

## PUC - Pavimento Urbano de Concreto como solução técnica e sustentável em loteamentos: o caso do Smart Urba Vila Profeta

EDUARDO GUIDA TARTUCE - Msc. Eng. - ([eduardo@mixdesign.com.br](mailto:eduardo@mixdesign.com.br)) — MixDesign Tartuce Engenheiros Associados

ALVARO SÉRGIO BARBOSA JÚNIOR - Msc. Eng. - ([alvaro@abesc.org.br](mailto:alvaro@abesc.org.br)) — ABESC

VITÓRIA ALVES CABRAL - Eng. - ([vitoria@abesc.org.br](mailto:vitoria@abesc.org.br)) — ABESC

### RESUMO

ESTE ARTIGO APRESENTA A APLICAÇÃO DO PAVIMENTO URBANO DE CONCRETO (PUC) NO LOTEAMENTO SMART URBA VILA PROFETA, EM CAMPINAS/SP, COMO ALTERNATIVA AOS REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS. SÃO DESCRITOS OS CRITÉRIOS DE PROJETO, DIMENSIONAMENTO, EXECUÇÃO E CONTROLE TECNOLÓGICO DO SISTEMA, EM CONFORMIDADE COM NORMAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS. A ANÁLISE CONTEMPLA ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÔMICOS, AMBIENTAIS E SOCIAIS, COM DESTAQUE PARA A VIDA ÚTIL ESTIMADA EM MAIS DE 20 ANOS, A REDUÇÃO DE INTERVENÇÕES DE MANUTENÇÃO E OS GANHOS RELACIONADOS À SEGURANÇA VIÁRIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. O ESTUDO EVIDENCIA A VIABILIDADE DO PUC COMO SOLUÇÃO REPLICÁVEL EM LOTEAMENTOS URBANOS NO BRASIL.

**PALAVRAS-CHAVE:** PAVIMENTO URBANO DE CONCRETO, LOTEAMENTOS, DURABILIDADE, SUSTENTABILIDADE, MOBILIDADE URBANA.

### 1. INTRODUÇÃO

A pavimentação urbana enfrenta desafios crescentes quanto à durabilidade, custos de manutenção e impactos ambientais. O pavimento asfáltico, amplamente utilizado, apresenta degradação acelerada em condições climáticas adversas, que culmina na limitação da sua vida útil e maiores custos no ciclo de vida do pavimento.

Nesse cenário, o Pavimento Urbano de Concreto (PUC) surge como alternativa técnica

respaldada por normas como a ABNT PR 1011:2021 - Projeto de pavimentos urbanos em concreto (ABNT, 2021), e documentos internacionais como o ACI 330R-08 (ACI, 2008). Países desenvolvidos vêm adotando esta solução em larga escala, destacando benefícios estruturais e ambientais.

O presente artigo tem como objetivo analisar a adoção do PUC no loteamento Smart Urba Vila Profeta (Figura 1), avaliando critérios de projeto, execução, desempenho esperado e benefícios em sustentabilidade, de modo a demonstrar a viabilidade da solução como modelo

replicável em loteamentos urbanos no Brasil.

### 2. DESENVOLVIMENTO

#### 2.1 Caracterização do empreendimento

O Smart Urba Vila Profeta é um bairro planejado em Campinas/SP, com 768 lotes residenciais e 5,9 km de vias internas. O conceito do empreendimento está alinhado às práticas de smart cities, priorizando mobilidade, eficiência energética e conforto térmico.

#### 2.2 Projeto e dimensionamento

O dimensionamento do pavimento de concreto foi estabelecido em função das diferentes solicitações de tráfego previstas para cada via. Para as placas arteriais, adotou-se espessura de 12 cm, compatível com uma carga de projeto de 12 t/eixo, adequada a vias de maior intensidade e peso de veículos. Já as placas secundárias foram projetadas com 10 cm de espessura, dimensionadas para 3 t/eixo, garantindo desempenho técnico satisfatório com otimização de recursos estruturais. Essa diferenciação encontra respaldo em recomendações nacionais e internacionais, como o Manual de Pavimentação do



**FIGURA 1**

PAVIMENTO URBANO DE CONCRETO FINALIZADO EM VIAS INTERNAS DO EMPREENDIMENTO SMART URBA VILA PROFETA

FONTE: URBA, 2023

## QUADRO 1

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PAVIMENTO URBANO DE CONCRETO

Item	Especificação
Placas arteriais	12 cm de espessura, carga de projeto de 12 t/eixo.
Placas secundárias	10 cm de espessura, carga de projeto de 3 t/eixo.
Dimensões modulares	Aproximadamente 2 m x 2 m, otimizando retração e controle de juntas.
Reforço	Macrofibras sintéticas (3 kg/m <sup>3</sup> ) de polipropileno, substituindo telas de aço (NBR 16942 (ABNT, 2021) e ACI 544 (ACI, 2018)).
Juntas	Serradas 1/3 da espessura do pavimento, sem preenchimento, empregado apenas nos encontros com sarjetas, de acordo com dimensionamento, conforme o ACI 330R-08.
Aditivos	Plastificantes e redutores de retração para melhorar a trabalhabilidade e minimizar micro fissuração (FERRAZ; VENANCIO, 2022).

FONTE: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE PROJETO

DNIT (2013) e o guia da ACI 325.12R-02 (ACI, 2002).

Com o intuito de minimizar os efeitos da retração e controlar a fissuração, foram adotadas placas de aproximadamente 2,0 m x 2,0 m, configuração que favorece o equilíbrio das tensões internas e contribui para a durabilidade do sistema. O tratamento das juntas foi simplificado, restringindo-se à execução de juntas serradas apenas nos encontros com sarjetas. Essa solução reduz etapas construtivas e custos de manutenção, desde que respeitados os critérios de profundidade e tempo de corte, conforme ACI 302.1R-15 (ACI, 2015) e o *Technical Report 34 (THE CONCRETE SOCIETY, 2016)*.

No que se refere ao reforço, optou-se pela utilização de macrofibras sintéticas de polipropileno na dosagem de 3 kg/m<sup>3</sup>, em substituição às fibras metálicas ou telas de aço convencionalmente empregadas. Tal escolha fundamenta-se na durabilidade do material, que não sofre corrosão, e na racionalização dos processos construtivos. Além disso, as fibras sintéticas contribuem para o controle da fissuração plástica e hidráulica, assegurando desempenho adequado. O comportamento residual do concreto reforçado com fibras foi avaliado segundo a ABNT NBR 16942:2021, em consonância com as recomendações da ACI 544.4R-18 (2018) e da ASTM C1609 (2019).

Adicionalmente, foram incorporados aditivos plastificantes e redutores de retração, visando melhorar a trabalhabilidade no estado fresco e reduzir a micro fissuração no endurecido. Estudos anteriores (FERRAZ; VENANCIO, 2022) já destacam a contribuição desses aditivos para a homogeneidade da mistura, o controle da retração e o aumento da durabilidade. Do ponto de vista normativo, os requisitos de desempenho e classificação seguem as diretrizes da ABNT NBR 11768-1:2019, da ABNT NBR 11768-3:2019 e da ASTM C494/C494M (2019).

O Quadro 1 traz um resumo das características apresentadas anteriormente.

## 2.3 Execução e controle tecnológico

A execução do pavimento foi realizada em conformidade com os parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 14931:2023 (ABNT, 2023), complementados pelas recomendações do ACI 302.1R:2015 (ACI, 2015), que tratam das boas práticas de execução de estruturas e pisos de concreto.

O controle tecnológico foi realizado com base no traço definido pelos critérios de resistência mecânica à compressão e resistência à tração, assegurando tanto a trabalhabilidade adequada quanto o desempenho estrutural previsto em projeto. Todos os ensaios executados no âmbito do controle tecnológico apresentaram resultados superiores aos especificados.

A cura do concreto seguiu as prescrições da ABNT NBR 14931:2023 (ABNT, 2023), sendo realizada em duas etapas. A primeira consistiu na aplicação de uma cura química intermediária sobre o concreto fresco, imediatamente após o adensamento, com o objetivo de reduzir a evaporação inicial da água. A segunda etapa ocorreu após o processo de vassouramento super-

ficial, com a aplicação de uma cura final à base de parafina, garantindo a hidratação contínua do cimento e reduzindo a suscetibilidade à retração e à micro fissuração.

O controle geométrico contemplou a verificação da espessura das placas e da planicidade superficial, assegurando a fidelidade às condições de projeto. Esse procedimento foi fundamental para garantir o desempenho estrutural e a durabilidade do pavimento.

Por fim, o acabamento recebeu vassouramento superficial, técnica que confere maior atrito à superfície e contribui para a segurança na frenagem de veículos, atendendo aos requisitos de desempenho e segurança viária previstos em normas nacionais e internacionais.

## 2.4 Manutenção e vida útil requerida

A solução adotada para o pavimento foi projetada com foco em desempenho e durabilidade a longo prazo. A vida útil de projeto foi estabelecida em, no mínimo, 20 anos, conforme ART em conformidade

## QUADRO 2

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PAVIMENTO URBANO DE CONCRETO

Característica	Especificação
1. Resistência à tração na flexão	$f_{ctm}$ , $k \geq 4,2$ MPa
2. Resistência à compressão - 28 dias ( $f_{ck}$ )	$\geq 30,0$ MPa
3. Abatimento	100 a 120 mm (!)
4. Teor da argamassa	$49\% \leq a \leq 52\%$
5. Consumo de cimento	300 a 360 kg/m <sup>3</sup>
6. Consumo de água	$\leq 190$ litros/m <sup>3</sup>
7. Adição de microfibras de polipropileno monofilamentp (*)	(*) g/m <sup>3</sup>
7. Adição de macrofibra Fr4 $\leq 1,3$ MPa - k90%	3,0 kg/m <sup>3</sup> a 4,5 kg/m <sup>3</sup>
9. Retração (8 semanas)	$\leq 300$ $\mu$ m/m
10. Teor de ar incorporado	$\leq 3\%$
11. Exsudação	$\leq 4\%$
12. Relação água/cimento	$\leq 0,55$
13. Aditivo compensador de retração	$\geq 8$ km/m <sup>3</sup>

FONTE: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE PROJETO

com as diretrizes da ABNT PR 1011 (ABNT, 2021), que trata projeto de pavimentos urbanos em concreto e estabelece parâmetros técnicos.

Como reforço à credibilidade técnica, foi concedida à Prefeitura de Campinas uma garantia estendida de 10 anos, prática pouco usual em obras viárias, que reforça a confiança na solução empregada.

Um dos diferenciais mais relevantes em relação ao pavimento asfáltico convencional está na redução da necessidade de manutenção, estimada em até 75% ao longo da vida útil da estrutura, conforme os estudos de fadiga do pavimento. Essa característica decorre da maior resistência mecânica e durabilidade intrínseca do concreto, além da redução dos efeitos de deformações permanentes típicas de revestimentos flexíveis, como trilha de roda e exsudação.

Outro aspecto positivo está na facilidade de intervenções localizadas. Na eventual necessidade de manutenção, o sistema permite a substituição pontual de placas, sem comprometer a integridade do conjunto e sem gerar extensos bloqueios de tráfego. Característica que permite a recuperação localizada do pavimento, com menores custos e menor impacto ao tráfego.

Assim, a combinação entre vida útil projetada, garantia estendida, redução significativa de manutenção e facilidade de reparo localizado consolida o pavimento de concreto como uma alternativa com desempenho superior em durabilidade e manutenção em relação às soluções tradicionais.

## 2.5 Aspectos econômicos

A variação significativa nos custos do material asfáltico evidencia a vantagem econômica do pavimento de concreto (PUC) ao longo de seu ciclo de vida. Considerando a maior durabilidade do PUC, a redução expressiva da necessidade de manutenção e a facilidade de reparos localizados, o PUC se apresenta como uma alternativa mais competitiva e sustentável em comparação com soluções flexíveis, como o asfalto.



### FIGURA 2

VISÃO GERAL DO CANTEIRO DE OBRAS DO SMART URBA VILA PROFETA, EM FASE DE IMPLANTAÇÃO DA INFRAESTRUTURA VIÁRIA COM PAVIMENTO URBANO DE CONCRETO (PUC)

FONTE: URBA, 2022/2023

## 2.6 Aspectos ambientais e sociais

Além dos aspectos estruturais e econômicos, o pavimento de concreto também oferece benefícios ambientais e de segurança viária. Um dos impactos positivos é a redução das ilhas de calor urbano, decorrente da maior refletância da superfície do concreto em comparação com pavimentos asfálticos escuros. Esse efeito contribui para a melhora do microclima urbano e para a redução de demandas de refrigeração em áreas adjacentes.

A refletância também proporciona economia de energia na iluminação pública, estimada entre 30% e 60%, devido à maior dispersão da luz natural durante o dia, reduzindo a necessidade de iluminação artificial intensa à noite e contribuindo para a eficiência energética urbana.

No quesito segurança viária, estudos indicam que os pavimentos de concreto favorecem a frenagem dos veículos, com redução de 16% na distância de parada em pista seca e 40% em pista molhada (ACI 330R-08, 2008). Esses resultados refletem o melhor coeficiente de atrito do concreto em relação ao asfalto, impactando diretamente na diminuição de acidentes e no aumento da segurança para motoristas e pedestres.

Por fim, a adoção do pavimento de concreto contribui para certificações ambientais de construções, como LEED (USGBC, 2019) e AQUA (FUNDAÇÃO

VANZOLINI, 2017), uma vez que promove a redução do consumo energético, melhora o microclima urbano e favorece o uso de materiais duráveis e de baixo impacto ambiental. Esse aspecto reforça a importância do concreto como solução sustentável para infraestrutura urbana, aliando durabilidade, desempenho e benefícios ambientais.

## 2.7 Escalabilidade

A solução adotada será replicada como modelo técnico para futuros empreendimentos da Urba, reforçando a viabilidade do PUC em loteamentos abertos e fechados em todo o Brasil.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do pavimento urbano de concreto implantado no Smart Urba Vila Profeta permite comparar seu desempenho com o pavimento asfáltico convencional (Quadro 3).

Do ponto de vista técnico, a vida útil projetada de  $\geq 20$  anos está em conformidade com a ABNT PR 1011 (ABNT, 2021) e com recomendações do ACI 325.12R-02 (ACI, 2002), superando em mais de duas vezes a durabilidade típica de revestimentos asfálticos. Isso confirma a adequação do dimensionamento empregado.

No aspecto econômico, a maior durabilidade e a menor necessidade de manutenção do PUC resultam em custos mais baixos ao longo do ciclo de vida. Essa constatação converge com análises de custo em ciclo de vida disponíveis na literatura (JOHN, 2022; ACI, 2008).

Quanto aos aspectos ambientais, os benefícios de refletância e mitigação das ilhas de calor urbano estão alinhados a estudos que relacionam pavimentos de concreto à redução da demanda energética em áreas urbanas densas (USGBC, 2019; FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2017).

Do ponto de vista da segurança viária, os dados de literatura apontam redução de até 40% na distância de frenagem em pista molhada (ACI, 2008), o que reforça a

## QUADRO 3

COMPARATIVO DE DESEMPENHO ENTRE O PAVIMENTO URBANO DE CONCRETO E O ASFALTO CONVENCIONAL

contribuição do PUC para a mobilidade urbana mais segura.

Por fim, a possibilidade de replicação do modelo em outros empreendimentos confirma o potencial do PUC como alternativa viável para loteamentos em diferentes contextos urbanos no Brasil.

## 4. CONCLUSÃO

O estudo de caso do Smart Urba Vila Profeta mostrou que o Pavimento Urbano de Concreto atende simultaneamente a requisitos de desempenho estrutural, durabilidade, manutenção reduzida e ganhos ambientais.


A vida útil projetada de  $\geq 20$  anos, associada à menor frequência de intervenções, resulta em vantagem técnica e

Critério	PUC - Smart Urba Vila Profeta	Asfalto convencional
Vida útil	$\geq 20$ anos (PR 1011)	8-10 anos
Manutenção	Substituição localizada de placas	Recapeamentos frequentes
Custo no ciclo de vida	Menor (variação baixa do cimento)	Maior (alta variação do CAP)
Sustentabilidade	Redução de ilhas de calor; refletância	Superfície escura e quente
Segurança viária	Redução de 16-40% na distância de frenagem	Pista lisa e degradável

FONTE: ESTUDO DE CASO DO SMART URBA VILA PROFETA

econômica em comparação com o pavimento asfáltico.

Além disso, os efeitos positivos na refletância, eficiência energética e segurança viária reforçam a contribuição do PUC para

políticas de mobilidade e sustentabilidade urbana. A replicabilidade do modelo em novos empreendimentos evidencia o potencial do PUC como solução consolidada para pavimentação em loteamentos no Brasil. 

## ► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. PR 1011: Projeto de pavimentos urbanos em concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- [2] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931: Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
- [3] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15530: Fibras de aço para concreto - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- [4] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16942: Fibras poliméricas para concreto — Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- [5] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16938: Concreto reforçado com fibras - Controle da qualidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- [6] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16939: Concreto reforçado com fibras — Determinação das resistências à fissuração e residuais à tração por duplo puncionamento - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- [7] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16940: Concreto reforçado com fibras - Determinação das resistências à tração na flexão (limite de proporcionalidade e resistências residuais) - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- [8] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11768-1: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland - Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- [9] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11768-3: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland - Parte 3: Ensaio de caracterização. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- [10] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE - ACI. ACI 330R-08: Guide for the Design and Construction of Concrete Parking Lots. Farmington Hills, MI: ACI, 2008.
- [11] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE - ACI. ACI 360R-10: Guide to Design of Slabs-on-Ground. Farmington Hills, MI: ACI, 2010.
- [12] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE - ACI. ACI 325.12R-02: Guide for Design of Jointed Concrete Pavements for Streets and Local Roads. Farmington Hills, MI: ACI, 2002.
- [13] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE - ACI. ACI 302.1R-15: Guide to Concrete Floor and Slab Construction. Farmington Hills, MI: ACI, 2015.
- [14] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE - ACI. ACI 544.4R-18: Guide to Design with Fiber-Reinforced Concrete. Farmington Hills, MI: ACI, 2018.
- [15] THE CONCRETE SOCIETY. Technical Report 34: Concrete Industrial Ground Floors - A Guide to Design and Construction. 4. ed. Camberley: The Concrete Society, 2016.
- [16] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. C1609/C1609M-19: Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam with Third-Point Loading). West Conshohocken, PA: ASTM, 2019.
- [17] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. C494/C494M-19: Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete. West Conshohocken, PA: ASTM, 2019.
- [18] FERRAZ, D. F.; VENANCIO, R. J. C.. Aditivos para concreto. In: Concreto: Ciência e tecnologia. Vol. 1. Editores: Bernardo Tutikian, Fernanda Pacheco, Geraldo Isaia, Inês Battagin. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2022, p. 411- 448.
- [19] JOHN, V. M.. Concreto Sustentável. In: Concreto: Ciência e tecnologia. Vol. 2. Editores: Bernardo Tutikian, Fernanda Pacheco, Geraldo Isaia, Inês Battagin. 3ª ed., São Paulo: IBRACON, 2022, p. 1969-1998.
- [20] UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL - USGBC. LEED v 4.1 for Cities and Communities: Existing. Washington, DC: USGBC, 2019.
- [21] FUNDAÇÃO VANZOLINI. Referencial Técnico AQUA-HQE: Construção sustentável. São Paulo: Fundação Vanzolini, 2017.
- [22] DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Manual de Pavimentação. 3. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2013.