TÍTULO

PAVIMENTAÇÃO – SUB-BASE E BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO

PALAVRAS-CHAVE

Pavimentação. Especificação de Serviços. Base e Sub-base de Solo Melhorado com Cimento.

DIRETORIA INTERESSADA

Diretoria de Obras Rodoviárias

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **NORMA DNIT 142/2010 – ES**. Pavimentação – Base de Solo Melhorado com Cimento. Especificação de serviço. 09 páginas.

Agência Goiana de Transportes e Obras. **AGETOP-ES-P 05/01**. Base de Solo Melhorado com Cimento. Especificação Técnica. 18 páginas.

SERVIÇOS RELACIONADOS

Reforço Estabilizado Granulometricamente. Sub-Base e Base Estabilizadas Granulometricamente. Base de Solo Melhorado com Cimento.

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

SUMÁRIO

1 – DEFINIÇÃO 3
2 – REFERÊNCIAS NORMATIVAS 3
3 – MATERIAIS 4
3.1 – Cimento Portland 4
3.2 – Água 4
3.3 – Solos 5
3.4 – Mistura 6
4 – EQUIPAMENTOS 6
5 – EXECUÇÃO 8
5.1 – Condições Gerais 8
5.2 – Produção da Mistura 9
5.3 – Compactação 11
5.4 – Acabamento 12
5.5 – Liberação ao Tráfego 12
6 – CONTROLE 13
6.1 – Controle dos insumos 13
6.2 – Controle da execução 16
6.3 – Controle Geométrico 17
6.4 – Plano de amostragem e Condições de Aceitação 17
7 – MANEJO AMBIENTAL 18
8 – MEDIÇÃO E PAGAMENTO 20

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

1 – DEFINIÇÃO

SUB-BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO (SBSMC) – É a camada do Pavimento Asfáltico situada imediatamente abaixo da camada de BASE, constituída de uma mistura compactada de solo, cimento e água, previamente determinadas por processo próprio de dosagem em laboratório. Os teores usuais de cimento estão situados na faixa de 2 a 4%, em peso, em relação ao total da mistura.

BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO (BSMC) – É a Camada do Pavimento Asfáltico situada imediatamente abaixo do Revestimento Asfáltico, constituída de uma mistura compactada de solo, cimento e água, previamente determinadas por processo próprio de dosagem em laboratório. Os teores usuais de cimento estão situados na faixa de 2 a 4%, em peso, em relação ao total da mistura.

A camada **deverá ser estabilizada granulométrica**, sendo que a incorporação do cimento tem por objetivo a melhoria das propriedades físicas do solo, visando adequar as propriedades técnicas da mistura às especificadas em norma.

2 – REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Para aplicação desta Especificação de Serviço são indispensáveis os seguintes documentos:

2.1) Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 035/1998.** Agregados – determinação de abrasão “Los Angeles” . Método de Ensaio. 7 páginas.

2.2) Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 052/1994.** Solos e Agregados Miúdos – Determinação da Umidade com o emprego do “Speedy”. Método de Ensaio. 04 páginas.

2.3) Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 054/1997.** Equivalente de Areia. 10 páginas.

2.4) Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes. **DNIT-ME 0172/1994.** Solos-determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas. Método de Ensaio. 15 páginas.

2.5) Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 080/1994.** Solos – análise granulométrica por peneiramento. Método de Ensaio. 4 páginas.

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

2.6) Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 082/1994.** Solos – Determinação do limite de plasticidade. Método de Ensaio. 3 páginas.

2.7) Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 092/1994.** Solos – Determinação da Massa Específica Aparente "In Situ", com emprego do Frasco de Areia. Método de Ensaio. 5 páginas.

2.8) Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 122/1994.** Solos – Determinação do limite de liquidez - Método de referência e Método expedito. Método de Ensaio. 7 páginas.

2.9) Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes. **DNIT-ME 160/2012.** Solos – Determinação da expansibilidade. Método de Ensaio. 7 páginas.

2.10) Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes. **DNIT-ME 164/2013.** Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas. Método de Ensaio. 7 páginas.

2.11) Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-PRO 277/97.** Metodologia para controle estatístico de obras e serviços. 7 páginas.

2.12) Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 16697/2018.** Cimento Portland **- Requisitos**. 12 páginas.

2.13) Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 12023/2012.** Solo-Cimento – Ensaio de compactação. 07 páginas.

2.14) Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 16372/2015.** Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine). 11 páginas.

3 – MATERIAIS

3.1 Cimento Portland

Deverá obedecer às especificações da Norma DNER EM 036/95 e às da ABNT NBR 5732/91, NBR 11579/91.

3.2 Água

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Deverá ser limpa e isenta de substâncias nocivas, tais como: sais, ácidos, óleos, álcalis, açucares, matéria orgânica ou outros elementos prejudiciais à reação do cimento.

3.3 Solos

Os solos antes da mistura com cimento e água para emprego em Base de Solo Melhorado com Cimento devem satisfazer às seguintes condições:

- Granulometria enquadrada numa das seguintes faixas granulométricas (DNER-ME 80/94)

ASTM	Abertura (mm)	Faixas						Tolerância %
		A	B	C	D	E*	F*	
2”	50,8	100	100	-	-	-	-	± 7
1”	25,4	-	75-90	100	100	100	100	± 7
3/8”	9,5	30-65	40-75	50-85	60-100	-	-	± 7
n.º 4	4,8	25-55	30-60	35-65	50 - 85	55-100	70-100	± 5
n.º 10	2	15-40	20-45	25-50	40 - 70	40-100	55-100	± 5
n.º 40	0,42	8-20	15-30	15-30	25 - 45	20 - 50	30 - 70	± 2
n.º 200**	0,074	2-8	5-15	5-15	5-20	6-20	8-25	± 2

* Somente para N ≤ 5 x 10^6 (número de repetições do eixo simples padrão calculado pelo Método DNER/1966, correspondente ao período de projeto).

** A porcentagem do material que passa na peneira n.º 200 não deve ultrapassar 2/3 da porcentagem que passa na peneira n.º 40.

- material retido na peneira n.º 10 deve ser constituído de partículas duras e duráveis, isentas de fragmentos moles, alongados ou achatados, isento de matéria vegetal ou outra substância prejudicial e apresentando valores de abrasão “Los Angeles” menores ou iguais a 65% (DNER-ME 035/1994).

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

3.4 Mistura

a) A mistura projetada de solo melhorado com cimento, para emprego como camada de Sub-Base, deverá atender aos seguintes parâmetros:

- ISC (Índice de Suporte Califórnia) igual ou superior a 20%, o ensaio ISC sendo realizado segundo o DNIT-ME 172/2016 com a energia do DNIT-ME 164/2013 ou especificada no Projeto.

- A expansão medida no ensaio CBR não deve ser superior a 1%

b) A mistura projetada de solo melhorado com cimento, para emprego como camada de Base, deverá atender aos seguintes parâmetros:

- Limite de liquidez igual ou inferior a 25% (DNER-ME 122/94) e índice de plasticidade igual ou inferior a 6% (DNER-ME 82/94).

- ISC (Índice de Suporte Califórnia), obtido de acordo com a energia de compactação especificada em projeto, igual ou superior a: 60% para $N \leq 5 \times 10^6$ (número de repetições do eixo simples padrão calculado pelo Método de Projeto DNER/1966, correspondente ao período de projeto); 80% para $N > 5 \times 10^6$.

  Nota: Se houver carência de material na região e se $N \leq 2{,}5 \times 10^6$, pode-se considerar o limite mínimo de 40% para o ISC.

- A expansão medida no ensaio ISC, na energia especificada em projeto, não deve ser superior a 0,5%.

4 – EQUIPAMENTOS

O equipamento deverá ser aquele capaz de executar os serviços sob as condições especificadas e produtividade seguida, podendo ser rejeitado pela fiscalização a qualquer momento, caso não esteja em condições de operação. A seguir a equipe mínima para a execução dos serviços.

4.1 Para misturas em pista:

a) Caminhão basculante;

b) Motoniveladora;

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

c) Trator com Grade de Discos;

d) Caminhões Distribuidores de água;

e) Rolos Compactadores tipo: vibratório autopropelido "*pata curta*", liso vibratório, liso pneumático, definidos a partir do tipo de material a ser compactado.;

f) Caminhão distribuidor de cimento – É obrigatório o uso deste equipamento, não se permitindo o espalhamento manual do cimento. Exceto para pequenas obras, quando especificado em projeto, poderá ser utilizado o espalhamento manual ou ainda para contratos antigos cuja as especificações vigentes na época não previam o espalhamento por equipamento distribuidor.

4.2 Para misturas em usinas:

a) Usina de Solos ("Central de Mistura") deverá ser constituída essencialmente do seguinte:

- Silos – para os diversos componentes, providos de bocas de descarga e equipados com dispositivo que permita graduar o escoamento. Haverá um silo especial para a dosagem do cimento;

- Transportadores de esteiras – que transportam os componentes da mistura, já nas devidas proporções, até a unidade misturadora;

- Unidade Misturadora - tipo "pug-mill", constituído usualmente de uma caixa metálica tendo no seu interior, como elementos misturadores, dois eixos que rodam em sentido contrário, providos de uma chapa em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes, e que, devido ao seu movimento, forçam a mistura dos materiais, ao mesmo tempo que os faz avançar até a saída da unidade;

- Reservatório de água e canalização – que permita armazenar e espargir a água sobre o solo durante o processo de mistura;

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

- Unidade de carregamento – constituída de um silo abastecido por transportadores de correia ou elevadores de canecas, e colocado de modo que o caminhão transportador possa receber a mistura por gravidade;

- O depósito para armazenamento do cimento será em locais protegidos contra umidade, de fácil acesso à inspeção. As pilhas de sacos de cimento devem ser colocadas sobre estrado de madeira ou outra superfície que garanta a proteção contra umidade.

- Em suma, a usina deve ser capaz de produzir uma mistura homogênea de solo, cimento e água, no teor de umidade requerida, e de depositá-la sem segregação no caminhão transportador.

b) Caminhão basculante;

c) Motoniveladora;

d) Caminhões Distribuidores de água;

e) A vibroacabadora (para aplicação da mistura em campo);

f) Rolos Compactadores tipo: vibratório autopropelido "*pata curta*", liso vibratório, liso pneumático, definidos a partir do tipo de material a ser compactado.

5 – EXECUÇÃO

5.1 Condições Gerais

- A responsabilidade civil e ético-profissional pela qualidade, solidez e segurança da obra ou do serviço é da executante.

- A mistura poderá ser executada em usina de solo ou em pista, a critério do projeto.

- 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.

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

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

- Durante todo o tempo que durar a execução da sub-base ou base de solo melhorado com 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

Preliminarmente ao início dos serviços, deverá ser elaborado pela Executora o projeto de dosagem da mistura, realizado em laboratório e validado pela Fiscalização e Supervisora.

5.2.1 Mistura Processada em Usina

No início dos trabalhos, deverá ser executado um segmento experimental, primeiro pano, objetivando avaliar o desempenho da camada e projeto de dosagem, obedecidas as seguintes condições:

- Deverão ser adotados os parâmetros estabelecidos no projeto de dosagem, objetivando permitir uma perfeita execução dos serviços;
- Verificar a calibragem da central misturadora;
- Verificar equipamentos: vibroacabadora, caminhões transportadores e irrigadores, motoniveladora, rolos compactadores (número de passadas para atingir o grau desejado);
- Verificar aplicação: espessura (solta e compactada), homogeneidade, granulometria, umidade, compactação; empolamento.

  Nota:

  1 - No caso de não aceitação dos serviços por desempenho insatisfatório quanto aos limites especificados nos ensaios, a solução indicada é a de remover e refazer a etapa não aceita.

  2 - No caso de rejeição exclusivamente por deficiência de espessura, não há necessidade de remover, mas de promover eventual ajustes necessários através de nova aplicação de material sobre a superfície, homogeneização, correção de umidade e nova compactação.

  3 – O trecho experimental deve ser repetido sempre que houver alteração de fonte de materiais, alteração de projeto ou a critério da fiscalização.

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

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

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.

Não é permitida a estocagem do material usinado.

5.2.2 Mistura Processada na Pista

No início dos trabalhos, deverá ser executado um segmento experimental, primeiro pano, objetivando avaliar o desempenho da camada e projeto de dosagem, obedecidas as seguintes condições:

- Deverão ser adotados os parâmetros estabelecidos no projeto de dosagem, objetivando permitir uma perfeita execução dos serviços;
- Verificar a calibragem do Caminhão distribuidor de cimento;
- Verificar equipamentos: caminhões transportadores e irrigadores, motoniveladora, rolos compactadores (número de passadas para atingir o grau desejado);
- Verificar aplicação: espessura compactada, homogeneidade, granulometria, umidade, compactação; empolamento.

  Nota:

  1 - No caso de não aceitação dos serviços por desempenho insatisfatório quanto aos limites especificados nos ensaios, a solução indicada é a de remover e refazer a etapa não aceita.

  2 - No caso de rejeição exclusivamente por deficiência de espessura, não há necessidade de remover, mas de promover eventual ajustes necessários através de nova aplicação de material sobre a superfície, homogeneização, correção de umidade e nova compactação.

  3 – O trecho experimental deve ser repetido sempre que houver alteração de fonte de materiais, alteração de projeto ou a critério da fiscalização.

O processamento da mistura deve obedecer as seguintes fases da execução:

- espalhamento dos materiais;
- homogeneização e umedecimento dos materiais;

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

5.2.2.1 Espalhamento dos materiais

O espalhamento do material granular depositado na plataforma se fará com motoniveladora. O material será espalhado de modo que a camada fique com espessura constante. Não poderá ser confeccionada camada com espessuras compactadas superiores a 20,0 cm nem inferiores a 10,0 cm. Será feito primeiramente o espalhamento com espessura constante do material de maior quantidade e, sobre essa camada, o espalhamento do cimento.

O cimento deve ser distribuído uniformemente na superfície, em toda a largura de faixa, segundo o teor especificado pela dosagem, por processo mecânico, com utilização do equipamento distribuidor de cimento.

As espalhadoras de cimento devem operar em velocidade regular e reduzida obtendo vazão de espalhamento constante e uniforme do cimento.

Em casos excepcionais, conforme abordado no item 4.2 desta norma, o espalhamento poderá ser realizado de forma manual (*rasga saco*).

Em todos os casos deve-se obedecer a taxa de cimento (kg/m³) definida no projeto de dosagem e garantir a boa uniformidade no lançamento do cimento.

5.2.2.2 Homogeneização e umedecimento dos materiais

Imediatamente após a distribuição do cimento, a mistura com solo deve ser executada em toda a espessura da camada pela ação da motoniveladora e grade de discos. A mistura deve ser repetida continuamente pelo tempo necessário de modo assegurar uma mistura completa e uniforme 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 o 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 +2,0 %, em relação à umidade ótima de compactação, determinado conforme DNER-ME 052/1994 ou pelo método expedito da “frigideira”.

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

5.3 Compactação

A compactação deve ser executada com rolo liso vibratório autopropulsor, com rolo liso pneumático autopropulsor e rolo pata curta vibratório autopropelido, até se atingir o grau de compactação de 100% da massa específica aparente seca máxima especificada pelo Projeto, para cada camada do pavimento. A composição do trem tipo (modelo de equipamento e quantidade) será definida no campo em função do material a ser compactado.

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 já coberta no 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.

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 próxima desta.

5.4 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.

5.5 Liberação ao tráfego

Não deverá haver liberação ao tráfego. A exceção se aplica aos casos de cruzamentos e passagens obrigatórias, onde não há a opção de desvio, devendo assim ser executada a devida proteção da camada.

Após a conclusão e aprovação da camada da Base, deve-se providenciar o mais rapidamente possível sua imprimação, devendo ser mantida a umidade ótima até a execução da imprimação.

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

6 – CONTROLE

Os materiais utilizados e serviços especificados para a execução da sub-base e base devem ser rotineiramente examinados, mediante a execução dos seguintes procedimentos:

6.1 Controle Tecnológico de Insumos

A condição essencial é que os materiais empregados na Sub-base e Base de solo melhorado com cimento tenham características satisfazendo a esta Especificação e às Especificações Complementares e Particulares adotadas no Projeto.

6.1.1 Cimento Portland

Os ensaios especificados em “a”, “b” e “c”, deverão ser executados no início da utilização do cimento no serviço e repetidos sempre que houver mudança de fornecedor ou ainda quando a fiscalização assim solicitar:

a) O cimento empregado na obra deve estar em conformidade com o disposto na norma DNER-ME 036/95, de acordo com certificado do fabricante.

b) Determinação de finura (NBR NM 16372/2015 – Método de Blaine), a fim de verificar se o cimento não está empedrado.

c) O resíduo retido na peneira n° 200 (malha de 0,075 mm) não deve exceder a:

- cimento Portland de alto forno - 10%;
- cimento Portland comum - 15%.

6.1.2 Exploração de Jazidas de solos

A empresa executora é responsável por avaliar, numa frequência razoável, as Jazidas de Solos em exploração, observando o modo de exploração e a natureza dos materiais obtidos. Cuidados especiais serão dedicados a evitar que sejam cavados “fundos de jazidas” com solos diferentes dos indicados no Projeto.

Deverá ainda impedir que materiais suspeitos sejam transportados para a Usina de Solos (ou para a Pista). Quaisquer fatos considerados graves deverão ser comunicados à Fiscalização da Goinfra,

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

que ajuizará sobre a necessidade ou não de suspender os serviços de exploração, e que tomará as providências julgadas cabíveis.

6.1.2.1 Controle do Material de Jazida

Para cada Jazida:

- Serão executados Ensaios para obtenção do Empolamento do material, a cada 5.000 m³ de material compactado para SBEG e BEG. Com a anuência da fiscalização, a frequência do ensaio pode ser reduzida pela metade, caso o material se mostre homogêneo;
- Serão colhidas 3 amostras para a realização do Ensaio de Abrasão Los Angeles (DNER-ME 35/1998).

O empolamento, que incide nos serviços de escavação de jazidas, deverá ser calculado, na frequência estipulada acima e obedecendo a seguinte recomendação:

a) A caixa de empréstimo ou jazida explorada deverá ter sua superfície limpa e isenta de matéria orgânica ou contaminações, por meio da remoção mínima dos 20 centímetros superiores;

b) Após a remoção descrita em “a”, o furo para a realização do ensaio de massa específica aparente “in situ” (DNER-ME 092/94) do material “in natura”, deverá ser executado 30 centímetros abaixo da superfície limpa;

c) A cada horizonte de 2 metros de profundidade, no processo de escavação, deverá ser realizado novo furo para obtenção da massa específica aparente (DNER-ME 092/94). Sendo que a massa específica do material “in natura” a ser utilizada no cálculo do empolamento, deverá contabilizar a média dos valores no topo e no fundo;

d) O empolamento será obtido pela razão entre a massa específica aparente máxima de laboratório (DNIT 164/2013-ME) e a massa específica aparente “in situ” descrita em “b” ou “c”.

Outros conjuntos de ensaios deverão ser executados em caso de mudança de material ou a critério da Fiscalização.

O resultado do Ensaio de Empolamento será utilizado somente para fins de cálculo do volume de material escavado / transportado.

6.1.3 Controle do Teor de Umidade de Compactação

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Para cada 100 metros de comprimento do “pano” a ser compactado (de Sub-base e de Base), será determinado um “teor de umidade”, pelo “método expedito da frigideira” (500 gramas para os solos mais graúdos e 200 gramas para os solos mais finos – ensaio este feito “in situ”) ou pelo “Método Speedy” (DNER 052/1994).

Deve-se procurar, se possível, para cada tipo de solo, correlação entre o teor de umidade determinado pelo “Speedy” e teor de umidade determinado pelo “método da frigideira”.

Só será permitida a compactação do referido “pano” se todos os resultados estiverem dentro da faixa de teor de umidade, (hot – 2,0)% ≤ h ≤ (hot + 2,0)%. Em caso contrário, deverá ser procedido um “umedecimento” ou “aeração”, acompanhado dos processos de homogeneização, até se conseguir o enquadramento da faixa de “teor de umidade de compactação”.

6.1.3 Controle do Material em Pista ou Usina

Os materiais utilizados na execução da Base e Sub-base devem ser rotineiramente examinados, mediante a execução dos seguintes procedimentos:

1 – Granulometria (DNER-ME 80/1994)
2 – Limite de Liquidez – LL (DNER-ME 122/1994)
3 – Índice de Plasticidade – IP (DNER-ME 82/1994)
4 – Índice de Suporte Califórnia – ISC (DNIT-ME 172/2016)
5 – Ensaio de Compactação (DNIT-ME 164/2013)

a) <u>No caso de mistura processada em usina,</u> será colhida uma amostra de cerca de 15 kg na saída do misturador, que em seguida deve ser “quarteada” para se obter uma amostra para os ensaios listados acima (1 ao 5). Cada amostra de 15 kg deve corresponder a um pano de 400 metros de camada executada (Sub-base ou Base), devendo-se fazer um Mapa de Rastreabilidade entre a amostra obtida e a localização onde o material será empregado. Deve-se ainda:

- Realizar o Ensaios de Determinação da massa unitária em estado solto da mistura pelo método DNER-ME 152/95, por jornada diária de trabalho. O resultado deste ensaio será comparado à massa específica aparente máxima da mistura, obtida pelo método DNIT 164/2013-ME, para se determinar o empolamento a ser utilizado no transporte local da mistura.

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

b) No caso de mistura processada em pista, para cada 400 m de camada executada (Sub-base ou Base), deve ser coletada uma amostra do material espalhado e homogeneizado, em locais escolhidos aleatoriamente, um pouco antes da compactação, para a realização dos ensaios listados acima (1 ao 5). A frequência destas coletas pode ser alterada, a critério da Fiscalização, em função da homogeneidade do material.

Nota: O controle do teor de cimento adicionado em pista à mistura deverá ser aferido no momento de seu espalhamento, utilizando o mesmo procedimento de verificação da quantidade de agregado ou ligante nos tratamentos superficiais (uso de bandejas). A frequência deste ensaio será a cada 300 m de faixa, alternando bordos e eixo. A exceção se aplica ao caso descrito no item 5.2.2.1, no qual o controle deverá ser realizado por meio de conferência da quantidade de sacos lançados/estacas.

6.2 Controle Tecnológico da Execução

6.2.1 Controle de Compactação e Umidade

A condição essencial é que o serviço seja executado de modo a satisfazer o grau mínimo de compactação especificado.

O Grau de Compactação (GC) é definido como a relação percentual entre a massa específica aparente seca (Ds), geralmente chamada de “densidade aparente seca”, e a massa específica aparente seca máxima (Ds,máx).

Sendo:

- Ds - obtida “in situ” (DNER-ME 92/94) (sendo h – teor de umidade obtido com Speedy ou “frigideira”).
- Ds,máx - obtida no ensaio de compactação (DNIT-ME 164/2013, com a energia especificada).

Os cálculos de grau de compactação devem ser realizados utilizando-se os valores da massa específica aparente seca máxima obtida no laboratório e da massa específica aparente seca “in situ” obtida na pista. Não devem ser aceitos valores inferiores a 100% (GC) e umidade fora da tolerância de ± 2 (%) da ótima.

A cada 60 metros de pista, para sub-base e a cada 40 m de pista para base na ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, bordo direito, etc., realiza-se, após a compactação, a determinação de Ds “in situ”, calculando-se, então o GC.

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

6.2.2 Controle da Integridade - "Teste de Carga"

Para cada pano executado, anteriormente à verificação do Grau de Compactação, deverá ser avaliada a integridade visual da camada compactada através do "Teste de Carga". O processo consiste na seguinte sistemática:

- Um rolo de pneus, com o peso mínimo de 20 t e pressão de inflação de 5,6 kgf/cm2 (80 lb/pol2), deslocar-se-á longitudinalmente a uma velocidade situada no entorno de 3 km/h, ao longo da posição correspondente à futura trilha de roda externa, em cada uma das faixas de tráfego; O deslocamento do equipamento será acompanhado pela Fiscalização, anotando-se as eventuais extensões que apresentem sinais de deficiência, exteriorizados na forma de rupturas, deformações excessivas e/ou ascensão de água à superfície sob a ação do rolo. Poderá ainda, na impossibilidade da utilização do rolo de pneus, que o ensaio seja realizado com um caminhão tipo "toco", ou similar, calibrado para simular as mesmas condições do equipamento inicial.

6.2.2 Controle Deflectométrico

Procede-se à determinação de deflexões sobre a superfície acabada e executa-se, pelo menos, uma medida da deflexão máxima a cada 40 metros (Sub-base) e 20 metros (base), alternando-se, aleatoriamente, entre as bordas (direita e esquerda) e o centro da pista. Os valores das deflexões analisados estatisticamente, por segmento homogêneo, devem atender aos limites estabelecidos no projeto e satisfazer as diretrizes do item 6.4

6.3 Controle Geométrico

Após a execução da camada, deve-se proceder ao controle geométrico, mediante a relocação e nivelamento do eixo e bordos, permitindo-se as seguintes tolerâncias:

a) + 10 cm, quanto à largura da plataforma (não se admitindo larguras inferiores ao projeto);

b) até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta;

c) ± 10%, quanto à espessura da camada indicada no projeto.

Se a SBEG ou BEG não for aprovada quanto às cotas, ela deverá ser totalmente refeita.

6.4 Plano de Amostragem e Condições de Aceitação

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

O número e a frequência de determinações correspondentes aos diversos ensaios para o controle tecnológico dos insumos, da execução e do produto devem ser estabelecidos segundo um Plano de Amostragem, aprovado pela Fiscalização, elaborado de acordo com os preceitos da Norma DNER-PRO 277/97.

O tamanho das amostras deve ser documentado e informado previamente à Fiscalização.

Todos os ensaios de controle e determinações relativos à execução e ao produto, realizados de acordo com o Plano de Amostragem citado, devem cumprir às Especificações desta Norma, e estar de acordo com os seguintes critérios:

Quando especificado valor ou limite mínimo e/ou máximo a ser(em) atingido(s), devem ser verificadas as seguintes condições:

a) Condições de conformidade:
$\bar{x}$ - ks ≥ valor mínimo especificado;
$\bar{x}$ + ks ≤ valor máximo especificado.

$$\overline{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \overline{X})^2}{n-1}}$$

b) Condições de não conformidade:
$\bar{x}$ - ks < valor mínimo especificado;
$\bar{x}$ + ks > valor máximo especificado.

Onde:

xi => Valores individuais;
$\bar{x}$ => Média da amostra;
s => Desvio Padrão da amostra;
k => Coeficiente tabelado em função do número de determinações;
n => Número de determinações (tamanho da amostra).

Os resultados do controle estatístico devem ser registrados em relatórios periódicos de acompanhamento. Os serviços só devem ser aceitos se atenderem às prescrições desta Norma. Todo detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido. Qualquer serviço corrigido só deve ser aceito se as correções executadas colocarem-no em conformidade com o disposto nesta Norma; caso contrário deve ser rejeitado.

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

7 – MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

a) Na exploração das jazidas:

- desmatamento, destocamento e limpeza, serão feitos dentro dos limites da área a ser escavada e o material retirado deverá ser estocado de forma que, após a exploração da jazida, o solo orgânico possa ser espalhado na área escavada para reintegrá-la à paisagem;
- Não é permitida a queima da vegetação removida;
- Deve ser evitada a localização de jazidas em áreas de boa aptidão agrícola.

Em nenhuma hipótese serão localizadas em reservas florestais e/ou ecológicas ou mesmo nas suas proximidades quando houver perigo de danos a estas áreas;

- As áreas das jazidas, após a escavação, deverão ser reconformadas com abrandamento de taludes, de modo a reincorporá-las ao relevo natural. Esta operação deve ser realizada antes do espalhamento do solo orgânico conforme já descrito;
- Sempre que localizadas em áreas de risco, com alto potencial de erosão, as jazidas devem ser exploradas por setores, os quais uma vez esgotados, devem ser imediatamente recompostos.

Disciplinar o trânsito de veículos de serviço e equipamentos para evitar a formação de trilhas desnecessárias e que acarretam a destruição da vegetação e garantir boa trafegabilidade nos caminhos de serviços, durante a exploração das jazidas. As estradas ou caminhos de serviço devem seguir as especificações próprias.

Caso seja utilizada brita, os seguintes cuidados principais deverão ser observados na exploração da pedreira:

- evitar a localização da pedreira a das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e a possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- não provocar queimadas como forma de desmatamento;
- as estradas de acesso deverão seguir às recomendações feitas para os caminhos de serviço;
- deverão ser construídas, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzidos em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água.

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

b) Na execução

- Na execução da camada, os cuidados para preservação ambiental, referem-se à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos;
- Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação;
- As áreas destinadas a estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos, devem ser localizadas de forma que, resíduos de lubrificantes
o/ou de combustíveis, não sejam levados até cursos d'água.

8 – MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O Serviço de Sub-base e Base de Solo Melhorado com Cimento será medido e pago de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO DA GOINFRA.

Permitida a reprodução, parcial ou total, desde que citada a fonte (GOINFRA-GO), mantendo o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.