



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

ANÁLISE DE CONCRETO ASFÁLTICO ESTOCÁVEL PARA USO EM PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

Arthur Henrique Moizinho¹; Kássio Gomes Fialho¹ & Joel Carlos Moizinho²

RESUMO

A pesquisa buscou avaliar a composição e as características físicas e mecânicas de um concreto asfáltico estocável a frio – CAE (indicado pelo fabricante para ser empregado em operações tapa buraco). Foram realizados ensaios visando a retroanálise da composição da mistura por meio da extração do ligante asfáltico, determinando-se a granulometria e porcentagem de ligante empregado. Para conhecimento das características volumétricas, estabilidade e resistência à tração diametral foram moldados 33 corpos de provas, seguindo a metodologia Marshall. A mistura CAE apresentou granulometria próxima a faixa C, com diâmetro máximo de 4,75mm e teor de ligante em torno de 5,5%. Os resultados de estabilidade Marshall não atenderam aos parâmetros estabelecidos pela norma DNIT 031:2006 – ES, sendo 33,5% inferior aos esperados para um concreto asfáltico. Com relação a resistência à tração por compressão diametral, não foi atendido o valor mínimo de 0,65 MPa, recomendado pela citada especificação. A mistura pesquisada apresentou resistência à tração média de 0,07 MPa e 0,08 MPa, respectivamente, para zero (0) e noventa (90) dias de cura ao ar livre, o que representa apenas 12,3 % do valor mínimo de referência. O Concreto Asfáltico Estocável estudado não apresentou requisitos mínimos exigidos para serviço de pavimentação. A pouca influência do tempo de cura nos resultados obtidos para resistência à tração diametral, sugere uma inadequação na dosagem do aditivo retardador de pega e questionamentos, se este deixará de agir após a compactação. Portanto, há necessidade de se estudar com mais rigor as misturas do tipo CAE, pois esta não se comporta como um concreto asfáltico convencional de acordo com a metodologia Marshall, como prometem o fabricante, mesmo para serviços de tapa buraco.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto estocável; Cura de CAE; CAE Tapa buraco.

ABSTRACT

The research aimed to evaluate the composition and the physical and mechanical characteristics of a cold stockpiled asphalt concrete (CAE), which the manufacturer indicated for use in pothole repair operations. Tests were conducted to perform a retroanalysis of the mixture's composition through the extraction of the asphalt binder, determining the granulometry and the percentage of binder used. To ascertain the volumetric characteristics, stability, and tensile strength, 33 specimens were molded following the Marshall methodology. The CAE mixture exhibited a granulometry close to grade C, with a maximum diameter of 4.75mm and a binder content of approximately 5.5%. The results of the Marshall stability tests did not meet the parameters established by the DNIT 031:2006 – ES standard, being 33.5% lower than those expected for asphalt concrete. Regarding the tensile strength by diametral compression, the minimum value of 0.65 MPa recommended by the aforementioned specification was not met. The researched mixture showed an average tensile strength of 0.07 MPa and 0.08 MPa for zero (0) and ninety (90) days of air curing, respectively, representing only 12.3% of the minimum reference value. The studied Cold Stockpiled Asphalt Concrete did not meet the minimum requirements for paving service. The minimal influence of the curing time on the tensile strength results suggests an inadequacy in the dosage of the set retarder additive, raising questions about whether it will cease to act after compaction. Therefore, there is a need for more rigorous studies on CAE-type mixtures, as this does not behave like conventional asphalt concrete according to the Marshall methodology, contrary to the manufacturer's claims, even for pothole repair services.

KEY WORDS: Storable concrete; CAE curing; CAE pothole repair.

¹ Mestrandos do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da Universidade de Brasília, ahmoizinho@hotmail.com; kassiogf@hotmail.com.

² Professor Titular da Universidade Federal de Roraima, joel.moizinho@ufrr.br.



INTRODUÇÃO

De acordo com o CNT (2023), o Brasil possui 213 mil quilômetros de rodovias pavimentadas, porém somente 43,2% estão em condições consideradas boas ou ótimas. Essa avaliação é resultado da análise das patologias encontrados nas rodovias brasileira, e dentre os defeitos encontrados na camada de revestimento dos pavimentos estudados estão presentes afundamentos e buracos. Tais patologias, exigem manutenções e restaurações nos pavimentos para que o conforto e segurança das vias sejam mantidos.

Dentre os diversos tipos de revestimentos em pavimentação rodoviária, o mais comum é o Concreto Asfáltico Usinado à Quente (CA), uma mistura íntima de agregados e ligante asfáltico, devidamente dosado, feita em usina, com rigoroso controle de granulometria, teor de ligante asfáltico, temperaturas do agregado e do ligante, transporte, aplicação e compressão (SENÇO, 2007).

Tendo em vista essas exigências quanto a aplicação, transporte e temperatura do CA, cria-se uma problemática quanto a viabilidade técnica e econômica para seu uso em áreas remotas do País, onde não há fácil acesso as usinas de concreto asfáltico. Essa problemática fica ainda mais evidente quando se trata de obras de manutenção e restauração, onde a quantidade do concreto a ser produzido, aplicado e transportado é baixa, mas a mão-de-obra especializada, o maquinário e o controle de qualidade alto ainda devem ser seguidos, fazendo com que a viabilidade econômica fique ainda mais comprometida.

Com o objetivo de melhorar economicamente, tecnicamente e ambientalmente os materiais usados na camada de revestimento de pavimentos rodoviários, nos últimos anos iniciou-se estudos de asfaltos alternativos. Foram estudados materiais como Asfalto Reciclado (AR) por Oreškovic *et al.* (2020), Asfalto Modificado com Polímero por Polacco *et al.* (2015), o Asfalto Pré-Misturado a Frio (PMF) e Asfalto Borracha (AB) por Novo Junior *et al.* (2021) e, neste contexto, este artigo se propõe a analisar o Concreto Asfáltico Estocável (CAE).

Segundo Carvalho (2020), o CAE, que também pode ser chamado de Asfalto Instantâneo, é uma alternativa de material para uso em camadas de revestimento e tem sua produção semelhante ao Concreto asfáltico usual. Ele é produzido a quente em usina e, no fim do processo é embalado para venda. A diferença em relação do CAE em relação ao Concreto asfáltico tradicional, é que se utiliza um aditivo polimérico misturado ao ligante para que não ocorra a cura do concreto, até que ele seja retirado da embalagem, permitindo assim que o CAE seja aplicado a frio. Por não necessitar que a mistura esteja quente, a aplicação do CAE é bastante simples, podendo ser vendido em pequenas quantidades, e o transporte pode ser feito em veículos pequenos, facilitando sua utilização.

Todas essas vantagens, posicionam o CAE como uma boa alternativa para o uso em manutenção de pavimentos rodoviários, como, por exemplo, na forma de tapa-buracos, uma vez que pode ser aplicado em qualquer clima, com liberação da via de forma imediata, sem máquinas pesadas e cuja densificação é feita pelo próprio tráfego.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Santana e Lourenço (2017) estudaram 3 misturas de CAE de diferentes fornecedores, a primeira mistura foi feita com CAP 50/70 modificado com retardador de cura, a segunda foi uma mistura de CAP com pedra britada e com adição de resíduos sólidos de pneus e a terceira foi uma mistura de CAP com aditivo que reveste o material e que quando rompido propicia boas características



meccânicas a mistura. Essa última mistura foi analisada em dois lotes diferentes. Os autores realizaram ensaios de caracterização e ensaios mecânicos para avaliar a adequação das misturas as normas vigentes. No ensaio de extração de ligante atestou-se que a mistura 2 e a mistura 3 do primeiro lote estavam com teor acima do limite máximo permitido pelo DNIT. A análise granulométrica mostrou que nenhuma das amostras se encaixou na faixa “C” do DNIT e nem nos parâmetros da metodologia Superpave. Ainda na etapa de caracterização, os autores constataram que nenhuma das amostras tem os teores de vazios entre 3% e 5%, como exigidos pelo DNIT. Já em relação a parte mecânica, a estabilidade Marshall e a resistência à tração por compressão diametral das amostras ficaram muito abaixo do mínimo estabelecido para concretos asfálticos. Os autores ainda observam que, para a amostra 3, houve grande variação nos valores obtidos nos ensaios mecânicos e volumétricos, sugerindo que não há rigor na fabricação das misturas.

Araújo *et al.* (2021) fizeram uma análise granulométrica, volumétrica e mecânica do CAE comercializado no estado da Bahia. O teor de ligante encontrado nas amostras de CAE se adequou com o mínimo exigido em norma para o concreto asfáltico, todavia a curva granulométrica do material granular da mistura não se encaixou na faixa “C” estabelecida pelo DNIT para concretos asfálticos. Nos ensaios mecânicos, feitos aplicando a metodologia Marshall, a mistura foi comparada com uma amostra de controle e de um Pré Misturado a Frio (PMF), onde se pode observar que o CAE apresentou valores de estabilidade bem abaixo quando comparado com o concreto asfáltico a quente, mas os valores ficaram próximos do encontrado no PMF. Os autores ainda estudaram a influência da idade de estocagem da mistura na sua estabilidade e resistência a tração, sendo observado uma diminuição dos parâmetros mecânicos da amostra com o envelhecimento da mistura.

Rezende *et al.* (2019) estudaram amostras de CAE pela metodologia Superpave, aquecidas para compactação a 60 °C em duas idades diferentes, 0 (zero) e 30(trinta) dias de cura ao ar livre, sem imposição de cargas. Para caracterização das misturas foram feitos ensaio de extração de ligante e distribuição granulométrica, observou-se que o teor de ligante se encaixou no mínimo exigido pelas normas, já o material granular da mistura atendeu a faixa “C” do DNIT. Na análise de resistência, foram feitos ensaios mecânicos de resistência à tração e de módulo de resiliência. Para a resistência à tração não houve grande variação entre as amostras sem cura e com 30 dias de cura, e ambas ficaram muito abaixo do mínimo exigido para um concreto asfáltico. Em relação ao módulo de resiliência os autores afirmam que os valores encontrados estão dentro do esperado, de acordo com valores típicos para MR.

Huang (2020) estudou pela metodologia Marshall, a influência da compactação e da densidade da mistura de CAE na resistência do material. Para compactação foram usadas 3 metodologias: na A as amostras foram compactadas na temperatura ambiente, na B fez-se a aplicação de 50 golpes de cada lado na temperatura ambiente e depois a mistura foi aquecida a 110 °C e submetida a mais 25 golpes de cada lado do corpo de prova, e por fim, na C as amostras foram compactadas a temperatura de 135 °C. Os resultados demonstraram que as amostras compactadas a maiores temperaturas, resultaram em maiores valores de estabilidade Marshall. Além disso, foram estudadas misturas CAE densas e com estrutura aberta, e nesses casos os autores relataram que misturas densas se sobressaíram em relação a misturas com estrutura aberta.

OBJETIVO DA PESQUISA

A pesquisa procurou avaliar a composição de uma mistura de CAE, vendida comercialmente, por meio da extração do ligante, usando o método rotárex e analisar seguindo a metodologia Marshall às



características volumétricas da mistura, tais como: densidade, volume de vazios e relação betume-vazio de amostras com e sem cura, além da resistência à tração, comparando com valores mínimos exigidos pela especificação DNIT ES 031:2006.

MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado na pesquisa está apresentado na Figura 1. O estudo foi dividido em quatro etapas principais: preparação das amostras, caracterização física, preparação dos corpos de prova e caracterização mecânica. As análises foram realizadas no Laboratório de Geotecnia e Pavimentação do Núcleo de Pesquisa em Engenharia (NUPENG) da Universidade Federal de Roraima.



Figura 1. Concreto Asfáltico Estocável a granel (MOIZINHO, 2024).

Foram pesquisadas amostras de Concreto Asfáltico Estocável a granel, oriunda de um fornecedor anônimo, fornecidas em sacos de 25kg e adquirida em site comercial. Segundo os fabricantes, os agregados estavam classificados na Faixa C da ES 031:2006 proposta pelo DNIT e cujo ligante é o CAP 50/70. O CAE foi retirado das embalagens, destorroadas antes da realização dos ensaios previstos. Os agregados analisados foram obtidos a partir da extração do ligante das amostras de CAE, seguindo os procedimentos estabelecidos na norma DNER ME 053:1994.

Para a realização do ensaio de extração de ligante, foram separadas duas amostras do material. A extração do ligante foi feita a partir da utilização do método Rotárex (Figura 2.a e 2.b) e o uso de um solvente (Querosene).

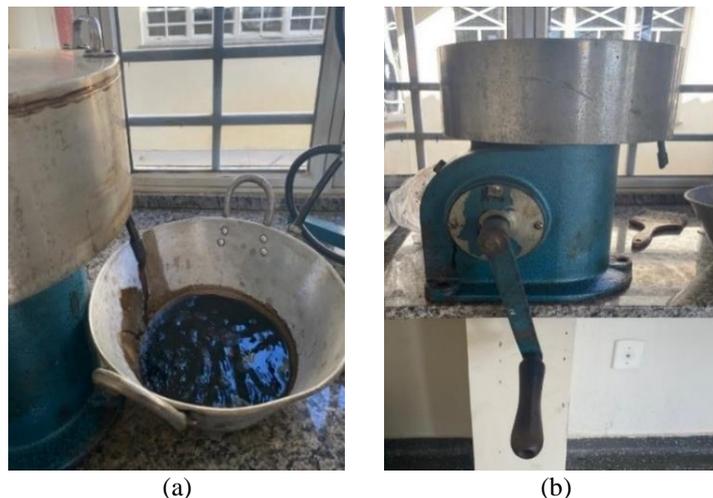


Figura 2. (a) Extração de ligante pelo método do Rotárex e (b) centrífuga usada no ensaio. (MOIZINHO, 2024).



Após a extração do ligante, a caracterização física dos agregados das amostras de CAE foi conduzida. Extraído todo o ligante, a amostra com os agregados foi levada a estufa para posterior caracterização física dos agregados (absorção, massa específica real e aparente), conforme a Figura 3. A análise granulométrica do material foi realizada com o objetivo de verifica-se a faixa granulométrica do material, segundo DNIT ES 031:2006.



Figura 3. Material granular após a extração de ligante. (MOIZINHO, 2024).

De acordo com a especificação DNIT ES 031:2006, a mistura deve respeitar as tolerâncias no que diz respeito à granulometria, estando dentro dos limites de uma das faixas (A, B ou C), de acordo com os dados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Faixas granulométricas do DNIT para Concreto asfáltico. (DNIT, 2006)

Peneira de malha quadrada		% em massa, passando			
Série ASTM	Abertura (mm)	A	B	C	Tolerâncias
2"	50,8	100	-	-	-
1 1/2"	38,1	95-100	100	-	± 7%
1"	25,4	75-100	95-100	-	± 7%
3/4"	19,1	60-90	80-100	100	± 7%
1/2"	12,7	-	-	80-100	± 7%
3/8"	9,5	35-65	45-80	70-90	± 7%
N° 4	4,8	25-50	28-60	44-72	± 5%
N° 10	2	20-40	20-45	22-50	± 5%
N° 40	0,42	10-30	10-32	8-26	± 5%
N° 80	0,18	5-20	8-20	4-16	± 3%
N° 200	0,075	1-8	3-8	2-10	± 2%
Asfalto solúvel no CS₂ (+) (%)		4,0 - 7,0 Camada de ligação (Blinder)	4,5 - 7,7 Camada de ligação e rolamento	4,0 - 7,0 Camada de rolamento	± 0,3%



Para avaliar a composição das misturas asfálticas, física e mecanicamente, foram produzidos 33 corpos de prova. A mistura preparada com 1200g atendeu aos critérios da média estipulada pela ES 031:2006 do DNIT. A Figura 4 mostra os corpos de prova resultantes da moldagem do Concreto asfáltico estocável. A Tabela 2 detalha os testes realizados e a quantidade de corpos de prova fabricados, conforme a metodologia Marshall.

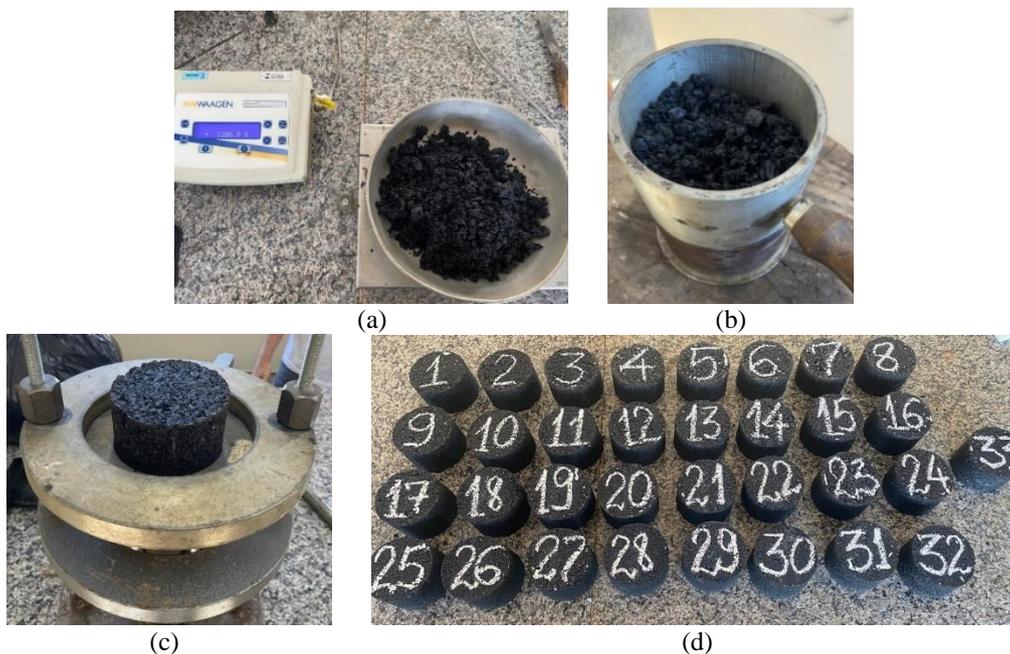


Figura 4. (a) Pesagem da amostra, (b) moldagem dos corpos de prova, (c) extração dos CPs, (d) corpos de provas usados na pesquisa. (MOIZINHO, 2024).

Tabela 2. Ensaio mecânicos para caracterização de misturas asfálticas. (MOIZINHO, 2024)

Ensaio	Norma Técnica	Número de amostras
Ensaio Marshall	DNER-ME 043/95	10
Resistência a tração por compressão diametral (sem cura)	DNIT-ME 136/2018	10
Resistência a tração por compressão diametral (90 dias de cura)	DNIT-ME 136/2018	10

As amostras de massa estocável (já misturadas) foram pesadas (1200g) e compactadas a frio em temperatura ambiente.

Para calcular os parâmetros Marshall, como o volume de vazios, a relação betume-vazios, a estabilidade e a fluência, os corpos de prova foram pesados em temperatura ambiente e imersos em água para determinar a densidade aparente e os vazios das misturas.

A caracterização mecânica da mistura estocável foi conduzida utilizando a metodologia Marshall para concreto asfáltico (CA) conforme descrito em DNER (1995). Os corpos de prova (CPs) foram compactados com 75 golpes em cada face, totalizando 10 CPs. As amostras destinadas aos ensaios



de concreto asfáltico foram submetidas à ruptura na prensa Marshall após o total resfriamento e pré-aquecimento a 60°C durante duas horas em estufa.

Os corpos de provas moldados a frio, foram divididos em dois grupos: aqueles que seriam ensaiados de imediato (10 CPs) e aquele que seriam ensaiados com 90 dias de cura ao ar livre (10 CPs). O objetivo de tal diferenciação foi verificar se ao longo dos dias haveria alguma mudança de comportamento do CAE, devido ao aditivo retardador de pega presente, contudo entende-se que a melhor maneira de representar a cura que o material enfrentaria em campo seria com ela exposta a intempéries e, se possível, submetido a cargas móveis.

Para calcular a resistência à tração, foram registradas as medidas do diâmetro e da altura em quatro posições diametralmente opostas nos corpos de prova, e a média dessas medidas foi utilizada para os cálculos. Os corpos de provas foram rompidos na temperatura ambiente (25°C).

A carga necessária para produzir o rompimento do corpo de prova foi ajustada de acordo com sua altura multiplicando-a pelo fator de correção, conforme determinado pela Equação 1.

$$f = 927,23 * h^{-1,64} \quad (1)$$

Em que: f: fator; h: altura do corpo de prova, em cm.

A resistência a tração foi determinada por meio da equação 2.

$$RT = \frac{2 * F}{100 * \pi * D * H} \quad (2)$$

Em que: RT = Resistência a tração (MPa) F= Força de rompimento do corpo de prova (N); D= Diâmetro médio do corpo de prova (mm); H = Altura média do corpo de prova (mm).

As Figuras 5.a e 5.b mostram, respectivamente, aspectos da realização dos ensaios de estabilidade Marshall e resistência à tração da mistura pesquisada.

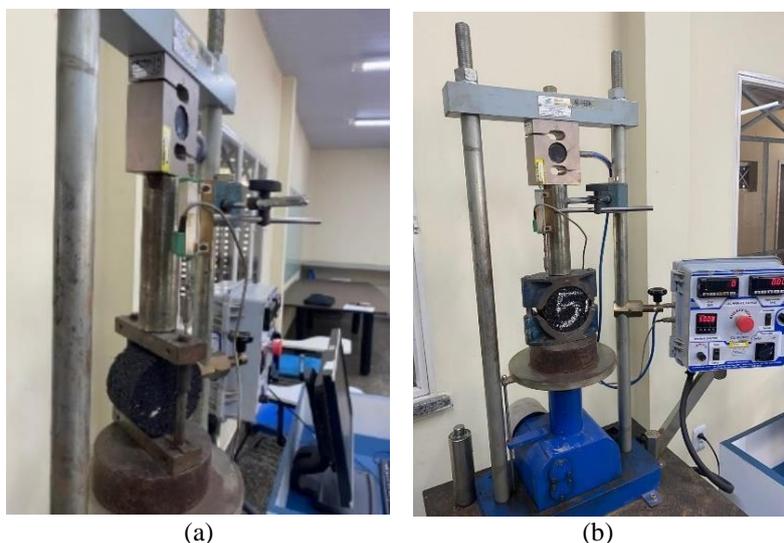


Figura 5. (a) Prensa de resistência à tração e (b) Prensa Marshall. (MOIZINHO, 2024).



RESULTADOS

A Tabela 3 mostra as faixas granulométricas A, B e C recomendadas pela ES 031:2006 do DNIT para misturas asfálticas, junto com a composição granulométrica obtida por peneiramento da mistura de agregados obtida após a extração do ligante. O resultado representa a média de duas determinações.

Tabela 3. Faixas granulométricas do DNIT e da mistura ensaiada. (Adaptada de DNIT, 2006).

Peneira de malha quadrada		% em massa, passando				
Série ASTM	Abertura (mm)	A	B	C	Tolerâncias	Valor Obtido
3/8"	9,5	35-65	45-80	70-90	± 7%	98,29
Nº 4	4,8	25-50	28-60	44-72	± 5%	74,36
Nº 10	2	20-40	20-45	22-50	± 5%	47,22
Nº 40	0,42	10-30	10-32	8-26	± 5%	19,35
Nº 80	0,18	5-20	8-20	4-16	± 3%	11,12
Nº 200	0,075	1-8	3-8	2-10	± 2%	5,35

Ao analisar os dados da Tabela 3 observa-se, que a granulometria da mistura de agregados está mais alinhada com a faixa C recomendada pela ES 031:2006 do DNIT, apresentando um tamanho nominal de 4,75 mm, diferindo da indicada na especificação citada, que é de 9,5mm. A Figura 6 mostra a curva granulométrica da mistura de agregados e a relação com os limites inferior e superior da faixa C mencionada.

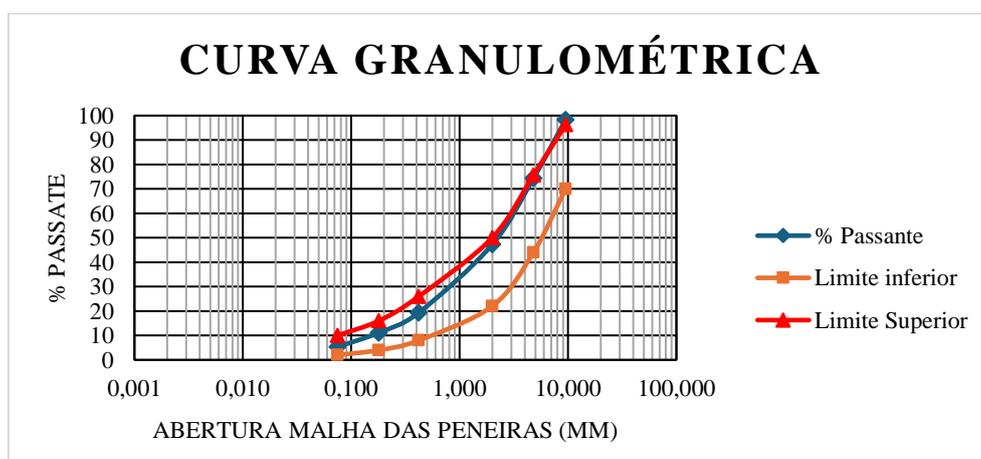


Figura 6. Curva granulométrica dos agregados. (MOIZINHO, 2024).

A granulometria sugere que a mistura CAE pesquisada é do tipo densa, sugestiva a aplicação em rodovias de tráfego médio a pesado.

Os valores dos teores de ligante na mistura estocável, determinados por meio do método Rotárex, são exibidos na Tabela 4.



Tabela 4. Resultados do método Rotárex. (MOIZINHO, 2024).

Método Rotárex				
Amostra	Massa da amostra (g)	Massa após extração (g)	Massa do ligante (g)	% do ligante extraído
1	1200	1132,6	67,4	5,62
2	1200	1135,1	64,9	5,41
MÉDIA				5,51

Da Tabela 4, nota-se que os teores medidos utilizando o método Rotárex mostram-se bastante similares para cada corpo de prova avaliado. Todos os teores medidos nos CPs ensaiados estão dentro dos limites estabelecidos pela especificação DNIT 031:2006 para concreto asfáltico, que varia de 4,5% a 9%. Inclusive, com resultados semelhantes aos apresentados por Barroso (2018) com 5,6% e Prudente (2015) com 5,3%. Entretanto, é necessário ressaltar que este teor está acrescentado de aditivo retardador de pega, muito embora imagine-se que este seja em baixa quantidade.

A Tabela 5 apresenta os valores obtidos a partir do ensaio de estabilidade Marshall para os corpos de prova pesquisados.

Tabela 5. Resultados do ensaio de estabilidade Marshall. (MOIZINHO, 2024).

Ensaio Marshall					
Corpo de Prova	V.v	V.C.B	V.A.M.	R.B.V.	Estabilidade
	Porcentagem de vazios (%)	Vazios cheios com betume (%)	Vazios do agregado mineral (%)	Relação Betume-Vazios (%)	Corrigida (kgf)
1	4,57	12,40	16,97	73,06	366,70
2	5,90	12,23	18,12	67,47	306,71
3	5,39	12,29	17,68	69,52	299,17
4	4,92	12,36	17,27	71,53	269,11
5	4,49	12,41	16,90	73,42	275,73
6	5,40	12,29	17,69	69,47	261,85
7	6,15	12,20	18,35	66,48	307,60
8	3,50	12,54	16,04	78,17	356,36
9	4,11	12,46	16,57	75,19	372,82
10	5,41	12,29	17,70	69,44	269,33
MÉDIA	4,98	12,43	16,77	74,27	332,84

A porcentagem de vazios (4,98%), bem como a relação betume vazios (74,27%) do CAE pesquisado, atenderam a especificação DNIT ES 031:2006, que menciona, para camada de rolamento, que o concreto asfáltico deve possuir um percentual de vazios entre 3 e 5%. Já para camada de ligação, esse percentual deve ficar entre 4 e 6%. Assim como o percentual de vazios, os valores fixados pela norma variam de acordo com a aplicação a que se destina a mistura de concreto asfáltico. Para camada de rolamento, a relação betume/vazios deve estar entre 75 e 82%. Para camada de ligação, o intervalo vai de 65 a 72%. O controle da porcentagem de vazios nas misturas asfálticas se faz necessário para prevenir a exsudação do ligante.



A Especificação DNIT ES 031:2006, no entanto, sugere que a estabilidade aceitável para pavimentos flexíveis feitos de concreto asfáltico seja de no mínimo 500kgf. Nesse contexto a mistura ensaiada apresentou estabilidade de 332,84 kgf indicando baixa capacidade de suporte de carga.

Na Tabela 6 são exibidos os resultados referentes à resistência à tração média, para os dez corpos de prova sem cura e com cura de 90 dias ao ar livre, sem aplicação de carregamento.

Tabela 6. Resultados dos ensaios de resistência à tração média por compressão diametral dos corpos de prova sem cura e com cura ao ar livre de 90 dias. (MOIZINHO, 2024).

Ensaio	Número de amostras	Diâmetro Médio (mm)	Altura Média (mm)	Força (N)	Resistência à Tração (MPa)
Resistência a Tração por compressão diametral (Sem cura)	10	102,2	68,9	790,0	0,07
Resistência a Tração por compressão diametral (90 dias de cura)	10	102,5	68,5	847,0	0,08

Como mostra a Tabela 6, os resultados de resistência à tração dos dez corpos de provas, obtidos nas situações de cura descritas são muito inferiores ao mínimo estabelecido por norma para um concreto asfáltico. A resistência à tração por compressão diametral de melhor resultado entre os grupos estudados (0,08 MPa), por exemplo, representa apenas 12,3% do valor exigido em especificações (0,65 MPa), deixando claro que a mistura pesquisada está muito aquém de um concreto asfáltico convencional neste quesito, segundo a metodologia de ensaio adotada nesta pesquisa.

O resultado aponta preocupação do uso da mistura, uma vez que, praticamente não houve alteração no valor da resistência à tração com a cura, além do mais o fornecedor recomenda a aplicação à frio com tráfego liberado no mesmo dia.

Santana e Lourenço (2017) obteve um valor de 0,074 MPa para resistência à tração sem cura de misturas CAE. Araujo et.al (2021) obtiveram um valor de 0,38 MPa de média para o caso com 90 dias de cura. Oliveira (2017) para mistura CAE, verificou resistência à tração variando de 0,02 a 0,06, respectivamente para zero (0) e sete (7) dias de cura. Os dados da presente pesquisa mostram-se semelhantes ao obtidos na literatura.

A resistência à tração de uma mistura asfáltica é importante, pois o revestimento deve ser capaz de resistir às tensões de tração geradas pelo tráfego nas fibras inferiores da camada asfáltica, portanto, é fundamental que as misturas tenham resistência à tração suficiente para prevenir à fadiga prematura do pavimento.

No contexto geral, o tipo de retardador de pega empregado parece ser o agente limitador de ganho ou não de resistências das misturas CAE. As empresas fornecedoras indicam a validade para maioria dos CAE, para aplicação a frio, de doze meses, mas não esclarece o período de cura após aplicação, isto pode, a princípio, ser um limitador de sua aplicação prática, e dessa forma o produto carece ser pesquisado com maior rigor.



CONCLUSÃO

Com relação ao material estocado, verificou-se que este encontrava-se semi-endurecido, tendo que ser desagregado com espátula para moldagem dos corpos de provas. Tal fato contrariou as expectativas acerca de um material estocável, mesmo estando dentro do prazo de validade indicado pelo fabricante.

A mistura CAE pesquisada apresentou granulometria próxima a faixa C, com diâmetro máximo de 4,75mm e teor de ligante em torno de 5,5%.

Os resultados de estabilidade Marshall não atende aos parâmetros estabelecidos pela norma DNIT ES 031:2006: Pavimentação: Concreto Asfáltico, sendo 33,5% inferior aos esperados para um concreto asfáltico convencional.

Com relação a resistência à tração por compressão diametral, não foi atendido o valor mínimo de 0,65 MPa, recomendado pela DNIT ES 031:2006, apresentando a mistura pesquisada resistência à tração média de 0,07 MPa e 0,08 MPa, respectivamente, para 0 (zero) e 90 (noventa) dias de cura ao ar livre, o que representa apenas 12,3 % do valor mínimo de referência.

O Concreto Asfáltico Estocável estudado não apresentou requisitos mínimos exigidos para um concreto asfáltico e, portanto, a necessidade de se estudar com mais rigor as misturas do tipo CAE, pois esta não se comporta como um concreto asfáltico convencional, de acordo com a metodologia Marshall, como prometem os fabricantes.

A pouca influência do tempo de cura nos resultados obtidos para resistência à tração diametral, sugere uma inadequação na dosagem do aditivo retardador de pega e questionamentos se o aditivo deixará de agir após a compactação.

O Concreto Asfáltico Estocável estudado não apresentou requisitos mínimos, mesmo para serviços de tapa buraco, devido sua baixa capacidade de suporte, resistência à tração muito baixa e incerteza do tempo de pega do material.

O comportamento em campo seria importante para avaliação do desempenho deste tipo de material e posterior sugestão de uso de forma racional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio das seguintes instituições: Universidade Federal de Roraima, Universidade de Brasília e a CAPES.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ARAÚJO, A. G.; ALMEIDA, M. S. S.; COSTA, W. G. S.; FIUZA, J. F. F.; GUIMARÃES, C. C. Caracterização de mistura asfáltica ensacada para utilização em rodovias federais. Revista pavimentação, v. 1, n. 50, p. 19–32, 2021. Disponível em: <<https://revistapavimentacao.org.br/wp-content/uploads/2021/04/Artigo-2-vf.pdf>>. Acesso em: 30 abril 2024.

BARROSO, L. X. Avaliação da dosagem e comportamento mecânico de concretos asfálticos produzidos em Goiás. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia, 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). Pesquisa CNT de rodovias 2023 – Brasília: CNT: SEST SENAT: ITL, 2023. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/pesquisas>>. Acesso em: 30 abril 2024.

CARVALHO, I. S.; REZENDE, L. R. D.; SILVA, J. P. S.; REZENDE, D. A. T. Estudo do Concreto Asfáltico Estocável. Matéria (Rio de Janeiro), v. 25, n. 4, p. e-12881, 2020. Disponível em:



<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762020000400339&tlng=pt>. Acesso em: 30 abril 2024.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). DNIT 031/2006 – ES. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, RJ, 2006. Disponível em: < https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit031_2006_es.pdf> Acesso em: 30 abril 2024.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 043/95: Misturas betuminosas a quente – Ensaio Marshall – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1995.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 053/94: Misturas betuminosas – Percentagem de betume – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

HUANG, C.; YANG, T.; LIN, G.. The Evaluation of Short- and Long-Term Performance of Cold-Mix Asphalt Patching Materials. *Advances in Materials Science and Engineering*, v. 2020, p. 1–11, 2020. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/amse/2020/8968951/>>. Acesso em: 30 abril 2024.

NOVO JUNIOR, C. G.; AZEVEDO, S. L. S. L.; AZEVEDO, B. F.; MARZANO JÚNIOR, M. A. P. Análise da viabilidade técnica do asfalto-borracha pré-misturado a frio nas obras de pavimentação. *Epitaya E-books*, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 29-50, 2021. Disponível em: <https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/74>. Acesso em: 1 maio. 2024.

PRUDENTE, C. Q. A. Estudo Laboratorial de Misturas Asfálticas a Quente Utilizadas em Goiás. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia, 2015.

OREŠKOVIC, M.; MENEGUSSO PIRES, G.; BRESSI, S.; VASCONCELOS, K.; LO PRESTI, D. Quantitative assessment of the parameters linked to the blending between reclaimed asphalt binder and recycling agent: A literature review. *Construction and Building Materials*, v. 234, p. 117323, 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061819327758>>. Acesso em: 30 abril 2024.

POLACCO, G.; FILIPPI, S.; MERUSI F.; STASTNA G. A review of the fundamentals of polymer-modified asphalts: Asphalt/polymer interactions and principles of compatibility. *Advances in Colloid and Interface Science*, v. 224, p. 72–112, 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0001868615001165>>. Acesso em: 30 abril 2024.

REZENDE, D. A. T., SILVA, J. P. S., CARVALHO, I. S., REZENDE, L. R., 2019. Caracterização amostral de concreto asfáltico estocável por meio de ensaios laboratoriais. *Anais do 330 Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes da ANPET*, vol. 1, pp. 1438-1449, Balneário Camboriú, SC, 2019. Disponível em: <https://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Infraestrutura/Ligantes%20e%20Misturas%20Asf%C3%A1lticas%20I/2_26_AC.pdf>. Acesso em: 30 abril 2024.

SANTANA, A. C. S. T.; LOURENÇO, V. M. Q. Análise das propriedades físicas e mecânicas de mistura asfáltica usinada à quente ensacada para aplicação à frio. *Anais do XXXI Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte, ANPET, Recife – PE*, v. 1, p. 1438-1449, 2017.

SENÇO, WLASTERMILER DE. *Manual de técnicas de pavimentação: volume 1 / Wlastermiler de Senço*. – 2. ed. ampl. — São Paulo: Pini, 2007.