

# Desempenho de pavimentos de concreto reforçado com fibras: análise da transferência de carga com métodos não destrutivos

**NÁDIA CAZARIM DA SILVA FORTI** - PROF.<sup>a</sup> - <https://orcid.org/0000-0001-9994-5546> - (nadia.cazarim@puc-campinas.edu.br) ;  
**GIOVANNI TEODORO DE CASTRO** - MESTRANDO - <https://orcid.org/0009-0002-9880-915X> - (giovannicastro147@gmail.com) – PUC - Campinas  
**MARCO ANTONIO CARNIO** - PROF. - <https://orcid.org/0000-0002-2005-8555> - (mac@puc-campinas.edu.br) ;  
**ANA BEATRIZ DA SILVA SANTOS** - ENG. - (abs@evengenharia.com.br) – **Evolução Engenharia**

## RESUMO

**E**STE TRABALHO AVALIA O DESEMPENHO ESTRUTURAL DE UM PAVIMENTO EXPERIMENTAL DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND, COM FOCO NA EFICIÊNCIA DE TRANSFERÊNCIA DE CARGA (LTE) ENTRE PLACAS. UTILIZANDO O EQUIPAMENTO FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER (FWD), FORAM APLICADAS CARGAS DINÂMICAS PARA SIMULAR O TRÁFEGO E MEDIR DEFLEXÕES SUPERFICIAIS. A LTE FOI CALCULADA COM BASE NA RAZÃO ENTRE DEFLEXÕES EM PLACAS CARREGADAS E NÃO CARREGADAS, CONSIDERANDO VARIAÇÕES TÉRMICAS E PRESENÇA DE FISSURAS. OS RESULTADOS INDICAM LTE SUPERIOR A 80% EM TODAS AS PLACAS, COM DESTAQUE PARA O VALOR MAIS BAIXO (83,8%) ENTRE PLACAS COM FISSURA LEVE. O ESTUDO TAMBÉM ANALISOU PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO E O ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO (ICP), QUE FOI CLASSIFICADO COMO EXCELENTE. PAVIMENTOS DE CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS (CRF) MOSTRARAM-SE PROMISSORES PARA VIAS DE BAIXO E MÉDIO TRÁFEGO, MESMO SEM

BARRAS DE TRANSFERÊNCIA, DESDE QUE AS FIBRAS SEJAM UTILIZADAS EM TEORES ADEQUADOS.

**PALAVRAS-CHAVE:** PAVIMENTO DE CONCRETO REFORÇADO COM MACROFIBRAS, FWD, JUNTAS DE RETRAÇÃO.

## 1. INTRODUÇÃO

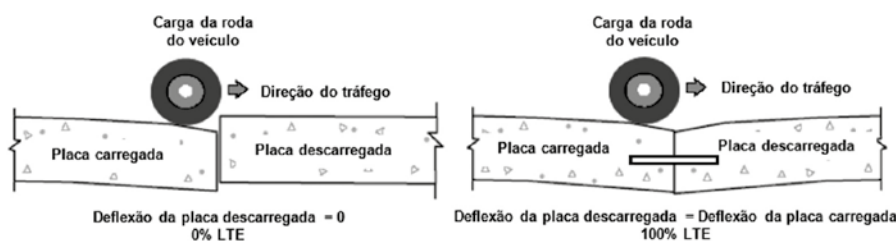
Nas últimas décadas, a malha rodoviária brasileira passou por uma significativa expansão, tanto em termos de extensão quanto de volume de tráfego. Esse crescimento tem intensificado a necessidade de avaliações mais precisas dos pavimentos, abrangendo aspectos estruturais e funcionais. Paralelamente, os métodos de dimensionamento têm evoluído, incorporando novas tecnologias, estudos experimentais e avanços científicos que buscam aprimorar o desempenho e a durabilidade das estruturas viárias.

A avaliação estrutural de pavimentos tem demandado, cada vez mais, o uso de métodos não destrutivos capazes de reproduzir com precisão as condições reais de carregamento. Entre as tecnologias disponíveis, destaca-se o equipamento *Falling Weight Deflectometer* (FWD), que aplica cargas dinâmicas sobre a superfície do pavimento, simulando o tráfego de veículos.

De forma simplificada, uma célula de carga acoplada ao FWD mensura a força de impacto aplicada ao pavimento sob uma placa de 30 cm de diâmetro. A resposta do pavimento à carga de impulso é registrada por um conjunto de transdutores de velocidade (geofones), posicionados nas distâncias de 0, 20, 30, 45, 60, 90 e 120 cm, sendo a posição 0 correspondente ao centro da aplicação da carga.

As leituras obtidas permitem avaliar a rigidez das camadas do pavimento, a resposta do subleito e a eficiência da transferência de carga em juntas e fissuras, fornecendo subsídios importantes para diagnóstico e planejamento de intervenções (Balbo, 2007).

Em pavimentos rígidos de concreto, a transferência de carga entre placas ocorre por meio do intertravamento dos agregados, da presença de barras de ligação e do suporte oferecido pela base e pelo subleito. A eficiência na transferência de carga, conhecida como Load Transfer Efficiency (LTE), é um fator determinante para o desempenho do pavimento, pois valores reduzidos podem ocasionar fissuras longitudinais e ressaltos na superfície.



## FIGURA 1

DIFERENÇA DO COMPORTAMENTO ENTRE PLACAS CONECTADAS E NÃO CONECTADAS

FONTE: ADAPTADO DE PHARES *et al.* (2008)

A LTE é influenciada pela rigidez das juntas, pelas condições de suporte e pelas variações térmicas ao longo do dia (Khanovich; Gotlif, 2003).

Em temperaturas elevadas, as placas de concreto tendem a se expandir, reduzindo a abertura das juntas e fissuras, o que aumenta a rigidez aparente e o potencial de transferência de carga. Isso resulta em menores deflexões no lado carregado e maiores no lado não carregado. Em contrapartida, em temperaturas mais baixas, ocorre o efeito inverso: a abertura das juntas aumenta, reduzindo a LTE e elevando as deflexões diferenciais, especialmente na ausência de barras de transferência (Vandenbossche, 2007).

Os valores de LTE para a deflexão da junta podem oscilar entre 0% (nenhuma transferência de carga) e 100% (transferência total de carga). A Figura 1 representa a transferência de carga por deflexão em dois casos extremos: uma junta com transferência de carga completa e uma junta sem transferência de carga (Phares *et al.*, 2008).

Conforme afirma Vandenbossche (2007), pavimentos novos com barras de transferência apresentam valores de LTE superiores a 80%, enquanto aqueles sem barras situam-se acima de 70%. Valores inferiores a 70% são considerados inaceitáveis, indicando deficiência na eficiência de transferência de carga entre as placas do pavimento.

Nesse contexto, os pavimentos de concreto reforçado com fibras (CRF) surgem como alternativas econômicas para vias de baixo e médio volume de tráfego, devido ao seu reduzido custo de manutenção. As placas de CRF geralmente possuem espessura entre 10 e 15 cm e são executadas sobre base granular. Devido à menor espessura, esses pavimentos não comportam barras de transferência convencionais. No entanto, estudos indicam que fibras estruturais, quando incorporadas em teores adequados, podem melhorar significativamente a transferência de carga entre placas e reduzir o ressalto em juntas transversais (Barman *et al.*, 2024; Barman; Hansen, 2021).

Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho estrutural de um pavimento experimental de concreto de cimento Portland, por meio da análise de variáveis que influenciam a eficiência na transferência de carga entre placas. A investigação



**FIGURA 2**

TRECHO ESCOLHIDO PARA A CONSTRUÇÃO DO PAVIMENTO DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

utiliza métodos não destrutivos, com destaque para o equipamento *Falling Weight Deflectometer* (FWD). Os resultados apresentados integram um estudo mais amplo desenvolvido na dissertação do aluno Giovanni Teodoro Castro.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Caracterização do trecho

A seção analisada corresponde a um trecho de via com aproximadamente 120 metros de extensão, situado na área externa da PUC-Campinas, nas proximidades do portão 3, na Avenida Dr. Caio Pinto Guimarães (Figura 2). A execução do pavimento ocorreu durante o 1º Simpósio de Pavimento de Concreto Reforçado (SIMPAVCOM), com a concretagem da pista iniciada às 09h00 e concluída às 22h00, no dia 5 de junho de 2024.

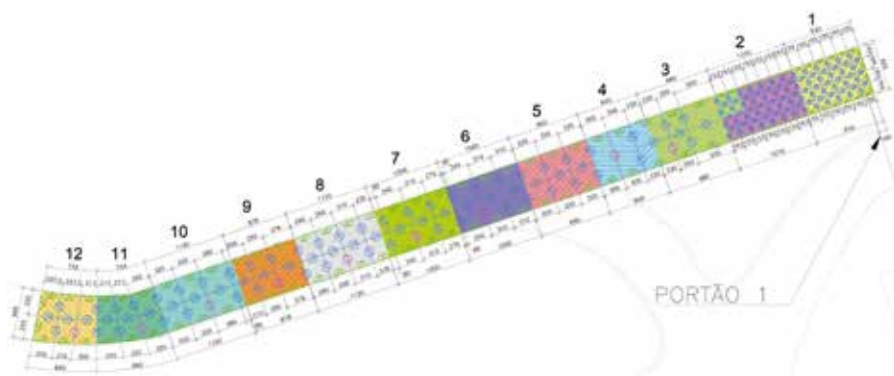
Esse segmento foi selecionado estrategicamente devido à presença de diversos

defeitos no pavimento existente, conforme DNIT-TER 005/2003: a) buraco de severidade leve; b) remendo superficial localizado; c) fissuras longitudinais; d) fissuras interligadas tipos couros de jacaré; e) buracos de severidades altas; f) costuras.

### 2.2 Preparação da sub-base

Para a preparação da sub-base, foram realizadas sondagens ao longo do trecho estudado. Seis pontos foram amostrados, com espaçamento de 20 metros entre eles. O solo identificado foi, predominantemente, uma argila silto-arenosa, sem ocorrência de lençol freático em nenhuma das sondagens. Observou-se ainda que, em determinados locais, a espessura do pavimento asfáltico existente não ultrapassava 2 cm.

Grande parte da estrutura do pavimento asfáltico existente foi reaproveitada. No entanto, a adequação exigiu a remoção do pavimento flexível com o uso de retroescavadeira, seguida pelo nivelamento da



**FIGURA 3**

DIVISÕES DAS SEÇÕES

**TABELA 1**

COMPOSIÇÃO DE REFORÇO DAS SEÇÕES

Seção	Microfibra		Macrofibra		Tela superior	Tela inferior	H (cm)	
	Tipo	Dosagem (kg/m <sup>3</sup> )	Tipo	Dosagem (kg/m <sup>3</sup> )			Capa	Pav
1	PA	1,00	Polimérica	5,00	—	—	10,0	—
2	PP	0,60	—	0,00	Q138	—	10,0	—
3	PP	0,60	—	0,00	Q138	—	—	12,0
4	PP	0,60	—	0,00	Q138	Q196	—	12,0
5	PP	0,60	Aço	20,00	—	—	—	12,0
6	PP	0,60	Polimérica	4,00	—	—	—	12,0
7	PP	0,60	Polimérica	4,00	—	—	—	12,0
8	PP	0,60	Aço	20,00	—	—	—	12,0
9	PP	0,60	Polimérica	4,00	—	—	—	12,0
10	PP	0,60	Polimérica	4,00	—	—	—	12,0
11	PP	0,60	Polimérica	4,00	—	—	—	12,0
12	PP	0,60	Polimérica	4,00	—	—	—	12,0

base utilizando trator com pá niveladora. Em seguida, foram aplicadas e espalhadas duas camadas de agregados: gráudo na primeira e miúdo na segunda. Após essa etapa, realizou-se a aplicação de CBUQ e, por fim, a compactação com rolo tipo pé de carneiro.

### 2.3 Trecho experimental

No trecho experimental, as seções e as placas possuem dimensões variáveis. São compostas por trechos de reforço white-topping, concreto armado simples ou duplo, concreto reforçado com fibra metálica ou polimérica, conforme Figura 3 e Tabela 1.

#### 2.3.1 DIMENSIONAMENTO E PROCESSO DE CONCRETAGEM

Foi utilizada para o dimensionamento da espessura do trecho a prática recomen-

dada ABNT PR 1011 (2021). Foram considerados: placas 3,2 x 3,2 metros, espessura de 12 cm, sub-base granular com 10 cm de espessura, Ksistema de 0,05 N/mm<sup>2</sup>, veículos categoria IV e V, eixo tipo duplo (170 kN/eixo), (ABNT NBR 6120:2019);  $f_{ck}$  de 35 MPa,  $f_{ctf,k}$  de 4,5 MPa,  $f_{R1}$  de 1,8 MPa e  $f_{R4}$  de 1,8 MPa.

O processo de concretagem, aplicado a todos os traços, incluiu o isolamento das sarjetas por meio de barras de isopor com 1 cm de espessura. O lançamento do concreto foi seguido de espalhamento manual e adensamento com régua vibratória. Em seguida, realizou-se a cura intermediária, e a superfície foi uniformizada com o auxílio de rodo nivelador. Após essa etapa, foi aplicada a cura intermediária e o concreto foi uniformizado com o auxílio de rodo nivelador.

Após a aplicação da cura intermediária, o nivelamento da superfície foi realizado

com o uso de duas alisadoras de concreto, uma de 48 polegadas e outra de 36 polegadas. Na etapa seguinte, a textura foi aplicada utilizando “vassouramento”, seguida da aplicação da cura final.

Após 24 horas, foi realizada a execução dos cortes das juntas de retração (3,0 cm). Na Figura 4, é apresentada uma vista aérea do trecho após a concretagem.

### 2.4 Monitoramento e análise

Neste artigo, são analisadas as seções 8 e 9 (Figura 5), com foco no monitoramento do pavimento por meio da avaliação do Índice de Condição do Pavimento (ICP), de inspeções visuais para identificação de defeitos e da análise da eficiência de transferência de carga entre placas. A investigação baseia-se em dados obtidos com o equipamento *Falling Weight Deflectometer (FWD)*, que permite simular o carregamento dinâmico do tráfego. As seções foram selecionadas por apresentarem diferentes tipos de reforço: a seção 8 é composta por concreto com macrofibras de aço, enquanto a seção 9 utiliza macrofibras poliméricas. Em ambas as seções, as placas foram dimensionadas com tamanhos semelhantes, permitindo uma comparação mais consistente entre os desempenhos estruturais. A seção 9 é composta por 6 placas, enquanto a seção 8 apresenta 8 placas, ambas delimitadas por juntas de retração e de ligação.

**FIGURA 4**

TRECHO EXPERIMENTAL APÓS A CONCRETAGEM

Para a análise da eficiência na transferência de cargas, foi inserida uma junta de ligação em cada uma das seções (símbolo JL2 indicado na Figura 5), com a inclusão de barras de transferência, conforme ilustrado na Figura 6.

Nas mesmas seções, as demais divisões entre placas foram executadas apenas com juntas de retração (Figura 7). O objetivo é verificar a eficiência das macrofibras na transferência de cargas nessas juntas.

A medição foi realizada com o deflectômetro de impacto modelo TBTTWD-NJ-M, do tipo trailer, composto por um disco circular de 20 cm de diâmetro e sete geofones. O procedimento consistiu no posicionamento do disco, seguido da elevação e liberação da carga em queda livre entre as juntas, a fim de determinar a taxa de transferência de carga entre as placas de concreto. No ensaio de impacto não destrutivo, aplicou-se uma carga de 4,1 kN. Foram realizados dois impactos: o primeiro destinado ao assentamento dos pratos e sensores, e o segundo utilizado para a coleta dos dados. Os geofones foram dispostos de modo que três permanecessem na placa anterior à junta e quatro na placa posterior, assegurando a adequada captação das deflexões entre placas.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Propriedades mecânicas e de trabalhabilidade do concreto

O concreto, no estado endurecido, foi caracterizado por meio de ensaios normatizados. A resistência à compressão simples foi determinada conforme a NBR 5739 (2018), enquanto a resistência à tração na flexão seguiu a NBR 12142 (2010) (Tabela 2). Para esses ensaios, utilizou-se um corpo de prova aos 7 dias e dois corpos de prova aos 28 dias.

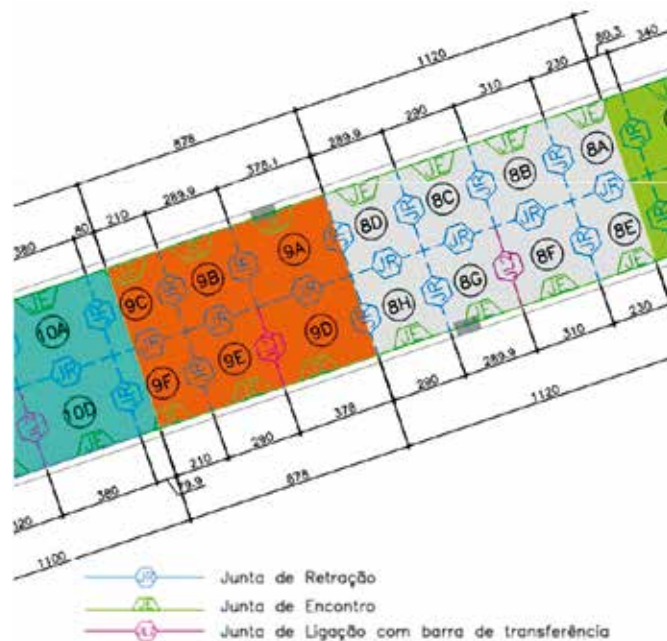
Adicionalmente, foram realizados ensaios de tração na flexão (limite de proporcionalidade e resistências residuais), de acordo com a NBR 16940 (2020) (Tabela 3), empregando três corpos de prova.

Como especificações técnicas para esses pavimentos, o concreto deveria apresentar resistência característica à compressão ( $f_{ck}$ ) igual ou superior a 35 MPa, e resistência característica à tração na flexão ( $f_{ct,fk}$ ) igual ou superior a 4,5 MPa. Na Tabela 2 é possível observar que estes valores são atendidos.

Além disso, para o concreto reforçado com fibras, os parâmetros  $f_{R1}$  e  $f_{R4}$  devem ser superiores a 1,8 MPa. Como demonstrado na Tabela 3, esses valores também foram alcançados.

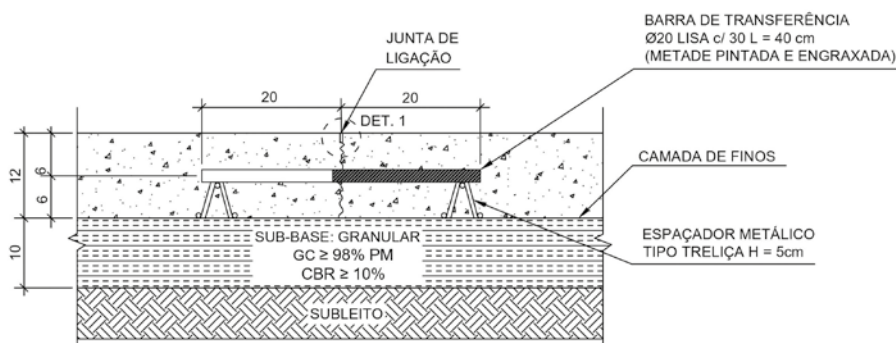
#### 3.2 Índice de condição do pavimento (ICP)

O Índice de Condição do Pavimento (ICP) é um parâmetro numérico obtido por meio de inspeções visuais ou com tecnologia a laser, que, a partir do preenchimento de um relatório contendo todas os defeitos identificados e seus respectivos



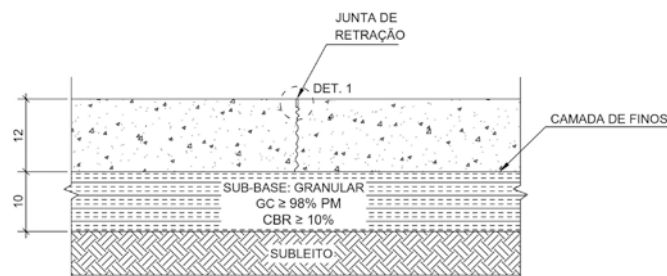
**FIGURA 5**

DETALHAMENTO DAS SEÇÕES ESTUDADAS



**FIGURA 6**

DETALHAMENTO DAS BARRAS DE TRANSFERÊNCIAS ADICIONADAS NAS JUNTAS DE LIGAÇÃO



**FIGURA 7**

DETALHAMENTO DAS JUNTAS DE RETRAÇÃO



**TABELA 2**

PROPRIEDADES DO CONCRETO NAS SEÇÕES 8 E 9

Seção	Slump (mm)	f <sub>ck</sub> (MPa)		f <sub>ct,r</sub> (MPa)	
		Média 7 dias	Média 28 dias	Média 7 dias	Média 28 dias
8	130	34,7	41,1	4,2	7,4
9	140	38,1	48,0	7,7	9,6

**TABELA 3**

RESISTÊNCIAS RESIDUAIS A FLEXÃO DAS SEÇÕES 8 E 9

Seção	f <sub>L</sub> (MPa)	CV (%)	f <sub>R1</sub> (MPa)	CV (%)	f <sub>R4</sub> (MPa)	CV (%)
8	6,45	4,39	3,11	17,46	2,29	10,38
9	6,16	6,92	2,30	17,20	2,21	20,68

**TABELA 4**

ICP DO PAVIMENTO POR CONJUNTO DE SEÇÕES

Faixa	Medidor	Seção inicial	Seção final	ICP	Classe
Direita	Direita	6	12	92,4	Excelente
Direita	Esquerda	6	12	92,4	Excelente
Esquerda	Direita	6	12	86,9	Excelente
Esquerda	Esquerda	6	12	92,4	Excelente

graus de severidade, permite avaliar a condição estrutural e funcional do pavimento. Essa ferramenta é amplamente utilizada para subsidiar estratégias de manutenção e recuperação das vias, conforme estabelecido pela norma DNIT 714 (2005).

O ICP foi avaliado utilizando o equipamento RSP MK-IV e perfilômetros inerciais a laser equipados em picape. O veículo percorreu por duas vezes em cada via em uma velocidade média de

25 km/h e os dados foram compilados em uma planilha em Excel.

Este levantamento foi realizado um mês após a concretagem e os resultados dessa análise podem ser observados na Tabela 4.

De acordo com DNIT 62/2004 - PRO (2004), o ICP é considerado excelente, acima de 85%. De acordo com o levantamento de defeitos, o principal problema encontrado foi “defeito de selagem das juntas”, com grau de severidade baixo.

Na ocasião, nem todas as juntas estavam seladas.

### 3.3 Defeitos no pavimento

Ao longo de um período de um ano, foram realizadas inspeções visuais mensais em todo o trecho experimental. Os

defeitos identificados, bem como sua evolução ao longo do tempo, foram registrados em planilhas e serão apresentadas a seguir. Nesse período, poucos defeitos foram registrados: esborcinamentos de juntas com graus de severidade leves, fissuras com graus de severidade leves e médios e degraus de juntas. Nas seções 8 e 9, foi registrada apenas o defeito ilustrado na Figura 8.

Ao verificar o corte das juntas nas placas 8B e 8C, onde foi identificada uma fissura de severidade média, observou-se profundidades irregulares: entre 1,5 cm e 3,0 cm nas juntas B-C, e entre 2,5 cm e 3,5 cm nas juntas C-D. Segundo o DNIT 714/2005, a profundidade ideal seria de 4 cm para placas de 12 cm. Essa variação, aliada às cargas veiculares, pode ter contribuído para o surgimento do defeito.

### 3.4 Eficiência na transferência de carga (Load Transfer Efficiency - LTE)

A LTE foi definida pela razão entre a deflexão da placa carregada ( $\delta_1$ ) e a da placa adjacente não carregada ( $\delta_2$ ), conforme a Equação 1 (Khazanovich; Gotlif, 2003). Neste estudo, consideraram-se as leituras nos pontos 0 e 30 como representativas das deflexões da placa sob carga e sem carga, respectivamente.

$$[1] \quad LTE = \frac{\delta_2}{\delta_1} \cdot 100 (\%)$$

A Tabela 5 apresenta os dados medidos e calculados referentes às placas das seções 8 e 9. Os pontos correspondentes estão geograficamente localizados conforme ilustrado na Figura 5, apresentada anteriormente.

Na Figura 9, é possível observar e comparar os valores de LTE.

Observa-se, na Figura 9, que todas as placas apresentam valores de eficiência na transferência de carga (LTE) superiores a 80%. Pavimentos novos com barras de transferência costumam registrar LTE acima de 80%, enquanto aqueles sem barras geralmente situam-se acima de 70%. As medições apresentadas foram realizadas após 10 meses de uso do pavimento. Destacam-se três pontos:

**FIGURA 8**

FISSURA LONGITUDINAL NA SEÇÃO 8

- a) A temperatura do pavimento foi monitorada durante toda a coleta das deflexões e variou entre 29 °C e 33 °C, representando um baixo gradiente térmico. Esse fator é relevante na análise da LTE, uma vez que temperaturas elevadas provocam a expansão das placas de concreto, reduzindo a abertura das juntas. Essa condição favorece a transferência de carga entre placas. No entanto, valores de LTE superiores a 100% indicam a presença de ruído nas leituras;
- b) O LTE entre as placas 8B e 8C foi de 83,8%, o menor valor registrado no conjunto. Exatamente entre essas placas, conforme apresentado no item 3.2, foi identificada uma fissura de baixa severidade, que pode ter influenciado negativamente esse resultado;
- c) O MnDOT (2019) recomenda que pavimentos de concreto de cimento Portland (PCC) com espessura inferior a 17,8 cm não utilizem barras de transferência de carga, devido ao cobrimento limitado. Nas medições

**TABELA 5**  
RESULTADOS DA EFICIÊNCIA DE TRANSFERÊNCIA DE CARGA (LTE)

Placa	Força (kgf)	δ1 (D <sub>0</sub> )	δ2 (D <sub>30</sub> )	LTE (%)	T_PAV (°C)	Macrofibra	Barra de transferência
8A+B	4.000,00	26,63	23,85	89,56	29,40	Aço – 20 kg/m <sup>3</sup>	Não
8B+C	3.870,00	33,55	28,11	83,79	28,50		Não
8C+D	3.850,00	32,98	31,10	94,30	28,40		Não
8E+F	3.980,00	23,22	22,52	96,99	30,20		Não
8F+G	4.030,00	24,24	21,44	88,45	30,50		Sim
8G+H	3.960,00	21,60	21,29	98,56	29,80	Polimérica – 4 kg/m <sup>3</sup>	Não
9A+B	3.990,00	23,45	21,79	92,92	30,10		Não
9B+C	4.020,00	23,21	24,08	103,75	31,40		Não
9D+E	4.010,00	23,60	21,09	89,36	31,70		Sim
9E+F	3.950,00	30,19	30,59	101,32	33,20		Não

realizadas, os menores valores de LTE foram observados justamente nas posições onde havia barras de transferência. Considerando a espessura do pavimento de 12 cm e o uso de barras de 20 mm de diâmetro, essa tendência pode ser atribuída à redução da seção útil de concreto na região das barras, o que diminui a eficiência na transferência de carga. Por outro lado, as seções reforçadas

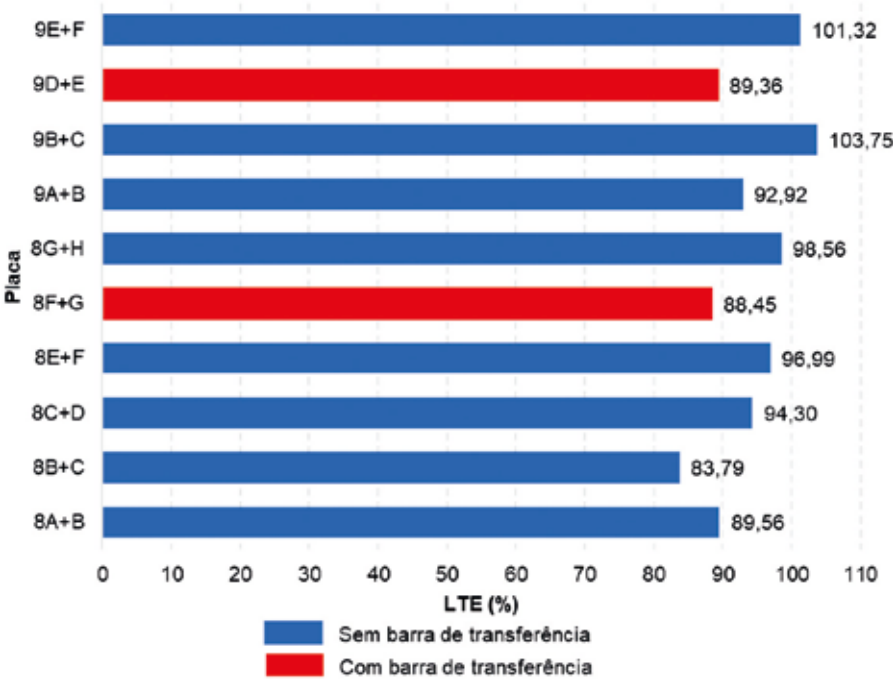
exclusivamente com fibras apresentaram melhor integridade estrutural, indicando desempenho mais favorável sob as mesmas condições.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstram que o pavimento experimental de concreto de cimento Portland reforçado com fibras apresentou desempenho estrutural satisfatório, com valores de LTE superiores a 80% em todas as placas avaliadas. A utilização do equipamento FWD permitiu uma análise da resposta do pavimento às cargas dinâmicas. A caracterização mecânica do concreto e o Índice de Condição do Pavimento (ICP) reforçam a viabilidade técnica do sistema, especialmente para vias de baixo e médio volume de tráfego. A presença de fibras estruturais mostrou-se eficaz na redução de defeitos e na melhoria da rigidez das juntas, mesmo na ausência de barras de transferência. Esses achados contribuem para o avanço de soluções econômicas e duráveis em projetos de infraestrutura viária.

#### AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado parcialmente pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), Código de Financiamento 001. Agradecemos à empresa Dynatest, representada por Adriano Márcio da Silva Júnior, pela coleta e fornecimento dos dados utilizados na análise. Também à Evolução Engenharia, na pessoa do Guilherme Sumitomo, pela viabilização e apoio ao desenvolvimento do projeto e ensaios com o concreto reforçado com fibras. ☺



**FIGURA 9**  
RESULTADOS DA EFICIÊNCIA DE TRANSFERÊNCIA DE CARGA (LTE)

## ► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABNT. NBR 12142: Concreto - Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. 2010. Rio de Janeiro, 2010.
- [2] ABNT. NBR 16889: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. 2020. Rio de Janeiro, 2020.
- [3] ABNT. NBR 16940: Concreto reforçado com fibras - Determinação das resistências à tração na flexão (limite de proporcionalidade e resistências residuais) - Método de ensaio, 2021.
- [4] BALBO, José Tadeu. Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- [5] BARMAN, Manik *et al.* Toward the development of pavement-specific structural synthetic fibers. St. Paul: Minnesota Department of Transportation, 2024.
- [6] BARMAN, Manik *et al.* Post-crack flexural and joint performance behaviors of fiber-reinforced concrete for pavements. Transportation Research Record, v. 2676, n. 2, p. 290-301, 2021.
- [7] DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. PRO-062/2004. Regulamentada em 25 de novembro de 2004. Pavimentos rígidos - Avaliação objetiva - Procedimento. Rio de Janeiro, 1.ed., p. 29. 2004.
- [8] DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. IPR-714/2005. Regulamentada em 26 de julho de 2007. Manual de Pavimentos Rígidos. Rio de Janeiro, 2.ed., p. 234. 2005.
- [9] KHAZANOVICH, Lev *et al.* Evaluation of joint and crack load transfer: final report. Champaign, IL: ERES Consultants / Federal Highway Administration, 2003.
- [10] MnDOT. (2019). MnDOT Pavement Design Manual. St. Paul, MN: Minnesota Department of Transportation.
- [11] PHARES, Brent M *et al.* Development of a high speed rigid pavement analyzer: phase I feasibility and need study. Ames, IA: National Concrete Pavement Technology Center, Iowa State University, 2008.
- [12] VANDENBOSSCHE, Julie M. Effects of slab temperature profiles on use of falling weight deflectometer data to monitor joint performance and detect voids. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, n. 2005, p. 75-85, 2007.

### Sistemas de Fôrmas para Edifícios

Recomendações para a melhoria da qualidade e da produtividade com redução de custos



**ANTONIO CARLOS ZORZI**

### SISTEMAS DE FÔRMAS PARA EDIFÍCIOS: RECOMENDAÇÕES PARA A MELHORIA DA QUALIDADE E DA PRODUTIVIDADE COM REDUÇÃO DE CUSTOS

**Autor: Antonio Carlos Zorzi**

O livro propõe diretrizes para a racionalização de sistemas de fôrmas empregados na execução de estruturas de concreto armado e que utilizam o molde em madeira

As propostas foram embasadas na vasta experiência do autor, diretor de engenharia da Cyrela, sendo retiradas de sua dissertação de mestrado sobre o tema.

#### DADOS TÉCNICOS

ISBN 9788598576237

Formato: 18,6 cm x 23,3 cm

Páginas: 195

Acabamento: Capa dura

Ano da publicação: 2015

Patrocínio



Aquisição:  
[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)  
(Loja Virtual)