



**Departamento de
Estradas de
Rodagem do
Estado do Paraná
DER/PR**

Avenida Iguaçu, 420,
Curitiba, Paraná,
CEP 80230-902
Fone (41) 3304-8000
Fax (41) 3304-8130
www.der.pr.gov.br

DER/PR ES-PA 16/23

**PAVIMENTAÇÃO:
BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO**

Especificações de Serviços Rodoviários
Aprovada pelo Conselho Diretor, em 11/04/2023
Deliberação n.º 111/2023
Esta especificação substitui a DER/PR ES-P 16/18
Autor: DER/PR (DT/CPD)

Palavras-chave: base; sub-base; brita graduada
tratada com cimento.

17 páginas

RESUMO

Este documento define a sistemática empregada na execução de bases ou sub-bases de brita graduada tratada com cimento. Aqui são definidos os requisitos técnicos relativos aos materiais, equipamentos, execução, controle de qualidade, manejo ambiental, além dos critérios para aceitação, rejeição, medição e pagamento dos serviços. Para aplicação desta especificação, é essencial a obediência, no que couber, à DER/PR ES-IG 01/23.

SUMÁRIO

- 0 Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Referências
- 3 Definições
- 4 Condições gerais
- 5 Condições específicas
- 6 Manejo ambiental
- 7 Controle interno de qualidade
- 8 Controle externo de qualidade
- 9 Critérios de aceitação e rejeição
- 10 Critérios de medição
- 11 Critérios de pagamento

0 PREFÁCIO

Esta especificação de serviço estabelece a sistemática empregada na execução, no controle de qualidade, nos critérios de medição e pagamento do serviço em epígrafe, tendo como base a especificação de serviço DER/PR ES-P 16/18 e as referências técnicas de aplicações recentes realizadas no país.

1 OBJETIVO

Estabelecer a sistemática a ser empregada na execução de bases ou sub-bases de brita graduada tratada com cimento, com o objetivo de construir pavimentos.

2 REFERÊNCIAS

As normas aqui relacionadas contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem-se em material de consulta, obrigatória, para o entendimento desta especificação particular.

As edições indicadas estavam em vigor no momento da elaboração deste documento. Como toda norma está sujeita a revisão ou substituição, recomenda-se àqueles que utilizarem esta especificação particular, que verifiquem a conveniência de usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir:

ABNT NBR 5738/2015	- Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova
ABNT NBR 5739/2018	- Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
ABNT NBR 12261/2013	- Dosagem de brita graduada tratada com cimento
ABNT NBR 12142/2010	- Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos
ABNT NBR 16607/2018	- Cimento Portland – Determinação do tempo de pega
ABNT NBR 16697/2018	- Cimento Portland – Requisitos
ABNT NM 8/1994	- Concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral
CONTRAN 2022	- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – VOLUME VII – Sinalização Temporária
DER/PR	- Manual de Execução de Serviços Rodoviários
DER/PR	- Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias
DNIT 164/2013-ME	- Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas
DNIT 181/2018-ME	- Pavimentação – Material estabilizado quimicamente – Determinação do módulo de resiliência
DNIT 417/2019-ME	- Solos – Controle de compactação com equipamento densímetro eletromagnético
DNER - ME 213/94	- Solos – Determinação do teor de umidade
DNIT 424/2020-ME	- Agregados – Determinação do índice de forma com crivos
DNIT 425/2020-ME	- Agregados – Determinação do índice de forma com paquímetro
DNER - ME 024/94	- Determinação das deflexões pela viga Benkelman
DNER - ME 035/98	- Agregados – determinação da abrasão “Los Angeles”

DNER - ME 054/97	- Equivalente de areia
DNER - ME 083/95	- Agregados – análise granulométrica
DNER - ME 089/94	- Agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio
DNER - ME 092/94	- Determinação da massa específica aparente, “in situ”, com emprego do frasco de areia
DNER - ME 196/98	- Agregados - determinação do teor de umidade total, por secagem, em agregado graúdo
DNIT IPR 700/97	- Glossário de Termos Técnicos Rodoviários
DNIT IPR 742/10	- Manual de Implantação Básica de Rodovia
DNIT 133/2010-ME	- Pavimentação asfáltica – delineamento da linha de influência longitudinal da bacia de deformação por intermédio da viga Benkelman
DNER - PRO 277/97	- Metodologia para controle estatístico de obras e serviços
DNIT – PRO 011/04	- Gestão da qualidade em obras rodoviárias
Lei nº 6.514/77 - CLT – Art. 200	- Normas Regulamentadoras – NR da Segurança e da Medicina do Trabalho

3 DEFINIÇÕES

- 3.1 Brita graduada tratada com cimento é a camada de base ou sub-base, composta por mistura em usina de produtos de britagem, cimento e água, adequadamente compactada e submetida a processo eficiente de cura.

4 CONDIÇÕES GERAIS

- 4.1 A brita graduada tratada com cimento pode ser empregada como base ou sub-base de pavimentos.
- 4.2 Não é permitida a execução dos serviços, objeto desta Especificação:
- sem o preparo prévio da superfície a receber a camada de brita graduada tratada com cimento, caracterizado por sua limpeza e reparação preliminar, se necessário;
 - sem a implantação prévia da sinalização do serviço, conforme Normas Regulamentadoras (NR) do Ministério do Trabalho e Previdência, o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito do CONTRAN, Volume VII – Sinalização Temporária e o que eventualmente esteja especificado no projeto de engenharia e/ou nos Termos de Referência do Edital;
 - sem a prévia orientação dos funcionários quanto ao uso adequado, guarda, conservação e higienização dos EPIs, bem como a exigência de seu uso durante as atividades a serem desenvolvidas, conforme previsto nas Normas Regulamentadoras (NR);
 - sem o devido licenciamento/autorização ambiental, conforme Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR;
 - em dias de chuva.

5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1 Materiais: todos os materiais utilizados devem satisfazer às especificações aprovadas pelo DER/PR.

5.1.1 Cimento Portland

a) podem ser utilizados os seguintes tipos de cimento Portland especificados pela ABNT-NBR 16697:

- a.1) cimento Portland comum;
- a.2) cimento Portland pozolânico;
- a.2) cimento Portland de alto-forno;
- a.2) cimento Portland composto.

b) com relação às condições de armazenamento do cimento, observar ao disposto a respeito em outros normativos do DER/PR;

c) ao cimento deve ser incorporado um aditivo retardador de pega para conferir à mistura final a maneabilidade durante um período de 6 horas.

5.1.2 Água

a) a água utilizada deve ser isenta de materiais estranhos prejudiciais ao comportamento da mistura.

5.1.3 Agregados

a) os agregados utilizados, obtidos a partir da britagem e classificação de rocha sã, devem 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 089, os agregados utilizados devem apresentar perdas inferiores aos seguintes limites:

- b.1) agregados graúdos 12 %;
- b.2) agregados miúdos 15 %.

c) para o agregado retido na peneira nº 10, a percentagem de desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles (DNER-ME 035) não deve ser superior a 50%;

d) a fração passante na peneira nº 4 deve apresentar o equivalente de areia, determinado pelo método DNER-ME 54, superior a 50 %;

e) o agregado graúdo deverá apresentar menos de 10% de partículas alongadas e lamelares ou defeituosas, método da NORMA DNIT 425/2020 - ME;

f) no caso de emprego de seixo britado 100% dos grãos deverão apresentar pelo menos uma face britada e 85% deles com pelo menos duas faces britadas.

5.1.4 Brita graduada tratada com cimento

- a) a composição granulométrica da brita graduada tratada com cimento deve estar enquadrada em uma das faixas apresentadas no Quadro 1:

Quadro 1 – Composição granulométrica da brita graduada, tratada com cimento (BGTC)

Composição granulométrica da brita graduada, tratada com cimento (BGTC)				
Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em peso		
ABNT	Abertura, mm	Faixa I	Faixa II	Faixa III
2"	50,8	100	-	-
1 ½"	38,1	90-100	100	-
1"	25,4	-	-	100
¾"	19,1	50-85	60-95	88-100
⅜"	9,5	35-65	40-75	55-75
n.º 4	4,8	25-45	25-60	41-56
n.º 10	2,0	18-35	15-45	30-44
n.º 40	0,42	8-22	8-25	15-25
n.º 200	0,074	3-9	2-10	2-7

Nota 01: outras faixas granulométricas, poderão ser utilizadas, desde que devidamente justificadas pelo projeto e aprovadas pelo DER/PR.

- b) a porcentagem de material que passa na peneira n.º 200 não deve ultrapassar a 2/3 da porcentagem que passa na peneira n.º 40;
- c) a mistura de brita graduada tratada com cimento, quando dosada, deve apresentar resistência à compressão simples, aos sete dias, mínima de 3,5 MPa e máxima de 7,0 MPa;
- d) na dosagem da BGTC recomenda-se compatibilizar o menor teor de cimento da mistura (entre 3% a 4% em termos de peso seco da mistura) que atenda estatisticamente ao especificado em projeto quanto às resistências à compressão e à tração e módulo resiliente. Há uma tendência do aumento do aparecimento de trincas por retração hidráulica na BGTC com o aumento do teor de cimento.

5.2 Equipamentos

5.2.1 É de responsabilidade da contratada assegurar que todo equipamento alocado para a execução da obra esteja em perfeitas condições de uso, no que tange à sua manutenção, regulagem e aspectos de segurança de operação, de maneira a garantir a qualidade do serviço. A qualquer momento a Fiscalização do DER/PR poderá solicitar a substituição do equipamento que não apresente desempenho satisfatório na execução do serviço indicado.

5.2.2 Os seguintes equipamentos são utilizados para a execução de camadas de brita graduada tratada com cimento:

- a) instalação de britagem: adequadamente projetada de forma a produzir bitolas que permitam a obtenção da granulometria pretendida para a brita graduada tratada com cimento, atendendo aos cronogramas previstos para a obra (quando previsto material a ser produzido na obra);

- b) pá-carregadeira;
- c) central de mistura dotada de unidade dosadora com, no mínimo, três silos para agregados, silo individual para cimento, dispositivo de adição de água com controle de vazão e misturador do tipo "pug-mill";
- d) caminhões basculantes;
- e) caminhão-tanque irrigador;
- f) motoniveladora pesada;
- g) vibroacabadora ou distribuidor de agregados autopropulsionado;
- h) rolos compactadores do tipo liso vibratório e tipo corrugado vibratório;
- i) rolos compactadores de pneumáticos de pressão regulável;
- j) compactadores portáteis vibratórios;
- k) ferramentas manuais diversas.

5.2.3 A utilização de outros equipamentos além dos mencionados, ou em sua substituição, deverá ser analisada e aprovada pela fiscalização, porém não serão objeto de pagamento suplementar.

5.3 Execução

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

5.3.2 Para a perfeita execução e bom acompanhamento e fiscalização do serviço, são definidos no documento "Informações e Recomendações de Ordem Geral" procedimentos a serem obedecidos pela executante e pela Fiscalização do DER/PR, relativos à execução prévia e obrigatória de segmento(s) experimental(is).

5.3.3 Após as verificações realizadas no segmento experimental, comprovando-se sua aceitação por atender aos limites definidos nesta Especificação, deve ser emitido Relatório do Segmento Experimental com as observações pertinentes feitas pela Fiscalização do DER/PR, as quais devem ser obedecidas em toda a fase de execução deste serviço pela executante.

5.3.4 No caso de rejeição dos serviços do segmento experimental por desempenho insatisfatório quanto aos limites especificados nos ensaios, a solução indicada é a de remover e refazer a etapa não aceita.

5.3.5 Preparo da Superfície

- a) a superfície a receber a camada de base ou sub-base de brita graduada tratada com cimento deve estar perfeitamente limpa, desempenada e fornecer condições de superfície contínua e uniforme sem apresentar agregados graúdos e segregação que possam originar concentrações de tensões na camada cimentada;
- b) eventuais defeitos existentes devem ser necessariamente reparados, antes da distribuição da brita graduada tratada com cimento;
- c) previamente à distribuição da camada de brita graduada tratada com cimento, a superfície a ser recoberta é umedecida e mantida úmida, sem estar excessivamente molhada;

- d) recomenda-se que a camada de BGTC não seja espalhada diretamente sobre camadas tipo rachão, pedra pulmão etc. No caso de emprego sobre camada de macadame seco, deve-se prever a aplicação de uma camada de pelo menos 10 cm de brita graduada (com tamanho máximo de agregado de 1 polegada) para minimizar a ocorrência de concentração de tensões na camada cimentada.

5.3.6 Produção da brita graduada tratada com cimento

- a) a rocha são extraída da pedreira indicada, é previamente britada e classificada em bitolas, a serem definidas em função da granulometria objetivada para a mistura;
- b) as bitolas obtidas, acumuladas nos silos da central de mistura, são combinadas com o cimento no misturador. É acrescentada no misturador a água necessária à condução da mistura de agregados à respectiva umidade ótima, mais o acréscimo destinado a fazer frente às perdas verificadas nas operações construtivas subsequentes;
- c) a usina deve ser calibrada racionalmente, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura;
- d) deve ser previsto o eficiente abastecimento, de modo a evitar a interrupção da produção.

5.3.7 Transporte da brita graduada tratada com cimento

- a) mistura produzida na central é descarregada diretamente sobre caminhões basculantes e em seguida transportada para a pista;
- b) os caminhões basculantes são cobertos por lonas, de forma a minimizar a perda de umidade da mistura;
- c) não é permitido o transporte da brita graduada tratada com cimento para a pista, quando o subleito ou a camada subjacente estiver molhada, não sendo capaz de suportar, sem se deformar, a movimentação do equipamento;
- d) 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;
- e) não é permitida a estocagem do material usinado.

5.3.8 Distribuição da mistura

- a) antes de se iniciar a execução propriamente dita, devem ser efetuados a locação e o nivelamento da camada subjacente;
- b) imediatamente antes do espalhamento, a superfície a ser recoberta deverá ser umedecida, sem apresentar excessos de água;
- c) a definição da espessura do colchão de material solto que, após compressão, permita a obtenção da espessura de projeto e sua conformação adequada, deve ser obtida no segmento experimental;
- d) a distribuição da mistura, sobre a camada anterior previamente liberada pela Fiscalização, é realizada preferencialmente com vibroacabadora, ou equipamento capaz de distribuir a brita graduada tratada com cimento em espessura uniforme, sem produzir segregação;

- e) é vedado o uso, no espalhamento, de equipamentos ou processos que causem segregação do material;
- f) o sistema de distribuição empregado deve proporcionar espalhamento adequado, de modo que o material fique em condições de ser compactado, sem conformação suplementar;
- g) no espalhamento da brita graduada tratada com cimento deve ser obedecido o limite mínimo de 15 cm para a espessura acabada. Em qualquer caso, observar as disposições contidas em outros normativos do DER/PR a respeito de espessuras mínimas para camadas cimentadas, tendo em vista aspectos relacionados à mecânica de pavimentos. A espessura máxima é tal que não prejudique a uniformidade na compactação da camada.

5.3.9 Compactação

- a) a definição dos tipos de equipamentos de compressão e a sequência executiva mais apropriados, objetivando alcançar, da forma mais eficaz, o grau de compactação especificado, é obtida no segmento experimental;
- b) o teor da umidade da mistura, por ocasião da compactação, deve estar compreendido no intervalo de $\pm 1\%$, em relação à umidade ótima obtida no ensaio de compactação, executado com a energia intermediária;
- c) as operações de compactação devem ser iniciadas imediatamente após o término da distribuição da mistura;
- d) a compactação da brita graduada tratada com cimento é executada mediante o emprego de rolos vibratórios lisos conjugados com rolos vibratórios corrugado e de rolos pneumáticos de pressão regulável;
- e) nos trechos em tangente, a compactação deve evoluir partindo dos bordos para o eixo, e nas curvas, partindo do bordo interno para o bordo externo. Em cada passada, o equipamento utilizado deve recobrir, ao menos, a metade da faixa anteriormente comprimida;
- f) durante a compactação, se necessário, pode 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, devem se processar fora da área de compressão;
- h) a compactação deve evoluir até que se obtenha o grau de compactação mínimo de 100%, em relação à massa específica aparente seca máxima obtida no ensaio de compactação, executado com a energia intermediária) em lugares inacessíveis ao equipamento de compressão, ou onde seu emprego não for recomendável, a compactação requerida é feita à custa de compactadores portáteis, manuais ou mecânicos;
- i) o tempo decorrido entre a incorporação de cimento à mistura na central e o início da compressão, não pode exceder a três horas;
- j) o tempo decorrido entre o início da compactação e o final do acabamento da camada, não deve exceder a três horas.

5.3.10 Juntas de construção

- a) ao término de cada jornada de trabalho, ou em caso de interrupção súbita dos serviços por problemas técnicos, deve ser executada uma junta de construção, em local já compactado, mediante corte vertical da camada segundo seção

- transversal ao eixo. Nesta operação, podem ser utilizadas ferramentas manuais ou a lâmina de motoniveladora. As juntas não devem estar próximas a bueiros e de drenos de pavimentos;
- b) no caso da necessidade de execução em faixas de rolamento, as juntas transversais de construção não deverão coincidir entre dois panos de serviço adjacentes;
 - c) as juntas longitudinais devem ser evitadas, pela execução simultânea das faixas previstas. Caso sejam necessárias, proceder ao corte vertical com ferramentas manuais ou motoniveladora. Neste caso, a junta longitudinal deve ser projetada para ser executada fora da área da futura trilha de rodagem. Isto porque, para misturas com baixo teor de cimento e “secas” como a BGTC, haverá uma tendência de se ter uma baixa aderência entre a face vertical da faixa endurecida e a faixa adjacente que será executada, potencializando o desenvolvimento de uma trinca longitudinal de construção;
 - d) na ocasião do reinício dos serviços, umedecer a parede da junta executada. Para minimizar a formação de depressões na região das juntas transversais recomenda-se uma pré-compactação da mistura solta junto à junta, empregando-se equipamentos manuais de compactação. Após complementação da espessura da mistura solta, a compactação da junta é iniciada com rolo liso atuando paralelamente à junta e apoiado na camada já compactada.

5.3.11 Cura

- a) superfície da camada executada deve receber uma pintura de cura;
- b) antes da aplicação da pintura de cura, a superfície deve ser perfeitamente limpa, mediante emprego de processos e equipamentos adequados. Se necessário, para assegurar a adequada limpeza, a Fiscalização pode exigir o emprego de jatos de ar comprimido;
- c) previamente à aplicação da pintura de cura, a camada deve ser adequadamente umedecida;
- d) a pintura de cura deve ser aplicada imediatamente após a conclusão da compactação, devendo manter sua eficiência por um período de, no mínimo, sete dias;
- e) emprego de processos de cura alternativos, de comprovada eficiência, pode ser admitido, a critério da Fiscalização.

5.3.12 Liberação ao tráfego: o tráfego de veículos sobre a camada executada poderá ser liberado após um período mínimo de sete dias, desde que a superfície da camada esteja suficientemente endurecida.

6 MANEJO AMBIENTAL

6.1 Nas operações destinadas à execução dos serviços objeto desta especificação com o objetivo de preservação ambiental, devem ser observadas e adotadas as soluções e procedimentos relacionados ao tema ambiental, definidos nos documentos técnico-normativos pertinentes vigentes no DER/PR, na legislação ambiental, nas recomendações e exigências dos órgãos ambientais, e na documentação técnica vinculada à execução da obra (Projeto de Engenharia, Programas Ambientais etc.).

6.2.1 Os seguintes cuidados devem ser observados na exploração das ocorrências de materiais:

- a) a brita somente é aceita após apresentação da licença ambiental de operação da pedreira, cuja cópia da licença deve ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da obra;
- b) deve ser apresentada a documentação atestando a regularidade das instalações (pedreira e britagem), assim como sua operação junto ao órgão ambiental competente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros;
- c) evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- d) planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- e) tomar todas as precauções para que o manuseio e armazenamento do cimento sejam feitos de forma correta, evitando danos ao meio-ambiente, aos envolvidos na obra e aos usuários;
- f) impedir queimadas como forma de desmatamento;
- g) construir junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação e barreiras de siltagem para retenção do pó de pedra, eventualmente produzido em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água.

6.2.2 Em função destes agentes, devem ser obedecidos os seguintes princípios:

- a) quanto à operação
 - a.1) os cuidados, para a preservação ambiental, se referem à disciplina do tráfego e ao estacionamento dos equipamentos;
 - a.2) deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos à vegetação e interferências à drenagem natural.

6.2 Quanto às instalações

- a) as áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção e lavagem dos equipamentos devem ser localizadas de forma que resíduos de lubrificantes e/ou combustíveis não sejam levados até os cursos d'água;
- b) deverão ser dotadas de sistema de coleta de águas incidentes e o efluente conduzido para caixas separadoras de óleo;
- c) deverão ser dotadas de sistema preventivo contra incêndio aprovado pelo corpo de bombeiros do Paraná.

7 CONTROLE INTERNO DE QUALIDADE

7.1 Compete à executante a realização de testes e ensaios que demonstrem a seleção adequada dos insumos e a realização do serviço de boa qualidade e em conformidade com esta Especificação.

7.2 As quantidades de ensaios para controle interno de execução, referem-se às

quantidades mínimas aceitáveis, podendo a critério da Fiscalização do DER/PR ou da executante, ser ampliadas para garantia da qualidade da obra.

- 7.3 O controle interno de qualidade consta, no mínimo, dos ensaios apresentados nos Quadros 2, 3, 4 e 5.

Quadro 2 – Ensaios para o controle de qualidade dos agregados

Ensaios para o controle de qualidade dos agregados	
Quantidade	Descrição
No início da obra e sempre que houver variação nas características da pedra:	
01	Ensaio de abrasão Los Angeles
01	Ensaio de durabilidade do agregado graúdo e miúdo com sulfato de sódio
01	Lameralidade – Índice de forma
01	Ensaios de granulometria dos agregados por via lavada
A cada 6 meses:	
01	Ensaio de índice de forma
01	Dosagem da mistura asfáltica (revisão) ou sempre que a densidade do agregado variar mais que 0,04 g/cm ³ em relação à do projeto aprovado
01	Revisão da calibração da Usina
Anualmente:	
01	Ensaio de desgaste Los Angeles
01	Ensaios de granulometria por via lavada
01	Ensaios de Equivalente de areia
01	Ensaio de durabilidade do graúdo e miúdo
01	Ensaio de lameralidade – Índice de forma

Quadro 3 – Controle de qualidade da brita graduada, tratada com cimento produzida na usina

Controle de qualidade da brita graduada, tratada com cimento produzida na usina	
Quantidade	Descrição
No início da obra e sempre que houver variação nas características da pedra:	
01	Projeto de Dosagem da mistura BGTC
01	Resistência à compressão e resistência à tração aos 7 e 28 dias
01	Ensaio de módulo de resiliência aos 7 e 28 dias de cura
01	Ensaio de resistência à fadiga aos 28 dias de cura
Para cada 400 m³ de mistura produzida:	
01	Determinação do teor de umidade – Método expedito da frigideira.
01	Ensaio de granulometria por via lavada
01	Ensaio de Equivalente de areia
01	Determinação do teor de cimento (método de titulação)
01	Ensaio de lameralidade – Índice de forma

Quadro 4 – Brita graduada, tratada com cimento na pista - mistura fresca

Brita graduada, tratada com cimento na pista - mistura fresca	
Quantidade	Descrição
Para cada 150 m³ de mistura aplicada:	
01	Determinação do teor de umidade antes da compactação – método expedito da frigideira
Para cada 250 m³ de mistura aplicada:	
01	Determinação de massa específica aparente seca “in situ”, após compactação
Para cada 300 m³ de mistura aplicada na pista:	
01	Ensaio de resistência à compressão simples aos 7 dias e 28 dias, com amostras coletadas na pista imediatamente antes da compactação (trélicas)
01	Ensaio de resistência à tração aos 28 dias, com amostras coletadas na pista imediatamente antes da compactação (média de dois corpos de prova).
01	Avaliação visual da eficiência e homogeneidade do processo de cura. Determinação da taxa de aplicação da emulsão pelo método da bandeja.
Para cada 4 horas de funcionamento da usina:	
01	Ensaio de granulometria da mistura. Deve atender a faixa de trabalho
01	Ensaio de umidade da mistura. Deve atender faixa de umidade de trabalho
01	Uma determinação do teor de cimento por titulação química. Deve atender teor de cimento especificado em projeto ou no Relatório do (s) Segmento (s) Experimental (is)
Para cada 3.000 m³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por semana trabalhada:	
01	Calibração da usina

Quadro 5 – Brita graduada tratada com cimento na pista - mistura endurecida

Brita graduada tratada com cimento na pista - mistura endurecida	
Quantidade	Descrição
01	Um ensaio de resistência à compressão simples aos 7 e 28 dias de idade por dia de trabalho (média de dois corpos de prova).
01	Um ensaio de resistência à tração por compressão diametral aos 28 dias de idade por dia de trabalho (média de dois corpos de prova).
01	Caso se disponha de ensaio triaxial de carga repetida, realizar um ensaio de módulo resiliente aos 28 dias de idade a cada 1 (um) quilômetro de pista pronta (média de dois corpos de prova).

Nota 02: para os ensaios de resistência à compressão simples e de tração por compressão diametral, devem ser extraídos corpos de prova com sonda rotativa ao 7º dia de cura. Os corpos de prova devem apresentar espessura maior que a de projeto e não devem conter nenhum defeito tal como trincamentos e segregação. Os valores obtidos de resistência devem atender às especificações do projeto de dimensionamento do pavimento.

Nota 03: para qualquer tipo de camada deve ser verificado seu bom desempenho com medidas de deflexão (DNER-ME 024), espaçadas no máximo a cada 20 metros e na futura trilha de rodagem sendo que os valores medidos e analisados estatisticamente devem atender aos limites definidos no projeto e ou estabelecidos no (s) segmento (s) experimental (is) para o tipo da camada. Aos 28 dias de cura também deverão ser obtidas bacias de deformação para se estimar o intervalo de variação do módulo de elasticidade da camada através do emprego da técnica de retroanálise. Ressalta-se que até o momento não se dispõe de modelo brasileiro calibrado que correlacione deflexão de camadas cimentadas tipo BGTC com número de solicitações admissíveis para a ruptura de estrutura de pavimentos tipo semirrígido.

Nota 04: Os ensaios relacionados nos Quadros 3 e 5, Módulo de Resiliência e Ensaio de Fadiga, contidos como parâmetros de “input” no Método Dimensionamento Nacional de Pavimentos Novos – MeDiNa, só devem ser exigidos ao utilizar o método no projeto.

8 CONTROLE EXTERNO DE QUALIDADE – DA CONTRANTE

- 8.1 Compete à Fiscalização do DER/PR, quando julgar necessário, a realização aleatória de testes e ensaios que comprovem os resultados obtidos pela executante, bem como, formar juízo quanto à aceitação ou rejeição do serviço em epígrafe
- 8.2 Verificação final da qualidade
- 8.3 Espessura da camada: deve ser medida a espessura a cada 20m, por nivelamento do eixo e dos bordos, após a execução da camada, envolvendo no mínimo cinco pontos da seção transversal.
- 8.4 Largura executada: a verificação da largura da plataforma, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação, é feita à trena em espaçamento de, pelo menos, 20 m.
- 8.5 Proteção à cura e acabamento
- a) cabe à Fiscalização a avaliação sistemática da eficiência do processo de proteção à cura, com base em inspeção visual, para averiguação das condições de umedecimento da superfície e manutenção da integridade da pintura de cura;
 - b) as condições de acabamento da superfície são apreciadas pela Fiscalização, em bases visuais, exigindo-se maior rigor em função da posição relativa da camada na estrutura (base ou sub-base).
Especial atenção deve ser conferida à verificação da presença de segregação superficial e as condições de cura da camada.

9 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

- 9.1 Aceitação dos materiais
- 9.1.1 O cimento utilizado é aceito desde que obedeça ao especificado na correspondente especificação da ABNT.
- 9.1.2 Agregados: os agregados utilizados são aceitos, desde que atendidos os requisitos desta especificação no que tange à abrasão Los Angeles, durabilidade, lamentalidade e equivalente de areia.
- 9.2 Aceitação da execução
- 9.2.1 Graduação da mistura de agregados
- a) composição e demais requisitos granulométricos das amostras de brita graduada tratada com cimento ensaiadas atendam ao estabelecido nas alíneas “a” e “b” do item 5.1.4 desta especificação;
 - b) durante a produção, a granulometria da mistura pode sofrer variações em relação à curva de projeto, respeitadas as seguintes tolerâncias e os limites da faixa granulométrica adotada mostradas no Quadro 6.

Quadro 6 – Limites da faixa granulométrica adotada e tolerâncias

Limites da faixa granulométrica adotada e tolerâncias		
Peneira		% Passando, em Peso
ASTM	mm	
2"	50,8	± 5
nº 4 a 1 ½"	4,8 a 38,1	± 8
nº 40 a nº 10	0,42 a 2,0	± 3
nº 200	0,074	± 3

- 9.2.2 Os tempos máximos especificados para cada etapa executiva não devem ser ultrapassados.
- 9.2.3 Compressão: os valores do grau de compactação, calculados estatisticamente conforme os procedimentos descritos no item 8.4.1, devem ser iguais ou superiores a 100%.
- 9.2.4 O teor de cimento da mistura aplicada deve situar-se, para cada segmento executado, na faixa de ± 0,5% em relação ao valor de projeto. A média aritmética obtida não deve, no entanto, ser inferior ao teor de projeto.
- 9.2.5 A resistência à compressão simples e a resistência à tração por compressão diametral, aos sete dias de idade, devem ser no mínimo iguais às adotadas no projeto de mistura, para valores determinados estatisticamente.
- 9.2.6 A eficiência do processo de proteção à cura, avaliada visualmente pela Fiscalização, deve ser considerada satisfatória.
- 9.3 Aceitação do controle geométrico e de acabamento
- 9.3.1 O serviço é aceito, sob o ponto de vista de controle geométrico e de acabamento, desde que atendidas as seguintes condições:
- a) a largura da plataforma não deve ser menor que a prevista para a camada;
 - b) a espessura média da camada é determinada pela expressão:

$$u = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{n}}$$

Sendo:

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

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

Onde:

x_i – valores individuais;

\bar{X} – média da amostra;

s – desvio padrão;

k – coeficiente tabelado em função do número de determinações definido (tamanho da amostra);

n – número de determinações (tamanho da amostra).

- b.1) a espessura média determinada estatisticamente não deve ser menor do que a espessura de projeto menos 0,01 m;
- b.2) não são tolerados valores individuais de espessura menores que 0,02 m em relação à espessura de projeto;
- b.3) em caso de aceitação, dentro das tolerâncias estabelecidas, de uma camada de brita graduada tratada com cimento com espessura média inferior à de projeto, a diferença é compensada estruturalmente na (s) camada (s) a ser (em) superposta (s);
- b.4) em caso de aceitação de camada de brita graduada, dentro das tolerâncias estabelecidas, com espessura superior à de projeto, a diferença não é deduzida da (s) espessura (s) da (s) camada (s) a ser (em) superposta (s);
- b.5) as condições de acabamento, apreciadas pela Fiscalização do DER/PR em bases visuais, devem ser julgadas satisfatórias.

9.4 Condições de conformidade e não conformidade

9.4.1 Todos os ensaios de controle e determinações devem cumprir condições gerais e específicas desta especificação, e estar de acordo com os critérios a seguir descritos.

- a) quando especificada uma faixa de valores mínimos e máximos devem ser verificadas as seguintes condições:

$\bar{X} - k_s < \text{valor mínimo especificado}$ ou $\bar{X} + k_s > \text{valor máximo de projeto}$: não conformidade;

$\bar{X} - k_s \geq \text{valor mínimo especificado}$ e $\bar{X} + k_s \leq \text{valor máximo de projeto}$: conformidade.

Sendo:

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

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

Onde:

x_i – valores individuais;

\bar{X} – média da amostra;

s – desvio padrão;

k – coeficiente tabelado em função do número de determinações, definido de acordo com o Quadro 7;

n – número de determinações.

Quadro 7 – Plano de Amostragem Variável (DNER PRO 277/97)

Plano de Amostragem Variável (DNER PRO 277/97)														
n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
α	0,45	0,35	0,30	0,25	0,19	0,15	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
n = N° de Amostras					k = Coeficiente Multiplicador					α = Risco da Contratada				

- b) quando especificado um valor mínimo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

Se $\bar{X} - k_s < \text{valor mínimo especificado}$: não conformidade;

Se $\bar{X} - k_s \geq \text{valor mínimo especificado}$: conformidade.

- c) quando especificado um valor máximo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

Se $\bar{X} + k_s > \text{valor máximo especificado}$: não conformidade;

Se $\bar{X} + k_s \leq \text{valor máximo especificado}$: conformidade.

9.5 Os serviços só devem ser aceitos se atenderem às prescrições desta especificação.

9.6 Todo detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido.

9.7 Qualquer serviço só é aceito se as correções executadas o colocarem em conformidade com o disposto nesta especificação; caso contrário é rejeitado.

10 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

10.1 O serviço de brita graduada tratada com cimento, executado e recebido na forma descrita, é medido em metros cúbicos de sub-base ou base compactada na pista, fazendo-se distinção em relação aos teores aplicados. Considera-se o talude da brita graduada tratada com cimento equivalente a 1:1,5, para fins de cálculo da largura média de projeto.

10.2 No cálculo de volumes, obedecidas as tolerâncias especificadas, é considerada a espessura média \bar{X} , calculada como indicado anteriormente, limitada a espessura do projeto.

- 10.3 Volumes superiores aos limites referidos nos parágrafos anteriores, para cada trecho, só são medidos e encaminhados para pagamento se previamente justificados pela Fiscalização do DER/PR e aprovados pelo diretor do DER/PR responsável pela obra.

11 CRITÉRIOS DE PAGAMENTO

- 11.1 Os serviços aceitos e medidos só são atestados como parcela adimplente, para efeito de pagamento, se juntamente com a medição de referência, estiver apenso o relatório com os resultados dos controles e de aceitação.
- 11.2 O pagamento é feito, após a aceitação e a medição dos serviços executados, com base no preço unitário contratual, o qual representa a compensação integral para todas as operações, transportes, materiais, perdas, mão- de-obra, equipamentos, controle de qualidade, encargos e eventuais necessários à completa execução dos serviços.
- 11.3 O preço unitário está sujeito a nova composição, baseado no teor de cimento empregado.