Notas Técnicas - Pavimento Urbano de Concreto - PUC

1. Preparação para a execução do pavimento rígido:
Antes de iniciar a execução do pavimento, é essencial que todos os envolvidos no processo (como construtora, concreteira, gerenciadora, executor, equipe de terraplenagem e controle tecnológico) realizem uma reunião para definir claramente suas responsabilidades durante todas as etapas: pré-execução, execução e pós-execução. Cada item das orientações técnicas deve ser revisado para garantir alinhamento e coordenação entre as partes.

2. Preparação do subleito:
O solo local deve atender aos requisitos mínimos especificados no "Quadro de Dimensionamento" do projeto, incluindo grau de compactação (GC), suporte do solo (CBR) e expansibilidade máxima (Expmax ≤ 2%). Caso sejam encontrados materiais inadequados, como entulho ou material orgânico, estes devem ser removidos e substituídos por solo de qualidade superior.
O solo natural ou o aterro deverá apresentar um grau de compactação superior a 98%. A última camada de solo, com pelo menos 20 cm de espessura, deve também possuir compactação superior a 98% do Proctor Normal. Caso não se alcance a compactação mínima, a área deve ser regradeada, corrigida quanto à umidade e compactada novamente em camadas de, no máximo, 20 cm. Se essa camada final não atingir o CBR exigido no projeto, será necessário reforçá-la com estabilizantes sólidos, materiais granulares ou substituí-la por solo de boa qualidade. Para mais detalhes, recomenda-se consultar a Norma Técnica DNIT 137/2010 - ES.
O subleito deve ser regularizado conforme o procedimento ET-DE-P00/001 do DER/SP (Melhoria e Preparo do Subleito) e, se necessário, reforçado de acordo com o procedimento ET-DE-PO/002 do DER/SP (Reforço do Subleito).

3. Preparação da base:
A execução da base deve seguir os requisitos mínimos especificados no "Quadro de Dimensionamento" do projeto, como espessura (h), grau de compactação (GC) e suporte da base (CBR). Deve-se utilizar material granular de alta qualidade, como os das faixas B ou C do DNIT, brita graduada ou material equivalente. É necessário assegurar a espessura mínima projetada (considerando o empolamento do material) e o nivelamento correto da base, garantindo que a cota final do pavimento seja atendida.
A camada da base deve apresentar grau de compactação de 98% do Proctor Normal e CBR igual a 80%. Caso o projeto inclua caimentos, estes devem ser configurados desde o subleito, para assegurar a uniformidade da espessura da base e do piso.
Observação: A caracterização do solo e o acompanhamento da compactação das camadas de subleito e base devem ser realizados por um laboratório técnico qualificado. Para a execução da base em BGS, deve-se seguir a especificação técnica "Sub-base ou Base de Brita Graduada" (ET-DE-P00/008 do DER/SP).

4. Assentamento das fôrmas:
Devem ser utilizadas fôrmas metálicas ou similares (como madeira) para a contenção frontal do concreto, em quantidade suficiente para atender a dois dias de produção, caso sejam necessárias. Essas fôrmas devem possuir aberturas para a instalação das barras de ligação.
Quando a concretagem for realizada simultaneamente em toda a largura ou seção transversal da pista ou rua, é possível substituir as fôrmas por mestras ou taliscas de nível. Essas servirão como referência para a cota e apoio dos equipamentos de adensamento e acabamento do concreto.

5. Barreira de vapor:
Deve-se utilizar lona plástica com espessura mínima de 0,15 mm (150 micras) e garantir uma sobreposição de 20 cm nas emendas. Além de atuar como barreira de vapor, a lona também reduz o atrito entre o pavimento e a base, diminuindo o risco de fissuras por retração e outras patologias. É indispensável que a lona esteja bem posicionada, plana e sem dobras. Não se deve permitir a concretagem do pavimento caso a lona ou outros elementos estejam soltos ou presos às ferragens, para evitar descontinuidades estruturais no concreto.

6. Barras de transferência:
As barras de transferência devem ser posicionadas e mantidas corretamente alinhadas durante todo o processo de concretagem, garantindo que permaneçam eficazes ao longo da vida útil do pavimento. Nas juntas construtivas, as barras devem ser fixadas na fôrma de concretagem e ficar perfeitamente aderidas ao concreto. Após a remoção das fôrmas, a metade exposta das barras deve ser engraxada.
Não é permitido girar ou mover as barras durante a concretagem para facilitar a remoção das fôrmas, pois isso pode criar lacunas entre o concreto e as barras, comprometendo a transferência de carga. Se essa prática for identificada, será necessário reposicionar as barras utilizando cola estrutural rígida à base de epóxi, preenchendo completamente os espaços vazios.

7. Adição de fibras estruturais no concreto:
As fibras estruturais (macrofibras) sintéticas utilizadas devem atender aos requisitos mínimos especificados no quadro "Características do Concreto" do projeto. O desempenho das fibras deve ser comprovado por ensaios realizados em laboratórios reconhecidos, conforme as normas NBR 16940, NBR 16942, ASTM C1557/14 (tenacidade) e ASTM C1609/10 (resistência residual). Não é permitido o uso de fibras feitas de politereftalato de etileno (PET reciclado).
Caso seja especificada a adição de microfibra de vidro, é necessário comprovar sua resistência à alcalinidade do concreto.

8. Concreto:
A concreteira é responsável por propor um traço que, utilizando seus agregados e cimento, atenda às especificações descritas no quadro "Características do Concreto" do projeto. O traço proposto deve ser testado em laboratório para verificar a conformidade com os requisitos, garantindo as propriedades de fluidez e trabalhabilidade, especialmente quando forem adicionadas fibras estruturais. Esses testes devem ser realizados com antecedência suficiente para permitir ajustes antes do início da execução do pavimento.

9. Lançamento do concreto:
O concreto pode ser descarregado diretamente na pista, sendo o bombeamento reservado apenas para áreas onde o caminhão betoneira não tenha acesso. É fundamental que a concreteira assegure um fornecimento contínuo, evitando juntas frias, emendas de acabamento e outros problemas que possam comprometer a qualidade do pavimento. O volume de concreto a ser lançado diariamente, bem como o horário de início do processo, deve ser previamente acordado entre a obra, o executor e a concreteira. Não é permitido que a nata de lubrificação da bomba seja despejada na área de concretagem. Além disso, é obrigatória a rastreabilidade de cada caminhão de concreto, documentando o mapeamento da descarga.

10. Adensamento, regularização da superfície e desempeno mecânico:
O adensamento do concreto deve ser realizado com vibrador de imersão em toda a área, incluindo as barras de transferência, garantindo que não haja vazios nesses elementos. A superfície deve ser adensada utilizando régua vibratória manual (como vibro strike), com calibração prévia do equipamento para assegurar a precisão no nivelamento.
A regularização da superfície deve ser feita com o uso de um rodo de corte, que deve ser passado várias vezes e em diferentes direções para nivelar o concreto, eliminando irregularidades deixadas pelo reguamento inicial.
O desempeno mecânico pode ser feito por acabadoras simples ou duplas, ou por acabamento vassourado. É expressamente proibido aspergir água durante o acabamento, pois isso reduz significativamente a resistência à abrasão. O acabamento final do pavimento deverá ser vassourado ou camurçado.

11. Planicidade e nivelamento:
O executor deve garantir a observância rigorosa das boas práticas durante a execução, de modo a atender os parâmetros de planicidade e nivelamento estabelecidos no projeto.

12. Corte das juntas:
O corte das juntas serradas deve ser realizado entre 4 e 8 horas após o lançamento do concreto, evitando a formação de fissuras nas placas. Para cortes precoces, recomenda-se o uso de equipamentos tipo softcut. Os cortes devem seguir a mesma sequência da concretagem e devem ter uma profundidade equivalente a 1/3 da espessura do pavimento.
Nas juntas de construção, pode ser realizada uma passada de serra para melhorar o aspecto visual e criar um reservatório para o selante. O corte deve ocorrer após a separação visível das placas.

13. Cura do concreto:
A cura do concreto deve ser realizada com produtos químicos à base de PVA ou polipropileno, com pigmentação branca clara, conforme os requisitos da norma ASTM-C 309. O produto deve ser aplicado uniformemente sobre toda a superfície, na proporção de 0,25 L/m², formando uma película protetora. O período de cura deve ter duração mínima de 7 dias. A depender das condições de exposição, a cura pode ser feita em duas etapas: primária e secundária.

14. Tratamento de juntas:
Para as juntas de encontro (JE), deve-se aplicar um selador flexível de poliuretano ou equivalente, com dureza Shore A de 25 ± 5. Já nas juntas serradas, não é necessário realizar tratamento. No caso das juntas construtivas (JC), recomenda-se o uso de seladores de poliuretano modificado com alcatrão ou materiais equivalentes que apresentem resistência às condições climáticas e à exposição solar.

15. Controle tecnológico do concreto:
O controle da qualidade do concreto utilizado na obra deve ser realizado por um laboratório especializado em controle tecnológico de materiais, cuja contratação é responsabilidade do cliente. O monitoramento mínimo deve permitir a rastreabilidade completa do concreto utilizado no pavimento. Isso inclui:

- Abatimento (slump test): Deve ser realizado em todos os caminhões antes do lançamento;
- Resistência à compressão: Ensaios em todas as cargas de concreto, com ao menos 3 corpos de prova por caminhão;
- Resistência à tração na flexão: Ensaios em 50% das cargas diárias, com 4 corpos de prova por amostra.

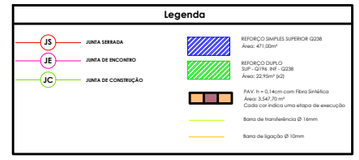
Sugerem-se rompimentos de 1 corpo de prova aos 7 dias e 2 corpos de prova aos 28 dias para resistência à compressão, além de 2 corpos de prova aos 14 dias e 2 aos 28 dias para resistência à tração na flexão. Para mais informações, consulte as normas técnicas NBR 5739/07 e NBR 12142/91.

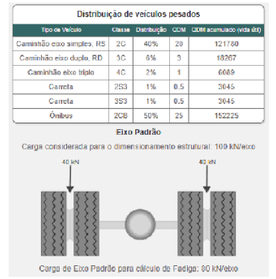
16. Execução de placa-teste:
A realização de uma placa-teste em tempo hábil é uma prática que permite identificar e corrigir problemas relacionados ao concreto, seus aditivos e à execução em uma área controlada e reduzida. Esse processo também avalia a preparação da equipe e a qualidade do trabalho, além de garantir a conformidade com as boas práticas executivas.
Recomenda-se que a placa-teste seja feita em uma área de 200 a 300 m² ou com, pelo menos, duas descargas de caminhão betoneira.

17. Liberação para uso e manutenção:
A limpeza e manutenção do pavimento devem ser realizadas com equipamentos manuais ou automatizados, utilizando detergentes neutros e água. É proibido o uso de produtos ácidos ou alcalinos, pois podem causar manchas, corrosão da superfície e acelerar o desgaste do pavimento.
A liberação do pavimento para suportar as cargas máximas projetadas deve ocorrer após 21 dias ou quando a resistência do concreto especificada no projeto for atingida e confirmada pelos ensaios de tração e compressão.

CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO	
1. Resistência de tração na flexão($f_{ctm,k}$)	> 4,2 MPa (f_{ck} > 40 MPa)
2. Modulo de elasticidade do concreto (Eci)	> 23 GPa
3. Abatimento (slump) chega em obra	120mm ± 20mm
4. Teor de argamassa	47% < a < 52%
5. Consumo de cimento	entre 320 e 360 kg/m³
6. Consumo máximo de água	até 190 L/m³
7. Macrofibras estrutural	5,00 kg/m³
8. Compensador de Retração	8,00 Kg/m³
8.1. Polipropileno resistente a alcalinidade (NBR 16942/2021)	99,7%
8.2. Módulo de elasticidade da macrofibra	≥ 4 GPa
9. Retração Hidráulica máxima (8 semanas)	<2,40%
10. Teor de ar incorporado	<3%
11. Exsudação	<4%

Norma NBR - 16935 - Projetos de estruturas de concreto reforçado com fibras - Procedimento	
Macrofibra Estrutural - Módulo de elasticidade ≥ 4 GPa / Força de ruptura da macrofibra (2,5 mm) ≥ 200 N e (3,5 mm) ≥ 300 N / Deformação máxima entre 13% à 25% / Bitola do fio Ø 0,92	
Fr1 (MPa)	**Fr4 (MPa)**
2,40	2,90
Normas - NBR - 16938 / NBR - 16940 / NBR - 16942	
Laudo de 28 dias	
OBSERVAÇÕES CÁLCULO ESTRUTURAL:	
- Necessário a apresentação dos ensaios ao projetista de acordo com a norma NBR 16940 - Atendendo os valores de Fr1 e Fr4 conforme quadro apresentado em projeto.	
OBRIGATÓRIO A APRESENTAÇÃO DA ART DO MATERIAL MACROFIBRA ESTRUTURAL PARA VALIDAÇÃO DO PROJETO	
NA COMPRA DE MATERIAL DIFERENTE DO INFORMADO O PROJETO AUTOMATICAMENTE SERÁ ANULADO	





PAVIMENTAÇÃO RUA LUIZ SEIDEL Local: Tupandi/RS	Conteúdo: Paginação e Etapas de Concretagem	Resp. Técnico: Eng. Civil Rafael Alex Sehnem - CREA/RS 208524 Proprietário: Prefeito Municipal - Paulinho Ludwig	Escala: sem escala Prancha: 21 Data: Agosto/2026