DIAGNÓSTICO EXPLORATÓRIO SOBRE PARÂMETROS PARA MODULARIZAÇÃO DE LAJES MACIÇAS PRÉ-FABRICADAS: ESTUDO DE CASO

SOBRENOME01, Nome (1); SOBRENOME02, Nome (2)

(1) Curso, Instituição, e-mail@dominio.br;

(2) Curso, Instituição, Instituição, e-mail@dominio.br

Resumo: *O uso de elementos de concreto pré-moldado (CPM) se apresenta como uma excelente alternativa para a Indústria da Construção Civil. Porém, diversas construtoras optam por produzir, in loco, lajes nos padrões do CPM, dentre as quais as Lajes Maciças Pré-Moldadas (LMPM). Visando contribuir para melhorar a eficiência na produção de LMPM nas fábricas (lajes maciças pré-fabricadas - LMPF), este trabalho tem como objetivo identificar parâmetros visando a modularização desses elementos. Foi realizada uma entrevista com base em questionário semiestruturado com os responsáveis de uma fábrica de elementos pré-fabricados. O principal resultado deste trabalho é o diagnóstico exploratório, com base na entrevista realizada, em que foram apresentados os seguintes parâmetros a serem considerados na produção de painéis modulares em fábricas: parâmetros de transporte e montagem, ressaltando-se as limitações de 2,37m de largura e a distância de 12,00 m para içamento com caminhão "Munk".*

Palavras-chave: *: Off-Site Construction, Laje Pré-Fabricada, Modularização.*

Área do Conhecimento: *Construção Civil, Processos Construtivos, Tecnologia de componentes para construção. .*

1 INTRODUÇÃO

O uso de elementos pré-fabricados de concreto se apresenta como uma excelente alternativa para a Indústria da Construção Civil (ICC), por permitir uma redução da variabilidade de suas características, propriedades e um melhor fluxo de produção nos canteiros de obras. Assim, desde o início do século, cresce na ICC o interesse pela adoção da *Off-Site Construction* (OFC), que consiste em aumentar os índices de industrialização das obras, levando parte dos serviços para serem executados em ambientes controlados [1].

Desde o início dos anos 90, esses processos de industrialização vêm sofrendo outro tipo de abordagem. Essa abordagem é tratada como uma nova filosofia de produção que visa reduzir ou eliminar os desperdícios, ou Atividades de Fluxo, como o Transporte, Movimentação, ou Espera [2–4]. Essas atividades, também identificadas como atividades que Não Agregam Valor, representam 90% das atividades realizadas em fábricas de pré-moldados, assim, este setor possui um grande potencial de melhorias com a implementação dos princípios Lean [5,6].

Uma atividade com um grande potencial de melhorias com a implementação da OFC consiste na execução de lajes em edificações verticais, tanto em relação à ergonomia e segurança quanto em relação a quantidades de outras atividades da obra que dependem da finalização desta para serem iniciadas [7,8]. Além destes aspectos, é grande a variabilidade no consumo de materiais encontrada na execução destes elementos, pois, em média, as lajes em obras de edifícios residenciais apresentam uma sobrespessura de 5,4% em relação as medidas especificadas em projeto e, os volumes de concreto são, em média, entregues 3,6% abaixo do solicitado [8]. Neste sentido, as LMPF, se tornam uma alternativa para a redução desses desperdícios, dos riscos do trabalho em altura e dos problemas de planejamento trazidos pelo tempo de escoramento. Apesar disso, diversas construtoras optam por produzir as LMPF *in loco*. Desta forma, além da dificuldade de produção devido a não modularização de painéis, diversos benefícios da OFC são perdidos durante o transporte e a montagem *in loco*

desses elementos [10,11] somados ao fato deste tipo de produção não condizer com as mais conceituadas filosofias de gestão e os princípios da *Lean Production*, estudados e aprimorados em todos os setores de produção. Neste contexto, torna-se relevante o aprimoramento da industrialização de seguimentos da construção civil, principalmente o de construções residenciais. Estudos que identifiquem processos viáveis para produção de LMPM em grande escala podem colaborar para o aumento da industrialização na construção de residências, que usualmente utilizam lajes concretadas *in loco*.

Visando contribuir para melhorar a eficiência na produção de Lajes Maciças nas fábricas, com base nas principais demanda de mercado, este trabalho tem como objetivo identificar os principais parâmetros visando a modularização desses elementos para sua produção em linhas de montagem em fábricas.

2 LAJES MACIÇAS PRÉ-FABRICADAS

As lajes maciças pré-fabricadas podem ser produzidas em painéis biapoiados de larguras padronizadas, com juntas de ligação armadas entre os painéis, ou ainda, em placas com as exatas dimensões dos ambientes, conforme ilustra a Figura 1, em que as juntas de ligação coincidem com os apoios das paredes [16]. No caso das LMPF produzidas em painéis de largura fixa, por um lado, existe ainda a necessidade do grauteamento das juntas para evitar a fissuração nas emendas. Além disso, é necessário realizar o içamento e nivelamento de uma quantidade maior de peças, em relação as LMPF produzida em placas. Por outro lado, traz vantagens na produção industrializada, pois permite que a produção seja feita em painéis de largura fixa e grandes dimensões e posteriormente cortados e comercializados conforme a demanda. Já em relação as LMPF produzidas em placas, por um lado, seu processo de montagem é mais simples, pois, como as placas são produzidas nas dimensões dos ambientes, dispensa-se a necessidade de grauteamento das juntas. Além disso, como as juntas ocorrem somente sobre as paredes, o nivelamento dos painéis é executado com mais facilidade, além de dispensar a necessidade de acabamento inferior, quando a fabricação é feita com um bom controle de qualidade. Por outro lado, esse sistema traz dificuldades para a produção industrializada, pois como existe uma grande variação nas dimensões de ambientes nas obras, as peças necessitam de uma fabricação personalizada. Essa dificuldade também ocorre na produção em canteiro, pois dentro de uma mesma obra existe a necessidade de vários tipos de placas diferentes, e consequentemente, uma maior quantidade de formas (12–15). Na Figura 1 são ilustradas algumas etapas de produção destas lajes nos canteiros de obras.

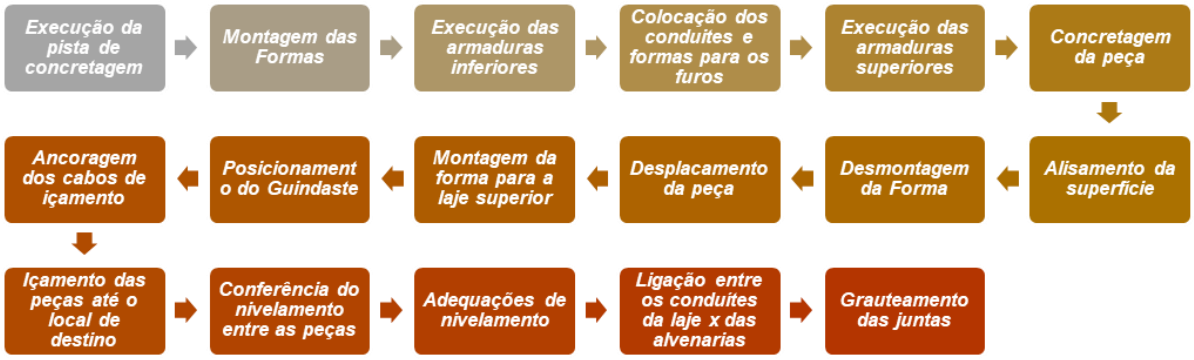
Figura 1 - Alisamento de laje maciça



Fonte: Silva, Moura e Campos Junior (2012)

Nesse sistema de produção in loco, as construtoras necessitam de uma série de equipamentos e ferramentas, além da montagem de uma estrutura própria no canteiro de obras. Pois, o sistema necessita de uma pista de concretagem, fôrmas deslizantes específicas, alisamento da superfície do concreto e o içamento das peças até o pavimento, conforme ilustra a Figura 2. Assim, apesar de diversas filosofias de produção recomendarem a fabricação em ambientes controlados e com baixa variabilidade, as fábricas de lajes e pré-fabricados têm dificuldades em produzir esse tipo de elemento. Com isso, torna-se relevante estudos que auxiliem na modularização dessas lajes, para auxiliar a produção em maior escala.

Figura 2 - Atividades de produção das LMPM

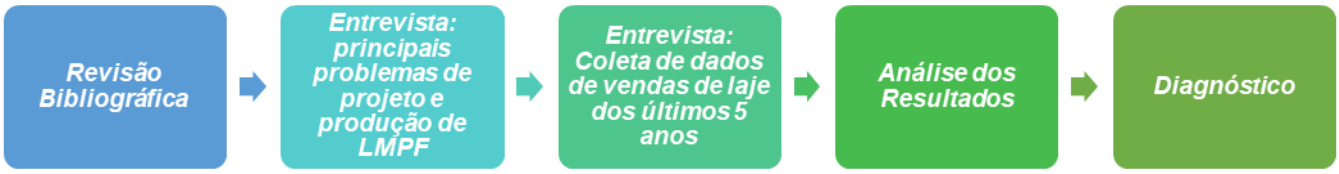


Fonte: autores

3 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de caso exploratório, obtendo-se informações baseadas em experiências vivenciadas. Assim, foi realizada uma entrevista com base em um questionário semiestruturado com os responsáveis de uma fábrica de lajes do interior de São Paulo. Realizou-se a análise dos dados das vendas de laje dos últimos 5 anos na fábrica analisada. As etapas percorridas para atingir o objetivo proposto estão apresentadas na Figura 3.

Figura 3 - Etapas de Pesquisa



Fonte: Autores

Assim, as etapas são descritas da seguinte maneira:

- **Entrevista**: realizou-se uma entrevista com o proprietário e com o engenheiro responsável de uma fábrica de lajes, armadura pronta e artefatos de concreto que atende uma cidade de médio porte no interior do estado de São Paulo. O engenheiro possui formação superior em Engenharia Civil e Engenharia Mecânica; já o proprietário da empresa, que não possui formação superior, atua no segmento desde 1979. A entrevista foi pautada por um questionário semiestruturado que tinha os seguintes tópicos: dificuldade de produzir lajes maciças, dificuldade de alterar as matrizes (formas), dificuldade de estoque das lajes maciças, dificuldade de transporte das lajes maciças, dificuldade de montagem das lajes maciças. Por fim, foi cedida pela empresa uma listagem com todos os orçamentos de lajes realizados entre 2015 e 2021 com as dimensões de largura e comprimentos dos elementos.
- **Análise dos Resultados**: foi possível compilar e parametrizar as informações obtidas por meio da entrevista. Os dados de lajes orçadas foram listados e numerados em ordem cronológica, com suas respectivas dimensões. Assim, foi adotado como principal parâmetro a ser analisado, a “Menor Dimensão da Laje”, sendo o menor valor entre largura e o comprimento, pois, além de ser considerado o principal parâmetro de cálculo estrutural, trata-se da dimensão limitante de transporte, bem como uma possível dimensão padrão para painel de largura fixa.
- **Diagnóstico**: obtenção da visão da empresa entrevistada sobre as principais dificuldades de produção, transporte e montagem das LMPF, além de parâmetros como: dimensões limitantes de transporte, distância máxima de içamento e tempos de cura.

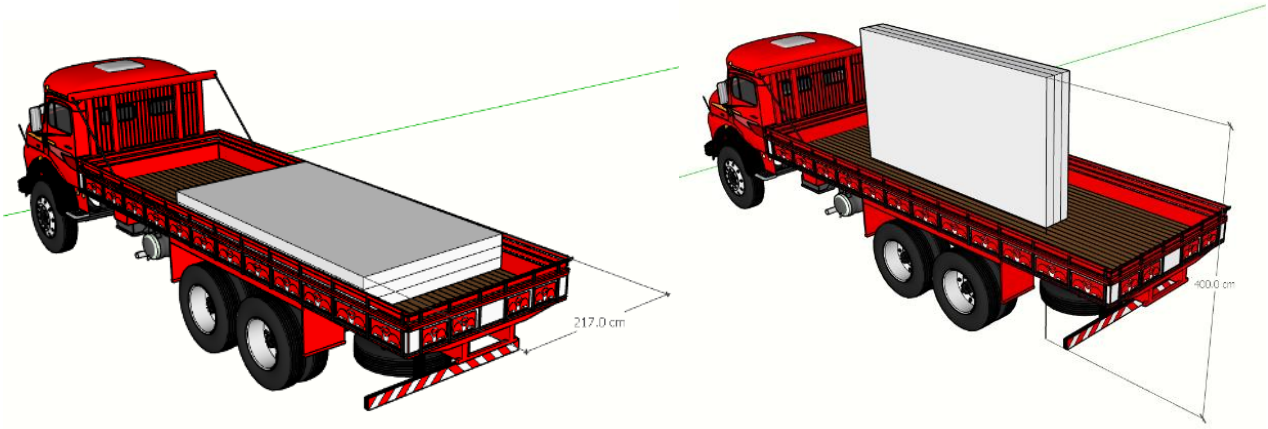
4 RESULTADOS

Dentre eles foram apresentados os parâmetros de largura máxima dos painéis de laje, posição de transporte, limitação da distância de içamento, principais problemas de montagem *in loco*, e tempo de desforma e transporte:

- Largura máxima para transporte: 2,37 m;
- altura máxima para transporte: 4,00 m;
- distância máxima para içamento de lajes em construções térreas: 12,00 m;
- necessidade de nivelamento adequado das canaletas de respaldo;
- tempo necessário para desforma das peças: 24 h;
- tempo necessário para transporte das peças: 72 h.

A Figura 4 ilustra painéis de laje na carroceria de um caminhão de transporte dispostas de duas maneiras distintas e com as dimensões limitantes de altura e largura.

Figura 4 - Dimensões máximas de transporte



Fonte: Autores

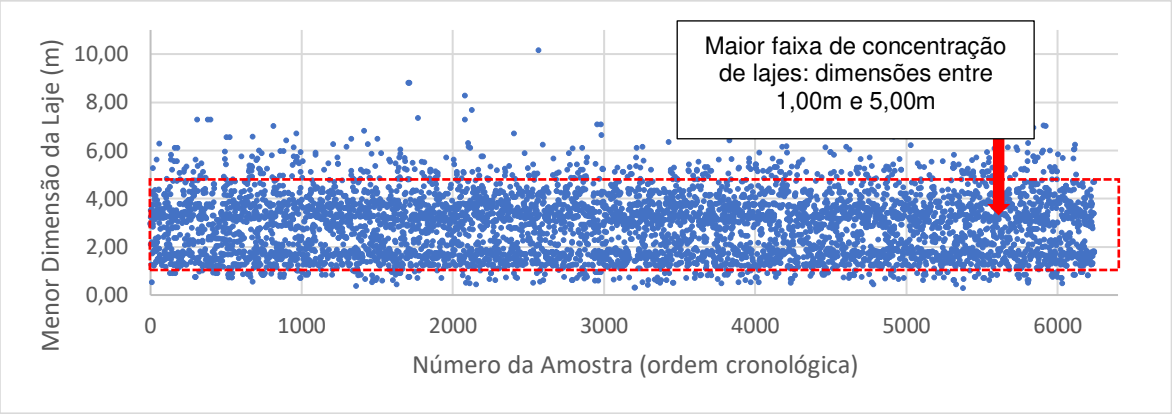
Por outro lado, a resolução nº 210 do Contran (2006) também estabelece limites de cargas para transporte como a altura e largura máxima do veículo:

- Largura máxima para transporte: 2,60 m;
- altura máxima para transporte: 4,40 m.

Portanto, nota-se que as dimensões limites estabelecidas pela empresa entrevistada são inferiores as dimensões estabelecidas pelo Contran (2006). Isso ocorre, pois, durante a entrevista, foi levado em conta as facilidades que a empresa teria em se adaptar à fabricação dessas peças, com isso, esta relatou as limitações dos equipamentos que já possuía, no caso o caminhão, portão de acesso ao pátio, etc. Outro fato importante a se analisar consiste na possibilidade do transporte das placas em pé. Neste caso, há a necessidade de superdimensionamento, levando-se em consideração as posições em que a peça ficaria submetida durante todos os processos de transporte: estoque, cura, caminhão, descarga na obra, içamento e montagem.

Os dados de quantidades de lajes orçadas pela empresa, totalizando 6245 unidades, foram agrupados em uma tabela e numerados em ordem cronológica. Foi escolhida como a principal variável a ser analisada a “menor dimensão”, por se tratar dos comprimentos dos painéis de laje fabricados pela empresa. A dispersão das amostras (Figura 5) demonstrou que os valores possuem majoritariamente dimensões entre 1,00 e 5,00 m, porém, com uma grande variação dimensional.

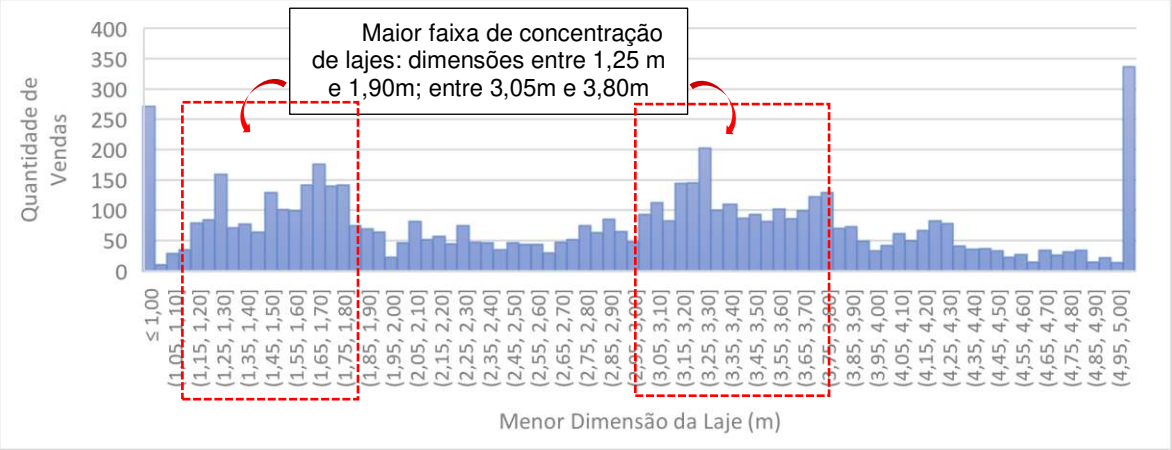
Figura 5 - Amostras de lajes orçadas de 2015 a 2021



Fonte: Autores

Foi elaborado um histograma (Figura 6) para melhor análise dos padrões de dimensão dos painéis, em que os dados foram agrupados em faixas de 5cm, por se tratar de uma variação de dimensão aceitável para este tipo de painel. Foram agrupados os valores menores que 1,00m e maiores que 5,00m, por não possuírem uma quantidade pequena de amostras e uma grande variação dimensional, podendo ser consideradas dimensões "especiais", de difícil padronização.

Figura 6 - Histograma das amostras de lajes orçadas de 2015 a 2021



Fonte: Autores

5 CONCLUSÃO

O principal resultado deste trabalho são os parâmetros de transporte e montagem obtidos na entrevista, baseados na realidade da empresa analisada, ressaltando-se as limitações de 2,37m de largura e a distância de 12,00 m para içamento com caminhão "Munk". Também foi possível analisar os padrões de dimensões das amostras obtidas, em que os resultados se agruparam, principalmente nos intervalos de dimensões 1,25-1,90 m e 3,05-3,80 m. Se notou também a grande variação de dimensão para valores inferiores a 1,00 m e superiores a 5,00m, podendo ser considerados valores fora dos padrões de venda, pela baixa frequência em relação aos demais. Sugere-se que a modularização de largura seja no sentido de atender as larguras entre 1,25 m e 1,90 m, pois, nessas dimensões menores, além de atender uma grande parcela das amostras coletadas, é possível atender dimensões maiores, com a colocação de mais painéis, o que tornaria mais difícil com painéis de largura entre 3,05-3,80 m.

6 REFERÊNCIAS

1 Hosseini, M.R.; Martek, I.; et al. Critical evaluation of off-site construction research: A Scientometric analysis. **Automation in Construction**, v. 87, n. July 2017, p. 235–247, 2018.

2 Alarcón, L. **Lean Construction**. Rotterdam: Taylor e Francis, 1997.

3 Koskela, L. **Application of the new production philosophy to construction**. 1992.

4 SHINGO, S. **Sistema Toyota De Produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre, RS: Artmed, 1996.

5 Ray, B.; Ripley, P.; et al. Lean Manufacturin g A Systematic Approach to Improving Productivity in the Precast Concrete Industry. **PCI Journal**, n. January-February, p. 62–71, 2006.

6 Wang, C.; Min Liu, A.M.A.; et al. Causes and Penalties of Variation: Case Study of a Precast Concrete Slab Production Facility. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 138, n. 6, p. 775–785, 2012.

7 Carvalho, L.C., Paliari, J.C. CONDIÇÕES ERGÔNOMICAS NO SERVIÇO DE CONCRETAGEM DE LAJE MACIÇA DE CONCRETO. In: **1º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na COnstrução e 10º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção**. Fortaleza-CE, Brasil: 2017, p. 426–433.

8 Formoso, C.T.; Soibelman, L.; et al. Material waste in building industry: Main causes and prevention. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 128, n. 4, p. 316–325, 2002.

9 Lim, J.; Park, K.; et al. Cost reduction effects of in-situ PC production for heavily loaded long-span buildings. **Journal of Asian Architecture and Building Engineering**, v. 19, n. 3, p. 242–253, 2020.

10 Matt, D.T.; Dallasega, P.; et al. Synchronization of the manufacturing process and on-site installation in ETO companies. **Procedia CIRP**, v. 17, p. 457–462, 2014.

11 Castilho, V.C. de; Debs, M.K. El; et al. Using a modified genetic algorithm to minimize the production costs for slabs of precast prestressed concrete joists. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 20, n. 4, p. 519–530, 2007.

12 SILVA, Jamiro Godinho Da e MOURA, Márcio Luiz De e CAMPOS JUNIOR, Dejanir José. A**nálise técnica de lajes maciças pré-moldadas do tipo içada aplicadas em edificações de múltiplos pavimentos**. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, n. 1, p. 369–383, 2012.

13 QUAGLIO, Jaqueline de Pieri. Produção em escala da Habitação e Racionalização de Canteiros de Obras. 2018. 223 f. Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo - USP, 2018.

14 TEIXEIRA, Celimar Azambuja; Rodolfo Bolzon Martinelli; Ricardo José Guimarães. Análise do Processo Construtivo com laje içada. 2016, Ponta Grossa: VI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2016

15 SOTOMAYOR, Camila Ribeiro Gomes. Gerenciamento e gestão da implantação e manutenção de uma central de pré-moldados em obra de edificações: Estudo das vantagens e desvantagens. 2017. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) I, UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.