



PUC
PAVIMENTO
URBANO DE
CONCRETO



PROJETO

**Implantação de pavimentação de
concreto urbano de alto desempenho
Reforçado com Macrofibra Estrutural**

SÃO PAULO / Setembro 2022

MEMORIAL DESCRITIVO

1. Objetivo

presente memorial tem por objetivo descrever e especificar os materiais, Normas Técnicas e acabamentos que serão utilizados nos serviços de Pavimento Urbano de Concreto de alto desempenho com adição de macrofibra estrutural e demais serviços da obra, no empreendimento utilizando o PUC (Pavimento Urbano de Concreto) em Pantano Grande – RS, no bairro Loteamento Unical. Para o dimensionamento e análise do pavimento foram utilizados os métodos de cálculo da American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) de 1993; da Portland Cement Association (PCA/1984); conceitos da American Concrete Institute (ACI); ABNT PR1011/2021 – Projeto de Pavimentos Urbanos de Concreto, Rio de Janeiro, 2021; ABNT NBR 16935/21 Projeto de Estruturas de Concreto Reforçado Com Fibras – Procedimento.

2. História

É amplamente aceito que a origem dos pavimentos de concreto começou em 1894 em Bellefontaine, Ohio, USA, no qual ainda está em uso.

No início do século 20, muitas estradas e vias de concreto foram construídas em todo o mundo, e em 1917 as barras de encaixe foram usadas pela primeira vez nas estradas de concreto da Virgínia, nos EUA. Durante este período, muitas configurações diferentes de seções transversais de lajes, tipos de juntas e padrões de reforço para pavimentos rígidos surgiram.

A tecnologia de pavimentação de concreto está em constante evolução e hoje grande parte da ênfase é dada ao uso de materiais de construção ecologicamente corretos no concreto do pavimento e aos aspectos de durabilidade de estradas e ruas de concreto. Nestes aspectos a introdução de pavimentos reforçados com macrofibras auxilia no desenvolvimento deste sistema construtivo, atuando como reforço secundário no concreto, elevando-se seu desempenho de resistência a tração e proporcionando a diminuição da espessura da camada de concreto, mantendo sua resistência, durabilidade e ecologicamente menos poluente que os processos anteriores.

Este desempenho ao longo do tempo, e seus benefícios ambientais se dá por diversas condições do pavimento de concreto de alto desempenho:

- Não deformam quando da aceleração, frenagem e provas de cargas dos veículos;
- Maior durabilidade quando comparado a outros pavimentos;
- Menor interferência de manutenção preventiva e corretiva;
- Melhor distribuição de carga no concreto e no solo;
- Menor custo operacional dos veículos, quanto ao sistema de suspensão, freio e pneus, bem como menor consumo de combustível e menor emissão de CO₂;

- Maior segurança do usuário devido a macro e micro texturas;
- Melhor reflexão da luz na superfície do pavimento;
- Economia de até 30% nos gastos com iluminação pública;
- A superfície clara do concreto contribui para a redução da temperatura ambiente em até 5°C, e redução da temperatura da superfície do pavimento em até 17°C;
- Não sofre ataque de substâncias derivadas de petróleo.

3. Metodologia aplicada no pavimento

Conforme já mencionado, para o dimensionamento e análise do pavimento foram utilizados os métodos de cálculo da American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) de 1993, da Portland Cement Association (PCA/1984) e conceitos da American Concrete Institute (ACI) e ABNT PR1011/2021 – Projeto de Pavimentos Urbanos de Concreto, Rio de Janeiro, 2021. A metodologia de cálculo para a introdução da macrofibra estrutural baseia-se através da determinação dos esforços solicitantes conforme os métodos de cálculo apresentados, o cálculo do dimensionamento do pavimento correlaciona o ganho de desempenho do CRF (Concreto Reforçado com Fibra) através da norma da ABNT NBR 16935/2021 - Projeto de Estruturas de Concreto Reforçado Com Fibras – Procedimento.

4. Apresentação geral do empreendimento

O presente memorial descreve os serviços relativos às obras nas ruas: Rua Walter da Rosa Nunes, Rua Orlando dos Santos Sperb, Rua Aquiles Maria de Barros, Rua Lizandro Frantz, Rua Ladislau Zebroski, Rua Daniel Fernando Santos da Silveira, localizadas no bairro Loteamento Unical, município de Pantano Grande - RS, compreendendo obras de pavimentação em concreto e serviços complementares.

Previamente, de forma preliminar a qualquer outra atividade, a empresa executora deverá adequar o projeto básico ou referencial que compõe os procedimentos do município, às características reais e condições verificadas in loco para cada via, elaborando um projeto executivo (anexo a este documento) e o submetendo para análise e aprovação do município, no mínimo, com o seguinte corpo documental:

a) Detalhamento do pavimento de concreto;

Dimensionamento efetivo para as condições da via e detalhamento da distribuição das placas de concreto (geometria).

b) Indicação dos espaços que servirão para futuros passeios;

Detalhes construtivos do passeio e áreas de apoio.

c) Indicação do paisagismo da(s) via(s), árvores e vegetações que deverão ser retiradas para a pavimentação.

5. Condições Gerais

A executora tomará todas as providências e responderá por despesas relativas aos serviços preliminares, compreendendo todos os equipamentos, ferramentas, fechamento e edificações provisórias de apoio contendo no mínimo alojamentos, sanitários e escritório, necessários à correta execução da obra.

A executora atenderá aos preceitos estabelecidos na legislação vigente e em normas da ABNT visando a segurança e a correta execução da obra.

A executora deverá manter permanentemente na obra um profissional responsável técnico e sua equipe de apoio, para o desenvolvimento diário das OSs (Ordens de Serviços). Esta equipe deverá manter o diário de obras atualizado, nomes de todos os profissionais da equipe que esteja trabalhando e suas funções, registros de todas as ocorrências e vistas da fiscalização. A mesma será ainda responsável pelo recebimento e controle dos materiais de jazidas, através de romaneios e conferência de sua aplicação in loco.

A executora manterá nas obras um responsável técnico habilitado, podendo ser o mesmo profissional responsável técnico citado no parágrafo anterior, para que juntamente com a equipe de trabalho possam dirimir eventuais dúvidas. Este profissional não poderá se ausentar das obras por mais de 36 horas.

A executora deverá manter também nas obras, uma cópia de todos os projetos acompanhados das ART(s), dos projetos e orientações fornecidas pelo município e a(s) ART(s) referente a execução. Estes documentos deverão encontra-se de fácil acesso a qualquer fiscalização que se fizer ocorrer.

Os materiais e serviços executados terão obrigatoriedade de possuir as características de resistências, desempenho, dimensões e aspectos estéticos especificados nos projetos, sendo a executora responsável pela garantia por, no mínimo, 05 (cinco) anos, cabendo a esta a substituição e ou reparação em quaisquer aspectos sem ônus ao Município.

Os materiais e serviços impugnados pela fiscalização do município deverão ser retirados da obra, pela executora, num prazo máximo de 72 horas.

No caso de necessidade de alteração nas especificações de materiais ou de técnicas construtivas, a executora deverá submeter, previamente, à fiscalização do Município documento informando quais alterações serão realizadas, a motivação e informações comprobatórias com relatórios técnicos indicando a equivalência no desempenho e nas características estéticas e de resistência do material substituto. Após avaliação da fiscalização, será autorizada ou não a substituição da especificação ou apresentar-se-á indicação de alternativa ao item. Na ocorrência de alterações estas devem ser explicitadas através de registro no “Diário de Obras”. A executora, ao final de cada etapa de obra, apresentará as plantas (as built) e relatório indicando as alterações realizadas.

As eventuais divergências encontradas nos documentos apresentados nesta obra serão comunicadas à fiscalização para as devidas providências.

A executora prezará e atuará com zelo nos locais da intervenção sendo responsável por quaisquer danos ao Município, concessionárias públicas e/ou a terceiros.

No período de execução das obras, no que se refere à segurança da obra e dos funcionários, a executora também será responsável por:

- Fornecer alimentação, uniforme e transporte aos funcionários envolvidos na execuções das obras;
- Fornecer materiais de primeiros socorros;
- Providenciar e exigir o uso, por parte de seus operários, de EPIs (Equipamentos de proteção individual) certificados conforme a peculiaridade e necessidades de cada atividade profissional, havendo ainda treinamento prévio e implantação de sinalização obrigatória de obra conforme a legislação do Ministério do Trabalho e Emprego – MTE; - Sinalizar as vias em relação à segurança e alerta.

O prazo global para conclusão das obras e serviços estão de acordo com o especificado no cronograma físico-financeiro, parte integrante deste documento.

Quaisquer itens não especificados ou dúvidas serão deliberados pela fiscalização do Município, após avaliação e registro no diário de obras, podendo a executora interpellá-las através de ofício, solicitando informações e sugerindo possíveis soluções. Esta documentação será avaliada e será deliberado observando-se a melhor condição para a qualidade da obra e para o recebimento e administração do Município.

6. Instalação da Obra

A executora providenciará e montará a estrutura provisória para atendimento à obra, nas proximidades da área onde ocorrerão as intervenções, contendo no mínimo sanitários, escritório e alojamentos (se necessário), podendo esta ser substituída por container que atenda aos requisitos mínimos estabelecidos. Deve providenciar também rede elétrica e água, e fechamentos da área, visando o bom andamento dos serviços e respeitando as diretrizes indicadas na Norma Regulamentadora - NR18.

A executora se responsabilizará pela guarda dos materiais em local especificado, sendo vedado a guarda em locais fora do canteiro das obras.

A executora deverá instalar a placa de obras se necessário, no modelo a ser orientado pelo Município, em local visível e seguro, previamente estabelecido pela fiscalização.

7. Locação da Obra

A locação da obra deverá ser realizada pela executora por meio dos serviços de

profissional habilitado, equipe de topografia, planilhas e ordens de serviços específicos para cada trecho, sob a supervisão da fiscalização do Município e de acordo com os termos deste Memorial Descritivo e do projeto anexo.

8. Drenagem – Galerias de Águas Pluviais

O sistema de drenagem superficial deverá estar dimensionado e adequado de forma a escoar, de maneira rápida e segura, as águas pluviais que incidam sobre a(s) via(s) integrantes deste escopo bem como de suas adjacências, bem como disciplinar o escoamento para desague seguro.

Para tanto, deverá ser executada rede de galerias de águas pluviais, composta de tubos de concreto tipo ponta e bolsa, bocas de lobo, caixa de ligação e poço de visita, bueiro simples e dissipador de energia, com o objetivo de canalizar e drenar águas pluviais. As bocas de lobos existentes deverão ser cuidadosamente observadas por ocasião da execução das obras de terraplenagem, meio fio e passeio. Qualquer danificação deverá ser corrigida, sem ônus ao Município.

Sistemas alternativos e/ou complementares são bem vindos, como por exemplo, a utilização de pavimentos permeáveis em calçadas, ciclovias e estacionamentos reduzindo assim consideravelmente o escoamento de águas superficiais e, conseqüentemente, reduzindo a estrutura necessária para a rede. Quando utilizado, o pavimento permeável deve atender integralmente à NBR 16.416 no que se refere ao dimensionamento e execução da estrutura.

Deve-se considerar também sistema de drenagem sub-superficial específico ao atendimento do pavimento. Este será responsável por liberar parte da água retida nas camadas inferiores do pavimento, preservando assim essas estruturas e aliviando as tensões que nelas incidem.

9. Corte e escavação:

Carga e transporte (mat. 1ª cat.), cortes são segmentos, cuja implantação requer escavação do terreno natural, nas áreas de alargamento de pista no interior dos limites das seções do projeto, que definem o corpo estradal.

As operações de corte compreendem:

- escavação dos materiais constituintes do terreno natural até o greide de terraplenagem;
- carga e transporte dos materiais para aterros ou bota-foras.

Estes materiais deverão ser transportados para locais previamente indicados pela fiscalização, de forma a não causar transtornos, provisórios ou definitivos, à obra.

Serão empregados tratores equipados com lâminas, carregadoras conjugadas com outros equipamentos, escavadeira hidráulica e transportadores diversos. A operação incluirá, complementarmente, a utilização de tratores e motoniveladoras, para escarificação.

10. Execução do meio fio - guias sem sarjetas:

As guias sem sarjetas serão executadas do tipo pré-moldado ou extrusado no local, executado com concreto com resistência $f_{ck} \geq 20$ MPa.

Na maioria das situações será utilizado meio fio sem sarjeta, visto o concreto do próprio pavimento não possuir irregularidades superficiais e, assim, podendo servir como apoio à drenagem. Contudo, a definição final partirá da especificação do sistema de drenagem projetado para a(s) via(s).

O local que receberá as guias, após as orientações topográficas e devido nivelamento do solo, deverá ser compactado com rolo compressor ou com compactador manual de placa vibratória até atingir o grau de compactação de 100% do proctor normal. Não será permitida a execução dos serviços em dias de chuva, objetivando evitar-se danos na execução.

É responsabilidade da EXECUTORA a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los.

11. Regularização e compactação do subleito

O subleito local quando apresenta expansão elevada, deverá ser tratado em uma camada com espessura de 20cm com adições de cal calcítica podendo variar entre 2% e 4% e óxido de cálcio igual a 85%. Não é permitida a adição de cal dolomítica e cal derivado de carbureto de cálcio.

O pavimento de concreto necessita de subleito estável, isto é, não sujeito a recalque diferencial. Portanto, o subleito deverá ser regularizado segundo o procedimento ET-DE-P00/001 do DER/SP – Melhoria e Preparo do Subleito e, se necessário, reforçado pelo modo indicado no ET-DE-P00/002 do DER/SP – Reforço do Subleito.

Concluída a operação de preparo do subleito, deverá ser realizada a liberação da camada por meio de controle deflectométrico, feitas aleatoriamente nas bordas e no eixo do futuro pavimento de concreto, onde as deflexões atuantes no subleito deverão ser inferiores às indicadas em projeto para esse fim.

Deve-se verificar as deflexões recuperáveis máximas (D^0) da camada, através da viga Benkelman, conforme DNER ME 024⁽¹⁰⁾, ou FWD, Falling Weight Deflectometer, de acordo com DNER PRO 273⁽¹¹⁾.

Poderá ser admitido que o controle do coeficiente de recalque seja feito por meio de execução de ensaios de Índices de Suporte Califórnia (ISC), em número estatisticamente significativo, a partir dos quais será avaliado o coeficiente de recalque (k) por meio de curvas de correlação apropriadas.

A camada final de terraplenagem deverá possuir Índices de Suporte Califórnia (ISC) $\geq 8\%$, conforme especificado em projeto.

Tabela 1. Classificação AASHTO de Materiais de Subleito da Via

Classificação Geral	Materiais granulares (35% ou menos passando na peneira nº 200)								Materiais siltosos e argilosos (mais de 35% passando na peneira nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 / A-7-6	
Grupo												
Peneiração: % que passa: Nº 10 Nº 40 Nº 200 (p)	50 máx. 30 máx. 15 máx.	 50 máx. 25 máx.	 51 mín. 10 máx.	 35 máx.	 35 máx.	 35 máx.	 35 máx.	 36 mín.	 36 mín.	 36 mín.	 36 mín.	
Características da fração que passa nº 40 Limite de Liquidez - LL (%) Índice de Plasticidade IP (%)				 40 máx. 10 máx.	 41 mín. 10 máx.	 40 máx. 11 mín.	 41 mín. 11 mín.	 40 máx. 10 máx.	 41 mín. 10 máx.	 40 máx. 11 mín.	 41 mín. 11 mín.	
Índice de Grupo	0		0	0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.	
Materiais que predominam	Pedra Britada pedregulho e areia		Areia fina	Areia e areia silosa ou argilosa				Solos Siltosos		Solos argilosos		
Comportamento geral como subleito	Excelente a bom							Fraco a pobre				

– O índice de plasticidade do subgrupo A-7-5 é igual ou menor que LL menos 30. O índice de plasticidade do subgrupo A-7-6 é maior que LL menos 30.

12. Sub-Base

A sub-base do pavimento tem as funções de uniformizar o suporte da fundação, evitar o efeito danoso dos materiais finos, absorver as tensões devidas à expansão do subleito e aumentar o valor de suporte da estrutura. Isto posto, as placas de concreto poderão ser assentadas diretamente sobre o subleito ou sobre uma sub-base que não apresente expansibilidade nem seja bombeável, devendo ser verificado através de ensaios a capacidade mecânica de suporte do solo (CBR) e sua expansão, caso o solo não atenda as exigências mínimas principalmente a expansibilidade $\leq 2\%$ devem ser controladas e verificadas para evitar possíveis soerguimentos (elevações do pavimento) ocasionando patologias, a utilização de estabilização da camada incorporando estabilizantes conforme norma (NORMA DNIT 420/2019 – ES) a fim de garantir uma melhora de desempenho mecânico e controle de expansibilidade, *não utilizar cal reciclada de origem carbureto*; está capacidade assegura às placas um suporte uniforme ao longo do tempo. A definição da sua necessidade é confirmada após ensaios do solo e conhecimento do tráfego. Neste caso segue anexo como referência bibliográfica “When do you need to use a subbase under concrete pavements?” ACPA - American Concrete Pavement Association – “Quando você precisa usar uma sub-base sob pavimentos de concreto?”, com complemento de Subgrades and Subbases for Concrete Pavements – ACPA engineering bulletin.

“Pavimentos para caminhões lentos ou pavimentos de tráfego leve, como ruas residenciais, estradas secundárias, estacionamentos e estradas de alta velocidade somente para automóveis, não são propensos ao desenvolvimento de bombeamento. Uma sub-base não é garantia para proteção de bombeamento em tais aplicações porque essas instalações não estão sujeitas à deflexão e rápido retorno do pavimento, causados por cargas de rodas pesadas em alta velocidade.

Tráfego * - Um pavimento com previsão de transportar 200 caminhões por dia ou menos geralmente não requer uma sub-base para evitar o bombeamento. Além disso, os pavimentos projetados para transportar menos de 1.000.000 de ESALs de 18 kip (80 kN) ao longo de sua vida útil não requerem sub-bases para evitar danos no bombeamento” pág 43.

A estrutura proposta em projeto, pode ser definida, seguindo como orientação utilização ou não do uso dessa camada conforme, o critério acima, e conforme a verificação e validação de ensaios do solo local.

Caso necessária utilização da sub-base, em carga de tráfego pesado e/ou caso especial de drenagem, poderá ser composta por camada de Brita Graduada Simples (BGS) e/ou outra camada complementar.

13. Brita Graduada Simples (BGS)

Brita Graduada é a camada composta por mistura em usina de produtos de britagem, apresentando granulometria contínua e cuja estabilização é obtida através da estabilização in loco.

Para a execução da sub-base em BGS deve ser seguida a especificação técnica “Sub-base ou Base de Brita Graduada – ET-DE-P00/008” do DER/SP, incluindo todo o controle tecnológico exigido.

A superfície que receberá a camada de BGS deve ter atingido o parâmetro defletoométrico de controle apresentado no projeto, e estar desempenada e limpa, isenta de resíduos e outros elementos prejudiciais à adequada execução da mesma.

14. Pavimento Urbano de Concreto - Detalhamento

Pavimento Urbano de Concreto de Alto Desempenho, para uso em vias urbanas é o pavimento cuja camada é constituída por placas de concreto de cimento Portland com adição de macrofibras estruturais, que atuam como reforço secundário, desta forma elevando-se o

desempenho de resistência a tração do concreto e reduzindo-se a espessura da camada de concreto, que desempenham simultaneamente as funções de base e de revestimento.

A execução dos serviços deve seguir rigorosamente a Especificação Técnica “ET-DE-P00/040 – Pavimento de Concreto de Cimento Portland Sobre Plataforma de Terraplenagem – Manual” do DER/SP.

Dentre os procedimentos indicados pelo DER/SP, outros procedimentos construtivos podem ser adotados, oriundos de especificações e referências de apoio, desde que previamente aprovados pela Fiscalização.

A composição (traço) do concreto destinado à execução de pavimentos rígidos deverá ser determinada por método racional, conforme requisitos especificados nas normas NBR 12655 e NBR 12821, de modo a obter-se com os materiais disponíveis na região uma mistura fresca de trabalhabilidade adequada ao processo construtivo empregado e, simultaneamente, um produto endurecido compacto e durável, de baixa permeabilidade (alta densidade), e que satisfaça às condições de resistência mecânica e acabamento superficial impostas pela especificação, que deve acompanhar o projeto do pavimento. Tal composição (traço) sendo acrescido pela inserção de macrofibras estruturais para reforço secundário que atenda as normas (ABNT NBR 16935/16940/16942-21) assim como as especificações de resistência dos

projetos, sendo imprescindível que as fibras atendam as normas específicas da ABNT bem como o desempenho mínimo exigido do material na pós fissuração, conforme recomendado neste manual. Sendo imprescindível que seja verificado através da realização de ensaios (Segundo a norma ABNT 16940) que o material atende as exigências mínimas de desempenho, sendo de responsabilidade do projetista e do responsável técnico pela execução a verificação. A indústria e comércio de concreto (Usinas de concreto), fazendo o fornecimento do concreto com adição de macrofibras (Concreto reforçado com fibra, CRF), não tendo o projeto e com fornecimento direto, obrigatoriamente deverá emitir o Relatório de Carregamento de Carga e ART (Acervo de Responsabilidade Técnica) do concreto fornecido.

15. Materiais constituintes do concreto

São considerados adequados qualquer tipo de cimento que atenda aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 16697. Normalmente os cimentos mais utilizados são os do tipo CP II. e CP III. por não serem muito fino (blaine máximo de 4000 g/cm²).

Os agregados, água, aditivos e aço deverão seguir os requisitos identificados no item 5 da norma do DNIT 047 e o recebimento e armazenamento na obra deverá ser feito conforme recomendado nas normas DNIT 050/2004 - EM e DNER-EM 037. No caso dos projetos onde ocorra a utilização da macrofibra estrutural é necessário que a mesma atenda as exigências de norma (ABNT NBR 16935/16940/16942-21) e parâmetros de cálculos conforme especificado no projeto (Parâmetros de cálculo mínimos de Cmod: FL = 4,2/ FR1=1,90 e FR4=1,75).

O concreto do pavimento deverá atender aos requisitos seguintes:

- Resistência característica mínima à tração na flexão ($f_{ctM,k}$) $\geq 4,2$ MPa aos 28 dias (resistência utilizada no cálculo), conforme condições de solo e tráfego utilizadas em projeto do pavimento, atendendo-se às referências de controle definidas no projeto, ou então, resistência característica à compressão axial equivalente (f_{ck}) desde que determinada em ensaio a correlação, utilizando-se os materiais que efetivamente serão aplicados na obra. A resistência à tração na flexão será determinada em corpos de prova prismáticos, conforme procedimentos constantes nas normas NBR 5738; NBR 12142 e NBR 16940. A resistência à compressão axial será determinada em corpos de prova cilíndricos, moldados e ensaiados conforme os requisitos e procedimentos constantes nas normas NBR 5738 e NBR 5739.
- Consumo mínimo de cimento: $C_{min} = 320 \text{ Kg/m}^3$, conforme especificado no Projeto com utilização de Macrofibra estrutural.
- Relação água / cimento máxima: $A/C \leq 0,50 \text{ l/Kg}$.
- Abatimento, determinado conforme a norma NBR NM 67, deverá atender as necessidades dos equipamentos a serem utilizados na execução do pavimento e as condições de declividade da obra.

- A dimensão máxima característica do agregado no concreto não deverá exceder 1/3 da espessura da placa do pavimento ou 50mm, obedecido o menor valor.
- Teor de ar, determinado conforme a norma NBR NM 47: $\leq 4,0\%$.
- Exsudação, medida conforme a norma NBR NM 102: $\leq 3,0\%$.
- Teor de argamassa entre 50% e 53% ou de acordo com equipamento a ser utilizado na aplicação do concreto.

Valores Recomendados de Resistencia del Concreto
según rango de Tráfico

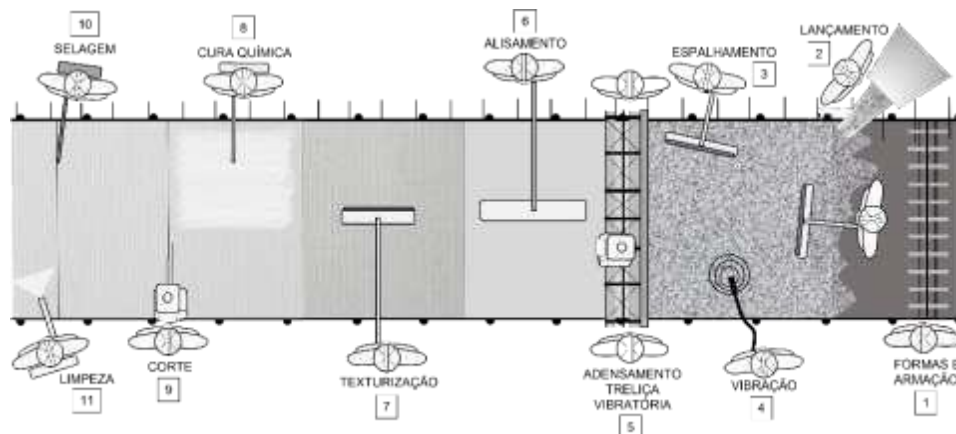
RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c)
$\leq 5'000,000$ EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
$> 5'000,000$ EE $\leq 15'000,000$ EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
$> 15'000,000$ EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

16. Reforço do concreto com fibras poliméricas

Quando o uso de macrofibras e microfibras na composição do concreto, estas devem atender as normativas NBR 16940-02/21 Concreto Reforçado com Fibras – Determinação das Resistências à Tração na Flexão e NBR 16942-02/21 – Fibras Poliméricas para Concreto – Requisitos e Metodos de Ensaio. As macrofibras têm como objetivo aumentar a resistência residual pós-fissuração do concreto (adicionada no cálculo da placa) estas atuando no reforço secundário do concreto, tornando-o mais dúctil e consequentemente podendo promover uma diminuição na espessura da placa de concreto do pavimento. As macrofibras devem apresentar características mínimas exigidas pelas normas: quanto ao diâmetro equivalente ($d_e \geq 0,30$ mm), comprimento unitário ($L_d > 30\text{mm}$ a $L_d < 50\text{mm}$ máximo), módulo de elasticidade $\geq 3,0$ GPa, tipo de polímero (poliafinas derivada de polipropileno), tratamento superficial, fator de forma e resistência a alcalinidade conforme norma (NBR 16942). O teor de fibra, em quilogramas por metro cúbico de concreto (kg/m³), deve ser o necessário para atingir a resistência residual média recomendada para o dimensionamento de pavimentos urbanos de alto desempenho que é de pelo menos 1,89 MPa a 0,5 mm CMOD (FR₁) e uma resistência residual média de pelo menos 1,75 MPa a 3,5 mm CMOD (FR₄) com K₉₀ (Percentual de confiabilidade de resultado), para o concreto de referência com resistência à tração na flexão (LOP) de $(4,2 \pm 0,3)$ MPa. Desta forma para proceder a dosagem das macrofibras sintéticas, deve ser baseado pela verificação dos resultados dos ensaios dos fabricantes, estando estes em consonância com os resultados de resistência residual média recomendada do material, estes valores variam de acordo com o material de cada fabricante, portanto o mesmo deve fornecer a ART (anotação de responsabilidade técnica) sobre a qualidade técnica do material. Podendo também ser consultado os ensaios através da Associação Brasileira da Indústria do Concreto Reforçado com Fibras e Produtos Afins (ABIFIBRA) ou validação dos resultados através de ensaios de laboratório em campo, sendo recomendado a utilização entre 3 a 5,5kg/m³ de macrofibra estrutural para os concretos de pavimentos urbanos de alto desempenho.

17. Equipamentos para execução

Para a execução do pavimento rígido deverá ser utilizado equipamento compatível com as características da obra e necessidade de produtividade para a situação em questão. Esses equipamentos estão descritos e especificados no procedimentos ET-DE- P00/040 DER/SP, e na norma DNIT 047/2004 – ES, que apoia este documento, e podem ser do tipo régua vibratória, treliça vibratória ou rolo vibratório (roller screed). Serão aceitos equipamentos de maior porte (fôrmas-trilho e/ou pavimentadoras de formas deslizantes) desde que aplicáveis à obra, podendo ser utilizados alisadora acabadora de concreto (bambolê). Neste caso, para outros equipamentos, devem ser seguidas as normativas específicas para tais equipamentos, ET-DE-



P00/039 DER/SP ou ET-DE- P00/041 DER/SP.

Além do equipamento principal de espalhamento (adensamento/alisamento) do concreto, a executora fará uso dos seguintes equipamentos complementares para a correta execução do pavimento:

- Formas metálicas ou similar, para contenção lateral do concreto em quantidade suficiente para 2 dias de produção, se for utilizada. Estas formas deverão servir de furos para instalação das barras de ligação. No caso de concretagem em toda largura/seção transversal da pista/rua, em um mesmo momento, poderão ser utilizadas mestras/taliscas de nível, substituindo as formas, para referência de cota e apoio do equipamento de adensamento/alisamento do concreto;
- Formas metálicas ou similar, para contenção frontal do concreto em final de jornada (juntas transversais). Estas formas deverão servir de furos para instalação das barras de transferência;
- Plataforma de apoio ou ponte de serviço: Necessária para eventuais acabamentos do concreto após a passagem do equipamento de espalhamento. Normalmente fabrica-se este equipamento na obra, prevendo-se possíveis mudanças de larguras;
- Lona plástica, para em caso de chuva proteger-se o concreto fresco em fase de pega;

- Ferramentas manuais de pedreiro e armador (equipamento de nível, linhas, linhas marcadoras de juntas, pontaletes, pás, enxadas, puxadores de concreto em frente ao equipamento, turquesas, etc) em quantidade suficiente para o bom andamento da obra;
- Vibradores de imersão (motor a gasolina), diâmetro > 50mm (mínimo dois);
- Desempenadeira metálica de cabo longo - Float manual (mínimo dois);
- Rodo de corte de secção retangular (mínimo 3m) de cabo longo (caso necessário);
- Elementos para texturização: Vassoura de piaçava, nylon ou pente metálico;
- Bomba de pulverização costal manual para aplicação do agente de cura (mínimo duas);
- Equipamento de corte e serras de disco diamantado (conforme espessura e profundidade do corte), auto-propelidas (corta e anda) em quantidade suficiente para atendimento à demanda de cortes (mínimo duas – considerando o não funcionamento de uma no momento do corte – contingência);
- Sistema de iluminação auxiliar. Dependendo do planejamento da obra, grande parte dos cortes das juntas pode vir a ser executado a noite;
- Réguas de alumínio de comprimento $\geq 3\text{m}$ com secção retangular, para aferição do nivelamento da superfície acabada (mínimo duas);
- Aplicadores manuais de selantes (mínimo um). Deve-se prever também equipamento para limpeza do corte para melhor aderência do selante, neste caso podendo ser por pressão de ar ou água. Em caso onde o projeto possua no reservatório das juntas cordão de respaldo, este deve ser introduzido por ferramenta adequada que permita constante nivelamento deste dentro das juntas;
- Equipamento para limpeza de ferramentas e entrega do pavimento, inclusive a limpeza e remoção do agente de cura sobre o concreto, para posterior pintura de sinalização sobre o mesmo (pressurização de água).

Obs: Deve-se prever a instalação de protetores para não permitir o acesso ao concreto fresco, por pessoas ou animais, bem como também prever a proteção ao vento quando necessário.

18. Preparo da pista para a concretagem e assentamento de fôrmas

A superfície que receberá a camada de CONCRETO, deve ter atingido o parâmetro defletoométrico de controle apresentado no projeto, e estar desempenada e limpa, isenta de resíduos e outros elementos prejudiciais à adequada execução da mesma.

As fôrmas, quando utilizadas, deverão ser alocadas anteriormente à execução do pavimento e estarem de acordo com a topografia. Deverão ser assentadas na camada subjacente com base no alinhamento da pista, bem como serem fixadas com ponteiros de aço,

no máximo a cada metro, de modo a suportar sem quaisquer deslocamentos os esforços inerentes ao trabalho. Para o perfeito assentamento, as fôrmas ainda devem ser calçadas em toda a sua extensão, não sendo permitidos apoios isolados.

O topo das fôrmas deverá coincidir com a superfície de rolamento prevista, fazendo-se necessária a verificação do alinhamento e do nivelamento, admitindo-se desvios altimétricos de até 3mm e diferenças planialtimétricas não superiores a 5mm com relação ao projeto.

Deverá também ser efetuada verificação do fundo de caixa (no centro da pista) não se admitindo espessura, ao longo de toda a seção transversal, inferior à especificada no projeto.

19. Colocação de lona plástica

Logo abaixo das placas de concreto com o objetivo de manter a água de amassamento do concreto, evitando a perda desta para a camada de base, é recomendado o uso de lona impermeável ou produto similar. A lona precisa ser resistente, com alta micragem entre 150 e 200 micras.

20. Mistura, transporte, lançamento e espalhamento do concreto

O concreto deverá ser produzido em centrais de concreto, com o atendimento integral das condições estipuladas na norma NBR 7212.

O transporte do concreto deverá ser feito em caminhões betoneira ou basculantes.

O período máximo entre a mistura (a partir da adição da água) e o lançamento do concreto será de trinta minutos, no caso de caminhões basculantes, sendo proibida a redosagem sob qualquer forma. Quando utilizados caminhões betoneira (com agitação) para o transporte este período poderá ser de 90 minutos.

A introdução da macrofibra estrutural e microfibra pode ser realizada diretamente durante o carregamento na usina, inserindo as mesmas na esteira, ou diretamente em obra, lançando as fibras conforme sua dosagem especificada em projeto diretamente no caminhão betoneira, devendo proceder a homogenização batendo o caminhão durante 2 min para cada m³ de concreto, observar se os caminhões que encontram-se na linha estão com as facas em boas condições, para garantir a boa homogenização do material.

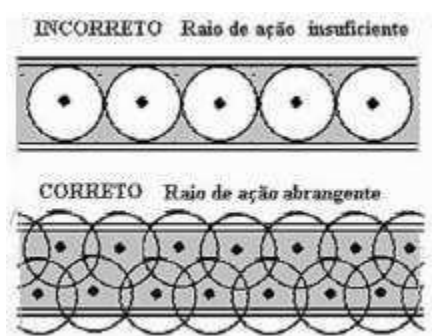
O espalhamento do concreto pode ser feito com auxílio de ferramentas manuais (pás, enxadas, etc) ou executado de forma mecanizada (escavadeira de pequeno porte, etc) porém, qualquer que seja o processo utilizado, deve-se garantir uma distribuição homogênea de modo a regularizar a camada na espessura a ser adensada.

A pavimentação poderá ser realizada numa faixa contínua sem a necessidade de juntas longitudinais de construção. Caso estas sejam necessárias, devem coincidir com as previstas em projeto.

21. Adensamento e conformação do concreto

O equipamento para execução do pavimento de concreto deverá ser, preferencialmente, de pequeno porte, do tipo régua vibratória, treliça vibratória ou rolo vibratório (roller screed). Eventualmente, caso as características da via permitam, podem ser utilizados equipamentos com maior produtividade (Fôrmas-trilho ou pavimentadoras de fôrmas deslizantes), adequando-se, neste caso, as condições de execução e canteiro.

Além do adensamento superficial realizado pelos equipamentos vibratórios deverá ser realizado adensamento complementar com vibradores de imersão em toda a largura concretada, respeitando-se o raio de vibração do equipamento, e inserindo o mesmo em ângulos de 45° graus a fim de melhor adensar o concreto reforçado com fibra e direcionando o posicionamento horizontal da mesma. Atentar para a sobreposição dos pontos de adensamento, conforme figura que segue:



A verificação da regularidade longitudinal da superfície deverá ser feita por meio de uma régua de alumínio com mais de 3m de comprimento. Qualquer variação na superfície, superior a 5 mm, seja uma depressão ou saliência, deverá ser corrigida de pronto, sendo as saliências cortadas e as depressões preenchidas com concreto fresco.

22. Acabamento e texturização do concreto

O acabamento final do concreto deverá ser realizado, primeiramente, por meio da utilização do rodo de corte (para retirada de irregularidades na superfície) e, na sequência com a utilização do float manual (desempenadeira de cabo longo) para o desempenho final do pavimento. Estes serviços devem ser executados imediatamente após o adensamento do concreto.

Logo a seguir, deve-se proceder com a texturização do pavimento, que deve estar de acordo com os parâmetros definidos em projeto e validados pelo Município. Para regiões de baixa velocidade, vias locais e coletoras, admitisse como acabamento, nível de rugosidade simples como alisamento camurçado, grosso ou superior, não sendo admitido acabamento lapidado ou polido. Para regiões com declive é recomendada o acabamento vassourado ou superior nestes casos importante reforçar o adensamento do concreto para diminuir o afloramento das macrofibras estruturais. Para regiões com velocidade acima de 40 km/h deve se utilizar acabamento com textura vassourado ou utilização de pentes metálicos que provocarão ranhuras na superfície das placas.

A vassoura ou o pente metálico devem ser passados na direção transversal à faixa concretada, de forma homogênea e constante, afim de obter ranhuras contínuas, uniformes e alinhadas ao longo do pavimento como um todo.

As ranhuras devem ser leves para não comprometer o acabamento final do pavimento e evitar geração acentuada de ruídos. As ranhuras devem ser verificadas através do ensaio de macha de areia, onde a altura das ranhuras deve ficar entre 0,6 e 1,2 mm.

23. Cura do concreto

Deve ser empregada a cura química, com produto a base PVA ou polipropileno, com pigmentação branca (clara), que obedeça aos requisitos descritos na norma ASTM-C 309. O produto deve ser aplicado em toda a superfície do pavimento na razão de 0,35 l/m² a 0,50 l/m² (conforme indicação do fabricante) visando a formação de película plástica, cujo objetivo é impedir a perda de água de amassamento do concreto para o ambiente. Este serviço deve ser executado por meio de aspersão imediatamente após a execução da texturização na superfície do pavimento de concreto. O período total de cura deverá ser de 7 dias, período no qual recomenda-se a não circulação de qualquer tráfego sobre o pavimento recém executado.

Caso as condições climáticas apresentem-se muito exacerbadas, calor ou frio em demasiado e/ou muito vento, deve-se proceder com cura úmida adicional neste período de 7 dias, espalhando-se mantas de geotêxtil umidificadas sobre o pavimento recém executado.

No final da obra, após passado o período de cura, deve-se prever a limpeza do pavimento com pressão de água para remoção da película de cura, assim permitindo a pintura de sinalização no pavimento.

24. Desmoldagem

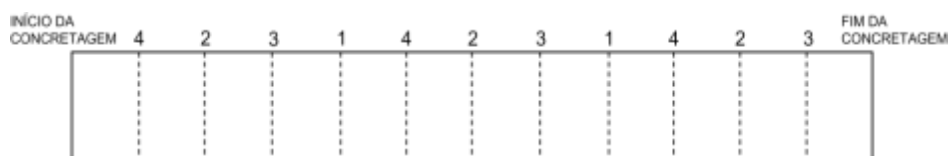
As formas só poderão ser retiradas decorridas ao menos 12 horas da finalização da concretagem (atentar para especificações do concreto) e, desde que o concreto possa suportar sem nenhum dano a operação de desmoldagem. Durante a desmoldagem deverão ser tomados os cuidados necessários para evitar o esborcinamento nos cantos das placas.

Recomenda-se que as faces laterais das placas, ao serem expostas pela remoção das fôrmas, sejam imediatamente protegidas por processo que lhes proporcione condições de cura análogas às da superfície do pavimento.

25. Juntas

A locação das seções onde serão executadas as juntas deverá ser feita por medidas topográficas, devendo ser determinadas as posições futuras por pontos fixos estabelecidos nas duas margens da pista, ou ainda, sobre as formas estacionárias.

Deve-se estabelecer um Plano de Corte no qual se determine o momento adequado e a ordem de abertura das juntas transversais, que devem ser trabalhadas de modo a aliviar as tensões no pano concretado. Em síntese, deve-se adotar uma estratégia de corte na qual os panos venham sendo reduzidos, aliviando assim as tensões incidentes.



As juntas deverão obedecer a paginação do projeto e serem serradas no primeiro momento possível após o início de pega do concreto, momento no qual o concreto jovem já se encontra endurecido e assim possível apoiar o equipamento de corte sem provocar depressões no concreto e esborcinamento nos cortes. Esse momento específico vai depender das condições climáticas, do concreto e diversos outros aspectos, mas na grande maioria dos casos ele se dá por volta de 4 - 8h após a concretagem (janela de serragem).

A profundidade do corte será de 1/3 da espessura da placa e sua largura será de 2 a 3mm. Para as condições finais das juntas deverão ser atendidas as recomendações especificadas no detalhamento do projeto, inclusive as condições de preenchimento (selagem) das juntas, quando necessários (juntas de construção).

Ao fim de cada jornada de trabalho, ou sempre que a concretagem tiver de ser interrompida por mais de 60 minutos, deverá ser executada uma junta de construção cuja posição deve coincidir com a de uma junta transversal indicada no projeto.

Entre a placa de concreto e o meio fio poderá ser inserido EPS (isopor) de espessura de mínimo 3mm, para que não aja aderência entre o pavimento e o meio fio, assim não formando um único elemento e possibilitando a pequena movimentação de ambos.

Caso o meio fio seja moldado in loco recomenda-se que suas juntas coincidam com as juntas transversais do pavimento, evitando-se assim fissuras induzidas nesse elemento.

26. Selagem das Juntas

Para a aplicação do material de selagem das juntas (quando especificadas), limpar as juntas cuidadosamente com a ponta de um cizel, vassouras de fios duros e ar comprimido.

O material de selagem das juntas deve ser elástico, de silicone autonivelante, resistente a ações climáticas, raio ultravioleta e intempéries, e deve ser aplicado cuidadosamente no interior dos sulcos, de modo a preencher a junta sem transbordamento. Os excessos e respingos na superfície devem ser removidos.

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

“Para ruas de cidades com espaçamentos de juntas curtos, a quantidade de abertura e fechamento de juntas é pequena. Como resultado, a eficácia da vedação de juntas para vias urbanas não é tão crítica quanto para espaçamentos de juntas longos e para pavimentos de rodovias com alto volume de caminhões” ACPA – Projeto e construção de juntas para ruas de concreto. Assim quando encontrado tal situação, concentra-se a selagem para as áreas com corrente de águas próximas ao meio fio e entre placas com barras de transferência e ligação.

27. Abertura ao tráfego

O pavimento pronto só pode ser aberto ao tráfego quando atingida a resistência mínima de aceitação. Recomenda-se a aceitação de 80% da resistência especificada do concreto.

28. Controle de qualidade e ensaios

A empresa executora deverá apontar laboratório que irá realizar os ensaios e controle de qualidade para a prefeitura que terá poder de veto, caso este laboratório não apresente os requisitos técnicos necessários.

Os ensaios que serão exigidos para o controle tecnológico são baseados e indicados nas Especificações Técnicas “ET-DE-P00/040 – Pavimento de Concreto de Cimento Portland Sobre Plataforma de Terraplenagem – Manual”. Definidas conforme tipologias de projeto.

29. Controle do acabamento superficial

Após a conclusão de cada trecho, antes da liberação ao tráfego, este deverá ser avaliado quanto ao conforto e à suavidade ao rolamento de acordo com a especificidade e velocidade limite da via, e conforme a norma DNIT 063/2004-PRO (Pavimento de Concreto - Avaliação Subjetiva), que apoia este documento.

O laudo desta avaliação deverá atribuir ao trecho inspecionado um conceito sobre a condição geral da estrutura e do comportamento da pavimentação, avaliando os aspectos de integridade, capacidade e regularidade superficial, resistência à derrapagem, potencial de hidroplanagem e outros. Este conceito será dado por uma nota entre 0 e 100, sendo aprovados quanto a estes aspectos somente os trechos que apresentarem nota igual ou superior a 40.

Caso o trecho não seja aceito, a superfície do pavimento deverá ser reparada e, caso isto não seja possível, os trechos considerados com acabamento ruim deverão ser demolidos e refeitos.

30. Determinação da resistência do concreto

Na inspeção do concreto deverá ser determinada a resistência à tração na flexão na idade de controle fixada no projeto, ou, a resistência à compressão axial, desde que tenha sido estabelecida através de ensaios, sendo para o concreto em questão, uma correlação confiável entre a resistência à tração na flexão e a resistência à compressão axial.

31. Moldagem dos corpos-de-prova

A cada trecho de no máximo 2.500m² de pavimento, definido para inspeção, deverão ser moldados aleatoriamente e de amassadas diferentes, no mínimo, 6 exemplares de corpos de prova sendo cada exemplar constituído por, no mínimo, 2 corpos de prova prismáticos ou cilíndricos de uma mesma amassada, cujas dimensões, preparo e cura deverão estar de acordo com a norma NBR 5738. Na identificação dos corpos de prova deverá constar a data da moldagem, a classe do concreto e outras informações julgadas necessárias.

32. Ensaios

Os corpos de prova deverão ser ensaiados na idade de controle fixada no projeto, sendo a resistência à tração na flexão determinada nos corpos de prova prismáticos conforme a norma NBR 12142, e a resistência à compressão axial nos corpos de prova cilíndricos de acordo com a norma NBR 5739.

Dos 2 resultados obtidos será escolhido o de maior valor, que será considerado como sendo a resistência do exemplar.

33. Determinação da resistência característica

A resistência característica estimada do concreto do trecho inspecionado à tração na flexão ou à compressão axial será determinada a partir das expressões:

$$f_{ctM,est} = f_{ctM,28} - k_s \text{ ou } f_{ck,est} = f_{c,28} - k_s$$

Onde:

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

$f_{ctM,28}$ = resistência média do concreto à tração na flexão, na idade de 28 dias; $f_{ck,est}$

= valor estimado da resistência característica do concreto à compressão axial; $f_{c,28}$ =

resistência média do concreto à compressão axial, na idade de 28 dias;

s = desvio padrão dos resultados;

k = coeficiente de distribuição de Student; n

= número de exemplares.

O valor do coeficiente k é função da quantidade de exemplares do lote, sendo obtido na Tabela 1.

Tabela 1 – Coeficiente de distribuição de Student													
AMOSTRAGEM VARIÁVEL													
<i>n</i>	6	7	8	9	10	12	15	18	20	25	30	32	> 32
<i>k</i>	0,920	0,906	0,896	0,889	0,883	0,876	0,868	0,863	0,861	0,857	0,854	0,842	0,842

34. Aceitação automática

O pavimento será aceito automaticamente quanto à resistência do concreto, quando se obtiver uma das seguintes condições:

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

35. Verificações suplementares

Quando não houver aceitação automática deverão ser extraídos no trecho, em pontos uniformemente espaçados, no mínimo, 6 corpos de prova cilíndricos de 10 cm de diâmetro, ou correspondentes a espessura da placa de concreto, segundo a norma NBR 7680, ou corpos de

prova prismáticos, conforme a norma ASTM-C 42, os quais serão ensaiados respectivamente à compressão axial (norma NBR 5739) e à tração na flexão (norma NBR 12142). Estes corpos de prova devem ser extraídos das placas que apresentarem as menores resistências no resultado do controle.

Com os resultados obtidos nestes corpos de prova será determinada a resistência característica pela fórmula $f_{ctM,est} = f_{ctM,28} - k_s$ ou $f_{ck,est} = f_{c,28} - k_s$. O trecho será aceito se for atendida a condição $f_{ctM, est} \geq f_{ctM,k}$ ou $f_{ck, est} \geq f_{ck}$. Caso esta condição não seja atendida deverá ser feita revisão do projeto, adotando para a resistência do concreto do trecho a resistência característica estimada e a espessura média determinada no controle geométrico.

Se o trecho ainda não for aceito deverá ser adotada, de acordo com o parecer da Fiscalização e sem ônus para o Município, uma das seguintes decisões:

- Aproveitamento do pavimento, com restrições ao carregamento ou ao uso.
- Reforço do pavimento. - Demolição e reconstrução pavimento.

36. Controle de trafegabilidade

A empresa executora é responsável pelo controle de trafegabilidade sobre o pavimento (pedestres, automóveis e outros) durante o período da obra e em horário imediato a sua conclusão.

37. Limpeza da obra / acabamento final

Deverá ser efetuada a completa limpeza da pista antes de sua liberação por completo ao tráfego, buscando eliminar quaisquer detritos que venham a atrapalhar sua utilização.

A obra deve ser liberada apenas após a completa execução dos serviços de sinalização horizontal.

38. Aceite da obra

A prefeitura municipal através do seu corpo técnico irá analisar todas os relatórios de controle de qualidade e ensaios para aceite da obra. A obra será considerada aceita e entregue somente após entrega do relatório final comprovando estarem cumpridos todos os requisitos do controle de qualidade baseados nos Ensaios e Critérios de Aceitação exigidos pela Especificação Técnica "ET- DE-P00/040 – Pavimento de Concreto de Cimento Portland Sobre Plataforma de Terraplenagem – Manual".

A prefeitura reserva-se o direito de não aceitar a obra caso os resultados não estejam de acordo com os critérios normativos estabelecidos, bem como pode pedir a realização de novos ensaios tantos quantos forem necessários para essa avaliação.

A prefeitura terá amplo e irrestrito acesso às informações relativas aos serviços e materiais descritos neste memorial.

São Paulo, 17 de junho de 2024

CARLOS DA SILVA BASSAMINO NETO
CREA Nº 2038048 - SÃO PAULO
ART 2620241023061

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland. – **Curso de Tecnologia de Pavimentos de Concreto: Módulo 2 - Projeto e Dimensionamento do Pavimento**. Em: <http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/Pavim_Concreto_Apres_Mod02%20ABCP.pdf>.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. – **NBR 16935/21 - Projeto de estruturas de concreto reforçado com fibras**. Rio de Janeiro, 2021.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. – **NBR 16940/21 - Concreto reforçado com fibras — Determinação das resistências à tração na flexão (limite de proporcionalidade e resistências residuais) — Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2021.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. – **NBR 16942/21 - Fibras poliméricas para concreto — Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2021.

ASSUMPÇÃO, A. J., CAREIRO, D. S., MENEZES, F. F. C., MILANEZI, M. R. – **Pavimento Rígido de Concreto: Utilização nos Corredores de Ônibus de São Paulo**. 2014.

Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil. Universidade Anhembi Morumbi.

São Paulo, 2014. BALBO, J. T. – **Pavimentos de Concreto**. São Paulo: Oficina de

Textos, 2009.

BRITO, L. A. T., GRAEFF, Â. G. – **Métodos de Dimensionamento de Pavimentos: Metodologias e seus Impactos nos Projetos de Pavimentos Novos e Restaurações**. Relatório Final de Pesquisa. Porte Alegre, 2009.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. – **Manual de Pavimentação. 3.ed.** – Rio de Janeiro, 2006.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. – **Manual de Pavimentos Rígidos. 2.ed.** - Rio de Janeiro, 2005.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. – **NORMA 054/2004 - PRO. Pavimento Rígido - Estudo de Traços de concreto e ensaios de caracterização de materiais - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. – **NORMA 139/2010 - ES. Pavimentação – Sub-base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço.** Rio de Janeiro, 2010.

PITTA, M. R. – **Dimensionamento de pavimentos rodoviários e urbanos de concreto pelo método da PCA/84. 2ª edição,** São Paulo, ABCP, 1996.

PITTA, M. R. – **Dimensionamento de pavimentos rodoviários e urbanos de concreto pelo método da PCA/84. 3ª edição,** São Paulo, ABCP, 1998.

PITTA, M. R. – **Pavimento de Concreto, Parte 1.** 1999. Disponível em:
<hiniweb.hini.com.br/construcao/noticias/pavimento-de-concreto-parte-1-85160-1.aspx>.

SENÇO, W. – **Manual de Técnicas de Pavimentação.** São Paulo: PINI. 174 p., 1997.

DNIT 054/2004 – PRO – **Pavimento rígido – Estudos de traços e ensaios de caracterização de matérias.**

DNIT 047/2004 – ES – **Pavimento rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte.**

DNIT 048/2004 – ES – **Pavimento rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrma-trilho.**

DNIT 049/2013 – ES – **Pavimento rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de forma deslizante.**

DNIT 141/2010 – ES – **Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço.**

DNIT 056/2013 – ES – **Pavimento rígido – Sub-base de concreto de cimento Portland compactado com rolo.**

NBR 5738 – **Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto – Procedimento.** NBR 5739 – **Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto.**

NBR 9895 – **Solo - Índice de suporte Califórnia (ISC) - Método de ensaio.**

NBR 7182 – **Solo – Ensaio de compactação.**

NBR 7583 – **Execução de pavimento de concreto simples por meio mecânico.**

NBR 7223 – Determinação da consistência do concreto pelo abatimento do tronco de cone - Ensaio de abatimento.

NBR 7680 – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de concreto.

NBR 12142 – Determinação da resistência à tração em corpos de prova prismáticos.

NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação.

NBR 16935-02/21 – Projeto de estruturas de concreto reforçado com fibras – Procedimento. NBR 16938-02/21 – Concreto reforçado com fibras – Controle da qualidade.

NBR 16939-02/21 – Concreto reforçado com fibras – Determinação das resistências à fissuração e residuais à tração por duplo puncionamento – Método de ensaio.

NBR 16940-02/21 – Concreto reforçado com fibras – Determinação das resistências à tração na flexão (limite de proporcionalidade e resistências residuais) – Método de ensaio.

NBR 16942-02/21 – Fibras Poliméricas para Concreto – Requisitos e Métodos de Ensaio.

ABNT PR1011/2021 – Projeto de Pavimentos Urbanos de Concreto, Rio de Janeiro, 2021.

ASTM D5893 – Standard Specification for Cold Applied, Single Component, Chemically Curing Silicone Joint Sealant for Portland Cement Concrete Pavements.

ASTM C-42 – Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete.

ASTM C 309 – Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete. DNER-ME 024/94 – Determinação das deflexões no pavimento pela viga Benkelman.

DNER-PRO 273/96 – Determinação de deflexões utilizando deflectômetro de impacto tipo “Falling Weight Deflectometer (FWD)”. ET-DE-P00/001 – DER/SP – Melhoria e preparo do subleito.

ET-DE-P00/002 – DER/SP – Reforço do subleito.

ET-DE-P00/008 – DER/SP – Especificação técnica Sub-base ou Base de Brita Graduada.

ET-DE-P00/044 - DER/SP – Concreto Compactado com Rolo para Sub-base e Base de Pavimento de Concreto de Cimento Portland.

ET-DE-P00/039 – DER/SP – Pavimento de Concreto de Cimento Portland Aplicado com Formas Deslizantes.

ET-DE-P00/040 – DER/SP – Pavimento de Concreto de Cimento Portland Sobre Plataforma de Terraplenagem - Manual.

ET-DE-P00/041 – DER/SP – Pavimento de Concreto de Cimento Portland Sobre Plataforma de Terraplenagem - Mecânico.

NBR 12655 – Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – procedimento. NBR 12821 – Preparação de concreto em laboratório – Procedimento.

NBR 16697 – Cimento Portland – Requisitos.

DNIT 050/2004 – EM – Pavimento rígido – Cimento Portland Especificação de material. DNER-EM 037 – Agregado graúdo para concreto de cimento.

NBR 7212 – Execução de concreto dosado em central – Procedimento.

NBR NM 67 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.

NBR NM 47 – Concreto – Determinação do teor de ar em concreto fresco – Método pressométrico. NBR NM 102 – Concreto – Determinação da exudação.

ACI 360 R10 – Guide to Design of Slabs-on-Ground.

ACI 330 R08 – Guide for the Design and Construction of Concrete Parking Lots.

ACI 330 R21 – Commercial Concrete Parking Lots and Site Paving Design and Construction.

ACI 330.2R/17 – Guide for the Design and Construction of Concrete Site Paving for Industrial and Trucking Facilities.

ACI 325.14R/17 – **Guide for Design and Proportioning of Concrete Mixtures for Pavements.**

ACI 325.9R/15 – **Guide for Construction of Concrete Pavements.**

American Concrete Pavement Association – **Subgrades and Subbases for concrete pavements.**

American Concrete Pavement Association – **Concrete Information - When do you need to use a subbase under concrete pavements?.**

American Concrete Pavement Association – **Concrete Information – Design and Construction of Joints for Concrete Streets.**