

## ANÁLISE EXPERIMENTAL DE LAJES ALVEOLARES COM CONTINUIDADE POR ADIÇÃO DE ARMADURA NA CAPA

Andreilton de Paula Santos<sup>1</sup>, Roberto Chust Carvalho<sup>2</sup> & Libânio Miranda Pinheiro<sup>3</sup>

### Resumo

*Este trabalho considera um estudo experimental de pavimentos de concreto pré-moldado formado por lajes alveolares, levando em conta a continuidade. Grande parte dos edifícios de concreto pré-moldado, construídos no Brasil e no exterior, é constituída por lajes alveolares. No cálculo desses elementos, a prática comum é considerá-los como simplesmente apoiados. Para melhorar o desempenho das lajes alveolares, é possível promover a continuidade nos apoios intermediários. Isso pode ser feito colocando armadura na região tracionada da ligação, no interior da capa. O objetivo deste trabalho é apresentar a forma como será feita a análise experimental. Para isto, são propostos ensaios utilizando lajes alveolares em escala real. Desse modo, espera-se que a pesquisa promova avanços nos conhecimentos que se têm sobre lajes alveolares, sobretudo com relação ao seu comportamento nos pavimentos de edifícios.*

*Palavras-chave: Lajes alveolares. Continuidade. Pavimentos de edifícios. Concreto pré-moldado. Concreto protendido.*

## EXPERIMENTAL ANALYSIS OF HOLLOW CORE SLABS WITH CONTINUITY BY ADICTION OF TOPPING REINFORCEMENT

### Abstract

*This paper considers an experimental study of precast concrete floors formed by hollow core slabs, taking continuity into account. Most buildings of precast concrete, built in the world, consists of hollow core slabs. In the design of these elements, the common practice is to consider them as simply supported. To improve the performance of hollow core slabs, continuity can be promote in the intermediate supports. This can be done by placing reinforcement in tensioned region of the connection, inside the topping. The aim of this work is to present how the experimental analysis will be performed. For this, tests are proposed using hollow core slabs in full-scale. Thus, it is expected that the research promotes advances in knowledge about hollow core slabs, mainly with relation to their behavior on the building floors.*

*Keywords: Hollow core slabs. Continuity. Building floors. Precast concrete. Prestressed concrete.*

*Linha de Pesquisa: Estruturas de Concreto e de Alvenaria.*

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Elliot (2002), metade dos pavimentos em edifícios comerciais e residenciais em todo o mundo é feita em concreto pré-moldado. Esse sistema oferece vantagens, em termos de custo, quando comparado com métodos de execução tradicionais, tais como concreto moldado no local, estruturas mistas em concreto e aço, e pisos em estruturas de madeiras.

Existem várias formas de se conceber o sistema de pavimentos utilizando concreto pré-moldado. No Brasil e no exterior, uma das formas mais usadas é com elementos de laje alveolar.

<sup>1</sup> Doutorando em Engenharia de Estruturas - EESC-USP, andreiltonsantos@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da UFSCar, chust@ufscar.br

<sup>3</sup> Professor Doutor do Departamento de Engenharia de Estruturas da EESC-USP, libanio@sc.usp.br



Eles foram desenvolvidos a partir dos anos 1950, nos Estados Unidos e na Europa, em decorrência do avanço nas tecnologias de produção de concreto e também da pista de protensão. São conhecidos por permitir sistemas econômicos de pavimentos e também de cobertura, com alta velocidade de montagem, pequeno número de elementos e baixo peso próprio. Estima-se que o peso próprio de um elemento de laje alveolar é metade do relativo a uma seção maciça de mesma altura.

Normalmente as lajes alveolares são projetadas como elementos simplesmente apoiados. Isso acontece devido ao fato de ser um elemento protendido; logo, com capacidade de suportar elevadas cargas para vãos consideráveis, sofrendo pouca deformação.

Entretanto, é possível executar a ligação entre os tramos das lajes com capacidade de transferência de momento fletor. A isto se dá o nome de continuidade, que pode ser estabelecida colocando-se armadura na região tracionada, no interior da capa (Figura 1a), ou pode ser feita através de barras concretadas dentro de aberturas, no topo dos alvéolos (Figura 1b). Dessas duas formas, a continuidade é feita nas regiões de momento negativo, próximas aos apoios intermediários.

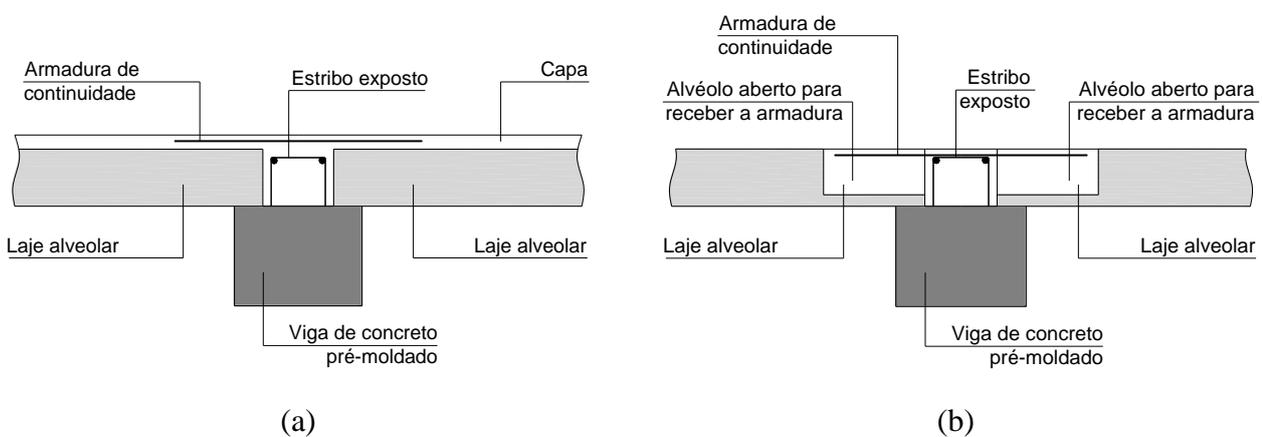


Figura 1 – Formas de estabelecer a continuidade nas lajes alveolares (a) Armadura na capa; (b) Armadura em abertura feita no topo do alvéolo.

Nos grandes centros de pesquisa em concreto pré-moldado, a laje alveolar tem sido objeto de estudos dos mais variados. Entre os assuntos mais estudados estão: o comprimento de transferência no apoio (refere-se à capacidade de aderência na região do apoio), a capacidade de suporte à flexão e a capacidade ao cisalhamento.

Os estudos sobre continuidade, embora existam, ainda são escassos quando comparados com os citados no parágrafo anterior. Em função disso, o objetivo deste trabalho em andamento é o estudo da continuidade nos apoios intermediários das lajes alveolares, obtida com a inserção de armadura na capa. Será dada ênfase à análise experimental, mas serão abordados, também, estudos analíticos e modelagem numérica.

## 2 METODOLOGIA

O programa experimental compreenderá duas etapas. Na primeira será realizado de um ensaio de flexão nos moldes descritos por Costa (2009), considerando uma laje alveolar simplesmente apoiada, com as mesmas características dos elementos de laje utilizados nos ensaios com continuidade. Terá por objetivo obter os parâmetros básicos do elemento e do material utilizado.

Com esse ensaio será possível obter o comportamento da laje na situação biapoiada, que posteriormente será utilizado como referência na comparação com a situação de continuidade. Para isso serão obtidos os valores de deslocamentos da laje, rotação no apoio, momento de fissuração e, através deste, o módulo de elasticidade do material utilizado no elemento de laje.

A segunda etapa compreenderá ensaios de dois modelos com continuidade, conforme esquema apresentado na Figura 2.

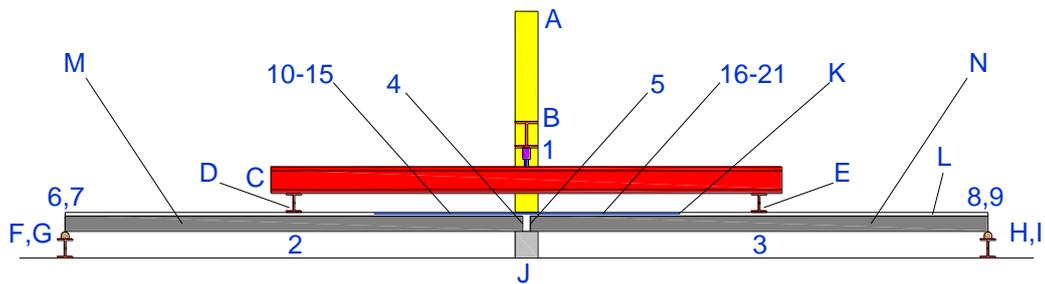


Figura 2 – Esquema de ensaio de flexão em lajes alveolares com continuidade.

Cada modelo será composto por duas lajes alveolares (M e N), dois apoios nas extremidades, de forma a permitir a rotação (F, G, H e I), um apoio intermediário (J), onde será promovida a ligação com continuidade, e a capa de concreto (L), com a presença da armadura de continuidade (K).

Será considerada a situação de lajes alveolares apoiadas em elementos rígidos, ou seja, os apoios não sofrerão deslocamentos verticais. Além dos elementos que comporão o modelo a ser ensaiado, a Figura 2 apresenta também os seguintes materiais necessários ao ensaio:

- A → pórtico de reação;
- B, C, D e E → vigas de transferência.

Nos ensaios de continuidade, será prevista instrumentação adequada de forma a garantir a leitura dos seguintes dados: deslocamentos dos elementos de laje, rotação no apoio intermediário, reações nos apoios de extremidade, posição da linha neutra no apoio intermediário, deslocamento relativo da capa e deslocamento relativo da cordoalha. A Figura 2 apresenta os seguintes equipamentos para instrumentação:

- 1 → conjunto para aplicação e medição da carga (macaco, célula de carga e rótula);
- 2 e 3 → transdutores de deslocamentos;
- 4 e 5 → clinômetros;
- 6, 7, 8 e 9 → células de cargas para medir as reações de apoio;
- 10 a 21 → total de 12 extensômetros elétricos de resistência, do tipo condutor colado.

Em um modelo será aplicada uma carga no meio do vão de cada laje, para representar de forma satisfatória o comportamento de flexão (Figura 2).

Em outro modelo as cargas serão aplicadas próximas ao apoio intermediário, a fim de simular o comportamento de cisalhamento.

### 3 DESENVOLVIMENTO

Pretende-se realizar os ensaios no laboratório do Núcleo de Estudo e Tecnologia em Pré-moldados de Concreto - NETPRE, da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, que conta com equipamentos e experiência em estudos de lajes alveolares, além de convênio com a Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto - ABCIC. Nessa fase, pretende-se avaliar o comportamento da ligação com continuidade e dos mecanismos de ruína, o momento de fissuração do conjunto, a distribuição da fissuração no elemento e se ocorre plastificação na ligação.

## 4 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se obter resultados que esclareçam os seguintes aspectos:

- Grau de rigidez da ligação. Em outras palavras, verificar se a ligação feita para promover a continuidade se comporta como semirrígida ou como rígida;
- Modos de ruína da laje com continuidade, comparando com as situações de laje simplesmente apoiada;
- Plastificação na ligação, ou seja verificar se ela realmente ocorre;
- Benefícios de se utilizar a continuidade nas edificações em que se emprega concreto pré-moldado, de acordo com a prática feita no Brasil.

## 5 CONCLUSÕES PARCIAIS

Os resultados experimentais serão extensivamente analisados, a fim de identificar o comportamento do modelo analisado, seja pela influência da continuidade, seja pelos modos de ruptura do modelo. Será feita uma análise comparativa dos resultados dos ensaios experimentais das lajes simplesmente apoiadas e daquelas com continuidade.

## 6 AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela bolsa de doutorado. Ao NETPRE, pela disponibilidade para a realização dos ensaios. À ABCIC, que doará o material necessário à pesquisa, através de convênios com fábricas de concreto pré-moldado.

## 7 REFERÊNCIAS

COSTA, O. O. **Avaliação de desempenho de elementos de lajes alveolares protendidas pré-fabricadas**. 2009. 132p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

ELLIOT, K. S. **Precast concrete structures**. 1.ed. Woburn, MA, United Kingdon: Butterworth-Heinemann, 2002.