



REFERÊNCIAS TÉCNICAS

Manual de Execução

São Paulo - Julho/2024

MANUAL DE EXECUÇÃO DE PUC

PAVIMENTO URBANO DE CONCRETO

Transformando o Urbanismo com Inovação e Sustentabilidade

Apoio:



MSc Engº Álvaro Sérgio Barbosa Júnior
Engº Gabriel Pinheiro

1. Objetivo

O presente manual tem por objetivo descrever metodologias executivas do PUC – Pavimento Urbano de Concreto, com equipamentos e ferramentas adequadas, controle de qualidade, segurança e treinamentos.

2. História

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;
- Não sofre ataque de substâncias derivadas de petróleo.

3. Conceito PUC – Pavimento Urbano de Concreto de Alto desempenho

Trata-se do pavimento rígido de concreto que vem sendo utilizado a mais de 100 anos em estradas e vias em todo o mundo. Onde através de novas tecnologias e estudos foi desenvolvido um pavimento mais resistente e esbelto para o tráfego de veículos de pequeno e médio porte, que são ideais para os ambientes urbanos de tráfegos leves a moderados.

O PUC - Pavimento Urbano de Concreto 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.

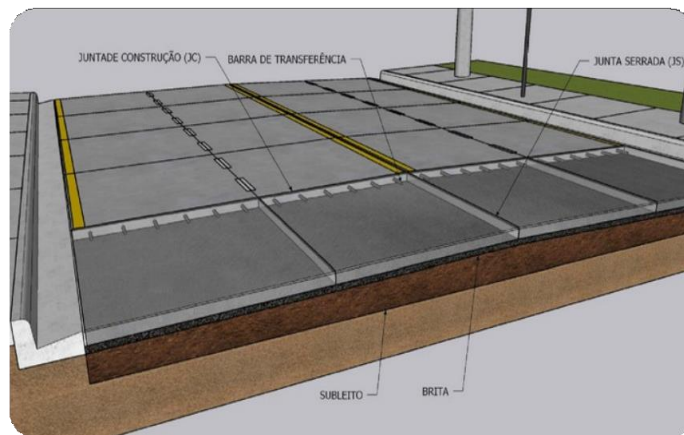
4. Redução de custo

Permite economia entre 10 a 20% em relação ao asfalto, já na fase de construção.



5. Tecnologias empregadas

- Estudo de solo e estabilização;
- Trabalho de traço de concreto;
- Macrofibra Estrutural;
- Placas de Concreto com tamanho reduzido;
- Melhoria da tração na flexão do concreto convencional;
- Espessuras de 10 a 12 cm;
- Barra de transferência somente nas juntas construtivas;
- Conceito de distribuição de carga do eixo em duas placas - ou seja uma placa por roda.



6. Aplicações

- Vias urbanas, estradas rurais, vias de condomínios e loteamentos;
- Pátios industriais, áreas de manobra, carga e descarga;
- Estacionamento;
- Ciclovias e calçadas;



7. Benefícios e Vantagens

- Não exige manutenção por mais de 20 anos;
- Mais econômico que o asfalto na fase de implantação;
- Maior visibilidade por reflexão, fazendo com que haja um espaçamento maior entre postes de luz;
- Contribui para redução da temperatura ambiente;
- Maior segurança e economia para o usuário;
- Ótima resistência a deformações, não gerando lombadas e buracos;
- Maior resistência a abrasão, mais segurança reduzindo o espaço de frenagem, diminuindo também o fenômeno da aquaplanagem;
- Melhor visibilidade noturna.

- Reduz o impacto ambiental e possibilidade do pavimento drenante;
- Diminuição da emissão de co2 na construção.



8. Projeção de mercado

Em 2023, associações do setor de Pisos Industriais de Concreto, projetou 30 milhões de metros quadrados por ano.

Associações do setor do concreto, projetam em PUC uma intenção superior a 100 milhões de metros quadrados por ano.



9. Equipamentos e ferramentas

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, considerando as seguintes etapas após a liberação da base a ser concretada:

- Montagem da cancha;
- Execução da concretagem e acabamento;
- Cura do concreto;
- Corte das juntas;
- Tratamento das juntas.

9.1. Montagem da cancha – formas

- Podem ser de madeira ou metálicas;
- Considerar furação para barra de transferência com espaçamento a cada 30cm;
- Em madeira, considerar espessura de 1 polegada e formas com até 2,00 metros para evitar empenamento. Fazer tratamento na madeira aumenta a taxa de reutilização;
- Metálica, pode ser utilizado vigas tipo “U” ou chapa de 6mm dobrada, ficando em “L”, sendo assim uma mesma forma pode ser utilizada para duas espessuras de placa;
- Dependendo do planejamento da obra e sua concepção construtiva, poderá ser utilizado o “meio fio” já instalado como forma de contenção lateral;
- A utilização de desmoldante, facilita a desforma, aumento a sua taxa de reutilização e minimizando o risco de “amassar/quebrar” a borda da placa na sua retirada.

9.2. Montagem da cancha - nivelamento

- Pode ser utilizado tanto o nível óptico (maior precisão) quanto também o nível laser (maior agilidade);
- Equipamento também será utilizado durante a concretagem para conferência ou no sistema de reguamento por “mestra úmida”;
- Ter atenção quanto a guarda e o transporte do equipamento, pois a calibragem é bastante sensível quanto a batidas e quedas;
- Certificar a aferição a cada seis meses de uso;
- Na utilização do nível laser, considerar o uso de baterias recarregáveis tendo um kit reserva.



Nível laser



Nível óptico

9.3. Montagem da cancha – instalação das formas

- Carrinho de quatro rodas para facilitar a movimentação na obra;
- Ferramentas manuais básicas de carpintaria;
- Ferramentas manuais básicas de ferreiro;
- Carrinho de mão, pá e enxada;
- Linha de nylon;
- Pulverizador costal para desmoldante;
- Graxa mecânica e pincel para aplicação nas BT nas juntas construtivas;
- Martelo Perfurador/Rompedor;
- Gerador elétrico portátil.

9.4. Execução da concretagem: lançamento, espalhamento e vibração

- Enxada para espalhamento:



- Vibrador de imersão (Gasolina ou elétrico):



À gasolina



Elétrico

9.5. Execução da concretagem: reguamento



Régua vibratória



Régua treliçada

- Régua de alumínio de 1, 2 e 3 metros;
- Desempenadeira manual;
- Nível laser na utilização de "mestra úmida" e conferência.



9.6. Execução da concretagem: adensamento e acabamento

- Roller Bug;
- Float de aço;
- Rodo de corte;
- Desempenadeira manual;
- Acabadora simples (Disco de flotação) - se acabamento camurçado;
- Plataforma de apoio para texturização;
- Vassoura para texturização;
- Cabos de alumínio.



9.7. Cura do concreto e corte das juntas

- Pulverizador costal;
- Máquina de corte “verde”;

- Sistema de iluminação;
- Mangueira;
- Tambor 200 litros;
- Vassoura de limpeza.



9.8. Tratamento das juntas

- Máquina de corte;
- Vassoura para limpeza;
- Aplicador de selante.

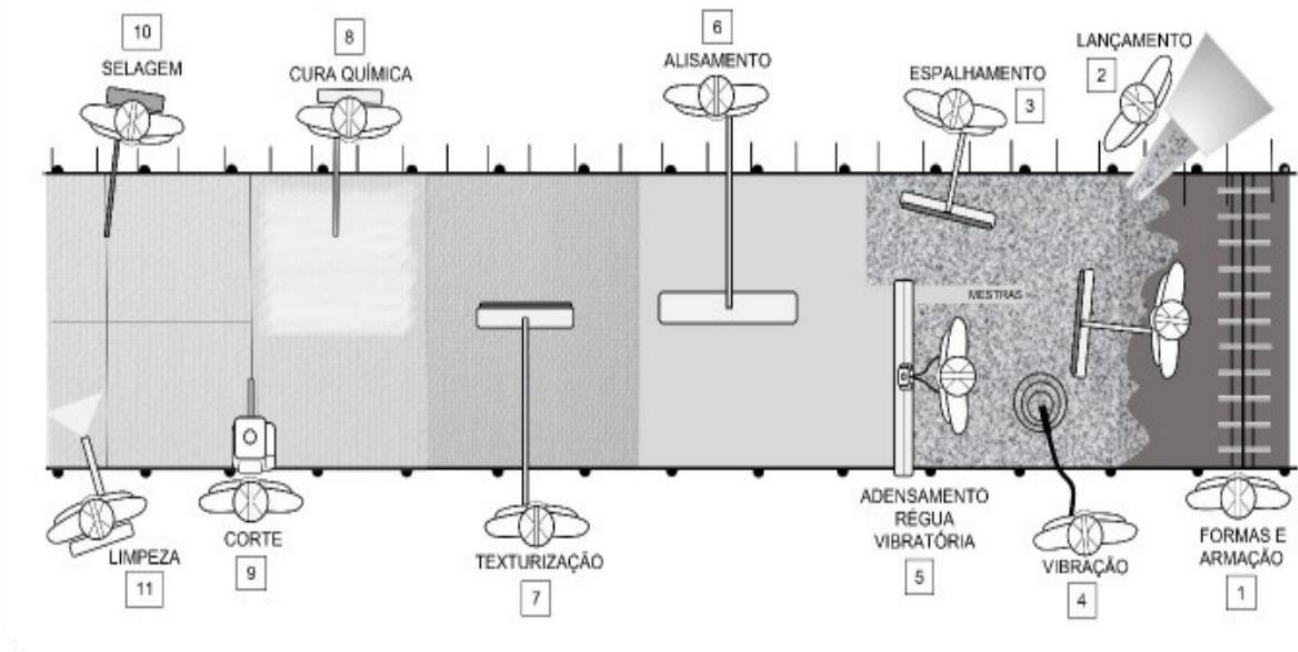


10. Processos executivos

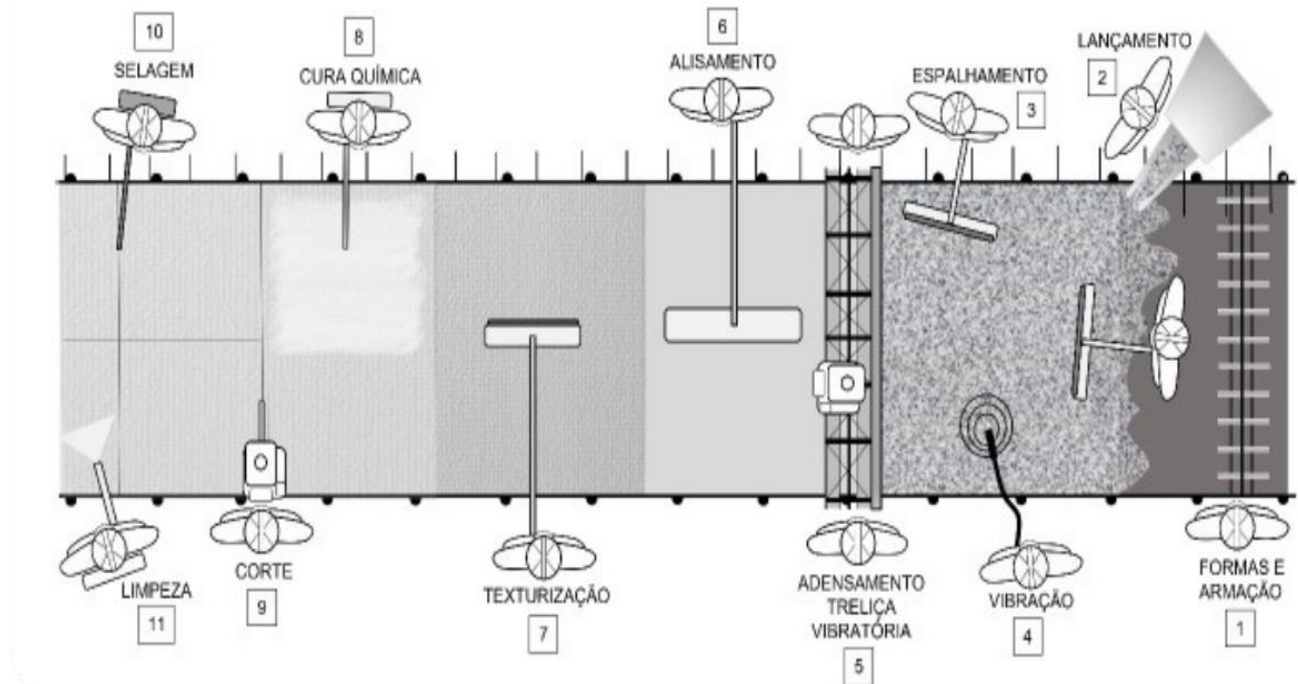
Para a execução do pavimento PUC é importante que as empresas participantes da obra, entendam o projeto específico e suas recomendações. Estar atento às notas técnicas e em caso de dúvida recorrer ao projetista. Como processo, vamos destacar:

- Conferência da base;
- Formas e preparação da concretagem;
- Recebimento do concreto e descarga;
- Espalhamento, vibração e regularização;
- Acabamento;
- Cura do concreto;
- Corte das juntas e tratamento.

Execução com régua vibratória



Execução com treliça vibratória



10.1. Conferência de base

A superfície que receberá a camada de CONCRETO, deve ter atingido os parâmetros de compactação apresentados no projeto, e estar desempenada e limpa, isenta de resíduos e outros elementos prejudiciais à adequada execução.

Itens também a serem conferidos:

- Caimentos;
- Limites topográficos e a locação da obra;
- Nível referencial.

10.2. Formas e preparação da concretagem

- As formas devem ser da espessura da placa, ou no máximo 2cm a menos;
- Fixar a linha de pedreiro para referência de nível e alinhamento.
- Conferência com nível óptico;
- Fazer o assentamento das formas, prevendo duas concretagens;
- Para fixação, utilizar ponteiros de aço para escoramento a cada 1 metro;
- Após o alinhamento e nivelamento da forma, ela é chumbada com concreto;
- É importante garantir que a forma não se desloque em meio a concretagem, suportando os esforços inerentes ao trabalho;
- As formas são alinhadas e niveladas em acordo com nível final do pavimento. Como tolerância, podemos admitir os 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.
- Após o chumbamento da forma, se faz a colocação da lona plástica;

O objetivo do uso da lona plástico, abaixo da placa de concreto é:

- reduzir o atrito entre o pavimento e sub-base,
- de manter a água de amassamento do concreto, evitando a perda desta para a camada de base.
- A lona precisa ser resistente, com alta micragem entre 150 e 200 micras. A colocação da lona deve ser feita com sobrepasso de no mínimo de 15 cm em relação a camada adjacente;
- A lona precisa ficar bem esticada sem deixar a sub-base exposta;
- Após a colocação da forma, atentar ao projeto e verificar a necessidade dos reforços dimensionados;
- Os reforços são previstos para evitar patologias como fissuras e trincas;
- Deverão estar previstos no projeto e sua dimensão e instalação devem ser respeitadas;
- Independente da espessura do concreto, esses reforços devem ficar 3cm acima da lona plástica e no máximo 3 cm abaixo da superfície do concreto acabado.



10.3. Barras de transferência

Nas juntas de construção (onde as formas são instaladas) se faz a necessidade da utilização das BT's para transferência de cargas entre as placas. Na instalação das BT's deve ser observar:

- Posicionamento: espaçamento a cada 30cm e nivelamento no eixo (centro) da placa de concreto;
- Engraxar a metade da barra “em espera”;
- Garantir que a barra não esteja torta ou desalinhada;
- Recomendável não sacar a barra durante a execução do acabamento com o objetivo de facilitar a desforma.

10.4. Recebimento do concreto e descarga

- O Concreto deve ser usinado e produzido em centrais de concreto em atendimento integral das condições estipuladas na norma NBR 7212;
- O transporte do concreto se faz por meio de caminhões betoneiras;
- O período máximo entre a adição da água no traço e o lançamento do concreto deve ser de 90 minutos;
- A adição da macrofibra pode ser feita na central de concreto inserindo na esteira junto aos agregados ou na chegada do caminhão na obra, devendo então proceder a homogeneização batendo o caminhão durante 2 min para cada m³ de concreto;
- Observar se os caminhões que se encontram na linha estão com as facas em boas condições, para garantir a boa homogeneização do material;
- A descarga do concreto se dá de forma convencional, ou seja, o caminhão despejando diretamente na pista de concretagem. Somente em caso de difícil acesso ou manobra do caminhão, se faz necessário a utilização da bomba de concreto;
- Conferência do slump de abatimento, seguindo as especificações de projeto e nota fiscal;
- Não aceitar concreto redosado sem a concordância e liberação do técnico habilitado na concretagem;

10.5. Espalhamento, vibração e regularização

- A concretagem deverá ser de forma contínua;
- O espalhamento do concreto se faz com a utilização de enxadas, garantido a distribuição homogênea de modo a regularizar a camada na espessura a ser adensada;
- Além da utilização das réguas vibratórias, deve se garantir o adensamento inicial, por meio dos 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;
- Todo o concreto deve ser vibrado. Deve se atentar para a vibração nas áreas de forma, para melhor homogeneização;
- A regularização da superfície se inicia pela etapa do reguamento, utilização de equipamento que também faz a vibração superficial;
- O equipamento de reguamento pode deslizar sobre as formas ou sobre o sistema de mestra úmida;
- Durante a execução do reguamento, se faz necessário junto ao operador, dois auxiliares com enxada para garantir a espessura;
- Após o reguamento se faz a conferência com o nível laser e/ou com régua de 3 metros;
- 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.

10.6. Acabamento

Imediatamente após o reguamento deve-se entrar com as seguintes ferramentas com o objetivo de adensamento final:

- Rodo de corte = para retirada das irregularidades da superfície;
- Rollerbug = assentar agregados e fibras promovendo um levantamento da nata e finos do concreto;
- Float manual = desempenho final, deixando a superfície lisa.

Nesta etapa, deve-se ter uma atenção especial as bordas de concretagem utilizando réguas de 1 metro para melhor conformação, desempenho manual para adensamento, e verificar o alinhamento das BT'S.

Em casos, onde a solicitação de acabamento é um vassourado “mais fino” ou uma superfície mais lisa, deve-se utilizar a acabadora mecânica, deixando a superfície rugosa (aspecto camurça) ou lisa para o imediato vassouramento.

Imediatamente após o adensamento, se inicia o processo de texturização, que deve estar em acordo com o projeto e de aceite prévio do cliente.

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 recomendado o acabamento vassourado ou superior, nestes casos é 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, a fim de obter ranhuras contínuas, uniformes e alinhadas ao longo do pavimento como um todo.

É proibida a aspersão de água durante o acabamento, sob pena de redução considerável da resistência a abrasão.

As ranhuras devem ser leves para não comprometer o acabamento do pavimento e evitar geração acentuada de ruídos.

A altura das ranhuras deve ficar entre 0,6 e 1,2 mm.

Em pista com largura maior que 4 metros utilizar a plataforma de apoio para promover o acabamento.



10.7. Cura do concreto

Deve ser empregada a cura química, aditivos redutores de evaporação são soluções químicas incorporadas ao concreto fresco visando reduzir a evaporação superficial, o que acarreta também a diminuição do risco de retração hidráulica ou plástica do concreto, 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 demorado 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.

Na Norma ABNT NBR 14931: A cura de concreto envolve o conjunto de medidas que visam evitar sua secagem prematura e prover a pasta de cimento de água suficiente para sua hidratação, particularmente nas camadas superficiais das peças.

O concreto deve ser hidratado para que, a partir das reações de hidratação do cimento, este possa adquirir no futuro as propriedades desejadas, como resistência, baixa permeabilidade, baixa difusividade, alta estabilidade do volume não retraindo, resistência à abrasão e resistência a produtos químicos.

A cura do concreto se divide em cura primária e cura secundária. A cura primária é aplicada durante o lançamento do concreto (numa laje ou piso, por exemplo, imediatamente após o seu sarrafeamento) e o fim de pega do concreto (endurecimento ao tato), enquanto a cura secundária é aplicada a partir do fim de pega do concreto.

Entende-se que a cura primária e secundária não necessita obrigatoriamente ser aplicadas em todos os casos.

10.8. Corte das juntas e tratamento

O posicionamento das juntas deve seguir o dimensionamento do projeto. Sua marcação topográfica deve ser realizada antes do início da concretagem.

Deve-se proceder com o corte das juntas do tipo 'serrada' no intervalo de 4h a 8h após o lançamento do concreto, para evitar a fissuração das placas.

Deve-se empregar equipamento tipo softcut para cortes mais prematuros. Os cortes deverão ser efetuados seguindo a mesma sequência da concretagem.

Adotar uma estratégia de corte na qual os panos venham sendo reduzidos, aliviando assim as tensões incidentes.

IMPORTANTE: Deve-se serrar as juntas com a profundidade de 1/3 da espessura do pavimento e prever a utilização de água durante o corte.

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 haja 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.

As juntas de construção podem receber a passagem da serra (no máximo 2,5 cm) de modo a melhorar o aspecto visual e formar o reservatório para o selante.

Deve-se aguardar até que as placas estejam visivelmente separadas.



Nas juntas de encontro (JE) deve ser utilizado selador flexível de poliuretano ou equivalente, com dureza Shore A = 25 ± 5 .

Nas juntas serradas não será necessário o tratamento, sendo o mesmo realizado apenas nas juntas construtivas (JC), deve ser utilizado preferencialmente seladores de poliuretano modificado com alcatrão ou material equivalente que resista ao sol e intempéries.

Para a aplicação do material de selagem das juntas, limpar as juntas cuidadosamente com a ponta de um cinzel, vassouras de fios duros e ar comprimido.

O material de selagem das juntas 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.

A aplicação do selante se faz com a utilização da pistola manual ou mecânica.

Nos cortes de juntas, com o objetivo de respeitar o intervalo de horas do corte, pode ser necessário a realização a noite. Portanto, é fundamental deixar previsto a iluminação necessária.

11. Liberação de tráfego

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.

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.

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.

Contrato de prestação de serviço

Check list inicial de obra

Check list pré e pós concretagem

**Ata planejamento
fornecimento de concreto**

Diário de obra e controle de concretagem

Plano de atividade da equipe

[illegible]

13. Segurança e treinamentos

Atentar para os dimensionamentos do PPRA e PCMSO.

São necessários os EPI's:

- Capacete ou, se não havendo risco, chapéu de palha;
- Uniforme manga longa e calça;
- Toca tipo soldador;
- Protetor Solar;
- Luva de látex e vaqueta;
- Calçado de segurança;
- Bota de borracha (lançamento);
- Óculos de segurança escuro;
- Protetor Auricular.

Devem se fazer os seguintes treinamentos:

- NR6;
- NR12;
- NR18.

14. Dicas e cuidados

- Realizar reunião pré-executiva junto ao projetista, concreteira e empresa da terraplanagem;
- Visitar a obra;
- Definir plano de concretagem;
- Verificar armazenamento dos materiais;
- Verificar acesso dos caminhões na obra;
- Monitorar a previsão do tempo;
- Garantir a cura adequada do concreto;
- Atentar-se a desforma, para evitar o esborcinamento dos cantos da placa;
- Dimensionamento da equipe;
- Aferir equipamentos, realizar a manutenção e ter equipamentos reservas.

15. Projeto

Para o dimensionamento e análise do pavimento devem ser 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.

16. Concreto

O concreto do pavimento urbano deverá atender aos seguintes requisitos:

- Resistência característica mínima à tração na flexão ($f_{ctM,k}$, k) $\geq 4,2$ ou $4,5$ Mpa aos 28 dias. 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.

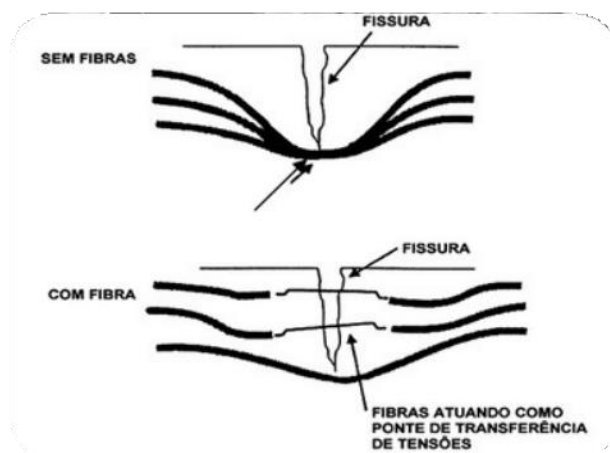
17. Macrofibras

Quanto ao 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 Métodos de Ensaio.

Todos os ensaios devem ser realizados por laboratórios com acreditação INMETRO, nos casos em que não tenhamos, estes laboratórios devem atender os padrões de qualidade e calibrações de todos os equipamentos.

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 conseqüentemente podendo promover uma diminuição na espessura da placa de concreto do pavimento.

Maiores informações sobre qualidade e propriedades das macrofibras estão presentes nas Referências Técnicas: Termo de Referência para Implantação de PUC – Pavimento Urbano de Concreto e Qualidade das Fibras Poliméricas, disponíveis no site Pavimento Urbano de Concreto – Portal PUC.



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 Anhembí 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. Porto 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. 2º edição, São Paulo, ABCP, 1996.

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

PITTA, M. R. – Pavimento de Concreto, Parte 1. 1999. Disponível em: <pinweb.pini.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 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 7212 – Concreto dosado em central – Preparo, fornecimento e controle.

NBR 12655 – Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação
– procedimento.

NBR 14931 – Execução de Estruturas de Concreto - 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 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.

Esta publicação foi
elaborada pelas
Coordenadorias Técnicas
da ABESC e PUC e não
pode ser reproduzida no
todo ou em partes sem
sua prévia autorização.



Av. Brig. Faria Lima, 2894 - 7°. andar - cj. 71/72
São Paulo - SP - CEP 01451-902
Tel: (11) 3167-6446