TÍTULO

SUB-BASE OU BASE DE SOLO-CIMENTO

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Solo. Cimento. Pavimentação.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DERSA DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. **ET-P00/048**. Solo-cimento. São Paulo, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 143/2010 – ES.** Pavimentação – base de solo-cimento. Rio de Janeiro, 2010.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **DER/SP**. Manual de Normas – Pavimentação. **Seção 3.03**. Sub-bases e bases de solo-cimento. São Paulo, 1991.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ. **DER/PR ES-P 11/18.** Pavimentação: Solo-cimento e solo tratado com cimento. Curitiba, 2018.

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

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.

ÍNDICE

1 OBJETIVO 4
2 DEFINIÇÃO 4
3 MATERIAIS 4
3.1 Cimento 4
3.2 Água 4
3.3 Solo 4
3.4 Mistura Solo-Cimento 5
3.5 Aditivos 5
4 EQUIPAMENTOS 5
4.1 Mistura Processada na Pista 5
4.2 Mistura Processada na Usina 6
5 EXECUÇÃO 7
5.1 Condições Gerais 7
5.2 Produção da Mistura 7
5.3 Espalhamento 9
5.4 Compactação 9
5.5 Acabamento 10
5.6 Juntas de Construção 10
5.7 Cura 11
5.8 Abertura ao Tráfego 11
6 CONTROLE 11
6.1 Controle dos Materiais 11
6.2 Controle da Produção do Solo-Cimento 12
6.3 Controle da Execução 13
6.4 Controle Geométrico e de Acabamento 13
6.5 Deflexões 14
7 ACEITAÇÃO 14
7.1 Materiais 14
7.2 Produção 15
7.3 Execução 15
7.4 Deflexões 16
8 CONTROLE AMBIENTAL 16

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 16
8.2 Execução 16
9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO 17
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 18
ANEXO A - TABELAS DE CONTROLE 20
ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO 25

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 dos serviços de sub-bases e bases de solo-cimento em obras rodoviárias sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

2 DEFINIÇÃO

A sub-base e base de solo-cimento é o produto endurecido resultante da cura úmida da mistura homogênea compactada de solo, cimento e água, em proporções estabelecidas em projeto e determinadas por ensaios prévios de laboratório por dosagem experimental.

3 MATERIAIS

3.1 Cimento

O cimento empregado deve atender a especificação de material DNER-EM 036/95(1), para recebimento e aceitação do material, e a norma NBR 16697(2) para os requisitos de todos os tipos de cimento Portland.

3.2 Água

A água deve ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais. Deve atender aos requisitos estabelecidos pela DNER-EM 034/97(3) e NBR 15900-1-11(4).

3.3 Solo

Os solos empregados devem ser os provenientes de ocorrências de materiais das áreas de empréstimo e jazidas, preferencialmente solos de comportamento laterítico e pertencente aos grupos LA, LA' e LG', segundo a classificação MCT (ME-DE-P00-006(5)), priorizando os dois primeiros grupos, devendo apresentar as seguintes características:

a) limite de liquidez menor que 40%, determinado conforme NBR 6459(6);

b) índice de plasticidade menor que 18%;

c) a curva granulométrica do material deve enquadrar-se nas faixas da Tabela 1;

d) a faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer à tolerância indicada para cada peneira na Tabela 1, porém, sempre respeitando os limites da faixa granulométrica;

e) não deve conter matéria orgânica e outras impurezas nocivas.

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.

Tabela 1 – Faixa Granulométrica do Solo

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando	Tolerância
ASTM	mm		
3”	76	100	-
No 4	4,8	50 – 100	± 5%
No 40	0,42	15 – 100	± 2%
No 200	0,075	5 – 35	± 2%

3.4 Mistura Solo-Cimento

A mistura de solo-cimento deve ser dosada conforme os critérios estabelecidos em projeto, onde a porcentagem de cimento a ser incorporada ao solo deve sempre ser determinada em relação a massa de solo seco.

3.4.1 Teor de Cimento

Define-se teor de cimento em massa, a relação entre a massa de cimento a ser aplicada e a massa de solo seco, multiplicado por 100.

A porcentagem em massa de cimento a ser incorporada ao solo para constituição da mistura deve ser fixada de modo a atender a resistência à compressão simples, aos sete dias de cura, superior a 2,1 MPa.

3.5 Aditivos

A executante pode, a seu ônus e se autorizado pela fiscalização, utilizar aditivos plastificantes ou retardadores de pega. A utilização de aditivos não deve acarretar diminuição da resistência do solo-cimento.

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-cimento compreende as seguintes unidades:

4.1 Mistura Processada na Pista

a) motoniveladora;

b) pulvimisturadoradoras;

c) trator agrícola com arados e grade de discos;

d) caminhão tanque irrigador de água com, no mínimo, 6.000 litros de capacidade, equipado com motobomba capaz de distribuir água sob pressão regulável e de forma uniforme;

e) rompedores, uso eventual;

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) rolos compactadores tipos: pé de carneiro, liso, vibratório, estático e pneumático de pressão variável;

g) duas réguas de madeira ou metal, uma de 1,20 e outra de 3,00 m de comprimento;

h) compactadores portáteis, manuais ou mecânicos;

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

4.2 Mistura Processada na Usina

a) caminhões basculantes;

b) motoniveladora equipada com escarificador;

c) caminhão tanque irrigador de água com, no mínimo, 6.000 litros de capacidade, equipado com motobomba capaz de distribuir água sob pressão regulável e de forma uniforme;

d) pá carregadeira;

e) rompedores, eventuais;

f) rolos compactadores tipos: pé de carneiro, liso, vibratório, estático e pneumático de pressão variável;

g) duas réguas de madeira ou metal, uma de 1,20 e outra de 3,00 m de comprimento;

h) compactadores portáteis, manuais ou mecânicos;

i) pequenas ferramentas, tais como: pás, enxadas, garfos, rastelos etc.;

j) distribuidores de solo, capazes de produzir camadas uniformes nas espessuras definidas no projeto e com adensamento;

k) usina de misturas de solos, para volume de solo-cimento superior a 25.000 m³.

As centrais de usina devem ser constituídas de:

- silos: para cimento e solo, providos de comportas e equipados com dispositivo que permita a produção contínua da mistura;
- correia transportadora: que transportem os solos e o cimento, na proporção conveniente, até o equipamento misturador;
- misturador: constituído, normalmente, de uma caixa metálica tendo no seu interior, como elementos misturadores, dois eixos dotados de pás tipo *pug-mill* que rodam em sentido contrário, providos de chapa metálica em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes e que, devido ao seu movimento, jogam os materiais contra as paredes, ao mesmo tempo em que os faz avançar até a saída do equipamento;
- reservatórios de água e canalizações que permitam aspergir a água, após a homogeneização da mistura seca, deixando-a no teor de umidade ótimo previsto;
- equipamento de carga de caminhões constituído de um silo, abastecido por transportadores de correia ou elevadores de canecas e colocado de modo que o caminhão transportador possa receber, por gravidade, a mistura. Este dispositivo é utilizado quando não é possível deixar o misturador na altura adequada, para que o

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.

carregamento se faça por gravidade.

5 EXECUÇÃO

5.1 Condições Gerais

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

A camada de sub-base e base de solo-cimento só deve ser executada quando a camada subjacente estiver liberada quanto aos requisitos de aceitação de materiais e execução.

A superfície deve estar perfeitamente limpa, desempenada e sem excessos de umidade antes da execução da sub-base ou base de solo-cimento.

Durante todo o tempo que durar a execução da sub-base ou base de solo-cimento, 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.

5.2 Produção da Mistura

5.2.1 Mistura Processada em Usina

A usina deve ser calibrada racionalmente, de forma assegurar a obtenção das características desejadas para as misturas dos materiais.

Os solos empregados na mistura devem sofrer processo de pulverização até que se obtenha grau de pulverização de no mínimo 80%.

Os materiais que integram a mistura devem ser acumulados nos silos da usina, devendo ser previsto o eficiente abastecimento, de modo a evitar a interrupção da produção.

A mistura deve sair da usina perfeitamente homogeneizada, com teor de umidade ligeiramente acima da umidade ótima, de forma a fazer frente às perdas no decorrer das operações construtivas subsequentes.

O material deve ser transportado em caminhões basculantes, protegidos com lonas para que o material não perca umidade e nem receba água de chuva.

O tempo decorrido entre a adição de cimento e água no misturador e o início do espalhamento não deve ser superior a 1 hora, a menos que, a critério da fiscalização, e devidamente comprovado por ensaios, constate a possibilidade de aumentar este tempo.

Em qualquer hipótese o limite de tempo entre a produção e o final da compactação está fixado em 3 horas.

Não é permitida a estocagem do material usinado.

5.2.2 Mistura Processada na Pista

No caso de utilização de material do próprio subleito ou material importado e já descarregado

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 espalhado na pista, o processamento da mistura na pista deve obedecer às seguintes fases da execução:

a) preparo da faixa:

Antes de iniciar o preparo da faixa, a drenagem deve estar concluída.

Todo material impróprio deve ser removido ou substituído e a faixa deve estar nivelada e preparada, de modo a atender ao projeto.

b) pulverização e homogeneização do solo:

Durante a fase de pulverização, deve-se manter o colchão de solo solto dentro da espessura prevista no projeto, com emprego do escarificador da motoniveladora.

No processo de pulverização e homogeneização exige-se que no mínimo, 80% em massa do material miúdo sejam reduzidos a partículas de diâmetro inferior a 4,8 mm.

A pulverização deve ser executada com pulvimisturadora; quando não for possível a sua utilização desde o início das operações, a pulverização dever ser iniciada com motoniveladora, grades de disco e arados, mas deve sempre ser concluída com pulvimisturadora.

Para pulverização pode ser necessário o pré-umedecimento do solo, para facilitar a operação.

Salvo determinação da fiscalização, a extensão da faixa escarificada e pulverizada não deve exceder à que possa ser tratada com cimento em 2 dias de trabalho.

5.2.2.1 Distribuição do cimento

Após a pulverização e regularização do solo, o cimento deve ser distribuído uniformemente na superfície, em toda a largura de faixa, segundo o teor especificado pela dosagem, por processo manual ou mecânico.

Quando a distribuição a granel for realizada por processo mecânico, as espalhadoras de cimento devem operar em velocidade regular e reduzida obtendo vazão de espalhamento constante e uniforme do cimento. Este equipamento deve ser aferido e aprovado pela fiscalização.

Nenhum equipamento, exceto o usado para o espalhamento e mistura, pode trafegar sobre o cimento espalhado antes de ser misturado ao solo.

Quando a distribuição for manual, a distribuição dos sacos de cimento na pista deve ser realizada de forma uniforme, equidistantes uns dos outros. O cimento dos sacos deve ser distribuído longitudinalmente e posteriormente espalhado com rodos de madeira.

Antes do espalhamento com rodos de madeira os sacos de cimento devem ser contados e anotados, para conferência do teor de cimento utilizado na mistura.

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.

5.2.2.2 Mistura do Cimento, Umedecimento e Homogeneização

Imediatamente após a distribuição do cimento, a mistura com solo deve ser executada em toda a espessura da camada pela ação da pulvimisturadora. A mistura deve ser repetida continuamente pelo tempo necessário de modo assegurar uma mistura completa, uniforme e íntima do solo com o cimento, até que se obtenha uma tonalidade uniforme em toda a espessura.

Após concluída a mistura e homogeneização do material, deve-se proceder ao umedecimento da camada. A adição de água deve ser feita progressivamente, não sendo aconselhável que, em cada passada do carro-tanque, o teor de umidade do solo aumente mais que um ponto percentual. A cada aplicação de água, devem-se seguir operações de revolvimento para evitar o acúmulo desta na superfície.

A incorporação de água à mistura deve ser executada sem interrupção de forma que o teor de umidade fique compreendido entre -2,0% a +1,0%, da umidade ótima de compactação, determinado conforme NBR 12023[(7)].

O tempo decorrido entre a adição da água na mistura solo-cimento e o início do espalhamento não deve ser superior a 1 hora, a menos que, a critério da fiscalização, e devidamente comprovado por ensaios, constate-se a possibilidade de aumentar este tempo.

Em qualquer hipótese o limite de tempo entre a adição da água e o final da compactação está fixado em 3 horas.

5.3 Espalhamento

A mistura de solo-cimento deve ser adequadamente espalhada e conformada, de forma que a espessura solta seja suficiente para que se obtenha a espessura da camada acabada definida em projeto, nunca inferior a 10 cm e no máximo 20 cm. As sub-bases ou bases de espessuras superiores a 20 cm devem ser executadas em mais de uma camada.

A mistura processada em usina deve ser espalhada com o distribuidor de solos, capaz de distribuir a mistura de solo-cimento em espessura uniforme, sem produzir segregação e de forma a evitar conformação adicional da camada, e que ao final das operações de compactação resulte na espessura definida em projeto.

A mistura processada na pista deve ser espalhada e conformada com a motoniveladora.

5.4 Compactação

Na fase inicial da obra, devem ser executados segmentos experimentais, com formas diferenciadas de execução, na sequência operacional de utilização dos equipamentos 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, além do respectivo tempo gasto para finalização das operações.

Deve ser realizada nova determinação sempre que houver variação do material ou do equipamento empregado.

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.

O teor de umidade do solo-cimento imediatamente antes do início das operações de compactação, deve estar compreendido no intervalo –2,0% à +1,0% da umidade ótima de compactação.

A compactação de solos arenosos ou pouco argilosos deve ser feita, de preferência, com o emprego de rolos vibratórios corrugados e rolos pneumáticos de pressão variável, que assegurem a obtenção do grau de compactação exigido nesta especificação.

A compactação de solos argilosos deve ser iniciada com o emprego de rolos pé de carneiro e terminada com rolos vibratórios corrugados e lisos ou, de preferência, com rolos pneumáticos de pressão regulável.

Nos trechos em tangente, a compactação deve ser executada das bordas para o centro, em percursos equidistantes da linha base, eixo. Os percursos ou passadas do equipamento utilizado devem distar entre si de forma tal que, em cada percurso, seja coberta metade da faixa coberta no percurso anterior.

Nos trechos em curva, havendo sobrelevação, 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 ou a especificada em projeto, obtida conforme NBR 12023[(7)].

Ao final das operações de compactação, se necessário a camada pode ser levemente umedecida de forma que a umidade seja mantida na umidade ótima ou ligeiramente próximo a desta.

O intervalo tempo máximo permitido entre o início e o término das operações de compactação é de 2 horas.

5.5 Acabamento

Após a conclusão da compactação, deve ser feito o acerto final da superfície com motoniveladora, somente em operações de corte, complementado em seguida por algumas passadas com rolos pneumáticos de pressão variável.

5.6 Juntas de Construção

Ao fim de cada jornada de trabalho, ou em caso de interrupção dos serviços, deve ser executada uma junta transversal de construção, mediante corte vertical da camada, podendo ser utilizado rompedores, ferramentas manuais ou lâmina da motoniveladora.

As juntas transversais de construção não devem coincidir entre dois panos de serviços adjacentes.

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 face da junta deve ser umedecida antes da colocação da camada subsequente.

As juntas transversais não devem coincidir com os locais de juntas da camada subjacente anteriormente executada.

Juntas de construção longitudinais devem ser evitadas, executando-se a camada em toda a largura da pista, em uma única etapa.

Nas juntas geradas nos pontos de início e fim da execução da camada, a compactação deve ser executada transversalmente ao eixo da pista.

5.7 Cura

Todo o trecho, logo após a sua execução de acordo com esta especificação, deve ser submetido a um processo de cura, devendo ser protegido contra a perda rápida de umidade, por pelo menos sete dias. A pintura de cura deve ser constituída por imprimação com emulsão asfáltica tipo RR-2C.

A emulsão asfáltica tipo RR-2C deve ser aplicada com caminhão à razão de 0,6 l/m². Sua aplicação deve ser executada sobre a superfície limpa com jato de ar comprimido, e suficientemente umedecida. O material deve ser aspergido, em uma única aplicação e na temperatura adequada.

O emprego de processos de cura alternativos, de comprovada eficiência, pode ser admitido, a critério da fiscalização ou previamente aprovado pelo DER/SP.

5.8 Abertura ao Tráfego

A sub-base ou base de solo-cimento não deve ser submetida à ação direta das cargas e da abrasão do tráfego. Não deve ser executado pano muito extenso, para que a camada não fique exposta à ação de intempéries que possam prejudicar sua qualidade.

O tráfego deve ser interditado e deve-se também impedir o deslocamento de qualquer equipamento até que a camada tenha resistência compatível com sua solicitação de carga, no mínimo de sete dias, a imprimação esteja completamente rompida e curada.

6 CONTROLE

6.1 Controle dos Materiais

6.1.1 Cimento

Todo carregamento de cimento e cal que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado de qualidade que ateste que:

- o cimento atende o preconizado na norma de recebimento e aceitação DNER-EM 036/95[(1)];
- atenda NBR 16697[(2)] para os requisitos de todos os tipos de cimento Portland.
- realizar um ensaio de finura, conforme NBR 11579[(8)], a cada 2.000 m² de camada

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.

acabada, ou sempre que houver dúvidas sobre a sanidade do cimento.

6.1.2 Água

Deve ser examinada sempre que houver dúvida sobre a sua sanidade, conforme DNER-EM 034/97(3) e NBR 15900-1-11(4).

6.1.3 Solo

Devem ser executados os ensaios abaixo discriminados, com materiais coletados na pista ou na jazida. Os lotes para coleta de material deverão corresponder a 1.500 m² de camada acabada.

a) análise granulometria do solo, de acordo com NBR 7181(9);
b) limite de liquidez, conforme NBR 6459(6);
c) limite de plasticidade, conforme NBR 7180(10);
d) classificar o solo de acordo com a metodologia MCT, conforme ME-DE-P00-006(5).

6.2 Controle da Produção do Solo-Cimento

6.2.1 Mistura Processada na Pista

a) antes da aplicação do cimento
   - determinar o grau de pulverização do solo por meio de peneiramento do material com peneira de abertura 4,8 mm, para lotes de materiais que correspondam a 1.000 m².

b) determinar o teor de cimento
   - se a distribuição do cimento for realizada por processo mecânico, uma determinação a cada 8 horas por jornada de trabalho, por intermédio de pesagens;
   - se a distribuição do cimento for manual efetuar contagem do número de sacos de cimento consumidos, e comparar com o estabelecido no projeto de dosagem da mistura, para subtrecho em execução.

c) para as misturas processadas na pista, em cada subtrecho, determinar o intervalo de tempo decorrido entre o início do umedecimento e seu término. O intervalo máximo admitido entre a incorporação da água à mistura solo-cimento, e o início do espalhamento para a compactação é de 1 hora.

6.2.2 Mistura Processada na Usina

Determinar o teor de cimento através da razão entre a diferença de massas da mistura com cimento e sem adição de cimento, pela massa da mistura com adição de cimento, multiplicado por 100. Realizar uma determinação por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver indícios de falta de cimento. As coletas de material, com e sem adição de cimento, são realizadas numa mesma extensão de correia *L* da correia transportadora em intervalos de tempo iguais de descarga do material sobre a correia.

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.

Para cada carregamento e espalhamento, determinar o intervalo de tempo decorrido entre a saída da mistura da usina e o início da compactação. O intervalo máximo admitido entre a incorporação do cimento e da água no misturador e o início do espalhamento para a compactação é de 1 hora.

6.3 Controle da Execução

O controle da execução da camada deve ser realizado pelos seguintes procedimentos:

a) determinação do teor de umidade com umidímetro *Speedy*, conforme DER/SP M 145[(11)] ou similar, imediatamente antes da compactação, 1 determinação a cada 150 m², ou quantas vezes forem necessárias; se o teor de umidade deve estar compreendido no intervalo de -2,0% a + 1,0% da umidade ótima, o material pode ser liberado para compactação;

b) determinação da massa específica aparente seca máxima e umidade ótima, conforme NBR 12023[(7)], na energia intermediária, em amostras coletadas na pista; 1 ensaio a cada 350 m² de pista;

c) moldagem de corpos cilíndricos com material retirado na pista imediatamente antes da compactação, conforme NBR 12024[(12)] a cada 250m² para determinação da resistência a compressão simples, aos 28 dias de cura, conforme NBR 12025[(13)], e a cada 750m² para determinação da resistência aos 7 dias de cura para avaliação dos resultados iniciais em relação à resistência final a ser atingida;

d) determinação, após o término da compactação, do teor de umidade e massa específica aparente seca *in situ*, de acordo com NBR 7185[(14)] utilizando o funil com diâmetro de 15,2 cm, e o respectivo grau de compactação, em relação os valores obtidos na alínea b, em amostras retiradas na profundidade de no mínimo 75% da espessura da camada; 1 determinação a cada 150 m² de pista compactada;

e) anotação do intervalo de tempo entre o início e final da compactação, que não deve ser superior a 2 horas, para cada subtrecho executado;

f) devem ser registrados os locais de aplicação da mistura, sempre associados às datas de produção e com os respectivos ensaios de controle tecnológico.

6.4 Controle Geométrico e de Acabamento

6.4.1 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.

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.

6.4.2 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

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.

20 m.

6.4.3 Controle do Acabamento da Superfície

O acabamento da superfície dos diversos segmentos concluídos é 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.

Cabe à fiscalização a avaliação sistemática da eficiência do processo de proteção à cura, com base em inspeção visual, para averiguação das condições de umedecimento da superfície e manutenção da integridade da pintura de cura.

6.5 Deflexões

Deve-se verificar as deflexões recuperáveis máximas (D_0) da camada, após sete dias de cura, a cada 20 m por faixa alternada e 40 m na mesma faixa, através da viga *Benkelman*, conforme DNER-ME 024/94[15], ou FWD, *Falling Weight Deflectometer*, de acordo com DNER-PRO 273/96[16].

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 a seguir.

7.1 Materiais

7.1.1 Cimento

O cimento é aceito desde que o certificado de qualidade ateste o atendimento da especificação de material de aceitação e recebimento de cimento, DNER-EM 036/95[1], apresente índice de finura satisfatório, e que o material atenda à norma NBR 16697[2] para os requisitos de todos os tipos de cimento Portland.

7.1.2 Água

A água é aceita desde seja isenta de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais à hidratação do cimento. Quando houver indícios sobre a sanidade da água é aceita desde que atenda DNER-EM 034/97[3] e NBR 15900-1-11[4].

7.1.3 Solo

Os solos são aceitos desde que:

a) os resultados da granulometria da mistura analisados estatisticamente, para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral conforme anexo B, estejam dentro faixa granulométrica de trabalho estabelecida no projeto de dosagem da mistura;

b) apresentem resultados individuais LL < 40% e IP < 18%~~.~~;

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.

c) caso o solo seja laterítico, confirmar se o solo se enquadra no grupo da classificação MCT obtido no projeto da mistura de solo-cimento.

7.2 Produção

7.2.1 Pulverização

A pulverização é aceita desde que os resultados individuais indiquem grau de pulverização maior ou igual a 80%.

7.2.2 Teor de Cimento

A variação individual admitida para o teor de cimento, tanto para a mistura processada na pista, com distribuição mecânica de cimento, quanto para a mistura processada em usina, é de ± 0,5 ponto percentual do teor de cimento do projeto da mistura.

Para mistura processada na pista, com distribuição manual de cimento, o número de sacos de cimento consumido no subtrecho em análise é aceito se igual ao determinado no projeto da mistura.

7.3 Execução

7.3.1 Resistência

Os resultados da análise estatística das resistências características estimadas compressão simples, obtidas através da equação 3 do anexo B, devem ser maiores ou iguais a resistência do projeto da estrutura do pavimento.

Não são admitidos resultados de resistência à compressão simples inferiores a 90% da especificada.

7.3.2 Compactação

O grau de compactação é aceito desde que não sejam obtidos valores individuais inferiores a 100%, ou os resultados da análise feita 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%.

7.3.3 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) não se obtenham valores individuais da semi-largura da plataforma inferiores as de projeto;

d) 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.

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.

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.

7.4 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 à segurança viária. A seguir são apresentados os cuidados e providências para proteção do meio ambiente a serem observados no decorrer da sub-base ou base de solo-cimento.

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 os serviços devem ser executados seguindo 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:

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

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;

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 e o transporte de solo são pagos de acordo com os preços unitários contratuais correspondentes da especificação ET-DE-P00/002 - Reforço do Subleito, descontando-se os percentuais de acréscimo de cimento.

Os serviços recebidos e medidos da forma descrita são pagos conforme os respectivos preços unitários contratuais, que incluem: o fornecimento de material, homogeneização da mistura em usina devidamente calibrada ou na pista, perdas, carga e descarga do material usinado, espalhamento, 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.

Qualquer um dos materiais utilizados na camada acabada já se encontra incluído no preço unitário da sub-base ou base de solo-cimento, exceto a pintura de cura da camada.

DESIGNAÇÃO	UNIDADE
23.04.01.01.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 3% - Usina	m^3
23.04.01.02.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 4% - Usina	m^3

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.

23.04.01.03.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 5% - Usina	m³
23.04.01.04.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 6% - Usina	m³
23.04.01.05.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 7% - Usina	m³
23.04.01.06.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 8% - Usina	m³
23.04.01.07.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 9% - Usina	m³
23.04.01.08.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 10% - Usina	m³
23.04.01.09.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 11% - Usina	m³
23.04.01.10.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 12% - Usina	m³
23.04.01.11.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 3% - Pulvemisturador	m³
23.04.01.12.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 4% - Pulvemisturador	m³
23.04.01.13.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 5% - Pulvemisturador	m³
23.04.01.14.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 6% - Pulvemisturador	m³
23.04.01.15.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 7% - Pulvemisturador	m³
23.04.01.16.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 8% - Pulvemisturador	m³
23.04.01.17.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 9% - Pulvemisturador	m³
23.04.01.18.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 10% - Pulvemisturador	m³
23.04.01.19.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 11% - Pulvemisturador	m³
23.04.01.20.01 - Sub-base ou base de solo-cimento 12%- Pulvemisturador	m³

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-EM 036/95 -** Cimento Portland – recebimento e aceitação. Rio de Janeiro, 1995.

2 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**. Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

3 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-EM 034/97 –** Água para argamassa e concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 1997.

4 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900-1-11**. Água para amassamento do concreto. Rio de Janeiro, 2009.

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 6459**. Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016.

7 ____. **NBR 12023** – Solo-cimento – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2012.

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 ____. **NBR 11579**. Cimento Portland. Determinação da finura por meio da peneira de 75 micrômetros (número 200). Rio de Janeiro, 2012.

9 ____. **NBR 7181** – Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2018.

10 ____. **NBR 7180**. Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016.

11 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **DER/SP M 145.** Método de determinação da umidade de solos pelo "speedy". São Paulo, 1960.

12 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12024** – Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2012.

13 ____. **NBR 12025 –** Solo-cimento – Ensaio de compactação simples de corpos cilíndricos. Rio de Janeiro, 2012.

14 ____. **NBR 7185**. Solo - Determinação da massa específica aparente, "in situ", com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro, 2016.

15 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 024/94**. Pavimento – determinação das deflexões pela Viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.

16 ____. **DNER-PRO 273/96**. Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo "falling weight deflectometer – FWD". Rio de Janeiro, 1996.

_____

/ANEXO A

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.

1. CONTROLE DOS MATERIAIS				
ENSAIO	**MÉTODO**	**FREQÜÊNCIA**	**CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS**	**ACEITAÇÃO**
1.1 Cimento				
Cimento Portland – qualquer tipo Realizar módulo de finura	NBR 11579(8)	a cada 2.000m² de camada acabada..	Resultados Individuais	Atender DNER-EM 036/95(1) NBR 16697(2) Módulo de finura satisfatório
1.2 Água				
Qualidade da água	DNER-EM 034/97(3) NBR 15900-1-11(4)	Sempre que houver dúvida sobre a sua sanidade	Resultados individuais	Ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, matéria orgânica ou outras substâncias nocivas e atender DNER-EM 034/97(3) e NBR 15900-1-11(4)
1.3 Solo				
Análise granulométrica	NBR 7181(9)	1 ensaio a cada 1.500m² de pista	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Valores obtidos estatisticamente devem estar dentro dos limites da faixa de granulométrica definida no projeto de dosagem da mistura
Limite de Liquidez Limite de Plasticidade	NBR 6459(6) NBR 7180(10)		Resultados Individuais	LL < 40% IP < 18%
Classificação MCT Ensaio de Compactação de solos com equipamento miniatura Determinação da perda de massa por imersão de solos compactados com equipamento miniatura	ME-DE-P00-006(5)	1 ensaio a cada 1.500m² de pista	Resultados individuais	Parâmetro de controle

/continua

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	FREQÜÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
2. CONTROLE DA PRODUÇÃO				
2.1 Misturas Processadas na Pista				
2.1.1 Antes da adição de cimento				
Determinar o grau de pulverização	Peneiramento através da peneira de 4,8mm, excluindo o material retido na peneira 9,5mm.	1 ensaio para lotes que correspondam a 1.000m²	Resultados individuais	grau de pulverização maior ou igual a 80%.
2.1.2 Depois da adição de cimento – Misturas com distribuição mecânica do cimento				
Teor do cimento – distribuição mecânica	Efetuar pesagem	1 determinação a cada 8 hs de jornada de trabalho.	Resultados individuais	± 0,5% do teor ótimo da mistura
Teor de cal ou cimento – com distribuição manual.	Efetuar a contagem de sacos	Em cada subtrecho executado.	Resultados individuais	Número de sacos (kg) consumidos igual ao previsto no projeto da mistura
2.2 Misturas Processadas na Usina				
Teor de cimento – misturas processadas em usina	Razão entre a diferença de massas da mistura com e sem adição de cimento pela massa da mistura com adição de cimento; As coletas de material, com e sem adição de cimento, são realizadas em uma mesma extensão *L* da correia transportadora em intervalos de tempo iguais.	No mínimo 1 determinação por jornada de 8 h de trabalho, e sempre que houver suspeita de falta de cimento.	Resultados individuais	± 0,5% do teor ótimo de cimento da mistura

/continua

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	FREQÜÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
3. CONTROLE DA EXECUÇÃO				
Massa específica aparente seca máxima e umidade ótima	NBR 12023(7)	1 ensaio a cada 350m² de pista	Resultados individuais	Parâmetro de controle
Teor de umidade	DER/SP M 145(11)	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(14)	1 ensaio a cada 150m² de pista compactada	Controle Estatístico Unilateral $X = \overline{X} - KS \geq LIE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Resultados Individuais GC ≥ 100% ou GCest ≥ 100%
Moldagem de corpos cilíndricos, imediatamente antes da compactação Determinação da resistência à compressão simples aos 7 e 28 dias de cura.	NBR 12024(12) NBR 12025(13)	1 determinação a cada a cada 250 m² de pista para determinação da resistência a compressão aos 28 dias de cura; 1 determinação a cada 750m², de pista para determinação da resistência a compressão aos 7 dias de cura;	Resultados individuais e Controle Unilateral $X = \overline{X} - KS \geq LIE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 exemplares	Resistência a compressão aos 28 dias de cura: Fctest ≥ Fctproj Não serão admitidos valores individuais inferiores a 90% da especificada
Verificação do intervalo de tempo decorrido entre o início e término da compactação	Diferença entre os horários do início e o término da compactação	Para cada subtrecho compactado	Resultados individuais	Intervalo máximo admitido: 2 horas

/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	FREQÜÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
4. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
Espessuras e cotas	Relocação e nivelamento topográfico 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 -2,0cm à +1,0cm das cotas de projeto 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 semi–largura 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 contato, de qualquer uma das réguas e a superfície da camada é de 0,5cm.
5. DEFLEXÕES				
Determinação das deflexões	Viga Benkelman DNER-ME 024/94[15] FWD DNER-PRO 273/96[16]	A cada 20 m por faixa alternada, a cada 40 m na mesma faixa, determinar D_0;	Controle Unilateral $X = \overline{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 15 determinações	A deflexão característica de cada subtrecho deve ser menor a estabelecida em projeto.

/ANEXO B

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

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

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.