



ESP-03/92
CAMADAS DE REFORÇO DO SUBLEITO DE
SOLO-BRITA DE GRANULOMETRIA DESCONTÍNUA

INTRODUÇÃO

Esta especificação de serviço define os critérios que orientam a execução de uma camada de reforço do subleito com solo-brita de granulometria descontínua, em obras sob a fiscalização da Prefeitura do Município de São Paulo.

1. DESCRIÇÃO

1.1. Os serviços consistem no fornecimento, carga, transporte, descarga e mistura dos materiais necessários à obtenção do reforço de solo-brita de granulometria descontínua e compreendem também a mão-de-obra e os equipamentos indispensáveis à execução e ao controle de qualidade desta camada, de conformidade com a especificação apresentada a seguir e detalhes executivos contidos no projeto.

1.2. O reforço do subleito de Solo-Brita de Granulometria Descontínua é uma camada constituída de uma mistura artificial de solo com agregado pétreo britado (brita), que apresenta estabilidade quando adequadamente compactado.

2. MATERIAIS

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

Os materiais para a execução da camada de reforço do subleito de Solo-Brita de Granulometria Descontínua deverão obedecer às especificações a seguir discriminadas:

2.1. Solo

Os solos deverão satisfazer as seguintes exigências:

- a.** Ser isento de matéria orgânica;
- b.** Não pertencer ao grupo NS' da classificação MCT, segundo PMSP/SP ME-60/92. Só excepcionalmente utilizar solos deste grupo desde que não apresente alta porcentagem de mica (inferior a 10%).



ESP-03/92
CAMADAS DE REFORÇO DO SUBLEITO DE
SOLO-BRITA DE GRANULOMETRIA DESCONTÍNUA

2.2. Brita

A brita deverá ser obtida de agregado pétreo britado e deverá ter as seguintes características:

- a. Porcentagem passando na peneira de 19 mm (3/4") igual a 100%;
- b. Porcentagem de perda no ensaio de abrasão Los Angeles igual ou inferior a 50%, determinada pelo método PMSP/SP ME-23/92.

2.3. Características da Mistura

A mistura de solo-brita deverá atender as seguintes características:

- a. Porcentagem de brita, em volume, na mistura compreendida entre 30% e 60%;
- b. O índice de suporte CBR e expansão, determinados pelo método PMSP/SP ME-09/92, obtido na umidade ótima da energia normal ou na especificada em projeto, atendendo as condições a seguir:

$$CBR_{REF} \geq CBR_{SL}$$

$$\text{Expansão} < 1,5\%$$

Onde:

CBR_{REF} - índice suporte CBR do Reforço de Solo-Brita de Granulometria Descontínua;

CBR_{SL} - índice suporte CBR do Subleito.

3. EQUIPAMENTO

O conjunto de equipamentos deverá ser capaz de executar os serviços desta norma nos prazos fixados no cronograma contratual e deverá compreender, no mínimo:

- a. Caminhões para transporte dos materiais, com caçamba basculante;
- b. Pá-carregadeira;
- c. Motoniveladora;



ESP-03/92
CAMADAS DE REFORÇO DO SUBLEITO DE
SOLO-BRITA DE GRANULOMETRIA DESCONTÍNUA

- d. Irrigadeira de no mínimo 5.000 litros, equipada com motobomba, capaz de distribuir água sob pressão regulável e uniformemente;
- e. Pulvimisturadora rebocável ou autopropelida ou grade de disco;
- f. Escarificador e grade de disco equipado com dispositivo para controle da profundidade de trabalho;
- g. Trator agrícola;
- h. Rolo compactador, vibratório ou não, de pneus ou de rodas metálicas, lisas ou corrugadas, de pés de carneiro capaz de produzir o grau de compactação e o acabamento especificado;
- i. Compactador vibratório portátil ou sapo mecânico;
- j. Régua de madeira ou metálica, com arestas vivas e de 3,0 metros de comprimento;
- m. Pequenas ferramentas, tais como pás, enxadas, garfos, rastelos, etc.
- n. Equipamentos de laboratório para o controle tecnológico de recebimento da camada;

Outros equipamentos, desde que aprovados pelo corpo técnico da PMSP e pela fiscalização, poderão ser utilizados.

4. EXECUÇÃO

4.1. Condições Físicas do Subleito

- a. O subleito, sobre o qual será executada a camada de reforço, deverá ter sido preparado de acordo com as condições fixadas pela PMSP/SP ESP-01/92;
- b. Caso a execução da camada de reforço de Solo-Brita de Granulometria Descontínua não ocorra logo após o preparo do subleito, de modo especial quando esta camada esteve exposta a chuvas, devem-se efetuar, no subleito, as seguintes determinações:



ESP-03/92
CAMADAS DE REFORÇO DO SUBLEITO DE
SOLO-BRITA DE GRANULOMETRIA DESCONTÍNUA

-Teor de umidade, que deverá ser inferior ao teor de umidade ótimo de compactação mais 3% ($h_{ot} + 3\%$). Se o teor de umidade for superior, o subleito deverá secar até que as condições de umidade satisfaçam o limite indicado.

-Grau de compactação, que deverá atender as exigências indicadas no controle de recebimento da PMSP/SP ESP-01/92.

As áreas, cujo grau de compactação for inferior ao limite necessário, deverão ser reconstruídas antes da execução da camada de reforço de Solo-Brita de Granulometria Descontínua.

4.2. Considerações Gerais

As seguintes recomendações de ordem geral são aplicadas à execução da camada de reforço de Solo-Brita de Granulometria Descontínua:

- a. Não será permitida a execução dos serviços durante dias de chuva;
- b. O confinamento lateral da camada é dado pela caixa existente na profundidade correspondente à sua posição.

4.3. Preparo da Superfície

Eventuais defeitos na superfície do subleito deverão ser necessariamente reparados antes da execução da camada de reforço de Solo-Brita de Granulometria Descontínua. A superfície do subleito deverá estar perfeitamente limpa e desempenada.

4.4. Mistura, Distribuição e Umedecimento

A mistura poderá ser executada em usina, "In situ" ou com pá-carregadeira.

- a. Misturação em Usina - No caso do uso de usina, para conseguir-se uma mistura de materiais que satisfaçam as exigências contidas nesta especificação, ela deverá não apenas ser capaz de proceder à mistura nas proporções de projeto, mas também de umedecê-las, sob controle ($h_{ot} \pm 2\%$), e homogeneizá-la. A distribuição será realizada com distribuidor de agregado ou moto-niveladora, que assegure a uniformidade, umidade e espessura da camada solta.



ESP-03/92
CAMADAS DE REFORÇO DO SUBLEITO DE
SOLO-BRITA DE GRANULOMETRIA DESCONTÍNUA

- b.** Misturação “In Situ” - No caso de misturação efetuadas com grade de disco e/ou pulvimisturadora inicialmente deverá ser distribuído o solo na pista, após o que serão iniciados as operações de destorroamento e umedecimento.

Em seguida será distribuído o agregado, em quantidade preconizada pelo projeto, e efetuada a misturação com os equipamentos já referidos até a completa misturação e homogeneização dos materiais. Nessa fase deverá ser também ajustado o teor de umidade de compactação da mistura que deverá estar compreendido entre a umidade ótima de projeto mais ou menos 2% ($h_{ot} \pm 2\%$).

- c.** Misturação com Pá-carregadeira - No caso de misturação do solo e a brita com esse equipamento deve-se obter uma mistura homogênea e tão próxima, quanto possível, do teor ótimo de umidade de compactação. Após a esta misturação o material deverá ser distribuído na pista e efetuada, com grade de disco e/ou pulvimisturadora, uma nova misturação visando obter uma camada solta homogênea e no teor de umidade entre a umidade ótima de projeto mais ou menos 2% ($h_{ot} \pm 2\%$).

4.5. Compactação e Acabamento

A compactação será sempre iniciada pelas bordas, tomando-se o cuidado de, nas primeiras passadas, fazer com que o rolo compactador passe tão próximo quanto possível, da sarjeta.

Nos trechos em tangente, a compactação prosseguirá das duas bordas das sarjetas para o centro, em percursos equidistantes da linha de base (eixo). Os percursos ou passadas do equipamento utilizado será distanciados entre si de tal forma que, em cada percurso, seja coberta metade da faixa no percurso anterior.

Nos trechos em curva, havendo sobrelevação, a compactação progredirá da sarjeta mais baixa para a mais alta, com percursos análogos aos descritos para os trechos em tangente.



ESP-03/92

CAMADAS DE REFORÇO DO SUBLEITO DE SOLO-BRITA DE GRANULOMETRIA DESCONTÍNUA

Nas partes adjacentes ao início e ao fim do reforço em construção, a compactação será executada repetidas vezes. Nas partes inacessíveis aos rolos compactadores, devem-se usar vibratórios portáteis (sapos mecânicos). As operações de compactação deverão prosseguir, até que em toda a espessura do reforço em construção, o grau de compactação atenda item 5.3.2 alínea, b.

4.6. Abertura ao Trânsito

As sub-bases de misturas descontínuas de solo laterítico-brita não deverão ser submetidos à ação direta das cargas e da abrasão do trânsito. No entanto, a Fiscalização poderá autorizá-la quando, a seu critério, os danos que venham a ser causado à superfície acabada não prejudiquem a qualidade da camada de pavimento que será construída sobre a sub-base ou base em questão.

5. CONTROLE

5.1. Controle Tecnológico dos Materiais

Abrange os ensaios e determinações, nas quantidades indicadas, para verificar se as condições dos materiais exigidos no projeto estão sendo atendidas.

5.1.1. Brita

- a. Verificação da abrasão Los Angeles (PMSP/SP ME-23/92) sempre que houver mudança de pedra;
- b. Verificação da dimensão máxima da brita para cada dia de britagem.

5.1.2. Solo

Ensaio para classificação MCT do solo (PMSP/SP 60/92) da jazida sempre que houver mudança no local de procedência do mesmo, ou quando houver dúvidas na exploração.

5.1.3. Mistura

- a. Verificação da porcentagem de brita na mistura. Executar uma determinação para cada 400 m² de pista e no mínimo 3 determinações para cada trecho.



ESP-03/92
CAMADAS DE REFORÇO DO SUBLEITO DE
SOLO-BRITA DE GRANULOMETRIA DESCONTÍNUA

- b. Verificação do índice do suporte CBR e expansão (PMSP/SP ME-09/92) para cada 700 m² de pista, em amostras colhidas na pista.

5.2. Controle de Execução

5.2.1. Controle Geotécnico

- a. Verificação dos piquetes de amarração de locação e de nivelamento antes do início dos serviços em cada sub-trecho;
- b. Verificação do teor de umidade e da massa específica seca da mistura a cada 400 m² de pista e no mínimo 3 determinações para cada trecho.

5.2.2. Controle Geométrico

- a. Espessura da camada a cada 400 m² de pista e no mínimo 3 determinações na seção transversal, ou seja, bordo esquerdo, eixo, bordo direito.
- b. Verificação da superfície durante o acabamento e a cada 20 m.

5.3. Controle de Recebimento

O reforço do subleito de Solo-Brita de Granulometria Descontínua, executado de conformidade com esta especificação será recebido quando atender aos itens 5.3.1. e 5.3.2.

5.3.1. Recebimento tecnológico dos materiais

- a. Solo - devem ser atendidas as exigências do item 2.1.;
- b. Brita - devem ser atendidas as exigências do item 2.2.;
- c. Mistura - devem ser atendidas as exigências do item 2.3.

5.3.2. Recebimento da Camada de Reforço de Solo-Brita de Granulometria Descontínua

- a. O teor de umidade da camada executada deverá ser igual ao teor ótimo (h_{ot}) de compactação, obtido na energia de projeto, mais ou menos 3% ($h_{ot} \pm 3\%$);



ESP-03/92
CAMADAS DE REFORÇO DO SUBLEITO DE
SOLO-BRITA DE GRANULOMETRIA DESCONTÍNUA

b. O grau de compactação, calculado a partir dos resultados obtidos nos ensaios referidos no item 5.2.1. alínea “b” e na massa específica seca máxima de projeto do Solo-Brita de Granulometria Descontínua (Energia Normal), deverá atender aos seguintes requisitos:

- Não for obtido nenhum valor menor que 95%; ou
- Atender estatisticamente a seguinte condição:

$$\bar{X} - K.S \geq 95\%$$

Onde:

\bar{X} - média aritmética dos graus de compactação obtidos;

S - desvio padrão;

K - Coeficiente indicado no quadro apresentado abaixo.

Se os trechos do reforço não se apresentarem devidamente compactados, deverão ser escarificados e os materiais pulverizados e recompactados.

5.3.3. Recebimento Com Base no Controle Geométrico

- a.** As cotas de projeto do eixo longitudinal do reforço, não deverão apresentar variações superiores a 3,0 cm;
- b.** As cotas de projeto das bordas das seções transversais do reforço, não deverão apresentar variações superiores a 1 cm.
- c.** As espessuras, em qualquer parte da camada não devem ser inferiores a 20% da espessura de projeto.

Nota: no caso de obra de caráter emergencial e desde que Justificado por escrito Pelo Eng^o Fiscal e com a devida aprovação Superior, o Fiscal poderá receber os serviços mesmo que não atendam integralmente os requisitos exigidos para recebimento.

6. OBSERVAÇÕES DE ORDEM GERAL

- a.** Durante todo o tempo que durar a construção, até o recebimento da camada de reforço, os materiais e os serviços serão protegidos contra



ESP-03/92
CAMADAS DE REFORÇO DO SUBLEITO DE
SOLO-BRITA DE GRANULOMETRIA DESCONTÍNUA

ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los. É da obrigação da empreiteira a responsabilidade desta conservação;

- b. A camada de Solo-Brita de Granulometria Descontínua não deverá ser submetida à ação direta das cargas e da abrasão do trânsito. No entanto, a fiscalização poderá autorizá-la quando, a seu critério os danos que venham a ser causado à superfície acabada não prejudiquem a qualidade da camada de pavimento que será a camada de reforço em questão.

7. CRITÉRIO DE MEDICÃO E PAGAMENTO

7.1. Medição

A camada de reforço de solo-brita devidamente acabada e na espessura determinada pelo projeto será medida e paga por preço unitário de metro cúbico executado.

7.2. Pagamento

No preço unitário no item 7.1. deverão estar incluídos todas as despesas de execução bem como as dos materiais, transportes, administração, despesas indiretas, encargos diversos etc.

VALOR DO COEFICIENTE “K” PARA CONTROLE ESTATÍSTICO DO GRAU DE COMPACTAÇÃO

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		0,52
8	0,80	20	0,69	---	---
9	0,78	25	0,67	---	---



ESP-03/92
CAMADAS DE REFORÇO DO SUBLEITO DE
SOLO-BRITA DE GRANULOMETRIA DESCONTÍNUA

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_i – valores individuais da amostra

L – valor limite especificado na amostra