TÍTULO

SUB-BASE OU BASE DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO - BGTC

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Brita. Cimento. Pavimentação.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DERSA DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. **ET-P00/040**. Base de Brita Graduada Tratada com Cimento. São Paulo, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12262**. Sub-base ou Base de Brita Graduada Tratada com Cimento. Rio de Janeiro, 2013.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **DER/SP**. Manual de Normas – Pavimentação. **Seção 3.06**. Sub-bases e bases de brita graduada, tratada ou não com cimento. São Paulo, 1991.

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 Agregado 4
3.4 Projeto da Mistura da Brita Graduada Tratada com Cimento 4
4 EQUIPAMENTOS 5
5 EXECUÇÃO 6
5.1 Preparo da Superfície 6
5.2 Produção 6
5.3 Transporte e Lançamento 7
5.4 Espalhamento 7
5.5 Compactação e Acabamento 8
5.6 Juntas de Construção 8
5.7 Cura 9
5.8 Abertura ao Tráfego 9
6 CONTROLE 9
6.1 Controle dos Materiais 9
6.2 Controle da Produção da Brita Graduada com Cimento na Usina 10
6.3 Controle da Execução 10
6.4 Controle Geométrico e de Acabamento 11
6.5 Deflexões 11
7 ACEITAÇÃO 12
7.1 Materiais 12
7.2 Produção da Brita Graduada com Cimento 12
7.3 Execução 12
7.4 Deflexões 13
8 CONTROLE AMBIENTAL 13
8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais 14
8.2 Execução 14
9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO 15

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.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 15
ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE 17
ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO 23

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 brita graduada tratada com cimento, BGTC, em obras rodoviárias sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

2 DEFINIÇÃO

Brita graduada tratada com cimento é o produto resultante da mistura, em usina, de pedra britada, cimento Portland, água e, eventualmente, aditivos, em proporções determinadas experimentalmente. Após misturação, compactação e cura, a mistura adquire propriedades físicas específicas para atuar como camada de base ou sub-base de pavimentos.

3 MATERIAIS

3.1 Cimento

O cimento empregado deve atender à 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

Deve estar isenta de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais à hidratação do cimento. Deve atender aos requisitos estabelecidos pela DNER-EM 034/97(3) e NBR 15900-1-11(4)

3.3 Agregado

A camada de base e sub-base de brita graduada tratada com cimento deve ser executada com materiais que atendam aos seguintes requisitos:

a) os agregados utilizados obtidos a partir da britagem e classificação de rocha sã devem constituir-se por fragmentos duros, limpos e duráveis, livres do excesso de partículas lamelares ou alongadas, macias ou de fácil desintegração, assim como de outras substâncias ou contaminações prejudiciais;

b) desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles, conforme NBR 16974(5), inferior a 25% para basalto e 50% para os demais tipos de rochas;

c) equivalente de areia do agregado miúdo, conforme NBR 12052(6), superior a 55%;

d) índice de forma superior a 0,5 DNIT 425/2020 – ME(7);

e) perda no ensaio de durabilidade conforme DNER-ME 089/94(8), em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, deve ser inferior a 20% e, com sulfato de magnésio, inferior a 30%.

3.4 Projeto da Mistura da Brita Graduada Tratada com Cimento

A dosagem da mistura da brita tratada com cimento deve conter:

a) curva granulométrica de projeto da mistura dos agregados que deve enquadrar-se na

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.

faixa granulométrica da Tabela 1;

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

c) a porcentagem do material que passa na peneira nº 200 não deve ultrapassar 2/3 da porcentagem que passa na peneira nº 40.

Tabela 1 – Faixa Granulométrica

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando	Tolerâncias
ASTM	mm		
1 ½”	37,5	100	± 7%
1”	25,0	90 – 100	± 7%
¾”	19,0	75 – 95	± 7%
3/8”	9,5	45 – 64	± 7%
Nº 4	4,8	30 – 45	± 5%
Nº 10	2,0	18 – 33	± 5%
Nº 40	0,42	7 – 17	± 5%
Nº 80	0,18	1 – 11	± 3%
Nº 200	0,075	0 – 8	± 2%
Espessura da camada acabada (cm)		15 a 18	

3.4.1 Teor de Cimento

Define-se teor de cimento em massa a relação entre a massa de cimento e a massa de agregados secos, multiplicado por 100.

A porcentagem em massa de cimento a ser incorporada aos agregados para constituição da mistura deve ser fixada de modo a atender a resistência à compressão simples e à tração no ensaio de compressão diametral, ambas aos 28 dias, fixadas no projeto da estrutura do pavimento.

Quando necessário, a incorporação de aditivos (plastificante e retardador) deve ser cuidadosamente estudada, e sua dosagem deve ser feita de maneira racional em laboratório.

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 brita graduada tratada com cimento compreende as seguintes unidades

a) usina misturadora dotada de unidade dosadora com, no mínimo, três silos, dispositivo de adição de água com controle de vazão e misturador do tipo pugmill;

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) caminhões basculantes;

c) vibroacabadora de asfalto, com recurso eletrônico para nivelamento da camada;

d) rolos compactadores autopropulsores dos tipos liso, vibratório, estático e do tipo pneumático com controle de pressão;

e) caminhão tanque irrigador de água;

f) caminhão tanque com barra espargidora (material para cura);

g) motoniveladora com escarificador;

h) compactadores vibratórios manuais ou portáteis, uso eventual;

i) pá carregadeira;

j) rompedores, eventuais;

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

l) ferramentas manuais diversas.

5 EXECUÇÃO

5.1 Preparo da Superfície

A superfície a receber a camada de sub-base ou base de brita graduada tratada com cimento deve estar totalmente concluída, perfeitamente limpa, isenta de pó, lama e demais agentes prejudiciais, desempenada e com as declividades estabelecidas no projeto, além de ter recebido prévia aprovação por parte da fiscalização.

Eventuais defeitos existentes devem ser adequadamente reparados antes da distribuição da brita graduada tratada com cimento.

5.2 Produção

A brita graduada tratada com cimento deve ser preparada em usina do tipo contínua (*pugmil*) ou descontínua. Os agregados, o cimento e a água devem ser dosados em massa.

Os agregados resultantes da operação de britagem normalmente formam três frações de dimensões máximas distintas, devendo ser estocados convenientemente, além de drenados e cobertos de modo que cada fração ocupe um silo da usina. Não é permitida a mistura prévia dos materiais no abastecimento da usina. Cada uma das frações deve apresentar homogeneidade granulométrica.

Nas usinas utilizadas para produção brita graduada tratada com cimento, os silos devem ter capacidade total de, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador, e devem possuir, no mínimo, três silos agregados. Os silos devem conter dispositivos que os abriguem da chuva.

A usina deve ser calibrada racionalmente, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura.

As frações obtidas, acumuladas nos silos da usina, são combinadas no misturador, acrescentando-se ainda a água necessária à condução da mistura de agregados à respectiva

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.

umidade ótima, mais o acréscimo de 2% acima da umidade ótima destinado a fazer frente às perdas verificadas nas operações construtivas subsequentes. O abastecimento dos insumos deve ser convenientemente programado de modo a evitar a interrupção da produção.

As frações devem ser combinadas de forma tal a enquadrar a mistura final dentro da faixa granulométrica especificada.

A introdução da água no misturador deve ser controlada por meio de dispositivo que permita a verificação da quantidade acrescentada por ciclo.

Eventuais zonas mortas no misturador, nas quais o material não seja revolvido suficientemente, devem ser desfeitas.

5.3 Transporte e Lançamento

A brita graduada tratada com cimento produzida na central deve ser descarregada diretamente sobre caminhões basculantes e em seguida transportada para a pista. Os materiais devem ser protegidos por lonas para evitar perda de umidade durante seu transporte.

Não é permitida a estocagem do material usinado. A produção da brita graduada na usina deve ser adequada às extensões de aplicação na pista.

O lançamento da brita graduada tratada com cimento deve ser efetuado diretamente na caçamba receptora da vibroacabadora, pelo caminhão basculante, sendo a velocidade de descarga compatível com a de operação do equipamento vibroacabador.

5.4 Espalhamento

A definição da espessura do material solto deve ser obtida a partir da criteriosa observação de panos experimentais previamente executados. Após a compactação, essa espessura deve permitir a obtenção da espessura definida em projeto.

Imediatamente antes do espalhamento, a superfície a ser recoberta deve ser umedecida sem apresentar excessos de água.

A operação de espalhamento deve ser feita com vibroacabadora, capaz de distribuir a brita graduada tratada com cimento em espessura uniforme sem produzir segregação e de forma a evitar conformação adicional da camada. Caso, no entanto, isto seja necessário, admite-se conformação pela atuação da motoniveladora, exclusivamente por ação de corte, previamente ao início da compactação.

A largura de cada pano não deve permitir que juntas longitudinais se situem abaixo de trilhas de tráfego.

O mesmo procedimento deve ser realizado nas juntas transversais, as quais não devem coincidir com bueiros, drenos ou outros fatores que venham a enfraquecer a seção.

O espalhamento não pode ser realizado sob chuva.

Não será permitido o espalhamento do material com motoniveladora.

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.

5.5 Compactação e Acabamento

O tipo de equipamento a ser utilizado e o número de passadas do rolo compactador devem ser definidos logo no início da obra, em função dos resultados obtidos na execução de trechos experimentais, de forma que a camada atinja o grau de compactação especificado. Este procedimento deve ser repetido no caso de mudança no projeto da faixa granulométrica adotada.

Terminada a operação de espalhamento, o material deve ser rapidamente compactado. O tempo decorrido entre a adição de água à mistura e o término da compactação não deve exceder o tempo de início de pega do cimento, recomendando-se um tempo máximo de duas horas.

A energia de compactação a ser adotada como referência para a execução da brita graduada tratada com cimento, deve ser a intermediária, que deve ser adotada na determinação da densidade seca máxima e umidade ótima, determinadas conforme a NBR 7182[(9)]. O teor de umidade da brita graduada tratada com cimento, imediatamente antes da compactação, deve estar compreendido no intervalo de -2,0 % a +1,0 %, em relação à umidade ótima obtida de compactação.

A compactação da brita graduada tratada com cimento é executada mediante o emprego de rolos vibratórios lisos e de rolos pneumáticos de pressão regulável.

Nos trechos em tangente, a compactação deve evoluir partindo das bordas para eixo, e nas curvas, partindo da borda interna para borda externa. Em cada passada, o equipamento utilizado deve recobrir, ao menos, a metade da faixa anteriormente compactada.

Em lugares inacessíveis ao equipamento de compactação ou onde seu emprego não for recomendável, a compactação requerida deve ser realizada à custa de compactadores portáteis, sejam manuais ou mecânicos.

A camada deve ser executada em espessura única, totalizando o valor definido em projeto. A espessura da camada compactada deve ser de no mínimo 15 cm e no máximo 18 cm. Espessuras de até 20 cm poderão ser aceitas, desde que os ensaios de determinação da massa específica aparente demonstrem a homogeneidade do material em toda a espessura da camada.

A compactação deve evoluir até que se obtenha o grau de compactação mínimo superior a 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, obtida no ensaio de compactação, conforme NBR 7182[(9)], na energia intermediária, e o desvio de umidade deve estar compreendido entre -2,0 % a +1,0 %.

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 utilizados: rompedores, ferramentas manuais ou lâmina da motoniveladora.

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

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.

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

5.7 Cura

A superfície da brita graduada com cimento deve ser protegida contra a evaporação da água por meio de imprimação com emulsão asfáltica RR-2C, de acordo com a ET-DE-P00-020-Imprimação Betuminosa Ligante. A película protetora deve ser aplicada em quantidade suficiente para construir uma membrana contínua. Este procedimento deve ser executado imediatamente após o término da compactação.

Previamente à aplicação da pintura de cura, se necessário, a camada deve ser adequadamente umedecida.

A aplicação da imprimação da camada só deve ser executada se a camada tiver sido liberada pela fiscalização. No caso de ocorrência de chuvas, antes da aplicação da imprimação, a camada de BGTC deve ser removida e refeita, sem ônus ao contratante.

5.8 Abertura ao Tráfego

A sub-base ou base de brita graduada tratada com cimento não deve ser liberada à ação do tráfego. A fiscalização poderá, em caráter excepcional, autorizar a abertura ao tráfego desde que a camada apresente, na ocasião, resistência compatível com a solicitação de carga e que a imprimação esteja completamente rompida e curada.

6 CONTROLE

6.1 Controle dos Materiais

6.1.1 Cimento

Deve ser realizado um ensaio de finura, conforme NBR 11579[10] a cada 30 t de cimento utilizado.

6.1.2 Água

Deve estar isenta de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais à hidratação do cimento.

Sempre que houver indícios sobre a má qualidade da água, verificar a sua sanidade conforme as normas DNER-EM 034/97[3] e NBR 15900-1-11[4].

6.1.3 Controle dos Materiais na Usina

Devem ser executados os seguintes ensaios no agregado graúdo:

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) abrasão Los Angeles, conforme NBR 16974[5]: 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

b) índice de forma, conforme DNIT 425/2020 – ME[7]: 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

c) durabilidade com sulfato de sódio e com sulfato de magnésio, em cinco ciclos, conforme DNER-ME 089/94[8]: 1 ensaio início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material.

Para agregado miúdo, determinar o equivalente de areia, conforme NBR 12052[6], 1 ensaio por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver variação da natureza do material.

6.2 Controle da Produção da Brita Graduada com Cimento na Usina

O controle das características da mistura na usina deve abranger:

a) determinação do teor de umidade pelo método expedito da frigideira, com amostras coletadas na saída do misturador, 4 determinações por jornada de 8 h de trabalho; o desvio da umidade em relação à umidade ótima deve ser estabelecido experimentalmente, no início dos serviços, em função da perda de umidade por evaporação, ocorrida entre a saída do misturador e o início das operações de compactação;

b) granulometria, conforme NBR NM 248[11], 2 determinações por jornada de 8 h de trabalho em amostras coletadas na esteira, sem a adição do cimento;

c) determinação do teor de cimento, obtido pela razão entre a diferença de massas da mistura, com cimento e sem cimento, pela massa da mistura sem cimento, multiplicado por 100. Devem ser feitas 2 determinações por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver suspeita de falta de cimento; as massas da mistura com e sem cimento são obtidas a partir de coletas na correia transportadora; as amostras devem ser recolhidas na mesma extensão da correia.

6.3 Controle da Execução

O controle das características da brita graduada com cimento na pista deve abranger:

a) determinação do teor de umidade a cada 250 m^2 de pista, imediatamente antes da compactação; se o desvio da umidade em relação à umidade ótima for de no máximo de -2,0% a +1,0% ponto porcentual, o material pode ser liberado para compactação;

b) ensaio de compactação na energia intermediária, conforme método NBR 7182[9], para determinação da massa específica aparente seca máxima e umidade ótima, de amostras coletadas na pista; 1 ensaio no início da utilização do material na obra e sempre que a curva granulométrica da mistura se achar fora da faixa de trabalho;

c) determinação da resistência à compressão simples, de amostras coletadas na pista, aos 28 dias de cura, NBR 5739[12], a cada 250 m^2 e a cada 750 m^2 de pista aos 7 dias; para avaliar os resultados iniciais em relação à resistência final a ser atingida;

d) determinação da resistência à tração por compressão diametral, de amostras coletadas na pista, aos 28 dias de cura, conforme NBR 7222[13], a cada 250 m^2 de pista;

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) determinação da umidade e da massa específica aparente seca *in situ*, conforme NBR 7185(14) utilizando o funil com diâmetro de 15,2 cm, e respectivo grau de compactação em relação aos valores obtidos na alínea b, a cada 250 m^2 de pista, em pontos que sempre obedeçam à ordem: borda direita, eixo, borda esquerda, eixo, borda direita etc.; a determinação nas bordas deve ser feita a 60 cm delas;

f) determinar o intervalo de tempo decorrido entre a incorporação do cimento à mistura na usina e o início da compactação. Este intervalo não deve ser superior ao início de pega do cimento;

g) devem ser registrados os locais de aplicação da mistura, sempre associados às datas de produção, mediante controle de carga e descarga realizada pelos caminhões acompanhados, com os respectivos ensaios de controle tecnológico.

Na moldagem dos corpos de prova, para determinação da resistência à compressão simples e à tração, cada exemplar é constituído por dois corpos de prova moldados na mesma massada, no mesmo ato, para cada idade de rompimento. Toma-se como resistência do exemplar, na idade de rompimento, o maior dos dois valores obtidos no ensaio. Os corpos de prova devem ser moldados imediatamente antes da compactação.

6.4 Controle Geométrico e de Acabamento

6.4.1 Controle de Espessura e Cotas

A espessura da camada e as diferenças de cotas, entre a camada subjacente e a de brita graduada tratada com cimento, 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 Alinhamento

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.

6.4.3 Controle do Acabamento da Superfície

Durante a execução deve ser feito, em cada estaca da locação, o controle de acabamento da superfície com o auxílio de duas réguas, uma de 3,00 m e outra de 1,20 m, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da pista.

Deve ser conferida especial atenção à verificação da presença de segregação superficial.

6.5 Deflexões

As deflexões recuperáveis exigidas em projeto devem ser verificadas a cada 20 m por faixa alternada e 40 m na mesma faixa, seja pela viga *Benkelman*, conforme DNER-ME 024/94(15), ou por FWD – *Falling Weight Deflectometer*, conforme DNER-PRO 273/96(16), após 28 dias

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.

de cura.

7 ACEITAÇÃO

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

7.1 Materiais

7.1.1 Cimento

O cimento é aceito desde que atenda a especificação de aceitação e recebimento DNER-EM 036/95(1) e apresente índice de finura satisfatório.

O cimento deverá atender aos requisitos da norma NBR 16697(2).

7.1.2 Água

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 será aceita desde que atenda as normas DNER-EM 034/97(3) e NBR 15900-1-11(4).

7.1.3 Agregados

Os agregados graúdos são aceitos desde que os resultados individuais de abrasão Los Angeles, índice de forma, indicie de lamelaridade, durabilidade atendam aos estabelecidos no item 3.3.

Os agregados miúdos são aceitos desde que os resultados individuais de equivalente de areia sejam superiores a 55%.

7.2 Produção da Brita Graduada com Cimento

7.2.1 Granulometria

Os resultados da granulometria da mistura, quando analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral conforme anexo B, devem apresentar variação máxima definida pela faixa de trabalho correspondente.

7.2.2 Teor de Cimento

A variação individual admitida para o teor de cimento é de ± 0,5 ponto percentual do teor ótimo de cimento do projeto da mistura.

7.3 Execução

7.3.1 Resistência

Os resultados da análise estatística das resistências características estimadas à compressão simples e à tração, obtidas através da equação 3 do anexo B, devem ser maiores ou iguais às resistências do projeto da estrutura do pavimento. Os lotes devem ser formados por no mínimo

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.

quatro e no máximo dez exemplares.

Não são admitidos no ensaio de compressão diametral valores individuais de resistência à compressão simples e à tração inferiores a 90% das resistências especificadas no projeto da estrutura do pavimento.

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) 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 largura 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) a variação máxima entre dois pontos de contato, de qualquer uma das réguas e a superfície da camada, não seja superior a 0,5 cm;

b) na inspeção visual não se deve verificar segregação dos materiais;

c) as juntas executadas devem apresentar-se homogêneas em relação ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e de saliências.

7.4 Deflexões

A deflexão característica de cada subtrecho determinada de acordo equação 4 do anexo B, para no mínimo 15 determinações, deve ser igual a definida 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 brita graduada tratada com cimento.

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) o material somente será aceito após a executante apresentar a licença ambiental de operação da pedreira e areal;

c) não é permitida a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

d) não é permitida a exploração de areal em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

e) deve-se planejar adequadamente a exploração dos materiais, de modo a minimizar os impactos decorrentes da exploração e facilitar a recuperação ambiental após o término das atividades exploratórias;

f) caso seja necessário promover o corte de árvores, para instalação das atividades, deve ser obtida autorização dos órgãos ambientais competentes; os serviços devem ser executados em concordância com os critérios estipulados pelos órgãos ambientais constante nos documentos de autorização. Em hipótese alguma, será admitida a queima de vegetação ou mesmo dos resíduos do corte: troncos e arvores;

g) deve-se construir, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção do pó de pedra eventualmente produzido em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água;

h) caso os agregados britados sejam fornecidos por terceiros, deve-se exigir documentação que ateste a regularidade das instalações, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente;

i) instalar sistemas de controle de poluição do ar, dotar os depósitos de estocagem de agregados de proteção lateral e cobertura para evitar dispersão de partículas, dotar o misturador de sistema de proteção para evitar emissões de partículas para a atmosfera.

8.2 Execução

Durante a execução devem ser observados 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

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.

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 proibido a deposição irregular de sobras de materiais utilizado na base e sub-base de brita graduada tratada com cimento junto ao sistema de drenagem lateral, evitando seu assoreamento, bem como o soterramento da vegetação;

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

9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os serviços devem ser medidos em metros cúbicos de camada acabada, cujo volume será calculado multiplicando as extensões obtidas a partir do estaqueamento pela área da seção transversal de projeto.

Os serviços recebidos e medidos da forma descrita são pagos conforme preços unitários contratuais respectivos, nos quais se incluem o fornecimento de materiais, homogeneização da mistura em usina devidamente calibrada, perdas, carga e transporte até os locais de aplicação, descarga, espalhamento, umedecimento, compactação e acabamento, abrangendo inclusive a mão-de-obra com encargos sociais, BDI e equipamentos necessários aos serviços, executados de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas, exceto a pintura de cura.

DESIGNAÇÃO	UNIDADE
23.04.04.03 - Sub-base ou base de brita graduada c/ cimento 3%	m³
23.04.04.03.01 - Sub-base ou base de brita graduada c/ cimento 3,5%	m³
23.04.04.04 - Sub-base ou base de brita graduada c/ cimento 4%	m³
23.04.04.04.01 - Sub-base ou base de brita graduada c/ cimento 4,5%	m³
23.04.04.05 - Sub-base ou base de brita graduada c/ cimento 5%	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 ____. **NBR 16974**. Agregado graúdo – Ensaio de Abrasão *Los Angeles*. Rio de Janeiro,

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.

2022.

6 ____. **NBR 12052**. Solo ou agregado miúdo - Determinação do equivalente de areia – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.

7 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 425/2020 – ME.** Pavimentação – Agregado – Determinação do índice de forma com paquímetro – Método de ensaio. Brasília, 2020.

8 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 089/94**. Agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio. Rio de Janeiro, 1994.

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

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

11 ____. **NBR NM 248**. Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

12 ____. **NBR 5739**. Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

13 ____. **NBR 7222**. Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

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 weigt 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**	**FREQUÊNCIA**	**CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS**	**ACEITAÇÃO**
1.1 Cimento				
Módulo de finura	NBR 11579(10)	a cada 30 t de cimento utilizado	Resultados Individuais	Atender a norma de aceitação e recebimento DNER-EM 036/95(1) e índice de finura satisfatório
1.2 Água				
Substancias nocivas	DNER-EM 034/97(3) NBR 15900-1-11(4)	Sempre que houver indícios de má qualidade da água	Resultados Individuais	Atender a DNER-EM 034/97(3) e NBR 15900-1-11(4)
1.3 Agregado Graúdo				
Abrasão Los Angeles	NBR 16974(5)	1 ensaio, no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material	Resultados individuais	< 50%
Índice de forma e partículas lamelares	DNIT 425/2020 – ME(7)	1 ensaio, no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material	Resultados individuais	Índice de forma ≥ 0,5 e Partículas lamelares ≤ 10%
Durabilidade com sulfato de sódio, e sulfato de magnésio, em 5 ciclos	DNER-ME 089/94(8)	1 ensaio no início da utilização do agregado na obra, e sempre que houver variação da natureza do material	Resultados individuais	Sulfato de sódio ≤ 20% Sulfato de Magnésio ≤30%
1.4 Agregado Miúdo				
Equivalente de areia	NBR 12052(6)	1 ensaio por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver variação da natureza do material	Resultados individuais	≥ 55%

/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

2. CONTROLE DA PRODUÇÃO DA BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO				
ENSAIO	**MÉTODO**	**FREQUÊNCIA**	**CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS**	**ACEITAÇÃO**
Teor de umidade	Método expedito da frigideira	No mínimo 4 determinações por jornada de 8h de trabalho	Resultados individuais	Dentro da tolerância estabelecida experimentalmente
o desvio da umidade em relação à umidade ótima deve ser estabelecido experimentalmente, no início dos serviços, em função da perda de umidade por evaporação, ocorrida entre a saída do misturador e o início das operações de compactação				
Análise granulométrica com amostras coletadas na correia, sem adição de cimento	NBR NM 248[11]	2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Valores obtidos estatisticamente devem estar dentro dos limites da faixa de trabalho da mistura
Teor de cimento	razão entre a diferença de massa da mistura - com cimento e sem cimento - pela massa da mistura sem cimento, multiplicado por 100[b]	No mínimo 2 determinações 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
(b) - as massas da mistura com e sem adição de cimento são obtidas a partir da coletas do material na da correia transportadora. - as amostras são recolhidas na mesma extensão da correia transportadora.				

/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

3. CONTROLE DA EXECUÇÃO

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
Teor de umidade	Método expedito da frigideira	1 determinação a cada 250 m^2 de pista imediatamente antes de iniciar a compactação	Resultados individuais	-2% a + 1% da umidade ótima de compactação o material está liberado para início da compactação
Determinação da massa especifica aparente seca máxima e umidade ótima, na energia intermediaria.	NBR 7182[9]	1 ensaio no início da utilização do material na obra e sempre que a curva granulométrica da mistura se achar fora da faixa de trabalho	Resultados individuais	Parâmetro de controle
Determinação da resistência à compressão simples aos 7 e 28 dias de cura.	NBR 5739[12]	1 determinação a cada a cada 250m^2 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 $X = \bar{X} - KS \geq LIE$ e no mínimo 4 e no máximo 10 exemplares	Não serão admitidos valores individuais inferiores a 90% do Fckproj Fckest ≥ Fckproj
Determinação da resistência à tração por compressão diametral aos 28 dias de cura	NBR 7222[13]	1 determinação a cada a cada 250 m^2 de pista, sendo a moldagem dos corpos-de-prova executada imediatamente antes da compactação		Não serão admitidos valores individuais inferiores a 90% do Fct Fctest ≥ Fctproj
Determinação da massa específica aparente *in situ* e o correspondente grau de compactação	NBR 7185[14]	1 determinação a cada 250 m^2 de pista, alternando BD, EX e BE		Resultados Individuais GC ≥ 100% ou GCest ≥ 100%.

Na moldagem dos corpos de prova, para determinação da resistência a compressão simples e a tração por compressão diametral:
- cada exemplar será constituído por dois corpos-de-prova moldados na mesma massada, no mesmo ato, para cada idade de rompimento.
- toma-se como resistência do exemplar, na idade de rompimento, o maior dos dois valores obtidos no ensaio.
- os corpos-de-prova devem ser moldados imediatamente antes da compactação.

/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.

/continua

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
4. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
Cotas	Relocação e Nivelamento topográfico e 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 superior a - 2,0 à +1,0cm das cotas de projeto O abaulamento da seção transversal deve estar compreendido de ±0,5%, em relação ao valor de projeto, não se admitindo depressões que propiciem acúmulo de água.
Espessura			Resultados individuais 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	Variação máxima admitida na espessura é de 10% da espessura de projeto, em qualquer ponto da camada. A espessura determinada estatisticamente deve estar compreendida no intervalo de ± 5% em relação a espessura prevista em projeto
Largura e alinhamentos da plataforma		A cada 20 m	Resultados individuais	Não se admite valores para semiplataforma inferiores aos previstos em projeto, tolerando-se +10 cm na semilargura.
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 0,5cm.

/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
A verificação do acabamento da superfície da camada deve ser feita também em bases visuais e será aceita se: - não se verificar segregação dos materiais; - as juntas executadas devem apresentar homogêneas em relação ao conjunto da mistura, isenta de desníveis e de saliências.				
5. DEFLEXÕES				
Determinação das deflexões, após 28 dias de cura	Viga Benkelman DNER-ME 024/94(15) ou 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 $X = \bar{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 15 determinações	A deflexão característica de cada subtrecho deve ser a estabelecida em projeto

/ANEXO B

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

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade comercial.

Tabela B-1 – Controle Estatístico

Parâmetro		
1 - Média aritmética da amostra ($\overline{X}$)	$\overline{X} = \frac{\sum X_i}{N}$	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)	$S = \sqrt{\frac{\sum(\overline{X} - X_i)^2}{N-1}}$	
Controle Unilateral		
3 - Controle pelo limite inferior 4 - Controle pelo limite superior	$X = \overline{X} - KS \geq LIE$ Ou $X = \overline{X} + KS \leq LSE$	
Controle Bilateral		
5 - Controle pelo limite inferior e superior	$X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$	

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

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade comercial.