ESPECIFICAÇÃO PARA EXECUÇÃO DE SUB-BASE E BASE DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO E BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO

CÓPIA NÃO CONTROLADA

Identificação: ET-ENG-EPR-002	**Revisão:** 00
Área: Engenharia de Qualidade	

1. SUMÁRIO

2. OBJETIVO 3

3. ÁREA DE APLICAÇÃO 3

4. DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA 3

5. DEFINIÇÕES E SIGLAS 4
5.1. DEFINIÇÕES 4
5.2. SIGLAS 4

6. MATERIAIS 4
6.1. ÁGUA 4
6.2. CIMENTO PORTLAND 5
6.3. AGREGADOS 5

7. PROJETO DA MISTURA DE BGTC E BGMC 5
7.1. COMPOSIÇÃO DA MISTURA 5
7.2. DEFINIÇÃO DO TEOR DE CIMENTO 6

8. EXECUÇÃO DE ATIVIDADES 9
8.1. DIRETRIZES GERAIS DE EXECUÇÃO 9
8.2. EQUIPAMENTOS 9
8.3. EXECUÇÃO 9
8.3.1. Serviços Prévios 10
8.3.2. Locação e nivelamento 10
8.3.3. Produção da mistura em Central 10
8.3.4. Espalhamento e compactação 11
8.3.5. Cura e proteção da camada 12
8.3.6. Liberação do tráfego sobre da camada executada 13

9. CONTROLE GEOMÉTRICO E DE QUALIDADE 13
9.1. CONTROLE GEOMÉTRICO 13
9.2. CONTROLE DE QUALIDADE 13

10. HISTÓRICO DE REVISÕES 15

CÓPIA NÃO CONTROLADA

2. OBJETIVO

Definir a sistemática de execução de sub-base ou base de Brita Graduada Tratada com cimento – BGTC e Brita Graduada Melhorada com Cimento - BGMC, estabelecendo os critérios desde os materiais empregados, como as etapas de execução do serviço e controle de qualidade.

Tanto o BGTC como o BGMC são a mistura de agregados provenientes de britagem de rocha sã, água e cimento Portland. A composição granulométrica da mistura e o percentual de cimento devem ser definidos e validados em traço experimental através de ensaios de laboratório, realizado e aprovado previamente à aplicação da mistura em campo. A mistura, deverá atender aos parâmetros estabelecidos nessa especificação.

3. ÁREA DE APLICAÇÃO

A mistura de BGTC ou BGMC é empregada em camadas estruturais de pavimento como sub-base e base, ou em vitude de uma definição estratégica, poderá ser aplicada em outras camadas ou etapas, desde que seu uso seja aprovado.

4. DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA

- ABNT NBR 12052 – Solo ou agregado miúdo - Determinação do equivalente de Areia.
- ABNT NBR 15900 – Água para amassamento do concreto.
- ABNT NBR 16697 - Cimento Portland – Requisitos.
- ABNT NBR 16974 – Agregado graúdo – Ensaio de abrasão Los Angeles.
- ABNT NBR-11768 – Aditivos para concreto de Cimento Portland – Especificação.
- DER/PR ES-P16/18 - Pavimentação: Brita Graduada Tratada Com Cimento.
- DNIT 133 – ME – Determinação das deflexões pela Viga Benkelman.
- DNIT 144 – ME – Pavimentação – Imprimação com ligante asfáltico
- DNIT 164 – ME – Solos- Compactação utilizando amostras não trabalhadas.
- DNIT 172 – ME – Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas.
- DNIT 181 – ME – Pavimentação – Material estabilizado quimicamente – Determinação do módulo de resiliência.
- DNIT 412 – ME – Agregados – Análise Granulométrica de agregados graúdos e miúdos e misturas de agregados por peneiramento.
- DNIT 424 – ME – Pavimentação- Agregado - Determinação do índice de forma.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

- DNIT 446 – ME – Agregados – Avaliação da Durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou magnésio.
- DNIT 456 – ME – Determinação do teor de umidade de solos e agregados – métodos expeditos e de laboratório.
- DNIT 458 – ME – Solos – Determinação da massa específica aparente *in situ* com o emprego do frasco de areia.
- ET-DE-P009 – DER SP – Sub-base ou base de brita graduada tratada com cimento.

5. DEFINIÇÕES E SIGLAS

DEFINIÇÕES

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.

Pano – Segmento ou trecho. Compreende uma extensão em metro linear que compõe um subtrecho do total a ser executado, sua largura será de acordo com o especificado em projeto.

Fecha – Número de passadas do rolo compactador referente ao percurso de “ida” e “volta”.

SIGLAS

BGTC – Brita Graduada Tratada com Cimento

BGMC – Brita Graduada Melhorada com Cimento

RCS – Resistência à Compressão Simples

RTCD – Resistência à Compressão por tração diametral

6. MATERIAIS

Quanto aos materiais empregados na mistura devem ser atendidos os requisitos especificados em **6.1**, **6.2** e **6.3**.

ÁGUA

A água utilizada na mistura deve der isenta de matéria orgânica, e substâncias que possam acarretar a perda de resistência da mistura. Deve atender aos requisitos estabelecidos pela Norma NBR 15900.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

CIMENTO PORTLAND

O cimento Portland empregado na mistura deve atender ao especificado na Norma NBR 16697 Cimento Portland – Requisitos.

Na escolha do tipo de cimento selecionar preferencialmente os cimentos do tipo CPII-E ou CP II-Z.

O cimento tipo CPV-ARI não pode ser utilizado em misturas de BGTC e BGMC devido ao elevado calor de hidratação e a redução do tempo de trabalhabilidade da mistura.

O percentual de cimento empregado na mistura poderá variar entre 2% e 5% de cimento, no entanto, o teor a ser especificado no projeto de mistura é aquele que atende as resistências especificadas em Projeto, e em casos omissos conforme item 7.2.

AGREGADOS

Não é permitido o uso de areias ou argilas nas misturas de BGTC ou BGMC. Os agregados pétreos a serem utilizados devem ser resistentes, livres de torrões de argila, substâncias nocivas, e atender aos seguintes parâmetros:

a) Equivalente de areia deve ser maior ou igual a 40% conforme ABNT NBR 12052.

b) Desgaste por abrasão, método Los Angeles menor ou igual a 50% conforme ABNT NBR 16974.

c) Índice de perda obtido no ensaio de durabilidade conforme a norma DNIT 446 ME, em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio:

- agregados miúdos ≤ 15%;
- agregados graúdos ≤ 12%.

d) Indice de forma do agregado de maior diâmetro superior a 0,5 conforme a norma DNIT 424 ME.

7. PROJETO DA MISTURA DE BGTC E BGMC

7.1. COMPOSIÇÃO DA MISTURA

A composição granulométrica deverá atender ao especificado em uma das faixas estabelecidas na Tabela 1. A partir da curva granulométrica definida para o projeto, devem ser atendidas as tolerâncias especificadas também na Tabela 1, para determinação da faixa de trabalho.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

Tabela 1 – Faixas Granulométrica

PENEIRAS		FAIXA GRANULOMÉTRICA					
ASTM	Abertura da malha (mm)	% em peso que passa na peneira					
		Faixa I	Faixa II	Faixa III	Tolerâncias Faixa I, II e III	Faixa IV	Tolerâncias Faixa IV
2”	**50,8**	100	-	-	± 5%	100	± 7%
1 ½”	**38,1**	90-100	100	-	± 8%	100	± 7%
1”	**25,4**	-		100	± 8%	90-100	± 7%
¾”	**19,1**	50-85	60-95	88-100	± 8%	75-95	± 7%
⅜”	**9,5**	35-65	45-75	55-75	± 8%	45-65	± 7%
N° 4	**4,8**	25-45	25-60	41-56	± 8%	30-45	± 5%
N°10	**2,0**	18-35	15-45	30-44	± 3%	18-33	± 5%
N° 40	**0,42**	8-22	8-25	15-25	± 3%	7-17	± 5%
N° 80	**0,175**					1-11	± 3%
N° 200	**0,074**	3-9	2-10	2-7	± 3%	0-8	± 2%

Fontes:
Faixas I, II e III – Determinadas na Norma Pavimentação: Brita Graduada Tratada com Cimento – DER-PR
Faixa IV – Determinada na Norma Sub-Base ou Base de Brita Graduada Tratada com Cimento – BGTC – DER/SP

7.2. DEFINIÇÃO DO TEOR DE CIMENTO

A definição do teor de cimento deve ser determinada por meio de estudo, após a definição da composição granulométrica.

O percentual de cimento em massa deve ser definido em função da resistência à compressão simples e da resistência à compressão por tração diametral definidos em projeto.

Na ausência das resistências de projeto, deve se estabelecer o teor de cimento que atenda aos limites especificados na tabela 2.

Tabela 2 – Tabela de Resistências aos 7 e 28 dias

Tipo de ensaio	BGMC *Mínimo (MPa)*	BGTC *Mínimo (MPa)*
RCS 7 dias	1,50	3,00
RCS 28 dias	1,75	3,50
RTCD 7 dias	0,15	0,30
RTCD 28 dias	0,25	0,50

CÓPIA NÃO CONTROLADA

Um estudo de dosagem deve ser conduzido conforme as seguintes etapas:

Etapa 1 - realização do ensaio de compactação (Proctor) na energia modificada, para determinação da umidade ótima e a massa específica aparente seca conforme a Norma DNIT 164-ME;

Etapa 2 – realizar a moldagem dos corpos de prova para os ensaios de resistência (compressão simples e tração por compressão diametral) obedecendo a relação entre altura (h) e diâmetro (d), onde a altura deverá ter duas vezes a medida da base do corpo de prova (h=2d).

Devem ser moldados no mínimo dois CPs por idade de rompimento, sendo 2 para 7 dias e 2 para 28 dias, de acordo com o teor de cimento. Podem ser requisitadas moldagens adicionais para estudo ou mesmo para o controle da execução de atividades em pista.

A moldagem dos corpos de prova deve atender as seguintes diretrizes de moldagem:

Número de golpes calculado em função da energia de compactação empregada no ensaio, mediante a equação apresentada:

$$E = \frac{P.h.N.n}{V}$$

Onde:

E- energia de compactação (kgf/cm²)
P= Peso do soquete (kgf)
h = Altura de queda do soquete (cm)
N = Número de golpes por camada
n = Número de camadas
V = Volume final compactado (cm³)

Adotar os valores padronizados para P, h, n e E, conforme apresentado nas Tabelas 3 e 4:

Tabela 3 – Valores de P, h, n e E para CP 10 x 20cm

CP (10x20)	Unidade	Símbolo	Proctor Intermediário (DNIT)	Proctor Modificado (DNIT)	AASHTO T-180
Peso do soquete	kgf	P	4,54	4,54	4,54
Altura de queda	cm	h	45,70	45,70	45,72
Número máximo de camadas	-	n (máx)	4	5	4
Número de golpes por camada	-	N	24	42	50
Volume do cilindro (cm³)	cm³	V	1.570,80	1.570,80	1.570,80
Espessura mínima de cada camada compactada	cm	Esp.c (mín)	5,00	4,00	5,00
Energia de compactação	kgf/cm²	E	12,68	27,74	26,43

CÓPIA NÃO CONTROLADA

Tabela 4 – Valores de P, h, n e E para CP 15x30cm

CP (15x30)	Unidade	Símbolo	Proctor Intermediário (DNIT)	Proctor Modificado (DNIT)	AASHTO T-180
Peso do soquete	kgf	P	4,54	4,54	4,54
Altura de queda	cm	h	45,70	45,70	45,72
Número máximo de camadas	-	n (máx)	6	8	6
Número de golpes por camada	-	N	54	88	115
Volume do cilindro (cm^3)	cm^3	V	5.301,44	5.301,44	5.301,44
Espessura mínima de cada camada compactada	cm	Esp.c (mín)	5,00	3,75	5,00
Energia de compactação	kgf/cm^2	E	12,68	27,55	27,02

Concluídas as moldagens os corpos de prova devem permanecer em cura até a idade de rompimento. Em nenhuma hipótese os corpos de prova podem ser submetidos a cura por imersão em tanque de água. Na cura em tanque de serragem úmida, deve ser verificada e registrada a umidade do corpo de prova após o rompimento. Na cura em câmara úmida, devem ser controladas as condições de umidade e temperatura.

Após o período de cura os corpos de prova devem ser submetidos ao rompimento nas idades de 7 e 28 dias.

A Contratada também deve realizar os ensaios de Módulo de Resiliência tanto da mistura de BGTC como de BGMC, determinado nas idades de 7 e 28 dias.

Um relatório de estudo deve ser emitido contendo:

a) Materiais utilizados;
b) Fornecedor e tipo de agregados utilizados;
c) Fabricante e tipo de cimento utilizado;
d) Ensaios requeridos em 6.2 e 6.3;
e) Ensaios de compactação e umidade;
f) Determinação dos teores de cimento estudados;
g) Ensaios de resistência à compressão simples;
h) Ensaios de resistência à tração por compressão diametral;
i) Empresa responsável pelo estudo de dosagem;
j) Ensaio de módulo de resiliência;
k) Resumo dos resultados obtidos avaliando a conformidade aos parâmetros desta ES e do Projeto de referência;
l) Check-list de análise e validação do estudo.
m) Assinatura do Responsável pelo estudo de dosagem.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

O relatório do estudo de dosagem deve ser submetido à aprovação da EPR antes da aplicação da mistura em campo.

8. EXECUÇÃO DE ATIVIDADES

DIRETRIZES GERAIS DE EXECUÇÃO

Os serviços de execução de sub-base ou base de BGTC ou BGMC não podem ser executadas sob a incidência de chuva.

O processo executivo deve ser realizado de modo a garantir a conformidade da mistura conforme o estudo de dosagem aprovado.

EQUIPAMENTOS

- Central misturadora (contínua ou descontínua), composta de misturador, silos de agregados, depósito de água e dispositivos de controle, capaz de produzir com até três graduações de agregado.
- Instalação de cimento a granel composta de silo vertical, compressor, transportador sem fim e sistema desumidificador;
- Acabadora autopropulsionada com dispositivo para vibração e adensamento, e quando possível com sensor eletônico de nivelamento da camada sendo obrigatória a utilização de cabo guia.
- Caminhão caçamba basculante para transporte da mistura;
- Caminhão distribuidor de água de no mínimo 10.000 litros, equipado com moto-bomba, capaz de distribuir água sob pressão regulável e uniformemente através de barra espargidora com dispositivo de fluxo lateral;
- Rolo compactador tipo liso-vibratório (e com frequência regulável, com as seguintes características: largura do rasto maior que 1,40 m; peso estático maior que 270 kN)
- Rolo pneumático de pressão regulável com as seguintes características: carga por roda maior que 35 kN; largura do rasto maior que 2,00 m; pressão de contato maior que 0,75 MPa.
- Motoniveladora com sistema de GPS (caso particular detalhado em 8.3.4.).

EXECUÇÃO

A execução dos serviços compreende as etapas de preparo da superfície de aplicação da mistura, locação e nivelamento, produção da mistura, espalhamento, nivelamento, compactação, acabamento, cura e proteção.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

8.3.1. Serviços Prévios

A superfície a receber a camada de sub-base ou base de brita graduada tratada com cimento deve estar totalmente concluída, limpa, isenta de materiais soltos, lama e demais agentes prejudiciais, além de ter sido liberada pela EPR.

Eventuais defeitos existentes devem ser adequadamente reparados antes da distribuição da mistura de BGTC ou BGMC.

8.3.2. Locação e nivelamento

Os serviços de locação e nivelamento devem ser executados previamente pelo Empreiteiro, sendo verificado sempre que necessário, pela empresa de Supervisão. Nas posições correspondentes às estacas de locação, dos dois lados da pista e a distância constante da linha base (eixo), serão assentados e nivelados piquetes para controle de cotas e de alinhamento, os quais serão transportados para um fio de aço devidamente tensionado e mantido suspenso por barras de aço com dispositivo para regular a cota que compreenderá o dispositivo eletrônico do distribuidor de agregados, sendo obrigatório a apresentação do relatório de Levantamento Topográfico.

As motoniveladoras devem possuir lâminas equipadas com aletas laterais, para evitar a segregação durante o espalhamento. Será obrigatório o uso de equipamentos com controle de nivelamento a laser.

8.3.3. Produção da mistura em Central

Os agregados utilizados na mistura devem ser separados conforme o tipo (diâmetro), o estoque deve ser bem drenado e coberto. O material deve estar isento de matéria orgânica, solos e contaminantes.

Na operação de carregamento dos materiais deve conter a mistura prévia dos agregados. Cada silo da central misturadora deve ser abastecido com um tipo de agregado, sendo protegidos contra a incidência de chuvas. Todos os materiais devem ser dosados em massa.

A central deve ser calibrada antes do início das atividades de modo que a quantidade de agregados e cimento estejam de acordo com a dosagem previamente estabelecida. Não é permitida a pré-mistura de materiais por meio de equipamento tipo escavadeira ou retroescavadeira antes do abastecimento dos silos.

Os materiais depositados nos silos são combinados no misturador, acrescentando-se o cimento e a água. A introdução da água no misturador deve ser controlada por meio de dispositivo que permita a verificação da quantidade acrescentada. O abastecimento dos insumos deve ser programado de modo a evitar a interrupções na produção.

Sempre que for detectado falha no sistema de abastecimento de cimento durante a operação de mistura na central, tornando duvidosa a quantidade de cimento adicionada, deve ser realizado o descarte do material duvidoso a fim de não comprometer os resultados em campo por baixa ou

CÓPIA NÃO CONTROLADA

elevada rigidez da camada. Também não é permitido o reaproveitamento de material duvidoso quanto ao teor de cimento por meio de redosagem na central misturadora.

O transporte do material produzido deve ser protegido por lona após o carregamento, a lona deve ser mantida durante todo o transporte até o local de aplicação.

Os ensaios de usinagem devem seguir o especificado no Anexo A.

8.3.4. Espalhamento e compactação

A espessura máxima da camada acabada de BGTC ou BGMC é de 20cm. Em casos de espessuras superiores, o serviço deve ser executado em duas etapas, garantindo a compactação do material.

Antes de iniciar o espalhamento da mistura, caso a superfície esteja seca, para que seja umedecida deve ser realizado um "chuvisco" com o caminhão espargidor de água. A superfície não deve ser saturada.

As operações construtivas deverão ser realizadas de modo a não serem ultrapassados os seguintes prazos:

- 3 (três) horas, entre o instante da adição da água à mistura seca e o término da distribuição da mistura úmida na pista;
- 2 (duas) horas, entre o início e o término das operações de compactação.

A operação de espalhamento será executada por acabadora autopropulsionada, o equipamento deve ser capaz de distribuir a mistura em espessura uniforme e sem produzir segregação, de modo que a mistura fique em condições de ser compactada.

O equipamento deve dispor de sistema de controle de nivelamento que permita a obtenção da superfície final acabada de acordo com as condições geométricas fixadas em projeto e dentro das tolerâncias desta especificação.

A vibração da mesa e do tamper da acabadora deverá ter rotações definidas para conseguir-se a máxima compactação da mistura espalhada.

Os panos adjacentes deverão ser executados simultaneamente de modo que não resultem em juntas longitudinais de construção não aderidas, ou com tempos de cura diferenciados entre cada pano. A largura de cada pano não deverá permitir que juntas longitudinais fiquem situadas abaixo de trilhas de tráfego (trilho de roda).

O mesmo procedimento deve ser realizado nas juntas transversais, não devendo coincidir com bueiros, drenos ou outros dispositivos que venham enfraquecer a seção. As juntas transversais também não devem coincidir entre dois panos de serviço adjacentes.

O teor de umidade no momento da compactação, deve ser realizado conforme a Norma DNIT 456 – ME (método da frigideira) e enquadrar-se no limite de ± 1 em relação ao teor ótimo obtido na

CÓPIA NÃO CONTROLADA

curva de compactação realizada em laboratório com a amostra do material produzido na jornada de execução da atividade. Não serão aceitos resultados de campo baseados no teor ótimo obtido no estudo de dosagem.

A compactação com rolo compactador liso-vibratório deve ser iniciada nas bordas do pavimento e as passadas seguintes devem recobrir pelo menos 25% da largura da faixa anteriormente compactada. Nos trechos em curva, havendo sobre-elevação, a compactação progredirá da borda mais baixa para a mais alta.

As passadas sucessivas do rolo compactador devem ser executadas evitando que o retorno ocorra sempre na mesma seção transversal.

Não é permitida operações de manobra dos rolos compactadores sobre as camadas que estão sendo compactadas.

Nas partes adjacentes ao início e ao fim da sub-base ou da base em construção, a compactação será executada transversalmente à linha base (eixo).

Nas partes inacessíveis aos rolos compactadores, assim como nas partes em que o seu uso não for desejável (cabeceiras de obras de arte), a compactação será executada com compactadores vibratórios portáteis ou com sapos mecânicos.

As operações de compactação deverão prosseguir, até que, em toda a espessura e em toda a superfície da sub-base ou da base em construção, o grau de compactação iguale ou exceda o grau de compactação. A densidade *in situ* deve ser no mínimo 100% da densidade máxima obtida no ensaio de compactação (DNIT 458 – ME) da mistura produzida na jornada da execução da atividade. Não serão aceitos resultados de campo baseados na densidade máxima obtida no estudo de dosagem.

Concluída a compactação com o rolo liso-vibratório, pode ser realizado o acabamento da superfície da camada com o rolo de pneus, antes da imprimação.

Havendo locais necessitando de correções geométricas ou estando a superfície visivelmente segregada, a última camada deverá ser refeita de acordo com a sistemática estabelecida nesta Especificação.

Em seguimentos com largura inferior a 2,50m pode ser utilizada a motoniveladora para distribuição dos agregados, desde que seja garantida a espessura da camada definida em projeto.

Os segmentos em que as condições de compactação não atenderem a esta Especificação e as definições do projeto executivo, devem ser totalmente removidas e refeitas, sem nenhum ônus para a EPR.

8.3.5.Cura e proteção da camada

A superfície da camada de sub-base ou da base de brita graduada tratada com cimento deverá ser úmida até a aplicação da imprimação, cuja função é impedir a evaporação da água, facilitando a hidratação do cimento.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

A imprimação deve ser realizada com emulsão asfáltica do tipo RR2-C cuja taxa de imprimação deve atender ao especificado em projeto, e em casos omissos, deve ser adotada a taxa de 0,6 a 1,2 L/m².

O material deve ser espargido uniformemente, em uma única aplicação e com a temperatura adequada.

Durante as operações de execução, após a imprimação e até o recebimento da camada, o serviço executado deve ser protegido contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificar ou retirar a imprimação.

8.3.6. Liberação do tráfego sobre da camada executada

A camada executada não pode receber ação do tráfego até os 7 dias de cura.

Em casos excepcionais, poderá haver a liberação de veículos aos 3 dias de cura, desde que a avaliação da resistência seja realizada por meio dos ensaios de RCS e RCTD e sejam atendidas as resistências especificadas para os 7 dias de cura.

9. CONTROLE GEOMÉTRICO E DE QUALIDADE

CONTROLE GEOMÉTRICO

A espessura da camada e as diferenças de cotas, entre a camada subjacente e a camada de BGTC ou BGMC, devem ser determinadas pelo nivelamento da seção transversal, a cada 20m.

A relocação e o nivelamento do eixo e das bordas devem ser executados a cada 20m; sendo nivelados os pontos no eixo, bordos e dois pontos intermediários.

O controle de espessura das camadas deve ser realizado pelo nivelamento, e os resultados individuais não devem exceder em ± 1cm da espessura especificada em projeto. A avaliação da espessura por meio do ensaio de massa específica aparente "*in situ*" (DNIT 458 – ME) deve ser feito com a finalidade de comparar os resultados obtidos com os valores de nivelamento.

Quando a largura de plataforma, deve ser adotada a tolerância de ± 10 cm em relação a largura de projeto.

CONTROLE DE QUALIDADE

O controle tecnológico e de Qualidade na execução de sub-base e base de BGTC ou BGMC é estabelecido no item 6. (Materiais) e no Anexo A. Todos os ensaios especificados, bem como das características geométricas de forma individual, devem atender aos requisitos desta especificação e do projeto.

Os trechos executados, além de serem avaliados individualmente conforme o Anexo A - Plano de Ensaios, também devem ser avaliados estatisticamente através do Índice de Conformidade Técnica, elaborado com os resultados de atividades executadas compreendidas dentro de um período de

CÓPIA NÃO CONTROLADA

medição de serviços. Desta forma, o ICT deverá conter todos os trechos executados pela Construtora que forem medidos em um determinado período.

O ICT é avaliado com base, nos critérios a seguir:

a) Granulometria:

Controle bilateral onde, $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$, e:

$$X = \bar{X} + K_1 S \leq LIE$$

Os valores estatísticos devem estar dentro dos limites da faixa de trabalho da mistura.

b) Resistência à compressão simples aos 7 e 28 dias:

Controle unilateral onde, $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$

Os valores estatísticos de Fck estimado devem ser maiores ou iguais ao Fck de projeto (Fckest ≥ Fckproj).

c) Resistência à compressão por tração diametral aos 7 e 28 dias:

Controle unilateral onde, $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$

Os valores estatísticos de Fck estimado devem ser maiores ou iguais ao Fck de projeto (Fckest ≥ Fckproj).

d) Deflexão caracteristica do trecho:

Controle unilateral onde, $X = \bar{X} + K.S \geq LIE$

Os valores de deflexão característica de cada subtrecho devem atender a deflexão de projeto.

e) Espessura da camada:

Controle bilateral onde, $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$, e:

$$X = \bar{X} + K_1 S \leq LIE$$

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.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

Tabela B-1 – Controle Estatístico

Parâmetro		
1 - Média aritmética da amostra ($\overline{X}$)	$\overline{X} = \frac{\sum X_i}{N}$	
2 - Desvio-padrão da amostra (S)	$S = \sqrt{\frac{\sum(\overline{X} - X_i)^2}{N-1}}$	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
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 $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$	

Fonte: *DER/SP (2024)*

Tabela B-2 – Valores K – Tolerância Unilateral e K1 Tolerância Bilateral

N	K	K1	N	K	K1	N	K	K1
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

Fonte: *DER/SP (2024)*

10. HISTÓRICO DE REVISÕES

Rev.	Descrição	Elaborado por	Revisado por	Aprovado por
00	Emissão inicial da especificação	Eduardo Ferreira de Mello	Anderson Batista Miranda	Anderson Batista Miranda

Anexo A

SERVIÇO	ETAPA	ESPECIFICAÇÃO / REF. NORMATIVA	INSPEÇÕES E ENSAIOS	ESPECIFICAÇÕES (PARÂMETROS) / CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO EPR	MÉTODO / PROCEDIMENTO	FREQUÊNCIA CONTRATADAS (valores mínimos)	FREQUENCIA DE CHECAGEM
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Certificado do fornecedor		Caracterização físico, química do cimento (conforme ítem do cimento neste plano)	Conforme Normas técnicas do cimento. É VEDADA A UTILIZAÇÃ DO CIEMENTO ARI.	ABNT NBR 16697 - Cimento Portland – Requisitos.	Aprovação prévia	-
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Laboratório		Análise de Aditivos	Atender a NBR 11768	ABNT NBR 11768	A cada lote	-
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Certificado do fornecedor		Água	Atender aos requisitos especificados em Norma Técnica	ABNT NBR 15900	Semestral	-
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Agregado		Abrasão Los Angeles	< 50%	ABNT NBR 16974	Antes da dosagem da BGTC/BGMC e toda vez que se fizer necessário realizar ou revisar a dosagem.	-
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Agregado		Índice de Forma	Índice de forma de 0,5 a 1,0 e partículas lamelares ≤10%	ABNT NBR 7809	Antes da dosagem da BGTC/BGMC e toda vez que se fizer necessário realizar ou revisar a dosagem.	-

SERVIÇO	ETAPA	ESPECIFICAÇÃO / REF. NORMATIVA	INSPEÇÕES E ENSAIOS	ESPECIFICAÇÕES (PARÂMETROS) / CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO EPR	MÉTODO / PROCEDIMENTO	FREQUÊNCIA CONTRATADAS (valores mínimos)	FREQUENCIA DE CHECAGEM
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Agregado		Durabilidade com Sulfato	sulfato de sódio ≤ 12%	AASHTO T-104	Antes da dosagem da BGTC/BGMC e toda vez que se fizer necessário realizar ou revisar a dosagem.	-
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Agregado		Equivalente de areia	≥ 35%	ABNT NBR 12052	Antes da dosagem da BGTC/BGMC e toda vez que se fizer necessário realizar ou revisar a dosagem.	-
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Agregado		Análise granulométrica	A amostra deve ser coletada antes da adição do cimento	AASHTO T-27	1 ensaio a cada 4h de operação da usina	20%
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Laboratório		Moldagem de CP's (10x20 ou 15x30)	Moldado com Energia Intermediária. Se abrasão LA < 30 utilizar Energia Modificada.	DNIT 164 ME	Moldagem de 8 corpos de prova por dia de produção da usina para rompimento aos 7 e aos 28 dias (2 para compressão simples e 2 para tração por compressão diametral, para cada tempo de cura)	-
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Laboratório		Titulação Química	De acordo com o previsto em projeto	EN-00000/00-0000.00-GER-A1-PV/ME-E-008	1 ensaio a cada 4h de operação da usina	-

SERVIÇO	ETAPA	ESPECIFICAÇÃO / REF. NORMATIVA	INSPEÇÕES E ENSAIOS	ESPECIFICAÇÕES (PARÂMETROS) / CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO EPR	MÉTODO / PROCEDIMENTO	FREQUÊNCIA CONTRATADAS (valores mínimos)	FREQUENCIA DE CHECAGEM
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	In situ		Teor de Umidade	De acordo com o previsto em projeto	DNER-ME-092/94 (método da frigideira).	Uma determinação do teor de umidade a cada 4 horas de produção da usina	-
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	In situ		Tempo de Início de Pega (h)	O tempo decorrido entre a mistura e o término da compactação, deve ser de no máximo 3 horas	-	Em cada caminhão	-
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	In situ		Imprimação	Viscosidade Saybolt Furol a 25ºC: máx. 90s; Resíduo seco: mín. 45% m/m	ABNT NBR 14491; ABNT NBR 14376	Por dia de produção	-
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Laboratório		Resistência à compressão simples aos 7 dias	BGMC >1,5 BTC >3,0	ABNT NBR 5739	02 CP's por dia de produção	-
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Laboratório		Resistência à compressão simples aos 28 dias	BGMC >1,75 BTC >3,5	ABNT NBR 5739	02 CP's por dia de produção	-

CÓPIA

SERVIÇO	ETAPA	ESPECIFICAÇÃO / REF. NORMATIVA	INSPEÇÕES E ENSAIOS	ESPECIFICAÇÕES (PARÂMETROS) / CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO EPR	MÉTODO / PROCEDIMENTO	FREQUÊNCIA CONTRATADAS (valores mínimos)	FREQUENCIA DE CHECAGEM
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Laboratório		Resistência à tração diametral aos 7 dias	BGMC >0,15 BTC >0,3	ABNT NM- 8	02 CP's por dia de produção	-
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Laboratório		Resistência à tração diametral aos 28 dias	BGMC >0,25 BTC >0,5	ABNT NM- 8	02 CP's por dia de produção	-
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	In situ		Massa específica aparente "in situ"	De acordo com o previsto em projeto	DNER-ME-092/94	A cada 100m de pista, obedecendo à ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, eixo, imediatamente após a compactação da camada.	-
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Deflexão		Deflexões	De acordo com o previsto em projeto	Viga Benkelman (DNER- ME 024) ou FWD	Por faixa, a cada 20m. Camada com no mínimo de 7 dias de idade.	-
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Campo		Teor de umidade - Campo	-1% a + 1% da umidade ótima de compactação	Método da Frigideira/Speedy	A cada 100m	-

CÓPIA

SERVIÇO	ETAPA	ESPECIFICAÇÃO / REF. NORMATIVA	INSPEÇÕES E ENSAIOS	ESPECIFICAÇÕES (PARÂMETROS) / CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO EPR	MÉTODO / PROCEDIMENTO	FREQUÊNCIA CONTRATADAS (valores mínimos)	FREQUENCIA DE CHECAGEM
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Imprimação		Controle de tempo entre produção e imprimação	Máximo 3 horas	N.A.	Em todos os casos	-
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Controle topográfico		Cotas	Variação das cotas no eixo longitudinal e das bordas, nas seções transversais não devem ser superior a - 2,0 à +1,0 cm das cotas de projeto , não se admitindo depressões que propiciem acúmulo de água.	Relocação e nivelamento topográfico; Medidas de trena	Proceder a determinação de pelo menos 5 valores individuais, obtidos por relocação e nivelamento do eixo e dos bordos, de 20 em 20 m alternadamente, antes e depois das operações de espalhamento e compactação.	-
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Controle topográfico		Espessura	O resultado estatístico geral (calculado de acordo com o apresentado no item 11) não pode apresentar valores inferiores -5%; Os resultados individuais não devem apresentar espessura menor que -10%;	Relocação e nivelamento topográfico; Medidas de trena	**diariamente**	-
CAMADA DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) / CAMADA DE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO (BGMC) - COM OU SEM UTILIZAÇÃO DE RAP	Controle topográfico		Largura e alinhamentos da plataforma	Não se admite valores para semiplataforma inferiores aos previstos em projeto, tolerando-se +10 cm na semi-largura.	Relocação e nivelamento topográfico; Medidas de trena	A cada 20m	-

CÓPIA NÃ