

PREFEITURA MUNICIPAL DE APARECIDA DE GOIÂNIA
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA

DESCRITIVO TÉCNICO

PAVIMENTAÇÃO

PREFEITURA MUNICIPAL DE APARECIDA DE
GOIÂNIA SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA
GABINETE DO SECRETÁRIO

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

I- PAVIMENTAÇÃO

Deverá ser executado uma fresagem do pavimento existente (3 centímetros de espessura) previamente ao serviço, o pavimento removido deverá ser transportado para Secretaria de Infraestrutura, onde será reutilizado.

A pintura de ligação com emulsão asfáltica RR-2C deverá ser executada através de uso de caminhão espargidor provido de barra de espargimento. Sua constituição de aplicação deverá obedecer às especificações do DNIT.

O lançamento da massa asfáltica deverá ser com equipamento mecânico tipo vibro-acabadora com dispositivo de nivelamento eletrônico e compactada por rolos pneumático e liso vibratório. A execução do revestimento deverá atender a especificação do DNER-ES 313/97.

Durante a execução das camadas deverá ser realizado o controle tecnológico dos materiais utilizados na pavimentação da via. Os materiais deverão atender as especificações do DER/SC e do DNER.

1.0 – PINTURA DE LIGAÇÃO

- A pintura de ligação consistirá na distribuição de uma película, de material betuminoso diretamente sobre a superfície do pavimento, previamente limpo.
- Para a execução da pintura da ligação, será empregada emulsão asfáltica catiônica do tipo RR-2C. A taxa de aplicação, para a emulsão asfáltica, será de 0,8-1,00 l/m². A distribuição do ligante deverá ser feita por veículo apropriado ao tipo caminhão espargidor, equipado com bomba reguladora da pressão e sistema completo de aquecimento; as barras de distribuição devem permitir ajustes verticais e larguras variáveis de espalhamento devendo também estar aferido este equipamento. A mistura não deve ser distribuída quando a temperatura ambiente for inferior a 10° C ou em dias de chuva.
- O controle da quantidade de emulsão espargida na pista será feito através da colocação de uma bandeja na pista, com peso e área conhecidos da mesma, sendo que após a passagem do carro distribuidor, através de uma simples pesagem obtém-se a quantidade de ligante usado. O serviço será aceito, uma vez que seja atendida a taxa de aplicação mínima de 0,8-1,0 litro/m² de ligante

2.0 – REVESTIMENTO – Concreto Betuminoso Usinado à Quente

2.1 – Conceitos Básicos

- Também chamado de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ). É um
 - revestimento flexível, resultante da mistura a quente, em usina apropriada, de
 - agregado mineral graduado, material de enchimento (filer) e material betuminoso,espalhada e comprimida a quente.
- É a mistura de mais alta qualidade, em que um controle rígido na dosagem, mistura e execução deve atender a exigências de estabilidade, durabilidade, flexibilidade e resistência aos deslizamentos preconizados pelas Normas Construtivas.

- Propriedades fundamentais das misturas de concreto betuminoso: Durabilidade, flexibilidade, estabilidade e resistência ao deslizamento.
- Pode ser composto de: Camada de nivelamento, camada de ligação (Binder) e camada • de desgaste ou rolamento, conforme Figura 46.
- Geralmente são utilizados os seguintes materiais na composição de um concreto asfáltico:
 - - Materiais betuminosos: CAP 30/45, 50/70, 85/100.
 - - Agregados graúdos: Pedra Britada, escória britada, seixo rolado britado ou não
 - - Agregados miúdos: areia natural ou artificial, pó de pedra ou mistura de ambos.

| Peneiras | % mínima passante |
|-----------------|--------------------------|
| n°40 | 100 |
| n°80 | 95 |
| n°200 | 65 |

2.2 Propriedades básicas

- **Estabilidade:** É a habilidade da mistura oferecer resistência à deformação sob o efeito da aplicação de cargas. Simboliza a resistência ao cisalhamento da mistura, onde o atrito é desenvolvido no arcabouço sólido e a coesão fornecida pelo betume.
- O atrito depende da granulometria, forma e resistência dos agregados.
- A coesão é função da velocidade com que se processa o carregamento, da área, da viscosidade do betume, da temperatura, etc.
- **Durabilidade:** É a resistência oferecida pela mistura à ação desagregadora de agentes climáticos e forças abrasivas resultantes da ação do tráfego.
- Fatores determinantes: teor de betume e resistência à abrasão do agregado.
- **Flexibilidade:** É a habilidade da mistura fletir repentinamente sem que ocorra ruptura e de acomodar-se aos recalques diferenciais ocorridos nas camadas de base.
- **Resistência ao deslizamento:** É a habilidade da superfície da mistura evitar o deslizamento dos pneus. É função da qualidade do agregado, do teor de betume e textura superficial.



2.3 Equipamentos utilizados

- As usinas para estas misturas betuminosas podem ser descontínuas (de peso) ou usinas contínuas (de volume). Deverão ter unidade classificadora de agregado, misturadores capazes de produzir mistura uniforme, termômetro na linha de alimentação de asfalto, termômetro para registrar a temperatura dos agregados. A
- Os depósitos de material betuminoso são providos de dispositivos para aquecer o material (serpentina elétrica) e não devem ter contato com chamas.
- Os depósitos para agregado são divididos em compartimentos (silos).
- As acabadoras são usadas para espalhar e conformar a mistura nos alinhamentos, nas cotas de projeto e abaulamentos requeridos. A Figura 48 mostra uma acabadora em funcionamento.
- Os equipamentos para compressão normalmente usados são os rolos metálicos lisos, tipo tandem ou rolos metálicos liso vibratório com carga de 8 a 12 ton e rolos pneumáticos auto-propulsores que permitam a calibragem dos pneus 35 a 120 lib/pol , com peso variando de 5 a 35 ton.
- Os caminhões basculantes são usados para transporte da mistura devem ser providos de lonas.

2.4 - Execução

- A temperatura de aplicação depende do tipo de ligante, sendo que as especificações para o concreto asfáltico fixam as faixas de viscosidade para o espalhamento e compressão. Conhecendo-se a curva Viscosidade-Temperatura do ligante betuminoso (CAP) utilizado, determina-se a temperatura ideal para as operações de espalhamento e compressão através de correlação com o valor da viscosidade indicada na especificação.
- A Prefeitura de Aparecida de Goiânia , adota a taxa de CAP de 6% em relação ao peso específico da massa de CBUQ, isto e equivalente a 14,4 % .
- A especificação para CBUQ do DNER (DNER-ES-313/94) determina que a viscosidade
- do CAP para espalhamento e compactação deve estar entre 75 e 95 SSF. Normalmente os limites para a aplicação do CBUQ devem estar entre 107° C e 177° C.
- Os agregados devem ser aquecidos a temperaturas de 10° a 15°C acima da temperatura do ligante.
- A temperatura ambiente deve estar acima de 10° C e tempo não chuvoso.
- A rolagem deve ser iniciada com baixa pressão dos pneus e sendo aumentada aos poucos. À medida que se eleva a pressão dos pneumáticos a área de contato pneu-pavimento vai diminuindo, causando uma maior pressão de compactação. Esta operação deve ser feita dos bordos para o eixo (nos casos de



trechos em tangente) e do bordo mais baixo para o mais alto (nos casos de trechos em curva). Cada passada deve recobrir pelo menos a metade da largura rolada anteriormente.

- A espessura mínima permitida da camada de massa asfáltica é de 2,50 cm, aplicada.
- Abertura ao tráfego deve ser feita somente após o completo resfriamento da mistura.

2.5 Controle tecnológico

- Normalmente são feitos os seguintes controles:
 - - Qualidade do material betuminoso: feita através dos ensaios de Penetração, Ponto de Amolecimento, Viscosidade, Ponto de Fulgor.
 - - Qualidade dos agregados: feita através dos ensaios de Granulométrica, “Los Angeles”,
 - Índice de Forma, Equivalente de areia, etc.
 - - Quantidade de ligante na mistura: feita mediante o ensaio de Extração de betume, em amostras coletadas na pista para cada 8 horas de trabalho.
 - - Controle da graduação da mistura de agregados: pelo ensaio de granulométrica dos agregados resultantes da extração de betume (enquadrar nas especificações).
 - - 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.

Controle da espessura: permite-se uma variação de 10% da espessura de projeto.

- - Controle do acabamento da superfície: permite-se uma tolerância de 0,5 cm entre dois pontos.

2.6 - Dosagem do concreto asfáltico

- Após a definição dos materiais a serem empregados na mistura asfáltica (agregados, filer e tipo de ligante) passa-se a dosagem do concreto betuminoso, onde o teor de asfalto residual é o item fundamental.
- Para a dosagem do concreto betuminoso, normalmente devem ser vencidas as seguintes etapas:
 - 1ª - Escolha dos agregados e material betuminoso
 - 2ª - Determinação das porcentagens com que os agregados (grosso e fino) e filer devem contribuir na mistura de modo a atender as especificações com relação a granulométrica. Este item já foi visto no item “mistura de agregados” onde foram estudados vários métodos de mistura (analítico, gráficos, tentativas).



- 3ª - Determinação do teor ótimo de betume. Esta operação pode ser feita por tentativas, aonde se vai variando o teor de asfalto e comparando os resultados de ensaios de estabilidade para vários teores estudados. Existem outros processos que dão idéia bem aproximada do teor de asfalto como o método da área específica ou o método dos vazios.
- 4ª - Comparação da mistura estudada com as exigências das especificações com relação aos vazios de ar, vazios do agregado mineral, granulométrica e estabilidade. Não sendo satisfeitas estas condições, dosa-se novamente a mistura.

- **2.6.1 - Parâmetros de interesse**

- **Densidade Aparente da mistura (d)**

$$d = \frac{M}{M - M_a}$$

M = massa do corpo de prova

M_a = massa do corpo de prova imerso em água.

- Finalidades:
 - - Cálculo da % de vazios do agregado mineral (exigência de projeto).
 - - Controle de compactação durante a construção.
- **Densidade Máxima Teórica da mistura (DMT)**
- É a densidade da mistura asfáltica suposta sem vazios. É a relação entre a massa total da mistura (100%) e os volumes correspondentes ao “cheios” da mistura:

$$DMT = \frac{M_t}{V_b + V_f + V_{af} + V_{ag}} \quad DMT = \frac{100}{\frac{\%b}{D_b} + \frac{\%f}{D_f} + \frac{\%af}{D_{af}} + \frac{\%ag}{D_{ag}}}$$

- Sendo:
 - %a, %f, %af, %ag % com que cada componente que entra na mistura
 - D_b, D_f, D_{af}, D_{ag} Densidade (real ou aparente) de cada componente da mistura

c) Porcentagem de Vazios na mistura (Vv)

- É a relação entre o volume de vazios ocupado pelo ar e o volume total da mistura.
- Misturas com elevada % Vv podem levar a ocorrência de oxidação excessiva do ligante betuminoso, reduzindo a vida útil do concreto asfáltico, além de proporcionar permeabilidade ao ar e água.
- Misturas com baixo % Vv levam a ocorrência do fenômeno da exsudação.

$$V_v = \frac{D - d}{D} 100$$

d) Porcentagem de Vazios do Agregado Mineral (VAM)

VH



- É o volume total de vazios dado pela soma dos vazios da mistura mais o volume ocupado pelo asfalto.
- Este parâmetro é de grande interesse. Se uma mistura betuminosa sofrer uma consolidação devido a ação do tráfego, sua plasticidade poderá ficar acrescida, pois a % de betume que preenchia os vazios dos agregados pode tornar-se excessiva, devido à redução do volume de vazios. Este fenômeno poderá levar o revestimento a deformação, deslocamentos e rupturas.
- A % VAM é normalmente fixada em função do diâmetro máximo do agregado da mistura:
 - $VAM = V_v + V_b$.
 - $VAM = \frac{D - d}{d_b} 100 + \frac{d}{d_b} \% b$ D

e) Relação Betume-Vazios

- Na dosagem do concreto betuminoso podem ser usados vários métodos como por exemplo: Marshall, Hubbard Field, Triaxial, Hveem, Ruiz e mais recentemente a metodologia SUPERPAVE do programa americano SHRP.
- O município de Aparecida de Goiânia adota o que os organismos rodoviários brasileiros (DNER, DER^s, etc.) recomendam, que é o **método Marshall** para dosagem do concreto betuminoso. Este método foi criado pelo Engenheiro Bruce Marshall e baseia-se na determinação da estabilidade empregando o princípio do corte em compressão semiconfinada. Este processo é utilizado tanto para projeto de misturas como para controle de campo.

2.6.2 O método Marshall

a) Estudo da mistura de agregados

- Nesta fase preliminar são determinadas as principais características dos agregados escolhidos como por exemplo a massa específica real e aparente dos agregados, a porcentagem de vazios dos agregados e a granulométrica.
- Conhecidos os materiais e estando de acordo com as especificações, passa-se ao estudo da mistura dos agregados, de modo a atenderem à especificação granulométrica do Concreto Asfáltico, ou seja, os agregados devem ser misturados em proporções de modo a se enquadrarem nas faixas granulométricas pré-estabelecidas (vide especificações para o Concreto Asfáltico do DNER, dadas a seguir).

b) Determinação do teor ótimo de ligante

- Utilizando-se agregados razoavelmente bem graduados, os vazios existentes entre as partículas deverão ser preenchidos com ligantes. O teor de asfalto deve ser progressivamente aumentado de modo a preencher os vazios de ar até que os espaços vazios do agregado mineral estejam cheios ao máximo



permitido. Ao se aumentar o teor de ligante além de um certo ponto, não se conseguirá uma máxima consolidação.

- A medida que se varia o teor de ligante, a densidade, a estabilidade, a fluência, a porcentagem de vazios da mistura, a relação betume-vazios também sofre variação. O teor ótimo de ligante será aquele que satisfizer, ao mesmo tempo, os limites especificados para os vários parâmetros de interesse.
- O teor ótimo de ligante pode ser expresso através da porcentagem de asfalto, em peso, em relação à mistura ou através da porcentagem de asfalto, em peso, em relação aos agregados.
- Suponhamos 3 materiais (Agregado graúdo = 65%, Agregado miúdo = 31% e Filer =4%) que satisfaçam a uma determinada faixa granulométrica. Suponhamos também que a porcentagem encontrada para o asfalto seja 6%, sobre 100% da mistura de agregados.

c) **Determinação dos parâmetros de interesse e das características**

Marshall da mistura

- No ensaio Marshall 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 8%). 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 60° 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.
- 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 à 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.
- A determinação da Resistência à Tração e do Módulo de Resiliência do concreto asfáltico será vista no capítulo 10.

d) Especificações do DNIT (DNIT-ES 031/2006)

Granulometria

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



| VAM – Vazios do Agregado Mineral | | |
|------------------------------------|------|-----------------|
| Tamanho Nominal Máximo do agregado | | VAM Mínimo % |
| # | m m | |
| 1½" | 38,1 | 13 |
| 1" | 25,4 | 14 |
| ¾" | 19,1 | 15 |
| ½" | 12,7 | 16 |
| ⅜" | 9,5 | 18 |

| Características | Método de ensaio | Camada de Rolamento | 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 Diametral estática a 25°C, mínima, MPa | DNER-ME 138 | 0,65 | 0,65 |

Victor Hugo G. Vieira
VICTOR HUGO GOMES VIEIRA
Engenheiro Civil
CREA 1018123628/D