TÍTULO

CONCRETO COMPACTADO COM ROLO PARA SUB-BASE OU BASE DE PAVIMENTO DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Concreto. Rolado. Cimento.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DERSA DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. **ET-P00/047**. Concreto Rolado. São Paulo, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT ES-056/2013**. Pavimentos rígido – Sub-base de concreto de cimento Portland compactado com rolo – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2013.

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

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

ÍNDICE

1 OBJETIVO 4
2 DEFINIÇÃO 4
3 MATERIAIS 4
3.1 Cimento 4
3.2 Agregado 4
3.3 Água 4
3.4 Cura 4
3.5 Concreto 4
4 EQUIPAMENTOS 6
5 EXECUÇÃO 7
5.1 Preparo da Superfície 7
5.2 Produção 7
5.3 Transporte e Lançamento 7
5.4 Espalhamento 8
5.5 Compactação 8
5.6 Junta de Construção 9
5.7 Cura 9
5.8 Abertura ao Tráfego 9
6 CONTROLE 10
6.1 Controle dos Materiais 10
6.2 Controle da Produção de Concreto 11
6.3 Controle de Execução 11
6.4 Controle Geométrico 12
7 ACEITAÇÃO 12
7.1 Materiais 13
7.2 Produção do Concreto Rolado 13
7.3 EXECUÇÃO 13
8 CONTROLE AMBIENTAL 15
8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais 15
8.2 Execução 15
9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO 16
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 16

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.

ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE 18
ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO.....24
ANEXO C – DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES.....26

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 execução, aceitação e medição dos serviços de sub-bases e bases de concreto de cimento Portland compactado com rolo (concreto rolado) para construção de pavimento em obras rodoviárias, sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

2 DEFINIÇÃO

Concreto de cimento Portland compactado com rolo, concreto rolado ou CCR é a camada do pavimento constituída por concreto simples, com baixo consumo de cimento e consistência seca, permitindo a compactação com rolos compressores ou equipamento similar. Geralmente é empregado na constituição estrutural de pavimentos rígidos.

3 MATERIAIS

3.1 Cimento

O cimento empregado deve atender a 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 Agregado

Os agregados devem ser constituídos de grãos duráveis, limpos, isentos de matéria orgânica, torrões de argila e outras substâncias prejudiciais à hidratação do cimento e devem atender às exigências das normas DNER-EM 037/97(3), DNER-EM 038/97(4) e NBR 7211(5. Os agregados graúdos que podem ser utilizados são: pedra britada, seixo rolado e cascalho.

O agregado miúdo deve ser isento de matéria orgânica, torrões de argila e outras substâncias prejudiciais à hidratação do cimento.

3.3 Água

A água de amassamento deve estar isenta de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais à hidratação do cimento. Deve atender aos requisitos estabelecidos pela DNER-EM 034/97(6), e NBR 15900-1-11(7).

3.4 Cura

A cura da camada deve ser realizada com pintura asfáltica, utilizando-se emulsão asfáltica catiônica de ruptura rápida do tipo RR-2C, em conformidade com a norma DNIT 165/2013–EM(8).

3.5 Concreto

O concreto compactado com rolo deve ser dosado por método racional em laboratório, com os materiais disponíveis na obra, determinando-se a umidade ótima e a massa específica aparente seca máxima para a energia compatível com os equipamentos de compactação a utilizar na execução da camada e a resistência à compressão exigida nesta norma.

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.

O teor de umidade deve ser determinado conforme a norma DNER-ME 196/98[9], admitindo-se desvio máximo de 1% em relação à umidade ótima determinada em laboratório.

O concreto deve atender os seguintes requisitos:

a) possuir consumo mínimo de cimento entre 80 kg/m³ a 120 kg/m³, a ser definido durante os estudos de dosagem;

b) a resistência característica à compressão axial (f_{ck}) será a definida em projeto e, aos 7 dias de idade, o f_{ck} deve ser no mínimo de 5,0 MPa. Os corpos de prova devem ser moldados conforme descrito no item 6.3, alínea e, e a resistência à compressão simples deve ser determinada conforme a norma NBR 5739[10];

c) deve-se estabelecer uma curva granulométrica do projeto da mistura em função dos materiais utilizados e a respectiva faixa de trabalho definida pela tolerância da abertura das peneiras;

d) a dimensão máxima característica do agregado no concreto não deve exceder 1/3 da espessura da camada ou 32 mm, obedecido o menor valor;

e) a granulometria da mistura de agregados deverá atender à seguinte faixa:

$$y = \left(\frac{d}{D_{máx}}\right)^{\frac{1}{3}} x\ 100$$

onde:

y = porcentagem que passa na peneira de abertura ‘d’;

d = abertura da peneira, em mm;

$D_{máx}$ = dimensão máxima característica do agregado no concreto, mm.

Para o agregado de dimensão máxima característica de 32 mm, a faixa granulométrica da mistura deve ser a da Tabela 1:

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.

Tabela 1 – Faixa granulométrica da mistura

Abertura da peneira (mm)	Porcentagem que passa (%)
38	100
32	100 – 95
25	92 – 82
19	84 – 74
12,5	74 – 64
9,5	68 – 58
6,3	60 – 50
4,8	55 – 45
2,4	45 – 35
1,2	37 – 27
0,6	30 – 20
0,3	25 – 15
0,15	21 – 11
0,075	18 – 8

A faixa granulométrica indicada na Tabela 1 é referencial, podendo ser aceitas outras faixas granulométricas da camada de concreto compactado com rolo, com base em experiência prévia comprovada e consolidada e desde que atendam às características de resistência e de compacidade estabelecidas nesta Especificação Técnica.

4 EQUIPAMENTOS

Antes do início dos serviços todo equipamento deve ser examinado e aprovado pelo DER/SP.

O equipamento necessário para execução da sub-base e base de concreto compactado com rolo é:

a) central misturadora para dosagem, umidificação e homogeneização do material, que pode ser contínua ou intermitente;

b) rolos compressores autopropelidos dos tipos liso vibratório, estático e pneumático;

c) placa vibratória ou sapo mecânico;

d) caminhões basculantes;

e) martelete pneumático para eventual execução de juntas transversais e longitudinais de construção;

f) pequenas ferramentas complementares, como pás, enxadas e réguas;

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

h) caminhão pipa com barra espargidora (água);

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.

i) caminhão tanque com barra espargidora (material para cura).

5 EXECUÇÃO

5.1 Preparo da Superfície

A superfície a receber a camada do pavimento de concreto deve estar perfeitamente limpa e desempenhada, conformada geometricamente, devendo ter recebido a prévia aprovação por parte da fiscalização, e ter sido liberada quanto aos requisitos de aceitação de materiais e execução.

Durante todo o tempo de execução da camada, os materiais e os serviços devem ser protegidos contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los. É obrigação da executante a responsabilidade desta conservação.

5.2 Produção

A mistura pode ser produzida em betoneiras estacionárias ou em estações de dosagem e mistura, contínua ou intermitente. 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.

A umidade dos agregados, principalmente a do agregado miúdo, deve ser medida, no máximo, a cada 2 horas.

Nas usinas utilizadas para produção da mistura, 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 umidade ótima, mais o acréscimo 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 tal forma a enquadrar a mistura final dentro da faixa granulométrica definida na dosagem do concreto.

5.3 Transporte e Lançamento

Os materiais após misturados devem ser transportados em caminhões basculantes, protegidos com lona, para evitar perda de umidade durante seu transporte até o local de seu espalhamento.

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.

O lançamento do concreto rolado 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

Imediatamente antes do espalhamento, a superfície a ser recoberta deve ser umedecida sem excesso de água, para que não se formem poças.

O espalhamento do concreto deve ser executado por meio da vibroacabadora de asfalto, de forma a se obter adequados nivelamento e acabamento superficial da camada. Não é permitido o espalhamento do material com equipamento não apropriado. A espessura solta deve ser tal que, ao final da compactação da camada, esta possua espessura igual à definida em projeto.

A camada de CCR deve exceder a largura do pavimento de concreto em, no mínimo, 40 cm de cada lado, devendo a sua superfície ser regular e nivelada de acordo com a especificação do projeto. A espessura da camada antes da compactação deve ser tal que, após a sua compactação, seja atingida a espessura definida no projeto para a camada, devendo exceder, no máximo, 25% da espessura de projeto.

Após o término do espalhamento, o material deve ser imediatamente compactado. A largura de cada pano de concretagem não deve permitir que eventuais juntas de construção fiquem situadas abaixo de futuras trilhas de roda.

O mesmo procedimento deve ser adotado para impedir que ocasionais juntas transversais coincidam com bueiros, drenos ou outras interferências que venham a enfraquecer a seção.

5.5 Compactação

A compactação deve iniciar-se com rolo compactador tipo liso vibratório a 40 cm das bordas do pavimento em percursos equidistantes do eixo, cobrindo, em cada passada, pelo menos 25% da faixa anteriormente compactada, sendo as duas primeiras passadas sem vibração, para acomodar o material. As próximas etapas devem ser realizadas com vibração, em uma quantidade de passadas que assegurem o grau de compactação determinado nesta norma.

Nos trechos em curva, havendo superelevação, a compactação deve progredir da borda mais baixa para a mais alta.

Após a operação dos rolos lisos, caso se julgue necessário, poderão ser utilizados rolos pneumáticos para fechamento da superfície.

A espessura da camada individual acabada deve atender à espessura de projeto e não deve ser inferior a 10 cm ou três vezes a dimensão máxima do agregado no concreto. Podem ser admitidas espessuras de até 20 cm, desde que os ensaios de densidade demonstrem a homogeneidade da camada em toda sua espessura.

O desvio de umidade máximo em relação ao teor ótimo de compactação deve ser de no máximo ± 1 ponto percentual, e o grau de compactação deve ser igual a 100% em relação à massa específica aparente seca máxima seca, obtidos no ensaio de compactação, com energia normal, segundo NBR 7182[(11)].

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.

O tempo máximo decorrido entre a adição de água à mistura e o término da compactação deve ser, no máximo, de 2 horas.

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, placas vibratórias ou sapos mecânicos.

5.6 Junta de Construção

Ao fim de cada jornada de trabalho deve ser executada uma junta transversal de construção, em local já compactado com face vertical, por meio de corte no concreto recém compactado. As juntas transversais não devem coincidir com drenos ou outros elementos que venham a enfraquecer a seção.

Juntas longitudinais ou eventualmente transversais, caso sejam necessárias, podem ser executadas por meio de corte no concreto recém compactado. Em todos os casos, a junta longitudinal não deve situar-se abaixo das trilhas de roda do tráfego.

Na ocasião do reinício dos serviços, as faces das juntas de construção (transversal ou eventualmente longitudinais) devem ser umedecidas antes da colocação da camada adjacente.

5.7 Cura

Todo o trecho, logo após a sua execução de acordo com esta especificação, deve ser submetido a um processo de cura, devendo ser protegido contra a perda rápida de umidade, por pelo menos sete dias. A pintura de cura deve ser constituída por imprimação com emulsão asfáltica tipo RR-2C.

A emulsão asfáltica tipo RR-2C deve ser aplicada com caminhão à razão de 0,8 l/m² a 1,6 l/m².

Antes da aplicação da pintura asfáltica, no caso de retardamento desta, poderá ser realizada aspersão de água sobre a superfície do concreto compactado.

Caso não seja executada a pintura de cura logo após a rolagem, ou quando houver mais de uma camada de concreto e ocorrer defasagem na colocação da segunda camada, a superfície deve ser mantida constantemente úmida, sendo vetado o trânsito de veículo espargidor d'água sobre o concreto rolado.

Outro procedimento de cura só poderá ser utilizado se definido pelo Controle Tecnológico e aprovado pela Fiscalização, de tal forma que não traga qualquer prejuízo à camada de concreto rolado executada.

5.8 Abertura ao Tráfego

A sub-base ou base de concreto compactado com rolo não deve ser liberada à ação de qualquer tipo de tráfego até que possua resistência compatível com sua solicitação de carga e até que a imprimação esteja completamente rompida e curada, não sendo liberado, em qualquer hipótese, antes de decorridas 72 horas do término da execução.

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.

6 CONTROLE

6.1 Controle dos Materiais

6.1.1 Cimento

Todo carregamento de cimento que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado de qualidade que ateste que:

- o cimento atende o preconizado na norma de recebimento e aceitação DNER-EM 036/95[(1)];
- atenda aos requisitos para o recebimento do cimento Portland descritos na norma NBR 16697[(2)];

Realizar um ensaio de finura, conforme NBR 11579[(12)], a cada 2.000 m² de camada acabada.

Os materiais utilizados devem ser rotineiramente examinados, mediante a execução dos ensaios/controles.

6.1.2 Água

Deverá ser examinada sempre que houver dúvida sobre a sua sanidade, conforme DNER-EM 034/97[(6)].

A água para uso em concreto deve estar em conformidade com as exigências determinadas na norma NBR 15900-1-11[(7)].

6.1.3 Agregados

Os agregados miúdos e graúdos devem ser amostrados a cada 100 m³ e sempre que houver variação na natureza e procedência dos materiais. Devem ser submetidos aos ensaios especificados na NBR 7211[(5)].

Os agregados devem ser fornecidos ao consumidor em lotes cujas unidades parciais de transporte devem ser individualizadas, mediante uma guia de remessa na qual constem pelo menos os seguintes dados:

a) nome do produtor;

b) proveniência do material;

c) identificação da classificação granulométrica;

d) massa do material;

e) data do fornecimento.

6.1.4 Cura

Todo carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra deve atender aos requisitos

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.

estabelecidos na Especificação Técnica do DER/SP do próprio material.

6.2 Controle da Produção de Concreto

O controle da produção do concreto deve abranger:

a) granulometria da mistura dos agregados sem adição do cimento, conforme DNER-ME 083/97[13] a cada 2.500 m² de camada, com o mínimo de uma determinação por dia;

b) determinar a umidade dos agregados graúdos e miúdos, no máximo, a cada 2 horas;

c) no caso de usina contínua, é feita a verificação do consumo de cimento no início e no meio da jornada de 8hs de trabalho da seguinte forma:

- liberar apenas o cimento em toda a extensão da correia transportadora, desde a saída do silo até entrada do misturador;
- selecionar uma faixa de 2 m, recolher cuidadosamente o cimento e pesá-lo;
- limpar a esteira e liberar a composição dos agregados, recolher os agregados na mesma região tomada pelo cimento;
- secar o agregado e fazer a proporção em massa entre o cimento e o agregado.

6.3 Controle de Execução

Realizar no controle do concreto os ensaios especificados nos itens 6.3.1 a 6.3.3.

6.3.1 Teor de umidade do concreto fresco

Deve-se determinar o teor de umidade cada vez que forem moldados corpos de prova para ensaio de resistência à compressão, conforme DNER-ME 196/98[9].

No início da obra o teor de umidade deve ser verificado a cada 2 caminhões, no máximo, antes do lançamento à frente de vibroacabadora de asfalto, até a constância dos resultados. A partir daí o teor de umidade pode ser medido a cada 4 caminhões, no máximo.

6.3.2 Resistência à compressão

A cada trecho de 2.500 m² de camada devem ser moldados, de amassadas diferentes e aleatórias, no mínimo seis exemplares de corpos de prova. Cada exemplar é constituído por dois corpos de prova cilíndricos de uma mesma amassada, considerando-se como resistência do exemplar, aquele de maior valor.

Os corpos de prova devem ter 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura, moldados em cinco camadas de alturas aproximadamente iguais, compactadas com soquete de 4,5 kg, com altura de queda de 45 cm, recebendo cada camada 30 golpes.

Logo após a moldagem, os corpos de prova devem receber cura química por um período de 24 horas; em seguida devem ser desmoldados e levados para a cura em câmara úmida ou imersão, de acordo com a norma DNER-ME 046/98[14], até a idade do ensaio à compressão, de acordo com a norma NBR 5739[10].

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.

6.3.3 Grau de Compactação

A cada trecho de 2.500 m² de camada devem ser executados, no mínimo, 6 ensaios para a medida do grau de compactação.

Tendo como referência cada faixa de tráfego separadamente, os furos devem obedecer à seguinte sequência: borda direita / eixo / borda esquerda da faixa, sendo os ensaios realizados a uma distância mínima de um metro das bordas externas da camada.

O grau de compactação é expresso pela relação entre a massa específica *in situ* do material compactado, determinada pelo método do frasco de areia segundo a norma DNER-ME 092/94[(15)], e a massa específica aparente seca máxima obtida em laboratório.

6.4 Controle Geométrico

O controle geométrico da camada de sub-base ou base de concreto compactado com rolo deve ser feito por meio de medidas topográficas altimétricas e planialtimétricas por nivelamento do eixo e bordas, em seções transversais definidas de 5 em 5 metros, com pontos de medição em cada seção distantes entre si, no máximo, de 3 metros no sentido da largura da plataforma, de modo que cada seção seja definida por, no mínimo, cinco pontos.

6.4.1 Controle da Espessura da Camada

A espessura média é determinada por:

$$h_m = \sum \frac{h_i}{N}$$

Sendo:

h_m = espessura média;

h_i= espessuras individuais;

N = número de verificações, no mínimo igual a 6.

Definindo-se lotes de inspeção a cada 2.500 m², a verificação da espessura da camada pode ser feita através das medidas dos próprios furos feitos para o controle de compactação.

6.4.2 Controle da Largura da Camada

Após a execução da camada deve-se proceder à relocação e ao nivelamento do eixo e das bordas do pavimento, não se permitindo largura da camada de sub-base ou base de concreto compactado com rolo, em qualquer seção, menor do que a especificada em projeto.

7 ACEITAÇÃO

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

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.

7.1 Materiais

7.1.1 Cimento

O cimento é aceito desde que o certificado de qualidade ateste o atendimento da especificação de material de aceitação e recebimento de cimento, DNER-EM 036/95[(1)], apresente índice de finura satisfatório, e que o material atenda a norma NBR 16697[(2)] - requisitos do cimento Portland.

7.1.2 Água

A 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[(6)] e NBR 15900-1-11[(7)].

7.1.3 Agregado

Os agregados são aceitos desde que atendam aos requisitos da NBR 7211[(5)].

7.2 Produção do Concreto Rolado

7.2.1 Granulometria da Mistura

Os resultados da granulometria da mistura devem ser analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral conforme anexo B.

A variação granulométrica admitida é a definida pela tolerância da abertura das peneiras, conforme especificada abaixo:

- peneiras 1 ½” a 3/8” , tolerância de ± 7%;
- peneiras n º 4 a nº 40, tolerância de ± 5%;
- peneira n.º 80, tolerância ± 3%;
- peneira nº 200, tolerância ± 2%.

7.2.2 Consumo de Cimento

A variação da proporção em massa entre o cimento e os agregados admitida é ± 0,5 percentual do valor definido no projeto de dosagem da mistura.

O consumo típico de cimento para a camada de concreto compactada com rolo, varia de 85 kg/m³ a 130 kg/m³.

7.3 EXECUÇÃO

7.3.1 Resistência

Os lotes de cada trecho inspecionado devem possuir no mínimo 6 amostras e no máximo 32 amostras.

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 resistência característica estimada à compressão simples deve ser determinada na idade definida em projeto, devendo atender ao valor mínimo de 5,0 MPa aos 7 dias, sendo calculada de acordo com a equação 5 – Tabela C-1, apresentada no Anexo C. Os lotes serão aceitos desde que:

$$f_{ck,est} \geq 5{,}0 \text{ MPa aos 7 dias}$$

Onde:

$f_{ck,est}$ = resistência característica do concreto rolado estimada à compressão simples;

Se o lote for rejeitado, isto é, se as resistências características estimadas for inferior à especificada devem ser extraídos, às expensas do consultor, pelo menos 6 corpos-de-prova cilíndricos, de 15 cm ou 10 cm de diâmetro, conforme NBR 7680-1-2[16], e ensaiados à compressão, conforme a norma NBR 5739[10], determinando-se a resistência característica estimada conforme acima descrito.

Havendo nova rejeição a parte condenada deve ser demolida e reconstruída.

7.3.2 Compactação

O valor característico estimado do grau de compactação deve ser calculado conforme a equação 3 do anexo B e controlado adotando-se o procedimento seguinte:

$GC_{est} \geq 100\%$: aceita-se o serviço;

$GC_{est} < 100\%$: rejeita-se o serviço;

Onde:

GC_{est} = valor característico estimado do grau de compactação do concreto rolado.

O serviço rejeitado deve ser refeito, de forma a se enquadrar nas especificações desta norma.

7.3.3 Geometria

Os serviços executados são aceitos desde que sejam atendidas as seguintes condições:

a) a largura da plataforma não apresente valores inferiores aos previsto para camada em projeto, admite-se tolerância de mais 10 cm;
b) as espessuras individuais não apresentem desvios superiores a 1 cm em relação à espessura de projeto; a variação da espessura média de cada subtrecho não deve ser menor que 1 cm da espessura de projeto;
c) os valores individuais de cota não se encontrem fora do intervalo de -1cm a +1cm em relação à cota prevista em projeto.

O acabamento da superfície será aceito desde que:

a) a variação máxima entre dois pontos de contato, de qualquer uma das réguas e a superfície da camada, seja de no máximo 0,5 cm;

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.

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

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 do concreto compactado com rolo para sub-base ou base de pavimento de concreto de cimento *Portland.*

8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais

Devem ser observados as prescrições da legislação ambiental, em particular a Resolução CONAMA 307/2002[17] e 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 constantes 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:

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) 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 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 utilizados na base e sub-base de concreto rolado, junto ao sistema de drenagem lateral, evitando seu assoreamento, bem como o soterramento da vegetação;

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

9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O serviço deve ser medido em metros cúbicos de camada acabada, cujo volume é calculado multiplicando-se as extensões obtidas a partir do estaqueamento pela área da seção transversal de projeto.

O serviço recebido e medido da forma descrita é pago conforme o respectivo preço unitário contratual, no qual estão inclusos: o fornecimento de materiais, produção da mistura devidamente calibrada, perdas, carga e transporte até os locais de aplicação, descarga, espalhamento, 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.

DESIGNAÇÃO	UNIDADE
23.11.11 Pavimento de concreto pobre para base de pavimento rígido	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 037/97 –** Agregado graúdo para concreto de cimento. Rio de Janeiro, 1997.

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.

4 ____. **DNER-EM 038/97 –** Agregado miúdo para concreto de cimento. Rio de Janeiro, 1997.

5 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**. Agregado para concreto- Especificação. Rio de Janeiro, 2022.

6 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-EM 034/97 –** Água para argamassa e concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 1997.

7 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900-1-11**. Água para amassamento do concreto. Rio de Janeiro, 2009.

8 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 165/2013-EM** – Emulsão asfáltica para pavimentação – Especificação de material. Rio de Janeiro, 2013**.**

9 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 196/98 –** Agregado – determinação do teor de umidade total, por secagem em agregado graúdo. Rio de Janeiro, 1998.

10 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**. Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

11 ____. **NBR 7182**. Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2016.

12 _____. **NBR 11579**. Cimento Portland. Determinação da finura por meio da peneira de 75 micrômetros (número 200). Rio de Janeiro, 2013.

13 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-EM 083/98 –** Agregado - análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1998.

14 ____. **DNER-ME 046/98 –** Concreto – moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos. Rio de Janeiro, 1998.

15 ____. **DNER-ME 092/94 –** Solo – determinação da massa específica aparente "in situ", com emprego de frasco de areia. Rio de Janeiro, 1994.

16 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7680-1-2.** Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estrutura de concreto, Rio de Janeiro, 2015.

17 CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA n° 307/2002 –** "Estabelece diretrizes, critérios, e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil". Brasília, 2002.

_____

/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**	**FREQÜÊNCIA**	**CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS**	**ACEITAÇÃO**
1.1 Cimento				
Cimento Portland comum Realizar módulo de finura	NBR 11579[12]	a cada 2.000 m² de camada acabada.	Resultados Individuais	Atender DNER-EM 036/95[1] e possuir módulo de finura satisfatório
Cimento Portland de alto-forno Realizar módulo de finura				Atender DNER-EM 036/95[1] e possuir módulo de finura satisfatório
Cimento Portland de alto-forno Realizar módulo de finura				Atender DNER-EM 036/95[1] e possuir módulo de finura satisfatório
Cimento Portland pozolânico Realizar módulo de finura				Atender DNER-EM 036/95[1] e possuir módulo de finura satisfatório
1.2 Água				
Verificação da qualidade	DNER-EM 034/97[6] e NBR 15900-1-11[7].	Sempre que houver dúvida sobre a sua sanidade	Resultados individuais	Ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, matéria orgânica ou outras substâncias nocivas e atender DNER-EM 034/97[6] e NBR 15900-1-11[7].
1.3 Agregados				
Agregados miúdos e graúdos, verificação da qualidade e granulometria	NBR 7211 [5]	Amostragem a cada 100 m^3 e sempre que houver variação da natureza e procedência do material	Resultados individuais	Atender o especificado na norma

/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

ENSAIO	MÉTODO	FREQÜÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
2. CONTROLE DA PRODUÇÃO DO CONCRETO				
Granulometria da mistura dos agregados, sem adição de cimento	DNER-ME 083/98[13]	Deve ser realizada em cada 2.500 m² de camada, com o mínimo de uma determinação por dia e sempre que a mistura achar-se fora da faixa de trabalho especificada	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \geq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa de trabalho
Umidade dos agregados graúdos e miúdos	Método expedito da frigideira	2 determinações, a cada 4 horas	Resultados individuais	Parâmetro de ajuste de produção
verificar consumo de cimento da seguinte forma: • liberar apenas o cimento em toda a extensão da correia transportadora, desde a saída do silo até entrada do misturador; • selecionar uma faixa de 2 m, recolher, cuidadosamente o cimento, e pesar, • limpar a esteira e liberar a composição dos agregados, recolher os agregados na mesma região tomada pelo cimento; • secar o agregado e fazer a proporção em massa entre o cimento e o agregado	pesagens	no início e no meio da jornada de 8hs de trabalho		± 0,5% do definido no projeto de dosagem da mistura

/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

ENSAIO	MÉTODO	FREQÜÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
3. CONTROLE DA EXECUÇÃO				
Teor de umidade	DNER-ME 196/98[9]	No início da obra o teor de umidade deve ser verificado a cada 2 caminhões, no máximo, antes do lançamento à frente de vibroacabadora de asfalto, até a constância dos resultados. A partir daí, o teor de umidade pode ser medido a cada 4 caminhões, no máximo;	Resultados individuais	se a umidade estiver compreendida entre ± 1% da umidade ótima de compactação, o material pode ser liberado para compactação
Determinação da massa específica aparente *in situ*, e o correspondente grau de compactação.	DNER-ME 092/94[15]	A cada trecho de 2.500 m² de camada devem ser executados, no mínimo, 6 ensaios para a medida do grau de compactação. Tendo como referência cada faixa de tráfego separadamente, os furos devem obedecer à seguinte sequência: borda direita / eixo / borda esquerda da faixa, sendo os ensaios realizados a uma distância mínima de um metro das bordas externas da camada.	Controle Estatístico Unilateral $X = \bar{X} - KS \geq LIE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	GC ≥ 100%

/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

ENSAIO	MÉTODO	FREQÜÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
3. CONTROLE DA EXECUÇÃO				
Resistência à compressão na idade definida em projeto	Moldagem e cura conforme DNER-ME 046/98[14]; ensaio conforme NBR 5739[10]	A cada trecho de 2.500 m² de camada devem ser moldados, de amassadas diferentes e aleatórias, no mínimo seis exemplares de corpos de prova. Cada exemplar é constituído por dois corpos de prova cilíndricos de uma mesma amassada, considerando-se como resistência do exemplar, aquele de maior valor. Os corpos de prova devem ter 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura, moldados em cinco camadas de alturas aproximadamente iguais, compactadas com soquete de 4,5 kg, com altura de queda de 45 cm, recebendo cada camada 30 golpes.	Controle Unilateral $X = \overline{X} - KS \geq LIE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	$f_{ck,est} \geq 5{,}0$ MPa
Se a camada de camada ou subtrecho analisado for rejeitado, isto é, a resistência característica estimada é inferior a especificada, devem ser extraídos pelo menos 6 corpos de prova da camada, conforme NBR 7680-1-2[16], e realizar novos ensaios de resistência a compressão conforme a NBR 5739[10] e determinar a nova resistência característica. Havendo nova rejeição deve-se a parte condenada deve ser demolida e reconstruída				

/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.

/conclusão

4. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
ENSAIO	**MÉTODO**	**FREQÜÊNCIA**	**CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS**	**ACEITAÇÃO**
Espessuras	Relocação e nivelamento topográfico ou furos	A cada 20 m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários Quando verificada através de furos, nos mesmos locais da determinação da massa específica *in situ*	Resultados individuais	As espessuras individuais não apresente desvios superiores a 1 cm em relação à espessura de projeto; a espessura média de cada subtrecho não deve ser menor que 1 cm da espessura de projeto
Cotas	Relocação e nivelamento topográfico	A cada 20 m		Intervalo de variação -1 a +1cm
Largura da plataforma	Relocação e nivelamento Medidas de trena	A cada 20 m		No máximo +10 cm
Acabamento da superfície	Nivelamento com 2 réguas, uma de 3,0 m e outra de 1,20 m, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da pista	A cada 20 m		A variação da superfície em dois pontos quaisquer de contato deve ser < 0,5 cm
Verificação das juntas	Inspeção visual	Em toda junta		as juntas executadas devem apresentar homogêneas em relação ao conjunto da mistura, isenta de desníveis e de saliências

/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

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.

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

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 C – DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES

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.

Tabela C-1 – Controle Estatístico

Parâmetro		
1 - Média aritmética da amostra ($\overline{X}$)	$\overline{f_{ctM,j}}$ ou $\overline{f_{cj}} = \frac{\sum_{i=1}^{N} f_i}{N}$	Onde: f_i = resistência de um determinado exemplar $\overline{f_{ctM,j}}$ = resistência característica média do concreto da amostra à tração na flexão; na idade de j dias; $\overline{f_{cj}}$ = resistência média do concreto da amostra à compressão, na idade de j dias; N = número de amostras K= parâmetro estatístico que varia em função do número de amostras que estão tabelados na tabela B-2 – Valores de K.
2 - Desvio-padrão da amostra (s), da resistência à tração na flexão	$s = \sqrt{\frac{\sum(\overline{f_{ctM,j}} - f_i)^2}{N-1}}$	
3 - Desvio-padrão da amostra (s), da resistência à compressão	$s = \sqrt{\frac{\sum(\overline{f_{cj}} - f_i)^2}{N-1}}$	
4 – Resistência característica estimada do concreto à tração na flexão	$f_{ctM,est} = \overline{f_{ctM,j}} - Ks$	
5 - Resistência característica estimada do concreto à compressão simples	$f_{ck,est} = \overline{f_{cj}} - Ks$	

Tabela C-2 – Valores K

N	6	7	8	9	10	12	15	18	20	25	30	32	> 32
K	0,920	0,906	0,896	0,883	0,883	0,876	0,868	0,863	0,861	0,857	0,854	0,842	0,842

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.