



Manifestação patológica em laje pré-fabricada com vigotas treliçadas: um estudo de caso em Caxias, Maranhão, Brasil

Mikhael Ferreira da Silva SANTOS¹, Cláudio Vidrih FERREIRA²

¹ UFPE, Caxias, Maranhão, contato@engmikhaelferreira.com.br1

² UNESP, Bauru, Brasil, vidrih@vidrih.com.br

Abstract: The truss system, in turn, is composed of prefabricated elements, solidified to the concrete of the ribs and the cover. Its purpose is great as cost-benefit (and more cost-effective) of the slabs, presenting an excellent cost-benefit ratio, 19. The main disadvantage of this slab is the greater possibility of reaching the Service Limit State - ELS compared to solid or ribbed slabs. The fact that it is a slab formed by prefabricated beams (beams) joined with concrete, special attention must be paid to its detailing, especially in the connections and stress distributions. The present study aims to analyze a real case of work for a commercial building located in the municipality of Caxias, state of Maranhão, Brazil. The analysis aims to verify the pathological manifestations in the precast slab with lattice joists, seeking to bring important parameters of design and execution with this type of solution. The analysis of the structure allowed to verify its integrity and structural stability, allowing the release of the building for the construction of kitinets without the need for any structural reinforcement, only a recovery due to the lack of secondary reinforcement of the slab.

Keywords: Laje pré-fabricada, Laje treliçada, manifestação patológica.

1. Introdução

É muito comum, hoje, edificações terem lajes com vãos significativos e com paredes de alvenaria dispostas diretamente sobre elas. Uma solução muito utilizada é o emprego de lajes nervuradas, onde grande parte do concreto abaixo da linha neutra foi eliminada, reduzindo o seu peso próprio. Ocorre, também, uma significativa redução dos escoramentos necessários para concretagem desse tipo de laje.

O sistema treliçado, por sua vez, é composto por elementos pré-fabricados, solidarizados ao concreto das nervuras e a capa. Sua finalidade é extrapolar e superar as limitações técnicas e econômicas das lajes nervuradas, apresentando uma ótima relação custo-benefício (CAIXETA, 1998). O emprego desse sistema é comum em construções de pequeno e médio porte.

A principal desvantagem dessa laje é a maior possibilidade de atingir o Estado Limite de Serviço – ELS se comparadas à laje maciça ou nervurada. O fato de ser uma laje formada por vigas (vigotas) pré-fabricadas unidas com concreto, exige uma atenção especial em relação ao seu detalhamento, em especial, nas ligações e distribuições das tensões (CUNHA, 2012).

É importante reforçar que dentre os parâmetros mais importantes no dimensionamento desse tipo de estrutura, estão as ligações. De uma forma geral, as lajes pré-moldadas são consideradas unidirecionais e biapoiadas, não obstante, a continuidade das mesmas é possível, assim como sua bidirecionalidade, desde que suas ligações sejam apropriadamente consideradas no dimensionamento (TORRES, 2018). Nesse sentido, entender as ligações e aplicações executivas desse tipo de solução é imprescindível para evitar a ocorrência de manifestações patológicas, portanto, o presente estudo visa analisar um caso real de obra para uma edificação comercial situada no município de Caxias, estado do Maranhão, Brasil.

A análise visa verificar as manifestações patológicas na laje tipo pré-moldada com vigotas treliçadas, buscando trazer parâmetros importantes de projeto e execução com esse tipo de solução. O objetivo

também é melhorar o estado da arte do tema abordado, devido a pouca produção de estudos brasileiros sobre o tema.

2. Sistema pré-fabricado de lajes com vigotas pré-moldadas

2.1 Considerações Gerais

Segundo a NBR 14859-1 (2016), laje pré-fabricada é constituída de elementos pré-fabricados lineares, estruturais e inertes de enchimento, conforme figura 01. Esse tipo de laje pode ser unidirecional ou bidirecional, tendo o elemento pré-moldado, também chamado de vigota, em concreto armado com seção T invertida (VC), em concreto protendida (VP) e em forma de treliça em uma base de concreto (VT), conforme figura 02.

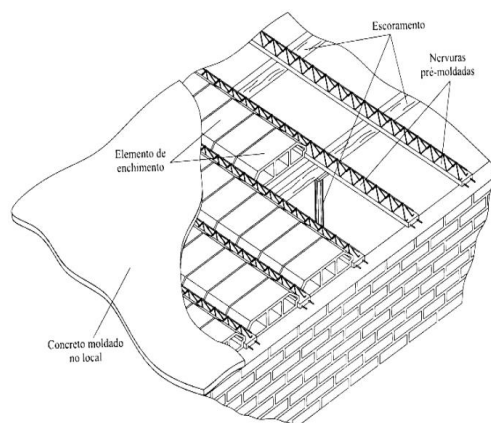
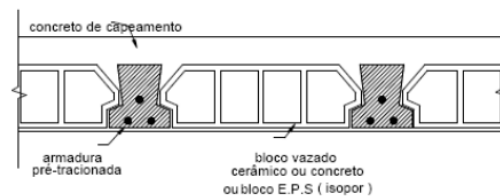


Figura 1 – Ilustração da laje pré-fabricada com vigotas treliçadas (CUNHA, 2012).



vigota de concreto armado comum (VC)



vigota de concreto armado protendido (VP)



Figura 2 – Tipos de vigotas pré-fabricadas (CUNHA, 2012).

2.2 Vigotas pré-moldadas com armadura treliçada (VT)

O uso de vigotas pré-moldadas com armadura treliçada é o tipo mais comum e faz parte das lajes que são objeto de estudo deste trabalho. Essas vigotas são formadas por base de concreto e armação traliçada, conforme figura 03. As treliças usam, em geral, fios de aço CA-60 soldados por eletrofusão e são constituídas por um fio superior (denominado banzo superior), dois fios inferiores (denominados banzos inferiores) e diagonais (denominadas sinusóides).

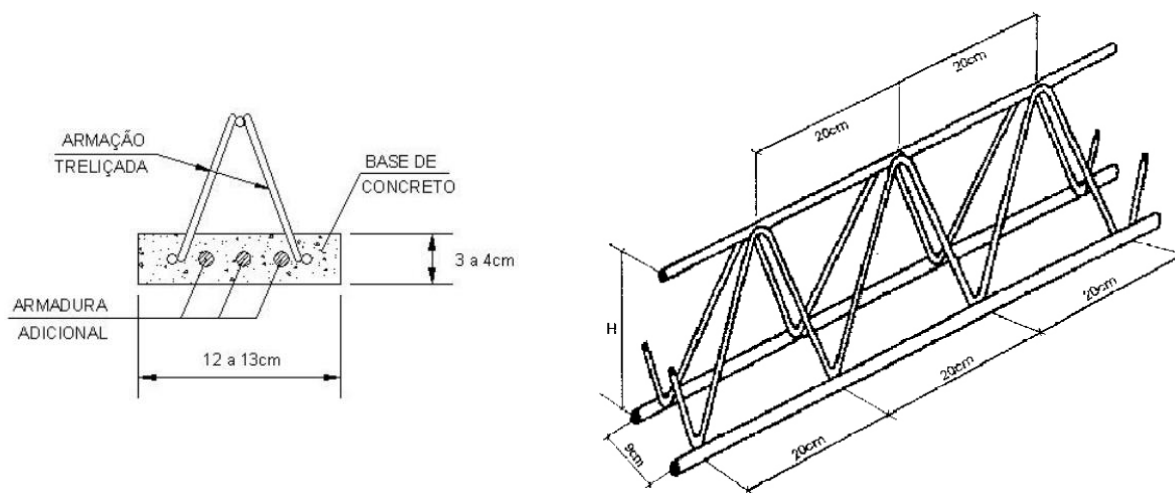


Figura 3 – Vigotas treliçadas (MANUAL DE FABRICAÇÃO DAS LAJES PUMA, 2003).

2.3 Análise estrutural

As lajes pré-fabricadas podem ser unidirecionais ou bidirecionais. As primeiras são formadas por nervuras em uma única direção, enquanto a bidirecional apresenta nervuras em ambas as direções. Droppa Jr. (1999) analisou lajes unidirecionais e bidirecionais pré-fabricadas, comparando o modelo de viga e o modelo de grelha, avaliando os deslocamentos ocorridos. Chegou-se a conclusão que o modelo de viga é muito próximo do modelo de grelha para a laje unidirecional. Já para a laje bidirecional, o modelo de grelha culminou em deslocamentos menores ao modelo de viga, mas relativamente próximos.

Avilla Junior (2009) realizou uma pesquisa para verificar os vãos mais utilizados no Brasil. Verificou-se que cerca de 50% dos projetistas utilizam vão máximo de 6 metros para esse tipo de laje. Filho e Shiramizu (2011) corroborou com uma pesquisa semelhante, encontrando que mais de 50% dos projetistas utilizam vãos entre 3 a 6 metros de vão.

Para que o projeto esteja de acordo com as normas brasileiras, deve-se verificar os estados limites: Estado Limite Último e o Estado Limite de Serviço. A NBR 14859 (2016) não trata de procedimentos de cálculo a respeito de flechas, devendo remeter-se exclusivamente à norma NBR 6118:2014.

2.4 Vigas de borda

Alguns dos pontos críticos na execução de uma laje pré-fabricada com vigotas treliçadas são as vigas de borda. Buiate e Lima (2005) realizaram um estudo numérico de lajes com vigotas treliçadas enfatizando a interação com as vigas de bordo. Foi avaliado também o maciçamento de regiões próximas ao apoio para verificar se havia melhoria no comportamento estrutural.

Foi constatado que o maciçamento de regiões próximas ao apoio reduziu significativamente as flechas da laje, bem como o comportamento de rotação das vigas de apoio. Um detalhe muito importante é que deve-se controlar as rotações das vigas de borda já que influencia significativamente nos esforços solicitantes e deformações, podendo provocar manifestações patológicas não estruturais (BUIATE; LIMA, 2005).

3. Materiais e métodos

A fim de utilizar termos apropriados conforme as teorias de pesquisas, os materiais e métodos utilizados para alcançar os objetivos propostos nesse estudo se baseiam, conforme definições de Lakatos (2003), nas metodologias denominadas documentação indireta (pesquisa bibliográfica e documental) e documentação direta (pesquisa em campo).

A edificação analisada situa-se no município de Caxias, Estado do Maranhão, sendo uma edificação comercial de dois pavimentos. A figura 04 ilustra a localização da edificação no contexto urbano da cidade, enquanto a figura 05 ilustra uma vista da fachada.



Figura 4 – Localização da edificação no contexto urbano do município (GOOGLE EARTH, 2022).

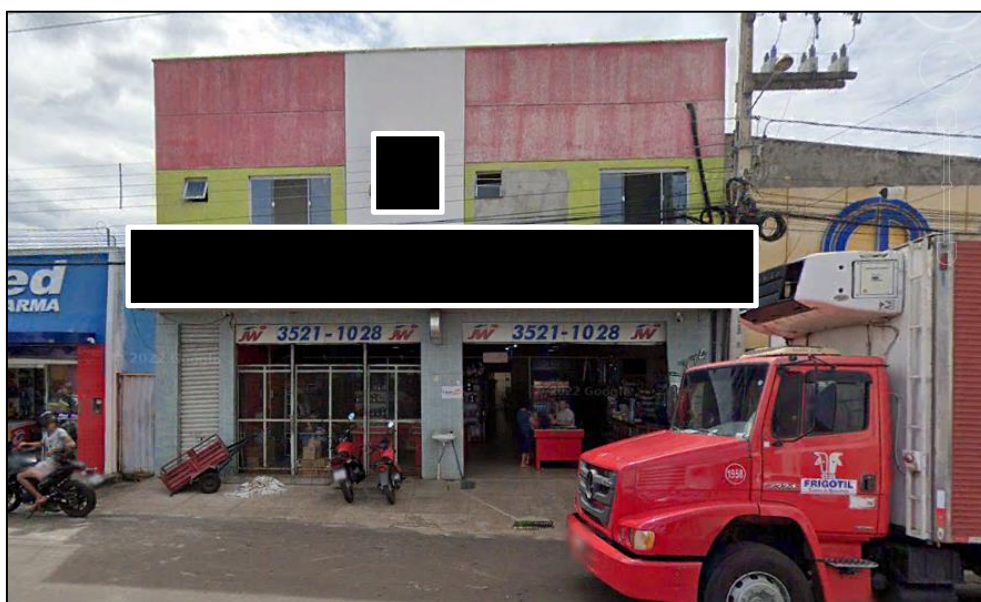


Figura 5 – Vista da fachada da edificação.

O fluxograma da figura 06 ilustra a sequência metodológica para análise das manifestações patológicas na laje da edificação supracitada.

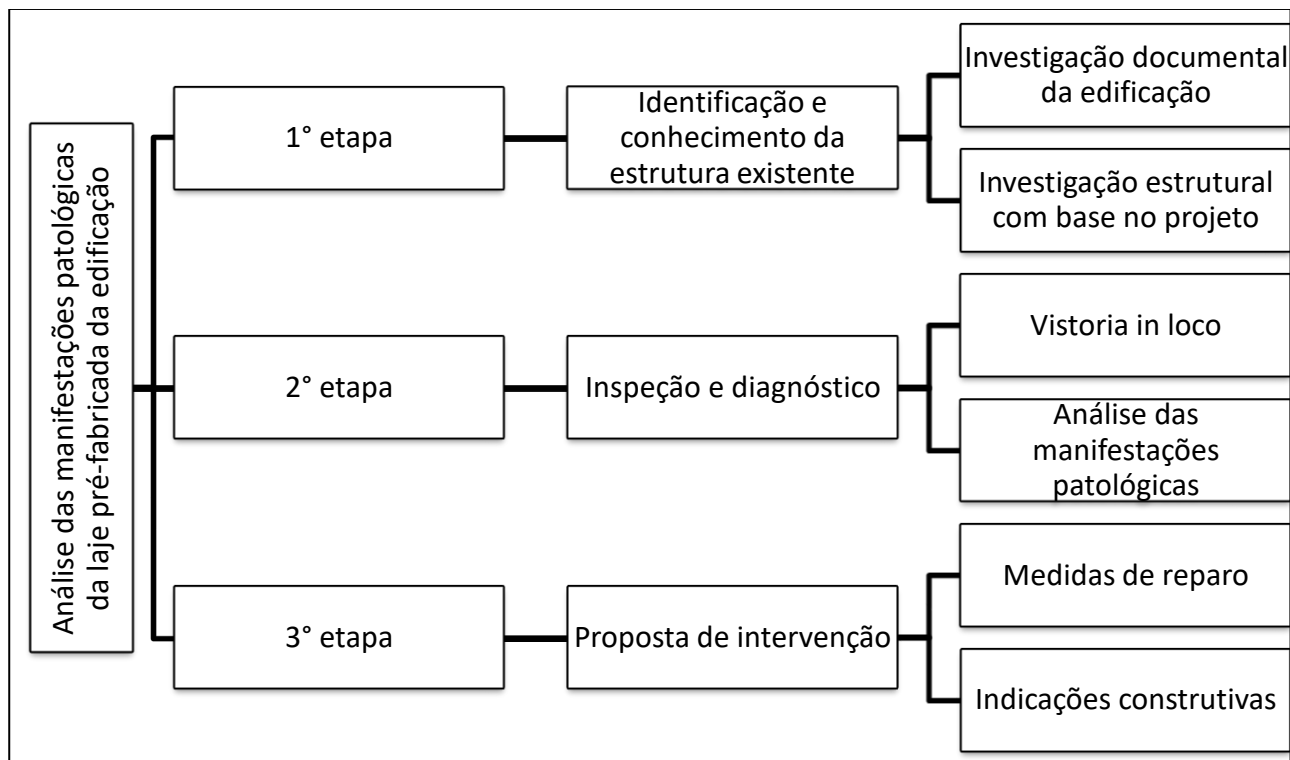


Figura 6 – Síntese da metodologia utilizada.

Para a análise numérica da edificação foi utilizada o software estrutural da empresa AltoQi Engenharia, sendo o Eberick em sua versão mais atual de 2022.

4. Resultado e discussões

Durante as vistorias realizadas na edificação, enfatizando a laje objeto do estudo, foi constatado fissuras na direção das vigas de borda em todos os sentidos, conforme figura 07.



Figura 7 – Vista geral com ilustração das fissuras existentes.

Não foi constatado nenhum tipo de deformação excessiva da laje, apenas a fissuração no sentido das vigas de apoio. A figura 08 ilustra vista da fissura após uma análise para constatação da profundidade e também da verificação de armaduras.



Figura 8 – Vista com maior detalhe da fissuração existente.

Conforme verificado, não foi encontrado a armadura secundária da laje, cuja função é controle de fissuração, principalmente nas ligações, conforme indicado por Buiate e Lima (2005).

Pelo fato de não haver indicações de problemas estruturais nas vigas e pilares existentes, bem como não haver deformações excessivas na laje, possivelmente poderia ser um problema não estrutural. Nesse sentido, foi verificado o projeto estrutural da edificação para analisar com maior profundidade.

Analisando o projeto estrutural, verificou-se o detalhamento da laje pré-fabricada, conforme figura 09. A laje foi projetada para um f_{ck} maior ou igual a 18 MPa, apresentando vigota treliçada TG12M (gerdau), com altura de 12 cm, com banzo superior de bitola 6 mm, diagonal 4,2 mm e banzo inferior de 5 mm, possuindo um peso de 0,886 kg/m. Além dessa informação, foi previsto 3 barras adicionais de 10 mm, prevendo uma sobrecarga de projeto de 300 kg/m².

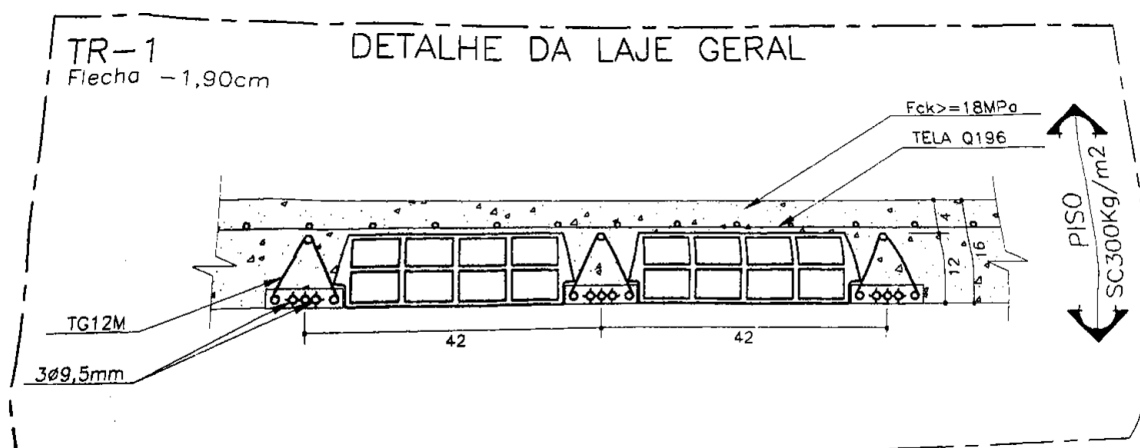


Figura 9 – Detalhamento da laje executada.

Conforme observado, foi previsto uma tela Q196, sendo uma malha de fios de aço CA 60 nervurado, sendo bitola de 5 mm x 5 mm. Conforme verificado, a tela não foi executada, sendo um problema construtivo.

A fim de verificar a laje e seu modelo estrutural, foi modelado a estrutura principal através do projeto estrutural existente, conforme ilustrado na figura 10.

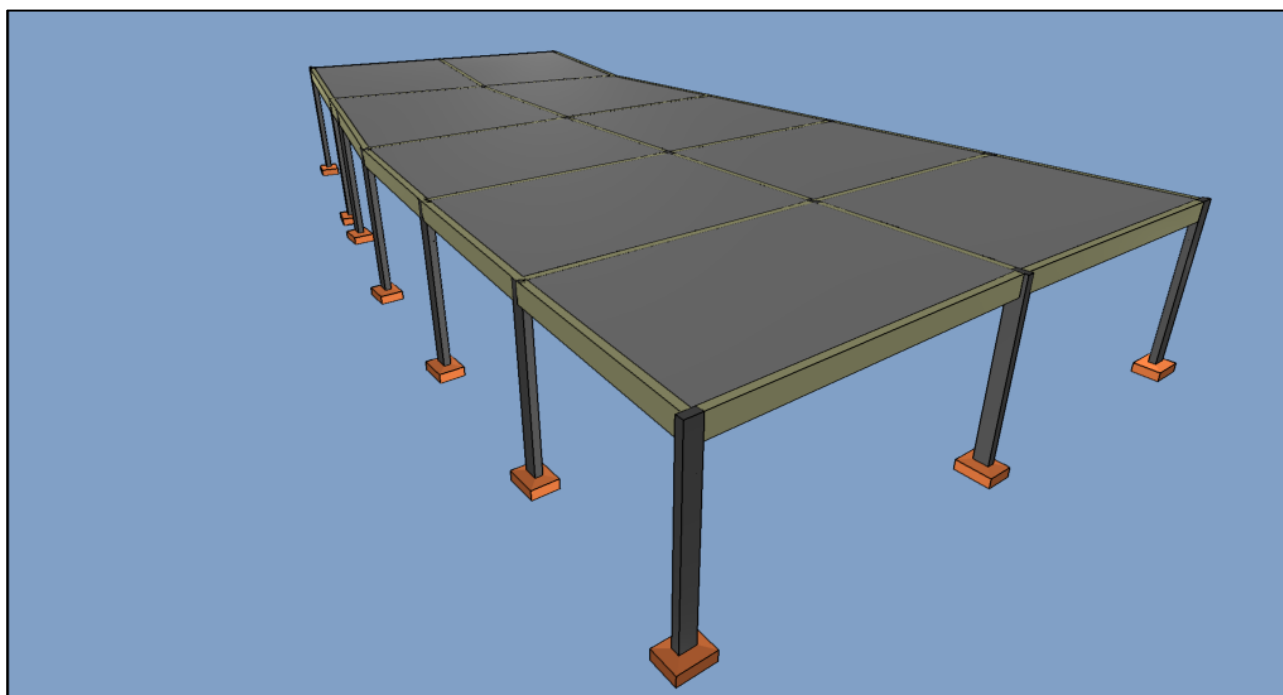


Figura 10 – Modelo estrutural da estrutura.

A partir do modelo estrutural, verificou-se se haveria algum erro de projeto. Entretanto, constatou-se que foi executado de forma correta, conforme a norma vigente NBR 6118:2003. Nesse sentido, a estrutura em si não apresenta nenhum problema estrutural.

A figura 11 ilustra as lajes analisadas via elementos finitos, permitindo analisar os impactos existentes na estrutura. Os momentos fletores existentes estão compatíveis para a sobrecarga de projeto. As armaduras adicionais nas vigotas podem ser 2 (duas) barras de 12.5 mm ou 3 (três) barras de 10 mm. O projetista escolheu a última opção conforme detalhamento ilustrado na figura 09.

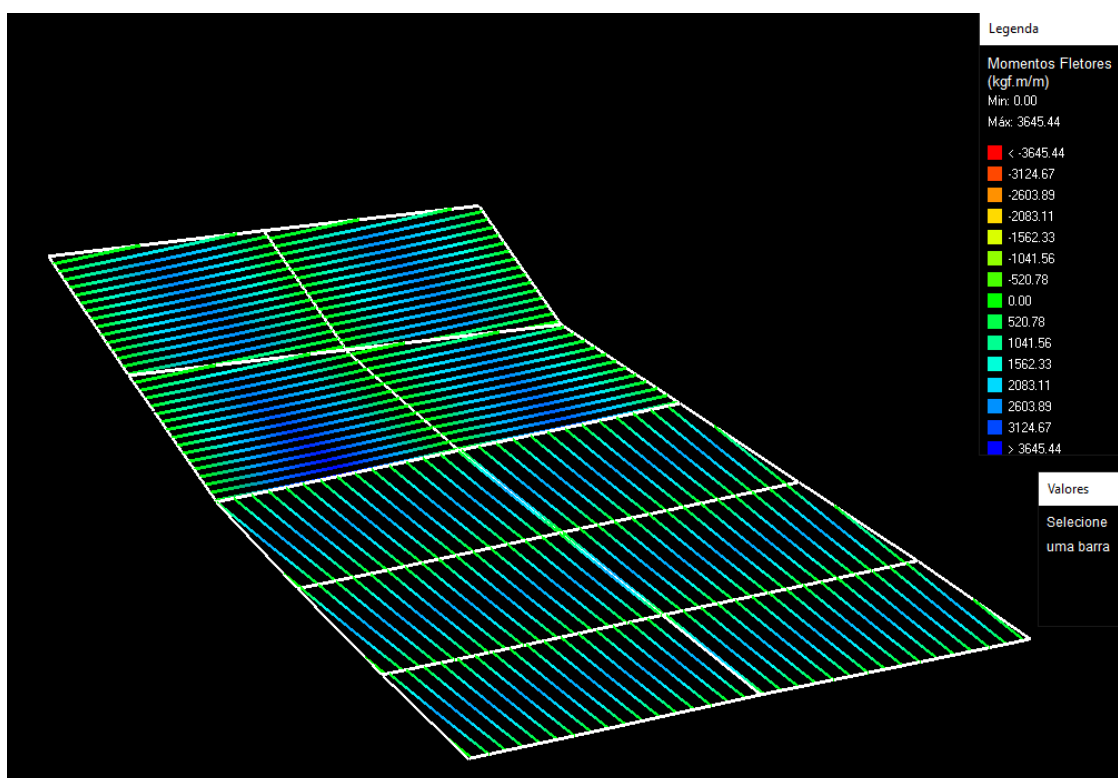


Figura 10 – Análise das vigotas pré moldadas.

Nesse sentido, a análise da estrutura, bem como o modelo de cálculo analisado, indicam que a laje apresenta condição de estabilização adequada. O que corrobora para a hipótese da falha construtiva de fissuração decorrente da não utilização da tela ou armação secundária.

Esse resultado permitiu a liberação da estrutura para execução de outra tipologia de empreendimento, sendo kitnets, conforme ilustrado na figura 11. A figura 12 ilustra vista do projeto para a laje.

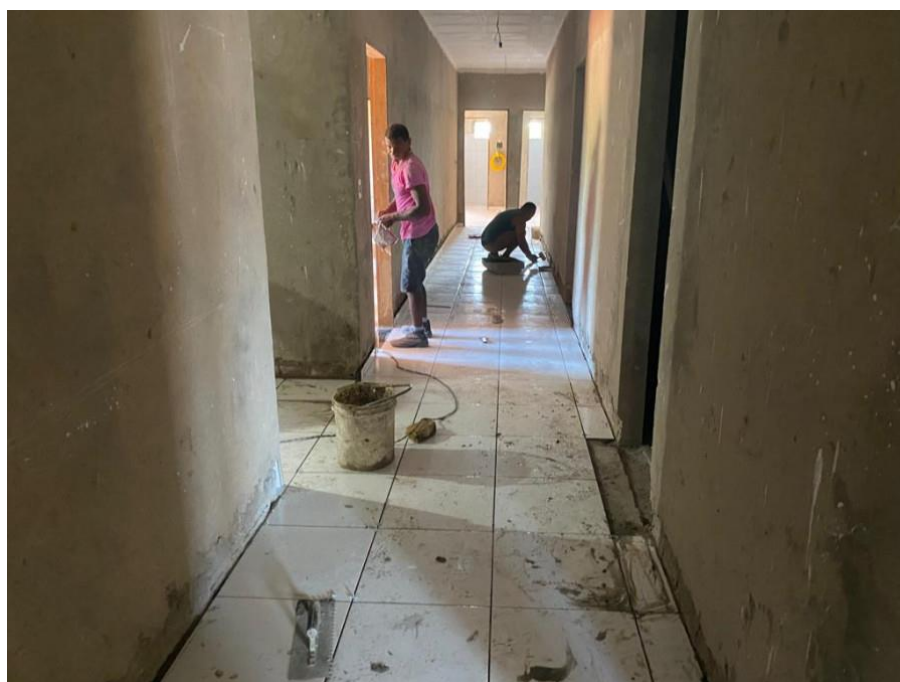


Figura 11 – Kitnets construídas em laje analisada após verificação.

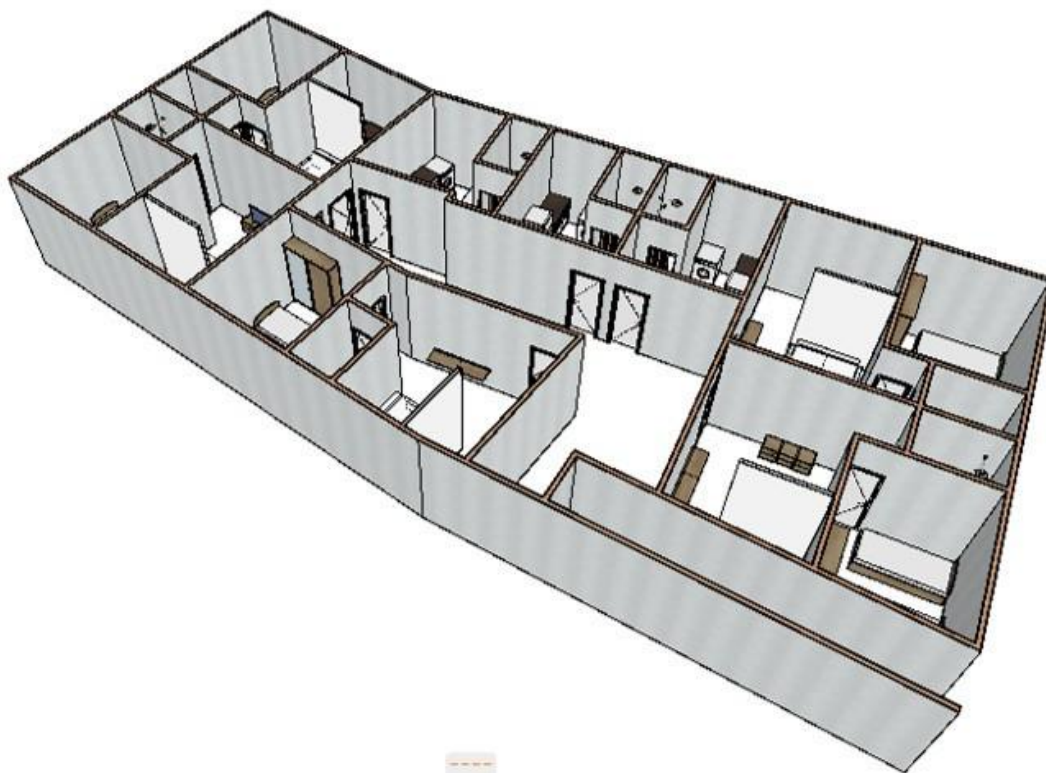


Figura 12 – Projeto das kitintes para a laje analisada.

5. Conclusões

Conforme analisado, o problema das fissurações da laje analisada era a falta de uma armadura secundária construtiva que possui a função de controlar as fissurações na ligação entre as vigas das bordas, conforme ressaltado por Buiate e Lima (2005). É muito comum a omissão dessa armadura entre construtores. Por isso a importância de reforçar o seu uso e evitar problemas maiores.

A análise da estrutura permitiu constatar sua integridade e estabilidade estrutural, permitindo a liberação da edificação para construção de kitinets sem a necessidade de nenhum reforço estrutural, tão somente uma recuperação em decorrência da falta da armadura secundária da laje.

Referencias

- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT 14859 – Parte 01. (2016). Lajes pré- fabricadas de concreto – Parte 01: Vigotas, minipainés e painés – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT.
- AVILLA JUNIOR, J. (2009) Contribuição ao projeto e execução de lajes lisas nervuradas pré-fabricadas com vigotas treliçadas. Dissertação de mestrado – Programa de Pós Graduação em Construção Civil. Universidade Federal de São Carlos. São Paulo – SP.
- BUIATE, M.; LIMA, M. C. V. (2005). Análise do comportamento de lajes nervuradas formadas por vigotas treliçadas e sua interação com as vigas de borda. 1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-moldado, São Carlos.
- Caixeta, D. P. (1998). Contribuição ao estudo de lajes pré-fabricadas com vigas treliçadas. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Engenharia Civil. Campinas, UNICAMP.
- Cunha, M. O. (2012). Recomendações para projeto de lajes formadas por vigotas com armação treliçada. Dissertação de mestrado – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo, USP.

- DROPPA JÚNIOR AL. (1999). Análise estrutural de lajes formadas por elementos pré-moldados tipo vigota com armação treliçada. Dissertação de mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- FILHO, F. R.; SHIRAMIZU, A. K. H. (2011). Projeto, produção e execução de edificações com lajes pré-moldadas treliçadas. Revista Ibracon de Estrutura e Materiais.
- Torres, A. P. V. (2018). Contribuição ao dimensionamento de lajes treliçadas em concreto pré-fabricado. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, UNICAMP.