TÍTULO

PAVIMENTO DE CONCRETO SOBRE OBRA DE ARTE ESPECIAL

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Concreto. Cimento. Pavimentação. OAE.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DERSA DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. **ET-P00/045**.Pavimento de Concreto Simples Superposto às Obras de Arte – Processo Mecânico. São Paulo, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT ES-047/2004**. Pavimento Rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte – Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**. Concreto de Cimento Portland - Preparo, Controle, Recebimento e Aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

ÍNDICE

1 OBJETIVO 4
2 DEFINIÇÃO 4
3 MATERIAIS 4
3.1 Concreto 4
3.2 Selante e Enchimento de Juntas 5
3.3 Cura do Concreto 5
4 EQUIPAMENTOS 5
5 EXECUÇÃO 6
5.1 Preparo da Superfície 6
5.2 Assentamento de Formas de Preparo para a Concretagem 6
5.3 Lançamento, Espalhamento e Adensamento do Concreto 6
5.3 Acabamento Inicial da Superfície 7
5.4 Acabamento Final da Superfície 7
5.5 Execução da Juntas 8
5.6 Cura 9
5.7 Desmoldagem 10
5.8 Selagem de Juntas 10
5.9 Abertura ao Tráfego 10
6 CONTROLE 11
6.1 Controle dos Materiais 11
6.2 Controle Geométrico e de Acabamento 12
6.3 Condições de Segurança 13
7 ACEITAÇÃO 13
7.1 Materiais 13
7.2 Geometria 14
7.3 Juntas 14
7.4 Condições de Segurança 15
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 22

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam a produção, execução, aceitação e medição dos serviços de revestimento de concreto de cimento Portland sobre obra de arte especial em obras rodoviárias, sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

2 DEFINIÇÃO

Revestimento de concreto sobre obra de arte especial é o pavimento de concreto executado em placas de cimento Portland, delgado, parcial ou totalmente aderido ao tabuleiro, e dotado ou não de armadura distribuída descontínua.

3 MATERIAIS

Os principais materiais constituintes do revestimento de concreto sobre obra de arte especial são: agregados minerais, cimentos Portland, água e armadura de aço quais devem satisfazer às normas pertinentes e às especificações aprovadas pelo DER/SP.

3.1 Concreto

O concreto empregado na execução do pavimento rígido deve apresentar a resistência característica à tração na flexão ($f_{ctM,k}$) definida no projeto.

A resistência à tração na flexão deve ser determinada em corpos-de-prova prismáticos, confeccionados e curados conforme NBR 5738(1), e ensaiados conforme NBR 12142(2).

Na dosagem racional do concreto também devem ser considerados os requisitos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Requisitos para a Dosagem do Concreto

Características	Método de Ensaio	Valores Recomendados
Consumo mínimo de cimento	-	350 kg/m^3
Relação água/cimento máxima	-	0,50
Agregado graúdo	-	Dimensão máxima característica < 1/3 da espessura da placa de concreto ou 38 mm, obedecendo ao menor valor
Abatimento	NBR 16889(3)	Conforme a forma de aplicação Abatimento de no máximo 60 mm, a ser definido em função do equipamento vibroacabador
Resistência característica à tração na flexão	NBR 12142(2)	≥ a definida em projeto
Resistência característica à compressão	NBR 5739(4)	≥ a definida em projeto
Teor de ar incorporado	NBR 16887(5)	Inferior ou igual a 4%

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.

3.1.1 Produção do Concreto

O concreto pode ser produzido em centrais gravimétricas do tipo misturadora ou dosadora.

3.2 Selante e Enchimento de Juntas

O material selante deve ser moldado a frio, pré-moldado, de produção industrial atendendo à especificação DNIT 046/2004-EM[(6)].

Podem ser empregadas como material de enchimento da parte inferior das juntas de dilatação: fibras trabalhadas, cortiça, borracha esponjosa, poliestireno ou pinho sem nó, devidamente impermeabilizado.

3.3 Cura do Concreto

Os compostos químicos líquidos devem ter pigmentação branca ou clara e obedecer aos requisitos da norma ASTM C 309[(7)].

Os materiais para cura complementar à cura química do concreto podem ser água, lençol plástico e geotêxteis.

O lençol plástico deve apresentar as mesmas características exigidas para seu emprego como material isolante.

Os tecidos devem ser limpos, absorventes, sem furos e, quando secos, ter massa mínima de 200 g/m².

4 EQUIPAMENTOS

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

Os equipamentos básicos para a execução manual das placas de concreto do pavimento compreendem as seguintes unidades:

a) central de usinagem de concreto ou betoneiras de grande porte;

b) formas metálicas, para conter o concreto fresco, e ao mesmo tempo servir de guias, para movimentação das unidades de distribuição e adensamento do concreto, montados sobre rodas;

c) distribuidora de concreto, regulável e com tração própria, podendo ser constituída de uma caçamba distribuidora de concreto na direção transversal à faixa de concretagem, ou de um cabeçote distribuidor que trabalha sobre um travessão metálico, também transversal à faixa de concretagem;

d) vibradores de imersão;

e) eixo rotor frontal;

f) vibro-acabadora de bitola ajustável, com frequência de no mínimo 3500 vibrações por minuto;

g) régua alisadora ou acabadora, diagonal ou não, tubular ou oscilante, de bitola ajustável;

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.

h) caminhões tipo *dumpcrete*, ou caminhões betoneiras;

i) máquina de serrar juntas com disco diamantado;

j) compressor de ar comprimido;

k) equipamento para aplicação de cura química;

l) ferramentas diversas tais como, como pá e enxadas; ferramentas com ponta em cinzel, desempenadeira de madeira, vassouras de fios de *nylon*, piaçava e metálicos, desempenadeira de borda para acabamento de cantos das juntas moldadas, rolo alumínio de cabo longo de formas arredondas.

Além dos equipamentos acima, podem ser utilizados outros equipamentos, desde que aceitos pela fiscalização.

5 EXECUÇÃO

5.1 Preparo da Superfície

A superfície da estrutura que deve receber o pavimento de concreto deve ser previamente limpa e saturada com pelo menos 12 horas e seca, livre de óleos, graxa e outros materiais que prejudiquem a aderência do pavimento à estrutura.

Procedimentos como: jateamento de água ou areia, apicoamento manual e mecânico, escarificação superficial e fresagem podem ser adotados para o preparo da superfície.

É conveniente e de grande importância que seja executado, na concretagem da laje superior no início de pega do concreto, a escarificação da superfície da laje com rastelo denteado para que se obtenha o máximo de ranhuras possíveis para garantir boa aderência do pavimento à laje.

5.2 Assentamento de Formas de Preparo para a Concretagem

As formas devem ser assentadas de acordo com os alinhamentos indicados em projeto, uniformemente apoiadas sobre a estrutura e fixadas com ponteiros de aço, de modo a suportarem, sem deformações ou movimentos apreciáveis, as solicitações inerentes ao trabalho.

O alinhamento e o nivelamento das formas devem ser verificados e, se necessário, corrigidos antes do lançamento do concreto.

Por ocasião da concretagem, as formas devem estar limpas e untadas com desmoldantes, a fim de facilitar a desmoldagem.

5.3 Lançamento, Espalhamento e Adensamento do Concreto

O lançamento do concreto, quando possível, deve ser feito de preferência lateralmente à faixa de concretagem, ou através de caçambas içadas por guinchos, quando o acesso é impossibilitado.

O espalhamento do concreto deve ser executado com os dispositivos e equipamentos apropriados e, quando necessário, auxiliado com ferramentas manuais, evitando-se sempre 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.

segregação dos materiais.

O concreto deve ser distribuído em excesso por toda a largura da faixa em execução e rasado a uma altura conveniente para que, após as operações de adensamento e acabamento, qualquer ponto do pavimento tenha a espessura de projeto.

O adensamento do concreto deve ser feito por vibração superficial. Exige-se, entretanto, o emprego de vibradores de imersão sempre que a vibração superficial se mostrar insuficiente, como por exemplo, nas formas de execução de juntas, ou quando a espessura do pavimento o exigir.

5.3 Acabamento Inicial da Superfície

O acabamento mecânico da superfície deve ser feito imediatamente após o adensamento do concreto.

O equipamento vibro-acabador deve passar em um mesmo local tantas vezes quantas forem necessárias ao perfeito adensamento do concreto, e para que a superfície do pavimento atenda ao greide e ao perfil transversal do projeto, pronta para o acabamento final.

As depressões observadas na passagem da máquina devem ser imediatamente corrigidas com concreto fresco, sendo vedado o emprego de argamassa para esse fim.

O acabamento manual da superfície deve ser feito por operação da passagem da régua acabadora em deslocamentos longitudinais, com movimentos de vaivém.

5.4 Acabamento Final da Superfície

Enquanto o concreto estiver ainda plástico, deve-se proceder à verificação da superfície em toda a largura da faixa, com a régua de 3,00 m disposta paralelamente ao eixo longitudinal do pavimento, e com movimentos de vaivém e avançando, no máximo de cada vez, metade de seu comprimento.

Qualquer depressão encontrada deve ser imediatamente preenchida com concreto fresco, rasada, compactada e devidamente acabada; qualquer saliência deve ser cortada e igualmente acabada.

Quando a superfície se apresentar demasiadamente úmida, o excesso de água deve ser eliminado pela passagem de rodos de borracha. Após essas correções e logo que a água superficial tiver desaparecido, deve-se proceder ao acabamento final.

O acabamento final será conferido pela régua vibro-acabadora, diagonal ou não, e a superfície deve receber, então, ranhuras na superfície do pavimento, aumentando sua aderência com os pneumáticos dos veículos. Esta operação deve ser realizada antes do início da pega do concreto.

Executado o acabamento final, antes do início do endurecimento do concreto e no caso de adoção do processo de abertura das juntas por moldagem, as peças usadas para tal devem ser retiradas cuidadosamente com ferramentas adequadas e adoçadas todas as arestas, conforme o projeto; junto às bordas, o acabamento obtido deve ser igual ao do restante da superfície.

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.

Junto às bordas, o acabamento obtido deve ser igual ao do restante da superfície. Qualquer porção deve ser prontamente removida.

5.5 Execução da Juntas

Todas as juntas longitudinais e transversais devem estar em conformidade com as posições exatas indicadas no projeto. Não se permitem desvios de alinhamento superiores a 5 mm. As juntas devem ser contínuas em todo o seu comprimento.

A locação das seções, onde devem ser executadas as juntas, deve ser feita por medidas topográficas; determinando-se as posições futuras por pontos fixos estabelecidos nas duas margens da pista, ou, ainda, sobre as formas estacionárias.

Deve ser elaborado plano de serragem das juntas transversais e longitudinais, no qual a idade do concreto no momento do corte seja determinada em ensaios de maturidade do concreto, conforme ASTM C 1074[(8)], de modo que se evitem indesejáveis fissuras fora das juntas. Deve ser definida a faixa de horário ideal para a serragem destas juntas para cada obra em particular, a idade do concreto é função das condições climáticas, tipo de concreto e, principalmente, do tipo de cimento utilizado, o que pode acelerar ou diminuir o tempo de corte. O prazo mínimo, normalmente, é 6 horas.

5.5.1 Juntas Longitudinais

O pavimento, dependendo das características da obra e do equipamento, pode ser executado em toda a largura da pista ou em faixas longitudinais parciais; a posição das juntas longitudinais de construção deve coincidir com a das juntas longitudinais do projeto.

Quando a junta de construção coincidir com a junta de encaixe tipo macho-e-fêmea, deve ser fixada ao longo da face interna da forma de concretagem, uma peça que permita obter a face lateral da junta com o perfil de encaixe projetado. Retirada a forma, a face lateral deve ser pintada com material apropriado que impeça a aderência entre a faixa executada e a futura faixa, servindo, então, de forma na sua execução.

Devem ser tomados cuidados especiais com as bordas do concreto fresco, evitando-se sempre a ocorrência de abatimento.

5.5.2 Juntas Transversais

As juntas transversais devem ser retilíneas em toda sua extensão, perpendiculares ao eixo longitudinal do pavimento, salvo situações particulares indicadas no projeto. Devem ser executadas de modo que as operações de acabamento final da superfície possam processar-se continuamente, como se as juntas não existissem.

5.5.3 Juntas Transversais Serradas

É o processo obrigatório para abertura de juntas; exige um concreto semiendurecido, ao qual se deve aplicar um plano de corte em que a idade do concreto no momento do corte seja entre 6 a 12 horas, a ser verificado experimentalmente.

O plano de corte deve ser definido pela construtora e aprovado pela fiscalização, para a obra

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.

em questão, em vista das condições climáticas, do tipo de concreto aplicado e, principalmente, do tipo de cimento.

As operações de corte devem ser iniciadas o mais cedo possível, sendo que o primeiro corte deve ser realizado com o concreto semiendurecido, de modo que ao se iniciar a serragem não ocorra o esboroamento das bordas da junta.

Caso esse esboroamento ocorra, significa que o concreto ainda se encontra "verde", ou seja, com baixa resistência mecânica. Isso exigirá um tempo de espera entre uma e duas horas, a ser verificado experimentalmente, para que se faça uma nova tentativa de início de serragem.

É necessário dimensionar o número de serras em função de produção diária de concreto.

As juntas devem ser locadas por topografia, devendo ser referidas a pontos fixos nas margens da pista.

As juntas transversais devem ser retilíneas e normais ao eixo longitudinal do pavimento, salvo em situações particulares indicadas no projeto.

Não é permitida, em nenhuma hipótese, a profundidade do corte inferior à especificação em projeto.

Nessa fase, recomenda-se que a profundidade de corte seja verificada com o emprego de gabaritos metálicos ao longo de toda a extensão da junta, ou empelo menos 5 pontos aleatórios em cada placa.

5.5.4 Juntas Transversais de Construção

Ao fim de cada jornada de trabalho, ou sempre que a concretagem tiver que ser interrompida por mais de 30 minutos, deve ser executada uma junta de construção cuja posição coincida com junta transversal indicada no projeto. Quando a coincidência se verificar numa junta de contração, esta deve ser substituída por uma junta transversal de construção de tipo indicado no projeto.

Nos casos em que não seja possível prosseguir com a concretagem até uma junta transversal projetada, deve-se executar, obrigatoriamente, uma junta transversal de construção de emergência, de tipo previsto no projeto.

Devem ser empregadas fôrmas metálicas, obrigatoriamente, para esse fim.

5.6 Cura

Para a cura do concreto devem ser utilizados produtos químicos capazes de formas película plástica que atendam à norma ASTM C 309[(7)], numa taxa variando entre 0,35 l/m² e 0,50 l/m², definida pelo fabricante e aprovada pela fiscalização.

A aplicação pode ser realizada manualmente ou com equipamento autopropelido, constituído de bomba e barra espargidora em toda a largura da faixa, devendo ser iniciada logo após o término das operações de texturização, assim que o concreto tenha perdido o brilho superficial e realizado o acabamento final.

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.

As faces da laje a serem expostas pela remoção das formas devem ser imediatamente protegidas, de modo que se proporcionem condições de cura análogas às da superfície do pavimento.

Caso ocorra evaporação da água de amassamento durante a concretagem, deve ser aplicada uma segunda demão de produto químico.

Em condições críticas de ambiência, cura úmida complementar poderá ser utilizada, a critério da fiscalização. A cura complementar deve ser efetuada com aplicação de mantas de geotêxtil, ou similar, mantidas permanentemente umedecidas por, no mínimo, 3 dias sobre a superfície do pavimento acabado. Podem ser usadas, também, lonas plásticas para esse fim, a critério da fiscalização. De qualquer forma, a cura complementar não deve danificar a superfície do pavimento acabado.

5.7 Desmoldagem

As formas podem ser retiradas quando decorrer pelo menos 12 horas da concretagem. A fiscalização pode, entretanto, fixar prazos maiores, até um máximo de 24 horas da concretagem. Durante a desmoldagem devem ser tomados os cuidados necessários para evitar o esborcinamento dos cantos das placas.

Deve-se iniciar a desmoldagem pela retirada dos ponteiros metálicos, seguida pela libertação das formas. É terminantemente proibido golpes, choques ou batidas com marretas ou similar.

O deslocamento das formas deve ser feito em movimento horizontal.

As faces laterais das placas expostas pela remoção das formas devem ser imediatamente protegidas, de modo a terem condições análogas de cura às do pavimento.

5.8 Selagem de Juntas

Para a aplicação do material de selagem das juntas, estas devem ser cuidadosamente limpas com a ponta do cizel, vassouras de fios duros e ar comprimido.

O material de selagem das juntas deve ser aplicado cuidadosamente no interior dos sulcos, sem respingar na superfície, de modo a preencher a junta sem transbordamento. Os excessos devem ser removidos e a superfície limpa de todo material respingado.

A profundidade de penetração do material selante e suas características devem ser definidas no projeto.

5.9 Abertura ao Tráfego

O pavimento pronto só pode ser aberto ao tráfego quando atingida a resistência mínima de aceitação, 28 dias após a concretagem da última placa, e depois de verificado e recebido pela fiscalização.

Quando houver necessidade de se antecipar à abertura ao tráfego, a fiscalização pode autorizá-la desde que as tensões de ruptura dos corpos de prova ensaiados com menos de 28 dias de idade tenham atingido as especificadas com a antecipação pretendida.

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 Concreto

O controle das características do concreto na pista deve abranger:

a) registro de todo concreto recebido na obra, identificando cada caminhão ou betonada, o volume de concreto e a hora de lançamento. O intervalo de tempo entre a hora de adição de água e o lançamento não deve ser superior a 30 minutos;

- este período pode ser ampliado para 90 minutos quando for usado caminhão betoneira e houver agitação do concreto durante o transporte e a sua descarga, ou quando forem usados aditivos convenientemente dosados e comprovados experimentalmente e através de ensaios laboratoriais. Pode ainda ser utilizada a combinação de uso de aditivos e agitação do concreto durante o transporte em caminhão betoneira.

b) determinação do abatimento do concreto, conforme NBR 16889(3) no máximo igual a 60 mm (a ser definido em função do equipamento vibroacabador), de cada caminhão que chegar à obra, imediatamente antes do lançamento; o material será liberado para lançamento desde que o abatimento esteja compreendido dentro da variação especificada na dosagem do concreto e compatível com equipamento de aplicação utilizado;

c) moldagem e cura de corpos-de-prova prismáticos, conforme NBR 5738(1), deve estar adequada ao volume de concreto a ser aplicado na pavimentação, de modo a se obter o número de amostra mínimo exigidos para o controle da resistência a compressão e tração, conforme estabelecido na Tabela 2.

d) determinação das resistências à compressão simples, conforme NBR 5739(4), e à tração na flexão, conforme NBR 12142(2), ambas na idade de controle fixada no projeto;

e) o teor de ar incorporado, determinado conforme NBR 16887(5), de cada caminhão que chegar à obra, deve ser inferior ou igual a 4%;

f) consumo mínimo de cimento: $C_{mín}$ = 350 kg/m³;

g) relação água/cimento: A/C ≤ 0,50 l/kg;

h) a dimensão máxima característica do agregado no concreto não deve exceder 1/3 da espessura da placa do pavimento e 38 mm, obedecido ao menor valor.

Na moldagem dos corpos-de-prova, para determinação da resistência à compressão axial e da resistência à tração na flexão, cada amostra é constituída por dois corpos-de-prova moldados na mesma amassada, no mesmo ato, para cada idade de rompimento. Deve-se também correlacionar o número da placa do caminhão, a estaca, o número da placa concretada, com os respectivos corpos-de-prova.

Toma-se como resistência da amostra, na idade de rompimento, o maior dos dois valores obtidos no ensaio.

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.

Os lotes para determinação da resistência a compressão simples e tração na flexão não deve possuir volume de concreto superior a 500 m³, e devem corresponder a no máximo a uma área pavimentada de 2500 m².

Os lotes devem ser formados de acordo com Tabela 2 e possuir o número mínimo de exemplares indicados.

Tabela 2: Lotes e número mínimo de exemplares para a determinação da resistência à tração na flexão e à compressão

Vol. Concreto do Lote (m³)	Nº Mínimo de Amostras
Até 50	10
50 a 200	15
200 a 400	25
400 a 500	32

6.1.2 Material Selante de Juntas

O material pode ser moldado a frio ou pré-moldado e deve ser de produção industrial. A utilização deste material deve ser feita conforme o projeto na selagem das juntas e deve apresentar certificado que ateste o atendimento da especificação DNIT 046/2004-EM[(6)].

6.2 Controle Geométrico e de Acabamento

O pavimento de concreto acabado deve ter a forma definida pelos alinhamentos, perfis, dimensões e seção transversal estabelecidos pelo projeto.

6.2.1 Controle de Espessura

A espessura deve ser verificada por medidas topográficas altimétricas, devem ser determinadas no mínimo 6 medidas para o consumo de concreto inferior 500 m³, e área pavimentada de no máximo 2500 m^2, as medidas devem ser realizadas em pontos definidos pela fiscalização

6.2.2 Controle do Alinhamento e Nivelamento

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

As diferenças de cotas devem ser determinadas pelo nivelamento da seção transversal a cada 20 m, conforme nota de serviço.

6.2.3 Controle das Juntas

Verificação da limpeza, alinhamento, largura e profundidade conforme definido no projeto.

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 Condições de Segurança

As condições de segurança do revestimento de concreto de cimento acabado devem ser determinadas por meio de métodos e equipamentos de medida de textura, para avaliação da resistência à derrapagem. Para avaliação desta resistência deve ser utilizado o Ensaio de Mancha de Areia, de acordo com o método ASTM E 965-15[9], a cada 100 m.

7 ACEITAÇÃO

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

7.1 Materiais

7.1.1 Resistência à Compressão Simples e à Tração na Flexão

Os lotes para determinação da resistência característica estimada à tração na flexão e compressão não devem possuir volume de concreto superior a 500 m³, e devem corresponder a, no máximo, uma área pavimentada de 2500 m².

Na identificação dos corpos de prova deve constar a data da moldagem, a classe do concreto, a identificação da placa onde foi lançado o concreto e outras informações julgadas necessárias.

Os lotes devem possuir o número mínimo de amostras, em função do volume de concreto aplicado, como definido na Tabela 2. O número de amostras deve corresponder a número inteiro de placas concretadas.

As resistências característica estimada à tração na flexão e à compressão devem ser determinadas na idade definida em projeto, sendo calculadas de acordo com as equações 4 e 5, do anexo B, respectivamente.

Os lotes são aceitos desde que:

$$f_{ctM,est} \geq f_{ctM,k} \quad \text{e} \quad f_{ck,est} \geq f_{ck}$$

Onde:

$f_{ctM,est}$ = resistência característica estimada do concreto à tração na flexão;

$f_{ctM,k}$ = resistência característica do concreto à tração na flexão, definida em projeto;

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

f_{ck} = resistência característica do concreto à compressão simples, definida em projeto.

Quando a condição acima não for aceita, devem ser extraídos no trecho, em pontos uniformemente espaçados, no mínimo, 6 corpos de prova prismáticos conforme a norma ASTM C42/C42M[10], os quais devem ser ensaiados à tração na flexão conforme a norma NBR 12142[2]. Estes corpos de prova devem ser extraídos das placas que apresentarem as

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.

menores resistências no resultado do controle.

Com os resultados obtidos nestes corpos de prova deve ser determinada a resistência característica, e verificar se a condição foi atendida.

Se o trecho ainda não for aceito, a parte condenada deve ser demolida e reconstruída.

7.1.2 Selante de Juntas

O material utilizado na selagem das juntas é recebido e aceito desde que acompanhado com certificado que atenda à especificação DNIT 046/2004-EM[(6)].

7.2 Geometria

O pavimento de concreto deve ter a forma definida pelos alinhamentos do eixo e das bordas determinado pelo projeto.

Durante os trabalhos de locação alinhamento e nivelamento das seções, deve ser dada especial atenção à colocação das formas.

As tolerâncias quanto ao alinhamento e nivelamento da colocação das formas são:

Para cada 3 m:

- desvios máximos de ± 3 mm nos nivelamentos;
- desvios máximos de ± 5 mm nos alinhamentos.

Para as placas, as tolerâncias são:

- ± 1,5 mm de desnível entre duas placas;
- ± 5 mm nos alinhamentos.

A tolerância quanto à variação de cotas em relação às previstas no projeto é de ± 15 mm em cada ponto.

As armaduras distribuídas descontínuas devem estar posicionadas verticalmente entre a metade da placa e o seu superior. Para as armaduras, são adotadas as seguintes tolerâncias:

- desvio máximo em relação ao espaçamento indicado no projeto: ± 20 mm.

A tolerância quanto à variação das espessuras das placas de concreto é de ± 1 cm.

7.3 Juntas

Todas as juntas longitudinais e transversais devem estar em conformidade com as posições exatas indicadas no projeto.

As juntas devem ser contínuas em todo o seu comprimento. Não são permitidos desvios de alinhamento superiores a 5 mm.

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.

7.4 Condições de Segurança

A altura da areia determinada no ensaio de mancha de areia deve apresentar-se no intervalo de 0,6 mm a 1,2 mm, caracterizando uma classe de textura superficial de média a grossa.

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 pavimento de concreto de cimento *Portland* sobre obra de arte especial, por processo mecânico.

8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais

Devem ser observados os seguintes procedimentos na exploração das ocorrências de materiais:

a) para as áreas de apoio os serviços devem ser executados seguindo as normas ambientais vigentes no DER/SP;

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

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

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

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

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

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

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

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

8.2 Execução

Durante a execução devem ser observados os seguintes procedimentos:

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 utilizado no pavimento de concreto de cimento Portland, 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 metro cúbico de concreto da camada acabada, cujo volume será calculado multiplicando a extensão obtida a partir do estaqueamento pela largura da seção transversal e pela espessura de projeto.

O serviço recebido e medido da forma descrita é pago conforme preço unitário contratual respectivo, aplicado o ajustamento de preço quando necessário. Nos preços estão inclusos: o fornecimento de materiais, usinagem, perdas, carga e transporte até os locais de aplicação, descarga, espalhamento, adensamento, acabamento, juntas, cura e proteção; 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
23.11.10.01 - Pavimento de Concreto Sobre Obra de Arte Especial	m³

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2016.

2 ____. **NBR 12142**. Concreto - Determinação da resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010.

3 ____. **NBR 16889**. Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2020.

4 ____. **NBR 5739**. Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio

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.

de Janeiro, 1994.

5 ____. **NBR 16887**. Concreto - Determinação do teor de ar em concreto fresco - Método pressométrico. Rio de Janeiro, 2020.

6 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 046/2004-EM**. Pavimento rígido – selante de juntas: especificação de material. Rio de Janeiro, IPR, 2004.

7 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C 309**. Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete. Philadelphia, 2019.

8 ____. **ASTM C 1074**. Standard Practice for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method. Philadelphia, 2021.

9 ____. **ASTM E 965-15**. Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique. Philadelphia, 2015.

10 ____. **ASTM C42/C42M**. Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete. Philadelphia, 2012.

_____

/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 Concreto				
Registro de todo concreto recebido na obra, identificando-se cada caminhão, o volume de concreto, a hora de adição de água e a hora de lançamento	-	Todo caminhão	Resultados individuais	O intervalo de tempo entre a hora de adição de água e o lançamento não deve ser superior a 30 minutos
Este período poderá ser ampliado para 90 minutos quando for usado caminhão betoneira e houver agitação do concreto durante o transporte e a sua descarga, ou quando forem usados aditivos convenientemente dosados e comprovados experimentalmente e através de ensaios laboratoriais. Pode ainda ser utilizada a combinação de uso de aditivos e agitação do concreto durante o transporte em caminhão betoneira				
Determinação do abatimento do concreto	NBR 16889 (3)	Todo caminhão, imediatamente antes do lançamento	Resultados individuais	Compreendido no intervalo estabelecido na dosagem e que seja compatível com o equipamento
Determinação do teor de ar incorporado	NBR 16887(5)	Todo caminhão	Resultados individuais	Inferior ou igual a 4%
Determinação da resistência característica estimada na flexão na idade de controle fixada no projeto	NBR 12142(2)	No mínimo 1 determinação a cada 15m^3 de concreto que chegar à obra	Conforme equação 4 do Anexo B Análise de 32 amostras por lote	$f_{ctM,est} \geq f_{ctM,k}$
Determinação da resistência à compressão simples na idade de controle fixada no projeto	NBR 5739(4)	Os lotes devem ser formados de acordo com Tabela-2 , e possuir o número mínimo de exemplares indicados.	Conforme equação 5 do anexo B	$f_{ck,est} \geq f_{ck}$
Na moldagem dos corpos de prova, para determinação da resistência à compressão simples e à tração na flexão: - cada amostra será constituída por dois corpos-de-prova moldados na mesma amassada, no mesmo ato, para cada idade de rompimento; - toma-se como resistência da amostra, na idade de rompimento, o maior dos dois valores obtidos no ensaio; - deve-se correlacionar-se o número da placa do caminhão, estaca, número da placa de concretada, com os respectivos corpos-de-prova.				

/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
1.2 Material Selante de juntas				
Verificação da qualidade	certificado	Todo lote que chegar a obra	Resultados individuais	Atender o especificado na norma DNIT 046/2004-EM~~(7)~~ (6)

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/conclusão

2. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
ENSAIO	**MÉTODO**	**FREQÜÊNCIA**	**CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS**	**ACEITAÇÃO**
Espessura	medidas altimétricas	O lote deve ser menor que 500m^3 de concreto e não ultrapassar 2.500 m^2 de área pavimentada. No mínimo, 6 medidas por lote.	Média aritmética	A espessura média do lote for maior ou igual à espessura de projeto e a diferença entre o menor e o maior valor obtido para as espessuras seja no máximo de 1 cm
As amostragens devem ser realizadas em pontos representativos e definidos pela fiscalização.				
Alinhamento das formas	Medidas Topográficas	A cada 3 m	Resultados individuais	No máximo ± 5 mm
Nivelamento das formas	Medidas Topográficas	A cada 3 m	Resultados individuais	No máximo ± 3 mm
Placas de Concreto	Medidas Topográficas	Entre duas placas consecutivas	Resultados individuais	- ± 1,5 mm de desnível entre duas placas; - ± 5 mm nos alinhamentos.
Cotas da seção	Medidas Topográficas	A cada 20 m	Resultados individuais	± 15 mm em cada ponto das previstas em projeto.
Juntas	Medidas Topográficas	Aleatório	Resultados individuais	No máximo ± 5 mm
3. CONDIÇÕES DE SEGURANÇA				
Determinar a textura superficial através do ensaio de macha de areia	ASTM E 965-15[9]	Uma determinação por faixa e espaçado no máximo a cada 100 m	Resultados individuais	Altura da areia situada entre 0,6 mm a 1,2 mm

/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 ($\bar{X}$)	$\overline{f_{ctM,j}}$ 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 C-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	$f_{ck,est} = \overline{f_{cj}} - Ks$	

Tabela B-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.