



IE – 02/2004

REFORÇO DO SUBLEITO COM SOLO SELECIONADO

1. OBJETIVO

O objetivo deste documento é a definição dos critérios para a execução de reforço do subleito com solo selecionado em obras da Prefeitura do Município de São Paulo.

2. DESCRIÇÃO

O serviço ao qual se refere a presente Instrução consiste no fornecimento, carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação de solo selecionado e compreende também a mão-de-obra e os equipamentos indispensáveis à execução e ao controle de qualidade do reforço de solo selecionado, de conformidade com a especificação apresentada seguir e detalhes executivos contidos no projeto.

O reforço de solo selecionado é uma camada constituída de material natural proveniente de jazidas, que apresenta estabilidade e durabilidade quando adequadamente compactada, limitada lateralmente pelo lado externo das escoras (bolas) das guias.

3. MATERIAIS

Os solos empregados devem ser isentos de matéria orgânica, impurezas e possuir características superiores às do material do subleito, sendo imprescindível que:

- a) Possuam índice de Suporte Califórnia (CBR) na energia normal, segundo o Método de Ensaio ME-9/92, superior ao apresentado pelo subleito.

Além de CBR superior ao do subleito, os solos empregados em camadas de reforço, devem atender as exigências constantes no Quadro 3.1.

- b) Sugere-se, sempre que possível, usar solos lateríticos dos grupos LA, LA' e LG' da classificação MCT.



IE – 02/2004

REFORÇO DO SUBLEITO COM SOLO SELECIONADO

Quadro 3.1

Camadas de reforço - Exigências a serem observadas

EXIGÊNCIAS MECÂNICAS E HIDRÁULICAS	VALORES ADMISSÍVEIS	MÉTODOS DE ENSAIO
CBR ou Mini-CBR com imersão	$\geq 1,5 \text{ CBR}_{\text{SL}}$	ME-54/92 ME-9/92
Expansão com sobrecarga padrão no ensaio de CBR ou Mini-CBR	$\leq 1,0 \%$	ME-54/92 ME-9/92

4. 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
- d) Irrigadeira de no mínimo 5.000 litros, equipada com moto-bomba, capaz de distribuir água sob pressão regulável e uniformemente
- e) Pulvimisturadora rebocável ou auto-propelida;
- f) Escarificador e grade de disco equipados com dispositivos para controle da profundidade de trabalho;
- g) Rolo compactador compatível com as características do material a ser compactado, capaz de produzir o grau de compactação e o acabamento especificado
- h) Compactador vibratório portátil ou sapos mecânicos
- i) Régua de madeira ou metálica, com arestas vivas e 3,0 metros de comprimento.



IE – 02/2004

REFORÇO DO SUBLEITO COM SOLO SELECIONADO

j) Pequenas ferramentas, tais como pás, enxadas, garfos, rastelos, etc.

Outros equipamentos poderão ser utilizados desde que aprovados pela Fiscalização.

5. EXECUÇÃO

5.1 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 IE-01: Preparo do Subleito do Pavimento.
- b) Caso a camada de reforço com solo selecionado não seja executada logo após a execução do preparo do subleito e, de modo especial, quando o mesmo esteve exposto à chuvas, deve-se efetuar no subleito as seguintes determinações:
 - Teor de umidade: deverá ser em torno do teor de umidade ótimo (H_{OT}) de compactação da camada superficial do subleito, não extrapolando o intervalo de $H_{OT} \pm 1,5 \%$. Se o teor de umidade for superior, a camada deverá secar até que as condições de umidade satisfaçam o limite indicado.
 - Grau de compactação: deverá atender as exigências indicadas no controle de recebimento da IE-01: Preparo do Subleito do Pavimento.

As áreas cujo grau de compactação for inferior ao limite necessário, deverão ser reconstruídas antes da execução da camada de solo selecionado.

- c) Eventuais defeitos da superfície da camada do subleito, deverão ser necessariamente reparados antes da execução da camada de reforço. Essa superfície deverá estar perfeitamente limpa e desempenada antes da execução do reforço de solo selecionado.



IE – 02/2004

REFORÇO DO SUBLEITO COM SOLO SELECIONADO

5.2 MISTURA E DISTRIBUIÇÃO

- a) O material importado será distribuído uniformemente sobre o subleito, devendo ser destorroado nos casos de correção de umidade, até que pelo menos 60% do total em peso, excluído o material graúdo, passe na peneira de 4,8 mm ($n^{\circ} 4$).
- b) Registro do número de passadas dos rolos compactadores, de modo a assegurar a obtenção do grau de compactação.
- d) Caso o teor de umidade do material destorroado seja superior em 2% ao teor ótimo determinado pelo ensaio de compactação executado de acordo com Método de Ensaio ME-7/92 deverá ser feita a aeração do mesmo com equipamento adequado, até reduzi-lo àquele limite.
- e) Se o teor de umidade do solo destorroado for inferior em mais de 2% ao teor ótimo de umidade acima referido, será procedida a irrigação até alcançar aquele valor. Concomitantemente com a irrigação deverá ser executada a homogeneização do material a fim de garantir uniformidade de umidade.
- f) O material umedecido e homogeneizado será distribuído de forma regular e uniforme em toda a largura do leito, de tal forma que após a compactação, sua espessura não exceda 15 cm.
- g) A execução de camadas com espessura superior a 15 cm só será permitida pela Fiscalização desde que se comprove que o equipamento empregado seja capaz de compactar em espessuras maiores, de modo a garantir a uniformidade do grau de compactação em toda a profundidade da camada.

5.3 COMPACTAÇÃO E ACABAMENTO

- a) A compactação deverá ser realizada através de equipamentos adequados ao tipo de solo, tais como: rolo pé-de-carneiro, pneumático ou vibratório e deverá progredir das bordas para o centro nos trechos retos e da borda mais baixa para a mais alta nas curvas, paralelamente ao eixo da faixa a ser pavimentada.



IE – 02/2004

REFORÇO DO SUBLEITO COM SOLO SELECIONADO

- b) Concluída a compactação do reforço, sua superfície deverá ser regularizada com moto-niveladora de modo que assuma a forma determinada pela seção transversal e demais elementos do projeto, sendo seu acabamento obtido através de equipamento adequado até que se apresente lisa e isenta de partes soltas e sulcadas, admitindo-se cortes, quando necessários, mas não se admitindo aterros.

6. CONTROLE DE EXECUÇÃO

6.1 CONTROLE DO SOLO DE EMPRÉSTIMO

- a) Determinação do CBR ou Mini-CBR do solo de empréstimo, através do ME-09/92 ou ME-54/92, para cada jazida de solo a ser utilizada, para determinação dos seguintes parâmetros:

- CBR
- Expansão
- massa específica aparente seca máxima ($\gamma_{m\acute{a}x}$)
- umidade ótima ($H_{\acute{o}t}$)

No caso de ser observada a mudança das características do solo ao longo da jazida, proceder a execução de novos ensaios, para cada variação do solo.

- b) Granulometria, segundo o Método de Ensaio ME-20/92.

6.2 CONTROLE DE EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

- a) Verificação do teor de umidade pelo Método de Ensaio ME-10/92 com aparelho Speedy ou similar, em cada camada, a razão de uma determinação para cada 400 m² de pista, ou no mínimo 3 determinações em amostras representativas de toda a espessura da camada e colhidas após conclusão das operações de umedecimento e homogeneização, para decidir se é possível iniciar a compactação.
- b) Determinação da massa específica aparente seca, obtida "in situ", pelo processo do frasco de areia e segundo o Método de Ensaio ME-12/92 com amostras



IE – 02/2004

REFORÇO DO SUBLEITO COM SOLO SELECIONADO

retiradas na profundidade de, no mínimo, 75% da espessura da camada, à razão de, no mínimo, uma determinação para cada 400 m² de camada compactada ou no mínimo 3 determinações, e referido à massa específica aparente seca máxima obtida no ensaio de compactação realizado pelo Método de Ensaio ME-7/92.

- c) Verificação visual da ocorrência de formação de lamelas superficiais e deformações plásticas (“borrachudos”).

6.3 CONTROLE GEOMÉTRICO

Consiste na determinação das cotas do eixo longitudinal e das bordas das seções transversais do reforço, com medidas a cada 20 m.

7. CONTROLE DE RECEBIMENTO

O reforço do subleito, executado de conformidade com esta especificação será recebido quando:

7.1 RECEBIMENTO DO SOLO

No que diz respeito às propriedades mecânicas e hidráulicas, se os valores máximos e mínimos decorrentes da amostragem atenderem aos seguintes requisitos:

- Mini-CBR ou CBR: $(\text{CBR} - K.S) \geq 1,5 \text{ CBR}_{\text{SL}}$
- Expansão com sobrecarga padrão (e): $(e + K.S) \leq 1,0\%$

Sendo:

CBR_{SL} = Índice de Suporte Califórnia do Subleito;

e = média dos valores individuais obtidos de expansão

S = desvio padrão;

K = coeficientes indicados no quadro 6.1, em função do número de elementos da amostra, no mínimo igual a cinco.



IE – 02/2004

REFORÇO DO SUBLEITO COM SOLO SELECIONADO

7.2 RECEBIMENTO COM BASE NO CONTROLE TECNOLÓGICO DA CAMADA EXECUTADA

- a) O teor de umidade da camada executada deverá ser em torno do teor de umidade ótima (H_{OT}) de compactação, obtido na energia de projeto, com variação de até 2%, dependendo do tipo de solo.
- b) O grau de compactação (GC), calculado a partir dos resultados obtidos nos ensaios referidos no item 6.1 alínea a) e item 6.2 alínea b), deverá atender aos seguintes requisitos:
- Não for obtido nenhum valor inferior a 100%;
 - Atender estatisticamente a seguinte condição:

$$\overline{GC} - K \cdot S \geq 100\% \quad \text{onde:}$$

$$\overline{GC} = \frac{\sum GC}{n} \quad \text{e} \quad S = \sqrt{\frac{\sum (GC_i - \overline{GC})^2}{n-1}}$$

\overline{GC} = média aritmética dos graus de compactação obtidos;

S = desvio padrão;

K = coeficiente indicado no Quadro 7.1 em função do número N de elementos da amostra, com um mínimo igual a três.

n = número de elementos da amostra

GC_i = valores individuais da amostra

Valores individuais inferiores a 95% do GC não poderão ser aceitos. Os trechos do subleito que não se apresentarem devidamente compactados, deverão ser escarificados e os materiais destorroados e recompactados.



IE – 02/2004

REFORÇO DO SUBLEITO COM SOLO SELECIONADO

Quadro 7.1

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	> 100	0,52
8	0,80	20	0,69	-	-
9	0,789	25	0,67	-	-

7.3 RECEBIMENTO COM BASE NO CONTROLE GEOMÉTRICO

- As cotas de projeto do eixo longitudinal do reforço, não deverão apresentar variações superiores a 1,5 cm;
- As cotas de projeto das bordas das seções transversais do reforço, não deverão apresentar variações superiores a 1,0 cm;
- Não serão toleradas espessuras inferiores às determinadas em projeto.

8. OBSERVAÇÕES DE ORDEM GERAL

- Durante todo o tempo que durar a execução da camada, até o seu recebimento, os materiais e os serviços serão protegidos contra ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los. É obrigação da Executora a responsabilidade desta conservação; não será permitida a execução dos serviços durante dias de chuva.
- O reforço de solo selecionado não deve ser submetido à ação direta das cargas e da abrasão do trânsito. No entanto, a Fiscalização poderá autorizá-lo quando, a seu critério, não venha a causar danos à superfície acabada, e não prejudique a



IE – 02/2004

REFORÇO DO SUBLEITO COM SOLO SELECIONADO

qualidade da camada de pavimento que será construída sobre a camada de reforço em questão.

9. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os serviços de reforço do subleito com solo selecionado, recebidos em conformidade com esta Instrução, serão medidos por metro cúbico de camada compactada e acabada, com base nas medidas contidas no projeto e confirmadas pela fiscalização.