

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
GUILHERME BUENO PEREIRA**

**ASPECTOS CONSTRUTIVOS DE LAJES TRELIÇADAS COM A
UTILIZAÇÃO DE ISOPORES E CERÂMICAS**

**LAGES
2021**

GUILHERME BUENO PEREIRA

**ASPECTOS CONSTRUTIVOS DE LAJES TRELIÇADAS COM A
UTILIZAÇÃO DE ISOPORES E CERÂMICAS**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Centro Universitário
Unifacvest como parte dos requisitos
para obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Aldori Batista
dos Anjos

LAGES

2021

GUILHERME BUENO PEREIRA

**ASPECTOS CONSTRUTIVOS DE LAJES TRELIÇADAS COM A
UTILIZAÇÃO DE ISOPORES E CERÂMICAS**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Centro Universitário
Unifacvest como parte dos requisitos
para obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Aldori Batista
dos Anjos

Lages, SC 13/07/2021. Nota _____

Professor Orientador: Aldori Batista dos Anjos

Coordenador do curso de Engenharia Civil

Aldori Batista dos Anjos

LAGES

2021

AGRADECIMENTOS

Agradecer a Deus pela vida e por permitir que tudo acontecesse da melhor forma possível, me guiando e proporcionando momentos incríveis.

Ao meu avô, por ser o melhor do mundo e me proporcionar esta oportunidade e por toda a confiança dada a mim para realizar este sonho.

As minhas avós por todo o apoio, amor e confiança e por todas as coisas boas que me proporcionam.

Aos meus pais por todo amor, dedicação, ensinamentos e apoio para a realização deste sonho.

Aos meus irmãos por serem os melhores irmãos.

A minha namorada que desde o começo esteve ao meu lado me incentivando e ajudando com amor e paciência.

A toda a minha família que me incentivou nesta caminhada fornecendo todo tipo de apoio necessário para a minha formação.

Aos meus amigos e colegas, em especial, Eliezer, Jeremias, João Junior e Mauro, por todos os momentos nesta caminhada e pela amizade construída entre nós nestes cinco anos e que levarei para a vida.

Aos meus colegas de trabalho, por todos os conhecimentos adquiridos, pela amizade construída e todos os momentos que passamos juntos.

Aos professores da Unifacvest que tive o prazer de conhecer e poder adquirir muitos conhecimentos, em especial o professor Aldori, o qual esteve presente em toda trajetória auxiliando para o melhor.

“Viver é acalentar sonhos e esperanças, fazendo da fé a nossa inspiração maior. É buscar nas pequenas coisas, um grande motivo para ser feliz.”

Mario Quintana

ASPECTOS CONSTRUTIVOS DE LAJES TRELIÇADAS COM A UTILIZAÇÃO DE ISOPORES E CERÂMICAS

GUILHERME BUENO PEREIRA¹

ALDORI BATISTA DOS ANJOS²

RESUMO

Trata-se do Trabalho de Conclusão de Curso sobre aspectos construtivos de lajes treliçadas com a utilização de isopores e cerâmicas, além de caracterizar seus componentes e apontar as principais vantagens e desvantagens do processo. Diante do crescimento de novos métodos na construção civil, apresenta-se um método que está em evolução e atende à essas expectativas. Construções com lajes treliçadas, sejam elas com isopores ou cerâmicas estão se tornando uma crescente no Brasil. Tendo em vista esses fatores, o presente trabalho busca através de pesquisas bibliográficas salientar a eficácia do método construtivo das lajes treliçadas com os elementos de enchimento. O estudo evidenciou que esse sistema tem como opções, maior benefício ao meio ambiente, custo-benefício, além de permitir vãos maiores com menor peso. Chega-se à conclusão que este método apresenta viabilidade e produtividade, onde dentre seus benefícios tornam-se viáveis em relação aos métodos tradicionais e proporcionam melhorias nas construções, apresentando ser uma ótima solução técnica e econômica para a modalidade.

Palavras-chave: Benefício; Lajes treliçadas; Construções; Produtividade.

¹Acadêmico da 10ª fase do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFACVEST.

E-mail: guilhermepereira12389@gmail.com

²Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Msc. em Engenharia Ambiental e Sanitária, coordenador e professor do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFACVEST.

E-mail: prof.aldori.anjos@unifacvest.edu.br

CONSTRUCTIVE ASPECTS OF LATTICE SLABS USING STYROFOAM AND CERAMICS

GUILHERME BUENO PEREIRA¹

ALDORI BATISTA DOS ANJOS²

ABSTRACT

This is the Course Conclusion Work about construction aspects of lattice-reinforced slabs with the use of styrofoam and ceramics, besides characterizing its components and pointing out the main advantages and disadvantages of the process. In view of the growth of new methods in civil construction, a method that is evolving and meets these expectations is presented. Constructions with lattice-reinforced slabs, either with isoprene or ceramics, are becoming a growing trend in Brazil. In view of these factors, this paper seeks through bibliographical research to highlight the effectiveness of the construction method of lattice-reinforced slabs with filler elements. The study evidenced that this system has as options, greater benefit to the environment, cost-effectiveness, allows larger spans with less weight. The conclusion is that this method presents viability and productivity, where among its benefits they become feasible in relation to traditional methods and provide improvements in the constructions, presenting itself as the technical and economical solution for the modality.

Keywords: Benefit; Truss slabs; Constructions; Productivity.

¹Acadêmico da 10ª fase do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFACVEST.

E-mail: guilhermepereira12389@gmail.com

²Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Msc. em Engenharia Ambiental e Sanitária, coordenador e professor do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFACVEST.

E-mail: prof.aldori.anjos@unifacvest.edu.br

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	TÍTULO DA PESQUISA	2
3	JUSTIFICATIVA	2
4	PROBLEMATIZAÇÃO	2
5	OBJETIVOS	3
5.1	OBJETIVO GERAL	3
5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
6	METODOLOGIA	3
7	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
7.1	HISTÓRICO DA LAJE	4
7.2	DEFINIÇÃO DE LAJE	4
7.3	LAJE PRÉ-FABRICADA TRELIÇADA	5
7.3.1	Vigotas treliçadas	6
7.3.2	Nervuras transversais e armaduras adicionais	8
7.3.3	Elementos de enchimento	8
7.3.3.1	Cerâmicas	9
7.3.3.2	Isopor EPS	9
7.4	PROCESSO CONSTRUTIVO	10
7.4.1	Fabricação de vigotas	10
7.4.2	Escoramento e disposição das vigotas	11
7.4.3	Disposição dos elementos de enchimento	12
7.4.4	Disposição de armaduras complementares	13
7.4.5	Concretagem e cura	14
7.4.6	Remoção de escoras	15
7.5	VANTAGENS E DESVANTAGENS	15
7.5.1	Vantagens	15
7.5.2	Desvantagens	15
8	CONCLUSÃO	16
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ações sobre as lajes	5
Figura 2 - Vigota treliçada.....	6
Figura 3 - Armação treliça.....	6
Figura 4 - Laje treliçada com nervura transversal	7
Figura 5 - Dimensões cerâmicas.....	9
Figura 6 - Escoramento e disposição das vigotas	12
Figura 7 - Disposição dos elementos de enchimento	13
Figura 8 - Armaduras.....	13
Figura 9 - Concretagem da laje	14

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Identificação de treliças	7
Tabela 2 – Relação altura material / laje em centímetros.....	10
Tabela 3 – Contra flecha / Vão	11

1 INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial, a busca por otimização em todos os setores de mercado fez com que várias tecnologias fossem desenvolvidas. No setor da construção civil, surge o sistema de construção pré-fabricado, em um período pós Segunda Guerra Mundial, devido a demanda de reconstruir todos os tipos de construções que haviam sido destruídas em um tempo que a construção convencional não permitiria.

Atualmente a construção civil vem demandando de novas técnicas que visam rapidez na execução, leveza, resistência, sustentabilidade e custo-benefício. Buscando uma maior agilidade, redução de custos e outras necessidades, o engenheiro vem adequando seus projetos diante das oportunidades mais convenientes. Com a aparição do pré-fabricado, esse processo construtivo que coloca a construção em uma linha de produção tem se modificado a fim de padronizar e aperfeiçoar constantemente, aumentando cada vez mais a qualidade da execução e assim evitando problemas decorrentes no canteiro de obras.

A utilização de lajes pré-fabricadas treliçadas, antes limitada à construções de pequeno e médio porte, tem se tornado cada vez mais comum também em grandes obras, como edifícios de muitos andares, com grandes vãos e grandes cargas. A escolha deste sistema de laje possui muitas vantagens, entre elas pode-se destacar a facilidade de manuseio e de montagem, também a redução do peso e de utilização de formas, bem como um custo benefício favorável.

O presente estudo tem como principal característica relatar de forma entendível e eficaz o processo construtivo de uma laje treliçada com os elementos de enchimento. Apresentando as principais vantagens e desvantagens, além das características dos componentes deste sistema.

Foram apresentados conceitos históricos da utilização deste sistema, relacionando-se a obras antigas e também seu surgimento no Brasil. Por seguinte foram apresentados definições e conceitos de normas técnicas em relação às lajes e em especial, lajes pré-fabricadas treliçadas, as quais além de sua definição, foram expostas também definições e características dos componentes que constituem este método. Além disso, foi abordado o processo construtivo, definindo características de cada etapa deste sistema. Por fim, foram apresentadas as vantagens da utilização da laje pré-fabricada treliçada bem como suas desvantagens.

2 TÍTULO DA PESQUISA

Aspectos construtivos de lajes treliçadas com a utilização de isopores e cerâmicas.

3 JUSTIFICATIVA

O sistema de lajes treliçadas foi implantado no Brasil buscando explorar e superar as limitações técnicas e econômicas dos sistemas de lajes convencionais já utilizados até então, possibilitando diversas aplicações de maneira racional, competitiva e uma ótima relação custo x benefício.

Este tipo de laje, além de ser mais econômica do que as demais, ainda oferece benefícios agregados que ajudam a reduzir os custos da sua instalação, como menor necessidade de mão-de-obra, uso menor de escoramento e de materiais na obra.

Com a compreensão de como funciona o processo construtivo é possível obter um bom planejamento na obra, conhecimento das etapas a serem realizadas, definição de suas necessidades e avaliar a viabilidade desse tipo de estrutura, evitando assim desperdícios e imprevistos.

Levando em consideração todo o processo feito para a implantação desse tipo de laje é possível obter maior compressão de como seu desenvolvimento é feito facilitando então futuras instalações que possam a vir serem executadas em obras.

4 PROBLEMATIZAÇÃO

Com o aumento da verticalização das cidades é notório a importância de encontrar soluções práticas para as construções. O sistema de lajes treliçadas com estudo e planejamento representa uma das soluções, suprimindo as necessidades e proporcionando praticidade para a obra. Este sistema, além de apresentar um ótimo custo, também apresenta visivelmente outras inúmeras vantagens. Com isso, visa-se responder o seguinte questionamento: Por que a utilização de lajes treliçadas se torna mais viável que as demais?

5 OBJETIVOS

Os objetivos do presente trabalho encontram-se divididos em objetivo geral e objetivos específicos, respectivamente nos itens 5.1 e 5.2.

5.1 OBJETIVO GERAL

Compreender e aprofundar o conhecimento sobre a utilização de lajes treliçadas com isopores EPS e cerâmicas na construção civil.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Histórico de lajes na construção civil;
- Definir laje na construção civil;
- Caracterizar componentes da laje treliçada;
- Apresentar o método construtivo de lajes treliçadas com elementos de enchimento, sejam eles cerâmicas ou isopores;
- Apontar as principais vantagens e desvantagens deste método;

6 METODOLOGIA

Para que o presente trabalho apresentasse resultados satisfatórios foram necessárias as seguintes etapas:

- 1ª Etapa: Fazer uma profunda pesquisa bibliográfica em relação ao método construtivo de lajes treliçadas e seus elementos de enchimentos, efetuando um estudo em monografias, normas técnicas, artigos, livros e outros.
- 2ª Etapa: Fazer visitas no local que está sendo executado o sistema de lajes treliçadas, bem como anotações e registros fotográficos da obra.
- 3ª Etapa: Conversar com profissionais envolvidos, principalmente o engenheiro responsável pela obra e com os profissionais responsáveis pela execução, além de conversas com arquitetos para abranger uma melhor compreensão.
- 4ª Etapa: Analisar o material adquirido em pesquisas bibliográficas, juntamente com as fotografias e conhecimentos obtidos na obra durante a execução do método.

7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

7.1 HISTÓRICO DA LAJE

De acordo com Dorneles (2014), as lajes surgiram em um passado distante, com materiais e formas diferentes das atuais. Dentre as primeiras obras que remetem a verticalização de edificações, temos as pirâmides do Egito, como por exemplo a pirâmide de Kéfren (datadas de 2575 a.C.), a qual existia câmaras que eram isoladas por pedras de calcário que serviam como teto.

Segundo Novelli (2008), em especial, as lajes pré-fabricadas são um sistema antigo, onde relatos apontam que a mesma já era utilizada na construção de monumentos na época da Roma Antiga. No entanto, foi após a Segunda Guerra Mundial que o sistema começou se popularizar na construção civil, isso porque a Europa pós guerra precisava de um método de construção rápido, eficaz, pouca mão de obra e mais resistentes caso houvessem novos ataques inimigos.

Rolim (2018), afirma que no Brasil, o sistema de lajes pré-fabricadas começou a ser utilizado no fim da década de 40, visto que o país não sofreu consequências estruturais da guerra. Com o passar dos anos se tornou uma opção cada vez mais comum em muitas obras da construção civil, visto que oferece uma série de vantagens, como rapidez na execução e economia de materiais.

Ainda Rolim (2018), a intensificação do sistema de lajes pré-fabricadas se deu entre os anos de 1970 e 1990, havendo uma diminuição na utilização de outros sistemas, como o caso das lajes maciças, fato este devido os construtores perceberem que o sistema era mais prático e apresentava diversas vantagens. No entanto, até meados dos anos 90 não havia literatura técnica para orientar no desenvolvimento de projeto, sendo utilizado catálogos de fabricantes para a orientação.

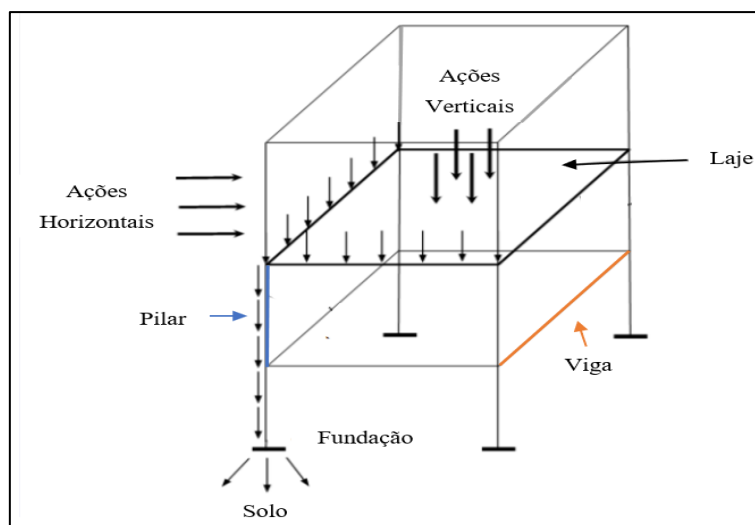
7.2 DEFINIÇÃO DE LAJE

De acordo com a NBR 6118 (2014), lajes são estruturas laminares planas solicitadas predominantemente por cargas normais ao seu plano. Sendo componentes básicos de uma estrutura.

As lajes são elementos construtivos planos, bidimensionais, constituídos de uma largura e comprimento, que muitas vezes funcionam como isolamento e separação de

pavimentos, geralmente constituídos de esforços solicitantes verticais e que transmitem as cargas para vigas ou pilares que suportam seu peso próprio. A sua principal função é receber os carregamentos atuantes no andar, provenientes do uso da construção, como pessoas, móveis, paredes, entre outros, e transferi-los para os apoios. Além disto, as ações no plano da laje podem ser distribuídas na área como o peso próprio e o contrapiso, distribuídas linearmente como a carga de parede apoiada na laje, e concentrada como pilares apoiados na laje conforme ilustração na figura 1 (FRANCA & FUSCO, 1997).

Figura 1 – Ações sobre as lajes



Fonte: Franca & Fusco (1997)

7.3 LAJE PRÉ-FABRICADA TRELIÇADA

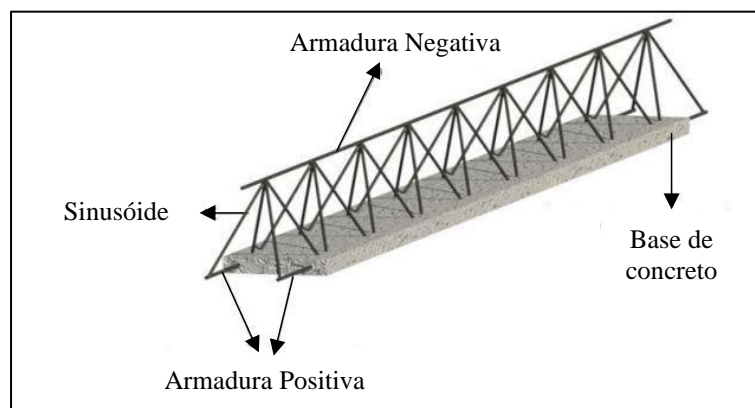
Desenvolvidas na Europa, as lajes pré-fabricadas treliçadas são utilizadas com grande sucesso na construção civil, em virtude de superar grandes vãos, suportar grandes cargas, reduzir a mão de obra e facilitar a sua montagem. Elas surgiram no intuito de agilizar a construção e reduzir gastos (ROLIM,2018).

Segundo Flório (2004), define-se laje treliçada, a laje que utiliza de nervuras em forma de treliças e são constituídas por blocos cerâmicos ou de outros materiais de enchimento, como o isopor (EPS), que por fim recebem armaduras adicionais e um capeamento de concreto moldado no lugar. Também, pelo fato de os materiais de enchimento serem inertes no ponto de vista estrutural, o principal elemento deste sistema é as vigotas treliçadas.

7.3.1 Vigotas treliçadas

Bastos (2021), afirma que as vigotas treliçadas são formadas a partir da armação treliçada espacial, as quais são envolvidas no concreto as barras do banzo inferior, fornecendo a resistência necessária para a laje. A vigota treliçada pode ser observada na figura 2.

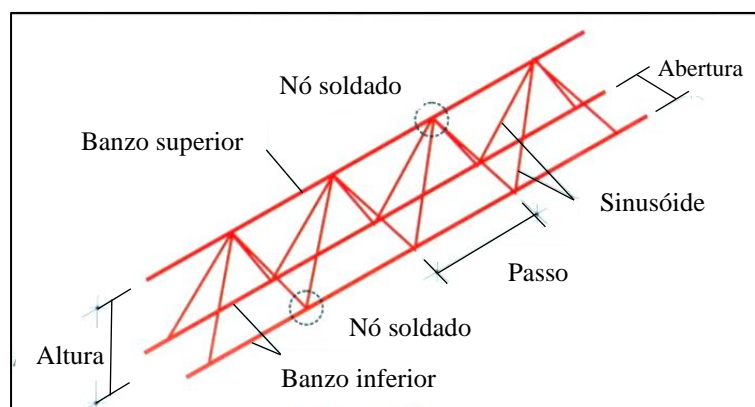
Figura 2 – Vigota treliçada



Fonte: Manual de cálculo para dimensionamento de Lajes Treliçadas Faulim (2013)

Segundo a NBR 14862 (2002), a armadura treliçada utiliza-se de fios de aço CA60 e CA50, sendo formadas pelo banzo inferior que é constituído por duas barras, as quais resistem às forças de tração oriundas do momento fletor positivo e pelo banzo superior de única barra que colabora como armadura de compressão durante a montagem e concretagem da laje treliçada, e pode colaborar na resistência ao momento fletor negativo. Os banzos inferiores e o banzo superior são unidos por barras diagonais inclinadas (em sinusóide), soldadas por eletrofusão, conforme figura 3.

Figura 3 – Armação treliça



Fonte: Manual de cálculo para dimensionamento de Lajes Treliçadas Faulim (2013)

Segundo Flório (2004), o passo do sinusóide geralmente é de 20 centímetros, a distância entre as barras do banzo inferior são normalmente de 8 centímetros e a altura da treliça varia de 7 a 25 centímetros, conforme solicitação do projeto.

A NBR 14862 (2002), identifica as treliças de acordo com a sua altura, sua linha (leve, média, reforçada e pesada), e os diâmetros em sequência. Tal identificação pode ser observada na tabela 1.

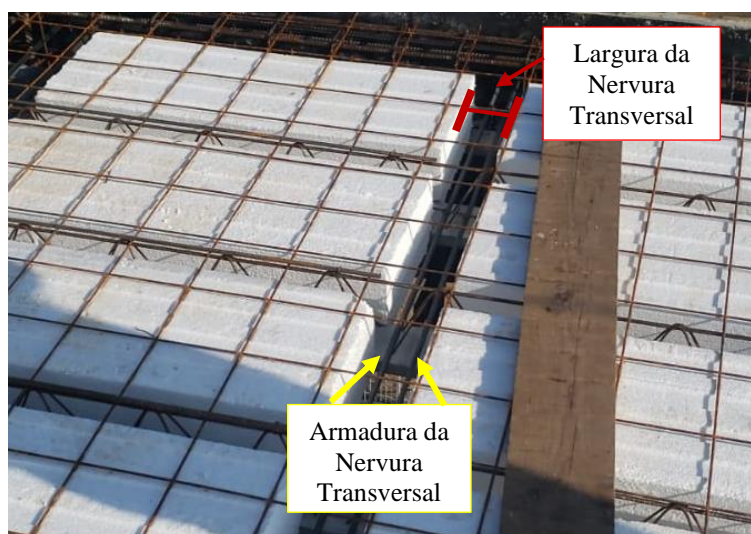
Tabela 1 – Identificação de treliças

ESPECIFICAÇÕES DO PRODUTO						
Modelo	Designação	Altura (mm)	Composição Fios (ø mm)			Peso Linear (kg/m)
			Superior	Diagonal	Inferior	
TB 8L	TR 8644	80	6,0	4,2	4,2	0,735
TB 8M	TR 8645	80	6,0	4,2	5,0	0,825
TB 12M	TR 12645	120	6,0	4,2	5,0	0,886
TB 12R	TR 12646	120	6,0	4,2	6,0	1,016
TB 16L	TR 16745	160	7,0	4,2	5,0	1,032
TB 16R	TR 16746	160	7,0	4,2	6,0	1,168
TB 20 L	TR 20745	200	7,0	4,2	5,0	1,111
TB 20R	TR 20756	200	7,0	5,0	6,0	1,446
TB 25M	TR 25856	250	8,0	5,0	6,0	1,686
TB 25R	TR 25858	250	8,0	5,0	8,0	2,024
TB 30M	TR 30856	300	8,0	5,0	6,0	1,823
TB 30R	TR 30858	300	8,0	5,0	8,0	2,168

Fonte: Manual Técnico de Lajes Treliçadas Arcelor Mittal (2010)

Além disso, as lajes treliçadas podem ser unidirecionais ou bidirecionais. Para Franca e Fusco (1997), as treliçadas são constituídas por vigotas treliçadas, distribuídas na direção do menor vão da laje, e também por nervuras transversais moldadas no local, armadas com barras isoladas de aço, conforme exemplo na figura 4.

Figura 4 – Laje treliçada com nervura transversal



Fonte: O autor (2021)

7.3.2 Nervuras transversais e armaduras adicionais

De acordo com a NBR 6118 (2014), as nervuras transversais devem ser alocadas perpendicular às nervuras principais sempre que o vão for superior a 4 metros, também distribuídas a cada 2 metros e distante uma da outra para a penetração do concreto na laje. Elas apresentam como função estabilizar as laterais das vigotas, travando o painel da laje e aumentando assim a rigidez do conjunto, reduzindo vibrações e deformações na laje, além de contribuir na redistribuição dos esforços solicitantes.

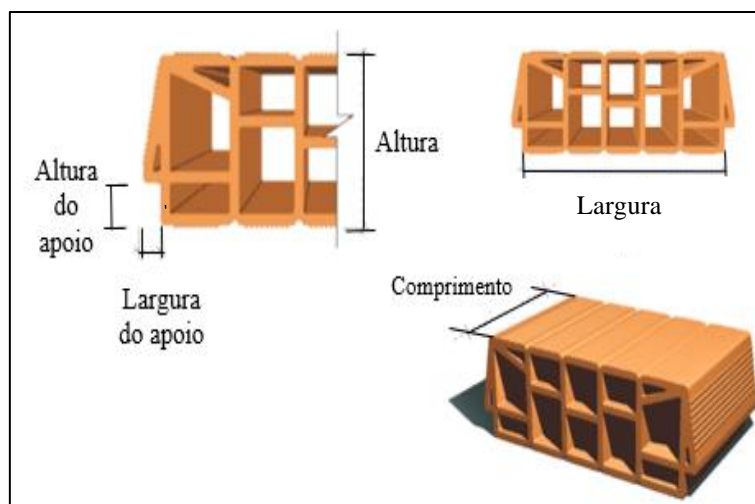
Além disso, Bastos (2021), ressalta a importância da armadura complementar, da armadura de distribuição e superior de tração. Ambas deverão ser detalhadas ainda no projeto, no entanto, a complementar terá de ser reforçada longitudinalmente pois apresenta como função aumentar a resistência nos momentos fletores positivos e negativos, onde as positivas vão junto com os banzos inferiores e as negativas próximas a face superior da capa. Já a armadura de distribuição é posicionada transversalmente e longitudinalmente às nervuras e sobre os banzos superiores com utilização de barras e malhas, tendo como função combater efeitos de retração, controlar fissuras e distribuir cargas pontuais. As superiores de tração (negativas) são armaduras dispostas sobre os apoios nas extremidades, no mesmo alinhamento das nervuras longitudinais, proporcionando a continuidade das nervuras longitudinais e destas com o restante da estrutura, o combate à fissuração e a resistência ao momento fletor negativo.

7.3.3 Elementos de enchimento

Segundo a ABNT NBR 14860 (2002), elementos de enchimento são componentes pré-fabricados com materiais inertes diversos, sendo maciços ou vazados, intercalados entre as nervuras, com a função de reduzir o volume de concreto e o peso próprio da laje, além de serem desconsiderados como colaborantes nos cálculos de resistência da laje.

Para Rolim (2018), apesar de não ser necessário para a resistência da laje, a qualidade do material influencia visando a segurança durante as fases de montagem, assim torna-se necessário que o elemento de enchimento resista a carga de 1 kN e/ou suporte esforços durante a sua aplicação. Esses materiais possuem em suas extremidades laterais uma espécie de dente de encaixe e também chanfros no intuito de reforçar a área do concreto e aumentar a resistência das nervuras. Estes detalhes podem ser observados na cerâmica da figura 5.

Figura 5 - Dimensões cerâmicas



Fonte: Manual de cálculo para dimensionamento de Lajes Treliçadas Faulim (2013)

Bastos (2021), afirma que entre os materiais de enchimento mais utilizados na construção civil brasileira, temos as cerâmicas, conhecidas popularmente como tabelas e os blocos de EPS (Poliestireno Expandido), os isopores, descritos a seguir.

7.3.3.1 Cerâmicas

Para Flório (2004), as cerâmicas são uma espécie de tijolo, os quais são utilizados para o enchimento dos vãos entre vigas, assentando-se em meio às vigotas. Dentre suas vantagens, ela pode ser utilizada em qualquer tipo de estrutura, dispensa utilização em grande escala de formas e tem deformações menores, o que diminui o surgimento de trincas. Já como desvantagens pode-se citar o peso, maior trabalho no carregamento, menor resistência a quebras e maiores cuidados durante e após aplicação.

7.3.3.2 Isopor EPS

Segundo Pereira (2019), isopores são materiais derivados do petróleo apresentando como vantagens a sustentabilidade, são mais leves, isolamento acústico e térmico, baixa absorção de água e são de fácil manuseio. Entre as desvantagens, pode-se citar o valor alto em relação às cerâmicas, além de necessitar de material especial na etapa de acabamento.

Costa (2019) afirma que em função das alturas dos elementos serem padronizadas, as alturas totais das lajes pré-fabricadas estão descritas na Tabela 2. Além disso, outras alturas podem ser requisitadas, desde que haja o acordo entre fornecedor e comprador e que atenda as disposições da NBR 14859-1 (2016) e NBR 14860-1 (2002).

Tabela 2 – Relação altura material / laje em centímetros

ALTURA DO ELEMENTO DE ENCHIMENTO / ALTURA TOTAL DA LAJE								
Altura do Elemento de Enchimento	7,0	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	29,0
Altura Total da Laje	10,0	11,0	14,0 15,0	16,0 17,0	20,0 21,0	24,0 25,0	29,0 30,0	34,0 35,0
	11,0	12,0						
	12,0	13,0						

Fonte: Manual Técnico de Lajes Treliçadas Arcelor Mittal (2010)

7.4 PROCESSO CONSTRUTIVO

A execução de lajes treliçadas segue as normas da NBR 14931 (2004), de execução do concreto igual à lajes maciças simples e a NBR 9062 (2017) de execução de pré-moldados, as quais definem as características e etapas do processo, sendo: Fabricação das vigotas; Escoramento e instalação das vigotas; Elementos de enchimento; Disposição de armaduras adicionais; Concretagem e cura; e Remoção de escoras, sendo estas descritas a seguir.

7.4.1 Fabricação de vigotas

Conforme Brandalise e Wessling (2015), as vigotas geralmente são produzidas por indústrias de pré-moldados, onde a produção inicial se dá com a colocação das treliças e separadores dentro de formas metálicas preparadas com óleo desmoldante, com altura e largura requisitada em projeto, as quais recebem o concreto. Após a vigota ter resistência mínima, a mesma é desformada e armazenada, sendo transportadas após a cura.

7.4.2 Escoramento e disposição das vigotas

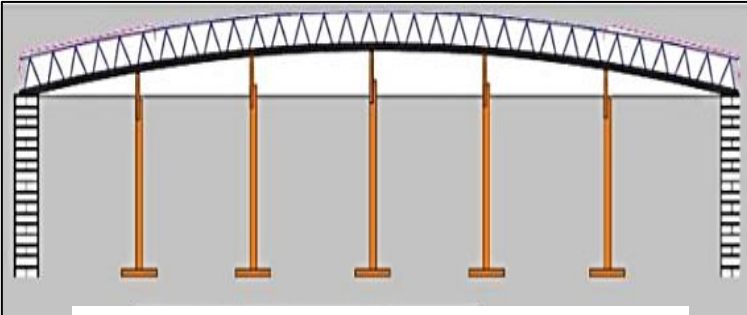
Segundo a NBR 9062 (2017), os escoramentos devem ser informados em projetos, junto com a sua duração e sequência de desforma, devendo estar ajustados corretamente para suportar as cargas.

Brandalise e Wessling (2015), afirmam que os escoramentos são estruturas provisórias com capacidade de resistir e transmitir às bases de apoio da estrutura do escoramento todas as ações provindas das cargas permanentes e variáveis resultantes do lançamento do concreto fresco sobre as fôrmas horizontais e verticais, até que o concreto se torne resistente. De modo geral, o principal objetivo dos escoramentos é de garantir que não ocorra nenhum problema durante a concretagem.

Além disto, um ponto muito importante durante a execução dos escoramentos é a previsão das contra flechas.

Segundo a NBR 6118 (2014), diz que a contra flecha é o deslocamento vertical intencional aplicado nas vigotas durante a montagem, por meio do escoramento. Ela é utilizada como recurso para compensar as consequências indesejáveis das deformações devidas à ação das cargas nas lajes, sendo ilustrada na tabela 3 contra flechas em função do vão.

Tabela 3 – Contra flecha / Vão



Vão (m) / Contra Flecha
De 2,00 até 3,00 Contra flecha de 0,5cm
De 3,00 até 4,00 Contra flecha de 1,0cm
De 4,00 até 5,00 Contra flecha de 1,5cm
De 5,00 até 6,00 Contra flecha de 2,0cm

Fonte: Costa (2019)

De acordo com Dorneles (2014), as escoras, sejam elas metálicas ou de madeira, são distribuídas à determinadas distâncias. Além disso, as pontaletes devem estar apoiadas sobre uma base firme com a presença de cunhas e guias mestre. No entanto, as vigotas são distribuídas ao longo da linha de escoramento conforme projeto, podendo utilizar os materiais de enchimento como gabarito. A figura 6 ilustra o processo de escoramento e a disposição das vigotas.

Figura 6 - Escoramento e disposição das vigotas



Fonte: O autor (2021)

Conforme Flório (2004), nas extremidades da laje, as vigotas podem ser colocadas sobre vigas de concreto armado sendo distribuídas sobre as fôrmas e após serem conferidas quanto ao posicionamento, as mesmas são inseridas pelo menos 5 centímetros adentro ou até a metade da largura da viga. Também pode ocorrer o apoio sobre a alvenaria sendo necessário a criação de uma cinta de amarração.

7.4.3 Disposição dos elementos de enchimento

Dorneles (2014), afirma que quando as vigotas estão de acordo com o solicitado, a aplicação dos elementos de enchimento entre os espaços se torna fácil. São distribuídas peças de cerâmicas (tabelas) e/ou isopores (EPS), de maneira que os vãos entre vigotas se fechem, como ilustra a figura 7. Nesta etapa também são inseridos elementos do sistema elétrico e hidráulico.

Figura 7- Disposição dos elementos de enchimento

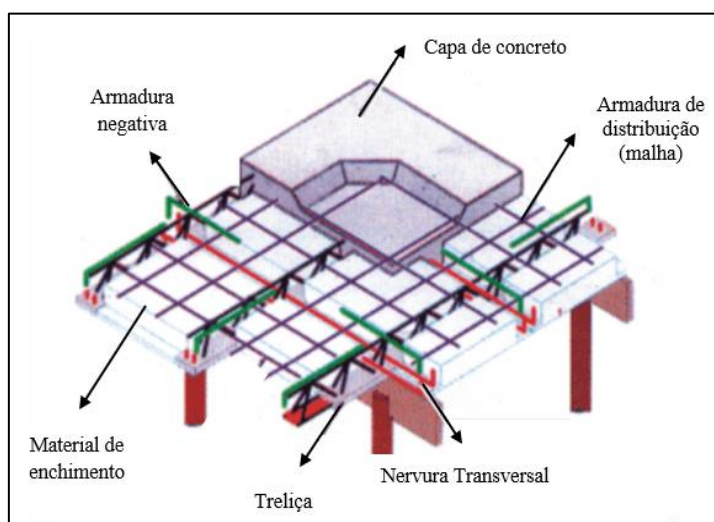


Fonte: O autor (2021)

7.4.4 Disposição de armaduras complementares

De acordo com Flório (2004), devem ser detalhadas na fase do projeto a bitola, quantidade e posição das armaduras complementares para determinadas regiões, sendo distribuídas as nervuras transversais às principais, as complementares, as armaduras de distribuição e em seguida as armaduras negativas, ambas amarradas por arames, conforme ilustra a figura 8. Também deve-se manter o cuidado para possíveis movimentações no momento da execução e concretagem respeitando os cobrimentos exigidos.

Figura 8 - Armaduras



Fonte: Costa (2019)

7.4.5 Concretagem e cura

De acordo com Costa (2019), essa etapa é praticamente o encerramento do processo de montagem da laje. É a etapa mais importante e delicada da obra, pois qualquer erro que tenha sido executado nas atividades anteriores pode acarretar em seríssimos problemas que prejudicam a concretagem.

El Debs (2000), afirma que para a concretagem além da conferência da resistência (fck), também deve ser preparado o local, sendo feito a limpeza de materiais indesejáveis para uma correta aderência do capeamento, também umedecer a estrutura a fim de evitar a perda de água do concreto, assim como preparar tábuas para transitar durante a concretagem, materiais para nivelamento, bem como vibradores a fim de evitar vazios.

De acordo com Brandalise e Wessling (2015), para uma boa cura do concreto é recomendável molhar a superfície durante 7 dias após a concretagem, a fim de evitar a evaporação da água necessária para a hidratação do concreto evitando trincas e fissuras.

A NBR 14931 (2004), diz que enquanto não atingir o endurecimento satisfatório, o concreto deve ser curado e protegido contra agentes prejudiciais para: evitar a perda de água pela superfície exposta, assegurar uma superfície com resistência adequada e assegurar a formação de uma capa durável. A figura 9 ilustra a etapa de concretagem.

Figura 9 - Concretagem da laje



Fonte: O autor (2021)

7.4.6 Remoção de escoras

Segundo a NBR 14931 (2004), após o concreto adquirir resistência suficiente para resistir a ações que nele atuam e não conduzir deformações inaceitáveis, o escoramento pode ser retirado, sendo do centro para as extremidades. É fundamental que a retirada seja feita em conformidade com a programação prevista no projeto estrutural. No entanto, quando houver múltiplos pavimentos, o escoramento do piso inferior não deve ser retirado antes do término da laje superior.

7.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Segundo Brumatti (2008), o mercado oferece uma série de alternativas para execução de lajes pré-fabricadas. Os elementos empregados na laje apresentam boa capacidade no momento da moldagem do restante da laje, reduzindo assim a quantidade de fôrmas e escoramentos em relação ao sistema convencional. Além disto, o autor ainda lista as principais vantagens e desvantagens deste método, citadas a seguir.

7.5.1 Vantagens

- Redução de peso;
- Baixo uso de fôrmas;
- Baixo desperdício de materiais;
- Baixo uso de escoras devido ao seu reduzido peso próprio;
- Pode vencer grandes vãos, permitindo maior flexibilidade arquitetônica;

7.5.2 Desvantagens

- Não são indicadas para vãos em balanço;
- Necessidade de reservar uma área do canteiro para estocagem;
- Necessita material aderente no acabamento, chapisco, reboco ou gesso;
- Exige maior cuidado, principalmente no momento de colocação de enchimento;
- Problemas quanto ao içamento de materiais quando presente em obras muito altas;

8 CONCLUSÃO

Este trabalho tem como principal objetivo analisar o processo construtivo de uma laje pré-fabricada com vigotas treliçadas e elementos de enchimento, identificando características de sua execução e apresentando as principais vantagens que esse método construtivo pode nos proporcionar.

Em primeiro momento foram colocados, de forma generalizada, alguns conceitos históricos e de definições referentes às lajes, os quais conforme foram expostos, são elementos de superfície plana sujeitos principalmente a ações normais a seu plano. Além disso, foram descritas as etapas do método construtivo e suas características, por fim as suas vantagens e desvantagens.

No entanto, a construção civil passa por um processo de modernização e implantação de novas tecnologias, visando a racionalização dos processos de construção. A necessidade de evolução na construção civil, principalmente no Brasil, torna-se indispensável para que possamos atingir altos padrões de eficiência nas edificações, sejam elas industriais, residenciais ou comerciais. Assim será possível igualar-se aos países desenvolvidos, garantindo maior sustentabilidade no setor.

Levando em consideração toda a pesquisa bibliográfica executada concluiu-se que o sistema pré-fabricado possui grande potencial de atender as novas demandas do mercado da construção civil, tendo soluções muito competitivas em relação a outros métodos utilizados na construção. Apesar de ainda ser um sistema que gera dúvidas aos clientes, e possuir algumas desvantagens, deve-se levar em consideração o fato de suas vantagens atenderem perfeitamente este novo ciclo do setor que é gerado a partir da sustentabilidade, produtividade e lucratividade.

Portanto, com o auxílio do estudo, é possível ter maior compreensão das características das lajes treliçadas, as quais dentre seus benefícios tornam-se viáveis em relação aos métodos tradicionais e assim proporcionam melhorias nas construções, apresentando ser a melhor solução técnica e econômica para esta modalidade, por apresentar as maiores vantagens e facilidades construtivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: 2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062: 2017 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14859-1: 2016 - Laje pré-fabricadas de concreto - Parte 1: Vigotas, minipainéis e painéis- Requisitos**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14860-1: 2002 - Laje pré-fabricada - Pré-laje - Requisitos - Parte 1: Lajes unidirecionais**. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14862: 2002 - Armaduras treliçadas eletrossoldadas – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931: 2004 - Execução de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

BASTOS, Paulo S. **Lajes de Concreto Armado**. Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2021.

BRANDALISE, Guilherme M.; WESSLING, Luan I. **Estudo comparativo de custo entre laje maciça simples e laje de vigotas pré-fabricadas treliçadas em edifícios de até quatro pavimentos no município de Pato Branco, Paraná, Brasil**. 2015. Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015.

BRUMATTI, Dioni O. **Uso de pré-moldados - Estudo e viabilidade**. 2008. Monografia (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Vitória, 2008.

COSTA, Rogério R. **Estudo do processo construtivo de uma laje pré-fabricada com vigotas treliçadas**. Revista Científica Semana Acadêmica. 2019. Disponível em: <https://semanaacademica.com.br/artigo/estudo-do-processo-construtivo-de-uma-laje-pre-fabricada-com-vigotas-trelicadas>>. Acesso em: 7 de abril de 2021.

DORNELES, Douglas M. **Lajes na construção civil brasileira: Estudo de caso em edifício residencial em Santa Maria - RS**. 2014. Monografia (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

EL DEBS, Mounir K. **Concreto pré-moldado: Fundamentos e aplicações**. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000. Livro Técnico.

FLÓRIO, Márcio C. **Projeto e execução de lajes unidirecionais com vigotas em concreto armado**. 2004. Tese (Pós-Graduação em Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2004.

FRANCA, Argemiro B. M. da; FUSCO, Péricles B. **As Lajes Nervuradas na Moderna Construção de Edifícios**. 1997. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

MANUAL DE CÁLCULO PARA DIMENSIONAMENTO DE LAJES TRELIÇADAS FAULIM. 2013. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/68415375-Manual-de-calculo-para-dimensionamento-lajes-trelicadas.html>>. Acesso em: 29 de março de 2021.

MANUAL TÉCNICO DE LAJES TRELIÇADAS ARCELOR MITTAL. 2010. Disponível em: <<http://rangellage.com.br/wp-content/uploads/2019/06/Manual-Lajes-Treli%C3%A7adas.pdf>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2021.

NOVELLI, Rafael P. **Tipos de Laje: Laje de concreto pré-fabricada**. Noves Engenharia. 2008. Disponível em: <<https://www.novesengenharia.com.br/tipos-de-laje-laje-de-concreto-pre-fabricada>>. Acesso em: 06 de maio de 2021.

PEREIRA, Caio. **O que é Laje de Isopor?**. Escola Engenharia. 2019. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/laje-de-isopor>>. Acesso em: 11 de maio de 2021.

ROLIM, Antônio Carlos R. S. **Laje Pré-Fabricada Treliçada Unidirecional**. São Paulo, 2018.