

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

THÁSSIA RAQUEL NUNES DOS SANTOS

**PRODUÇÃO DE MISTURA ASFÁLTICA USINADA À
QUENTE**

**ANÁPOLIS – GO
2015**

FICHA CATALOGRÁFICA

SANTOS, THÁSSIA RAQUEL NUNES.

Produção de Mistura Asfáltica Usinada à Quente [Goiás] 2015

61P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2015).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Concreto Asfáltico
3. Ensaios Laboratoriais
I. ENC/UNI

2. Pavimentação
4. Usina de CBUQ
II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTOS, T. R. N. Produção de Mistura Asfáltica Usinada a Quente. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 61 p. 2015.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Thássia Raquel Nunes dos Santos

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Produção de Mistura Asfáltica Usinada a Quente.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2015

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Thássia Raquel Nunes dos Santos

E-mail: thassiaraqel@hotmail.com

THÁSSIA RAQUEL NUNES DOS SANTOS

**PRODUÇÃO DE MISTURA ASFÁLTICA USINADA À
QUENTE**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADORA: MESTRA ISA LORENA SILVA BARBOSA

ANÁPOLIS / GO: 2015

THÁSSIA RAQUEL NUNES DOS SANTOS

**PRODUÇÃO DE MISTURA ASFÁLTICA USINADA A
QUENTE**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:

ISA LORENA SILVA BARBOSA, Mestra (UniEvangélica)

**ANA LÚCIA CARRIJO ADORNO, Doutora (UniEvangélica)
(EXAMINADORA INTERNA)**

**PAULO ALEXANDRE DE OLIVEIRA, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 26 de MAIO de 2015.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois sem Ele eu não teria forças para concluir esta jornada. A minha mãe Tania que não mediu esforços para que eu chegasse até aqui, que com amor e compreensão, não me deixou desistir, sempre confiou e acreditou em meu potencial. E ao meu irmão Santhiago pelo carinho e apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me capacitado, por me guiar pelo caminho e não me deixar abater nos momentos de fraqueza. Agradeço a Ele por ter me dado força, sabedoria e paciência para enfrentar todos os obstáculos que encontrei no decorrer desta caminhada e me permitir seguir firme em direção aos meus sonhos.

A minha família e amigos que sempre acreditaram em mim, obrigada pelo apoio que sempre me deram.

A minha mãe Tania e ao meu irmão Santhiago, agradeço pela força, amor e dedicação.

Agradeço ao meu namorado, que com seu companheirismo, amor e carinho, me acompanharam durante todos esses anos, sempre acreditando em minha capacidade.

Aos amigos que fiz no decorrer deste curso, que me ajudaram de diversas formas, que compartilharam comigo momentos de alegria, aflição, desespero, medo, alívio, enfim, agradeço por ter vocês durante esses anos, obrigada pela grande amizade que foi construída. Cada momento, cada sorriso, cada lágrima, valeram a pena.

Ao técnico do laboratório, Luiz César dos Santos, que me ajudou a tornar possível a elaboração desse trabalho.

Por fim quero agradecer às pessoas que estiveram comigo diariamente, sem os quais eu não teria chegado até aqui, a todos os professores da graduação, os quais foram tão importantes na minha formação acadêmica.

Agradeço em especial a minha orientadora Isa Lorena por seus ensinamentos, paciência e confiança ao longo das supervisões das minhas atividades.

Agradeço a todas as pessoas que estiveram direta e indiretamente comigo nessa minha jornada universitária e que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

"Sem sonhos, a vida não tem brilho. Sem metas, os sonhos não têm alicerces. Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais. Sonhe, trace metas, estabeleça prioridades e corra riscos para executar seus sonhos. Melhor é errar por tentar do que errar por se omitir!"

Augusto Curry

RESUMO

Este trabalho trata-se da análise da qualidade das misturas betuminosas de concreto asfáltico à quente dosadas em usina e ensaiadas no laboratório da obra de duplicação da GO – 080. Foram realizados ensaios de dosagem determinadas através do Método Marshall. Realizaram também ensaios de laboratórios para determinação da faixa granulométrica dos agregados, desgaste Los Angeles, adesividade e os ensaios do método Marshall. Utilizou-se o CAP convencional 50/70 na mistura betuminosa definida em projeto. Ao final esses resultados foram analisados e comparados as normas vigentes e recomendadas pelo DNIT, concluindo portanto, que os ensaios se enquadraram e satisfizeram as normas acompanhadas para a produção em usina e para as dosagens Marshall ensaiadas..

Palavras chave: Concreto Asfáltico; Pavimentação; Ensaio Laboratoriais; Usina de CBUQ.

ABSTRACT

This work is about the analysis of the quality of bituminous mixes of asphalt concrete to hot dose in plant and tested in the work of duplication of the GO – 080's laboratory. Certain dosage tests were conducted by the Marshall method. It was also performed laboratory tests for determining the particle size range of aggregate, Los Angeles wear, adhesion and test the Marshall method. It was used the conventional CAP 50/70 in the bituminous mixture defined project. At the end of these results were analyzed and compared current regulations and recommended by the DNIT, concluding therefore, that the test are framed and met the standards followed for the production plant and in the tested Marshall dosages.

Keywords: Asphalt Concrete; Paving; Laboratory tests; CBUQ Plant.

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1 - Classificação dos revestimentos	19
Figura 2 - Usina descontínua ou gravimétrica	20
Figura 3 - Usina contínua ou volumétrica	20
Figura 4 - Aplicação de Lama Asfáltica	22
Figura 5 - Camadas de aplicação de Tratamentos Superficiais Simples e Duplo	23
Figura 6 - Usina de concreto asfáltica.	23
Figura 7 - Constituição da Mistura Asfáltica.....	30
Figura 8 - Depósito para ligante asfáltico (reservatório de CAP)	31
Figura 9 - Silos de armazenamento de agregados e torre de controle.	32
Figura 10 – Secador.....	32
Figura 11 - Filtro de mangas	33
Figura 12 - Elevador de descarga da mistura.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela1 – Dados de Composição da Mistura Asfáltica	24
Tabela 2 – Critérios estabelecidos para porcentagem de vazios (%Vv) e relação betume vazio (RBV), e valores para estabilidade e fluência	30
Tabela 3 - Adesividade de CAP 50/70 Agregado Graúdo (Brita 1) da Faixa C.....	38
Tabela 4 - Ensaio de densidade real do agregado	38
Tabela 5- Análise granulométrica de brita 1	40
Tabela 6 - Análise granulométrica de brita 0	41
Tabela 7 - Análise granulométrica de pó pedrisco	42
Tabela 8 - Análises granulométricas dos agregados	43
Tabela 9 - Relação da moldagem dos Corpos de Prova	43
Tabela 10 - Ensaio Marshall - Série 01	48
Tabela 11 - Ensaio Marshall - Série 02	50
Tabela 12 - Ensaio Marshall - Série 03	52
Tabela 13 - Ensaio Marshall - Série 04	54
Tabela 14 - Ensaio Marshall - Série 05	56
Tabela 15 - Resultados e especificações do ensaio Marshall	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico	Página
Gráfico 1 - Volume de vazios dos corpos de prova.....	44
Gráfico 2 - Volume de vazios do agregado mineral.....	45
Gráfico 3 - Relação betume vazios.....	45
Gráfico 4 - Densidade Aparente	46
Gráfico 5 - Densidade máxima teórica	46
Gráfico 6 – Estabilidade	47
Gráfico 7 – Fluência	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGETOP – Agência Goiana de Transportes e Obras
BR – Brasil / Rodovia Federal
CA – Concreto Asfáltico
CAP – Cimento Asfáltico de Petróleo
CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CPA – Camada Porosa de Atrito
DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT – Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes
EAP – Emulsão Asfáltica de Petróleo
ES – Especificação de Serviço
EUA – Estados Unidos da América
GO – Goiás
ME – Método de Ensaio
NBR – Norma Brasileira
PMF – Pré-Misturado a Frio
RBV – Relação Betume/Vazios
SGC – Compactador Giratório Superpave
SMA – Stone Matrix Asphalt
TS – Tratamentos Superficiais
TSD – Tratamento Superficial Duplo
TSM – Tambor Secador Misturador
TSS – Tratamento superficial simples
TST – Tratamento superficial triplo

LISTA DE SÍMBOLOS

D- Densidade Real

d - Densidade Aparente

E – Estabilidade

F – Fluência

Kg - Quilograma

Kgf - Quilograma força

mm - Milímetro

Maf – Massa de agregado fino

Mag – Massa de agregado graúdo

Mb – Massa de betume

Mf – Massa de filer

Mpa - Mega pascal

Mt – Massa total

t - Tonelada

Vaf – Volume de agregado fino

Vag – Volume de agregado graúdo

VAM – Volume de Agregado Mineral

Vb –Volume de betume

VCB – Vazios cheios com betume

Vf – Volume de filer

°C - Grau Celsius

% - Porcentagem

%VAM – Porcentagem dos Vazios do Agregado Mineral

Vt – Volume total

Vv – Volume de vazios

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 TEMA	16
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Geral	16
1.2.2 Específicos	16
1.3 JUSTIFICATIVA	17
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 MISTURAS USINADAS	19
2.1.1 Misturas usinadas a frio	21
2.1.2 Misturas não usinadas	22
2.1.3 Misturas usinadas a quente	22
2.2 DOSAGEM DO CONCRETO ASFÁLTICO	26
3 METODOLOGIA	31
3.1 USINA DE ASFALTO – PROCESSO EXECUTIVO	31
3.2 USINA DE ASFALTO – ENSAIOS LABORATORIAIS	34
4 ESTUDO DE CASO	36
4.1 ENSAIOS REALIZADOS	36
4.1.1 Abrasão Los Angeles	37
4.1.2 Adesividade	37
4.1.3 Densidade real do agregado	38
4.1.4 Granulometria	39
4.2 CORPOS DE PROVA	43
4.2.1 Moldagem dos CPs	43
4.2.2 Resultados	44
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO

Os pavimentos são estruturas de múltiplas camadas, sendo o revestimento a camada que se destina a receber a carga dos veículos e mais diretamente a ação climática. Portanto, essa camada deve ser tanto quanto possível impermeável e resistente aos esforços de contato pneu-pavimento em movimento, que são variados conforme a carga e a velocidade dos veículos.

Na maioria dos pavimentos brasileiros usa-se como revestimento uma mistura de agregados minerais, de vários tamanhos, podendo também variar quanto à fonte, com ligantes asfálticos que, de forma adequadamente proporcionada e processada, garanta ao serviço executado os requisitos de impermeabilidade, flexibilidade, estabilidade, durabilidade, resistência à derrapagem, resistência à fadiga e ao trincamento térmico, de acordo com o clima e os tráfegos previstos para o local (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Os requisitos técnicos e de qualidade de um pavimento asfáltico serão atendidos com um projeto adequado da estrutura do pavimento e com o projeto de dosagem da mistura asfáltica compatível com as outras camadas escolhidas. Essa dosagem passa pela escolha adequada de materiais dentro dos requisitos proporcionados de forma a resistirem às solicitações previstas do tráfego e do clima.

Nos casos mais comuns, até um determinado volume de tráfego, um revestimento asfáltico de um pavimento novo consiste de uma única camada de mistura asfáltica.

O material de revestimento pode ser fabricado em usina específica (misturas usinadas), fixa ou móvel, ou preparado na própria pista (TS – tratamentos superficiais). Os revestimentos são também identificados quanto ao tipo de ligante: a quente com o uso de CAP – Concreto Asfáltico de Petróleo, ou a frio com o uso de EAP – Emulsão Asfáltica de Petróleo.

Bernucci *et al.*, (2008) destacam que dos tipos de revestimentos mais empregados no Brasil é o concreto asfáltico (CA), também denominado Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ). Trata-se do produto da mistura convenientemente proporcionada de agregados de vários tamanhos e cimento asfáltico, ambos aquecidos em temperaturas previamente escolhidas, em função da característica viscosidade-temperatura do ligante.

Para o controle tecnológico dos materiais utilizados são realizados ensaios laboratoriais definidos pelo DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes).

Esses ocorrem em laboratórios específicos, localizados em canteiro de obras, onde também se encontra a usina fixa.

Este trabalho baseou-se nas análises de ensaios laboratoriais da obra de duplicação da rodovia GO-080, no trecho entre a cidade de Nerópolis e o entroncamento da BR-153, no interior do Estado de Goiás, que produz o CBUQ com CAP convencional 50/70, para camada de rolamento (Faixa C), seguindo a norma do DNIT ES-031 (2006), e demais especificações recomendadas pelo mesmo órgão.

1.1 TEMA

Concreto asfáltico.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Realizar um estudo de caso com análise da qualidade dos resultados de ensaios laboratoriais do CBUQ produzido "in loco" por uma usina de concreto asfáltico de produção contínua.

1.2.2 Específicos

- Conceituar a mistura asfáltica (CBUQ), sua produção em usinas apropriadas, citando benefícios, desvantagens e características para a fabricação e aplicação do concreto betuminoso;
- Caracterizar mecanicamente as misturas obtidas na usina e as obtidas em laboratório de acordo com as normas;
- Realizar os ensaios das dosagens Marshall de mistura asfáltica CBUQ;
- Comparar resultados das análises das misturas dosadas na usina e em laboratório com os valores das normas vigentes (DNIT).

1.3 JUSTIFICATIVA

No intuito de concluir o trabalho proposto, alcançando os objetivos apresentados, foram abordadas algumas características funcionais e mecânicas de misturas asfálticas usinadas a quente utilizadas em obras rodoviárias.

Com este propósito utilizaram-se métodos e normas de ensaios, afim de caracterizar o CBUQ.

Com base nos objetivos ressaltados conceitua-se o CBUQ de acordo com normas técnicas e especificações de serviços.

O Concreto Asfáltico Usinado a Quente - CBUQ é composto pela mistura à quente, em usina apropriada, com características específicas, dos agregados graduados, material de enchimento filer (se necessário), com o CAP. É o tipo de mistura asfáltica mais empregada para tráfego pesado no país, dando origem ao concreto asfáltico. Sua composição está diretamente ligada aos constituintes de uma mistura, segundo a Especificação de Serviço DNIT 031 (2006):

- agregado graúdo;
- agregado miúdo;
- cimento asfalto de petróleo (CAP);
- material de enchimento filer.

O projeto de dosagem do concreto asfáltico para pavimentação constitui um estudo de seleção e dosagem dos materiais constituintes, a fim de enquadrá-los na especificação de serviço (DNIT), com rigoroso controle de dosagem e cuidadosa técnica de aplicação.

Para a elaboração do projeto de dosagem de (CBUQ) no Brasil, há dois métodos mais usados atualmente, são eles: Método Marshall e Método Granulométrico.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

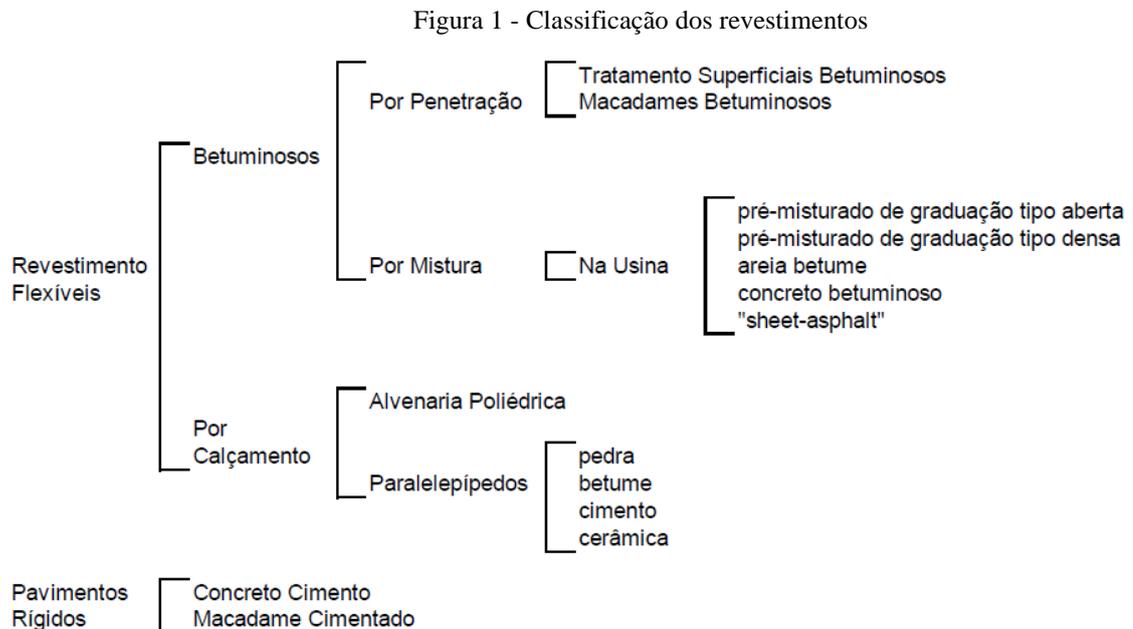
Este trabalho é composto pelos seguintes capítulos:

- Capítulo 1: É feita a introdução mostrando os objetivos e as justificativas do trabalho;

- Capítulo 2: São mostrados os tipos de misturas asfálticas mais comuns usadas nos pavimentos das rodovias brasileiras;
- Capítulo 3: São apresentadas os processos de execução mais adequados para as misturas usinadas a quente e os principais ensaios realizados para determinação de seu teor;
- Capítulo 4: É feito um estudo de caso, no qual se realizaram ensaios laboratoriais para definir se o material utilizado se enquadra ou não, nos padrões exigidos por normas;
- Capítulo 5: Apresenta as considerações finais deste trabalho;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O DNIT, em seu manual de pavimentação (DNIT, 2006), estabelece a seguinte classificação dos revestimentos (Figura 1):



Fonte: Manual de Pavimentação DNIT (2006)

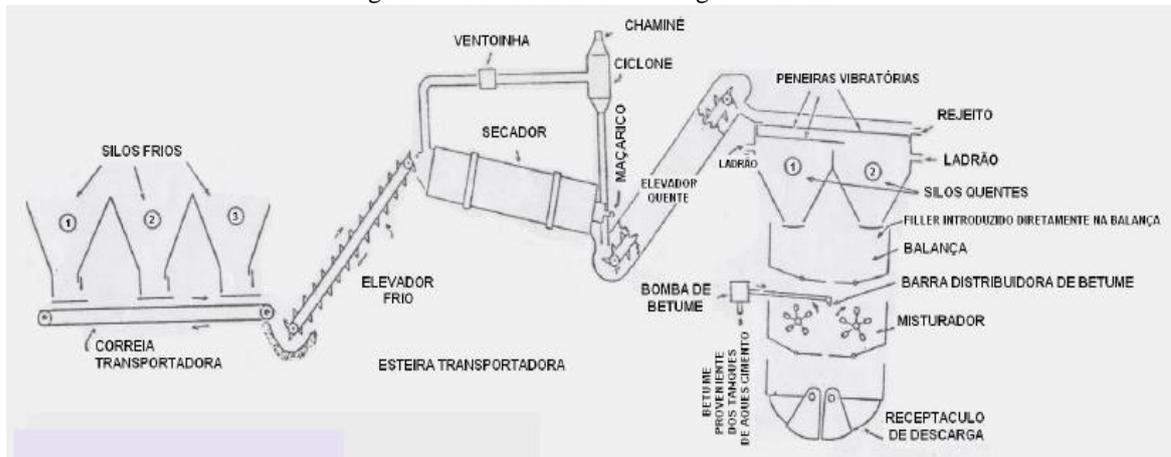
Este capítulo apresenta um fundamento teórico sobre os aspectos relevantes do estudo do concreto betuminoso produzido em usinas específicas e aplicado em pavimentos de rodovias, com o intuito de auxiliar o trabalho realizado.

2.1 MISTURAS USINADAS

Concreto betuminoso é produzido em usinas apropriadas com várias capacidades de produção, geralmente divididas em função da temperatura de usinagem (quente ou fria) e subdividas pela granulometria do agregado empregado, em dois tipos básicos:

a) usinas descontínuas – que apresentam produção descontínua; gravimétrica, (Figura 2).

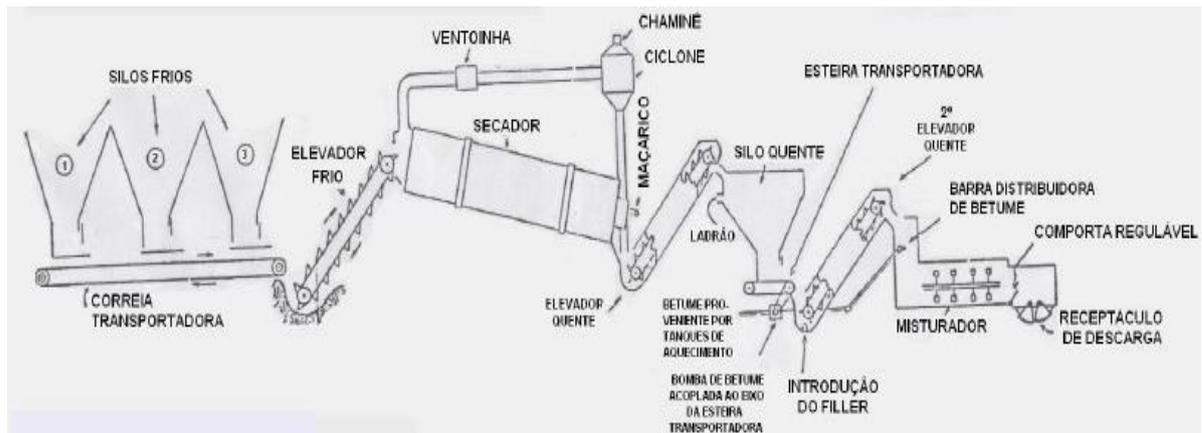
Figura 2 - Usina descontínua ou gravimétrica



Fonte: ANDRADE (2010)

b) usinas contínuas – que apresentam produção contínua; as volumétricas e as TSM – Tambor Secador Misturador (Drum-Mixer) (Figura 3).

Figura 3 - Usina contínua ou volumétrica



Fonte: ANDRADE (2010)

Na maioria das estradas nacionais os revestimentos asfálticos são compostos por uma mistura de agregado mineral, de diferentes dimensões com ligante asfáltico (em proporção adequada e apropriada) garantindo ao pavimento impermeabilidade, flexibilidade, estabilidade, durabilidade, resistência à derrapagem, resistência à fadiga e ao trincamento térmico, de acordo com o clima e o tráfego previsto para o local.

Segundo Bernucci *et. al.* (2008) os materiais de revestimento podem ser fabricados em usinas específicas, fixas ou móveis (caso das misturas usinadas), ou preparados na própria pista (caso dos tratamentos superficiais). Os revestimentos ainda podem ser caracterizados conforme o ligante utilizado: CAP, para misturas a quente e EAP, para misturas a frio.

2.1.1 Misturas usinadas a frio

São as processadas por usinas fixas denominadas por Pré-Misturado a Frio (PMF). Nesse tipo de mistura se utiliza das emulsões asfálticas como ligante para envolver os agregados minerais, também adequadamente proporcionados para atender os requisitos do pavimento. É aquela que pode ser espalhada e compactada a temperatura ambiente, podendo ou não sofrer um pequeno aquecimento durante a mistura com asfalto, (AGETOP, 2002).

Os PMFs podem ser utilizados em camadas intermediárias de pavimento (sobreposto por CBUQ), em obras de recuperação e manutenção de rodovias ou ainda em revestimentos de ruas ou de estradas de baixo volume de tráfego, geralmente aplicados em espessuras de 30 à 70 mm e devem ser espalhadas e compactadas à temperatura ambiente. Os diferentes tipos de PMFs podem ser caracterizados como densos e abertos, (BERNUCCI *et al.*, 2008).

- a) denso – Com volume de vazios baixo, graduação contínua;
- b) aberto – Com volume de vazios elevado, graduação aberta.

As misturas a frio podem ter seu processamento realizado em usinas móveis, que gera a mistura agregados-ligante antes da colocação no pavimento. São misturas relativamente fluidas, como a lama asfáltica e o microrevestimento.

Lama asfáltica: Segundo a especificação do DNIT 150 (2010), lama asfáltica consiste na associação de agregado mineral, material de enchimento (filer), emulsão asfáltica e água, com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada. Pode ser empregada como camada de selagem, impermeabilização e na conservação de pavimentos, entretanto não é capaz de corrigir imperfeições acentuadas nem elevar a capacidade estrutural. Ela é aplicada na superfície da pista através de uma barra de distribuição em fluxo contínuo, como mostra a Figura 4.

Microrevestimento: De acordo com a ES – 035/2005 do DNIT (2005), microrevestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero - consiste na associação de agregado, material de enchimento (filer), emulsão asfáltica modificada por polímero, do tipo SBS, água, aditivos se necessários, com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada. O microrevestimento pode ser considerado como uma evolução a lama asfáltica, por utilizar polímero para modificação da emulsão com o intuito de elevar a vida útil desta camada.

Figura 4 - Aplicação de Lama Asfáltica



Fonte: Próprio Autor (2014)

2.1.2 Misturas não usinadas

As misturas não usinadas são denominadas como Tratamento Superficial, esse revestimento consiste na aplicação de agregado e ligante sem mistura prévia, seguido por compactação que promove a adesão dos constituintes (BERNUCCI *et. al.* 2008).

A Figura 5 retrata as fases de execução de dois dos três tipos de tratamentos superficiais. Os TSs se classificam em:

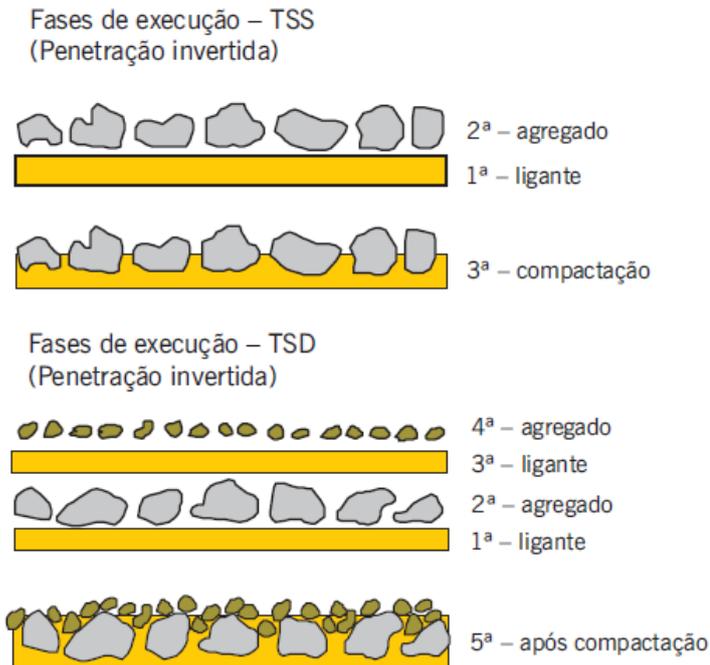
- TSS – Tratamento superficial simples
- TSD – Tratamento superficial duplo
- TST – Tratamento superficial triplo

2.1.3 Misturas usinadas a quente

As misturas a quente distinguem-se em vários tipos de acordo com o padrão granulométrico empregado e as exigências de características mecânicas, em função da aplicação a que se destina.

É um revestimento flexível, resultante da mistura a quente, em usina apropriada (Figura 6), de agregado mineral graduado, material de enchimento e material betuminoso, espalhada por equipamento apropriado (vibroacabadora) e comprimida a quente.

Figura 5 - Camadas de aplicação de Tratamentos Superficiais Simples e Duplo.



Fonte: BERNUCCI *et. al.* (2008)

Figura 6 - Usina de concreto asfáltica.



Fonte: Próprio Autor, (2014)

Bernuticci *et. al.* (2008) destacam os três tipos de graduação do agregado de misturas usinadas a quentes mais utilizadas:

a) graduação densa: curva granulométrica contínua, ou seja, bem-graduada de maneira a garantir uma estrutura mineral com poucos vazios, visto que os agregados de dimensões menores preenchem os vazios dos maiores.

Exemplo: concreto asfáltico (CA);

b) graduação aberta: curva granulométrica uniforme, com a grande maioria dos agregados de um mesmo tamanho, de forma a garantir uma estrutura mineral com muitos vazios interconectados, devido a falta de material fino (menor que 0,075mm) os vazios entre as partículas maiores acabam por não ser preenchidos, proporcionando uma mistura com

elevado volume de vazios e, portanto, drenante, possibilitando a percolação de água no interior da mistura asfáltica.

Exemplo: mistura asfáltica drenante, conhecida no Brasil por Camada Porosa de Atrito (CPA);

c) graduação descontínua: curva granulométrica com proporcionamento dos grãos de maiores dimensões em quantidade dominante em relação aos grãos de dimensões intermediárias, completados por certa quantidade de finos, de forma a ter uma curva descontínua em certas peneiras, com o objetivo de tornar a estrutura mineral mais resistente à deformação permanente com o maior número de contatos entre os agregados graúdos. Exemplo: matriz pétreo asfáltica (SMA – *stone matrix asphalt*); mistura sem agregados de certa graduação (*gap-graded*).

O concreto asfáltico é uma mistura asfáltica muito resistente em todos os aspectos, desde que os materiais sejam adequadamente selecionados e dosados adequadamente. A faixa de teor de asfalto em peso está normalmente entre 4,5 a 6,0%, dependendo da forma dos agregados, massa específica dos mesmos, da viscosidade e do tipo do ligante, podendo sofrer variações em torno desses valores.

De acordo com a especificação de serviço 031 (DNIT, 2006), a composição do concreto asfáltico deve satisfazer os requisitos da Tabela 1, com as respectivas tolerâncias relativas a granulometria e aos percentuais do ligante asfáltico determinados no projeto de mistura.

Tabela 1 – Dados de Composição da Mistura Asfáltica

PENEIRA DE MALHA QUADRADA		% EM MASSA, PASSANDO			
Série ASTM	Abertura (mm)	A	B	C	Tolerâncias
2"	50,8	100	-	-	-
1 1/2"	38,10	95 - 100	100	-	± 7
1"	25,40	75 - 100	95 - 100	-	± 7
3/4"	19,10	60 - 90	80 - 100	100	± 7
1/2"	12,70	-	-	80 - 100	± 7
3/8"	9,50	35 - 65	45 - 80	70 - 90	± 7
Nº 4	4,80	25 - 50	28 - 60	44 - 72	± 5
Nº 10	2,00	20 - 40	20 - 45	22 - 50	± 5
Nº 40	0,42	10 - 30	10 - 32	8 - 26	± 5
Nº 80	0,18	5 - 20	8 - 20	4 - 16	± 3
Nº 100	0,075	1 - 8	3 - 8	2 - 10	± 2
		4,0 - 7,0	4,5 - 7,5	4,5 - 9,0	
Asfalto solúvel no CS2(+)(%)		Camada de Ligação (binder)	Camada de Ligação e Rolamento	Camada de Rolamento	± 0,3 %

Fonte: DNIT-ES 031 (2006)

A razão principal do frequente uso de asfalto em pavimentações se deve ao fato dele criar uma forte união entre os agregados, agindo desta maneira, como ligante e apresentar características como impermeabilização, flexibilidade controlável e grande resistência à maioria dos ácidos, sais e álcalis, tornando então o mesmo apto a atender as recomendações especificadas para pavimentações.

Segundo Marques (2007), normalmente são feitos os seguintes controles em relação às recomendações específicas ao concreto asfáltico:

- a) qualidade do material betuminoso: feita por meio dos ensaios de Penetração, Ponto de Amolecimento, Viscosidade, Ponto de Fulgor.
- b) qualidade dos agregados: feita por meio dos ensaios de Granulometria, “Los Angeles”,
- c) índice de forma, equivalente de areia etc.
- d) quantidade de ligante na mistura: feita mediante o ensaio de Extração de betume, em amostras coletadas na pista para cada 8 horas de trabalho.
- e) controle da graduação da mistura de agregados: pelo ensaio de granulometria dos agregados resultantes da extração de betume (enquadrar nas especificações).
- f) controle das características Marshall da mistura: normalmente exige-se 2 ensaios Marshall com 3 corpos de prova cada, por dia de produção, retiradas depois da acabadora e antes da rolagem. A estabilidade, a fluência e os demais parâmetros medidos, devem ser comparados com os valores da dosagem.
- g) controle da compactação: pode ser feita por meio de anéis metálicos (10 cm de diâmetro X altura do pavimento - 5mm). Após a compressão mede-se a densidade aparente e compara-se com a de projeto. Também pode-se comparar a densidade aparente de projeto com a de corpos de prova extraídos após a compactação através de sondas rotativas.
- h) controle da temperatura: deverá ser controlada a temperatura do agregado no silo quente da usina, do ligante na usina, da mistura betuminosa na saída do misturador da usina e da mistura no momento do espalhamento e início da rolagem.
- i) controle da espessura: permite-se uma variação de $\pm 10\%$ da espessura de projeto.
- j) controle do acabamento da superfície: permite-se uma tolerância de 0,5 cm entre dois pontos.

2.2 DOSAGEM DO CONCRETO ASFÁLTICO

Os procedimentos de dosagem de misturas asfálticas tem o propósito de estimar a seleção de materiais que propiciem ao revestimento um comportamento mecânico capaz de resistir às solicitações de carregamento impostas pelo tráfego.

Vários procedimentos foram desenvolvidos em todo o mundo para dosagem de misturas asfálticas, sendo que, cada um possui critérios próprios que visam o estabelecimento de relações entre os ensaios de laboratórios e os resultados obtidos em campo sob condições usuais de serviço (SILVA, 2010).

Na dosagem do concreto betuminoso podem ser usados vários métodos como, por exemplo: Marshall, Hubbard-Field, Hveem, Superpave (que é a metodologia mais recente), Triaxial e Ruiz, onde se destacam os principais:

- a) método Marshall: que utiliza a compactação por impacto e estabelece o teor ótimo de ligante baseado em propriedades volumétricas e medidas de Estabilidade e Fluência;
- b) método Hubbard-Field: que foi o primeiro procedimento documentado e que determina a carga máxima suportada por um CP, denominada estabilidade Hubbard-Field;
- c) método Hveem: que realiza análises de parâmetros volumétricos e de resistência de amostras confeccionadas por compactação pulsante;
- d) método Superpave: sendo uma metodologia que estima o teor de projeto baseada no volume de vazios e no conhecimento da granulometria dos agregados, com utilização de um dispositivo micênico, denominado compactador giratório Superpave (SGC), para a modelagem dos corpos-de-prova.

Mundialmente, o método Marshall e o procedimento mais difundido e utilizado, por se tratar de um método simples, de rápida execução e que utiliza equipamentos de baixo custo. Inclusive no Brasil, onde órgãos rodoviários brasileiros, como DNIT, recomendam o método Marshall para dosagem do concreto betuminoso (VASCONCELOS E SOARES, 2005).

Este método foi desenvolvido na década de 1940 pelo Engenheiro Bruce Marshall, do Departamento de Estradas de Rodagem do estado do Mississippi, nos EUA. Idealizado para determinação do teor ótimo de ligante que deveria ser usado na composição de mistura betuminosa, destinadas a serviços de pavimentação rodoviária, baseia-se na determinação da estabilidade e fluência do corpo-de-prova asfáltico e análise de fatores como

densidade e vazios, através de aparelhagem específica do mesmo. É um processo utilizado tanto para projeto de misturas, como para controle de campo.

Define-se a estabilidade Marshall através da máxima resistência a compressão axial apresentada por um corpo de prova moldado e ensaiados nos processos normativos deste método, (DNER, 1995).

Já a fluência Marshall é definida como a deformação total apresentada pelo corpo-de-prova desde o início da aplicação da carga inicial (nula) até a aplicação da carga máxima, expressa em décimos de milímetro.

No Brasil, a metodologia Marshall sofreu alterações ao longo do tempo. Apesar da especificação DNIT-ES 031/2006 ainda apresentar a estabilidade como requisito de dosagem, vários órgãos rodoviários brasileiros utilizam atualmente como critério de seleção do teor de projeto, os parâmetros volumétricos denominados volume de vazios (Vv) e relação betume/vazios (RBV), (VASCONCELOS E SOARES, 2005).

Segundo o Edital de licitação (2014), o principal aspecto de interesse é a análise de fatores como densidade, vazios, estabilidade e fluência.

São moldados Corpos de Prova com teores crescentes de asfalto (4 a 5%, para faixa B e entre 5 e 6%, para faixa C). As proporções de agregados e filer são definidas previamente através de estudo específico. Os corpos de prova têm a forma cilíndrica, apresentando aproximadamente 10 cm de diâmetro e 6,35 cm de altura e são compactados através de soquete que age sobre a mistura em um cilindro padronizado.

Após a confecção dos corpos de prova podem ser calculados os seguintes parâmetros: Densidade Real e Aparente (D,d), Porcentagem de Vazios (%vv), Porcentagem dos Vazios do agregado Mineral (%VAM) e Relação Betume-Vazios (RBV).

Feitos estes cálculos iniciais, os corpos de prova são aquecidos até atingirem 150° e submetidos aos ensaios de Estabilidade e Fluência Marshall.

Entende-se por estabilidade como sendo a grandeza que mede a resistência da massa asfáltica à aplicação de carga. Determina a carga máxima que a massa asfáltica pode suportar, (EDITAL DE LICITAÇÃO 2014).

O ensaio de estabilidade Marshall é feito por cisalhamento e não por compressão, pois sendo o concreto asfáltico uma camada de rolamento, o maior esforço solicitante é dado pela ação do tráfego, que é de cisalhamento, devido às cargas horizontais. Normalmente é expresso em Kg.

A fluência é a medida do quanto a massa asfáltica pode “andar” (esmagar, deformar) sob ação cisalhante sem se romper. É a medida da elasticidade da massa.

Se uma massa asfáltica “andar” muito, acarretará esmagamento da mistura e em consequência, ondulação à pista. É inconveniente também que a massa asfáltica “ande” pouco, pois ao sofrer ação de elevado carregamento, sem capacidade de mover-se, pode trincar. Pode ser definida como a deformação sofrida pela mistura compactada quando submetida a uma tensão constante, conforme o Edital de licitação 2014.

De acordo com (ROHDE, 2007), Asphalt Institute considera os seguintes parâmetros para as dosagens de misturas asfálticas:

- granulometria;
- densidade aparente da mistura;
- densidade máxima teórica da mistura;
- porcentagem de volume vazio (vv);
- porcentagem de vazios do agregado mineral (vam);
- relação betume vazios (rbv);
- estabilidade (e);
- fluência (f).

Com base em normas, caracteriza-se alguns desses parâmetros de dosagem:

- **Granulometria**

A granulometria do agregado é uma das características que asseguram estabilidade aos pavimentos, em consequência do maior atrito interno obtido por entrosamento das partículas, desde a mais graúda à mais fina.

O ensaio de granulometria é normatizado pelo ensaio DNER-ME 083/98, executado para determinar as características granulométricas dos agregados graúdo, miúdo e material de enchimento.

- **Porcentagem do volume de vazios**

Volume total de ar existente entre as partículas de agregados recobertos por cimento asfáltico em uma mistura compactada em relação ao volume total da mistura.

- **Porcentagem de vazios do agregado mineral**

Porcentagem do volume do espaço intergranular de uma mistura asfáltica compactada, que inclui o volume de ar e de asfalto em relação ao volume total da mistura.

- **Relação betume vazios**
Porcentagem de volume de VAM que é preenchido com cimento asfáltico.

- **Estabilidade**
Carga sob a qual o corpo-de-prova rompe quando submetido à compressão radial semiconfinada.

- **Fluência**
Deformação total que a amostra sofre até o momento da ruptura,

- **Abrasão Los Angeles**
Segunda DNER-ME 035/98 este método de ensaio é o desgaste sofrido pelo agregado, quando colocado na máquina “Los Angeles” juntamente com uma carga abrasiva, submetido a um determinado número de revoluções desta máquina à velocidade de 30 rpm a 33 rpm. O desgaste é convencionalmente expresso pela porcentagem, em peso do material, que passa após ensaio, pela peneira de malha quadrada de 1,7 mm.
A NBR NM 51/2001 é uma norma atualizada, e assim como o DNER, estabelece o método de ensaio de abrasão de agregados graúdos usando a máquina "Los Angeles".

- **Adesividade**
O ensaio de adesividade é normatizado pelo método DNER-ME 078/94 e tem como objetivo analisar se o CAP terá capacidade de se envolver ao agregado, sem a necessidade de adicionar outro material que melhore a adesividade (Filer ou DOPE).

- **Densidade do agregado**
Segundo a norma DNER-ME 081/98 densidade real e aparente são classificadas como:
a) densidade real: razão entre peso, ao vácuo, da umidade de volume de um material, a uma determinada temperatura, e o peso, ao vácuo, da massa de igual volume de água destilada, livre de gases, à mesma temperatura.
b) densidade aparente: razão entre o peso, ao ar, da umidade de volume de um agregado (porção impermeável), a uma dada temperatura, e o peso, ao ar da massa de igual volume de água destilada, livre de gases, à mesma temperatura.

Os limites recomendados para estabilidade (E), fluência (F), volume de vazios (V_v) e relação betume vazios (RBV) são apresentados na Tabela 2. Segundo o DNIT (2006) a estabilidade para corpos-de-prova moldados com 75 golpes em cada face deve ser superior a 500 Kgf. Esta norma ainda estabelece valores de parâmetros mecânicos, por exemplo, estabilidade Marshall mínima, quantidade de golpes para compactação de corpos-de-prova, resistências e demais critérios a serem analisados.

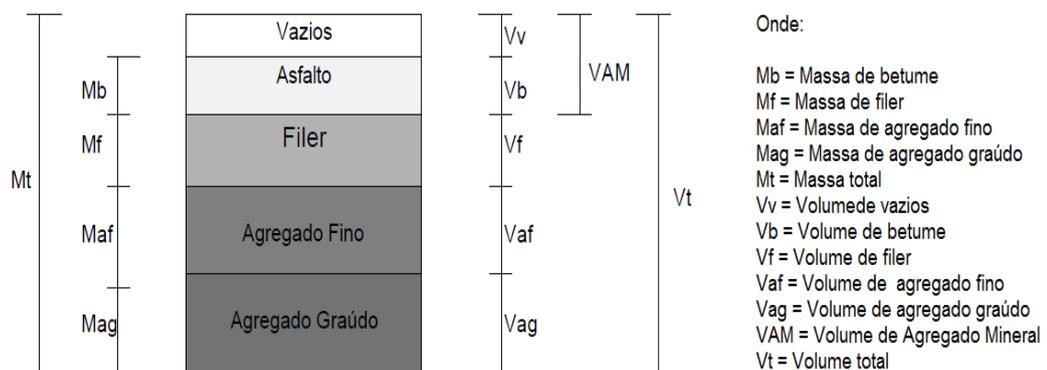
Tabela 2 - Critérios estabelecidos para porcentagem de vazios (% V_v) e relação betume vazio (RBV), e valores para estabilidade e fluência

Características	Método de ensaio	Camada de Rolamento (Faixa C)	Camada de Ligação (Binder)
Porcentagem de vazios, %	DNER-ME 043	3 a 5	4 a 6
Relação betume/vazios	DNER-ME 043	75 – 82	65 – 72
Estabilidade, mínima (Kgf) (75 golpes)	DNER-ME 043	500	500
Resistência à Tração por compressão Diametra estática a 25°C, mínima, MPa	DNER-ME 138	0,65	0,65

Fonte: ES-031 DNIT (2006)

A Figura 7 mostra o esquema de representação de uma mistura de concreto asfáltico.

Figura 7 - Constituição da Mistura Asfáltica



Fonte: MARQUES (2007)

3 METODOLOGIA

Para que sejam executados os serviços de forma adequada, atendendo as especificações necessárias, devem ser utilizados no mínimo os seguintes equipamentos:

- Depósito para ligante asfáltico ou Reservatório de CAP (Figura 8);

Figura 8 - Depósito para ligante asfáltico (reservatório de CAP)



Fonte: Próprio Autor, (2015)

- Silos para agregados;
- Usina para mistura asfáltica;
- Caminhões basculantes para o transporte da mistura;
- Equipamento para espalhamento e acabamento;
- Equipamento para compactação.

3.1 USINA DE ASFALTO - PROCESSO EXECUTIVO

O sistema da usina é computadorizado, dotado de balanças que permitem uma maior precisão em relação à quantidade necessária de materiais a serem dosados para a mistura. De dentro de uma "torre de controle", um operador comanda toda a execução do equipamento controlando para que sejam dosados corretamente os materiais durante o processo, resultando uma mistura asfáltica à quente que comporte a especificação 031/2006 exigida pelo DNIT.

O processo é iniciado na pré-dosagem, os silos, representados pela Figura 9, armazenam e dosam os agregados individualmente na proporção indicada no sistema de controle.

Figura 9 - Silos de armazenamento de agregados e torre de controle.



Fonte: Próprio Autor, (2015)

Os agregados dosados entram em um secador (Figura 10), onde passam por um processo de secagem para eliminação da água naturalmente contida e aquecimento para alcançar a correta temperatura de mistura com o ligante (de 150°C a 190°C, variável de acordo com o tipo de mistura e ligante).

Figura 10 - Secador



Fonte: Próprio Autor, (2015)

Uma vez secos e aquecidos, os agregados alcançam o misturador externo. Os materiais (fino e pó) são retidos paralelamente pelo filtro de mangas, demonstrado na Figura 11, para que seja feita separação dos materiais de maior e menor granulometria dos materiais (os retidos e os passados na peneira 200), que resulta em maior aproveitamento do material dosado, resultando uma mistura final adequada.

Figura 11 - Filtro de mangas



Fonte: Próprio Autor, (2015)

Ao mesmo tempo, o sistema de dosagem de CAP injeta este ligante diretamente no misturador sobre os agregados secos e quentes.

Os agregados e o CAP são homogeneizados pelo misturador, tendo como resultado a mistura asfáltica a quente, usualmente conhecida como CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente). Através de um elevador (Figura 12), esta mistura é descarregada em um caminhão que a transportará para o local de aplicação.

Figura 12 - Elevador de descarga da mistura.



Fonte: Próprio Autor, (2014)

3.2 USINA DE ASFALTO - ENSAIOS LABORATORIAIS

Todos os materiais utilizados na fabricação de Concreto Asfáltico devem ser examinados em laboratório, obedecendo a metodologia indicada pelo DNIT, e satisfazer às especificações em vigor.

De acordo com DNIT 031/2006-ES, o controle da qualidade dos agregados consta do seguinte:

- Ensaios eventuais

Somente quando houver dúvidas ou variações quanto à origem e natureza dos materiais.

- ensaio de desgaste Los Angeles (DNER-ME 035);
- ensaio de adesividade (DNER-ME 078). Se o concreto asfáltico contiver dope também devem ser executados os ensaios de RTFOT (ASTM D-2872) ou ECA (ASTM-D-1754) e de degradação produzida pela umidade (AASHTO-283/89 e DNER-ME 138);
- ensaio de índice de forma do agregado graúdo (DNER-ME 086);

- Ensaios de rotina
 - 02 ensaios de granulometria do agregado, de cada silo quente, por jornada de 8 horas de trabalho(DNER-ME 083);
 - 01 ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo, por jornada de 8 horas de trabalho (DNER-ME 054);
 - 01 ensaio de granulometria do material de enchimento (filer), por jornada de 8 horas de trabalho (DNER-ME 083).

Quanto ao controle da qualidade do cimento asfáltico o DNIT ressalta que são necessários:

- 01 ensaio de penetração a 25°C (DNER-ME 003), para todo carregamento que chegar à obra;
- 01 ensaio do ponto de fulgor, para todo carregamento que chegar à obra (DNER-ME 148);
- 01 índice de susceptibilidade térmica para cada 100t, determinado pelos ensaios DNER-ME 003 e NBR 6560;
- 01 ensaio de espuma, para todo carregamento que chegar à obra;
- 01 ensaio de viscosidade “Saybolt-Furol” (NBR 14950 e DNER-ME 004), para todo carregamento que chegar à obra;
- 01 ensaio de viscosidade “Saybolt-Furol” (NBR 14950 e DNER-ME 004) a diferentes temperaturas, para o estabelecimento da curva viscosidade x temperatura, para cada 100t.

4 ESTUDO DE CASO

A pesquisa foi realizada em um ambiente onde a cada dia o crescimento da produção está mais próximo e frequente, o que faz com o volume do tráfego na rodovia aumente gradativamente, levando ao maior volume do tráfego.

Com esse aumento faz necessária a duplicação de algumas rodovias, pois a pista como consequência ganha inúmeros danos, o que a torna insegura, com o desgaste nos pavimentos, gerando assim, condições de tráfego péssimas.

A GO-080 liga várias cidades do interior à capital do estado, o que faz com que seja uma via bastante movimentada. Com a duplicação, além do fácil acesso entre seus municípios, o trânsito será beneficiado também, com mais segurança e rapidez até a capital, com ela o pavimento se desgastará menos, pois será distribuída a movimentação dos veículos.

Utilizada em grande número pelos motoristas do transporte de cargas que saem da região sul com sentido ao norte do país, como uma rota alternativa à BR-153, por economizar na distância, a GO-080, ao receber a segunda pista e estando concluída, permitirá que o escoamento de produção tenha mais fluidez pelos seus 63,3 quilômetros de extensão. (AGETOP, 2014).

Neste capítulo será apresentado um estudo de caso de uma obra no trecho da rodovia GO-080, entre a cidade de Nerópolis e a BR-153, no interior do Estado de Goiás, que produziu seu concreto asfáltico seguindo o padrão exigido pelas normas vigentes do DNIT.

A obra iniciou no dia 12 de março de 2014 e possuirá 63 km's de extensão. Os ensaios Marshall iniciaram em 28 de setembro de 2014. Estes foram verificados por meio de análises realizadas em laboratório específico localizado in loco.

Para esse estudo foi utilizado o ensaio Marshall seguindo a metodologia descrita pelo DNER-ME/043-95 com o intuito de verificar se as misturas betuminosas de CBUQ realizadas na obra apresentam diferenças em seus resultados em relação ao recomendado pelas normas.

4.1 ENSAIOS REALIZADOS

Os dados a serem analisados foram coletados através de ensaios de:

- Abrasão Los Angeles;
- Adesividade;

- Densidade Real;
- Granulometria;
- Composição.

Após a obtenção desses resultados, foram moldados os corpos de prova para realização do ensaio Marshall, para determinação das grandezas estabilidade e fluência dos corpos de prova. A partir da produção dos corpos de prova também foram estabelecidas algumas relações como:

- Porcentagem do volume de vazios (Vv);
- Estabilidade (E);
- Porcentagem de vazios do agregado mineral (VAM);
- Fluência (F);
- Relação betume vazios (RBV);
- Densidade aparente da mistura;
- Densidade máxima teórica da mistura.

4.1.1 Abrasão Los Angeles

O método de ensaio abrasão recomenda que o desgaste sofrido seja de no máximo 50% para se obter um resultado satisfatório, e de acordo com os ensaios o resultado foi de 10,7%. O mesmo é executado pela Pedreira Campo Limpo situada às margens da GO-330 na zona rural da Fazenda João Leite município de Campo Limpo de Goiás.

4.1.2 Adesividade

No ensaio de adesividade não houve o deslocamento da película ligante ao agregado graúdo (Brita 1), obtendo adesividade satisfatória, mostrando que não há necessidade de empregar o melhorador de adesividade. Os resultados fornecidos a empresa pela pedreira fornecedora dos agregados são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Adesividade de CAP 50/70 Agregado Graúdo (Brita 1) da Faixa C.

Dosagens	CAP 50/70 PURO (Sem Aditivo)	CAP + Polímero	CAP + Dope
Cápsula n°.	25	31	
Peso da Cápsula (g)	113,7	109,7	
Peso do Material (g)	500,0	500,0	
Peso da Cápsula + Material (g)	613,7	609,7	
Peso do CAP (g)	17,5	17,5	
Peso Total (g)	631,2	627,2	
72h / 40 °C = % de Recobrimento	100%	100%	
Resultado da Adesividade	Satisfatório	-	-

Fonte: Próprio Autor (2015)

4.1.3 Densidade real do agregado

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados médios de densidade real, nota-se uma variação muito pequena entre os resultados obtidos.

Tabela 4 - Ensaio de densidade real do agregado

DENSIDADE REAL	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3
Peso do cesto vazio (AR)	202,50	202,50	202,50
Peso do cesto + amostra seca (AR)	1153,60	1134,50	1144,60
Peso do cesto imerso (ÁGUA)	176,80	176,80	176,80
Peso do cesto imerso + amostra (ÁGUA)	772,20	760,00	766,70
Peso do cesto + amostra úmida (AR)	1162,20	1143,40	1153,60
DENSIDADE REAL	2,674	2,672	2,675
Densidade Aparente	2,611	2,606	2,608

Fonte: Próprio Autor (2015)

4.1.4 Granulometria

Os resultados obtidos no ensaio de granulometria indicam que o pó, a brita 0 e a brita 1 apresentam variações, satisfazendo o Método de Ensaio DNER-083/98, que normatiza o ensaio de granulometria. Para realização do ensaio inicialmente foram calculadas as quantidades de cada material a serem utilizadas por corpo de prova. O traço foi estabelecido para a mistura de três agregados.

- a) brita 1 - 12,0%;
- b) brita 0 - 38,0%;
- c) pó - 50,0%.

Os resultados dos ensaios executados estão representados nas Tabelas 5, 6 e 7.

Tabela 5- Análise granulométrica de brita 1.

Peneiras		M A T E R I A L R E T I D O									
mm	pol	Peso (g)	% Ret.	% Acum.	% Pass.	Peso (g)	% Ret.	% Acum.	% Pass.	Média	Faixa
50,8	2"	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	
38,1	1 1/2 "	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	
25,4	1"	0,0	0,00	0,0	100,0	0,0	0,00	0,0	100,0	100,0	
19,0	3/4"	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	
12,7	1/2	550,1	48,9	48,9	51	550,1	48,9	48,9	51,1	51,1	
9,5	3/8	536,9	47,7	47,7	52,3	536,9	47,7	47,7	52,3	52,3	
4,76	4	38,0	3,4	51,1	48,9	38,0	3,4	51,1	48,9	48,9	
2,0	10	0,0	0,0	51,1	48,9	0,0	0,0	51,1	48,9	48,9	
0,42	40	0,1	0,0	51,1	48,9	0,1	0,0	51,1	48,9	48,9	
0,18	80	0,1	0,0	51,1	48,9	0,1	0,0	51,1	48,9	48,9	
0,074	200	0,3	0,0	51,1	48,9	0,3	0,0	51,1	48,9	48,9	
Prato		0,6	0,1	51,1	48,9	0,6	0,1	51,1	48,9	48,9	
Total		1126,1				1126,1				0,0	

Fonte: Goiás Construtora (2014)

Tabela 6 - Análise granulométrica de brita 0.

Peneiras		MATERIAL RETIDO										
mm	pol	Peso (g)	% Ret.	% Acum.	% Pass.	Peso (g)	% Ret.	% Acum.	% Pass.	Média	Faixa	
50,8	2"	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0		
38,1	1 1/2 "	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0		
25,4	1"	0,0	0,00	0,0	100,0	0,0	0,00	0,0	100,0	100,0		
19,0	3/4"	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0		
12,7	1/2	7,8	0,8	0,8	99,2	0,0	0,0	0,0	100,0	99,6		
9,5	3/8	261,6	26,3	26,3	73,7	314,8	32,1	32,1	67,9	70,8		
4,76	4	700,0	70,4	96,7	3,3	648,1	66,1	98,2	1,8	2,5		
2,0	10	21,1	2,1	98,8	1,2	15,0	1,5	99,8	0,2	0,7		
0,42	40	0,4	0,0	98,9	1,1	0,4	0,0	99,8	0,2	0,7		
0,18	80	0,4	0,0	98,9	1,1	0,4	0,0	99,8	0,2	0,6		
0,074	200	1,0	0,1	99,0	1,0	0,3	0,0	99,9	0,1	0,6		
Prato		2,1	0,2	99,2	0,8	1,2	0,1	100,0	0,0	0,4		
Total		994,4				980,2				0,0		

Fonte: Goiás Construtora (2014)

Tabela 7 - Análise granulométrica de pó pedrisco.

Peneiras		M A T E R I A L R E T I D O									
mm	pol	Peso (g)	% Ret.	% Acum.	% Pass.	Peso (g)	% Ret.	% Acum.	% Pass.	Média	Faixa
50,8	2"	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	
38,1	1 1/2 "	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	
25,4	1"	0,0	0,00	0,0	100,0	0,0	0,00	0,0	100,0	100,0	
19,0	3/4"	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	
12,7	1/2	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	
9,5	3/8	0,0	0,0	0,0	100,0	1,4	0,1	0,1	99,9	99,9	
4,76	4	26,2	2,8	2,8	97,2	28,1	2,9	3,0	97,0	97,1	
2,0	10	332,5	35,0	37,8	62,2	396,1	40,2	43,2	56,8	59,5	
0,42	40	308,9	32,6	70,3	29,7	293,0	29,7	72,9	27,1	28,4	
0,18	80	82,8	8,7	79,1	20,9	77,5	7,9	80,8	19,2	20,1	
0,074	200	87,3	9,2	88,3	11,7	83,2	8,4	89,2	10,8	11,2	
Prato		111,3	11,7	100,0	0,0	106,1	10,8	100,0	0,0	0,0	
Total		949,0				985,4					

Fonte: Goiás Construtora (2014)

Com base nas análises de granulometria dos agregados é feita a composição, esta deve satisfazer aos requisitos apresentados, na figura 07 deste trabalho, com as respectivas

tolerâncias no que diz respeito à granulometria (DNER-ME 083) e aos percentuais do ligante asfáltico determinados pelo projeto da mistura. Seus resultados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Análises granulométricas dos agregados.

Abert. mm	Peneiras pol.	Brita 1	Brita 0	Pó
25,4	1''	100,0	100,0	100,0
19,05	3/4''	100,0	100,0	100,0
12,7	1/2	6,2	100,0	100,0
9,50	3/8''	0,3	70,4	100,0
4,75	4	0,0	1,9	100,0
2,00	10	0,0	0,3	59,3
0,42	40	0,0	0,1	28,3
0,18	80	0,0	0,1	20,0
0,074	200	0,0	0,1	11,3

Fonte: Goiás Construtora (2014)

4.2 CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova foram moldados de acordo com a norma DNER-ME 043/95, onde são estabelecidas as suas características, dimensões e parâmetros.

Na moldagem dos “CPs” foi utilizado CAP 50/70 e foram moldados 05 séries de três corpos de prova conforme apresentado no Tabela 9, variando de 0,5% para cada teor de betume. Foram aplicados 75 golpes por face para cada corpo de prova, conforme o método Marshall.

Tabela 9 - Relação da moldagem dos Corpos de Prova.

Série	% CAP	Peso da mistura
01	4,0	1200
02	4,5	1200
03	5,0	1200
04	5,5	1200
05	6,0	1200

Fonte: Próprio Autor, (2015)

4.2.1 Moldagem dos CPs

Os corpos de prova foram moldados de acordo com a metodologia de ensaio DNER-ME 043-95, os ligantes foram aquecidos com temperaturas variando entre 170°C e 177°C, enquanto que os agregados eram aquecidos à temperatura de 140°C, depois de se ter

alcançado a temperatura adequada é feita a mistura do ligante aos agregados. Feita a mistura esta é então colocada em um molde onde são aplicados 75 golpes por face, depois da compactação os corpos de prova foram deixados em repouso por 12h em temperatura ambiente, após o resfriamento foi utilizado um extrator para remover os corpos de provas dos moldes.

Passados esse tempo, os corpos de prova são então colocados na estufa com temperatura controlada de 60°C por 2 horas. Esses corpos de prova são retirados e então é feito o ensaio Marshall, onde é lida a estabilidade e fluência do corpo de prova analisado.

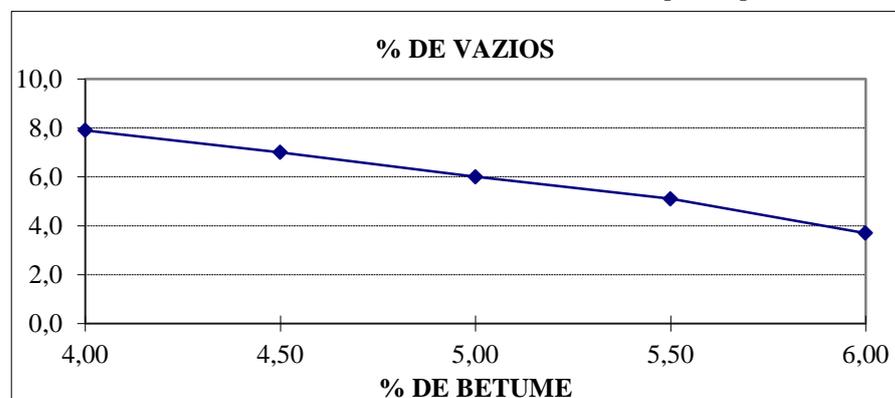
4.2.2 Resultados

Através dos diversos ensaios realizados para determinação das características do agregado a ser utilizado, através do Método Marshall, os resultados foram verificados através de comparação, quanto a sua adequação a norma DNIT ES-031 (2006), que regulamenta a fabricação de pavimentos flexíveis, e as demais especificações de serviço recomendadas pelo DNIT, para pavimentação com utilização de concreto asfáltico quente e para dosagens Marshall.

Os resultados obtido nos ensaios são apresentados por gráficos, demonstrando o teor médio ótimo encontrado para cada ensaio, em relação as 5 variações quanto ao teor de betume.

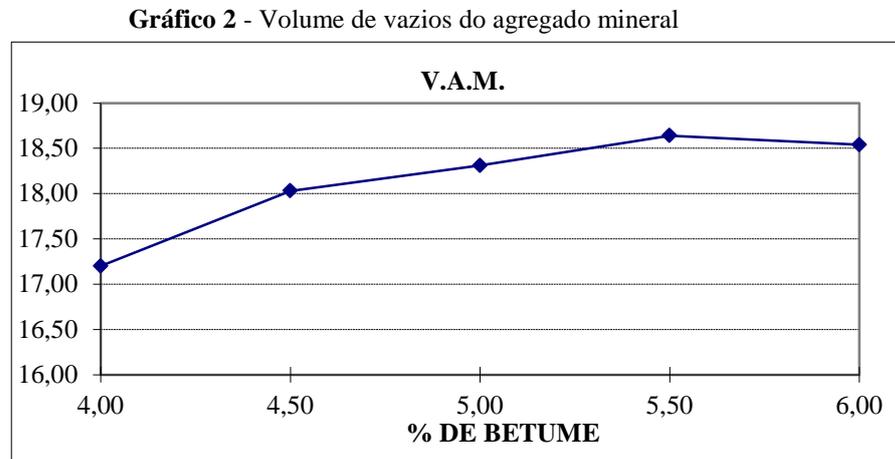
- Porcentagem do volume de vazios (Vv): O gráfico 1, apresenta os resultados obtidos no ensaio que define a quantidade de ar existente entre as partículas de agregados em uma mistura compactada em relação ao volume total da mistura.

Gráfico 1 - Volume de vazios dos corpos de prova



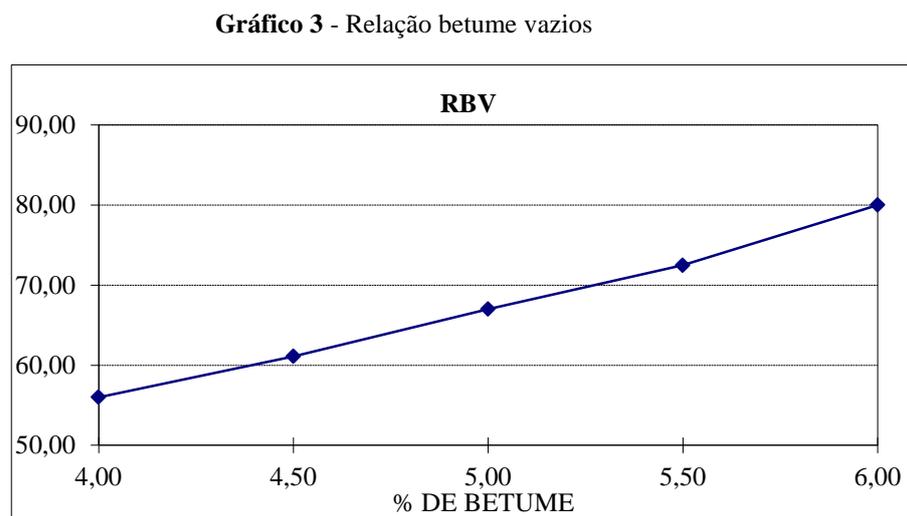
Fonte: Próprio Autor (2015)

- Porcentagem de vazios do agregado mineral (VAM): No gráfico 2 estão expressos os valores encontrados no ensaio de Volume de Vazios do Agregado Mineral, que inclui o volume de ar e de asfalto em relação ao volume total da mistura.



Fonte: Próprio Autor (2015)

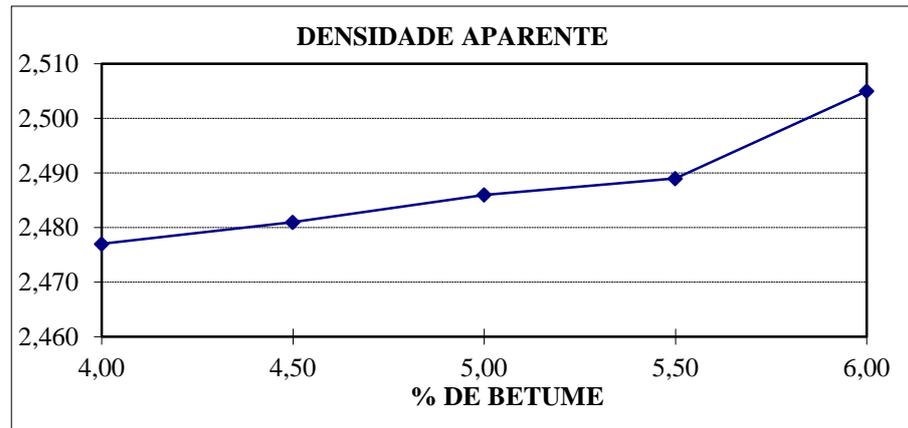
- Relação betume vazios (RBV): porcentagem de volume de VAM que é preenchido com cimento asfáltico. DNIT 031/2006 recomenda valores entre 75 e 82 %, com relação a essa recomendação se enquadraram nesses valores, a utilização com teor médio de CAP de 5,5 e 6,0%, conforme expressos no Gráfico 3



Fonte: Próprio Autor (2015)

- Densidade aparente da mistura: os resultados expressos no Gráfico 4, consideram os vazios com ar.

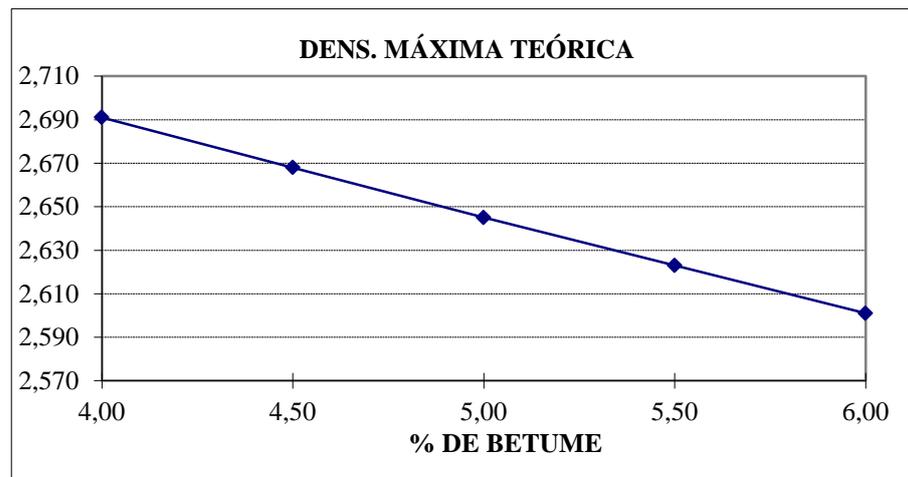
Gráfico 4 - Densidade Aparente



Fonte: Próprio Autor (2015)

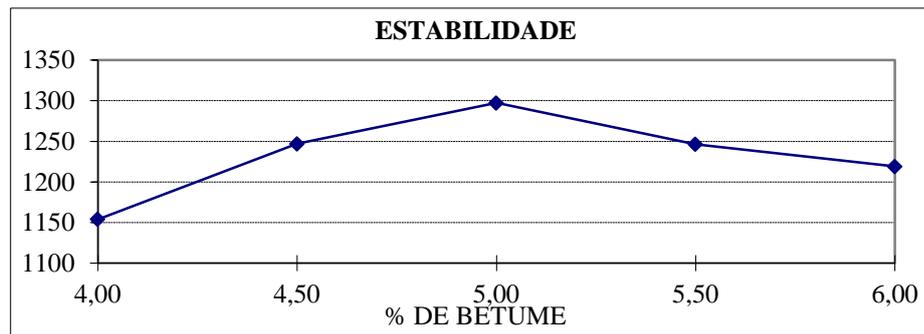
- Densidade máxima teórica da mistura: é suposta sem vazios, os resultados dos ensaios são expressos pelo Gráfico 5.

Gráfico 5 - Densidade máxima teórica



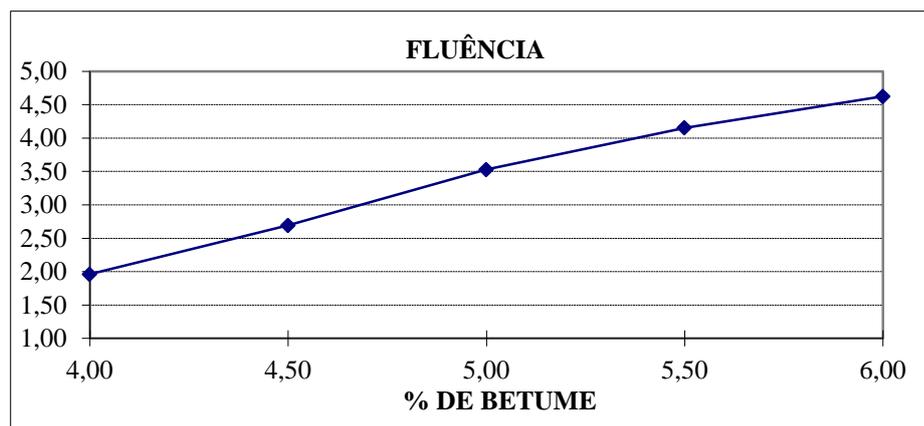
Fonte: Próprio Autor (2015)

- Estabilidade (E): Os resultados da estabilidade ensaiada, que é a carga sob a qual o corpo-de-prova rompe quando submetido à compressão, é representado através do Gráfico 6,

Gráfico 6 – Estabilidade

Fonte: Próprio Autor (2015)

- Fluência (F): o gráfico 7 demonstra os resultados da deformação total que a amostra sofre até o momento da ruptura.

Gráfico 7 – Fluência

Fonte: Próprio Autor (2015)

Nas tabelas 10,11, 12, 13 e 14 são apresentados os dados por corpos de prova, extraídos a partir do Ensaio Marshall.

Tabela 10 - Ensaio Marshall - Série 01

(continua)

ENSAIO		DISCRIMINAÇÃO	CÁLCULO	UNID.	1	2	3	MÉDIA	ESPECIFICAÇÃO
DENSIDADE APARENTE	A	PESO NO AR	-	g	1156,8	1179,1	1164,8		
	B	PESO NA ÁGUA	-	g	687,9	704,6	695,1		
	C	VOLUME	A - B	cm ³	468,9	474,5	469,7		
	D	DENS. APARENTE	A / C	g/cm ³	2,467	2,485	2,480	2,477	
ESTABILIDADE OU RESISTÊNCIA	E	ALTURA	-	cm					
	F	LEITURA	-	-	520	505	515		
	G	ESTAB. LIDA	F x Const. Prensa	-	1073	1042	1062		
	H	FATOR CORREÇÃO	-	N	1,09	1,09	1,09		
	I	ESTAB. CORRIGIDA	G x Fator Corr.	N	1169	1136	1158	1154	Mínimo 500
FLUÊNCIA	J	LEITURA FINAL	-	-	2,98	3,67	3,87		
	K	LEITURA INICIAL	-	-	1,32	1,43	1,89		
	L	FLUÊNCIA	I - J	mm	1,7	2,2	2,0	2,0	2,0 - 4,5
PORCENTAGEM DE VÁZIOS	M	P.A. MÁX. TEOR	-	g/cm ³	2,691			Dm=	
	N	P. APARENTE	-	g/cm ³	2,477				
	O	DIFERENÇA	M - N	g/cm ³	214				
	P	VÁZIOS	(O/M) * 100	%	7,9			7,9	4 - 6
RELAÇÃO BETUME VÁZIOS	Q	V.C.B.	% Bet * N/Dens Lg	-	9,78				
	R	V.A.M.	P + Q	-	17,72				
	S	R.B.V.	(Q/R) * 100	%	55,19			55,2	65 - 72
EXTRAÇÃO DE BETUME		Nº DA AMOSTRA	-						
		P.A. TOTAL + BET.	-	g					
		PESO AGREGADO	-	g					
		PESO BETUME	-	g					
		TEOR BETUME	-	%					

Tabela 10 - Ensaio Marshall - Série 01

(conclusão)

MATERIAIS		% DA MISTURA	% FINAL	DENSIDADE REAL	% Dr	MÁXIMA DENSIDADE TEÓRICA DA MISTURA	
MISTURA	> N° 4	50,4	48,38	2,909	16,63		
MISTURA	< N° 4	49,6	47,62	2,872	16,58	Dm = 100/S	
MISTURA	< N° 200						
						Dm =	2,691
LIGANTE - CAP 50/70			4,0	1,013	3,95		
						CONSTANTE DA PRENSA:	
SOMATÓRIO DE % / Dr (S)					37,16	2,0629	L

Fonte: Próprio Autor (2015)

Tabela 11 - Ensaio Marshall - Série 02

(continua)

ENSAIO		DISCRIMINAÇÃO	CÁLCULO	UNID.	4	5	6	MÉDIA	ESPECIFICAÇÃO
DENSIDADE APARENTE	A	PESO NO AR	-	G	1154,6	1163,2	1176,1		
	B	PESO NA ÁGUA	-	G	689,2	693,8	702,6		
	C	VOLUME	A - B	cm ³	465,4	469,4	473,5		
	D	DENS. APARENTE	A / C	g/cm ³	2,481	2,478	2,484	2,481	
ESTABILIDADE OU RESISTÊNCIA	E	ALTURA	-	Cm					
	F	LEITURA	-	-	540	530	545		
	G	ESTAB. LIDA	F x Const. Prensa	-	1114	1093	1124		
	H	FATOR CORREÇÃO	-	N	1,09	1,14	1,14		
	I	ESTAB. CORRIGIDA	G x Fator Corr.	N	1214	1246	1282	1247	Mínimo 500
FLUÊNCIA	J	LEITURA FINAL	-	-	3,97	4,26	4,09		
	K	LEITURA INICIAL	-	-	1,45	1,42	1,37		
	L	FLUÊNCIA	I - J	Mm	2,5	2,8	2,7	2,7	2,0 - 4,5
PORCENTAGEM DE VÁZIOS	M	P.A. MÁX. TEOR	-	g/cm ³	2,668			Dm=	
	N	P. APARENTE	-	g/cm ³	2,481				
	O	DIFERENÇA	M - N	g/cm ³	187				
	P	VÁZIOS	(O/M) * 100	%	7,0			7,0	4 - 6
RELAÇÃO BETUME VÁZIOS	Q	V.C.B.	% Bet * N/Dens Lg	-	11,02				
	R	V.A.M.	P + Q	-	18,03				
	S	R.B.V.	(Q/R) * 100	%	61,12			61,1	65 - 72
EXTRAÇÃO DE BETUME		Nº DA AMOSTRA	-						
		P.A. TOTAL + BET.	-	G					
		PESO AGREGADO	-	G					
		PESO BETUME	-	G					
		TEOR BETUME	-	%					

Tabela 11 - Ensaio Marshall - Série 02

(conclusão)

MATERIAIS		% NA MISTURA		DENSIDADE REAL		% Dr	MÁXIMA DENSIDADE TEÓRICA DA MISTURA	
MISTURA	> N° 4	50,4	48,13	2,909		16,55		
MISTURA	< N° 4	49,6	47,37	2,872		16,49	Dm = 100/S	
MISTURA	< N° 200							
							Dm =	2,668
LIGANTE - CAP 50/70			4,5	1,013		4,44		
							CONSTANTE DA PRENSA:	
SOMATÓRIO DE % / Dr (S)						37,48	2,0629	L

Fonte: Próprio Autor (2015)

Tabela 12 - Ensaio Marshall - Série 03

(continua)

ENSAIO		DISCRIMINAÇÃO	CÁLCULO	UNID.	7	8	9	MÉDIA	ESPECIFICAÇÃO
DENSIDADE APARENTE	A	PESO NO AR	-	g	1147,6	1151,4	1180,0		
	B	PESO NA ÁGUA	-	g	686,9	688,6	703,8		
	C	VOLUME	A - B	cm ³	460,7	462,8	476,2		
	D	DENS. APARENTE	A / C	g/cm ³	2,491	2,488	2,478	2,486	
ESTABILIDADE OU RESISTÊNCIA	E	ALTURA	-	cm					
	F	LEITURA	-	-	545	560	550		
	G	ESTAB. LIDA	F x Const. Prensa	-	1124	1155	1135		
	H	FATOR CORREÇÃO	-	N	1,14	1,14	1,14		
	I	ESTAB. CORRIGIDA	G x Fator Corr.	N	1282	1317	1293	1297	Mínimo 500
FLUÊNCIA	J	LEITURA FINAL	-	-	4,98	5,47	5,92		
	K	LEITURA INICIAL	-	-	1,77	1,68	2,33		
	L	FLUÊNCIA	I - J	mm	3,2	3,8	3,6	3,5	2,0 - 4,5
PORCENTAGEM DE VÁZIOS	M	P.A. MÁX. TEOR	-	g/cm ³	2,645			Dm=	
	N	P. APARENTE	-	g/cm ³	2,486				
	O	DIFERENÇA	M - N	g/cm ³	159,8				
	P	VÁZIOS	(O/M) * 100	%	6,0			6,0	4 - 6
RELAÇÃO BETUME VÁZIOS	Q	V.C.B.	% Bet * N/Dens Lg	-	12,27				
	R	V.A.M.	P + Q	-	18,31				
	S	R.B.V.	(Q/R) * 100	%	67,01			67,0	65 - 72
EXTRAÇÃO DE BETUME		Nº DA AMOSTRA	-						
		P.A. TOTAL + BET.	-	g					
		PESO AGREGADO	-	g					
		PESO BETUME	-	g					
		TEOR BETUME	-	%					

Quadro 10 - Ensaio Marshall - Série 03

MATERIAIS		% NA MISTURA		DENSIDADE REAL		% Dr	MÁXIMA DENSIDADE TEÓRICA DA MISTURA	
MISTURA	> N° 4	50,4	47,88	2,909		16,46		
MISTURA	< N° 4	49,6	47,12	2,872		16,41	Dm = 100/S	
MISTURA	< N° 200							
				2,623			Dm =	2,645
LIGANTE - CAP 50/70			5,0	1,013		4,94		
							CONSTANTE DA PRENSA:	
SOMATÓRIO DE % / Dr (S)						37,80	2,0629	L

Fonte: Próprio Autor (2015)

Quadro 11 - Ensaio Marshall - Série 04

ENSAIO		DISCRIMINAÇÃO	CÁLCULO	UNID.	10	11	12	MÉDIA	ESPECIFICAÇÃO
DENSIDADE APARENTE	A	PESO NO AR	-	g	1144,0	1148,3	1135,0		
	B	PESO NA ÁGUA	-	g	683,8	687,5	678,8		
	C	VOLUME	A - B	cm ³	460,2	460,8	456,2		
	D	DENS. APARENTE	A / C	g/cm ³	2,486	2,492	2,488	2,489	
ESTABILIDADE OU RESISTÊNCIA	E	ALTURA	-	cm					
	F	LEITURA	-	-	520	540	530		
	G	ESTAB. LIDA	F x Const. Prensa	-	1073	1114	1093		
	H	FATOR CORREÇÃO	-	N	1,14	1,14	1,14		
	I	ESTAB. CORRIGIDA	G x Fator Corr.	N	1223	1270	1246	1246	Mínimo 500
FLUÊNCIA	J	LEITURA FINAL	-	-	5,83	5,7	5,53		
	K	LEITURA INICIAL	-	-	1,59	1,27	1,74		
	L	FLUÊNCIA	I - J	mm	4,2	4,4	3,8	4,2	2,0 - 4,5
PORCENTAGEM DE VÁZIOS	M	P.A. MÁX. TEOR	-	g/cm ³	2,623			Dm=	
	N	P. APARENTE	-	g/cm ³	2,489				
	O	DIFERENÇA	M - N	g/cm ³	134,53				
	P	VÁZIOS	(O/M) * 100	%	5,1			5,1	4 - 6
RELAÇÃO BETUME VÁZIOS	Q	V.C.B.	% Bet * N/Dens Lg	-	13,51				
	R	V.A.M.	P + Q	-	18,64				
	S	R.B.V.	(Q/R) * 100	%	72,49			72,5	65 - 72
EXTRAÇÃO DE BETUME		Nº DA AMOSTRA	-						
		P.A. TOTAL + BET.	-	g					
		PESO AGREGADO	-	g					
		PESO BETUME	-	g					
		TEOR BETUME	-	%					

Quadro 11 - Ensaio Marshall - Série 04

MATERIAIS		% NA MISTURA		DENSIDADE REAL		% Dr	MÁXIMA DENSIDADE TEÓRICA DA MISTURA	
MISTURA	> N° 4	50,4	47,63	2,909		16,37		
MISTURA	< N° 4	49,6	46,9	2,872		16,32	Dm = 100/S	
MISTURA	< N° 200							
							Dm =	2,623
LIGANTE - CAP 50/70			5,5	1,013		5,43		
							CONSTANTE DA PRENSA:	
SOMATÓRIO DE % / Dr (S)						38,12	2,0629	L

Fonte: Próprio Autor (2015)

Quadro 12 - Ensaio Marshall - Série 05

ENSAIO		DISCRIMINAÇÃO	CÁLCULO	UNID	13	14	15	MÉDIA	ESPECIFICAÇÃO
DENSIDADE APARENTE	A	PESO NO AR	-	g	1134,0	1146,0	1130,5		
	B	PESO NA ÁGUA	-	g	681,3	687,6	680,1		
	C	VOLUME	A - B	cm ³	452,7	458,4	450,4		
	D	DENS. APARENTE	A / C	g/cm ³	2,505	2,500	2,510	2,505	
ESTABILIDADE OU RESISTÊNCIA	E	ALTURA	-	cm					
	F	LEITURA	-	-	515	520	520		
	G	ESTAB. LIDA	F x Const. Prensa	-	1062	1073	1073		
	H	FATOR CORREÇÃO	-	N	1,14	1,14	1,14		
	I	ESTAB. CORRIGIDA	G x Fator Corr.	N	1211	1223	1223	1219	Mínimo 500
FLUÊNCIA	J	LEITURA FINAL	-	-	6,99	6,74	6,86		
	K	LEITURA INICIAL	-	-	2,33	2,12	2,27		
	L	FLUÊNCIA	I - J	mm	4,7	4,6	4,6	4,6	2,0 - 4,5
PORCENTAGEM DE VÁZIOS	M	P.A. MÁX. TEOR	-	g/cm ³	2,601			Dm=	
	N	P. APARENTE	-	g/cm ³	2,505				
	O	DIFERENÇA	M - N	g/cm ³	96,27				
	P	VÁZIOS	(O/M) * 100	%	3,7			3,7	4 - 6
RELAÇÃO BETUME VÁZIOS	Q	V.C.B.	% Bet * N/Dens Lg	-	14,84				
	R	V.A.M.	P + Q	-	18,54				
	S	R.B.V.	(Q/R) * 100	%	80,04			80,0	65 - 72
EXTRAÇÃO DE BETUME		Nº DA AMOSTRA	-						
		P.A. TOTAL + BET.	-	g					
		PESO AGREGADO	-	g					
		PESO BETUME	-	g					

Tabela 14 - Ensaio Marshall - Série 05

		TEOR BETUME	-	%				
MATERIAIS			% NA MISTURA		DENSIDADE REAL		% Dr	MÁXIMA DENSIDADE TEÓRICA DA MISTURA
MISTURA	> N° 4	50,4	47,38	2,909	16,29			
MISTURA	< N° 4	49,6	46,62	2,872	16,23	Dm = 100/S		
MISTURA	< N° 200							
						Dm =	2,601	
LIGANTE - CAP 50/70			6,0	1,013	5,92			
							CONSTANTE DA PRENSA:	
SOMATÓRIO DE % / Dr (S)						38,44	2,0629	L

Fonte: Próprio Autor (2015)

Os resultados encontrados e os valores especificados pelo DNIT são apresentados na Tabela 15, demonstrando que os ensaios feitos em laboratório estão enquadrados nas especificações de serviço 031/2006 do DNIT e as demais normas acompanhadas para a realização dos ensaios e comparação das análises.

Tabela 15 - Resultados e especificações do ensaio Marshall

PARÂMETROS BÁSICOS	UNIDADE	VALORES ENCONTRADOS	ESPECIFICAÇÕES
DENS. TEÓRICA	g/cm ³	2,606	-
DENS. APARENTE	g/cm ³	2,497	-
% DE VAZIOS	%	4,2	3 a 5
ESTABILIDADE	kg	1273	>500
V.A .M	%	15,63	-
R.B.V.	%	75,6	75 a 82
FLUÊNCIA	mm	3,6	2,0 a 4,5
TEOR DE CAP	%	5,2	4,5 - 9,0

Fonte: Próprio Autor (2015)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através de acompanhamento de ensaios, por meio de análises e comparações dos resultados, analisou-se que o concreto betuminoso usinado a quente da obra da GO - 080 produz seu asfalto seguindo todos os padrões exigidos pelo DNIT, conclui-se que o CBUQ é de boa qualidade e satisfaz as normas acompanhadas para a produção em usina e para as dosagens Marshall ensaiadas.

Este estudo foi direcionado para o comportamento do CBUQ quanto a adequação dos ensaios realizados às normas vigentes. Porém, como sugestão para trabalhos futuros propõe que seja feito um estudo que analise outros tipos de agregados característicos, variando suas porcentagens e analisando os resultados.

REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. T 283-89: **Resistance of compacted bituminous mixture to moisture induced damage**. Washington, D.C., 1986. v.2

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6560. Materiais betuminosos - Determinação do ponto de amolecimento - Método do anel e bola. Rio de Janeiro, 2008.

_____. NBR 14950. **Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade Saybolt Furol**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR NM 51. **Agregado graúdo - Ensaio de abrasão "Los Angeles"**. Rio de Janeiro, 2001.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 1754: **Effect of heat and air on asphaltic materials**. Philadelphia, 1978.

_____. ASTM D 2872: **Effect of heat and air on a moving film of asphalt**. Philadelphia, 1978.

AGETOP, Agência Goiana de Transportes e Obras, Disponível em: <<http://www.agetop.go.gov.br/post/ver/185379/duplicacao-da-go-080-com-obras-avancadas2>> Acesso, 19 de abril de 2015.

_____. AGETOP 01/2002 – ES: **Especificações gerais para obras rodoviárias**, Goiânia, 2002.

ANDRADE, Mário Henrique Furtado. **Revestimentos Flexíveis – Parte I Misturas Asfálticas – Concreto Betuminoso Usinado à Quente**, Universidade Federal do Paraná, (UFPR), Curitiba, 2010.

BERNUCCI, L.; MOTTA, L.; CERATTI, J.; SOARES, J. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2006.

DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Agregados - Determinação da Abrasão "Los Angeles"**, DNER-ME 035/98, Rio de Janeiro, 1998.

_____. DNER-ME 003/99: **Material asfáltico – determinação da penetração: método de ensaio**, Rio de Janeiro, 1999.

_____. DNER-ME 004/94: **Material asfáltico – determinação da viscosidade "Saybolt-Furol" a alta temperatura**. Rio de Janeiro, 1994.

_____. DNER – ME 043/95: **Misturas betuminosas à quente – Ensaio Marshall**, Rio de Janeiro, 1995.

_____. DNER-ME 054/97: **Equivalente de areia**. Rio de Janeiro, 1997.

_____. DNER – ME 078/94: **Agregado graúdo - adesividade a ligante betuminoso**, Rio de Janeiro, 1994.

_____. DNER –ME 083/98: **Agregado – análise granulométrica**, Rio de Janeiro, 1998

_____. DNER –ME 086/94: **Agregado – determinação de índice de forma**, Rio de Janeiro, 1994

_____. DNER-ME 138/94: **Misturas asfálticas – determinação da resistência à tração por compressão diametral**. Rio de Janeiro, 1994.

_____. DNER-ME 148/94: **Material asfáltico – determinação dos pontos de fulgor e combustão**. Rio de Janeiro, 1994.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES: **Manual de Pavimentação**, Publicação IPR – 719 Rio de Janeiro, 2006

_____. DNIT 035/2005 – ES: Pavimentos flexíveis – **Micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero**, Rio de Janeiro, 2005.

_____. DNIT 150/2010 – ES: Pavimentação asfáltica – **Lama asfáltica**, Rio de Janeiro, 2010.

_____. DNIT 031/2006 – ES: Pavimentos flexíveis – **Concreto asfáltico** – Especificação de Serviço, Rio de Janeiro, 2006.

MARQUES, Geraldo Luciano De Oliveira. **Pavimentação**. Versão 06.2, Universidade de Juíz de Fora, (UFJF), Faculdade de Engenharia, p. 169 – 185, 2007.

SECRETARIA DE LICITAÇÃO E COMPRAS. **Edital de licitação**. Prefeitura de Aparecida de Goiânia, Aparecida de Goiânia, 2014.

ROHDE, Luciana. **Estudo de misturas asfálticas de módulo elevado para camadas estruturais de pavimentos**. Tese para doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. 57e 58 p.

SILVA, Rodolfo Gonçalves Oliveira. **Estudo laboratorial do desempenho mecânico de misturas asfálticas com resíduos industriais de minério de ferro**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Ouro Preto, 2010. 10p.

VASCONCELOS, K. L., SOARES, J. B. (2005). **Efeito do Procedimento de Dosagem no Teor de Projeto e comportamento Mecânico de Misturas Asfálticas**. XVII Congresso Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Transportes, Recife, 2005.