

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



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

### LEVANTAMENTO DO RESÍDUO DE FRESAGEM ASFÁLTICA PRODUZIDO NA MANUTENÇÃO DE VIÁRIO URBANO MUNICIPAL

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

*Vinícius Viana Dobes; Noé Villegas Flores; Ricardo Oliveira de Souza<sup>1</sup>*

#### RESUMO

A adequação de projetos de revitalização de pavimentos às condições técnicas de correção de manifestações patológicas com a reciclagem do revestimento asfáltico, contribui com a redução de consumo de materiais, energia, dispersão de substâncias tóxicas e gases do efeito estufa, protegendo os recursos naturais não renováveis pela reutilização dos insumos e diminuindo a agressão às jazidas. A análise e caracterização do resíduo de fresagem asfáltica (RAP), oferecem a síntese técnica da melhor utilização para o reuso deste material, com o objetivo de melhorar o desempenho da revitalização asfáltica e assim viabilizar técnica e economicamente os projetos. Este estudo apresenta alguns dos benefícios do uso do método de fresagem para manutenção viária e os resultados da pesquisa quantitativa à cerca do RAP em vias do município de Foz do Iguaçu, com informações sobre a característica visual deste resíduo, o que poderá ser utilizado para posteriores estudos e aplicações. Trabalhos em que se empregam técnicas de extração, rejuvenescimento (ER) e modificação de ligantes asfálticos oriundos de RAP, poderão se beneficiar dos dados obtidos deste estudo, contribuindo com o planejamento das suas atividades. Neste sentido, este trabalho auxilia programas municipais de manutenção viária com o reuso do resíduo asfáltico bem como pesquisadores, com estratégias para o uso de métodos de ensaios reológicos e de envelhecimento do ligante. As informações levantadas apresentam elementos, visuais e quantitativos sobre o RAP, que podem interferir no desenvolvimento de trabalhos com o uso de agentes rejuvenescedores e modificadores de uma nova mistura. Em decorrência, contribuirá para realização de novos estudos de casos para aplicação de misturas modificadas.

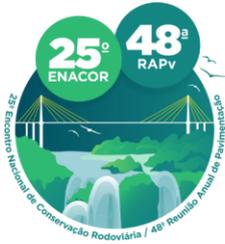
**PALAVRAS-CHAVE:** Extração; Recuperação; Ligante Asfáltico; Fresagem; Reciclagem.

#### ABSTRACT

The improvement of pavement revitalization projects to the technical conditions for the execution of pathological manifestations with the recycling of the asphalt coating, contributes to the reduction of consumption of materials, energy, distribution of toxic substances and greenhouse gases, protecting non-renewable natural resources for the reuse of inputs and investigation of aggression to deposits. The analysis and characterization of asphalt milling waste (RAP) offers a technical synthesis of the best use for the reuse of this material, with the aim of improving the performance of asphalt revitalization and thus making projects technically and economically viable. This study presents some of the benefits of using the milling method for road maintenance and the results of the quantitative research about the RAP on roads in the municipality of Foz do Iguaçu, with information about the visual characteristic of this residue, which can be used for later studies and applications. Works in which therapy, rejuvenation (ER) techniques and modification of asphalt binders originating from RAP are used, will be able to benefit from the results obtained from this study, enthusiastic about the planning of their activities. In this sense, this work helps municipal road maintenance programs with the reuse of asphalt waste as well as a researcher, with strategies for the use of methods of rheological tests and binder aging. The information provided presents visual and quantitative elements about RAP, which can interfere with the development of works with the use of rejuvenating agents and modifiers of a new mixture. As a result, it will contribute to the realization of new case studies for the application of modified mixtures.

**KEY WORDS:** Extraction; Recovery; Asphalt Binder; Milling; Recycling.

<sup>1</sup> UNILA, [vinicius.vvd@pmfi.pr.gov.br](mailto:vinicius.vvd@pmfi.pr.gov.br); [noe.flores@unila.edu.br](mailto:noe.flores@unila.edu.br); [ricardo.souza@unila.edu.br](mailto:ricardo.souza@unila.edu.br).



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

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



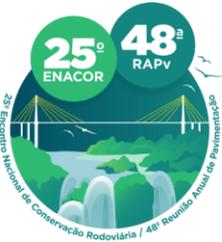
## INTRODUÇÃO

Estudos da imagem sócio-ambiental de Foz do Iguaçu apontam que o Município é uma “cidade com grande potencial, porém, apresenta diversos problemas de planejamento, estrutura e conscientização, o que acaba prejudicando muito o município” (GALVÃO, 2014). Uma boa qualidade do viário municipal advém da aplicação de tecnologias que contribuam com o planejamento urbano, que envolvam projetos adequados de aberturas e manutenção de vias.

Diante das principais causas de manifestações patológicas em pavimentos com revestimentos asfálticos na cidade de Foz do Iguaçu, estão as trincas por fadiga e o afundamento nas trilhas de roda (FLORES *et al.*, 2021). Sendo que a deformação permanente nas trilhas de roda acontece devido à “resistência ao cisalhamento das misturas asfálticas, que se subordina à vulnerabilidade térmica do ligante asfáltico e da estrutura dos agregados minerais” (NEVES FILHO, 2004). O envelhecimento do ligante é causado pelo enfraquecimento de sua plasticidade, onde este se dá por diversos fatores como a exposição a sucessivos eventos climáticos diferentes (DNER, 1994), com isso o cimento asfáltico de petróleo (CAP) aumenta a taxa de asfaltenos e reduz, concomitantemente, o teor de maltenos na mesma intensidade (DEEF-ALLAH, e ABDELRAHMAN, 2022).

Algumas manifestações patológicas do revestimento asfáltico estão correlacionadas ao envelhecimento do ligante asfáltico (DNER PRO 269/94; GONTIJO e ROMEU 2000; DNIT, 2006; BONFIM, 2010; COSTA E PINTO, 2011). Estes defeitos, caso não afetem as camadas de base, sub-base e subleito do pavimento, podem ser tratados com a execução do recapeamento asfáltico (BONFIM, 2010; DER/PR, 2005). Assim, o levantamento visual com a avaliação funcional conforme metodologias vigentes, demonstra a condição em que o pavimento se encontra (DNER PRO-07/78; DNER PRO-08/78; DNER ES-128/83; DNER PRO 010/79; DNIT 005/2003; DNIT 007/2003; DNIT 006/2010; DNIT 009/2010; DNIT, 2003; BERNUCCI *et al.*, 2022).

Na cidade de Foz do Iguaçu/PR, conforme dados da prefeitura municipal, o único método de recapeamento asfáltico utilizado no viário da cidade até o ano de 2019, era se executando uma nova camada de pavimento asfáltico sobre a camada existente. Porém este método causa diversos problemas geométricos no perfil das vias, como desníveis com guias e sarjetas, interferindo no sistema de drenagem (Figura 1), geometria e na segurança (LIMA, 2003; DNIT, 2006; BONFIM, 2010), além de não ser o método recomendado caso o revestimento apresente desagregação ou trincamento, onde ocorrerá a propagação patológica para o novo revestimento (BERNUCCI *et al.*, 2022). Também, para este método, pode-se observar escorregamento do revestimento, por insuficiência da adesão à camada do revestimento existente, mesmo sendo executada a pintura de ligação com emulsão asfáltica entre as camadas (BONFIM, 2010). Assim a fresagem do revestimento existente visa reduzir estes problemas, melhorando o atrito entre as camadas e conformando seu nivelamento com outros equipamentos e mobiliários urbanos (DNER PRO 269/94; DNER, 1994; GONTIJO e ROMEU, 2000; DNIT, 2003; DNIT, 2006; BONFIM, 2010; COSTA E PINTO, 2011; BERNUCCI *et al.*, 2022).



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

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



Figura 1. Problema de drenagem superficial pela inexecução de fresagem antes da aplicação do novo revestimento (encobrimento de sarjeta e limitação de guias) (DOBES, 2023).

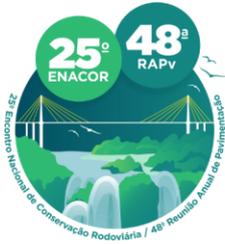
Além das questões técnicas para se fazer a fresagem do revestimento, há o aspecto ambiental, em que a utilização de materiais reciclados pode reduzir o emprego de recursos naturais não renováveis. Portanto, existe a necessidade de aplicação de materiais asfálticos reciclados e sua reutilização em uma mistura modificada deve ser avaliada (KANDHAL e MALLICK, 1997; BONFIM, 2010; USACE, 2011; LI, WU e GUO, 2014; MIKHAILENKO e BAAJ, 2017).

A fresagem do pavimento envolve retirar o revestimento do pavimento existente, fragmentando-o. Sendo que “o grande desafio é dar um destino razoável a esse material que por muito tempo foi considerado um rejeito da construção civil” (DANTAS *et al.*, 2007).

Neste sentido, a reutilização do resíduo de fresagem é uma opção ecoeficiente, assim como da reciclagem e reutilização de recursos, sendo que seu reuso na composição do novo revestimento é economicamente viável e correta socioambientalmente (MOMM e DOMINGUES, 1995; USACE, 2011; LI, WU e GUO, 2014; MIKHAILENKO e BAAJ, 2017). A mistura asfáltica modificada com RAP ameniza os impactos ambientais, seja na extração de recursos naturais ou na geração de energia, com a redução de 20% no consumo energético e de 35% nas emissões de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq) por tonelada de massa asfáltica produzida e pavimentada, se comparada à massa asfáltica virgem (ZAUMANIS *et al.*, 2014).

Na reciclagem da capa asfáltica o resíduo de fresagem é reutilizado como insumo de uma nova camada de revestimento, trazendo redução de custos em insumos que compõem o material asfáltico a ser utilizado (USACE, 2011; LI, WU e GUO, 2014; ZAUMANIS *et al.*, 2014; MIKHAILENKO e BAAJ, 2017).

Entretanto, ainda existem questionamentos técnicos quanto à utilização do RAP em novas misturas asfálticas, devido à variabilidade característica do ligante asfáltico envelhecido e de seu rejuvenescimento (ZAUMANIS *et al.*, 2014; WAKEFIELD *et al.*, 2018; AVAL e MOGAWA, 2017; BURR *et al.*, 1993). A maioria dos estudos sobre este assunto avalia os efeitos do ligante envelhecido do RAP no desempenho de misturas asfálticas e determina as propriedades de ligantes modificados (WAKEFIELD *et al.*, 2018). O apontamento principal é que o ligante recuperado (rejuvenescido) do RAP está mais suscetível a propagação de fissuras e a pouca resistividade à variação climática, devido ao aumento da viscosidade do ligante recuperado (BURR *et al.*, 1993; STROUP-GARDINER e NELSON, 2000; RODEZNO e GRANT, 2018; HEMIDA *et al.*, 2021; YOUSEFI, 2023).



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

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



Mesmo assim, ainda há divergências na aplicação de métodos de reciclagem para camadas asfálticas de rolamento, sendo os estudos mais focados em camadas de base e sub-base (MAGAR *et al.*, 2022).

O método de reciclagem do RAP para sua reutilização em uma nova mistura modificada envolve a fresagem do asfalto existente, a extração do ligante asfáltico e sua recuperação com ou sem agentes rejuvenescedores (RAMOS, 1996; CASTRO, 2003; DAVID, 2006; WAKEFIELD *et al.*, 2018; DEEF-ALLAH e ABDELRAHMAN, 2021).

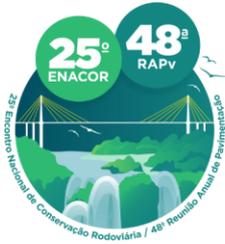
A caracterização do RAP é um dos fatores para garantia de melhor viabilidade de sua reutilização, podendo-se até limitar seu reuso (MAGAR *et al.*, 2022). Mariyappan, Palammal e Balu (2023) apresentam um trabalho de revisão sobre o RAP com utilização em pavimentos, apontando a necessidade da caracterização do RAP para sua correta aplicação. A análise do RAP contribuirá para determinação do aditivo ou agente rejuvenescedor a ser aplicado, melhorando parâmetros de trabalhabilidade, resistência a fissuração e suscetibilidade à umidade, que é o indicador que apresenta maior número de informações divergentes nos estudos (YOUSEFI, 2023).

Utilizando-se de verificação documental, amostral e fotográfica dos registros de manutenção e fresagem do revestimento em vias de Foz do Iguaçu/PR, este trabalho explora visualmente e quantitativamente a condição do material gerado, informando a forma como o resíduo foi obtido e demonstra os benefícios técnicos da utilização do método de fresagem na manutenção. Com os dados levantados, será apresentado o estudo do aspecto deste RAP, auxiliando na continuidade de trabalhos que visam determinar outros parâmetros, inclusive os reológicos de misturas rejuvenescidas, modificadas, do ligante e dos agregados, contribuindo com trabalhos de aplicação e monitoramento de recapes executados com RAP.

## **PROCEDIMENTO DE MANUTENÇÃO VIÁRIA MUNICIPAL COM FRESAGEM**

A técnica de fresagem do pavimento envolve retirar o revestimento do pavimento existente, fragmentando-o. É utilizada para restauração do pavimento ou melhoria nas condições de segurança e conforto ao rolamento e é definida como o “corte ou desbaste de uma ou mais camadas do pavimento, com espessura pré-determinada, por meio de processo mecânico a quente ou a frio”(DER/PR, 2005; DNIT, 2007; BONFIM, 2010). Antes do método de fresagem, a retirada da capa asfáltica era feita com equipamentos de escavação e escarificação, onde não havia o controle adequado de camadas (BONFIM, 2010), podendo ocorrer a danificação de mobiliários e equipamentos urbanos.

A fresagem do revestimento asfáltico proporciona a economia de energia, a manutenção do perfil geométrico existente e ainda a correção dos defeitos superficiais no revestimento (LIMA, 2003; BONFIM, 2010). Possibilita ainda a redução do tempo em cronograma de obras de restauração das vias, fator importante para viários urbanos ou intervenção em trechos rodoviários, (LIMA, 2003). Além destas vantagens, podemos citar a conservação de agregados e de ligantes asfálticos pela redução na demanda de novos insumos e das distâncias de transporte, “evitando a exploração excessiva das jazidas (DNIT, 2006; MARIYAPPAN, PALAMMAL e BALU, 2023).



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

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



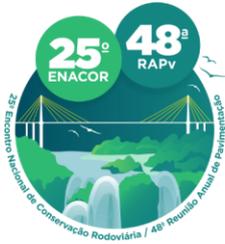
Figura 2. Manifestações patológicas de revestimento que necessitam da devida solução antes da aplicação da nova capa asfáltica (DOBES, 2023).

Para execução da fresagem deverão ser realizados estudos econômicos, com a verificação das peculiaridades do local, da destinação do RAP, da mão de obra especializada requerida e de acesso à equipamentos de fresagem adequados (COSTA e PINTO, 2011; LI, WU e GUO, 2014; AVAL e MOGAWE, 2017).

A limpeza da superfície do pavimento deverá preceder a fresagem, caso haja o planejamento da reciclagem do RAP. Após a fresagem, deverá ser realizada a avaliação da superfície resultante, verificando os locais que necessitem de tratamento da superfície, ou o reperfilamento com material asfáltico em trechos com a base exposta (DER/PR, 2005).

O RAP poderá ser reciclado a frio ou a quente, em usina ou in situ. A reciclagem a quente do RAP envolve espessuras de fresagem de 20 a 50 mm, podendo atingir todo o revestimento asfáltico existente, onde deverá ser fresado às dimensões adequadas. O RAP resultante é então misturado com o agente rejuvenescedor, agregado virgem, asfalto ou agente de reciclagem. (KANDHAL; MALLICK, 1997; LIU, 2023). Para reciclagem a quente in situ, o equipamento deverá ser constituído de uma unidade pré-aquecedora e de outra para reciclagem, sendo o pré-aquecimento realizado com placas emissoras de raios infravermelho até atingir a temperatura de 130 °C (CASTRO, 2003; HEMIDA *et al.*, 2021), não podendo haver contato direto com o fogo, o qual acelera o envelhecimento do ligante. Caso a reciclagem a quente ocorra em usina volumétrica “drum mixer”, o RAP poderá ser aproveitado em até 70% (KANDHAL; MALLICK, 1997). Sendo a mistura reciclada produzida de forma convencional para camadas de rolamento, o aproveitamento poderá ser de 30% (DAVID, 2006; MAGAR *et al.*, 2022; LIU *et al.*, 2023). Molenaar, Mohajeri e Van de Ven (2014) apresentam um sistema de reciclagem que permite a reutilização do RAP em até 80%, por meio de aquecimento indireto com uso de bioaditivos.

Na reciclagem a frio, é possível reciclar parcial ou totalmente a espessura do revestimento existente. Também se pode acrescentar material reciclado das camadas granulares do pavimento, sem a aplicação de aquecimento (USACE, 1995). Na reciclagem a frio em usina, o material deverá ser transportado para a usina, onde será misturado com agente de reciclagem, novo ligante e agregados virgens, podendo ser reutilizado nas camadas de base do pavimento (DAVID, 2006). Para reciclagem a frio in situ, o RAP é utilizado no próprio local mediante recicladoras que fresam o material e o misturam com agentes de reciclagem, emulsão, aglomerante e água. A reciclagem a frio in situ é mais utilizada para uso do RAP empregado em camadas de base do pavimento, sendo feito espalhamento prévio de agentes pulverizadores, tipo cal e cimento (USACE, 1995; DAVID, 2006; BONFIM, 2010; GONTIJO e ROMEU, 2020).



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

www.rapvenacor.com.br



A avaliação das manifestações patológicas do pavimento é necessária para determinação da técnica de reciclagem do pavimento a ser utilizada (Tabela 1), sendo que a reciclagem do RAP a quente em usina é indicada para qualquer tipo de restauração (FHWA, 1998; BONFIM, 2010).

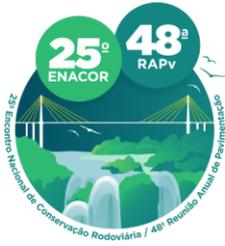
Tabela 1. Reciclagem conforme a manifestação patológica (Adaptado de FHWA, 1998).

Condição do Pavimento		Reciclagem a Quente em usina	Reciclagem a Quente in situ	Reciclagem a frio in situ
Defeitos de Superfície	Desagregação	✓	✓	
	Exsudação	✓	✓	
	Empolamento	✓	✓	
Deformação	Corruções	✓	✓	
	Afundamentos de Trilha de Roda	✓	✓	
	Depressões	✓		✓
Trincamento	Couro de Jacaré	✓		✓
	Longitudinal	✓	✓	✓
	Trinca de Bordo	✓		✓
	Trincamento Parabólico	✓	✓	
	Blocos (retração)	✓		✓
	Longitudinal (juntas)	✓	✓	
	Transversal (térmica)	✓		✓
Manutenção mal executada	Reflexão de trincas	✓		✓
	Remendos	✓		✓
Qualidade de rolamento	Desnível generalizado	✓	✓	
	Adensamento	✓	✓	
	Afundamentos Localizados	✓	✓	

No município de Foz do Iguaçu/PR, somente foi aplicada a técnica de fresagem para reabilitação de pavimentos a partir de 2020 (Tabela 2), conforme registros da Prefeitura Municipal.

Tabela 2. Quantitativo de fresagem realizada pelo município de Foz do Iguaçu/PR (DOBES, 2023).

Contrato	Ano	Fresagem (m <sup>3</sup> )	Quantitativo transportado		Quantitativo reutilizado	
			Volume (m <sup>3</sup> )	Local	Volume (m <sup>3</sup> )	Local
A	2020	816,40	550,00	Usina da PMFI	266,40	Salgamento estacionamento
B	2021	180,28	30,05	Usina da PMFI	150,24	Salgamento em estrada rural.
C	2021	1733,87	1733,87	Usina da PMFI	0,00	
D	2022	240,97	240,97	Usina da PMFI	0,00	
E	2022	1639,27	502,63	Usina da PMFI	1136,64	Base de pavimento de ciclovia
F	2022	585,64	585,64	Usina da PMFI	0,00	
G	2021	375,60		Usina da PMFI	0,00	
H	2022	225,45		Usina da PMFI	0,00	
		Σ=	5797,48			



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



## VERIFICAÇÃO DO RAP GERADO PELO MUNICÍPIO

O RAP gerado pelo Município é oriundo de revestimentos com cerca de 25 anos, com agregado basáltico, retirado por equipamento de fresagem de médio porte. Bonfim (2010) indica que este equipamento de fresagem é ideal para serviços em avenidas (médias e grandes áreas), sem interrupções, com versatilidade de manobras, controle eletrônico de nivelamento e com correia transportadora do resíduo.



Figura 3. Equipamento de fresagem de médio porte utilizado no município (DOBES, 2023).

O Resíduo é armazenado em local sem cobertura, no pátio da usina de asfalto a frio do município.



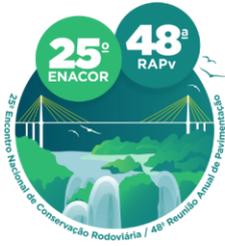
Figura 4. Acondicionamento do RAP do município (DOBES, 2023).

O cilindro fresador de 2.000 mm de largura possui 180 dentes, conseguindo desbastar a 10 m/min camadas de 20 mm. Foram obtidos resíduos de diversos tamanhos, com grumos lamelares e quebradiços que agrupam partes de agregados com o CAP. As maiores dimensões de grumos observadas foram 36 mm x 28 mm x 8 mm (comprimento x largura x espessura). O Índice de Forma conforme orientação do DNIT 425/2020-ME resultou em 2,4.



Figura 5. Material fresado (DOBES, 2023).

Magar *et al* (2022) observa que o agregado do RAP é “geralmente mais fino”. Verificou-se neste levantamento que a fresagem provoca, por conta da fragmentação causada, o aparecimento de quantidades consideráveis de finos (Figura 6) e a ruptura de agregados. Portanto a determinação da



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

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



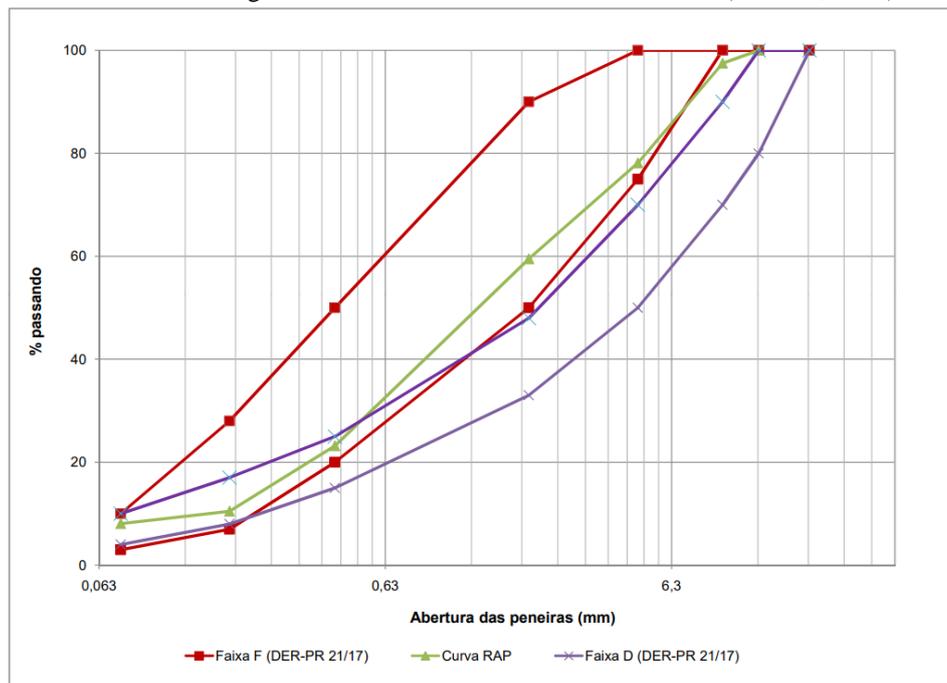
faixa granulométrica do resíduo fresado é necessária para a correta análise técnica. O procedimento para determinação da granulometria aconteceu após a extração do cimento asfáltico de petróleo (CAP) dos grumos. Neste estudo foi utilizado o método de centrifugação com aparelho extrator de betume elétrico, seguindo as especificações da Norma DNER-ME 053/94. Os resultados dos ensaios indicaram granulometria entre a Faixa D e Faixa F da Norma DER-PR 21/17 e teor de CAP médio de 7,0%.

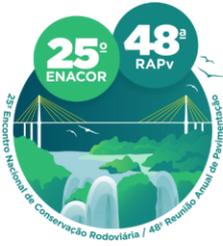
A separação do CAP-agregado foi realizada gradativamente. Após o extrator de betume, o CAP foi centrifugado para separação dos finos, acelerando-se a decantação. O querosene foi o solvente utilizado por usualmente ser menos tóxico que o tricloroetileno e o tetracloreto de carbono, além de ser o método que garante melhor integridade do agregado (LIU *et al*, 2023). O solvente foi removido por Rotavapor com auxílio de vácuo a 740 mmHg.



Figura 6. Amostra de agregados após extração de CAP (DOBES, 2023).

Gráfico 1: Faixa granulométrica média das amostras de RAP (DOBES, 2023).





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

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



## REUTILIZAÇÃO DO RAP NO MUNICÍPIO

A reutilização do RAP é benéfica socialmente, economicamente e ambientalmente (LIMA, 2003; BONFIM, 2010; USACE, 2011; LI, WU e GUO, 2014; MIKHAILENKO e BAAJ, 2017; MARIYAPPAN, 2023). Tecnicamente, a vantagem da reutilização do RAP deverá ser analisada para cada caso. Quando aplicado em numa nova camada de revestimento, o RAP denota melhor viabilidade econômica e ambiental (ZAUMANIS *et al.*, 2014; KANDHAL e MALLICK, 1997).

O Município de Foz do Iguaçu somente reaproveita o RAP fazendo a manutenção em vias com leito natural em situações precárias e como base de pavimento para transporte de baixa carga (ciclovias). Conforme imagens dos serviços realizados há cerca de um ano, o RAP sobreposto em viários rurais (de leito natural) é carregado por intempéries. Técnicas de execução, ou materiais com menores custos associados poderão ser considerados para estes serviços. Por outro lado, se esse resíduo for rejuvenescido e utilizado numa nova mistura modificada, ter-se-á melhor reaproveitamento, gerando maior valor agregado (LIMA, 2003; CENTOFANTE, 2018).

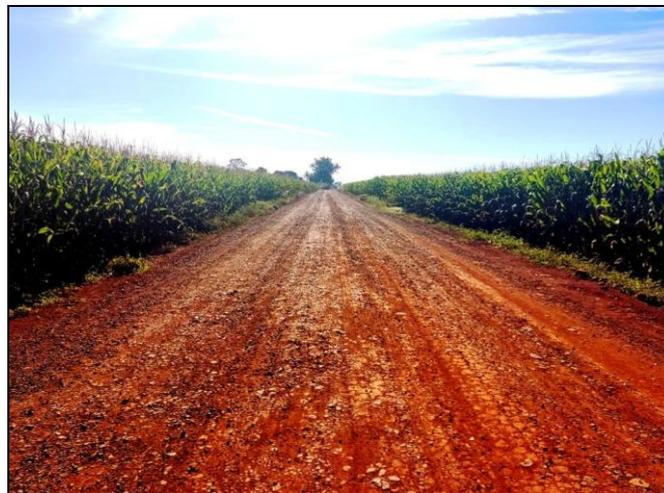


Figura 7. RAP sobre viário em leito natural (DOBES, 2023).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A correta manutenção viária urbana, respeitando-se padrões técnicos de engenharia, contribui para solucionar diversos problemas nas cidades, como o controle de enchentes, segurança e comodidade no trânsito. No caso de Foz do Iguaçu, uma cidade turística, que faz fronteira com dois países e comporta o maior porto seco da América Latina, os pavimentos das principais avenidas são submetidos a elevados carregamentos por eixos, oriundos das cargas de caminhões que realizam transporte internacional, assim como de ônibus de turismo nacionais e estrangeiros.

Neste sentido, este trabalho apresenta as vantagens da utilização de métodos adequados de correção de pavimentos urbanos. Informa a quantidade de RAP gerado pelo município até o presente momento, com as referências técnicas de sua característica visual, auxiliando o planejamento para reutilização deste resíduo.

Várias ruas do município apresentam manifestações patológicas que necessitam da remoção da camada de revestimento, sendo prevista a geração de grandes quantidades de RAP. Considerando-se que o RAP poderá ser aplicado em uma nova camada com reaproveitamento de até 70%, o



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

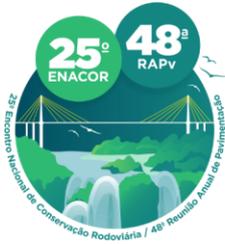


quantitativo de RAP apresentado gerado pelo município, poderia satisfazer em até 4.000,00 m<sup>3</sup> de uma nova mistura.

As amostras do RAP apresentam bom aspecto visual, granulometria adequada, fácil separação dos grumos e alto teor de ligante asfáltico. Tais amostras poderão ser objeto de análise para estudos da especificação do ligante e de suas propriedades reológicas, bem como dos agregados. A continuidade dos estudos poderá atestar a viabilidade técnica e econômica para reutilização do RAP em uma nova mistura modificada. Com os resultados dos ensaios, será possível determinar as proporções para adição na nova mistura asfáltica e realizar a aplicação da mistura resultante em trechos predeterminados para monitoramento, confirmando assim, os benefícios para o município.

## REFERÊNCIAS

- ABUHASSAN, Y. et al. Effect of Extraction Solvents on Rheological Properties of Recovered Asphalt Binders. *Journal of Transportation Engineering*. DOI: 10.1061/JPEODX.0000096. 2019.
- AVAL, S.F; MOGAWE, W. A Manual for Extraction Recovery of the Asphalt Binder. Highway Sustainability Research Center. University of Massachusetts. 2017.
- BERNUCCI, L. et al. Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros. Petrobras. ABEDA, Rio de Janeiro, 2022.
- BONFIM, V. Fresagem de Pavimentos Asfálticos. Câmara Brasileira do Livro, 3ª Edição. São Paulo, 2010.
- BURR, B. L; GLOVER, C. J; DAVISON, R. R. e BULLIN, J. A. New Apparatus and Procedure for the Extraction and Recovery of Asphalt Binder from Pavement Mixtures. *Transportation Research Record*. 1993.
- CASTRO, L. N. de. Reciclagem à Frio "in situ" com Espuma de Asfalto. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2003.
- CENTOFANTE, R. et al. Avaliação do Comportamento de Misturas Asfálticas Recicladas a Quente com Inserção de Material Fresado. *Revista Matéria*, v.23, n.3, 2018.
- COSTA, C e PINTO, S. O uso de Reciclagem de Pavimentos como Alternativa para o Desenvolvimento Sustentável em Obras Rodoviárias no Brasil. 2011.
- DANTAS, T. N. et al; Reciclagem de Material Asfáltico Fresado Com a Utilização de Solventes e Microemulsões; Campinas, 2007.
- DAVID, D. Misturas Asfálticas Recicladas a Frio: Estudo em Laboratório Utilizando Emulsão e Agente Emulsionado. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2006.
- DEEF-ALLAH, E. e ABDELRAHMAN, M. Interactions Between RAP and Virgin Asphalt Binders in Field, Plant, and Lab Mixes. DOI:10.30574/wjarr.2022.13.1.0744. 2022.
- DER/PR ES-P21/17. Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná. Pavimentação: Concreto Asfáltico Usinado a Quente. Curitiba, 2017.
- DER/PR ES-P31/05. Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná. Pavimentação: Fresagem à Frio. Curitiba, 2005.
- DNER PRO 07/78. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos. Rio de Janeiro, 1978.
- DNER PRO 08/78. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Rio de Janeiro, 1978.
- DNER 010/79. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Avaliação estrutural de pavimentos flexíveis. Rio de Janeiro, 1979.
- DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Curso RP 9 – Reciclagem de Pavimentos. Rio de Janeiro, 1994.

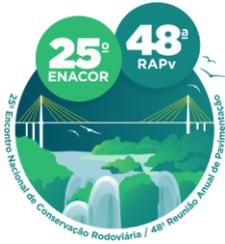


19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

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



- DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Instruções para atividades de campo. Rio de Janeiro, 1994.
- DNER ES 128/83. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Levantamento da condição de superfície de segmentos-testemunha de rodovias de pavimentos flexíveis ou semi-rígidos, para gerência de pavimentos a nível de rede. Rio de Janeiro, 1983.
- DNER PRO 269/94. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Projeto de Restauração de Pavimentos Flexíveis – TECNAPAV. Rio de Janeiro, 1994.
- DNIT 007/2003. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos Procedimento. DNIT 007/2003 - PRO. Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR. 2003
- DNIT 425/2020-ME. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte Pavimentação – Agregado – Determinação do índice de forma com crivos – Método de ensaio. Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR. 2020.
- DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. Terminologias Rodoviárias Usualmente Utilizadas. Versão 1.1. 2007.
- DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. Manual de Restauração de pavimentos asfálticos - 2. Ed. Rio de Janeiro, 2006.
- DOMINGUES, F. A. A. Mid: Manual de Identificação de Defeitos de Revestimentos Asfálticos de Pavimentos. . São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 1993. Acessado em 29/05/2022, em:<<https://fdocuments.net/document/manual-para-identificacao-de-defeitos-de-revestimentos-asfalticos-de-pavimentos.html?page=1>>
- FLORES, N. V. et al. Proposal to Compare Urban Infrastructure Using Multi-Criteria Analysis. Foz do Iguaçu, 2021.
- FHWA. Life Cycle cost analysis in Pavement design. U. S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. Publication n. FHWA-SA-98-079, 1998.
- GALVÃO, D.F. et al. Estudo da Imagem Sócio-ambiental Urbana de Foz do Iguaçu – PR. REMOA, V.13. Santa Maria, 2014.
- GONTIJO, PAULO ROMEU A. A Técnica da Reciclagem à Quente Empregando Materiais Oriundos da fresagem de Camadas Asfálticas - Procedimentos Essenciais. In: Reunião Anual de Pavimentação, 32a, ABPv, Brasília,2000.
- HEMIDA, A; ABDELRAHMAN, M. e DEEF-ALLAH E. Quantitative Evaluation of Asphalt Binder Extraction From Hot Mix Asphalt Pavement Using Ashing and Centrifuge Methods. Transp Eng. DOI:10.1016/j.treng.2021.100046. 2021.
- KANDHAL, P. S. e MALLICK, R. B. FHWA Pavement Recycling Guidelines for State and Local Governments. Federal Highway Administration, U. S. Department of Transportation. FHWA-SA-98-042. Washington, 1997.
- LI H; WU Y e GUO Y. Validation of Reclaimed Shingles Asphalt Binder Extraction and Recovery Methods. in: Advanced Characterization of Asphalt and Concrete Materials. American Society of Civil Engineers. DOI:10.1061/9780784478554.003. Reston, VA, USA. 2014.
- LIMA, A.T. Caracterização Mecânica de Misturas Asfálticas Recicladas a Quente . Dissertação. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2003.
- LIU C; ZHAO B; XUE Y; HE Y; DING S; WEN Y e LV S. Synchronous Method and Mechanism of Asphalt-aggregate Separation and Regeneration of Reclaimed Asphalt Pavement. Construction and Building Materials, Volume 378. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131127>.
- MAGAR, S; XIAO, F; SINGH, D e SHOWKAT, B. Applications of Reclaimed Asphalt Pavement in India – A review. Journal of Cleaner Production, Volume 335. 2022. 30, 45587–45606. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130221>
- MARIYAPPAN, R; PALAMMAL, J. S e BALU, S. Sustainable Use of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) in Pavement Applications - A Review. Environmental Science and Pollution Research. 30, 45587–45606. 2023. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25847-3>.
- MIKHAILENKO, P. e BAAJ, H. Survey of Current Asphalt Binder Extraction and Recovery Practices. Investing in Transportation: Building Canada’s Conference and Exhibition of the Transportation Association of Canada. 2017.



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

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



- MOLENAAR A. A. A; MOHAJERI, M e VAN DE VEN, M. F. C; Hot Recycling in the Netherlands. Delft University of Technology. Transportation Research. E-C 188. 2014.
- MOMM, L. e DOMINGUES, F. A. A. Reciclagem de Pavimentos à Frio in Situ Superficial e Profunda. REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO. Cuiabá. 1995.
- NEVES FILHO, C. L. D. Avaliação Laboratorial de Misturas Asfálticas SMA Produzidas com Ligante Asfalto-borracha. Dissertação. EESC/USP. São Carlos, 2004.
- RAMOS, C. R; TIZO, O; Vânia L.E.S. T; Moura, C. M e GUSTI, M. D. Reciclagem em Usina Gravimétrica no Município do Rio de Janeiro. 13o Encontro do Asfalto. Instituto Brasileiro do Petróleo. Rio de Janeiro, 1996.
- RODEZNO, C. e GRANT, J. Asphalt Binder Extraction Protocol for Determining Amount e PG Characteristics of Binders Recovered from Asphalt Mixtures. Dept. of Transportation. Wisconsin. 2018.
- STROUP-GARDINER, M. e NELSON, J. W. Use of Normal Propyl Bromide Solvents for Extraction and Recovery of Asphalt Cements. National Center for Asphalt Technology of Auburn University. Auburn. 2000
- USACE. Cold mix recycling. United States Army Corps of Engineers, UFGS 02965. Washington. 2011.
- WAKEFIELD, A; ANDERSON, R. M; McKAY, Z. e TIGHE, S. L. A Review of Solvent Extraction-Recovery Procedures and their Effect on Recovered Asphalt Binder Properties. Canadian Technical Asphalt Association Conference. Victoria. 2018.
- YOUSEFI, A. A; HAGHSHENAS, H. F; UNDERWOOD, B. S; HARVEY, J e BLANKENSHIP, P. Performance of Warm Asphalt Mixtures Containing Reclaimed Asphalt Pavement, an Anti-stripping Agent, and Recycling Agents: A Study Using a Balanced Mix Design Approach, Volume 363. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129633>.
- ZAUMANIS, M; R. B. MALLICK e FRANK, R. 100% Recycled Hot Mix Asphalt: a Review and Analysis. Resources, Conservation and Recycling, v. 92, p. 230-245, 2016. DOI: 10.1016/j.resconrec.2014.07.007. 2014.