

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)

### ESTUDO DE CASO - MISTURA ASFÁLTICA SEM A ADIÇÃO DE AREIA NA CIDADE DO RECIFE

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

*Cíntia R. L. Santos<sup>1</sup>; Alberes Dias<sup>2</sup>; Damires B. Silva<sup>3</sup>; Marília Dantas<sup>4</sup> & Sidclei Magalhães<sup>5</sup>*

#### RESUMO

A qualidade dos pavimentos asfálticos está diretamente ligada ao projeto e execução da mistura de um revestimento durável, apresentando em sua maioria a composição de agregados provenientes da exploração de matéria prima natural. O presente estudo analisou a utilização de um novo traço sem adição de areia. Para isso, foram realizados ensaios laboratoriais de caracterização de agregados, ligantes e dosagem da mistura, utilizando o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP 50/70), com três composições pétreas distintas (Traço 01, Traço 02 e Traço 03), além da avaliação dos Asfaltos Modificados por Polímeros (AMP 55/75) e (AMP 60/85). Ademais, foram levantados, juntamente ao corpo técnico da Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (EMLURB), dados acerca do quantitativo de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) utilizado em manutenções preventivas e corretivas da malha viária do município nos últimos dez anos (2013 a 2022). Os resultados mostraram que, em relação ao CAP 50/70, a mistura que apresentou melhor desempenho nos ensaios desenvolvidos foi o Traço 02, o qual não possui a incorporação de areia natural em sua composição, além de proporcionar uma redução significativa de 12,10 kg/m<sup>3</sup> na taxa de CAP, refletindo em uma economia de R\$2.172.744,56 para um período de nove meses. Em comparação aos traços originalmente aplicados, o novo traço apresentou aumento da resistência à deformação permanente e da vida de fadiga. Outro aspecto positivo observado da nova mistura foi a extinção na exploração da areia, refletindo, sobretudo, no que se refere aos parâmetros sustentáveis. Conclui-se, portanto, que a utilização deste novo traço tem proporcionado melhorias consideráveis no que se refere aos aspectos técnicos, econômicos e ambientais na Cidade do Recife.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pavimentos Asfálticos; Sustentabilidade; Economia.

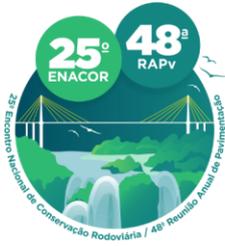
#### ABSTRACT

The quality of asphalt pavements is directly linked to the design and execution of the mixture of a durable coating, mostly consisting of aggregates from the exploitation of natural raw materials. The present study evaluated the use of a new mix without the addition of sand. For this, laboratory tests were carried out to characterize the aggregates, binders and dosage of the mixture, using Petroleum Asphaltic Cement (CAP 50/70), with three different stone compositions (Trace 01, Trace 02 and Trace 03), in addition to the evaluation of Polymer Modified Asphalts (AMP 55/75) and (AMP 60/85). In addition, together with the technical staff of the Municipality of Maintenance and Urban Cleaning of Recife (EMLURB), data were collected on the quantity of Hot-Made Bituminous Concrete (CBUQ) used in preventive and corrective maintenance of the city's road network in the last ten years. (2013 to 2022). The results showed that, in relation to CAP 50/70, the mixture that presented the best performance in the developed tests was Trace 02, which does not have the incorporation of natural sand in its composition, in addition to providing a significant reduction of 12.10 kg/m<sup>3</sup> in the CAP rate, resulting in savings of R\$2,172,744.56 for a period of nine months. Compared to the originally applied traits, the new trait showed increased resistance to permanent deformation and fatigue life. Another positive aspect observed from the new mixture was the extinction of sand exploration, reflecting, above all, with regard to sustainable parameters. It is concluded, therefore, that the use of this new trait has provided considerable improvements with regard to technical, economic and environmental aspects in the City of Recife.

**KEY WORDS:** Asphaltic Pavements; Sustainability; Economy.

<sup>1,2,3,4</sup> Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (EMLURB), [cintia.lima@recife.pe.gov.br](mailto:cintia.lima@recife.pe.gov.br); [alberes.emlurb@gmail.com](mailto:alberes.emlurb@gmail.com); [damires.silva@recife.gov.br](mailto:damires.silva@recife.gov.br); [mariliad@recife.pe.gov.br](mailto:mariliad@recife.pe.gov.br)

<sup>5</sup> STONE Consultoria em Pavimentação, e-mail: [sidclei.stone@gmail.com](mailto:sidclei.stone@gmail.com)



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

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



## INTRODUÇÃO

O pavimento é uma estrutura de variadas camadas e múltiplas espessuras erguida a partir da finalização da superfície de terraplenagem, com a funcionalidade de resistir aos esforços provenientes da circulação dos veículos e do clima em questão, promovendo melhorias nas condições de tráfego, promovendo conforto além de garantir uma melhor segurança (BERNUCCI *et al.*, 2010).

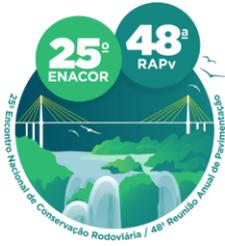
O revestimento rodoviário é conhecido em três tipologias: rígido, semi-rígido e flexível, sendo este último também conhecido como pavimento asfáltico, sendo o material mais utilizado para revestimento de pavimentação no meio urbano brasileiro. Os tipos de materiais constituintes do concreto asfáltico são basicamente: agregado graúdo, agregado miúdo, material de enchimento (filer) e ligante asfáltico, denominado Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), os quais devem satisfazer a normas específicas, incluindo as especificações aprovadas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – (DNIT, 2006).

Atualmente, é notória a disseminação de estudos voltados ao aprimoramento das características da pavimentação asfáltica e da utilização de tecnologias que proporcionem o uso eficaz e vantajoso deste tipo de revestimento, atendendo aos critérios de sustentabilidade que preconiza, além da redução no consumo de matérias primas, a manutenção dos recursos naturais para as próximas gerações (PITANGUI *et al.*, 2022).

Lima *et al.* (2021) estudou a viabilidade da substituição da areia natural pelo agregado miúdo obtido através da reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD) em composições asfálticas. Para isso, utilizou-se na pesquisa um traço de referência e outros com substituição parcial do material fino na mistura, variando entre 4,5% e 6,0%. Após a realização de ensaios em laboratórios, os resultados indicaram-se satisfatórios para a utilização do agregado, entretanto a areia reciclada apresentou aumento no número de vazios, condicionando de forma proporcional ao acréscimo no percentual de CAP utilizado na produção, o que repercutiu em um custo mais oneroso para elaboração do traço.

Guimarães *et al.* (2022) analisou a influência da composição granulométrica na resistência à deformação permanente de misturas asfálticas, para isto, de acordo com diferentes metodologias, foram produzidos dois traços, um deles baseado em uma formulação de partículas graúdas sem a presença de areia natural em sua composição e o outro com as características usualmente aplicadas na Cidade de Manaus. O estudo apresenta resultados satisfatórios para a totalidade dos ensaios elaborados na mistura sem areia natural, sobretudo evidencia-se a redução de 0,4% de CAP, gerando economia na produção, além de melhor desempenho para vias com maiores volumes de tráfego.

Diante do exposto, evidencia-se a crescente procura por encontrar soluções de substituição e remoção de areia como agregado miúdo da pavimentação asfáltica. Sobretudo, diante das constatações evidenciadas pelo *United Nations Environment Programme* – (UNEP, 2019), que mostra a necessidade de mineração de 50 bilhões de toneladas de areia anualmente para suprir as demandas desencadeadas através do crescimento populacional, aumento da urbanização e



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

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



desenvolvimento de infraestrutura, embora tal volume exceda a capacidade natural de formação do insumo.

Além disso, através da análise dos impactos econômicos e ambientais ocasionados pela extração de areia, que ocorre principalmente em Áreas de Preservação Permanente (APP), pela incidência do mineral às margens de rios e vales, observa-se que os efeitos para a paisagem natural e recursos hídricos é negativa, contribuindo com a modificação no traçado dos cursos d'água, supressão vegetal e erosão do solo (VIEIRA; REZENDE, 2015).

Coelho (2022) analisou a composição granulométrica na utilização de agregado siderúrgico, em pavimentos asfálticos, verificando sua influência direta no desempenho mecânico global, refletindo na qualidade, resistência e tempo de vida útil do revestimento. Sendo assim, a substituição de agregados mostra-se viável, desde que os resultados dos ensaios laboratoriais estejam representados nos padrões técnicos e normativos das entidades competentes.

Neste contexto, o presente artigo aborda a questão da utilização de traço asfáltico sem a adição de areia, aplicado no município de Recife, tendo como foco os benefícios de ordem técnica, econômica e ambiental. A pesquisa realizou uma análise comparativa entre os resultados obtidos com o advento das novas misturas asfálticas e a aplicação dos antigos traços, dando ênfase nas vantagens do novo material no que se refere à minimização de intervenções de manutenções corretivas, aumentando o tempo de vida útil das vias urbanas, evitando ainda processos de degradação ambiental e contribuindo para a economia de recursos financeiros.

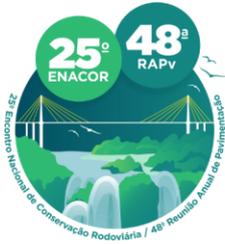
## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo de caso foi subdividido em quatro etapas, as quais abrangem desde as fases de execução realizadas em laboratório até a aplicação nas vias da Cidade do Recife. A primeira parte corresponde à caracterização dos ligantes asfálticos utilizados. A segunda corresponde à caracterização dos agregados, os quais já eram utilizados nas misturas asfálticas anteriormente aplicadas nas vias públicas do município, sendo sua caracterização efetuada conforme as especificações do DNIT e Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Em seguida (etapa 3) é abordado o desenvolvimento de novos traços de CBUQ, finalizando com as análises comparativas do ponto de vista financeiro e os resultados referente aos aspectos ambientais.

### Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi realizado na Cidade de Recife, capital do estado de Pernambuco, composta por uma malha viária de 2.253km, localizada nas coordenadas: latitude 8° 04' 03'' S e longitude 34° 55' 00'' O, altitude: 4m. A cidade litorânea contempla uma superfície territorial de 218,50 km<sup>2</sup>, com 1.537.704 habitantes e densidade demográfica de 7.037,61 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).

As vias onde foram aplicadas as novas misturas asfálticas ficam localizadas em vários bairros da cidade estudada, de acordo com a distribuição que pode ser visualizada na Figura 1.

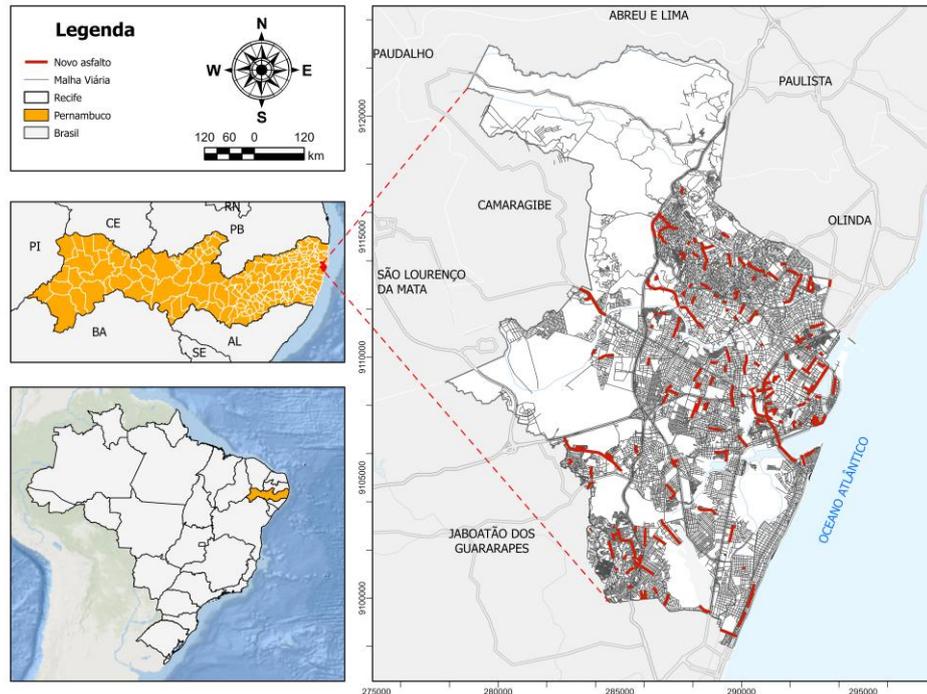


19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

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



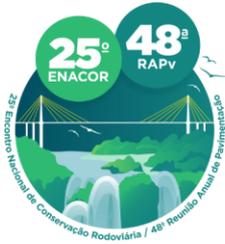
Figura 1. Mapa do Brasil, com ênfase na Cidade do Recife, e destaque para as vias onde foi executado o novo asfalto (AUTOR, 2023).



## Manutenção da Malha Viária

É de responsabilidade da EMLURB cuidar da manutenção das vias públicas da Cidade do Recife, sendo responsável pelos serviços de manutenção de vias através de recapeamento asfáltico, recuperação de vias com pavimento em paralelepípedo, em pavimento rígido e leito natural. Além disso, ainda realiza a operação tapa-buraco e realiza serviços de terraplanagem de vias em leito natural.

A EMLURB utiliza o Sistema de Gestão de Pavimentos (SGP), o qual abrange a coleta, armazenamento e processamento de informações para otimizar a utilização dos recursos aportados em manutenção e reabilitação da malha viária, permitindo hierarquizar a manutenção preventiva, definindo prioridades, além de alertar e direcionar a gestão na tomada de decisão quanto ao momento ideal para intervir em cada via, levando em consideração as consequências técnicas e financeira. A Autarquia também conta com o Serviço Itinerante de Gerenciamento Avançado (SIGA), para monitoramento e fiscalização de forma ágil e objetiva, o qual possui uma plataforma online e de alcance escalável, sendo responsável pela identificação de diversas manifestações patológicas que acometem a malha viária, proporcionando o melhor planejamento, permitindo a elaboração de rotas bem definidas para o devido atendimento das vias da cidade. Também utiliza dados da Central de Atendimento 156, onde os munícipes realizam solicitações referentes às demandas identificadas com relação a danos na pavimentação, drenagem urbana, coleta de resíduos sólidos urbanos e iluminação pública. As informações são gerenciadas através do Sistema de Gerenciamento de Demandas (SGDE), responsável pelo cadastro e direcionamento dos requerimentos. Ademais, outra ferramenta utilizada no monitoramento da infraestrutura viária recifense é o Sistema Supervisão, composto por sensores inerciais e de captação de processamento



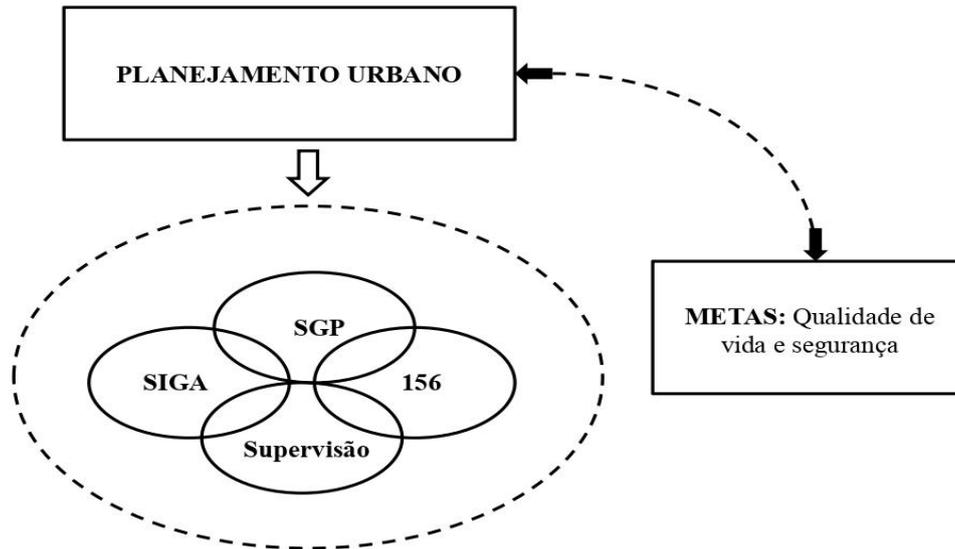
19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



de imagens georreferenciadas para detecção e controle de defeitos no pavimento. O Conjunto de ferramentas elencadas acima além de garantir a trafegabilidade, contribui para a melhora na qualidade de vida da população e proporciona a segurança no traslado urbano, conforme fluxograma exemplificado na Figura 2 (PREFEITURA DO RECIFE, 2023).

Figura 2. Fluxograma dos sistemas para otimização do planejamento da malha viária (AUTOR, 2023).



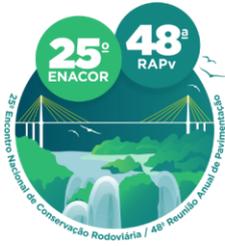
Silva *et al.* (2018) analisaram o gerenciamento urbano na Cidade de Recife, através da implantação de ferramentas denominadas de Sistema de Gestão de Pavimentos (SGP) e Serviço Itinerante de Gerenciamento Avançado (SIGA), os quais auxiliam nas tomadas de decisões, baseando-se no recebimentos de dados levantados da malha viária, otimizando a distribuição dos recursos para as vias mais críticas, prezando pela melhoria contínua da gestão.

### Novas Misturas Asfálticas – Recife

Em um processo de atualização e melhoria contínua, a gestão municipal na busca de eficientizar o desempenho executivo, entendeu ser o momento de evoluir com a aplicação de novas tecnologias. O uso de polímeros e novas metodologias de dosagem são avanços tecnológicos que podem trazer ganhos de economia em escala, tendo em vista a atuação da EMLURB numa malha viária de mais de 2.000km de extensão. A partir da percepção e necessidade de misturas asfálticas que fizessem frente ao tráfego crescente e riscos de deformação permanente e trincagem por fadiga, foi iniciado um estudo de aprimoramento dos traços atuais e dosagem de misturas asfálticas com polímero para as vias de tráfego intenso, a exemplo dos corredores de ônibus.

### Caracterização dos Ligantes: Cimentos Asfálticos de Petróleo Ensaados

Além do CAP 50/70, de uso corrente na Cidade do Recife, foram selecionados 2 (dois) diferentes tipos de ligantes de elevado desempenho, o Asfalto Modificado por Polímero (AMP) 55/75 e AMP 60/85. Para a caracterização dos mesmos foram realizados os seguintes ensaios: viscosidades *Brookfield*, ponto de amolecimento, recuperação elástica, ponto de fulgor, *Rolling Thin Film Oven Test* (RTFOT), ensaio em estufa de filme fino rotativo, utilizado na simulação do envelhecimento a



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

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



curto prazo e sua continuidade é validada condicionada à verificação ao envelhecimento real e, por fim, o ensaio *Multiple Stress Creep Recovery* (MSCR), Jnr 0,1 kPa e Jnr 3,2 kPa, verificando a fluência e recuperação sob múltipla tensão. Todos os ligantes se enquadraram nas especificações técnicas da Agência Nacional do Petróleo (ANP).

### Caracterização dos Agregados

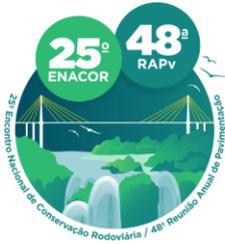
Foram selecionadas as principais fontes de uso comercial e com licenciamento ambiental de agregados graúdos e miúdos existentes na região metropolitana da capital estudada, conforme Quadro 1. Para caracterização destes materiais foram realizados os seguintes ensaios: granulometria por peneiramento, equivalente areia, índice de forma, lamelaridade, adesividade, abrasão Los Angeles, massa específica dos grãos e densidade máxima medida (Gmm) pelo método Rice. As curvas granulométricas selecionadas foram enquadradas nas especificações DNIT ES 031/2006 (asfaltos convencionais) e DNER ES 385/99 (asfaltos com polímero). O projeto de dosagem das misturas tem como objetivo desenvolver um esqueleto pétreo estável de forma a garantir a estabilidade, rigidez e resistência à deformação permanente da mistura em campo. Foi utilizado como ponto de partida a faixa C do DNIT, entretanto, foram avaliadas outras especificações com as devidas justificadas e embasamento técnico.

Quadro 1- Relação das fontes de extração dos agregados utilizados (AUTOR, 2023).

Fonte	Local	Origem	Materiais
Pedreira (1)	Jaboatão dos Guararapes Estr. da Muribeca	Granito	Brita 3/4" (19mm) Brita 1/2" (12,5mm) Pó de pedra
Pedreira (2)	Jaboatão dos Guararapes BR-101/PE km 91,2	Granito	Brita 3/4" (19mm) Brita 1/2" (12,5mm) Pó de pedra
Pedreira (3)	Jaboatão dos Guararapes BR-101/PE	Granito	Brita 3/4" (19mm) Brita 1/2" (12,5mm) Pó de pedra
Areia (1)	Goiana/PE		Areia natural
Areia (2)	Igarassu		Areia natural
Areia (3)	Paraíba		Areia natural
Filer	Gravatá	Calcário	Pó calcário

### Dosagens das Novas Misturas Asfálticas

As dosagens das misturas asfálticas foram realizadas em laboratório, de acordo com a especificação técnica para projeto de misturas asfálticas a quente e atenderam aos parâmetros volumétricos das Especificações do DNIT. Quanto ao CAP 50/70 foram estudadas três diferentes propostas de composição granulométrica: a primeira (Traço 01) com os mesmos materiais de uso corrente, inclusive areia, na segunda (Traço 02), foi eliminada a areia e estabelecida uma nova composição granulométrica e, na terceira mistura (Traço 03), utilizou-se o pedrisco (brita 9,5mm) e também a areia. No que se refere à mistura elaborada com o AMP 55/75, utilizou-se, então, a mesma curva granulométrica do Traço 02 elaborado com o CAP 50/70, com o objetivo de otimizar a quantidade de ensaios realizados, conforme demonstrado na Tabela 01.



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



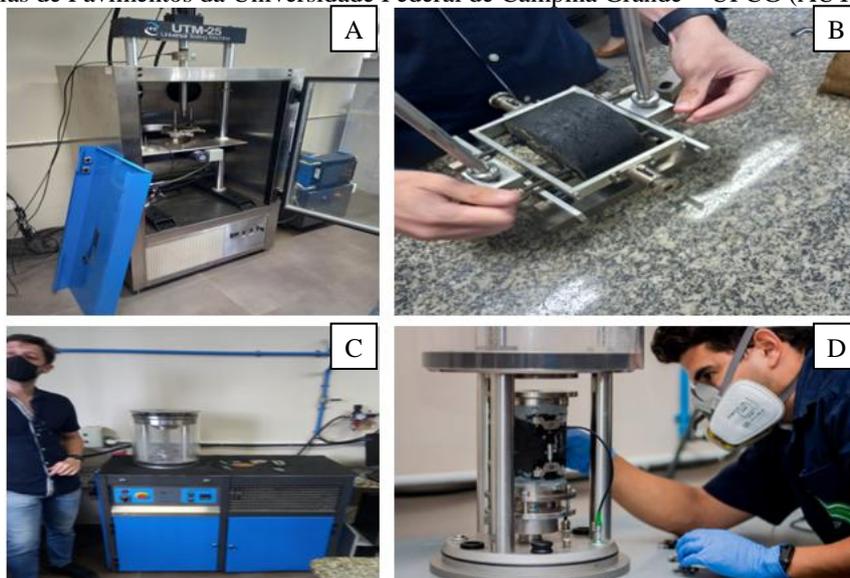
Tabela 01: Caracterização das novas misturas asfálticas (AUTOR, 2023).

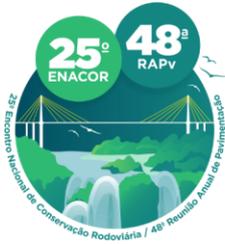
Material	CAP 50/70			AMP 55/75	AMP60/85
	Traço 1	Traço 2	Traço 3	Traço 4	Traço 5
Brita ¾ - 19 mm	15,0	15,0	22,0	22,0	20,0
Brita ½ - 12.5 mm	32,0	35,0	-	-	37,0
Brita 3/8 - 9.5 mm	-	-	30,5	30,5	-
Pó de pedra	43,0	48,0	46,0	46,0	32,0
Areia	8,0	-	1,5	-	9,5
Cal	2,0	2,0	-	1,5	1,5
<b>Somatório</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
Dope	-	0,5	-	-	0,5
Teor de ligante (%)	4,8	4,9	4,7	5,0	5,1
Gmm	2,458	2,470	2,495	2,481	2,516
Gmb	2,374	2,378	2,379	2,385	2,431
Volumes de Vazios (Vv)	3,4	3,5	4,7	3,9	3,4
VAM	14,5	14,3	15,5	15,5	15,4
Relação Betume Vazios (RBV)	76,4	79,3	70,1	75,0	78,2
Resistência a Tração (RT) (MPa)	1,2	1,0	1,0	1,5	1,2
Módulo de Resiliência (MR)	3975,0	5941,0	5694,0	4465,0	4.269
Deformação permanente (FN)	48,0	125,0	200,0	1223,0	5.754
Classe de fadiga	0,0	1,0	0,0	4,0	4,0

## Ensaio de Desempenho Mecânico

O comportamento mecânico das misturas asfálticas preparadas no teor de projeto executado foi avaliado por meio dos ensaios de resistência à tração por compressão diametral (RT), módulo de resiliência (MR), ensaio de Dano por Umidade Induzido (DUI), ensaio de deformação permanente através do ensaio *flow number* e por fim ensaio de resistência à fadiga.

Figura 3. *Universal Testing Machine* – UTM 25, permite a realização do ensaio de fadiga (A), resistência à tração por compressão diametral (B), *Asphalt mixture performance tester* (AMPT): equipamento utilizado para execução dos ensaios de determinação do módulo dinâmico e *Flow Number* (C e D) acompanhamento dos ensaios no Laboratório de Engenharia de Pavimentos da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG (AUTOR, 2023).





19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

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



## RESULTADOS

Denota-se, ao longo dos anos, que diversos são os fatores que influenciam nas características de tempo de vida útil e qualidade da malha viária do Recife, onde destacam-se o excesso de carga, a antiguidade do revestimento, a presença constante de água e o subdimensionamento do pavimento para a atualidade. Desta forma, de acordo com a classificação hierárquica das vias, conforme dados extraídos dos sistemas SGP e SIGA, foram selecionados os logradouros para a aplicação das novas misturas asfálticas na cidade do Recife.

### Ensaio Laboratoriais

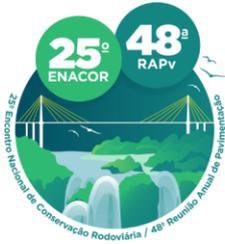
Após a caracterização dos agregados, ligantes e dosagem da mistura, os resultados evidenciaram que os aglomerantes modificados AMP 55/75 e AMP 60/85 apresentaram melhor desempenho comparado ao CAP 50/70 (convencional). Além disso, todos os agregados mostraram-se satisfatórios para utilização dentro dos critérios analisados, apesar da necessidade do emprego de aditivos melhoradores de adesividade.

Os ensaios laboratoriais realizados para o traço com ligante convencional CAP 50/70, verificado com 3 composições pétreas distintas, mostraram que o traço 01, apesar de enquadramento nos parâmetros Marshall para capa de rolamento, apresentou baixíssima resistência à deformação permanente, possivelmente influenciado pela presença da areia, sendo dessa forma descartada a viabilidade de sua utilização. O traço 02, foi dosado eliminando a areia natural e apresentou resultados satisfatórios em todos os parâmetros analisados, inclusive em relação à deformação permanente. A mistura 03 foi elaborada substituindo a brita 12,5mm por pedrisco 9,5mm e ocorreu um aumento expressivo na resistência à deformação permanente, em contrapartida a resistência à fadiga que apresentou desempenho inferior à mistura 02.

Dessa forma, o único traço que melhor atendeu a todos os critérios de desempenho mecânico foi o traço 02 (sem areia), sendo, portanto, o traço mais recomendado para aplicação em obras de pavimentação de ruas com tráfego não caracterizados como pesados na Cidade do Recife, Figura 4.

Figura 4: Execução com o Novo Asfalto na Rua na Aurora (A), Avenida da Recuperação (B), Ponte da Capunga (C) e na Avenida Herculano Bandeira (D), todas na Cidade de Recife (AUTOR, 2023).





19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

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



Os resultados obtidos da mistura com AMP 55/75 se enquadraram nos parâmetros Marshall e apresentaram excelentes desempenhos quanto a deformação permanente, com *flow* number igual a 1.223 ciclos, indicado viabilidade aplicação para tráfego pesado (N entre  $1 \times 10^7$  e  $1 \times 10^8$ ). Em relação a análise dos resultados da curva de fadiga, na verificação mecânica os resultados indicam mistura adequada para tráfego pesado, sendo classificado como classe 4 (classe de maior desempenho no novo método de dimensionamento do DNIT, o MEDINA). Os resultados das misturas modificadas por polímero tornam viáveis suas aplicações nas vias arteriais principais, as quais apresentam um maior volume de tráfego.

O traço elaborado com o ligante modificado AMP 60/85 apresentou os melhores resultados mecânicos. Com *flow* number igual a 5.754 ciclos e classe 4 de fadiga, essa mistura está aprovada para aplicação em vias de tráfego pesado ou muito pesado e corredores exclusivos de transporte público com tráfego canalizado. Tendo em vista os resultados superiores dessa mistura, sua aplicação tem sido indicada para corredores exclusivos de transporte, tais como corredores de BRT e áreas de tráfego pesado de alta intensidade, Figura 4.

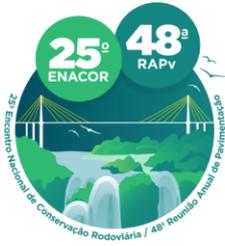
Figura 4: Avenida Domingos Ferreira com a utilização do AMP 60/85 (AUTOR, 2023).



### Análise de Impactos Financeiros

Tendo em vista que na aplicação de CBUQ na Cidade do Recife, sob a gestão municipal, o único insumo orçado à parte é o CAP, representando de 25% a 40% do custo da intervenção, constata-se que qualquer diminuição no teor deste material reflete na mistura asfáltica. Considerando que todos os parâmetros técnicos sejam devidamente satisfeitos, isso resultará em uma economia financeira, pois quaisquer compensações realizadas com outros componentes não terão efeitos de aumento de custos para o erário.

Foi realizada uma análise comparativa quanto aos contratos de manutenção preventivas entre os anos de 2019 a agosto de 2022 (traços antigos) e de setembro de 2022 a maio de 2023 (traços novos). Nestes períodos, quanto aos antigos traços foram aplicados um volume de 91.720,80m<sup>3</sup> de CBUQ e uma massa de CAP de 12.938.438,05kg. Já em relação aos contratos vigentes, os quais já adotam as novas misturas asfálticas, foram aplicados um total de 27.131,81m<sup>3</sup> de CBUQ e uma respectiva massa de CAP de 3.499.116,18 kg.. Tudo isso resultou em uma redução na taxa ótima de CAP, de 16,59kg de CAP por m<sup>3</sup> de CBUQ, conforme Tabela 02.



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

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



Tabela 02 - Análises comparativas de teor de CAP (AUTOR, 2023).

Item	Antigos Traços	Novo traço	Redução
Teor de CAP ótimo (%)	5,7	4,9	-0,80%
Taxa de CAP ótima (kg/m <sup>3</sup> )	140,22	123,63	-11,83%
Taxa média de CAP aplicado (kg/m <sup>3</sup> )	141,06	128,97	-8,57%

Tendo em vista que o teor de CAP das misturas efetivamente aplicadas apresenta uma variação prevista em norma em relação ao teor ótimo, buscou-se então verificar a taxa média de CAP aplicado, dividindo-se a massa de CAP utilizada pelo volume de CBUQ aplicado. Observou-se então uma variação, já esperada, entre as taxas ótimas e médias executadas, sendo esta última utilizada como parâmetro de previsões devido ao seu caráter empírico.

Verificou-se então uma redução de 8,57% na taxa média de CAP aplicado do novo traço em relação aos antigos, o que equivale a uma redução de 12,10kg de CAP por m<sup>3</sup> de CBUQ, significando que para cada m<sup>3</sup> de CBUQ que foi aplicado com o novo traço, deixou-se de aplicar 12,10kg de CAP. Sendo assim, considerando que, com a implementação do novo traço de asfalto na Cidade do Recife, a partir de setembro de 2022, foram aplicados um total de 27.131,81m<sup>3</sup> de CBUQ, depreende-se que se deixou de aplicar 328.294,90kg de CAP desde então, o que, em valores atualizados, equivale a uma economia de R\$ 2.172.744,56 para um período de nove meses.

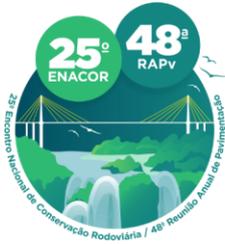
É importante destacar que até a finalização dos contratos atuais, previsto para outubro de 2025, estima-se a utilização de 50.868,46m<sup>3</sup> de CBUQ com o novo traço. Aplicando-se, então, a este volume o teor de CAP antigo, e fazendo-se a diferença em relação à aplicação do teor de CAP novo, chega-se então a uma diminuição de 615.508,37kg de ligante no referido período, refletindo, assim, em uma economia de R\$ 4.073.601,05. Com a implementação do novo traço a previsão total de economia de CAP será de 943.803,27kg, poupando os cofres públicos em mais de seis milhões de reais, conforme pode ser evidenciado na Tabela 03.

Tabela 03- Reduções proporcionadas pela utilização do novo traço (AUTOR, 2023).

Período	CBUQ (m <sup>3</sup> )	CAP economizado (kg/m <sup>3</sup> )	CAP total Economizado (kg)	Valor economizado (R\$)	Status
Out/2022 - Mai/2023	27.131,81	12,10	328.294,90	R\$ 2.172.744,56	Efetivado
Jun/2023 - Out/2025	50.868,46	12,10	615.508,37	R\$ 4.073.601,05	Previsto
<b>TOTAL</b>	<b>78.000,27</b>	-	<b>943.803,27</b>	<b>R\$ 6.246.345,6</b>	-

### Análise de Impactos Ambientais

A sustentabilidade é um modelo de desenvolvimento na gestão que visa integrar conceitos de educação socioambiental aos projetos de construção civil, utilizando tecnologias que não prejudicam as características e conforto, atendendo as exigências dos usuários de maneira eficiente e segura, ou seja, evitando desperdícios e reduzindo impactos ambientais. Relacionados à malha viária do Recife, foi realizado um levantamento dos últimos 10 anos com os quantitativos de execução dos serviços relacionados à conservação em pavimentos asfálticos e sua proporcionalidade no traço quanto à aplicação de areia.



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

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



Dados disponibilizados pela equipe técnica da EMLURB evidenciaram que durante os anos de 2013 a 2022 foram executados um volume total de 217.540,57m<sup>3</sup> de CBUQ nas vias públicas da Capital Pernambucana, sendo aplicada uma massa de 30.686.000kg de CAP e a exploração mineral de 50.839.000kg de areia. Em termos comparativos, esta quantidade de areia extraída é equivalente a massa de 50 mil veículos de passeio, o que, considerando os impactos ambientais relativos à atividade de mineração deste insumo, representa um cenário preocupante, sendo positiva, no entanto, a expectativa de que, nos próximos 10 anos, esta quantidade de areia deixe de ser consumida nas atividades de manutenção preventiva e corretiva da cidade do Recife.

## CONCLUSÃO

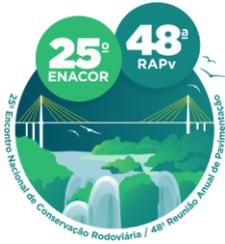
O presente trabalho analisou a elaboração e posterior utilização de novos traços em misturas asfálticas para Cidade do Recife, objetivando um maior tempo de vida útil e a garantia da trafegabilidade, além de ganhos referentes aos aspectos financeiros e ambientais. Os resultados obtidos estão sendo apresentados de forma bastante satisfatória, pois além de garantir uma maior durabilidade, houve redução do custo operacional e contribuição para melhoria do meio ambiente.

Hoje a EMLURB tem a sua disposição variadas composições para diferentes condições de tráfego: para tráfego leve e médio com uso de ligante convencional, para tráfego pesado com ligante AMP 55/75 e por fim para tráfego muito pesado com ligante AMP 60/85. Esse conjunto de alternativas viabiliza a aplicação de misturas asfálticas escalonadas de acordo com o traço e custo de aquisição dos materiais, tornando mais eficiente a aplicação dos recursos, considerando que todas as novas misturas trouxeram ainda ganho de desempenho mecânico com aumento da resistência à deformação permanente e à fadiga quando comparadas com as misturas tradicionalmente em uso na Cidade.

Com a aplicação das novas misturas asfálticas desenvolvidas para a cidade do Recife, também foi possível se constatar consideráveis resultados positivos já efetivados no que se refere ao aspecto financeiro. Os dados apontam para uma economia real de mais de R\$ 2 milhões nos últimos 9 meses, além de uma previsão de mais de R\$ 4 milhões até outubro de 2025, totalizando mais de R\$ 6 milhões de economia para os cofres públicos em 3 anos da aplicação dos novos traços, o que demonstra as vantagens econômicas das novas misturas.

Além disso, dados da Autarquia demonstram que nos últimos 10 anos foram utilizados no Recife, nas operações de manutenção preventiva e corretiva da malha viária, uma massa de areia equivalente aproximadamente à massa de 50 mil veículos de passeio. Considerando que nos próximos 10 anos, essas intervenções de manutenção sigam o mesmo ritmo, e levando-se em consideração a remoção deste insumo dos traços atualmente adotados no CBUQ aplicado no RECIFE, conclui-se que em 10 anos, o Recife deixará de consumir, em suas operações de manutenção viária, mais de 50 mil toneladas de areia, sendo um resultado extremamente positivo, tendo em vista os impactos ambientais decorrentes da atividade de extração mineral deste insumo.

A relevância do presente trabalho, para além das questões técnicas, econômicas e ambientais, é trazer para o órgão de gestão da manutenção a discussão de novas tecnologias, a necessidade de qualificação dos quadros, evolução e acompanhamento nos processos construtivos e de desenho de misturas asfálticas. Assim como a EMLURB, acredita-se que muitas outras Cidades do Brasil estão



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

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



vivenciando problemas com pavimentos que demandam materiais de maior desempenho e melhoria da vida útil dos serviços realizados. Esse trabalho tem ainda o propósito de compartilhar experiência exitosa na busca por inovação e criação de ambiente favorável a inovação e apropriação de novas tecnologias em prol da sociedade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA**: Formação básica para engenheiros. 3. ed. Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABEDA, 2010. 509 p.
- COELHO, L. M.; GUIMARÃES, A. C. R.; NASCIMENTO, F. A. C.; CASTRO, C. D. Influência da composição granulométrica na vida de fadiga de misturas asfálticas contendo agregados siderúrgicos. *In: Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR), 24.: Reunião Anual de Pavimentação (RAPv), 47, 2022, Bento Gonçalves – Rio Grande do Sul. Anais [...].* Brasília: Associação Brasileira dos Departamentos Estaduais de Estradas de Rodagem, ABPv, Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2022. Disponível em: Acesso em: 10 maio 2023.
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **NORMA DNIT 031/2006 – ES**: Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço. Rio de Janeiro, DNIT, 2006. 14 p.
- GUIMARÃES, D. M. D; MOTTA, L. M. G; SILVA, B. A; FRITZEN, M. A.; CASTRO, C. E. N. A influência da composição granulométrica segundo as metodologias Bailey, FAD e Marshall no desempenho à deformação permanente de misturas asfálticas. **Revista Matéria**, v. 27, n. 3, abr. 2022. DOI: 10.1590/1517-7076-RMAT-2022-0027.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**: Recife. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>. Acesso em: 15 maio 2023.
- LIMA, C. E.; AMORIM, E. F.; OLIVEIRA, H. S.; MOURA, L. F. CONCRETO ASFÁLTICO A QUENTE DOSADO COM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) APLICADO EM PAVIMENTO FLEXÍVEL. **HOLOS**, v. 1, p. 1-18, fev. 2021. DOI: 10.15628/holos.2021.9576.
- PITANGUI, L. C.; SILVA, R. C.; MELLO, R. G. L.; SILVA, A. B.; BASTOS, G. A. Desempenho estrutural de pavimento sustentável com aproveitamento de material fresado. *In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 20. Campinas – São Paulo. Anais [...].* São Paulo: COBRAMSEG, 2022. Disponível em: <https://proceedings.science/cobramseg-2022/autores/alexandre-boaretto-da-silva?lang=pt-br>. Acesso em: 15 maio 2023.
- Prefeitura do Recife. **Pavimentação**. Recife: EMLURB, 2023. Disponível em: <https://emlurb.recife.pe.gov.br/pavimentacao-1>. Acesso em: 10 maio 2023.
- SILVA, M. D.; GUSMÃO, R. D.; LAFAYETTE, F. B.; ANTONINO, J. M. T.; AUEIZ, J. L. S.; GOMES, T. C. A. M. Gerenciamento e estratégia de Gestão para Manutenção da Rede Viária da Cidade do Recife: Estudo de Caso, 19. Salvador – Bahia. **Anais [...].** São Paulo: COBRAMSEG, 2018. Disponível em: [https://www.dropbox.com/sh/9uwxgoy239q92ij/AACRNtolrgx7\\_jkc5GjS9xWza?dl=0&fbclid=IwAR16O-hScmZu\\_ZFgmBe4QWyYGyp4C2RrZcosauni3ytqAweXXdoGT2IT7ls&preview=VOLUME+II\\_TOMO+I.pdf](https://www.dropbox.com/sh/9uwxgoy239q92ij/AACRNtolrgx7_jkc5GjS9xWza?dl=0&fbclid=IwAR16O-hScmZu_ZFgmBe4QWyYGyp4C2RrZcosauni3ytqAweXXdoGT2IT7ls&preview=VOLUME+II_TOMO+I.pdf). Acesso em: 15 maio 2023.
- UNEP - United Nations Environment Programme. **Sand and Sustainability**: Finding new solutions for environmental governance of global sand resources. 1 ed., Geneva – Switzerland: UNEP, 2019. 56 p.
- VIEIRA, E. G.; REZENDE, E. N. MINERAÇÃO DE AREIA E MEIO AMBIENTE: É POSSÍVEL HARMONIZAR?. **Revista Do Direito Público**, v.10, n.3, p.181-212, set./dez.2015. DOI: 10.5433/1980-511X.2015v10n3p181.