



## ANÁLISE DO ESTUDO COM MISTURA DE CONCRETO ASFÁLTICO DENSO COM RESÍDUOS DE VIDRO

*Jéssica Bellanda Sgobero<sup>1</sup>, Paulo Renato de Castro Alves<sup>2</sup>*

**RESUMO:** A presente pesquisa tem por objetivo qualificar a adição de agregados finos de vidro reciclável ao asfalto como medida sustentável em substituição da areia comumente utilizada no Brasil, estabelecendo a faixa C como camada de rolamento. A ideia inicial de propor uma camada drenante foi substituída por uma camada densa de betume (modificado por polímero RET) considerando os altos gastos com a manutenção e limpeza dos poros que seriam injetados na região já que é visível a poluição de areias, terras e outros resíduos nos eixos viários locais bem como visando a facilidade de adequação deste projeto em uma possível futura utilização dos dados já que o tipo de mistura mais comum na região é mistura betuminosa usinada a quente (CBUQ) de granulometria densa dentro da faixa C. A partir desta premissa houve a necessidade de estabelecer uma pesquisa para que fosse realizado um projeto com as porcentagens viáveis e possíveis do vidro no asfalto. Para isso estabeleceu-se como base metodológica o Ensaio Marshall (DNER-ME 043) bem como a Norma para pavimentação de concreto asfáltico com asfalto polímero (DNER-ES 385/99) que já é utilizado em larga escala no Brasil e de grande aceitação na aprovação de projetos asfálticos. Para o desenvolvimento desta pesquisa foram realizados todos os testes requeridos no qual obtiveram resultados de: fluência, tração na compressão diametral, estabilidade, densidade aparente, volume de vazios (vv), volume de agregado mineral (vam), Relação de betumes e vazios (Rbv), equivalente de areia e teor ótimo de betume. A coleta dos agregados se deu na pedreira Ijuhy na cidade de Itambé, por ser considerada de melhor qualidade mineral; já a coleta do pó de vidro se deu na Cooperativa de Maringá chamada Coopervidros na qual o material foi peneirado previamente para que se coletassem apenas os agregados passantes na peneira 4,75 milímetros. Os ensaios foram realizados no laboratório da empresa Conterpave, onde os dados obtidos a partir da adição das partículas de vidro como agregado miúdo foram tratados e comparados aos resultados tradicionais obtidos com a areia. Com a obtenção de resultados dentro da normatização brasileira e totalmente qualificados para a inserção deste novo material proposto iniciou-se então a especulação do potencial de recolhimento do vidro na cidade de Maringá, pois sabe-se que todo o vidro recolhido na cidade e região não tem destinação local, mas são levados a São Paulo para que lá seja processado e volte ao ciclo de produção, considerando os gastos com combustível e a poluição atmosférica que é causada no transporte destes até o destino final.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensaio Marshall; partículas de vidro; substituição; sustentabilidade; vidro reciclado.

### 1 INTRODUÇÃO

Os pavimentos são estruturas de diversas camadas, sendo o revestimento a camada que recebe diretamente as cargas dos veículos e a ação climática, portanto esta camada deve funcionar para que seja impermeável tanto quanto seja possível e resistente aos esforços de contato que são variáveis dependendo da carga e da velocidade dos veículos. Os requisitos básicos resultantes da interligação dos agregados com os ligantes asfálticos devem garantir de maneira adequada a impermeabilidade, flexibilidade, estabilidade, durabilidade, resistência à derrapagem, resistência à fadiga e ao trincamento térmico de acordo com o clima e tráfego previstos para o local de aplicação. Hodiernamente a adição de modificadores denominados polímeros tem sido largamente usada como forma de subtrair os efeitos indesejáveis que tornam curta a vida do asfalto (BERNUCCI, 2010). Segundo Barksdale (1971), um bom projeto de pavimento é aquele que mistura os materiais e espessuras conforme a rigidez de cada camada de maneira que propicie a resposta estrutural ideal para as solicitações do tráfego que será responsável pela qualidade na vida útil do conjunto estrutural. Dentre as mais frequentes causas relacionadas à vida útil, manutenção e reabilitação asfáltica estão os danos à fadiga, que demandam consideráveis investimentos. Desta maneira, estes fatores têm sido motivo de estudo e interesse de diversas pesquisas mundialmente nas quais desde a década de 60 o asfalto com adição de vidro, conhecido no âmbito internacional por *glasphalt*, tem sido defendido como alternativa contra danos de cargas cíclicas. Suas qualidades confrontam-se com os altos custos produtivos do vidro moído, fato que inviabilizou o uso deste segundo Kandhal (1992). Porém, no ano de 2012 a partir do trabalho realizado na Universidade Tecnológica de Sharif foi proposto o uso do *glasphalt* com partículas de vidro recicladas extinguindo-se a necessidade de produção do vidro moído feita anteriormente, trazendo uma alternativa viável, prática e de baixo impacto ambiental

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Cesumar – UNICESUMAR, Maringá – PR. Bolsista PIBITI/Cnpq-Unicesumar. [jessicabellanda@gmail.com](mailto:jessicabellanda@gmail.com)

<sup>2</sup>Orientador, docente do Curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Cesumar – UNICESUMAR, Maringá.



que corroborou grandemente na busca pelo prolongamento da vida à fadiga segundo concluiu M. Arabani (2012). Considerando os bons resultados gerados por esta pesquisa feita segundo os padrões iranianos o projeto em questão propôs o estudo destas partículas de vidro moído recicladas dentro dos parâmetros rodoviários brasileiros como tentativa de arrefecer os danos causados pelas condições adversas, sendo de natureza mecânica ou térmica, para que se prolongue ainda mais a durabilidade dos asfaltos brasileiros.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais agregados foram todos coletados na Pedreira Ijuhy – Itambé sendo de natureza basáltica e as partículas de vidro reciclado provêm em sua maioria de garrafas de várias cores trabalhando assim com a heterogeneidade das partículas disponíveis e foram retiradas na Coopervidros em Maringá considerando somente as partículas passantes na peneira 4,75 milímetros. Já o ligante foi fornecido pela Conterpave sendo CAP 50/70 modificado por polímero RET, e a cal hidratada foi adicionada como agente anti-descascante na quantidade de 1%. Os materiais que compõe a mistura granulométrica possuem os tamanhos 1/2”, 3/8”, pó, vidro e cal que foram peneirados a partir do tamanho de 1”, 3/4”, 1/2”, 3/8”, 4, 10, 40, 80 até 200 milímetros, os teores asfálticos considerados formam 4%, 4,5%, 5%, 5,5% e 6%, resultando ao total em 15 corpos-de-prova. A metodologia adotada foi baseada no Ensaio Marshall em que foi feito inicialmente a composição granulométrica a partir do estabelecimento das porcentagens de cada material que se encaixe na faixa C adotada, após isso foi realizado o ensaio de equivalente de areia para considerar o teor pulverulento no cálculo da composição. A composição foi definida a partir das porcentagens que se adequaram dentro da faixa de trabalho estabelecida e formasse uma curva mais próxima da ideal a ser trabalhada. Antes de iniciar os testes todas as misturas foram homogeneizadas e colocadas na estufa em temperatura adequada para que se retirasse a umidade. Para a moldagem dos corpos de prova o ligante foi colocado em temperatura controlada de 160°C, após isso foram aferidas as densidades aparente, ruptura para estabilidade e fluência, rice para densidade teórica e por fim as características Marshall. Os aparelhos utilizados foram a prensa Marshall e o rice test. Por fim, os dados foram descritos em tabelas e gráficos na qual foi comparado com projetos anteriores feitos com areia.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados esperados foram similares aos resultados finais, pois quando comparados com os padrões das camadas de rolamento com areia as características foram consideradas praticamente as mesmas e se colocaram dentro das faixas exigidas pela norma do DNER-ES 385/99, fato que permite sua utilização. Segundo dados do SEMUSP (2015), na Prefeitura de Maringá, a cidade coletou no ano de 2014 920 toneladas e 830 quilos de vidros e durante o primeiro semestre de 2015 foram recolhidas 564 toneladas e 163 quilos. Considerando um trecho de 10 quilômetros e com densidade do CAP 2,479 resultada neste projeto seria preciso 991,6 toneladas de vidro para asfaltar uma via de 8 metros com 5 centímetros de espessura considerando 10 % do vidro incorporado no CAP. Os números de vidro recolhidos ainda são tímidos porém atualmente sabe-se que não há incentivos para a coleta deste material e que estes valores provavelmente podem subir se forem promulgadas campanhas referente à coleta bem como a coleta integrada de cidades vizinhas que também não têm destinação local do vidro, abrindo aqui uma oportunidade para que a cidade de Maringá invista na coleta e trituração dos vidros recolhidos que daria um montante capaz de ser utilizado na prática em mais larga escala. As tabelas resultantes da pesquisa em foco que comprovam a perfeita adequação do vidro reciclável como agregado asfáltico são apresentadas a seguir.



Tabela 1: Composição granulométrica da mistura de vidro

PEN. POL.	PEN. MM	% EM PESO PASSANDO								FAIXA C DNER		FAIXA TRABALHO		
		1/2"	3/8"	Pó	Vidro	0	0	cal	Mistura	%		%		
-	-	%	%	%	%	%	%	%	%	LIMITES		LIMITES		
-	-	18	16	55	10	0,0	0,0	1,0	100	100	100	100	100	100
1"	25,40	18	16	55	10	0,0	0,0	1,0	100	100	100	100	100	100
3/4"	19,10	18	16	55	10	0,0	0,0	1,0	100	100	100	100	100	100
1/2"	12,70	12,5	16	55	10	0,0	0,0	1,0	94,5	85	100	87,5	100	100
3/8"	9,50	3,7	15,9	55	10	0,0	0,0	1,0	85,6	75	100	78,6	92,6	92,6
Nº4	4,80	0,3	2,1	52,7	10	0,0	0,0	1,0	66,2	50	85	61,2	71,2	71,2
Nº10	2,00	0,1	0,6	29,0	5,5	0,0	0,0	1,0	36,2	30	75	31,2	41,2	41,2
Nº40	0,42	0,1	0,5	16,3	1,2	0,0	0,0	1,0	19,1	15	40	15	24,1	24,1
Nº80	0,18	0,1	0,4	10,0	0,4	0,0	0,0	1,0	11,8	8	30	8,8	14,8	14,8
Nº200	0,08	0,1	0,3	7,1	0,1	0,0	0,0	0,9	8,5	5	10	6,6	10	10

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 2: Composição granulométrica da mistura de areia

PEN. POL.	PEN. MM	% EM PESO PASSANDO								FAIXA C DNER		FAIXA TRABALHO		
		1/2"	3/8"	Pó	Areia	0	0	cal	Mistura	%		%		
-	-	%	%	%	%	%	%	%	%	LIMITES		LIMITES		
-	-	18	20	56	5	0,0	0,0	1,0	100	100	100	100	100	100
1"	25,40	18	20	56	5	0,0	0,0	1,0	100	100	100	100	100	100
3/4"	19,10	18	20	56	5	0,0	0,0	1,0	100	100	100	100	100	100
1/2"	12,70	12,5	20	56	5	0,0	0,0	1,0	94,5	85	100	87,5	100	100
3/8"	9,50	3,7	19,9	56	5	0,0	0,0	1,0	85,6	75	100	78,6	92,6	92,6
Nº4	4,80	0,3	2,7	53,7	4,9	0,0	0,0	1,0	62,6	50	85	57,6	67,6	67,6
Nº10	2,00	0,1	0,8	29,5	4,4	0,0	0,0	1,0	35,8	30	75	30,8	40,8	40,8
Nº40	0,42	0,1	0,6	16,6	1,1	0,0	0,0	1,0	19,4	15	40	15	24,4	24,4
Nº80	0,18	0,1	0,5	10,2	0,1	0,0	0,0	1,0	11,8	8	30	8,8	14,8	14,8
Nº200	0,08	0,1	0,4	7,2	0,0	0,0	0,0	0,9	8,6	5	10	6,6	10	10

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 3: Resumo dos resultados Marshall mistura de vidro

Ensaio Marshall	DNER-ME 043	Especificações		Faixa de Trabalho	
		mínimo	máximo	L. Inferior	L. Superior
Teor %	5,2%	5,0%	5,4%	100,0	100,0
d ( g/cm³ )	2,551	-	-	100,0	100,0
Vv %	3,56	3,00	5,00	87,5	100,0
Rbv	78,62	75,00	82,00	78,6	92,6
Estabilidade (KGF)	1354,9	500	-	57,6	67,6
Fluência (1/100")	3,43	2,00	4,50	30,8	40,8
VAM %	16,60	15,00	-	15,0	24,4
Tração (Kg/cm²)	1,16	0,65	1,20	8,8	14,8
Relação finos betume %	1,56	0,6	1,2	6,6	10,0

Fonte: Dados da pesquisa



Tabela 4: Resumo dos resultados Marshall mistura de areia

Ensaio Marshall	DNER-ME 043	Especificações		Faixa de Trabalho	
		mínimo	máximo	L. Inferior	L. Superior
Teor %	<b>5,4%</b>	5,2%	5,6%	100,0	100,0
d ( g/cm <sup>3</sup> )	2,479	-	-	100,0	100,0
Vv %	3,82	3,00	5,00	87,5	100,0
Rbv	77,60	75,00	82,00	78,6	92,6
Estabilidade (KGF)	1213,2	500	-	61,2	71,2
Fluência (1/100")	3,79	2,00	4,50	31,2	41,2
VAM %	16,99	15,00	-	15,0	24,1
Tração (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,08	0,65	1,20	8,8	14,8
Relação finos betume %	<b>1,49</b>	0,6	1,2	6,5	10,0

Fonte: Dados da pesquisa

#### 4 CONCLUSÃO

É possível afirmar que a utilização do vidro no asfalto é de grande valia já que é um composto inorgânico que não pode ser decomposto nem queimado. Os resultados aprovados por norma são a prova cabal da possibilidade de utilização destas partículas, que comprovam o progresso que pode ser gerado a partir da prática. Porém para que haja quantidades viáveis de resíduos de vidro reciclável é fato que a cidade de Maringá precisa de programas de incentivo à coleta local e regional.

O progresso em questão é visualizado na sustentabilidade ambiental já que preserva a areia em suas fontes naturais colaborando deste modo a favor de medidas de baixo impacto ambiental que priorizam a reutilização como alternativa para que não haja necessidade de transportar em longas distâncias, retirar o menos possível dos bens naturais e diminuir a poluição pelos gases de efeito estufa liberados pelos transportes viários.

Como sugestão para trabalhos futuros tem-se os testes com equipamentos capazes de mensurar a vida à fadiga devido à indisponibilidade deste equipamento no laboratório, bem como a aplicação da mistura asfáltica em um trecho e sua análise após alguns meses, para que se expanda as avaliações sobre a aplicabilidade do material em questão e seja analisada a durabilidade em contato com as cargas locais.

#### REFERÊNCIAS

ARABANI, M.; MIRABDOLAZIMI, M.s; FERDOWSI, B. Modeling the fatigue behaviors of glasphalt mixtures. *SCIENTIA IRANICA*, Irã, Jun. 2012. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1026309812000703> > Acesso em: 20 agosto de 2014.

BARKSDALE, R.G. Compressive stress pulse times in flexible pavements for use in Dynamic testing. *Highway Research Record 345*, Highway Research Board, p 32-44, 1971.

BERNUCCI, Liedi Bariani. et al. *Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros*. Rio de Janeiro: Universidade Petrobras, 2008.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. ES 385/99: pavimentação – concreto asfáltico com asfalto polímero e ME 043/95: Misturas betuminosas a quente – Ensaio Marshall

Kandhal, P.S. Waste materials in hot mix asphalt In: Congresso em Miami, Florida, Auburn University, Alabama (1992).

SEMUSP – Secretaria Municipal de serviços públicos. Prefeitura do município de Maringá, Ofício nº 1226/2015.