TÍTULO

**SUB-BASE OU BASE DE SOLO ARENOSO FINO DE COMPORTAMENTO LATERÍTICO – SAFL**

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Arenoso. Laterítico. SAFL.

| APROVAÇÃO | PROCESSO |
|---|---|
| | |

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **DER/SP**. Manual de Normas – Pavimentação. **Seção 3.09**. Base de Solo Arenoso Fino Laterítico. São Paulo, 1991.

NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. Pavimentação de Baixo Custo com Solos Lateríticos. São Paulo, 1995. Ed. Villibor, p. 122 a 156.

VILLIBOR, D. F.; ALVES, D.M.L. Pavimentação de baixo custo para regiões tropicais: projeto e construção: novas considerações – 1. ed. – Florianópolis: Tribo da Ilha, 2019.

MINUTA

OBSERVAÇÕES

| REVISÃO | DATA | DISCRIMINAÇÃO |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

# ÍNDICE

**1 OBJETIVO ..... 3**
**2 DEFINIÇÃO ..... 3**
**3 MATERIAIS ..... 3**
**4 EQUIPAMENTOS ..... 4**
**5 EXECUÇÃO ..... 5**
5.1 Segmento Experimental ..... 5
5.2 Condições Gerais ..... 5
5.3 Transporte, Mistura, Distribuição e Umedecimento ..... 6
5.4 Compactação ..... 7
5.5 Acabamento ..... 7
5.6 Proteção e Impermeabilização ..... 8
5.7 Proteção Anticravamento ..... 8
5.8 Abertura ao Tráfego ..... 8
**6 CONTROLE ..... 9**
6.1 Controle dos Materiais ..... 9
6.2 Controle de Execução ..... 9
6.3 Controle Geométrico e de Acabamento ..... 9
6.4 Deflexões ..... 10
**7 ACEITAÇÃO ..... 10**
7.1 Materiais ..... 10
7.2 EXECUÇÃO ..... 11
7.3 Deflexões ..... 11
**8 CONTROLE AMBIENTAL ..... 11**
8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais ..... 12
8.2 Execução ..... 12
**9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO ..... 13**
**10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 13**
**ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE ..... 15**
**ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO ..... 19**

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

# 1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam a produção, execução, aceitação e medição de sub-base e base de solo arenoso fino de comportamento laterítico, SAFL, em obras rodoviárias sob a jurisdição do Departamento de Estradas e Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

# 2 DEFINIÇÃO

Bases e sub-bases de solos arenosos finos de comportamento laterítico, SAFL, são camadas constituídas de solos de graduação fina, de comportamento laterítico e pertencentes aos grupos LA, LA' e LG' da classificação MCT. Possuem uma fração de mais de 50% retida na peneira de abertura 0,075mm, constituída de areia de grãos de quartzo, e quando compactados adequadamente, apresentam grande estabilidade.

Nesta especificação são igualmente válidas as denominações: solo de comportamento laterítico ou simplesmente solo laterítico.

# 3 MATERIAIS

O solo arenoso fino laterítico, SAFL, deve satisfazer as seguintes exigências:

a) possuir as seguintes propriedades mecânicas e hidráulicas quando compactado na energia intermediária:
   - mini-CBR sem imersão ≥ 40%, conforme DER/SP ME-DE-P00/002(1);
   - perda de suporte por imersão inferior a 50%, isto é, RIS ≥ 50%, ou seja:

$$RIS = \left[\frac{MiniCBR_{2\,dias\,imersão}}{MiniCBR_{sem\,imersão}}\right] x100 \geq 50\% \;;$$

   - expansão com sobrecarga padrão ≤ 0,3%, determinado conforme DER/SPME-DE-P00/002(1);
   - contração, Kc, entre 0,1% e 0,5%, determinada conforme DER/SP ME-DE-P00/003(2), na umidade e densidade ótimas de compactação;
   - coeficiente de infiltração $10^{-2}$ cm/min$^{1/2}$ a $10^{-4}$ cm/min$^{1/2}$, determinado conforme DER/SP ME-DE-P00/004(3)

b) deve passar integralmente pela peneira de 2,00 mm de abertura ou possua porção pequena de material retida, cuja retirada não altere substancialmente as propriedades do solo, granulometria determinada conforme NBR 7181(4);

c) deve pertencer aos grupos LA, LA' e LG' da classificação MCT, determinada conforme DER/SP ME-DE-P00/006(5).

Sempre que possível, recomenda-se que seja obedecida a seguinte sequência de preferência de escolha dos tipos – ver Figura 1:

a) tipo I, com prioridade da subárea próxima à interface com tipo II, c' compreendido entre 1,3 e 1,8;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

b) tipo II, com prioridade da subárea próxima à interface com tipo I, c' compreendido entre 1,0 e 1,3;

c) tipo III, com prioridade da subárea próxima à interface com tipo II, c' compreendido entre 0,7 e 1,0;

d) tipo IV, c' compreendido entre 0,3 e 0,7 e e' maior 1,0.

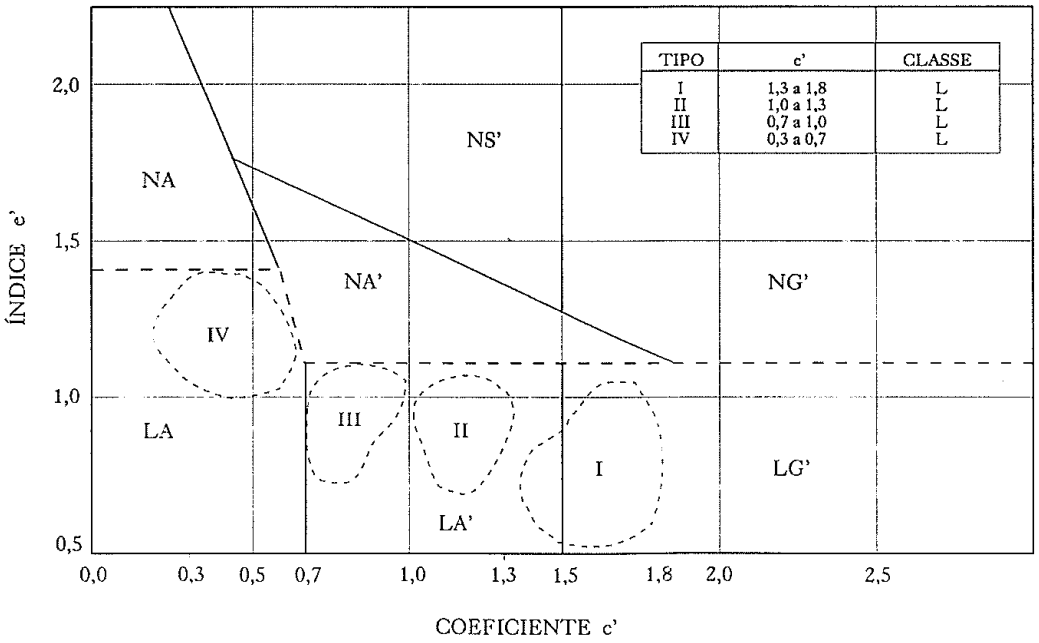


**Figura 1 – Hierarquização dos SAFL de Acordo com a Classificação MCT**

## 4 EQUIPAMENTOS

Antes do início dos serviços todo equipamento deve ser examinado e aprovado pelo DER/SP.

O equipamento básico para a execução da sub-base ou base de solo arenoso fino laterítico compreende as seguintes unidades:

a) caminhões para transporte dos materiais, com caçamba basculante;

b) pá-carregadeira;

c) motoniveladora com escarificador, equipada com dispositivos para controle da profundidade de trabalho;

d) caminhão tanque irrigador de água, com no mínimo 6.000 litros de capacidade, equipado com moto bomba, capaz de distribuir água uniformemente e sob pressão regulável;

e) trator agrícola, arados e grade de disco,

f) rolo tipo pé de carneiro, de peso variável, estático ou vibratório;

g) rolo de rodas lisas, estáticos ou vibratórios;

h) rolo de pneus de pressão variável, de no mínimo 2,5 kgf/cm² a 8,5 kgf/cm²;

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

i) compactador vibratório portátil ou sapos mecânicos, uso eventual;

j) duas réguas de madeira ou metal, uma de 1,20 e outra de 3,0 m de comprimento;

k) pequenas ferramentas, tais como pás, enxadas, garfos, rastelos etc.

# 5 EXECUÇÃO

## 5.1 Segmento Experimental

A execução do primeiro segmento de sub-base ou base de solo arenoso fino laterítico, que deverá ter o mínimo de 200 metros de extensão, será considerado experimental, para obtenção dos objetivos:

a) Verificar se o material que chega ao campo apresenta características que atendam as indicadas no projeto. Caso isso não ocorra, realizar um novo estudo para este fim.

b) Definir o processo construtivo da camada (distribuição do material, equipamentos de compactação e número de passadas de cada um deles) para obter uma camada integra de solo arenoso fino laterítico, assim como seu grau de compactação de projeto.

As diretrizes estabelecidas no segmento experimental, desde que homologadas pelos engenheiros responsáveis da contratada e contratante, serão utilizadas na execução dos novos segmentos de sub-base ou base de solo arenoso fino laterítico, que tenham o mesmo projeto.

A execução do segmento experimental deverá atender aos itens 5.2 ao 5.8 da especificação.

## 5.2 Condições Gerais

Não é permitida a execução dos serviços em dia de chuva.

A camada de sub-base e base de solo arenoso fino laterítico só pode ser executada quando a camada subjacente estiver liberada, quanto aos requisitos de aceitação de materiais e execução.

A superfície a receber a camada de sub-base ou base de solo arenoso fino laterítico deve estar perfeitamente limpa, isenta de lama e demais agentes prejudiciais, desempenada e sem excessos de umidade, além de ter recebido prévia aprovação por parte da fiscalização.

Os eventuais defeitos da superfície da camada subjacente devem ser necessariamente reparados antes da execução da base ou sub-base.

Caso a execução sub-base ou base de solo arenoso fino laterítico não seja realizada logo após a camada de apoio subjacente e ela tenha sido exposta a chuvas, para sua execução é necessária uma nova avaliação de suas características, a saber:

a) O teor de umidade da camada subjacente deverá estar no máximo 3% acima do teor ótimo de compactação preconizado em seu projeto. Caso o teor de umidade seja superior a camada deverá secar ou ser retrabalhada, até que sua condição de umidade atenda ao limite;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

b) Após o teor de umidade estar dentro do limite, efetuar a compactação se a camada for retrabalhada e, posteriormente, o controle do grau de compactação, tanto na camada seca ao ar quanto na camada retrabalhada, que deverá atender ao projeto da camada subjacente;

c) Nas regiões que não atendam o grau de compactação por terem sido danificadas pelas chuvas, a camada subjacente deverá ser retrabalhada para atender seu projeto, antes da distribuição da camada de solo arenoso fino laterítico.

Durante todo o tempo que durar a execução da sub-base ou base de solo arenoso fino laterítico, SAFL, os materiais e os serviços devem ser protegidos contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los. É obrigação da executante a responsabilidade desta conservação.

## 5.3 Transporte, Mistura, Distribuição e Umedecimento

O solo deve ser transportado em caminhões basculantes, depositado sobre a pista em leiras ou montes de dimensões constantes, tanto quanto possível, de modo a facilitar sua distribuição na pista. O espalhamento do material sobre a pista deve ser executado com motoniveladora.

Concluída a distribuição, devem ser iniciadas as operações de destorroamento, umedecimento ou secagem do solo para se obter a uniformização do teor de umidade. Este teor deve estar compreendido entre ± 1 ponto percentual da umidade ótima de compactação, determinado pelo ensaio de compactação, conforme NBR 7182[(6)], com energia intermediária.

O ajuste e a uniformização da umidade são obtidos pela ação combinada da grade de disco, caminhão tanque irrigador, escarificador e da lâmina da motoniveladora.

Caso o teor de umidade do material seja superior a 1% do teor ótimo determinado pelo ensaio de compactação, conforme NBR 7182[(6)], deve-se proceder à aeração do material, com equipamento adequado, até reduzi-lo ao intervalo de teor de umidade de compactação compreendido entre ± 1,0 % da umidade ótima.

A eventual perda de umidade da camada superior do solo, cerca de 5 cm, em consequência da insolação e ação de ventos, pode ser corrigida pelas seguintes operações:

a) umedecimento e homogeneização, realizados durantes os trabalhos ou em fim de tarde;

b) quando necessário novo umedecimento e homogeneização, realizada no início da manhã seguinte;

c) ajuste no teor de umidade e início imediato da compactação.

O material umedecido e homogeneizado deve ser espalhado com motoniveladora, de forma regular e uniforme em toda a largura da plataforma, de forma tal que, após a compactação, sua espessura não exceda 20 cm nem seja inferior a 10 cm.

O espalhamento deve ser executado de forma que as juntas longitudinais não fiquem situadas abaixo de trilhas de rodas e as juntas transversais não fiquem no mesmo alinhamento entre as diferentes camadas do pavimento.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

## 5.4 Compactação

Na fase inicial da obra devem ser executados segmentos experimentais, conforme indicado no item 5.1, de modo a definir os procedimentos a serem obedecidos nos serviços de compactação. Deve-se estabelecer o número de passadas necessárias dos equipamentos de compactação para atingir o grau de compactação especificado.

Deve ser realizada nova determinação sempre que houver variação no material ou do equipamento empregado.

Nos trechos em tangente, a compactação deve ser executada das bordas para o centro, em percurso equidistante da linha de base, eixo. O percurso ou passadas do equipamento utilizado deve distar entre si de forma tal que, em cada percurso, seja coberta metade de faixa do percurso anterior.

Nos trechos em curva, havendo superelevação, a compactação deve progredir da borda mais baixa para a mais alta, com percursos análogos aos descritos para trechos em tangente.

Nas partes adjacentes ao início e ao fim da camada em construção, a compactação deve ser executada transversalmente à linha do eixo. Nos locais inacessíveis aos rolos compactadores, como cabeceiras de obra de arte etc., a compactação deve ser executada com compactadores portáteis, manuais ou mecânicos.

As operações de compactação devem prosseguir até que se atinja o grau de compactação de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, obtida na energia intermediária de acordo com NBR 7182[(6)].

No processo de compactação deverá utilizar-se, de preferência, rolo pé de carneiro de patas longas estático, que deve dar um número de passadas suficiente até que não haja mais penetração na base, das patas do equipamento. Após esta fase, a compactação da camada, se necessário, deve prosseguir preferencialmente com uso de rolos de pneumáticos de pressão variável até o final da compactação.

## 5.5 Acabamento

Após o término da compactação, deve-se iniciar o acabamento da superfície. O acabamento deve ser feito exclusivamente por corte, com motoniveladora, logo após ligeiro umedecimento da camada compactada. O acabamento deve ser realizado com o uso de rolo pneumático de pressão variável.

Após o término das operações de acabamento, se possível, a camada de sub-base ou base deve permanecer em processo de perda de umidade pelo período de 60 horas. A perda de umidade propicia o aumento da coesão, aumento de suporte, melhoria das condições de recebimento da imprimação betuminosa e pleno desenvolvimento de trincas de contração.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

## 5.6 Proteção e Impermeabilização

As operações de imprimação só podem ser executadas após o período mínimo de secagem prévia da camada. Previamente, deve-se varrer a camada, para eliminar toda poeira e o material solto, e umedecimento 15 minutos antes da aplicação da imprimadura. A camada deve ser irrigada, com cuidado para não encharcá-la, a uma taxa de água entre 0,5 l/m² e 1,0 l/m², a fim de propiciar uma melhor penetração da imprimação.

A imprimação deve ser feita com material e taxa definidos em projeto ou conforme as especificações de serviço, de modo que, na pista, haja uma penetração entre 6 mm e 10 mm.

Não é permitido o tráfego sobre a sub-base ou base imprimada antes que ela esteja seca. Isto ocorre, normalmente, após um período de 72 horas.

Às bases que não necessitam de camada de proteção anticravamento é aconselhável a abertura do tráfego após a cura da imprimação, pelo período de até 20 dias, com tráfego não muito intenso para que eventuais defeitos e pontos frágeis da camada sejam revelados e, possam ser corrigidos.

## 5.7 Proteção Anticravamento

Os solos pertencentes aos tipos I e II da Figura 1 geralmente produzem bases coesivas. Entretanto, os solos do tipo III e IV possuem baixa coesão e podem produzir uma base fraca, mesmo depois de imprimada.

A baixa coesão é extremamente prejudicial quanto ao comportamento da camada, principalmente, na qualidade da interface base-camada de rolamento. O agregado da camada betuminosa sobrejacente rompe a superfície da base, durante a compactação, penetrando na camada inferior, deixando o ligante asfáltico livre e provocando exsudações.

Quando a interface é frágil, consequência da baixa coesão, a camada de rolamento pode, sob a ação do tráfego, soltar-se ou escorregar, devido ao rompimento da superfície da base, ocasionado pelo agregado da primeira camada da capa de rolamento, durante a compactação.

Nos casos de bases de baixa coesão, deve-se executar uma camada de proteção sobre a camada imprimada. A camada de proteção consiste em um revestimento betuminoso, normalmente o tratamento superficial simples invertido.

A camada de proteção anticravamento, independentemente do tipo de solo utilizado, deve ser executada para tráfegos mais intensos, com número N maior que $5 \times 10^6$ solicitações do eixo padrão, uma vez que, nesta condição, é comum a penetração do agregado da camada de rolamento na base.

## 5.8 Abertura ao Tráfego

A liberação parcial somente está autorizada conforme item 5.4.; do contrário, não é permitida a liberação do tráfego ao usuário face à possibilidade de danos ao serviço executado, especialmente sob condições climáticas adversas.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

# 6 CONTROLE

## 6.1 Controle dos Materiais

Os solos utilizados na sub-base e base devem ser submetidos aos ensaios abaixo discriminados, a cada 1.500 m²:

- ensaio de índice de suporte Mini-CBR com e sem imersão, com determinação da expansão sem sobrecarga padrão, compactados na energia intermediária, conforme DER/SP ME-DE-P00/002(1);
- determinação da RIS;
- determinação da contração dos solos compactados, conforme DER/SP ME-DE-P00/003(2);
- determinação do coeficiente de infiltração $10^{-2}$ cm/min$^{1/2}$ a $10^{-4}$ cm/min$^{1/2}$, conforme DER/SP ME-DE-P00/004(3);
- análise granulométrica, conforme NBR 7181(4);
- classificação do solo de acordo com a metodologia MCT, conforme DER/SP M 196(5) ME-DE-P00/006(5).

## 6.2 Controle de Execução

O controle da execução da camada deve ser realizado através dos seguintes procedimentos:

a) determinação da massa específica aparente seca máxima e umidade ótima de compactação, conforme NBR 7182(6), na energia intermediária, com amostras coletadas na pista; 1 ensaio a cada 350 m² de pista;

b) determinação do teor de umidade com umidímetro *Speedy*, conforme NBR 16097(7) ou similar, a cada 150 m² de pista; mínimo de 3 determinações em amostras representativas de toda a espessura da camada, colhidas após a conclusão das operações de umedecimento e homogeneização;

c) determinação umidade e da massa específica aparente seca *in situ*, de acordo com NBR 7185(8), utilizando o funil com diâmetro de 10,2 cm, e o respectivo grau de compactação a partir dos parâmetros obtidos na alínea a, em amostras retiradas na profundidade de no mínimo 75% da espessura da camada; 1 determinação a cada 150 m² de pista compactada;

d) registro do número de passadas dos rolos compactadores, de modo assegurar a obtenção do grau de compactação.

## 6.3 Controle Geométrico e de Acabamento

### 6.3.1 Controle de Espessura e Cotas

A espessura da camada e as diferenças de cotas devem ser determinadas pelo nivelamento da seção transversal, a cada 20 m, conforme nota de serviço.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

A relocação e o nivelamento do eixo e das bordas devem ser executados a cada 20 m. Devem ser nivelados os pontos no eixo, bordas e dois pontos intermediários.

### 6.3.2 Controle da Largura e Alinhamentos

A verificação do eixo e das bordas deve ser feita durante os trabalhos de locação e nivelamento nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. A largura da plataforma acabada deve ser determinada por medidas à trena, executadas pelo menos a cada 20 m.

### 6.3.3 Controle de Acabamento da Superfície

O acabamento da superfície dos diversos segmentos concluídos deve ser verificado com duas réguas, uma de 1,20 m e outra 3,00 m de comprimento, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação.

## 6.4 Deflexões

Deve-se verificar as deflexões recuperáveis máximas ($D_0$) da camada a cada 20 m por faixa alternada e 40 m na mesma faixa, através da viga *Benkelman*, conforme DNER ME 024[(9)], ou FWD – *Falling Weight Deflectometer*, de acordo com DNER PRO 273[(10)].

# 7 ACEITAÇÃO

Os serviços são aceitos e passíveis de medição desde que atendam simultaneamente as exigências de materiais e de execução, estabelecidas nesta especificação e discriminadas as seguir:

## 7.1 Materiais

### 7.1.1 Solos

Os solos são aceitos desde que:

a) os resultados Mini-CBR, sem imersão, calculados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através da equação 3 do anexo B, sejam iguais ou superiores a 40%;

b) os resultados da determinação da relação mini-CBR imerso/ Mini-CBR sem imersão-RIS, analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através da equação 3 do anexo B, sejam iguais ou maiores a 50%;

c) os valores individuais de expansão, com sobrecarga, sejam iguais ou inferiores a 0,3%;

d) os resultados de contração analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através de controle bilateral conforme indicado no anexo B; possua variação entre 0,1 e 0,5%;

e) os resultados de coeficiente de infiltração analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através de controle bilateral conforme indicado no anexo B, possuam variação máxima entre é $10^{-2}$ a $10^{-4}$ cm/min$^{1/2}$;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

f) os resultados individuais da granulometria demonstrem que o material passa integralmente pela peneira de abertura 2,00 mm de abertura, ou possui uma pequena porção de material retido nesta peneira, cuja retirada não altera substancialmente as propriedades do solo, e possua no mínimo 50% retido na peneira de abertura de 0,075mm;

g) quando classificados de acordo com a metodologia MCT, os solos pertençam a um dos seguintes grupos da classificação MCT: LA, LA' ou LG'.

## 7.2 EXECUÇÃO

### 7.2.1 Grau de Compactação

O grau de compactação é aceito desde que não sejam obtidos valores individuais inferiores a 100%, ou os valores de grau de compactação, analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através da equação 3 do anexo B, sejam iguais ou superiores a 100%.

### 7.2.2 Geometria

Os serviços executados são aceitos, quanto à geometria, desde que:

a) as variações individuais das cotas obtidas estejam compreendidas no intervalo de -2 cm a +1 cm em relação à de projeto;

b) não se obtenham diferenças nas espessuras superiores a 10% em relação a espessura de projeto, em qualquer ponto da camada;

c) a espessura determinada estatisticamente através, controle bilateral, conforme anexo B, situe-se no intervalo de ± 5% em relação à espessura prevista em projeto;

d) não se obtenham valores individuais da semilargura da plataforma inferiores as de projeto;

e) o abaulamento transversal esteja compreendido na faixa de ± 0,5 % em relação ao valor de projeto, não se admitindo depressões que propiciem o acúmulo de água.

O acabamento da superfície é aceito desde que a variação máxima entre dois pontos de contato, de qualquer uma das réguas e a superfície da camada seja inferior a 0,5 cm.

## 7.3 Deflexões

A deflexão característica de cada subtrecho determinada de acordo equação 4 do anexo B, para número mínimo 15 determinações, deve ser a estabelecida em projeto.

# 8 CONTROLE AMBIENTAL

Os procedimentos de controle ambiental referem-se à proteção de corpos d'água, da vegetação lindeira e da segurança viária. A seguir são apresentados os cuidados e providências para proteção do meio ambiente, a serem observados no decorrer da execução da sub-base ou base de solo arenoso fino laterítico.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

## 8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais

Devem ser observados os seguintes procedimentos na exploração das ocorrências de materiais:

a) para as áreas de apoio necessárias à execução dos serviços devem ser observadas as normas ambientais vigentes no DER/SP;

b) na exploração de áreas de empréstimo, a contratada só poderá executar escavações nas áreas previstas no projeto ou naquelas que tiverem sido projetadas e especialmente aprovada pela fiscalização durante a construção. A exploração da área de empréstimo somente pode ser iniciada após a obtenção da autorização ambiental, qualquer alteração deve ser objeto de complementação;

c) os serviços de desmatamento, destocamento e limpeza devem ser feitos dentro do limite da área autorizada; o material retirado deve ser estocado de forma que, após sua exploração, o solo orgânico possa ser reutilizado na recuperação da área;

d) caso seja necessário promover o corte de árvores, para instalação das atividades, deverá ser obtida autorização dos órgãos ambientais competentes, sendo que os serviços deverão considerar os critérios impostos pelos órgãos. Em hipótese alguma será admitida a queima da vegetação como forma de supressão ou mesmo a queima dos resíduos do corte: troncos e ramos;

e) deve ser evitada a localização de áreas de apoio em áreas com restrições ambientais como: reservas ecológicas ou florestais, áreas de preservação permanente, de preservação cultural etc., ou mesmo em suas proximidades;

f) durante sua exploração, as áreas devem ser mantidas com drenagem adequada, de modo a evitar o acúmulo de águas bem como processos erosivos;

g) deve-se planejar adequadamente a exploração da área, de modo a minimizar os impactos decorrentes e a facilitar a recuperação ambiental da área, que deve ser executada tão logo esteja concluída a exploração.

## 8.2 Execução

Durante a execução devem ser conduzidos os seguintes procedimentos.

a) deve ser implantada a sinalização de alerta e de segurança de acordo com as normas pertinentes aos serviços;

b) deve ser proibido o tráfego dos equipamentos fora do corpo da estrada para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural;

c) caso haja necessidade de estradas de serviço fora da faixa de domínio, deve-se proceder o cadastro de acordo com a legislação vigente;

d) as áreas destinadas ao estacionamento e manutenção dos veículos devem ser devidamente sinalizadas, localizadas e operadas de forma que os resíduos de lubrificantes ou combustíveis não sejam carreados para os cursos d'água. As áreas devem ser recuperadas ao final das atividades;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

e) todos os resíduos de lubrificantes ou combustíveis utilizados pelos equipamentos, seja na manutenção ou operação dos equipamentos, devem ser recolhidos em recipientes adequados e dada a destinação apropriada;

f) é proibida a disposição de materiais provenientes da escarificação nas bordas da pista de forma causar soterramento da vegetação lindeira. A remoção de materiais quando necessária deve obedecer a especificação técnica: depósito de materiais excedentes;

g) deve-se providenciar a execução de barreiras de proteção, tipo leiras de solo, quando as obras estiverem próximas a cursos d'água ou mesmo sistema de drenagem que descarregue em cursos d'água, para evitar o carreamento de solo ou queda, de blocos ou fragmentos de rocha em corpos d´água próximos a rodovia;

h) é obrigatório o uso de EPI, equipamentos de proteção individual, pelos funcionários.

## 9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O serviço é medido em metros cúbicos de camada acabada, cujo volume é calculado multiplicando-se as extensões obtidas a partir do estaqueamento pela área da seção transversal de projeto.

A escavação, o transporte e a compactação do solo são pagos de acordo com os preços unitários contratuais correspondentes da especificação ET-DE-P00/002[(11)].

O serviço recebido e medido da forma descrita é pago conforme o respectivo preço unitário contratual, que incluem: homogeneização do solo, perdas, espalhamento, umedecimento, compactação e acabamento, abrangendo inclusive a mão-de-obra com encargos sociais, BDI e equipamentos necessários aos serviços, e outros recursos utilizados de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas, excluindo a imprimação da camada.

Caso seja necessário a execução de proteção anticravamento, conforme item 5.6, este serviço será medido em item específico.

| DESIGNAÇÃO | UNIDADE |
|---|---|
| 23.04.07.02 - Sub-base ou base de solo arenoso fino de comportamento laterítico | m³ |

## 10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **DER/SP ME-DE-P00/002** – Determinação do índice do suporte de mini-CBR e de expansão de solos compactados com equipamento miniatura. São Paulo, 2021.

2 ___. **DER/SP ME-DE-P00/003** – Determinação da contração de solos compactados em equipamento miniatura. São Paulo, 2021.

3 ___. **DER/SP ME-DE-P00/004** – Determinação dos coeficientes de infiltrabilidade de água em solos compactados com equipamento miniatura. São Paulo, 2021.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

4 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181.** Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.

5 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **DER/SP ME-DE-P00/006** – Método de classificação de solos tropicais, segundo a metodologia MCT. São Paulo, 2021.

6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**. Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2016.

7 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16097**. Solo - Determinação do teor de umidade - Métodos expeditos de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

8 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7185** – Determinação da massa específica aparente *in situ*, com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro, 2016.

9 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 024**. Pavimento – Determinação das deflexões pela Viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.

10 **____**. **DNER PRO 273**. Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo "Falling Weight Deflectometer – FWD". Rio de Janeiro, 1996.

11 **___**. **DER/SP ET-DE-P00/002** – Reforço do Subleito. São Paulo, 2021.

_____

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

## ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

| ENSAIO | MÉTODO | FREQUÊNCIA | CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS | ACEITAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| **1. CONTROLE DOS MATERIAIS** | | | | |
| Índice de suporte Mini-CBR, sem e com imersão, compactado na energia intermediária | ME-DE-P00/002(1) | 1 ensaio a cada 1.500m² de pista | Controle Estatístico Unilateral $X = \bar{X} - KS \geq LIE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras | Mini CBR sem imersão ≥ 40% |
| Determinação da RIS | $RIS = \left[\frac{MiniCBR_{2\ dias\ imerso}}{MiniCBR_{sem\ imersão}}\right] x100$ | 1 ensaio a cada 1.500m² de pista | Controle Estatístico Unilateral $X = \bar{X} - KS \geq LIE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras | RIS ≥ 50% |
| Expansão, com sobrecarga padrão | ME-DE-P00/002(1) | 1 ensaio a cada 1.500m² de pista | Resultados individuais | Expansão ≤ 0,3% |
| Contração | ME-DE-P00/003(2) | 1 ensaio a cada 1.500m² de pista | Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \geq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras | Variação admitida 0,1% a 0,5% |
| Coeficiente de infiltração | ME-DE-P00/004(3) | | | Variação admitida $10^{-2}$ a $10^{-4}$ cm/min $^{1/2}$ |

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

| ENSAIO | MÉTODO | FREQUÊNCIA | CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS | ACEITAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| Análise granulométrica por sedimentação | NBR 7181(4) | 1 ensaio a cada 1.500m² de pista | Resultados individuais | A granulometria individual é aceita desde que o material passe integralmente pela peneira de 2,00 mm de abertura, ou possua pequena porção de material retido nesta peneira, cuja retirada não altera substancialmente as propriedades do solo, e possui no mínimo 50% retido na peneira de abertura de 0,075mm |
| Classificação MCT | ME-DE-P00/006(5) | 1 ensaio a cada 1.500m² de pista | Resultados individuais | Pertencer a um dos seguintes grupos da classificação MCT: LA, LA' ou LG'. |
| **2. CONTROLE DA EXECUÇÃO** | | | | |
| Massa especifica aparente seca máxima e umidade ótima | NBR 7182(6) | 1 ensaio a cada 350m² de pista | Resultados individuais | Parâmetro de controle |
| Teor de umidade | NBR 16097(7) | 1 ensaio a cada 150m² de pista, imediatamente antes a compactação | Resultados individuais | Parâmetro de controle |
| Massa específica aparente seca, in situ, e o respectivo grau de compactação | NBR 7185(8) | 1 ensaio a cada 150m² de pista compactada | Resultados Individuais<br>ou<br>Controle Estatístico Unilateral<br>$X = \bar{X} - KS \geq LIE$<br>Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras | Resultados Individuais<br>GC ≥ 100%<br>ou<br>GCest ≥ 100%. |
| Deve também adotar com parâmetro do grau de compactação, o controle do número de passagens do rolo, ou rolos compactadores. O número de passagens deve ser igual, desde que haja homogeneidade no material que está sendo compactado e seja utilizado o mesmo equipamento. | | | | |

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/conclusão

| ENSAIO | MÉTODO | FREQUÊNCIA | CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS | ACEITAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| **3. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO** | | | | |
| Espessuras e cotas | Relocação e nivelamento topográfico<br>Medidas de trena | A cada 20m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários. | Resultados individuais | Variação no eixo longitudinal e das cotas das bordas, nas seções transversais não devem ser superiores a - 2,0 à +1,0 cm das cotas de projeto<br><br>Variação máxima admitida na espessura é de 10% da espessura de projeto, em qualquer ponto da camada; |
| Largura e alinhamentos da plataforma | | A cada 20 m | Resultados individuais | Não se admite valores para semilargura inferiores aos previstos em projeto |
| Acabamento da superfície | Duas réguas, uma de 1,20m e outra 3,0m de comprimento, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada. | A cada 20 m | Resultados individuais | A variação máxima admitida, entre dois pontos de contado, de qualquer uma das réguas e a superfície da camada é de 0,5 cm. |
| **4. DEFLEXÕES** | | | | |
| Determinação das deflexões | Viga Benkelman DNER ME 024[9]<br>ou<br>FWD<br>DNER PRO 273[10] | A cada 20 m por faixa alternada, a cada 40 m na mesma faixa, determinar $D_0$; | Controle Unilateral<br>$X = \overline{X} + KS \leq LSE$<br>Análise de no mínimo 15 determinações | A deflexão característica de cada subtrecho deve ser a estabelecida em projeto |

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

# ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

## Tabela B-1 – Controle Estatístico

| Parâmetro | | |
|---|---|---|
| 1 - Média aritmética da amostra ( $\overline{X}$ ) | $\overline{X} = \frac{\sum X_i}{N}$ | Onde:<br>**$X_i$** = valor individual da amostra;<br>**N** = nº de determinações efetuadas;<br>**K =** coeficiente unilateral tabelado em função do número de amostras;<br>**$K_1$ =** coeficiente bilateral tabelado em função do número de determinações;<br>**LSE** = limite superior especificado;<br>**LIE** = limite inferior especificado. |
| 2 – Desvio-padrão da amostra (S) | $S = \sqrt{\frac{\sum(\overline{X} - X_i)^2}{N-1}}$ | |
| **Controle Unilateral** | | |
| 3 - Controle pelo limite inferior<br><br>4- Controle pelo limite superior | $X = \overline{X} - KS \geq LIE$<br>Ou<br>$X = \overline{X} + KS \leq LSE$ | |
| **Controle Bilateral** | | |
| 5 - Controle pelo limite inferior e superior | $X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$<br>e<br>$X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$ | |

## Tabela B-2 – Valores K – Tolerância Unilateral e K1 Tolerância Bilateral

| N | K | $K_1$ | N | K | $K_1$ | N | K | $K_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4** | 0,95 | 1,34 | **10** | 0,77 | 1,12 | **25** | 0,67 | 1,00 |
| **5** | 0,89 | 1,27 | **12** | 0,75 | 1,09 | **30** | 0,66 | 0,99 |
| **6** | 0,85 | 1,22 | **14** | 0,73 | 1,07 | **40** | 0,64 | 0,97 |
| **7** | 0,82 | 1,19 | **16** | 0,71 | 1,05 | **50** | 0,63 | 0,96 |
| **8** | 0,80 | 1,16 | **18** | 0,70 | 1,04 | **100** | 0,60 | 0,92 |
| **9** | 0,78 | 1,14 | **20** | 0,69 | 1,03 | **∞** | 0,52 | 0,84 |

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.