



**ETS-03/2013**  
**PAVIMENTOS PERMEÁVEIS**  
**COM REVESTIMENTO ASFÁLTICO POROSO – CPA**  
**ANEXO 1**  
**CAMADA DE BASE BETUMINOSA**

## **1. OBJETIVO**

O objetivo deste **ANEXO 1** é apresentar os critérios de execução para a camada de base betuminosa utilizada na especificação de pavimentos permeáveis com revestimento asfáltico poroso - CPA. Este ANEXO é parte integrante da ETS-03/2013 – Pavimentos Permeáveis com Revestimento Asfáltico Poroso – CPA.

## **2. DESCRIÇÃO**

**2.1** Os serviços consistem no fornecimento, carga, transporte e descarga dos materiais, mão-de-obra e equipamento adequados, necessários à execução e ao controle de qualidade desta camada de base betuminosa.

**2.2.** Consiste na aplicação de ligante asfáltico sobre o agregado graúdo em quantidades especificadas, devidamente espalhados, nivelados e compactados.

## **3. MATERIAIS**

Todas as especificações de materiais e normas de ensaios, exceto as explicitadas nesta especificação, devem satisfazer as preconizadas pela Prefeitura do Município de São Paulo.

### **3.1 Materiais Betuminosos**

Poderá ser empregado o seguinte material:

Emulsões asfálticas, tipo RR-2C (Regulamento Técnico ANP nº 03/2007);

### **3.2 Agregados**

Os agregados deverão ser constituídos por produtos de britagem e classificação de rocha sã.

Deverão seguir a faixa granulométrica estabelecida no Quadro 1.

Além dos requisitos granulométricos, os agregados deverão atender as seguintes condições gerais:

- a.** Deverão ser constituídos de fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excesso de partículas lamelares ou alongadas, macias ou de fácil desintegração, e de outras substâncias cuja contaminação possa ser prejudicial;
- b.** Quando submetidos à avaliação da durabilidade com solução de sulfato de sódio, em cinco ciclos (método DNIT ME 89/94), os agregados deverão apresentar perdas inferiores a 12%;



**ETS-03/2013**  
**PAVIMENTOS PERMEÁVEIS**  
**COM REVESTIMENTO ASFÁLTICO POROSO – CPA**  
**ANEXO 1**  
**CAMADA DE BASE BETUMINOSA**

- c. A porcentagem de desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles (PMSP/SP ME-23/92), não deverá ser superior a 40%;
- d. Deve apresentar índice de forma superior a 0,5 (DNER-ME 086/94) e porcentagem de partículas lamelares não superior a 10% (ABNT NBR 6954).
- e. Impurezas - os agregados devem ser isentos de impurezas, tais como torrões de solo e materiais orgânicos;
- f. Os agregados defeituosos, ou seja, conchoidais, alterados, etc, não podem exceder a 5%.

**Quadro 1 – Faixa Granulométrica**

PENEIRAS MALHAS QUADRADAS (MM)	FAIXA GRANULOMÉTRICA % QUE PASSA – EM PESO
76,0 (3")	
63,0 (2 1/2")	100
50,8 (2")	95-100
38,1 (1 1/2")	55-75
25,4 (1")	25-45
19,1 (3/4")	10-30
12,5 (1/2")	0-15
9,5 (3/8")	0-5
4,8 n <sup>o</sup> 04	----
2,0 n <sup>o</sup> 10	----
ESPESSURA CAMADA COMPACTADA (CM)	5,0
QUANTIDADES ESPECIFICACADAS	
AGREGADOS (KG/M <sup>2</sup> )	95 (*)
MATERIAL ASFÁLTICO (L/M <sup>2</sup> )	0,8 – 1,0

(\*) As quantidades constantes do quadro são indicativas, adotando-se densidade média aparente do agregado de 1900 kg/m<sup>3</sup> (19 kN); os valores exatos devem ser definidos experimentalmente

#### **4. EQUIPAMENTOS**

Todo equipamento, antes do início da execução da obra, deverá ser examinado pela fiscalização.

- a. Equipamentos de limpeza - Para a limpeza das superfícies utilizam-se vassoura mecânica e/ ou vassourões manuais;
- b. Equipamentos para distribuição da emulsão - A distribuição do material asfáltico deverá ser executada com a barra espargidora e nos locais de difícil acesso com espargidor manual; os caminhões espargidores deverão ser calibrados de tal forma que atinjam a taxa de emulsão especificada em projeto.



**ETS-03/2013**  
**PAVIMENTOS PERMEÁVEIS**  
**COM REVESTIMENTO ASFÁLTICO POROSO – CPA**  
**ANEXO 1**  
**CAMADA DE BASE BETUMINOSA**

- c.** Equipamentos para espalhamento de agregado - A distribuição dos agregados deverá ser executada por espalhador de agregados, complementada por acertos manuais. Poderá ser utilizada motoniveladora desde que permita uma distribuição homogênea da quantidade de agregado fixada no projeto.
- d.** Equipamentos para compressão - Constará de rolo de duas rodas lisas metálicas, pesando de 7 a 10 t ou um rolo vibratório desde que aprovado pela fiscalização.
- e.** Pequenos equipamentos de compressão - Manual (soquete) ou mecânico vibratório (sapo mecânico ou placa vibratória);
- f.** Pequenas Ferramentas - Pás, enxadas, picaretas, garfos, soquetes, vassourões de piaçava, etc. deverão ser empregados em quantidades suficientes para o bom andamento dos serviços;
- g.** Equipamentos de laboratório – Para controle tecnológico de qualidade da camada;
- h.** Outros equipamentos desde que autorizados pela fiscalização poderão ser utilizados.

## **5. EXECUÇÃO**

### **5.1 Condição Física da Base Betuminosa**

Caso a execução base betuminosa não se efetue logo após a execução da camada de apoio subjacente e de modo especial, quando a mesma esteve exposta a chuvas ou tráfego, devem ser verificadas as condições de recebimento da camada de Brita Graduada quanto à umidade, compactação e permeabilidade.

### **5.2 Considerações Gerais**

As seguintes recomendações de ordem geral são aplicáveis à execução da base betuminosa:

- a.** Não será permitida a execução dos serviços durante dias de chuva;
- b.** O confinamento lateral da base betuminosa é dado pela sarjeta;
- c.** Nenhum material asfáltico será aplicado quando a temperatura ambiente for inferior a 10°C;
- d.** A temperatura de aplicação da Emulsão Asfáltica será determinada em função da relação temperatura-viscosidade, devendo ser escolhida a temperatura que proporcione a melhor viscosidade para espalhamento;
- e.** Não deverá ser permitido tráfego sobre esta camada.



**ETS-03/2013**  
**PAVIMENTOS PERMEÁVEIS**  
**COM REVESTIMENTO ASFÁLTICO POROSO – CPA**  
**ANEXO 1**  
**CAMADA DE BASE BETUMINOSA**

### **5.3. Distribuição do Agregado**

- a.** A execução da camada de agregado inicia-se pelo carregamento do material nos depósitos ou pátios de estocagem. A operação de carga do material deverá ser procedida de forma criteriosa, evitando-se a utilização de agregados lamelares ou com finos;
- b.** Após a operação de carregamento e o transporte por meio de caminhões basculantes, faz-se o espalhamento com distribuidor de agregados de uma camada de material solto com espessura uniforme e homogênea. Poderá ser feito o uso de motoniveladora devendo evitar-se processos que levem à segregação do material, excesso etc;
- c.** Após o espalhamento do agregado graúdo, poderão ser necessárias as seguintes correções:
  - Remoção de fragmentos alongados, lamelares ou de tamanho excessivo, visíveis na superfície, e sua substituição por agregado graúdo representativo e de boa qualidade;
  - Correção de pontos com excesso ou deficiência de material, após verificação do greide e seção transversal com cordéis, gabaritos, etc. No caso de existir deficiência de material, utilizar sempre agregado graúdo representativo e de boa qualidade, sendo vedado o uso de agregado miúdo.

### **5.4 Compressão do Agregado**

- a.** A compressão inicial deverá ser feita mediante emprego de rolo liso metálico de duas rodas ou rolo liso vibratório, desde que aprovado pela fiscalização;
- b.** Nos trechos em tangente, a compressão deverá partir, sempre, dos bordos para o eixo, e nas curvas, do bordo interno para o bordo externo. Em cada passada, o equipamento utilizado deverá recobrir, ao menos, a metade da faixa anteriormente comprimida;
- c.** Eventuais manobras do equipamento de compactação que impliquem em variações direcionais prejudiciais deverão se processar fora da área de compressão;
- d.** A operação de compressão deverá prosseguir até que se consiga um bom entrosamento do agregado;



**ETS-03/2013**  
**PAVIMENTOS PERMEÁVEIS**  
**COM REVESTIMENTO ASFÁLTICO POROSO – CPA**  
**ANEXO 1**  
**CAMADA DE BASE BETUMINOSA**

- e. Após se obter a cobertura completa da área em compressão, deverá ser feita uma nova verificação do greide longitudinal e seção transversal, efetuando-se as correções necessárias;
- f. Em lugares inacessíveis ao equipamento de compressão ou onde seu emprego não for recomendável, a compactação requerida será feita à custa de compactadores portáteis, manuais ou mecânicos.

### **5.5 Aplicação da Emulsão Asfáltica**

A aplicação da Emulsão Asfáltica deverá ser feita de modo uniforme, por barra espargidora e nos locais de difícil acesso com espargidor manual, na quantidade e temperatura especificadas.

## **6. CONTROLE**

### **6.1 Controle Tecnológico dos Materiais**

Todos os materiais deverão ser analisados em laboratório obedecendo à metodologia indicada pela Prefeitura do Município de São Paulo e atender as especificações em vigor.

#### **6.1.1 Controle de Qualidade da Emulsão Asfáltica**

O controle de qualidade constará do seguinte:

- Um ensaio de viscosidade Saybolt-Furol para todo carregamento que chegar à obra;
- Um ensaio de peneiramento, para todo carregamento que chegar à obra;
- Um ensaio de resíduo de CAP para todo carregamento que chegar à obra.

#### **6.1.2 Controle de Qualidade dos Agregados**

O controle de qualidade dos agregados constará do seguinte:

- Duas análises granulométricas, para cada dia de trabalho;
- Uma determinação da porcentagem de grãos de forma lamelar, para cada 900 m<sup>3</sup>;
- Um ensaio de abrasão Los Angeles, sempre que houver variação do material;
- Um ensaio de durabilidade, sempre que houver variação do material.



ETS-03/2013  
PAVIMENTOS PERMEÁVEIS  
COM REVESTIMENTO ASFÁLTICO POROSO – CPA  
**ANEXO 1**  
CAMADA DE BASE BETUMINOSA

## **6.2 Controle de Execução**

### **6.2.1 Controle da Temperatura da Aplicação do Ligante Asfáltico (Emulsão)**

A temperatura do ligante asfáltico (emulsão) deve ser verificada no caminhão distribuidor, imediatamente antes da aplicação, para verificação do atendimento do intervalo de temperatura preconizado pela relação viscosidade x temperatura.

### **6.2.2 Controle da Taxa de Aplicação**

O controle da taxa de aplicação da emulsão asfáltica será feito mediante a pesagem do carro distribuidor, antes e depois da aplicação. Não sendo possível a realização do controle por esse método, admitem-se as seguintes modalidades:

- a. Coloca-se na pista uma bandeja de peso e área conhecida; mediante uma pesagem, após a passagem do carro distribuidor, tem-se a quantidade de material asfáltico aplicada. Esta modalidade deve ser aplicada somente no caso de uso de barra espargidora;
- b. Utiliza-se uma régua de madeira pintada e graduada de modo que forneça, diretamente, por diferença de alturas do material betuminoso no tanque do carro distribuidor, antes e depois da operação, a quantidade do material consumido.

### **6.2.3 Controle de Quantidade e Uniformidade do Agregado**

Devem ser feitos para cada dia de operação, pelo menos dois controles da quantidade de agregado aplicado. Este controle é feito colocando-se na pista tabuleiros de peso e área conhecidos. Por simples pesagens, após a passagem do distribuidor, ter-se-á a quantidade de agregado realmente espalhada. Este mesmo agregado é que servirá para o ensaio de granulometria, que controlará a uniformidade do material utilizado.

### **6.2.4 Controle de Uniformidade de Aplicação do Ligante Asfáltico**

Deve ser feita uma descarga de 15 a 30 segundos, para que se possa controlar a uniformidade de distribuição. Esta descarga pode ser efetuada fora da pista ou na própria pista, quando o carro distribuidor for dotado de uma calha, colocada abaixo da barra, para recolher o ligante betuminoso.

### **6.2.5 Controle de Espessura**

Será medida a espessura fazendo-se o nivelamento do eixo e dos bordos antes e depois do espalhamento e compressão. Admitir-se-á a variação de 10% da espessura preconizada nas



**ETS-03/2013**  
**PAVIMENTOS PERMEÁVEIS**  
**COM REVESTIMENTO ASFÁLTICO POROSO – CPA**  
**ANEXO 1**  
**CAMADA DE BASE BETUMINOSA**

Figuras 5.2 e 5.3 da ETS-03/2013 para pontos isolados, e até 5% de redução de espessura, em 10 medidas sucessivas.

### **6.2.6 Controle de Acabamento da Superfície**

Durante a execução deverá ser feito, diariamente, o controle de acabamento da superfície da camada, com o auxílio de duas réguas, uma de 3,00 m e outra de 0,90 m, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da rua, respectivamente. A variação da superfície entre dois pontos quaisquer de contato não deve exceder a 0,5 cm, quando verificada com qualquer uma das réguas.

## **6.3 Controle de Recebimento**

### **6.3.1 Aceitação do Controle Tecnológico**

Os serviços executados serão aceitos, sob o ponto de vista tecnológico, desde que sejam atendidas as seguintes condições:

- a. Os equipamentos tenham sido devidamente aferidos, e mantenham adequadas condições de funcionamento ao longo da obra;
- b. A emulsão asfáltica utilizada atenda às especificações da ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis em vigor;
- c. A adesividade do ligante ao agregado seja julgada satisfatória;
- d. A granulometria dos agregados esteja contida na faixa de trabalho adotada;
- e. Os agregados atendam aos requisitos de resistência à abrasão, durabilidade e lamelaridade especificados;
- f. A quantidade de imprimação fique no intervalo mais ou menos 8% em relação à taxa preconizada no item 5.3 da ETS-03/2013;
- g. A quantidade total de agregado mineral situe-se no intervalo de mais ou menos 7%, em relação à taxa preconizada.

### **6.3.2 Aceitação do Controle Geométrico e de Acabamento**

O serviço executado será aceito, quanto ao controle geométrico e de acabamento, desde que atendidas as seguintes condições:

- a. Quanto à espessura da camada:

A espessura média determinada estatisticamente deverá situar-se no intervalo de mais ou menos 10%, em relação à espessura prevista em projeto.



ETS-03/2013  
PAVIMENTOS PERMEÁVEIS  
COM REVESTIMENTO ASFÁLTICO POROSO – CPA  
**ANEXO 1**  
CAMADA DE BASE BETUMINOSA

A determinação estatística da espessura média efetua-se pela expressão:

$$e = \bar{X} - \frac{S.K}{N}$$

Onde:

$\bar{X}$  – Média dos valores individuais;

**S** – Desvio Padrão;

**K** – Coeficiente indicado na tabela valor do coeficiente “K” (quadro abaixo);

**N** – Número de valores individuais.

Não serão tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo de mais ou menos 15%, em relação à espessura prevista em projeto.

- b. Quando o acabamento do serviço, apreciado em bases visuais, for julgado satisfatório pela fiscalização.

***Nota: no caso de obra de caráter emergencial e desde que justificado por escrito pelo Eng<sup>o</sup> Fiscal e com a devida aprovação Superior, o Fiscal poderá receber os serviços mesmo que não atendam integralmente os requisitos exigidos para recebimento.***

## 7. CRITÉRIO DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

### 7.1 Medição

A camada de base betuminosa será medida através do volume de material compactado na pista, em metros cúbicos, atendendo à seção transversal constante do projeto.

No cálculo dos volumes, obedecidas as tolerâncias especificadas, serão consideradas as espessuras medidas por diferença de nivelamento. No caso de espessura maior do que a do projeto, será considerada apenas a constante do projeto.

### 7.2 Pagamento

Os serviços recebidos e medidos da forma descrita serão pagos aos preços unitários contratuais respectivos, e esse pagamento constituirá remuneração única para todos os materiais, mão-de-obra, leis sociais equipamentos e outros recursos utilizados pelo empreiteiro, abrangendo inclusive benefício e despesas indiretas.





ETS-03/2013  
PAVIMENTOS PERMEÁVEIS  
COM REVESTIMENTO ASFÁLTICO POROSO – CPA  
**ANEXO 1**  
CAMADA DE BASE BETUMINOSA

**VALOR DO COEFICIENTE “K”  
PARA CONTROLE ESTATÍSTICO DO CONTROLE GEOMÉTRICO**

N	K	N	K	N	K
3	1,05	10	0,77	30	0,66
4	0,95	12	0,75	40	0,64
5	0,89	14	0,73	50	0,63
6	0,85	16	0,71	100	0,60
7	0,82	18	0,70		
8	0,80	20	0,69		
9	0,78	25	0,67	---	---

Condição necessária:

$$\bar{X} - K.S \geq L$$

Onde:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{(N-1)}}$$

**N** - número de elementos da amostra

**X<sub>i</sub>** - valores individuais da amostra

**L** - valor limite especificado na amostra