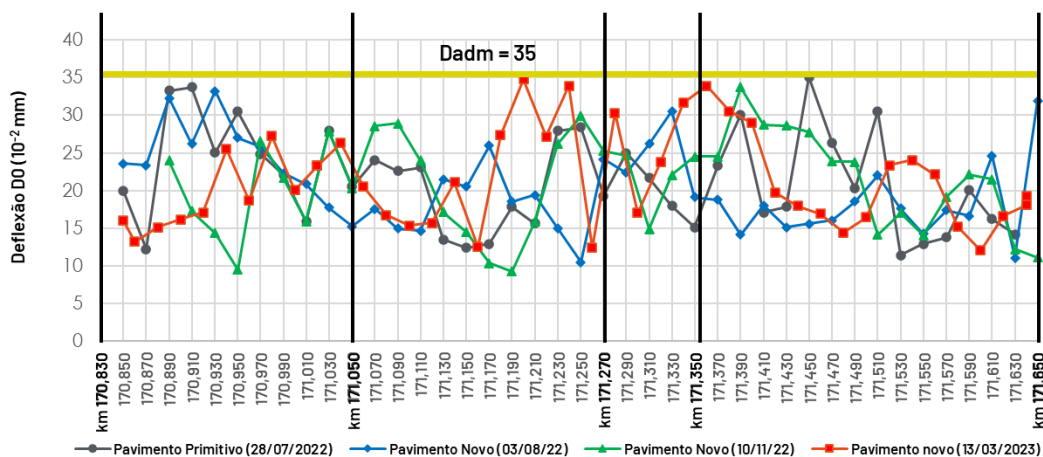


Figura 4 – Levantamentos deflectométricos do trecho experimental

A deflexão admissível é de 35×10^{-2} mm. Verifica-se que todos os valores deflectométricos estão abaixo da deflexão admissível para o trecho da rodovia.

Análises Funcionais

Avaliação do Índice de Gravidade Global (IGG)

Para avaliar a degradação da superfície do pavimento, foi elaborado o mapeamento dos defeitos em toda a superfície do Trecho Experimental, conforme apresentado na Tabela 6 a seguir. Esse processo seguiu as terminologias de defeitos de pavimento estabelecidas pela norma DNIT 005/2003 TER,



além da aplicação do Índice de Gravidade Global (IGG), conforme recomendado na norma DNIT 006/2003 PRO.

Tabela 6 – Levantamentos de IGG do trecho experimental

Seção	km		Extensão	IGG			
	Inicial	Final		Pav.Primitivo 28/07/2022	Pavimento Novo		
Experimental			(m)		03/08/2022	10/11/2022	13/03/2023
SE-01	170,83	171,05	220	31	0	0	0
SE-02	171,05	171,27	220	31	0	0	0
SE-03	171,27	171,35	80	31	0	0	0
SE-04	171,35	171,65	300	31	0	0	0

A Tabela 6 revela que o Pavimento Primitivo exibia algum tipo de defeito. Apesar do valor de IGG corresponder a 23, a Figura 5 a seguir indica que, naquela época, o pavimento apresentava alguns defeitos significativos para a rodovia Washington Luís (SP-310), tais como trincamentos do tipo FC-3. Entretanto, nos levantamentos subsequentes, após a aplicação do Asfalto com Plástico, não foram mais identificados quaisquer tipos de defeitos.



Figura 5 – Trincamentos do tipo FC-3

Avaliação da Irregularidade

Apesar de representar uma pequena fração, as irregularidades no Trecho Experimental foram registradas a cada 20 metros. A Figura 6 a seguir evidencia que, no levantamento de 27/07/2022, referente ao Pavimento Primitivo, dois pontos apresentaram irregularidades pronunciadas, alcançando valores de 3,30 m/km e 3,33 m/km, superiores ao limite contratual de 2,69 m/km. Nos levantamentos subsequentes, em 03/08/2022 e 08/11/2022, observou-se um ponto com irregularidade acima do limite admissível. No entanto, no levantamento de 06/02/2023, todos os pontos do Trecho Experimental exibiram irregularidades inferiores a 2,69 m/km.

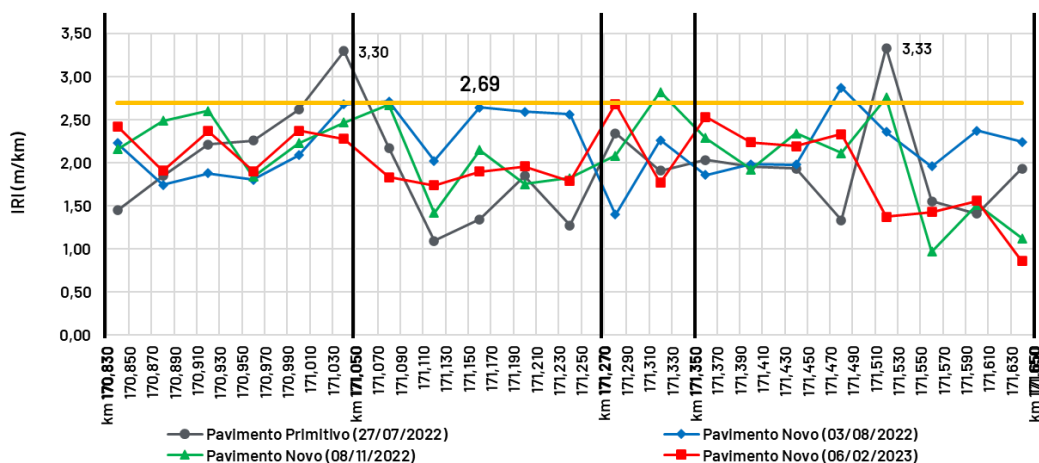


Figura 6 – Levantamentos de Irregularidade

Essas reduções sugerem que as intervenções, incluindo a aplicação de Asfalto com Plástico, contribuíram para a estabilização e aprimoramento do trecho ao longo do tempo.

Avaliação da Afundamento de Trilha de Roda

Na Figura 7, nota-se que todos os levantamentos efetuados com o Asfalto com Plástico apresentam afundamentos de trilha de roda inferiores a 7 mm. Em contrapartida, no primeiro levantamento realizado na camada asfáltica anterior, composta por material convencional, foram identificados pontos com valores iguais ou superiores a 7 mm.

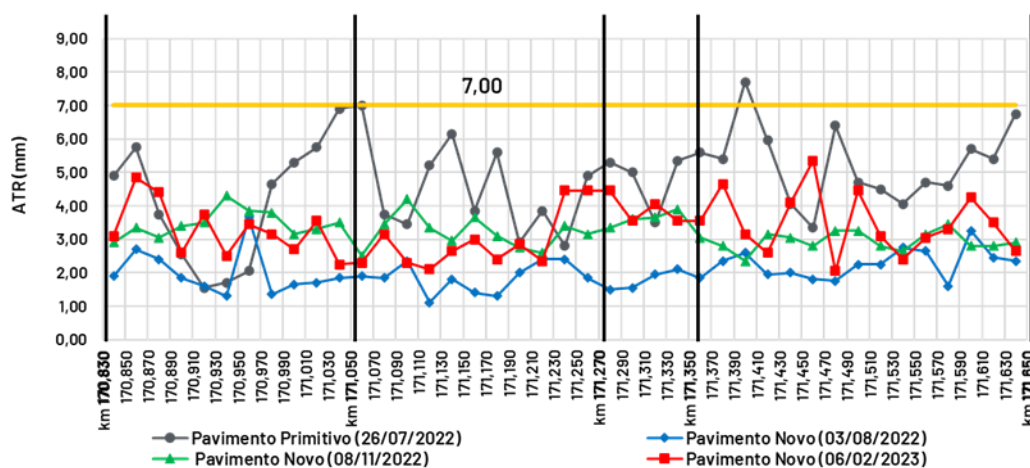


Figura 7 – Levantamentos do Afundamento de Trilha de Roda

A Figura 8 exemplifica afundamento de trilha roda encontrado no Trecho Experimental no pavimento primitivo, antes da execução do Asfalto com Plástico.



Figura 8 – Afundamento de trilha de roda

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado representa um avanço significativo no contexto das rodovias brasileiras, introduzindo uma tecnologia inovadora que demonstra um forte compromisso com as diretrizes ESG (Ambiental, Social e Governança) e oferece benefícios ambientais e sociais substanciais.

Destaca-se a incorporação de plásticos reciclados pós-consumo (PCR) provenientes de embalagens de alimentos descartadas no lixo doméstico no ligante asfáltico, uma solução ambientalmente sustentável que contribui para a redução dos impactos ambientais em um cenário de alta geração de resíduos no Brasil.

Embora os dados volumétricos das misturas apresentarem resultados satisfatórios, a relação pó/asfalto não foi possível enquadrar dentro dos limites especificados. No entanto, essa condição particular não afetou o desempenho do Asfalto com Plástico após a sua aplicação. O maior valor para a resistência à tração foi encontrado no Asfalto com Plástico, quando comparado com a mistura asfáltica convencional (CAP 30/45). Esse resultado era esperado, já que estes ligantes modificados com plásticos reciclados possuem um envelhecimento mais acentuado, aumentando a rigidez da mistura.

Os resultados estruturais e funcionais do Trecho Experimental são promissores, com todas as deflexões abaixo da deflexão admissível, demonstrando a capacidade do Asfalto com Plástico de fornecer uma superfície rodoviária resistente e durável. A avaliação do Índice de Gravidade Global (IGG) indicou uma melhoria significativa na condição da superfície do pavimento, com a eliminação de defeitos observados no pavimento primitivo. Além disso, a redução da irregularidade da superfície da rodovia e do afundamento de trilha de roda evidenciam os benefícios do Asfalto com Plástico em termos de conforto e segurança para os usuários, bem como sua capacidade de cumprir os requisitos técnicos estabelecidos.

A inovação do Asfalto com Plástico demonstra sua viabilidade técnica, ressaltando seu potencial para contribuir com a sustentabilidade ambiental, a redução de resíduos plásticos e a melhoria da qualidade da infraestrutura rodoviária. Esta pesquisa representa um avanço tecnológico em direção a um futuro



mais sustentável e ambientalmente consciente, e pode servir como um modelo para a adoção de soluções inovadoras e eficazes no enfrentamento da poluição plástica em âmbito nacional e internacional.

Nesse sentido, esta iniciativa tecnológica oferece uma alternativa de pavimentação de rodovias de alto desempenho com relevâncias ambientais e sociais significativas, contribuindo para a economia circular, a redução da poluição plástica e o desenvolvimento socioeconômico, enquanto promove a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DER/SP (2005) ET-DE-P00/027 – Especificação Técnica: concreto asfáltico. Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo, São Paulo.

DNIT 005/2003- TER. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: Terminologia. Rio de Janeiro: IPR, 2003.

DNIT 006/2003- TER. Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos: Procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2003.

DNIT 135/2010 – ME. Pavimentação Asfáltica – Mistura Asfálticas – Determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 2010.

DNIT 136/2010 – ME. 136: Pavimentação Asfáltica - Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral. Método de Ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 2018.

NBR 6560/2016 – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. Materiais asfálticos – Determinação do Ponto de Amolecimento – Método Anel e Bola, 2016.

NBR 6576/2007 – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. Materiais asfálticos – Determinação da Penetração, 2007.

NBR-15184/2004. Materiais Betuminosos – Determinação da viscosidade em temperaturas Elevadas usando um viscosímetro rotacional, 2004.

DNIT 006/2003 – PRO, 2003, “Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos –Procedimento”. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes, Instituto de Pesquisas Rodoviárias - Rio de Janeiro /RJ;