

# **DESENVOLVIMENTO DE UM TRAÇO DE MASSA ASFÁLTICA PARA SERVIÇOS DE REPAROS EM VIAS URBANAS NO MUNICÍPIO DE VARGINHA MG**

Pedro Eduardo Novais<sup>1</sup>

Geisla Aparecida Maia Gomes<sup>2</sup>

## **RESUMO**

Este trabalho visa apresentar uma abordagem sistemática para o desenvolvimento de um traço de massa asfáltica destinado ao tapa-buracos em vias urbanas, com foco no município de Varginha, MG, o que representa um desafio técnico e prático de grande relevância na engenharia de pavimentos. Os desafios enfrentados na pavimentação urbana são diversos e abrangem desde a necessidade de garantir a durabilidade das vias até a manutenção ao longo do tempo. Em seguida, são apresentadas as principais técnicas e materiais utilizados na recuperação de pavimentos, com foco especial no Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CBUQ), onde são discutidas as diretrizes do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes DNIT para o emprego desses materiais. Por fim, o trabalho propõe uma metodologia para o desenvolvimento do traço de massa asfáltica, considerando aspectos como a durabilidade do material, a acessibilidade dos materiais utilizados e a conformidade com as normativas técnicas estabelecidas pelo DNIT. Espera-se que este estudo contribua para a melhoria da infraestrutura viária urbana em Varginha, MG, e sirva como base para futuras pesquisas na área de engenharia de pavimentos.

Palavras-chave: Recuperação de pavimentos, Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), massa asfáltica, pavimentação urbana.

---

<sup>1</sup> Aluno do curso de Engenharia Civil na Instituição Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG. E-mail: pedro.novais@alunos.unis.edu.br.

<sup>2</sup> Engenheira Civil, Mestranda em Estatística Aplicada. Docente no Centro Universitário do Sul de Minas.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Balbo (2007), o pavimento é uma estrutura implantada após a regularização do solo natural, projetada para diversos propósitos: distribuir os esforços verticais causados pelo tráfego ao subleito, aprimorar as condições de rolamento para proporcionar conforto e segurança, e resistir às forças horizontais, garantindo mobilidade e segurança aos usuários das vias.

A preservação eficaz das vias com pavimentação asfáltica é essencial devido à constante exposição a fatores como tráfego e condições climáticas, que resultam em desgaste natural. Segundo Soares (2015), os processos de recuperação incluem a restauração de áreas danificadas, reparação de trincas e deformações para restabelecer a funcionalidade do pavimento. A técnica de tapa-buracos emerge como intervenção direta para mitigar riscos à segurança e danos veiculares, restaurando temporariamente a qualidade da superfície de rolamento diante da degradação.

Segundo Silva (2019), o sucesso desse serviço está intimamente ligado à qualidade do material utilizado, em especial da massa asfáltica empregada para preencher as aberturas. Normalmente, essa técnica envolve a utilização de um traço de massa asfáltica de prontidão, muitas vezes não otimizado para atender especificamente às demandas das operações de tapa buracos.

No âmbito da engenharia de pavimentos, há uma crescente busca por soluções que unam eficiência, durabilidade e sustentabilidade nas intervenções viárias. É nesse contexto que emerge a necessidade de desenvolver um traço de massa asfáltica sob medida. Segundo Oliveira (2017), essa busca pela formulação ideal do material requer uma análise criteriosa das propriedades dos componentes e da interação entre eles.

Este artigo propõe apresentar uma abordagem sistemática para o desenvolvimento de um traço de massa asfáltica destinado ao tapa buracos em vias urbanas no município de Varginha, MG. Serão considerados aspectos como a durabilidade do material em condições de tráfego urbano, a acessibilidade dos materiais utilizados e a conformidade com os requisitos estabelecidos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

## **2 A PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA EM VIAS URBANAS**

A pavimentação asfáltica exerce influência direta na acessibilidade e segurança das vias urbanas, proporcionando uma superfície resistente que permite o tráfego eficiente de veículos (Silva, 2018). Esta pavimentação contribui para a redução do desgaste veicular, melhorando o acesso a serviços e áreas comerciais, impactando positivamente na conectividade urbana (Oliveira, 2016). No entanto, os desafios associados à pavimentação em áreas urbanas incluem o gerenciamento do tráfego intenso, a minimização de interrupções durante a pavimentação e a integração com infraestruturas preexistentes (Ramos, 2019).

A necessidade de manutenção emergencial em vias urbanas requer conhecimento técnico específico na aplicação de materiais como o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ). Esta mistura a quente de agregados com ligante, é frequentemente utilizada em trabalhos de recuperação de pavimentos, fornecendo estruturas de alta resistência e durabilidade (Lima, 2017). A aplicação de materiais como o Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CBUQ) destaca-se como prática comum nesse contexto (Pereira, 2015).

### **2.1 Tipos de Pavimentos**

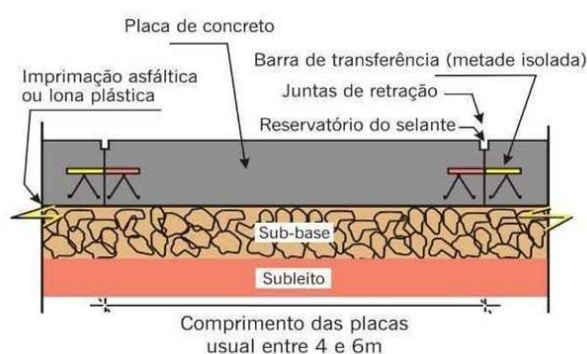
Nos sistemas rodoviários, o pavimento é concebido como uma superestrutura, composta por camadas com espessuras definidas, situadas sobre um subleito que é a base do sistema (BRASIL, 2006). Conforme Bernucci et al (2008, p. 10), o pavimento é definido como uma estrutura construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada a resistir aos esforços do tráfego e do clima, proporcionando melhores condições de rolamento aos usuários com conforto, economia e segurança.

De acordo com o manual de pavimentação do DNIT (BRASIL, 2006), os pavimentos são classificados em três tipos principais: rígidos, flexíveis e semi-rígidos, cada um com suas características e aplicações específicas. Essa classificação é essencial para a seleção adequada do tipo de pavimento a ser utilizado em diferentes condições e locais, garantindo a durabilidade e eficiência do sistema rodoviário.

### 2.1.1 Pavimentos Rígidos

De acordo com Bernucci (2008), os pavimentos denominados rígidos são constituídos por uma placa de concreto, cuja espessura é determinada em função das resistências das placas e das camadas subjacentes. A presença ou ausência de armadura no pavimento varia de acordo com o projeto específico, conforme ilustrado na Figura 1. Devido à sua alta rigidez em comparação com as camadas inferiores, o pavimento rígido é capaz de absorver praticamente todas as tensões exercidas sobre ele (BRASIL, 2006).

Figura 1: Pavimento Rígido

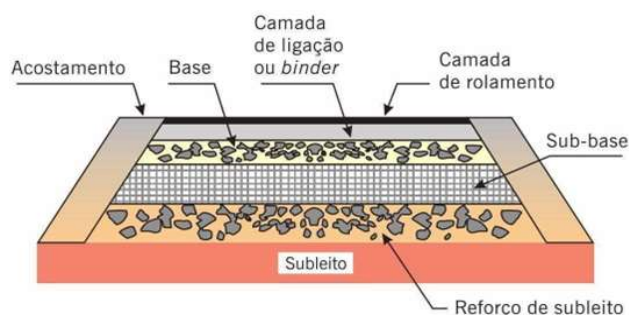


Fonte: Bernucci (2008)

### 2.1.2 Pavimentos Flexíveis

O pavimento flexível é composto por uma base de brita ou pedregulho, sobre a qual é aplicada uma camada asfáltica. Dessa maneira, ele apresenta deformações elásticas em todas as camadas quando submetido a cargas, distribuindo igualmente as cargas entre elas. A estrutura das camadas pode ser visualizada na Figura 2 (BRASIL, 2006).

Figura 2: Pavimento Flexível

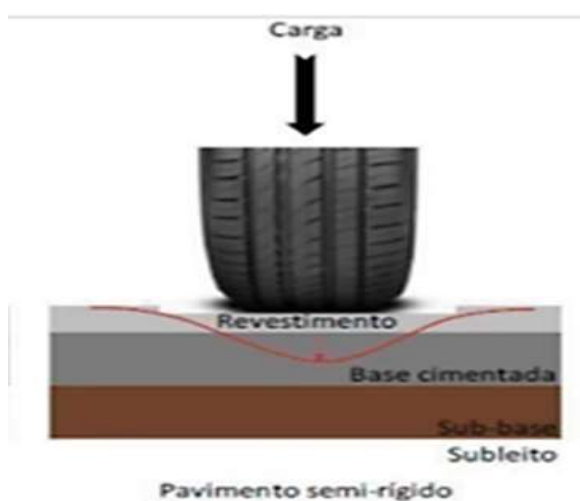


Fonte: Bernucci (2008)

### 2.1.3 Pavimentos Semi-rígidos

O pavimento semi-rígido, conforme definido pelo manual de pavimentação do DNIT, possui base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias e revestimento flexível, tendo uma deformabilidade maior que os pavimentos rígidos e menor que os pavimentos flexíveis. Sendo capaz de suportar cargas consideráveis, distribuindo-as uniformemente, ao mesmo tempo em que a camada asfáltica oferece elasticidade para lidar com as deformações causadas pelo tráfego (BRASIL, 2006).

Figura 3: Pavimento Semi-rígido



Fonte: FATEC-SP, 2018

## 2.2 Patologias em Pavimentos Flexíveis

As patologias nos pavimentos flexíveis em vias urbanas representam desafios significativos para a infraestrutura viária, impactando diretamente na segurança e conforto dos usuários. Segundo a norma brasileira DNIT 005 (2003), essas patologias podem incluir uma variedade de problemas, como trincas, deformações, desagregação do revestimento asfáltico, buracos e afundamentos. Essas condições podem surgir devido a diversos fatores, incluindo o tráfego intenso, variações climáticas, falta de manutenção adequada e qualidade insuficiente dos materiais utilizados na pavimentação. O diagnóstico preciso e a correção eficiente dessas patologias são essenciais para garantir a integridade e durabilidade dos

pavimentos flexíveis, contribuindo para a segurança e mobilidade nas vias urbanas, (BRASIL, 2003). As principais patologias em vias urbanas são:

### 2.2.1 Fendas

As fendas são consideradas como irregularidades na superfície do pavimento, podendo se apresentar sob a forma de fissuras ou trincas, dependendo da sua espessura. As fissuras são fendas capilares que não comprometem a funcionalidade do revestimento e podem surgir em posições longitudinais, transversais ou oblíquas.

### 2.2.2 Corrugação

A corrugação, também conhecida como ondulação, consiste em uma deformação plástica na superfície do pavimento, resultando na formação de ondas ao longo de sua extensão. Essa patologia costuma surgir devido à instabilidade da mistura betuminosa que compõe o revestimento ou a base do pavimento.

### 2.2.3 Afundamento

O afundamento é identificado pela depressão na superfície do pavimento, resultante da aplicação das cargas dos pneus, que provocam deformações plásticas ou consolidação. Existem dois tipos de afundamento: o plástico, causado pela fluência do revestimento ou do subleito, e o de consolidação, que ocorre quando há consolidação diferencial em uma ou mais camadas do pavimento.

### 2.2.4 Painéis ou buracos

A formação de painéis, também conhecidas como buracos, consiste em cavidades que surgem no revestimento do pavimento, apresentando variações em suas dimensões e profundidades. Diversos fatores podem desencadear esse problema, sendo a ausência de uma integração adequada entre as camadas sucessivas do pavimento o principal deles. Essa falta de coesão pode ocasionar a penetração das camadas inferiores, resultando na desintegração do pavimento.

### 2.2.5 Desagregação ou desgastes do pavimento

O desgaste nos pavimentos está intimamente relacionado às cargas aplicadas pelo tráfego, resultando no arrancamento gradual dos agregados da superfície do pavimento. Esse processo de desgaste progressivo torna a superfície do pavimento áspera, prejudicando a qualidade e a capacidade de rolamento da via.

### 2.2.6 Má Qualidade dos Materiais

Em alguns casos, a utilização de materiais de baixa qualidade na construção e manutenção das vias urbanas pode contribuir para a deterioração precoce, influenciando diretamente na durabilidade da camada do pavimento.

## 2.3 Materiais utilizados no traço de massa asfáltica

Para a composição de uma massa asfáltica são utilizados os seguintes materiais:

- **Ligante asfáltico:** Um dos principais materiais é o ligante asfáltico, que age como uma cola, unindo os agregados e proporcionando coesão à mistura. De acordo com Soares (2015), o ligante asfáltico pode ser classificado em diferentes tipos, como o CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo) e ligantes modificados. O CAP é amplamente utilizado na pavimentação asfáltica e influencia diretamente a viscosidade da mistura asfáltica. O termo viscoelasticidade do asfalto se evidencia em sua resposta mecânica, a qual é sensível à velocidade, ao tempo e à magnitude das cargas aplicadas, bem como à temperatura de serviço, (BERNUCCI et al., 2008). Sendo assim, os ligantes asfálticos influenciam diretamente nas propriedades mecânicas e comportamentais do pavimento. Entre os ligantes asfálticos mais comuns estão o CAP 30-45 e o CAP 50-70.

Tabela 1 – A Resolução N° 19 de 2005 da ANP (Agência Nacional do Petróleo), que estabelece as especificações de produtos derivados de petróleo, classifica o CAP conforme a sua penetração

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	LIMITES				MÉTODOS		
		CAP 30/45	CAP 50/70	CAP 85/100	CAP 150/200	ABNT	ASTM	DNER
Penetração (100g. 5s. 25°C	0,1 mm	30 - 45	50 - 70	85 - 100	150 - 200	NBR 6576	D 5	ME 003/99
Ponto de amolecimento	°C	52	46	43	37	NBR 6560	D 36	
Viscosidade Saybolt Furol	s					NBR 14950	E 102	ME 004/94
a 135 °C, min.		192	141	110	80			
a 150 °C, min.		90	50	43	36			
a 177 °C, min.		40 - 150	30 - 150	15 - 60	15 - 60			
OU								
Viscosidade Brookfield	cP					NBR 15184	D 4402	
a 135 °C, SP 21. 20rpm, min..		374	274	214	155			
a 150 °C, SP 21, min.		203	112	97	81			
a 177 °C, SP 21		76 - 285	57 - 285	28 - 114	28 - 114			
índice de susceptibilidade térmica (1)		(1,5) a (+0,7)	(1,5) a (+0,7)	(1,5) a (+0,7)	(1,5) a (+0,7)			
Ponto de Fulgor min.	°C	235	235	235	235	NBR 11341	D 92	ME 149/94
Solubilidade em tricloroetileno, min.	% massa	99,5	99,5	99,5	99,5	NBR 14855	D 2042	ME 153/94
Ductibilidade a 25° C, min	cm	60	60	100	100	NBR 6293	D 113	ME 163/98
Efeito do calor e do ar (RFTOT) a 163° C, 85min.							D 2872	
Varição em massa, máx (2)	% massa	0,5	0,5	0,5	0,5			
Ductibilidade a 25° C, min	cm	10	20	50	50	NBR 6293	D 113	ME 163/98
Aumento do ponto de amolecimento, máx.	°C	8	8	8	8	NBR 6560	D 36	
Penetração retida, min. (3)	%	60	55	55	50	NBR 6576	D 5	ME 003/99

Fonte: Adaptado de DNIT, 2006

- Agregados: Os agregados são componentes granulares essenciais da mistura. Eles podem ser divididos em agregados miúdos, como areia, e agregados graúdos, como brita. Bittencourt (2018) destaca a importância da escolha de agregados que atendam aos critérios de qualidade e estejam disponíveis regionalmente, uma vez que a disponibilidade e a qualidade dos agregados afetam diretamente o custo e o desempenho da mistura. Na prática, o agregado graúdo refere-se a materiais com dimensões que variam entre 4,8 mm e 50 mm. Já o agregado miúdo compreende materiais com dimensões entre 0,075 mm e 4,8 mm, como areia e pó de pedra.
- Aditivos: Os aditivos podem ser introduzidos como opção na mistura para melhorar suas propriedades. Esses aditivos podem incluir polímeros e fibras.



## **2.4 Ensaio através do Método Marshall**

O ensaio de resistência à deformação permanente, também conhecido como ensaio de fluência ou ensaio de compactação Marshall, é um procedimento fundamental na avaliação do comportamento das misturas asfálticas sob carga e temperatura. Este ensaio visa determinar a capacidade da mistura de resistir à deformação plástica sob condições específicas. Um cilindro de amostra é compactado com um martelo Marshall em uma temperatura de ensaio especificada e submetido a uma carga vertical constante. A deformação permanente é medida ao longo do tempo.

A norma brasileira que rege esse ensaio é a ABNT NBR 7181 - "Misturas asfálticas - Determinação da estabilidade Marshall". Essa norma descreve os procedimentos detalhados para a realização do ensaio de compactação e estabilidade de misturas asfálticas pelo Método Marshall. Desenvolvido por Bruce G. Marshall nos Estados Unidos na década de 30, é amplamente utilizado no Brasil.

Esse ensaio envolve a aplicação de uma carga de compressão em um corpo-de-prova cilíndrico conhecido como corpo-de-prova Marshall, com 100 mm de diâmetro e 63,5 mm de altura. A carga é aplicada por cabeçotes curvos padronizados a uma temperatura de 60°C e a uma taxa de carregamento de 5 cm/minuto. Geralmente, a parte superior da prensa permanece fixa, enquanto o prato inferior se move para cima conforme a taxa mencionada. Beck (2005) destaca que a disseminação global do Método Marshall, inclusive no Brasil, se deve à sua simplicidade, rapidez de execução e ao baixo custo dos equipamentos necessários para a realização desse ensaio.

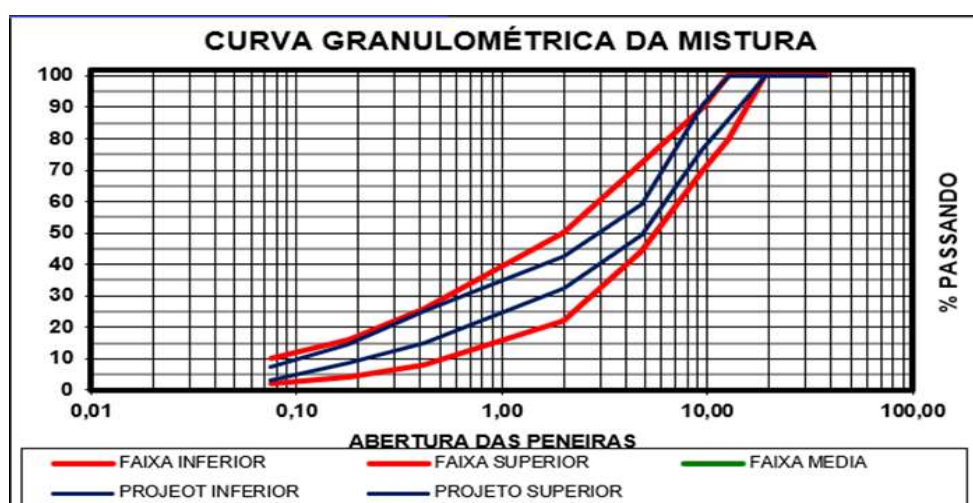
## **2.5 Principais especificações da Faixa C do DNIT**

O projeto de um concreto asfáltico para pavimentação é uma etapa fundamental que envolve cuidadosamente a seleção e dosagem dos materiais constituintes. A finalidade desse processo é encontrar a combinação ideal que não apenas atenda às especificações técnicas, mas também seja economicamente viável. O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) desempenha um papel crucial, estabelecendo normas técnicas e diretrizes para a pavimentação asfáltica no Brasil, garantindo que as vias pavimentadas atendam aos padrões de qualidade e segurança necessários para suportar o tráfego (SENÇO, 2001).

A norma DNIT 031/2006, define os procedimentos a serem seguidos na produção de camadas de pavimento flexível em estradas de rodagem. Isso envolve a criação de misturas asfálticas a quente, usando ligante asfáltico, agregados e material de enchimento (filer). A norma estabelece requisitos relacionados aos materiais utilizados e controle de qualidade como:

- Ligante asfáltico: Podem ser empregados os seguintes tipos de cimento asfáltico de petróleo: – CAP-30/45 – CAP-50/70 – CAP-85/100. O CAP 30-45 é caracterizado por sua penetração entre 30 e 45 décimos de milímetros, indicando uma consistência mais firme em comparação a outros ligantes. Sendo assim um material mais indicado para regiões de clima quente, essa característica torna este material mais adequado para regiões de clima quente, onde a viscosidade do ligante precisa ser mais baixa para garantir uma boa trabalhabilidade da mistura asfáltica durante a aplicação.
- Ensaios: Comumente realizado é o de compactação Marshall, que tem como objetivo determinar a densidade máxima de uma mistura asfáltica, garantindo sua adequada compactação e durabilidade.
- Ensaios de rotina para o controle de qualidade: Para assegurar uma boa qualidade, são realizados alguns ensaios de rotina durante a produção como ensaios de granulometria, teor de betume, e densidade de compactação.
- Composição granulométrica dos agregados: que determina a distribuição granulométrica dos agregados na mistura asfáltica e deve atender aos padrões estabelecidos (DNIT, 2006) conforme tabela abaixo;

Figura 4: Curva Granulométrica de mistura Asfáltica



Fonte: DNIT 2006

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia deste estudo consistiu no desenvolvimento e caracterização do traço de massa asfáltica em uma empresa de porte médio no município de Varginha, MG. Utilizou-se o laboratório da Usina de Asfaltos para análises e testes dos materiais e formulação da massa asfáltica. Na seleção dos materiais, foram avaliados o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP 30/45) e os agregados locais, considerando critérios de acessibilidade e disponibilidade de produção.

Figura 5 - Usina de Asfalto



Fonte: Autor 2024

Foram coletados os agregados como, areia média, brita 01 e brita 0 em uma Pedreira situada também no município de Varginha MG, seguindo os procedimentos estabelecidos pela Norma DNER-PRO 120-97, que estabelece os critérios e requisitos essenciais para a realização das operações de coleta de amostras de agregados. Em seguida esses agregados passam por um processo de quarteamento e peneiramento.

Figura 6 - Quarteador de Agregados



Fonte: Autor 2024

Figura 7 - Peneiras



Fonte: Autor 2024

O ensaio granulométrico dos agregados foi feito em separado e classificado, segue o resultado na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2: Composição Granulométrica

PENEIRAS		AG. GRAÚDO 01		AG. GRAÚDO 02		AG. GRAÚDO 03		AG. MIÚDO 01	
		BRITA 01		BRITA 0		-		AREIA MÉDIA	
POL.	mm	GRAN.	٪ MIST.	GRAN.	٪ MIST.	GRAN.	٪ MIST.	GRAN.	٪ MIST.
		% PASS.	14,00	% PASS.	33,00	% PASS.	0,00	% PASS.	53,00
1 1/2"	38,1	100,00	14,00	100,00	33,00	0,00	0,00	100,00	53,00
1"	25,4	100,00	14,00	100,00	33,00	0,00	0,00	100,00	53,00
3/4"	19,1	100,00	14,00	100,00	33,00	0,00	0,00	100,00	53,00
1/2"	12,7	53,55	7,50	100,00	33,00	0,00	0,00	100,00	53,00
3/8"	9,5	7,28	1,02	89,32	29,47	0,00	0,00	100,00	53,00
N°4	4,8	0,52	0,07	5,94	1,96	0,00	0,00	98,72	52,32
N°10	2,0	0,46	0,06	0,33	0,11	0,00	0,00	70,42	37,32
N°40	0,42	0,42	0,06	0,26	0,09	0,00	0,00	37,71	19,99
N°80	0,18	0,37	0,05	0,22	0,07	0,00	0,00	21,72	11,51
N°200	0,08	0,29	0,04	0,13	0,04	0,00	0,00	9,82	5,20

Fonte: o Autor

Todo material fino é separado para realização do ensaio do equivalente de areia. Os resultados obtidos no ensaio em relação à camada de areia e argila, substituindo-os na fórmula:

$$E.A. = (H2 / H1) \times 100.$$

Com base no resultado da tabela 3, constatou-se que o agregado atende aos requisitos estabelecidos pelas normas DNIT 031/2006 e DNER-ME 04/94 para ser utilizado em concreto asfáltico, que exigem um resultado mínimo de 55%.

Tabela 3: Resultados Equivalente de Areia

EQUIVALENTE DE AREIA AGREGADO MIÚDO:		Areia Média		
ENSAIO Nº		01	02	03
LEITURA NO TOPO DA AREIA		11,4	11,6	11,2
LEITURA NO TOPO DA ARGILA		17,50	17,20	17,70
EQUIVALENTE DE AREIA		65,14	67,44	63,28
EQUIVALENTE AREIA MÉDIA DOS ENSAIOS		65,29		

Fonte: o Autor

Após o estudo inicial das granulometrias de cada agregado, chegou a seguinte composição que ficou de acordo com a tabela 4 a seguir:

Tabela 4: Composição Granulométrica do Traço Faixa C DNIT.

MISTURA GRANULOMÉTRIA ELEITA							
PENEIRAS		SOMA TOTAL DOS PERCENTUAIS ELEITOS DE CADA AGREGADO	FAIXA DE PROJETO		FAIXA		
POL.	mm		MIN.	MAX	MIN.	MAX.	MÉDIA
1 1/2"	38,1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1"	25,4	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3/4"	19,1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1/2"	12,7	93,50	86,50	100,00	80,00	100,00	90,00
3/8"	9,5	83,50	76,50	90,50	70,00	90,00	80,00
Nº4	4,8	54,40	49,40	59,40	44,00	72,00	58,00
Nº10	2,0	37,50	32,50	42,50	22,00	50,00	36,00
Nº40	0,42	20,10	15,10	25,10	8,00	26,00	17,00
Nº80	0,18	11,60	8,60	14,60	4,00	16,00	10,00
Nº200	0,08	5,30	3,30	7,30	2,00	10,00	6,00
<b>TEOR PROVÁVEL DE CAP (%)</b>							

Fonte: o Autor

Após a separação do material já dentro da faixa granulométrica, foram feitos corpos de provas CPs com teores de Betume diferentes: 4,5%, 5,0% e 5,5%, para o ensaio de estabilidade Marshall. Foi aquecido o ligante asfáltico até atingir a temperatura adequada para a mistura, garantindo sua fluidez e capacidade de adesão aos agregados. Colocando os agregados e o ligante asfáltico aquecido para realizar uma mistura homogênea e uniforme.

Figura 8: CPs de CBUQ



Fonte: o Autor

Figura 9: Rompimento de CPs a compressão



Fonte: o Autor

Tabela 5: Relação entre pesos e densidades dos CPs

MISTURA DOS AGREGADOS			%	DENS. REAL	PORC. (%)	VOLUME	PESO P/ 1 CP (g)
COMPONENTES	ORIGEM						
CAP	30 /45	PETROBRAS		1,008	4,50	4,46	54,00
AG. MIÚDO 01	AREIA MÉDIA	PED. SANTO ANTONIO	53,00	2,990	50,62	16,93	607,44
AG. GRAÚDO 01	BRITA 01	PED. SANTO ANTONIO	14,00	2,900	13,36	4,61	160,32
AG. GRAÚDO 02	BRITA 0	PED. SANTO ANTONIO	33,00	2,930	31,52	10,76	378,24
<b>TOTAL</b>			<b>100,00</b>		<b>100,00</b>	<b>36,76</b>	<b>1200,00</b>
MISTURA DOS AGREGADOS			%	DENS. REAL	PORC. (%)	VOLUME	PESO P/ 1 CP (g)
COMPONENTES	ORIGEM						
CAP	30 /45	PETROBRAS		1,008	5,00	4,46	54,00
AG. MIÚDO 01	AREIA MÉDIA	PED. SANTO ANTONIO	53,00	2,990	50,32	16,93	607,38
AG. GRAÚDO 01	BRITA 01	PED. SANTO ANTONIO	14,00	2,900	13,27	4,61	160,44
AG. GRAÚDO 02	BRITA 0	PED. SANTO ANTONIO	33,00	2,930	31,41	10,76	378,18
<b>TOTAL</b>			<b>100,00</b>		<b>100,00</b>	<b>36,76</b>	<b>1200,00</b>
MISTURA DOS AGREGADOS			%	DENS. REAL	PORC. (%)	VOLUME	PESO P/ 1 CP (g)
COMPONENTES	ORIGEM						
CAP	30 /45	PETROBRAS		1,008	5,50	5,46	66,00
AG. MIÚDO 01	AREIA MÉDIA	PED. SANTO ANTONIO	53,00	2,990	50,09	16,75	601,02
AG. GRAÚDO 01	BRITA 01	PED. SANTO ANTONIO	14,00	2,900	13,22	4,56	158,76
AG. GRAÚDO 02	BRITA 0	PED. SANTO ANTONIO	33,00	2,930	31,19	10,64	374,22
<b>TOTAL</b>			<b>100,00</b>		<b>100,00</b>	<b>37,41</b>	<b>1200,00</b>

Fonte: o Autor

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo para o desenvolvimento de um traço de mistura asfáltica foi crucial para avaliar os resultados, nessa fase os experimentos laboratoriais foram realizados e os dados foram coletados e analisados. A interpretação dos resultados obtidos permite identificar possíveis áreas de melhoria no traço da mistura asfáltica, bem como validar sua adequação para uso em aplicações reais de reparo de vias urbanas.

Após a seleção dos materiais, foi realizado o ensaio da granulometria de forma individual para Areia Média, Brita 0 e Brita 1, conforme Tabela 6, facilitando a distribuição e organização para a execução desses ensaios. De acordo com os resultados obtidos, a porcentagem ideal para a composição granulométrica da Faixa C DNIT, ficou da seguinte forma:

- Brita 1 = 14%
- Brita 0 = 33%
- Areia Média = 53%

Totalizando 100% apenas na mistura dos agregados sem a junção do CAP.

Tabela 6: Classificação de cada agregado (areia, brita 1 e Brita 0)

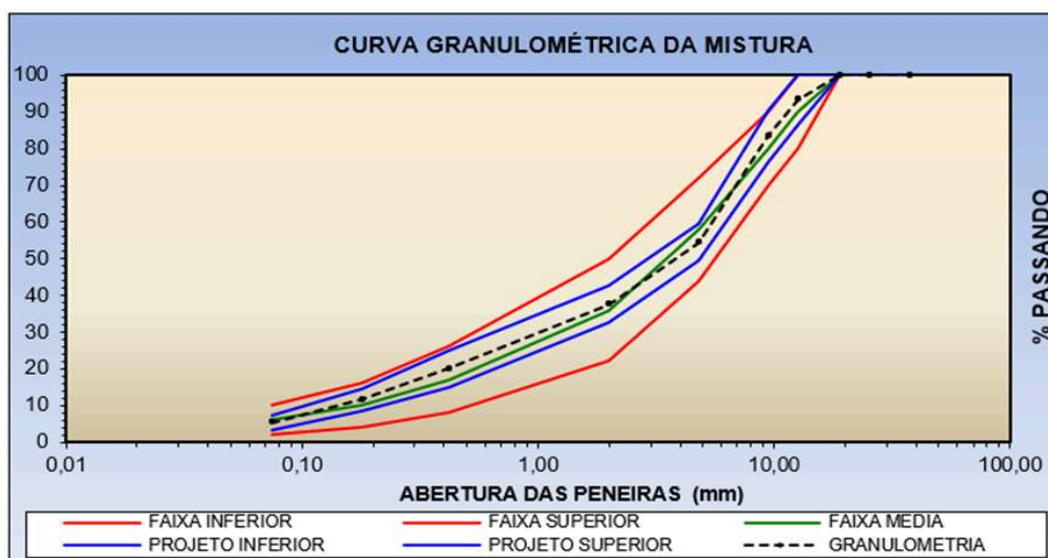
PENEIRAS		AG. GRAÚDO 01		AG. GRAÚDO 02		AG. MIÚDO 01	
		BRITA 01		BRITA 0		AREIA MÉDIA	
POL.	mm	GRAN.	z MIST.	GRAN.	z MIST.	GRAN.	z MIST.
		% PASS.	14,00	% PASS.	33,00	% PASS.	53,00
1 1/2"	38,1	100,00	14,00	100,00	33,00	100,00	53,00
1"	25,4	100,00	14,00	100,00	33,00	100,00	53,00
3/4"	19,1	100,00	14,00	100,00	33,00	100,00	53,00
1/2"	12,7	53,55	7,50	100,00	33,00	100,00	53,00
3/8"	9,5	7,28	1,02	89,32	29,47	100,00	53,00
Nº4	4,8	0,52	0,07	5,94	1,96	98,72	52,32
Nº10	2,0	0,46	0,06	0,33	0,11	70,42	37,32
Nº40	0,42	0,42	0,06	0,26	0,09	37,71	19,99
Nº80	0,18	0,37	0,05	0,22	0,07	21,72	11,51
Nº200	0,08	0,29	0,04	0,13	0,04	9,82	5,20

Fonte; o Autor

O material fino, passando por 4,8 mm, foi separado e submetido ao ensaio do equivalente de areia. Os resultados obtidos foram satisfatórios de 65%, relação entre volume de areia e o volume total de material utilizado, atendendo aos requisitos estabelecidos pelas normas DNIT 031/2006 e DNER-ME 04/94 para ser utilizado em concreto asfáltico, que exigem um teor mínimo de 55%.

A composição final já no Gráfico da Curva Granulométrica ou seja, a linha pontilhada, conforme a Tabela 7, as porcentagens dos agregados estipulados pelo laboratório encaixou perfeitamente na Faixa C do DNIT.

Tabela 7 - Resultado da Composição granulométrica na Faixa C DNIT



Fonte: o Autor

Na moldagem dos corpos de prova, foi realizado uma mistura entre os agregados e o ligante, onde foram feitos 3 moldes cilíndricos, de cada amostras com peso individual de 1200 gramas, com os seguintes teores: 4,5%, 5,0% e 5,5% de CAP 30/45, conforme tabela abaixo:

Tabela 8 - Resultados dos CPs na Prensa à compressão

DADOS OBTIDOS COM OS CORPOS DE PROVA DA MOLDAGEM MARSHALL								
GOLPES EM CADA FACE DO CP				75	CONSTANTE DA PRENSA:			1,81
TEOR DE CAP (%)	NÚMERO DO CP	ESPESSURA DO CP (cm)	PESO DO CP AO AR (g)	PESO DO CP IMERSO (g)	LEITURA (ESTABILIDADE)	RESIST. TRAÇÃO 25°C, MIN. Mpa ≥ 0,65	FATOR DE CORREÇÃO	VOLUME DO CP (dm³)
4,50	1	5,80	1187,48	725,66	354	0,68	1,17	461,82
4,50	2	5,80	1185,82	727,25	407	0,67	1,17	458,57
4,50	3	5,72	1187,80	728,31	405	0,66	1,20	459,49
5,00	4	5,70	1192,05	733,00	440	0,88	1,20	459,05
5,00	5	5,77	1191,49	731,00	444	0,86	1,18	460,49
5,00	6	5,70	1187,75	730,00	471	0,86	1,20	457,75
5,50	7	5,72	1185,79	729,00	344	0,87	1,20	456,79
5,50	8	5,60	1182,68	729,00	403	0,88	1,24	453,68
5,50	9	5,77	1187,93	731,00	387	0,80	1,18	456,93

Fonte: o Autor

Esses corpos de provas foram submetidos a ensaios pelo método Marshall, sendo verificado que o parâmetro com teor 5% foi considerado ótimo.



Tabela 9 - Resultados no Método Marshall

RESULTADOS OBTIDOS COM OS CORPOS DE PROVA DA MOLDAGEM MARSHALL								
TEOR DE CAP (%)	NÚMERO DO CP	DENSIDADE TEÓRICA (kg/dm <sup>3</sup> )	VAZIOS - Vv.%	R. B. V. %	DENSIDADE APARENTE (kg/dm <sup>3</sup> )	RESIST. TRAÇÃO 25°C, MIN. Mpa ≥ 0,65	ESTABILIDADE CORRIGIDA	V. A. M. %
4,50	1	2,720	5,48	68,90	2,571	0,68	748,95	17,63
4,50	2	2,720	4,95	71,06	2,586	0,67	861,08	17,09
4,50	3	2,720	4,98	70,93	2,585	0,66	877,69	17,12
MÉDIA			5,14	70,30	2,581	0,67	829,24	17,28
5,00	4	2,696	3,70	78,34	2,597	0,88	959,32	17,07
5,00	5	2,696	4,04	76,78	2,587	0,86	947,84	17,42
5,00	6	2,696	3,77	78,00	2,595	0,86	1026,91	17,15
MÉDIA			3,84	77,71	2,593	0,87	978,02	17,21
5,50	7	2,673	2,88	83,51	2,596	0,87	745,50	17,46
5,50	8	2,673	2,47	85,51	2,607	0,88	905,74	17,06
5,50	9	2,673	2,74	84,21	2,600	0,80	826,16	17,32
MÉDIA			2,70	84,41	2,601	0,85	825,80	17,28

Fonte: o Autor

A análise dos resultados dos ensaios foram verificados que a mistura asfáltica atende aos requisitos estabelecidos pelas normas técnicas e especificações do projeto. Onde gerou uma estabilidade de 978,02 kgf, acima do indicado de 500 kgf. Densidade aparente de 2,593 kg/dm<sup>3</sup>.

O índice de vazios exigido fica entre 3% e 5%, atingindo 3,84%, a relação Betume/Vazio com 77,71%, dentro das especificações de 75 - 82%. A tração diametral com 0,87 mpa, acima de 0,65 mpa da Norma DNIT 031 (2006). Resultados na tabela 10.

Tabela 10 - Resultado Final

MISTURA GRANULOMÉTRIA				MISTURA TOTAL E RESULTADOS		
PENIRAS	OBTIDO	FAIXA DE PROJETO		CARACTERÍSTICAS	ESPECÍFICA	OBTIDO
pol.		MIN.	MAX			
1 1/2"	100,00	100,00	100,00	Estabilidade Kgf	> 500 kgf	978,02
1"	100,00	100,00	100,00			
3/4"	100,00	100,00	100,00			
1/2"	93,50	86,50	100,00	Vazios %	3 - 5	3,84
3/8"	83,50	76,50	90,50			
Nº4	54,40	49,40	59,40	Relação Betume	75 - 82	77,71
Nº10	37,50	32,50	42,50			
Nº40	20,10	15,10	25,10	Tração Diametral	> 0,65 mpa	0,87
Nº80	11,60	8,60	14,60			
Nº200	5,30	3,30	7,30			

Fonte: o Autor

## 5 CONCLUSÃO

Ao longo deste estudo, abordamos a importância crucial da pavimentação asfáltica para a mobilidade e segurança nas vias urbanas, destacando seu papel fundamental na acessibilidade e proteção aos usuários. Também discutimos os desafios enfrentados na pavimentação urbana, desde a necessidade de intervenções eficazes de recuperação e manutenção e principalmente a importância de desenvolver um traço de massa asfáltica adequado para reparos em vias urbanas. Todo o processo foi conduzido em conformidade com as diretrizes estabelecidas na norma DNIT 031/2006 ES, que define os requisitos para os materiais asfálticos utilizados em obras de pavimentação, garantindo assim a conformidade com os padrões de qualidade e desempenho estabelecidos.

Durante esta pesquisa, foi possível compreender profundamente a influência da distribuição granulométrica na estabilidade das camadas de revestimento asfáltico e o impacto direto que a qualidade dos materiais empregados possui na durabilidade e desempenho do pavimento. Além disso, destaca-se a importância da colaboração da equipe do laboratório, cuja competência e dedicação foram fundamentais para o sucesso deste estudo, especialmente na elaboração do traço de massa asfáltica.

Concluimos, portanto, que a pavimentação urbana é um campo complexo que demanda um planejamento cuidadoso, seleção criteriosa de materiais e aplicação de métodos adequados de construção e manutenção. Espera-se que este trabalho não apenas contribua para a melhoria da infraestrutura viária do município de Varginha, MG, mas também proporcione um aprendizado valioso para todos os envolvidos no processo. Assim, vislumbramos o avanço no conhecimento e práticas relacionadas à pavimentação asfáltica em vias urbanas, proporcionando subsídios para o desenvolvimento de soluções mais eficientes e sustentáveis para atender às crescentes demandas de infraestrutura nas cidades.

DEVELOPMENT OF AN ASPHALT MIXTURE DESIGN FOR ROAD REPAIR WORKS  
IN URBAN AREAS IN THE MUNICIPALITY OF VARGINHA MG

**ABSTRACT**

This study aims to present a systematic approach to the development of an asphalt mixture design intended for pothole repairs in urban roads, focusing on the municipality of Varginha, MG, which represents a significant technical and practical challenge in pavement engineering. The challenges faced in urban pavement are diverse and range from the need to ensure the durability of roads to maintenance over time. Common challenges in urban pavement include the need for effective intervention to preserve road quality. Subsequently, the study presents the main techniques and materials used in pavement repair, with a special focus on Hot Mix Asphalt (HMA), where DNIT guidelines for the use of these materials are discussed. Finally, the study proposes a methodology for the development of the asphalt mixture design, considering aspects such as material durability, accessibility of materials used, and compliance with technical standards established by DNIT. It is expected that this study will contribute to the improvement of urban road infrastructure in Varginha, MG, and serve as a basis for future research in the field of pavement engineering.

**Keywords: Repair, Hot Mix Asphalt, asphalt mix, urban pavement.**

**REFERÊNCIAS**

**ABNT. NBR 7181:** Misturas asfálticas - Determinação da estabilidade Marshall. Rio de Janeiro, 1984.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ASFALTO - ABEDA.** Manual Básico de Emulsões Asfálticas. Rio de Janeiro , 2<sup>a</sup> ed. 2010.

**BALBO, José Tadeu.** Pavimentação Asfáltica: Materiais, projetos e restauração. São Paulo, Oficina de Textos, 2007.

**BERNUCCI, Liedi Bariani et al.** Pavimentação asfáltica: Formação Básica para Engenheiros. 3<sup>a</sup> Reimp. p. 144. Rio de Janeiro: Petrobrás: ABEDA, 2010.

**CESÁRIO, Douglas Nery et al.** Manual, Práticas de Laboratório, Dosagem de Concreto Asfáltico, Método Marshall. 1ª Edição.

**DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). NORMA DNIT 031 - ES .** Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço. rev DNER-ES 313/97. Rio de Janeiro, RJ p. 13, 2006. Disponível em: Acesso em: 15 set. 2023.

**DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT).** Manual de Restauração de pavimentos asfálticos. 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ: pub: IPR 720. p. 310, 2005. Disponível em: Acesso em: 17 set. 2023.

**DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT).** Norma 005/2003 - TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Terminologia. Rio de Janeiro, 2003.

**DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT).** Manual de Pavimentação. Disponível em: [https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/ipr\\_719\\_manual\\_de\\_pavimentacao\\_versao\\_corrigda\\_errata\\_1.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/ipr_719_manual_de_pavimentacao_versao_corrigda_errata_1.pdf). Acesso em: [20/03/2024].

**SENÇO, W. (2001).** Pavimentação Asfáltica: Materiais, Projeto e Construção. Editora PINI.

**SOARES, J. B. e NASCIMENTO, L. A. H. (2017)** Critérios para os resultados do ensaio uniaxial de carga repetida de misturas asfálticas em laboratório a partir do desempenho em campo. Revista Transportes, v. 25, n. 2.