

BRITA GRADUADA

DER/PR - ES - P 05/91

1 - OBJETIVO

Esta especificação de serviço define os critérios que orientam a execução de bases ou subclasses de brita graduada, em obras rodoviárias sob a jurisdição do DER/PR.

2 - DEFINIÇÃO

Brita graduada é a camada de base ou sub-base, composta por mistura em usina de produtos de britagem, apresentando granulometria contínua, cuja estabilização é obtida pela ação mecânica do equipamento de compactação.

3 - MATERIAIS

Todos os materiais deverão satisfazer às especificações aprovadas pelo DER/PR.

A camada de base ou sub-base de brita graduada será executada com materiais que atendam aos seguintes requisitos:

- a) Os agregados utilizados, obtidos a partir da britagem e classificação de rocha sã, deverão ser constituídos por fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excesso de partículas lamelares ou alongadas, macias ou de fácil desintegração, e de outras substâncias ou contaminações prejudiciais.
- b) Quando submetidos à avaliação da durabilidade com solução de sulfato de sódio, em cinco ciclos, pelo método DNER-ME 89-64, os agregados utilizados deverão apresentar perdas inferiores aos seguintes limites:
 - agregados graúdos.....15%
 - agregados miúdos.....18%
- c) Para o agregado retido na peneira nº 10, a percentagem de desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles (DNER-ME 35-64) não deverá ser superior a 50%. Aspectos particulares, relacionados a valores típicos para as perdas nesse ensaio.
- d) A composição granulométrica da brita graduada poderá estar enquadrada em uma das seguintes faixas:

PENEIRAS		% PASSANDO, EM PESO	
ASTM	MM	I	II
2"	50,8	100	-
1 ½"	38,1	90 - 100	100
¾"	19,0	50 - 85	60 - 95
3/8"	9,5	35 - 65	40 - 75
Nº 4	4,8	25 - 45	25 - 60
Nº 10	2,0	18 - 35	15 - 45
Nº 40	0,42	8 - 22	8 - 25
Nº 200	0,074	3 - 9	2 - 10

- e) A percentagem de material que passa na peneira nº 200 não deverá ultrapassar a 2/3 da percentagem que passa na peneira nº 40.
- f) Para camadas de base, a percentagem passante na peneira nº 40 não deverá ser inferior a 12%.
- g) A diferença entre as percentagens passantes nas peneiras nº 4 e nº 40 deverá estar compreendida entre 20 e 30%.
- h) A fração passante na peneira nº 4 deverá apresentar o equivalente de areia, determinado pelo método DNER-ME 54-63, superior a 40%.
- i) A percentagem de grãos de forma defeituosa, obtida no ensaio de lamelaridade, não deverá ser superior a 20%.
- j) O índice de suporte Califórnia, obtido através do ensaio DNER-ME 49-74, com a energia modificada, não deverá ser inferior a 100%.
- l) O emprego de outras faixas granulométricas.

4 - EQUIPAMENTOS

Todo o equipamento deverá ser inspecionado pela Fiscalização, devendo dela receber aprovação, sem o que não será dada a autorização para o início dos serviços.

O equipamento básico para a execução da brita graduada compreende as seguintes unidades:

- a) Instalação de britagem, adequadamente projetada de forma a produzir bitolas que permitam a obtenção da granulometria pretendida para a brita graduada, atendendo aos cronogramas previstos para a obra;
- b) Pá-carregadeira;
- c) Central de mistura dotada de unidade dosadora com, no mínimo, três silos, dispositivo de adição de água com controle de vazão e misturador do tipo “pugmill”;
- d) Caminhões basculantes;
- e) Caminhão-tanque irrigador;
- f) Motoniveladora pesada;
- g) Distribuidor de agregados autopropulsionado;
- h) Rolos compactadores do tipo liso vibratório;
- i) Rolos compactadores de pneumáticos de pressão regulável;
- j) Compactadores portáteis, manuais ou mecânicos;
- l) ferramentas manuais diversas.

5 - EXECUÇÃO

5.1 - Preparo da Superfície

- a) A superfície a receber a camada de base ou sub-base de brita graduada deverá estar perfeitamente limpa e desempenada, devendo ter recebido a prévia aprovação por parte da Fiscalização.
- b) Eventuais defeitos existentes deverão ser necessariamente reparados, antes da distribuição da brita graduada.

5.2 - Produção da Brita Graduada

- a) A rocha sã extraída da pedreira indicada, será previamente britada e classificada em bitolas, a serem definidas em função da granulometria objetivada para a mistura.
- b) A usina deverá ser calibrada racionalmente, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura.
- c) As bitolas obtidas, acumuladas nos silos da central de mistura, serão combinadas no misturador, acrescentando-se ainda a água necessária à condução da mistura e agregados à respectiva umidade ótima, mais o acréscimo destinado a fazer frente às perdas verificadas nas operações construtivas subseqüentes. Deverá ser previsto o eficiente abastecimento, de modo a evitar a interrupção da produção.

5.3 - Transporte da Brita Graduada

- a) A brita graduada produzida na central será descarregada diretamente sobre caminhões basculantes e em seguida transportada para a pista.
- b) Não será permitida a estocagem do material usinado.
- c) Não será permitido o transporte da brita graduada para a pista, quando o subleito ou a camada subjacente estiver molhada, não sendo capaz de suportar, sem se deformar, a movimentação do equipamento.

5.4 - Distribuição da Mistura

- a) A definição da espessura do colchão de material solto que, após compressão, permita a obtenção da espessura de projeto e sua conformação adequada, deverá ser obtida a partir da criteriosa observação de panos experimentais previamente executados.
- b) A distribuição de mistura, sobre a camada anterior previamente liberada pela Fiscalização, será realizada com distribuidor de agregados, capaz de distribuir a brita graduada em espessura uniforme, sem produzir segregação.
- c) Opcionalmente, e a exclusivo juízo da Fiscalização, a distribuição da brita graduada poderá ser procedida pela ação de motoniveladora. Neste caso, a brita graduada será descarregada dos basculantes em leiras, sobre a camada anterior liberada pela Fiscalização, devendo ser estabelecidos critérios de trabalho que assegurem a qualidade do serviço.

- d) Será vedado o uso, no espalhamento de equipamentos ou processos que causem segregação do material.
- e) A espessura da camada individual acabada deverá ser de 15.
- f) A distribuição da mistura deverá ser procedida 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.

5.5 - Compressão

- a) Tendo em vista a importância das condições de densificação da brita graduada, recomenda-se a execução de panos experimentais, com a finalidade de definir os tipos de equipamentos de compressão e a sequência executiva mais apropriados, objetivando alcançar, da forma mais eficaz, o grau de compactação especificado.
- b) A energia de compactação a ser adotada como referência para a execução da brita graduada será a modificada. Admite-se, excepcionalmente, a compactação na energia intermediária (DNER-ME 48-64), nos casos particulares.
- c) O teor da umidade da mistura, por ocasião da compactação, deverá estar compreendido no intervalo de $\pm 2\%$, em relação à umidade ótima obtida no ensaio de compactação DNER-ME 48-64, executado com a energia especificada.
- d) A compactação de brita graduada será executada mediante o emprego de rolos vibratórios lisos, e de rolos pneumáticos de pressão regulável.
- e) Nos trechos em tangente, a compactação deverá evoluir partindo dos bordos para o eixo, e nas curvas, partindo do bordo interno para o bordo externo. Em cada passada, o equipamento utilizado deverá recobrir, ao menos, a metade da faixa anteriormente comprimida.
- f) Durante a compactação, se necessário, poderá ser promovido o umedecimento da superfície da camada, mediante emprego do caminhão-tanque irrigador.
- g) Eventuais manobras do equipamento de compactação que impliquem em variações direcionais prejudiciais, deverão se processar fora da área de compressão.
- h) A compactação deverá evoluir até que se obtenha o grau de compactação mínimo de 100%, em relação à massa específica aparente seca máxima obtida no ensaio DNER-ME 48-64, executado com a energia especificada. O número de passadas do equipamento compactador, necessário para a obtenção das condições de densificação especificadas, será definido em função dos panos experimentais executados.
- i) Em lugares inacessíveis ao equipamento de compressão, ou onde seu emprego não for recomendável, a compactação requerida será feita à custa de compactadores portáteis, manuais ou mecânicos.

5.6 - Observações Gerais

- a) A sub-base ou base de brita graduada não deverá ser submetida à ação direta do tráfego. Em caráter excepcional, a Fiscalização poderá autorizar a liberação ao tráfego, por curto espaço de tempo e desde que tal fato não prejudique a qualidade do serviço.
- b) Quando for prevista a imprimação da camada de brita graduada, a mesma deverá ser realizada após a conclusão da compactação, tão logo se constate a evaporação do excesso de umidade superficial. Antes da aplicação da pintura betuminosa, a superfície deverá ser perfeitamente limpa, mediante emprego de processos e equipamentos adequados.

6 - CONTROLE

6.1 - Controle Tecnológico

Serão procedidos os seguintes ensaios:

- a) Um ensaio de abrasão Los Angeles (método DNER-ME 35-64), por mês, e sempre que houver variação nas características da pedreira em exploração.
- b) Um ensaio de durabilidade com sulfato de sódio (método DNER-ME 89-64), por mês, e sempre que houver variação nas características da pedreira em exploração.
- c) Controle das características da mistura na usina, com amostras coletadas na saída do misturador:
 - Quatro determinações do teor de umidade pelo “método expedito da frigideira”, por dia de trabalho.
 - Dois ensaios de granulometria por via lavada (método DNER-ME 83-63), por dia de trabalho.
- d) Uma determinação do teor de umidade na pista, pelo “método expedito da frigideira”, a cada 200 m de pista, imediatamente antes do início das operações de compactação.
- e) Uma determinação da massa específica aparente seca “in situ” (DNER-ME 92-64) imediatamente após a

conclusão das operações de compactação, a cada 60 m de pista, alternando bordo direito, eixo, bordo esquerdo, etc.

- f) Um ensaio de compactação, executado de acordo com o método DNER-ME 48-64, com a energia especificada utilizando amostras coletadas a cada 600 m de pista, e no mínimo, um ensaio por dia de trabalho. A respeito do controle de compactação.
- g) Um ensaio do índice de suporte Califórnia (método DNER-ME 49-74), por mês, ou sempre que houver variação nas características do agregado utilizado.
- h) Um ensaio de granulometria por via lavada (método DNER-ME 83-63) a cada 120 m de pista, com amostras coletadas em locais da determinação de massa específica aparente seca “in situ”.
- i) Um ensaio de equivalente de areia (método DNER-ME 54-63), por dia de trabalho ou, no mínimo, um ensaio a cada 600 m de pista.
- j) Um ensaio de lamelaridade, por mês, ou sempre que houver variação nas características do agregado utilizado.

6.2 - Controle Geométrico e de Acabamento

6.2.1 - Controle de Espessura

Após a execução da camada, proceder-se-á a relocação e ao nivelamento do eixo e dos bordos, a cada 20 m, pelo menos, envolvendo no mínimo cinco pontos da seção transversal.

6.2.2 - Controle da Largura

Será determinada a largura da plataforma acabada, por medidas à trena executadas a cada 20 m, pelo menos.

6.2.3 - Controle de Acabamento da Superfície

As condições de acabamento da superfície serão apreciadas pela Fiscalização, em bases visuais. Especial atenção deverá ser conferida à verificação da presença de segregação superficial.

6.3 - Aceitação

6.3.1 - Aceitação do Controle Tecnológico

Os serviços executados serão aceitos, sob o ponto de vista tecnológico, desde que sejam atendidas as seguintes condições:

- a) Os valores individuais dos ensaios de abrasão Los Angeles, durabilidade, lamelaridade, equivalente de areia e índice de suporte Califórnia, atendam aos limites definidos nesta especificação.
- b) A composição granulométrica das amostras de brita graduada ensaiadas atenda aos requisitos estabelecidos nas alíneas “e”, “f” e “g” do item 3 desta especificação.
- c) A composição granulométrica das amostras de brita graduada ensaiadas, além de estarem enquadradas na faixa selecionada, estejam contidas nas “faixas de trabalho” definidas a partir da granulometria de projeto e dos seguintes limites:

TOLERÂNCIA PARA A FAIXA DE TRABALHO			
(% PASSANDO EM PESO)			
PENEIRA		SUB-BASE	BASE
ASTM	mm		
2"	50,8	± 5	± 5
nº 4 a 1 ½"	4,8 a 38,1	± 10	± 8
nº 40 a nº 10	0,42 a 2,0	± 5	± 3
nº 200	0,074	± 3	± 3

Nota importante: Não serão aceitas composições granulométricas de amostras de brita graduada ensaiadas que, embora estejam contidas nas “faixas de trabalho”, não atendam aos requisitos estabelecidos nas alíneas “e”, “f” e “g” do item 3 desta especificação.

- d) Os valores mínimos calculados estatisticamente para o grau de compactação, de acordo com as expressões abaixo, deverão ser iguais ou superiores aos limites estabelecidos no item 5.5.h desta especificação:

$$\min = \bar{x} - \frac{1,29 s}{\sqrt{N}} - 0,68 s$$

onde:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N} \quad s = \sqrt{\frac{(\sum x - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$$N \geq 9 \text{ (nº de determinações efetuadas)}$$

6.3.2 - Aceitação do Controle Geométrico e de Acabamento

O serviço executado será aceito, à luz do controle geométrico e de acabamento, desde que atendidas as seguintes condições:

- a) Quanto à largura da plataforma: não se admitirão valores inferiores aos previstos para a camada.
- b) Quanto à espessura da camada acabada:

- b.1) A espessura média da camada será determinada pela expressão:

$$u = \bar{x} - \frac{1,29}{\sqrt{N}}$$

onde:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N} \quad s = \sqrt{\frac{(x - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$$N \geq 9 \text{ (nº de determinações efetuadas)}$$

- b.2) A espessura média determinada estatisticamente não deverá ser menor do que a espessura de projeto menos 1 cm.
 - b.3) Não serão tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo $+ 2 \text{ a } - 1 \text{ cm}$ em relação à espessura de projeto.
 - b.4) Em caso de aceitação, dentro das tolerâncias estabelecidas, de uma camada de brita graduada com espessura média inferior à de projeto, a diferença não será deduzida da espessura da camada superior.
 - c) As condições de acabamento, apreciadas pela Fiscalização em bases visuais, sejam julgadas satisfatórias.