



FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS-FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ-FUPAC
ENGENHARIA CIVIL

THIAGO COELHO DA COSTA

ESTUDO E VIABILIDADE DE LAJES PRÉ-MOLDADAS

UBÁ/MG

2017

THIAGO COELHO DA COSTA

ESTUDO E VIABILIDADE DE LAJES PRÉ-MOLDADAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a):.Me. Liliane S. Oliveira Moni

UBÁ/MG

2017

RESUMO

As lajes são estruturas a receber cargas geradas por pessoas, móveis e toda carga vertical, e transmiti-las às vigas e pilares que, conseqüentemente, descarregam na fundação. Este estudo busca trazer ao leitor os conhecimentos básicos sobre laje de vigotas, pré-fabricadas, treliçadas e maciças simples como: materiais envolvidos na execução de lajes, seus métodos de execução, historia sucinta dos materiais e estudo, normas vigentes para execução e projeto de cada tipo de laje analisada, verificar através de revisões bibliográficas vantagens e desvantagens das lajes maciças simples e as lajes pré-fabricadas treliçadas unidirecional. A laje maciça tem boa utilização quando os vãos são de pequenas dimensões, e inviável em vãos maiores devido ao seu alto peso, e sua utilização encarece a obra por se tratar de uma estrutura montada *in loco* onde gera um gasto elevado devido à grande quantidade de fôrmas e escoramento. As lajes treliçadas mostraram-se mais eficientes quando comparados à rapidez na montagem devido à eliminação de fôrmas. Mostra-se economicamente mais eficiente para atender altas cargas e vencer grandes vãos.

Também apresenta facilidade nos cálculos das vigotas pelo fato de ser unidirecional e ter o mesmo cálculo utilizado na viga T, e de fácil execução nos canteiros de obra. As lajes pré-fabricadas em edificações mostraram uma redução de concreto e aço de todos os pavimentos que utilizaram a laje treliçada, tornando-a mais vantajosa à medida que aumenta a quantidade de pavimento, trazendo uma maior economia nos pilares e na fundação.

Palavras-chave: Laje maciça, laje pré-moldada, cálculos comparativos..

ABSTRACT

The slabs are structures to receive loads generated by people, furniture and any vertical load, and transmit them to the beams and pillars that consequently discharge into the foundation. This study seeks to bring to the reader the basic knowledge about slabs of pre-fabricated, trusses and simple massive trusses such as: materials involved in the execution of slabs, their methods of execution, brief history of materials and study, current norms for execution and design of each type of slab analyzed, check through bibliographic reviews advantages and disadvantages of simple solid slabs and unidirectional prefabricated slabs. The solid slab has good use when the spans are small, and not feasible in larger spans due to its high weight, and its use makes the work more expensive because it is a structure assembled in loco where it generates a high expense due to the large amount of formwork and shoring. The latticed slabs were more efficient when compared to the fast assembly due to the elimination of forms. It is economically more efficient to meet high loads and to overcome large gaps. It also presents ease in calculations of the beams because it is unidirectional and has the same calculation used in the T-beam, and is easy to perform in construction sites. The prefabricated slabs in buildings showed a reduction of concrete and steel of all the pavements that used the latticed slab, making it more advantageous as the amount of pavement increases, bringing a greater economy in the pillars and the foundation.

Keywords: Solid slab, precast slab, latticed slab.

1 INTRODUÇÃO

Desde a evolução industrial, os processo de trabalho e materiais na construção civil vieram em crescente evolução justamente com os avanços tecnológicos. Citaremos mais profundamente as lajes pré-moldadas.

Segundo Vasconcellos (2002), não se pode precisar a data em que começou a pré-moldagem. O próprio nascimento do concreto armado ocorreu com a pré-moldagem de elementos fora do local de seu uso. Sendo assim, pode-se afirmar que a pré-moldagem começou com a invenção do concreto armado.

Na elaboração de projetos arquitetônicos, particularmente das edificações, engenheiros e arquitetos defrontam-se com diversas alternativas que dizem respeito à escolha do tipo de laje. Na busca por processos mais rápidos e de menor custo iniciou-se o surgimento das lajes pré-moldadas, através de investimentos em estudos para elaboração destas na busca por vencer grandes vãos com a quantidade mínima de altura, mais fácil para serem montadas e em muitos casos não precisando de escoramentos e formas.

Projetar uma estrutura composta de lajes, vigas e pilares são necessários definir inicialmente o tipo do pavimento ou de forro que será usado para determinar as cargas e, a partir delas, calcular e detalhar as lajes, as vigas e finalmente, os pilares. No caso de edificações mais simples, as lajes dos pavimentos podem ser também simples, desde que sejam econômicas, seguras, de simples execução e que se comportem adequadamente. Nesses projetos têm sido empregados cada vez mais os sistemas de lajes com vigotas pré-moldadas, compostas geralmente de trilhos e treliças.

Segundo Cichinelli (2012), uma recente pesquisa feita pela Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto, apresentou que, quando se fala em pré-moldado logo vem à mente dos construtores a otimização de mão de obra, redução de prazo, de resíduos e melhor qualidade na estrutura e acabamento.

As lajes pré-moldadas apresentam varias vantagens, dentre elas podemos citar agilidade na construção facilidade nas colocações de instalações prediais, pois necessita de pouco escoramento, elimina formas de lajes, apresenta perda mínima de materiais, menor consumo de concreto, aço e mão de obra, com isso consequentemente, a redução nos custos da obra, além de um excelente conforto

térmico e acústico e grande durabilidade. É por esses motivos que esse tipo de laje tem grande ascensão nas grandes cidades, pela qualidade e melhor relação custo/benefício sobre as demais lajes.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a viabilidade dos tipos de lajes pré-moldadas pesadas que possam ser utilizadas em edificações de alvenaria estrutural. Procura-se através deste estudo, analisar as características que os tornam viáveis no aspecto construtivo, tais como: alta resistência, segurança, facilidade de produção, de manuseio e transporte, além da relação custo benefício.

Observa-se um grande aumento na utilização das lajes pré-fabricadas na região da zona da mata mineira. Atualmente, tem havido uma grande competitividade no mercado, demanda de soluções que aliada ao processo construtivo, tem por finalidade eliminar etapas na construção em alvenaria estrutural.

A grande competitividade do mercado atual demanda soluções que, associadas ao processo construtivo, melhorem a eficiência no processo, eliminando etapas, minimizando interferências entre os subsistemas e elevando a qualidade do produto final. Principalmente com a pré-moldagem, pode ser o caminho para melhorar a eficiência do processo.

2 DESENVOLVIMENTO

De acordo com Porto (2012,p.63), “nos últimos anos a aceitação do pré-moldado tem crescido. Temos de difundir a tecnologia. Hoje, o discurso é mais fácil, pois o mercado está demandando racionalização e ecoeficiência”.

2.1 Lajes

Laje é um elemento estrutural de uma edificação responsável por transmitir as ações que nela chegam para as vigas, ou diretamente para os pilares, nos casos de lajes fungiformes que a sustentam, e destas para os pilares, sendo elemento estrutural bidimensionais, caracterizados por ter a espessura muito menos do que as outras duas dimensões e o carregamento que nelas atuam serem perpendiculares ao seu plano médio.

As lajes são áreas planas limitando andares e suportando o revestimento de pisos das quais são atribuídas às funções, resistência, térmica e acústica.

Segundo Figueiredo Filho (1989), descreve laje como uma placa, folhas planas, principalmente a ações normais ao seu plano, feitas de concreto, armado ou protendido.

Podemos definir as lajes pré-moldadas como elemento estrutural de uma edificação, que tem como principal função transmitir as ações para as vigas que as sustentam ou diretamente para os pilares. No caso das lajes fungiformes, são elementos estruturais bidimensionais caracterizadas por ter a espessura muito menor do que as outras duas dimensões e o carregamento que nelas atuam serem perpendiculares ao seu plano médio.

Segundo Caixeta (1998), as lajes pré-fabricadas treliçadas originou-se na Europa e foram introduzida no Brasil com o propósito de atender às soluções para vencer a batalha entre custo e benefício, afim de minimizar a utilização de materiais cuja extração contribui para a agressão ao meio ambiente, como a madeira.

De acordo com Melo (2004), as lajes pré-fabricadas tendem principalmente minimizar o uso de madeira na obra, pois suas vantagens são: diminuição de mão de obra, rapidez na montagem, redução de perdas de concreto, melhor sistema de vibração das peças, racionalização do uso da armadura, soluções construtivas de projeto e melhor compatibilização, redução

no ciclo dos pavimentos e conseqüentemente uma maior segurança no canteiro de obra.

Isso só é possível com o trabalho geométrico bem definido, onde as lajes ao serem submetidas a esforços de tração e compressão, diminuindo-se o seu peso próprio, podendo ser dimensionada com armação CA50 e CA60, cordoalhas e cabos de protensão.

O uso das lajes pré-fabricadas tem se intensificado nos últimos anos, devido ao grande investimento das siderúrgicas que fabricam treliças metálicas para lajes com vigotas treliçadas, o que era uma solução para as edificações de pequeno e médio porte, hoje tornou viável em grandes obras, que necessitam vencer grandes vãos e até mesmo pontes.

Segundo a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 9062, o pré-fabricado deve ser produzido apenas por mão de obra qualificada, possuir inspeção das etapas de produção, transporte e montagem, todas registradas por escrito em documento próprio onde há identificação das peças, datas de fabricação, tipo de aço e concreto utilizado, todos esses documentos assinados por inspetores responsáveis pela liberação de cada etapa.

2.1.1 Principais tipos de lajes

Segundo Caixeta (1988), as principais lajes executadas atualmente são:

Lajes maciças: Constituída em concreto armado e são utilizadas em uma altura até 15cm de espessura, sendo que espessuras maiores são utilizadas apenas para satisfazer condições de limites de flecha. Assim aumenta o peso e de toda a estrutura, sendo esta, certamente, o meio mais caro, pois utiliza escoramento, mais tempo e, conseqüentemente, mão de obra.

Lajes nervuradas pré-moldada: São formadas por elementos pré-moldados (trilho ou treliça), por elementos de enchimento (normalmente lajotas cerâmicas) e por uma camada de concreto moldada no local. São leves o que reduz o peso próprio, o da estrutura como um todo e conseqüentemente a torna mais econômica.

Lajes Pré-Fabricadas Comum (tipo trilho ou T invertido): São pré-fabricados na forma de vigotas de concreto armado (ou protendido) com formato de T invertido, sendo que o material de enchimento apoia-se nessas vigotas.

Supera as lajes anteriormente citada no aspecto de consumo de formas e escoramentos, uma vez que parte de seus elementos são portantes antes da consolidação final da laje. Contudo esse processo aumentou a praticidade do sistema, diminuindo o tempo de execução e a quantidade de mão de obra.

Lajes Pré-Fabricadas de Lajes Trelaçadas: A Laje trelaçada é composta de uma estrutura espacial com vigas e elementos de enchimento que podem ser cerâmicas, EPS(isopor), concreto, concreto celular e outros.

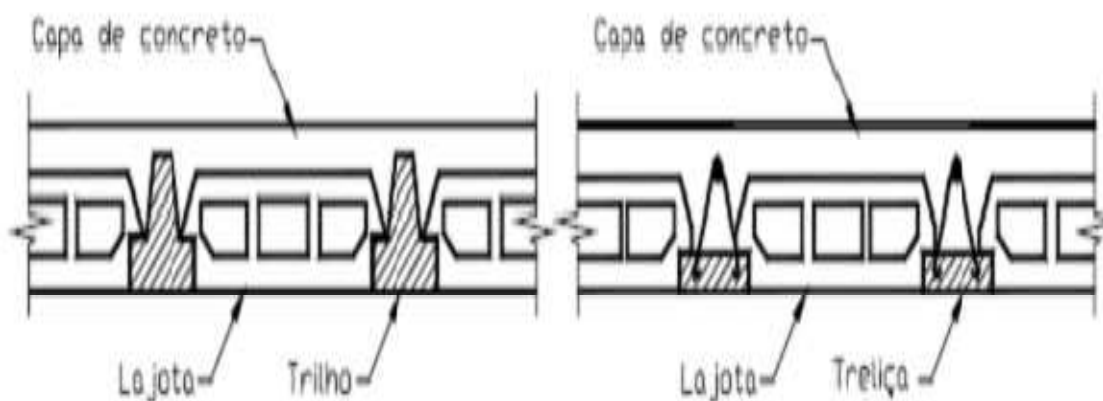
2.2 Lajes Pré-Moldadas Nervuradas

Se a engenharia tem como um dos seus objetivos prioritário a segurança-decorrência obviado a dor da vida humana, bem como das necessidades da conservação dos patrimônios a história do desenvolvimento cultural e técnico ao longo dos séculos e dos milênios demonstra que muitas das grandes invenções resultaram do intuito de reduzir custos (GASPAR, 1997, p.1).

O desempenho do sistema de lajes com nervuras pré-moldadas é compatível com as necessidades estruturais e funcionais de uma laje, com a qualidade e racionalidade de execução, o que garante produtividade e redução de custos, e é um sistema leve, econômico, rápido e limpo. Os elementos pré-moldados, nas fases de montagem e concretagem, são os elementos resistentes do sistema, e tem a capacidade de suportar, além do seu peso próprio, a ação das lajotas, a do concreto, da capa e de uma pequena carga accidental.

Segundo Chaves (1979), declara que a laje pré-moldada de vigotas trelaçadas é constituída por vigas pré-moldadas de concreto armado, nas quais se apoia elementos de material leve. Sobre as vigas pré-fabricadas e os elementos de material leve, aplica-se uma camada de concreto, de modo a cobri-los completamente.

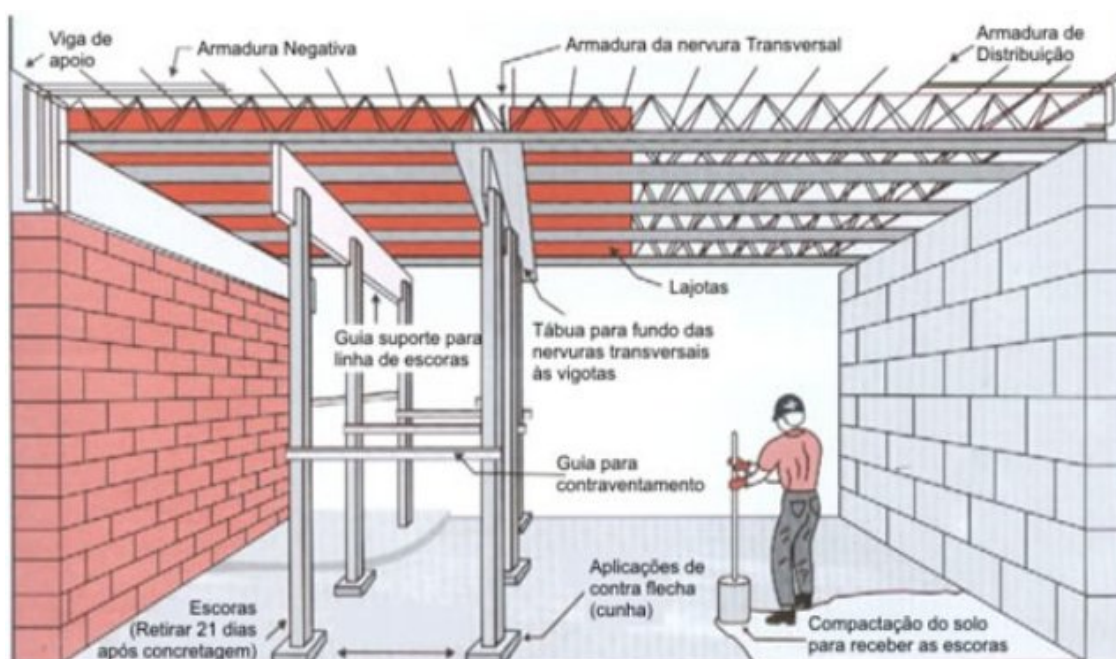
Figura 1: Vigotas pré-moldadas.



Fonte: CARVALHO, 2006.

Segundo Botelho e Marchetti (2011), as lajes nervuradas pré-moldadas, tem como suas principais características vencer grandes vãos livres e suportar altas cargas, capacidade de suportar paredes apoiadas diretamente sobre a laje, possibilidade de redução da quantidade de vigas e consequentemente de pilares e fundações do sistema estrutural de qualquer edificação, menor peso próprio.

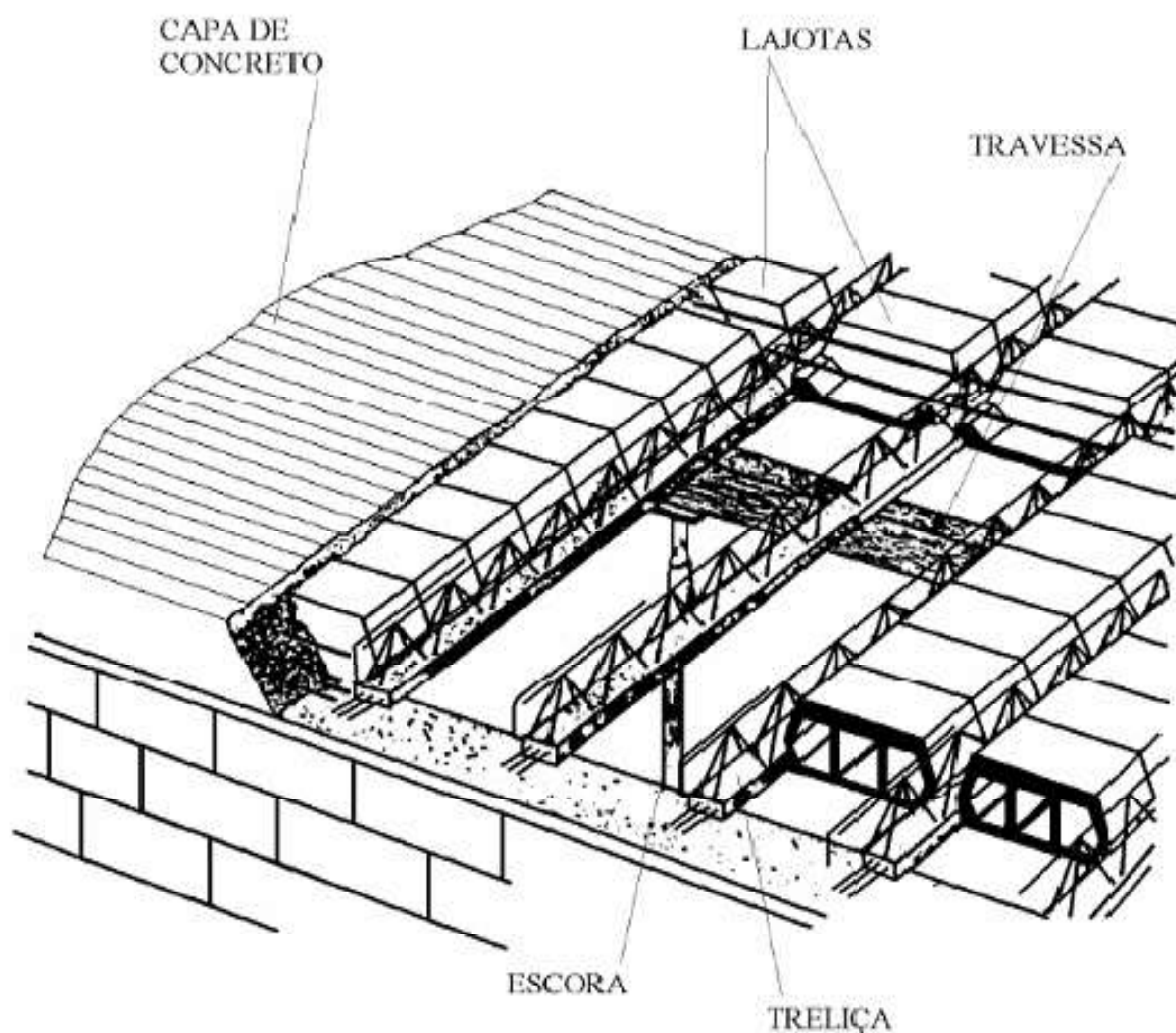
Figura 2: Detalhe da laje de vigotas pré-moldada.



Fonte: Próprio autor.

Segundo a (NBR) 14859.2002, define as lajes pré-fabricadas unidirecional como a laje nervurada constituída por nervuras principais longitudinais, dispostas em uma única direção. Podendo ser colocadas algumas nervuras transversais perpendiculares às nervuras principais, com a finalidade de travamento do pavimento.

Figura 3: Detalhes da Laje pré-moldada.



Fonte: Manual de lajes mediterrânea.

Segundo a (NBR) 14859-1 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2002), lajes pré-fabricadas unidirecional são lajes nervuradas constituídas por nervuras dispostas em uma única direção executadas industrialmente, ou mesmo em canteiro de obras, sob rigoroso controle de fabricação, complementadas por elemento de enchimento e uma capa de concreto lançada no local da obra.

As lajes unidirecionais, na sequência, são demonstradas por: tradicional, com sua seção em concreto armado em formato de T invertido; protendida, com sua seção em concreto em formato de T invertido com armadura pré-tensionada; treliçada com seção de concreto formando uma placa com armadura treliça da parcialmente englobada pelo concreto.

Figura 4: Lajespré-fabricadasunidirecionais.

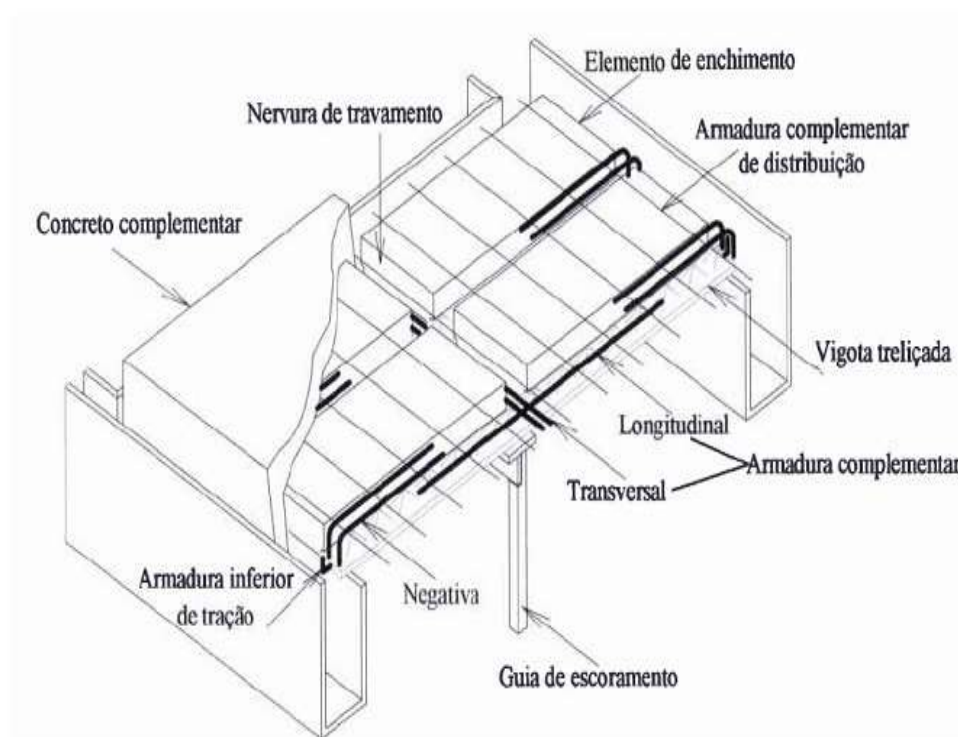


Fonte:Próprio autor.

2.2.1 Lajes Nervuradas Pré-Moldadas e seus elementos construtivos

Segundo PEREIRA (2002), As lajes treliçadas nervuradas são constituídas de vigotas, a armadura inferior de tração e as armaduras complementares, os elementos de enchimento, a capa de concreto, o concreto complementar e as nervuras de travamento.

Figura 5: Componentes da laje pré-fabricada.



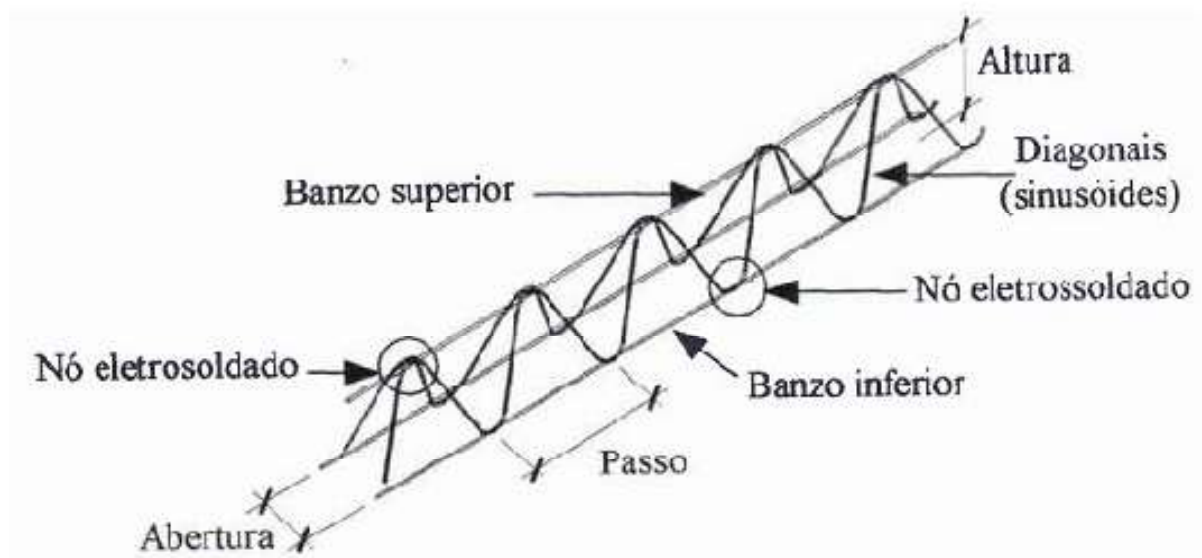
Fonte: PEREIRA, 2002.

2.2.2 Lajes Nervuradas treliçadas eletrosoldada

As treliças pré-moldadas eletrosoldada é uma vigota especial fabricada em indústrias por máquinas apropriadas que solidarizam os fios de aço através de solda por eletrofusão.

De acordo com Pereira (2002), a armação que compõe a treliça das vigotas pré-moldadas é uma treliça espacial, fabricada industrialmente em máquinas apropriadas que solidarizam os fios de aço através de solda por eletrofusão. As treliças são fornecidas em medidas padronizadas, sendo que existe grande variedade de combinações possíveis. A distância entre os banzos inferiores chama-se abertura (mínimo de 8cm e máximo de 12cm).

Figura 6: Treliça metálica espacial.



Fonte: PEREIRA,2002.

2.2.3 Vigotas Pré-Fabricadas

A vigota pré-moldada, tem a função resistente, esses elementos são moldados com concreto com resistência à compressão igual ou superior a 20 Mpa, e são produzidas em mesas vibratórias com formas metálicas.

Segundo Ferreira (2005), as vigotas e a capa trabalham como uma só peça, formando a seção resistente da laje, que para efeito de cálculo é admitida como tendo a forma de um T.

A laje treliçada trata-se de um pré-moldado unidirecional (armada em uma direção) fabricado, em centrais de fornecimento. É composto por treliça metálica espacial, base de concreto e elemento de enchimento, que pode ser lajota, bloco de concreto ou EPS (Botelho e Marchetti,2011).

As vigotas apresentam peso da ordem de 10 kg/m e podem usadas na fabricação das lajes maciças, dispensando o uso do elemento de enchimento.

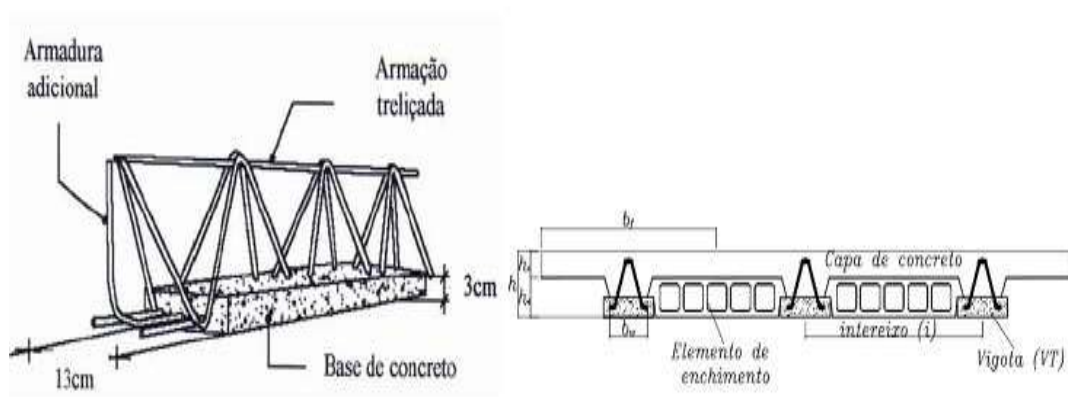
Segundo a NBR 14859-1 os principais tipos de vigotas pré-moldadas são:

De concreto armado (VC): com a Seção de concreto usualmente formando um T invertido, com a armadura passiva totalmente envolvida pelo concreto da vigota, utilizadas para compor as lajes de concreto.

De concreto protendido (VP): com a seção de concreto usualmente formando um T invertido com a armadura ativa pré-tensionada totalmente englobada pelo concreto da vigota, utilizadas para compor as lajes de concreto protendido.

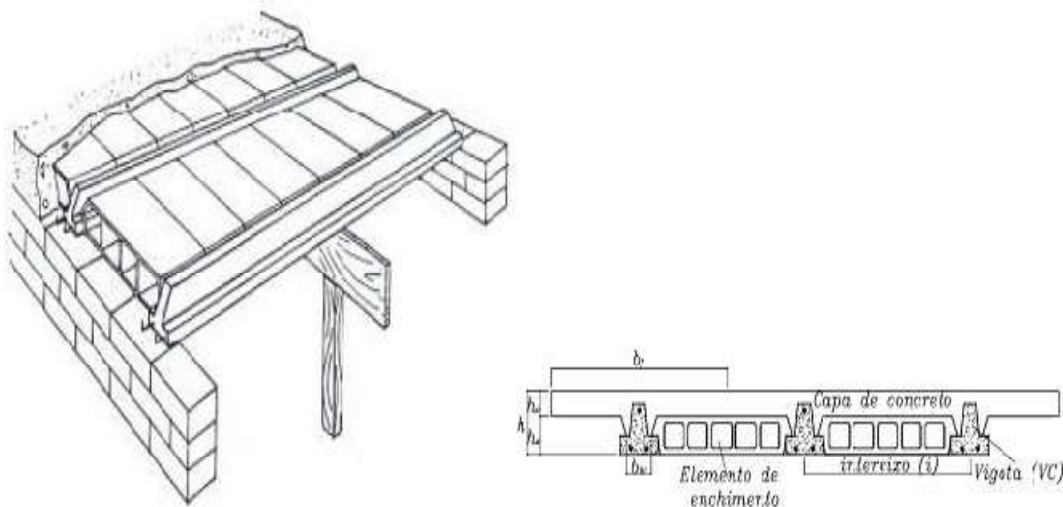
Treliçadas (VT): com seção de concreto formando uma placa, com armadura treliçada, parcialmente englobada pelo concreto da vigota. Quando necessário, deverá ser complementada com a armadura passiva inferior de tração totalmente englobada pelo concreto da nervura, utilizadas para compor as lajes treliçadas.

Figura 7: Vigota Treliçada.



Fonte: PEREIRA, 2002.

Figura 8: Vigota tipo trilho.



Fonte: SILVA, 2006.

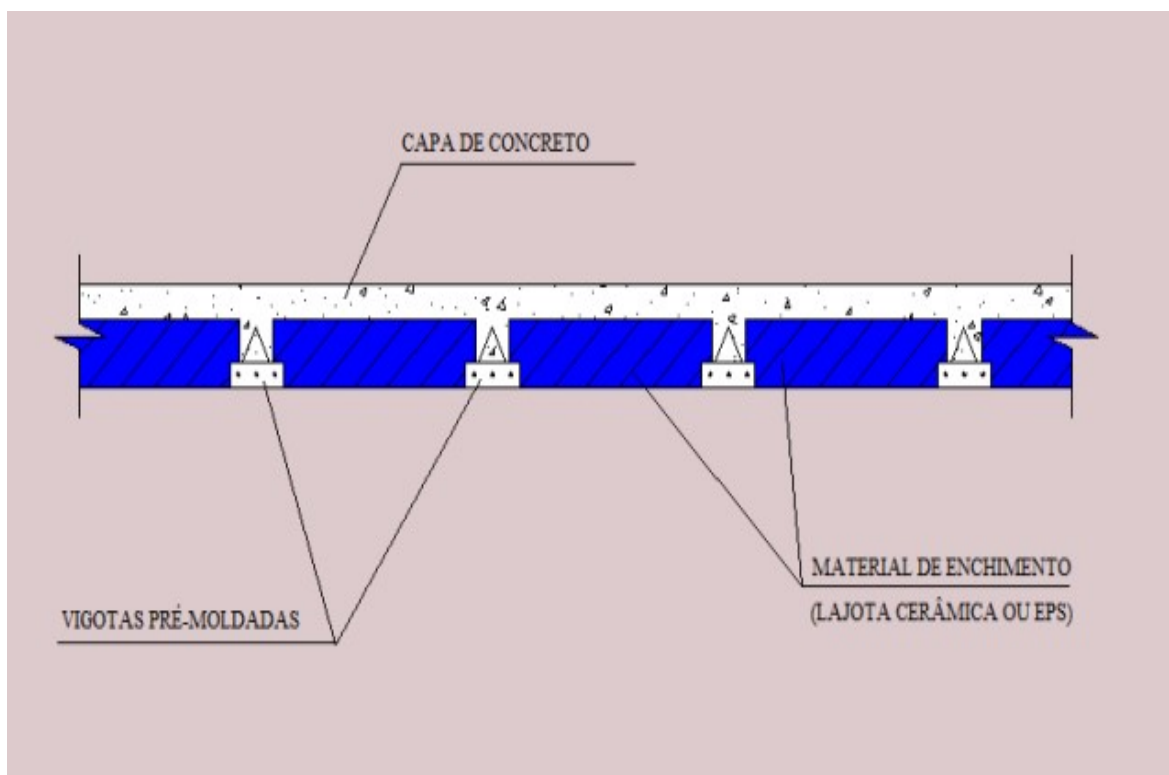
2.2.4 Elementos de Enchimento

Elementos de enchimento são materiais inertes, intercalados entre as vigotas, com a função de reduzir o volume de concreto, o peso próprio da laje e servir como fôrma para o concreto complementar.

De acordo com Pereira (2002), uma de suas características do elemento de enchimento pode ser a leveza, contudo, um dos materiais mais utilizados é o EPS, que além de aliviar bastante o peso próprio da estrutura, por ser maciço impossibilita a perda de concreto do capeamento para o interior do elemento de enchimento, como pode acontecer com os blocos de concreto e lajotas.

Segundo a NBR 14859 (2002), elementos de enchimento são componentes pré-fabricados com materiais inertes diversos, podendo ser maciços ou vazados, intercalados entre vigotas em geral, como principal função reduzir o volume do concreto, o peso próprio da laje e servir como forma para concreto complementar.

Figura 9: Elementos de enchimento.



Fonte: SILVA,2006.

2.2.5 Concreto

Segundo Santos (2006), o concreto é um material, moldável, plástico ao qual é possível imprimir os mais variados formatos. É composto por agregado miúdo e graúdo e uma porção de areia natural ou artificial, água e cimento que é o aglomerante.

De acordo com Pereira (2002), a resistência mínima do concreto para preenchimento da laje deverá ter uma resistência mínima de 20 Mpa e serve para complementar as vigotas pré-fabricadas formando nervuras transversais.

Figura 10: Ensaio slump para medir deformação do concreto.



Fonte: Próprio autor.

2.2.6 Armaduras Complementares

De acordo com Pereira (2002), As armaduras complementares são todas aquelas colocadas na laje durante a etapa de montagem. São divididas em:

Negativa: É colocada na parte superior da capa de concreto é responsável por combater os esforços devido ao momento negativo na ligação da laje com a estrutura atuando também no controle de fissuras.

Longitudinal: É Aquela que completa a armadura treliçada. Esta armadura é disposta sobre a sapata de concreto.

Distribuição: Tem a função de combater a fissuração do concreto lançado na obra distribuir os esforços aplicados entre as nervuras e impedir a flexão da mesa. É colocada na parte inferior da camada de concreto, é composta por uma tela eletrosoldada.

2.3 Execução da Laje de Vigotas Pré-Fabricadas Treliçadas

As lajes pré-fabricas segue as normas da NBR 14931 de execução de concreto igualmente as lajes maciças simples, mesmo possuindo algumas etapas da laje maciça a laje pré-fabricada apresenta uma enorme vantagem por praticamente excluir as formas na execução.

Segundo a NBR 9062, as etapas na execução das lajes pré-fabricadas são: fabricação das vigotas, armazenamento e transporte, instalação e escoramento das vigotas, preenchimento, instalação das guias de acabamento, instalação das esperas, lançamento do concreto e cura do mesmo.

Figura 11: Laje de vigotas pré-fabricada.



Fonte: Próprio autor.

2.3.1 Etapa 1 - Fabricação das vigotas

Segundo a NBR 14859-1, as vigotas devem ter uma largura mínima tal que permita, quando montadas em conjunto com os elementos de enchimento, a execução das nervuras de concreto complementar com largura mínima equivalente de 4,0cm e atender o disposto na NBR 6118.

Após as vigotas atingirem a resistência mínima, elas são desformadas e armazenadas para que após a cura possam ser transportadas até a obra.

Figura 12: Vigotas Pré-fabricadas.



Fonte: Próprio autor.

2.3.2 Etapa 2 - Instalação e escoramento das vigotas

Segundo Carvalho e Figueiredo(2001), escoramento é uma estrutura provisória, destinada a auxiliar as vigotas pré-fabricadas a suportar a carga de trabalho, durante a montagem da laje e o período de cura do concreto.

A etapa de instalação das escoras deve estar entre 1,0m e 1,5m. Esses valores são estipulados entre fabricante e literatura. É de extrema importância que as escoras sejam rígidas para não causar flecha na fase de montagem e concretagem, sendo assim se ocorrer o sistema já surgira com flecha que se estenderá por toda vida da estrutura, podendo causar fissuras prejudicando a vida útil.

Figura 13: Instalação das vigotas com escoramento.



Fonte: Próprio autor.

2.3.3 Etapa 3 - Preenchimento

De acordo com a NBR 14859-1, os elementos de preenchimento ou elementos de enchimento são constituídos por material de ruptura frágil, tais como: concreto, cerâmica e concreto celular autoclavado (CCA), com as vigotas já posicionadas de acordo com a largura de preenchimento desejável, são colocadas as peças de cerâmica ou EPS (isopor), de acordo que os vãos entre as vigotas sejam preenchidas para permitir aplicação da camada de concreto.

Figura 13: Elemento de enchimento de enchimento.



Fonte: Próprio autor.

2.3.4 Etapa 4 - Colocação das armaduras e instalação hidráulica e elétrica

Com as vigotas, escoras e as tabelas todas instaladas cobre-se toda a laje com malha de aço, normalmente utiliza-se aço CA- 60 4,2 mm 15cmx15cm, para tornar a laje mais resistente juntamente com a capa de concreto. Após este procedimento são instalados os conduítes e a parte hidráulica, pois nessa etapa fica mais fácil corrigir qualquer problema que apareça.

Figura 14: Colocação de aço sobre as vigotas e tabelas.



Fonte: Próprio autor.

2.3.5 Etapa 5 - Colocação das guias de escoramento e concretagem

A instalação das guias de escoramento tem por finalidade delimitar o concreto. Para iniciar a concretagem joga-se água sobre as tabelas afim de saturá-las para não haver perda de água do concreto.

Figura 15: Guias de acabamento lateral.



Fonte: Próprio autor.

Após concluir todas as etapas é necessária a cura correta do concreto, para que o mesmo adquira sua resistência final exigida no projeto, molhando a laje durante os 7 (sete) dias, posteriormente ao lançamento, evitando trincas e fissuras.

Figura 16: Concretagem e Regularização.



Fonte: Próprio autor.

2.3.6 Etapa 6 - Remoção das escoras

A Remoção das escoras ocorre igual às lajes maciças, seguindo as normas, que seja realizada somente após o concreto ter adquirido a resistência suficiente para suportar a carga imposta ao elemento estrutural.

Segundo a NBR 14931/04, é preciso seguir todas as normas para que não ocorram deformações que extrapolem as tolerâncias especificadas no projeto e resista aos danos para a superfície durante a remoção.

2.4 Vantagens e Desvantagens

Segundo Brunatti (2008), o mercado oferece uma série de alternativas para execução de lajes pré-fabricadas. Os elementos empregados na laje apresentam uma boa capacidade portante no momento da moldagem do restante da laje, reduzindo assim a quantidade de formas e escoras em relação ao sistema

convencional. Quando são executadas de forma nervurada, apresentam redução do volume de concreto e armaduras.

Também de acordo com Brunatti (2008), a laje pré-fabricada apresenta as seguintes desvantagens:

A execução da laje nervurada deve ser cuidadosamente executada, pois pode apresentar trincas depois de prontas em razão de falta de aderência da capa de concreto. Quando é executada sem elementos pré-fabricados, a laje treliçada tem como desvantagem a baixa produtividade e a utilização intensiva de mão de obra. O trabalho de armação é demorado e há dificuldades de concretagem.

2.5 Lajes maciças

Segundo Pinheiro (2007), lajes são elementos planos, de maneira comum horizontal, com duas dimensões bem maiores que a terceira, essa por sua vez chamada de espessura. Tendo sua principal função receber os carregamentos do andar, como: pessoas, móveis, equipamentos, impactos entre outros, e transmiti-la para a estrutura.

Segundo a NBR 6120(ABNT,1980), fixa valores para as cargas acidentais tais como os pesos de pessoas ,móveis, veículos,materiais diversos, e as cargas permanentes que são as cargas de todos os elementos construtivos fixos na obra como paredes, pisos, contra piso, concreto armado etc. A carga de projeto é a soma das cargas acidentais com as cargas permanentes. A seguir apresentam-se as cargas acidentais TAB. 1eascargas permanentes TAB.2,entre outros,comos respectivosvalores:

Tabela 1 - Valoresmínimosdascargasverticais

LOCAL	CARGA:KN/m ²
Edifíciosresidenciaisdormitório,sala,cozinhaebanheiro	1,5
Despensa,áreadeserviçoelavanderia	2
Escadascomacessoapúblico	3
Escadasemacessoapúblico	2,5
Escritórios-salasdeusogeralEBanheiro	2
Forros-semacessoapessoas	0,5

Fonte:NBR6120,(1980)

Tabela 2: Pesos específicos dos materiais de construção

Carga Permanente	Peso Específico Aparente (KN/m ³)
Lajotas cerâmicas	18
Tijolos furados	13
Tijolos maciços	18
Argamassa de cal, cimento e areia	19
Revestimentos Argamassa de cimento e areia	21
Argamassa de gesso	12,5
Concreto simples	24
Concreto armado	25

Fonte: NBR 6120, (1980)

As lajes maciças mais usuais são:

- Laje Cogumelo.
- Laje Mista.
- Laje Nervurada
- Laje Fundação.
- Laje Maciça Simples.

2.5.1 Lajes maciças simples

“As lajes maciças correspondem a cerca de 50% do consumo de concreto numa construção convencional de prédios, e, portanto, a 50% do peso próprio que vai pra fundação” (BOTELHO; MARCHETTI, 2011, p. 104).

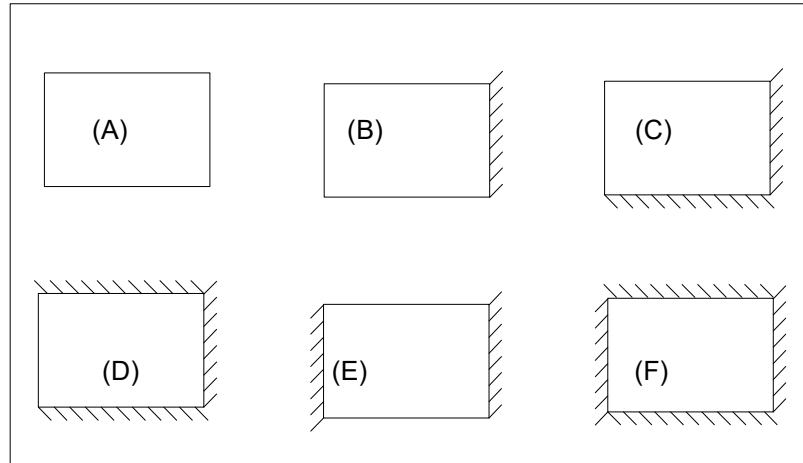
A utilização desse procedimento é muito usual, pois o método executivo tem muita facilidade para encontrar mão de obra que o realize com eficiência. No caso de edificações com grande número de pavimentos e andares. Este método se torna muito viável pelo fato de reutilizar as formas.

Segundo Botelho e Marchetti (2010), nas lajes maciças existem dois tipos: as lajes armadas nas duas direções que possuem momentos positivos em ambas as direções, ou seja, irá receber a armadura principal nos dois sentidos e as lajes armadas em uma direção possuem armadura principal na direção do vão menor e uma armadura secundária no sentido do maior vão.

Na figura temos as seguintes definições: (a) laje apoiada nos quatro lados, (b) laje engastada em apenas um lado, (c) laje engastada em dois lados,

(d) laje engastados em três lados, (e) laje engastada nos dois lados opostos, (f) laje com engaste nos quatros lados.

Figura 17: Comportamento das lajes maciças



Fonte: ADÃO,HEMERLY, 2010, p 66.

2.5.2 Execução de Lajes maciças simples

Segundo a (NBR) 6118.2007, a execução pode ser dividida em seis etapas:

- Confeção da forma de madeira e escoras.
- Colocação das armaduras de aço.
- Instalação de caixas, tubos e eletrodutos.
- Preparação e lançamento do concreto.
- Cura do concreto.
- Retirada das formas e escoras.

Nas lajes maciças de concreto armado diferente das lajes pré-moldada, devem respeitar os limites de espessura do concreto de acordo com a (NBR) 6118.2007.

- 5cm para cobertura em balanço.
- 7cm para lajes de piso ou de cobertura em balanço.
- 10cm para lajes que suportam veículos de peso total menor ou igual a 30kn.
- 12cm para lajes que suportam veículos acima de 30kn.
- Para evitar o aparecimento de fissuras pela presença de eletrodutos ou caixas de distribuição recomenda-se a espessura mínima de 8cm.

2.5.3 Confeção das formas de madeira e escoras

De acordo com a (NBR) 14931/04, o sistema de formas deve obter o formato e as dimensões das lajes a ser projetada, havendo o estanque de modo a impedir que ocorra a perda da pasta de cimento no momento da concretagem.

As escoras de madeiras devem obedecer ao espaçamento de 60cm a 80cm, as quais são apoiadas sobre cunhas ou caixas de areia com objetivo de nivelar as formas. As escoras devem ser projetadas e executadas para suportar o seu peso próprio, da estrutura e das cargas acidentais que possam atuar durante o processo construtivo, evitando as deformações prejudiciais não previstos no projeto.

Figura 18: Colocação das escoras de madeira



Fonte: Próprio autor.

2.5.4 Colocação das armaduras

Segundo a (NBR) 14931/04, o posicionamento das armaduras principais e secundárias no interior da forma deve estar de acordo com as especificações de projeto, havendo amarração e utilização de arames e respeitando as distâncias das barras entre si e as faces internas das formas, colocando também o cobrimento mínimo das armaduras com auxílio de espaçadores, para evitar que as armaduras sejam expostas, causando alguma deformação na concretagem.

Figura 19: Colocação da armadura de aço.



Fonte: Próprio autor.

2.5.5 Colocação de instalação de caixas, tubos e eletrodutos

De acordo com a NBR 14931/04, as caixas de passagem e eletrodutos referente à instalação elétrica, também são utilizadas a espera de isopor com as dimensões necessárias afim de permitir a passagem de encanamentos com a função hidráulica e de esgoto após sua retirada.

Figura 20: Instalação de eletrodutos, tubos e caixas.



Fonte: Próprio autor.

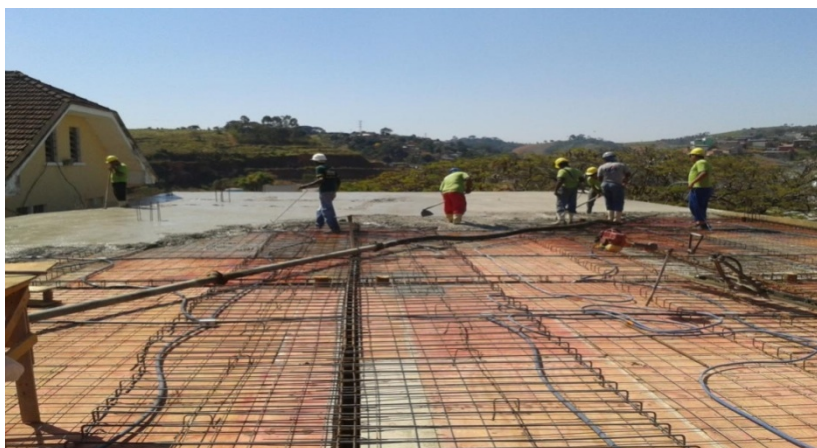
2.5.6 Preparação e lançamento do concreto e cura

De acordo com a NBR 14931/04, estabelece que a superfície de forma deve estar limpa, realizando a remoção de quaisquer detritos que não fazem parte da armação ou instalação elétrica/hidráulica, molhando as formas com a intenção de verificar a estanqueidade das juntas afim de evitar perda de pasta ou argamassa e também para a saturação das formas com a água, de modo a minimizar a perda de água do concreto para as formas.

Segundo o item 9.5.1 da NBR 14931/04, o concreto deve ser lançado e adensado de modo que toda a armadura seja adequadamente envolvida na massa do concreto, ou seja, o cobrimento de todos os materiais da laje mantendo a homogeneidade. Para o adensamento e utilizados vibradores, para garantir a redução de números de vazios e garantir a homogeneidade. Para obter uma superfície durável e uniforme de concreto, deve fazer um lançamento e adensamento sem apresentar vazios na massa de concreto com o mínimo de manipulação do concreto, como processos de vibração muito demorados ou repetidos.

Segundo Bocchi JR. e Giongo (2010), para ocorrer a reação química do concreto necessita da água presente no mesmo, para haver o endurecimento, e também para que parte dessa água não se perca pela evaporação, por isso e preciso garantir que não se perca essa água com o umedecimento da superfície para que a reação ocorra corretamente, assegurando a qualidade do concreto durante o período de cura.

Figura 21: Lançamento do concreto.



Fonte: Próprio autor.

2.5.7 Retirada das escoras

Segundo a NBR 14931/04, afirma que a retirada do escoramento e das formas deve ser efetuada com cuidado sem choques ou movimentos bruscos e obedecer ao plano de desforma.

2.6 Vantagens e desvantagens

Segundo Lopes (2012), as lajes maciças apresentam as seguintes vantagens:

Oferece função de placa e membrana, apropriada a situações de singularidade estrutural, bom desempenho em relação à capacidade de redistribuição dos esforços, a existência de muitas vigas, por outro lado, forma muitos pórticos, que garantem uma boa rigidez à estrutura de contra ventamento, foi durante anos o sistema estrutural mais utilizado nas construções de concreto, por isso a mão de obra já é bastante treinada, menos suscetível a fissuras e trincas, uma vez que depois de seco o concreto torna-se um monobloco que dilata e contrai de maneira uniforme.

Também Segundo Lopes (2012), apresentam as seguintes desvantagens:

Elevado consumo de formas, escoras, concreto e aço, elevado peso próprio implicando em maiores reações nos apoios, elevado consumo de mão de obra referente às atividades dos profissionais como: pedreiro, carpinteiro, armador e servente, grande capacidade de propagação de ruídos entre pavimentos, limitação quanto a sua aplicação a grandes vãos por conta da demanda de espessura média de concreto exigida para sua situação, custo relativo elevado, devido aos limites impostos, apresenta uma grande quantidade de vigas, fato que deixa o pavimento muito recortado, diminuindo a produtividade da construção, tempo elevado para execução das formas da desforma.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido as enormes necessidades que o mercado nos impõe, devemos cada vez esta à procura de novos e modernos métodos construtivos que nos atendam tanto financeiramente, quanto em rapidez.

A partir da pesquisa realizada não há duvida que o sistema construtivo pré-moldado em geral, apresenta em termos de planejamento, controle e agilidade um resultado bem mais satisfatório que o método em lajes maciças simples.

Verificou-se que as edificações feitas em pré-fabricados apresenta rapidez em sua montagem, devido à ausência de formas, gerando redução de tempo e mão de obra, consequentemente vantagens econômicas. Além de apresentar uma economia em concreto e aço nos pilares e vigas, melhorando nas medidas e apresentando uma carga menor em relação a laje maciça.

Antes da definição dos métodos construtivos a serem adotados, e preciso analisar o objetivo do empreendimento. Cabe aos profissionais da área, especializarem em novos métodos na construção civil para que possam proporcionar aos seus clientes o tipo de estrutura mais adequada para cada tipo de edificação a ser construída, e não optar sempre pelo método mais tradicional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2002). NBR 14859-1:2002. **Laje pré-fabricada – Requisitos. Parte 1: Lajes unidirecionais**. Rio de Janeiro, 2002.

Associação Brasileira do Poliestireno Expandido. **Manual de utilização EPS na construção civil**. São Paulo: Pini, 2006. 124p.

BOCCHI JR., C. F.; GIONGO, J. S. **Concreto armado: projeto e construção de lajes nervuradas**. Universidade de São Carlos. São Carlos, 2010.

BOTELHO, M.H.C. ;MARCHETTI,O. **Concreto armado eu te amo**,v.1.6.ed.São Paulo: Blucher,2010.507p.

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

CAIXETA, D. P. **Contribuição ao estudo de lajes pré-fabricadas com vigas treliçadas**. 29/09/1998. 168 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas).Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Campinas, Campinas, 1998.

CARVALHO, R. C.; FILHO, J. R. F. **Pavimentos de Edificações com Lajes Nervuradas Unidirecionais de Vigotas Pré-moldadas**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil. 2006. 37 p. Apostila do curso de Pós-Graduação em Construção Civil.

CARVALHO, Roberto C.; FIGUEIREDO FILHO, Jasson R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**.2ª Edição. São Carlos: EdUFSCar,2001.

CHAVES, Roberto. **Manual do construtor: para engenheiros, mestres de obras e profissionais de construção em geral**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos, 2012.

_____.**Concreto armado eu te amo**,v.2.3.ed.São Paulo: Blucher,2011.333p.
Cichinelli,G.C..Racionalização industrial.**Construção Mercado**.São Paulo,n.128,M ar.2012.

FERREIRA, M. A. **Projeto e construção de lajes nervuradas de concreto armado**.10/08/2005. 239 fls. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

FIGUEIREDO FILHO, Jasson R. **Sistemas estruturais de lajes sem vigas: subsídios para o projeto e execução**. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1979.

GASPAR, R. **Análise da segurança estrutural das lajes pré-fabricadas na fase de construção**. 1997. 112f. Dissertação (Mestrado em Engenharia das Estruturas)-Departamento de Engenharia de Estrutura e Fundação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

GUERRIM, A.; LAVOUR, R.C.; **Tratado de concreto armado**: Cálculo do concreto armado. V.1. Brasil: Hemus S.A., 2002. 363p.

GROSSI, R.M. (Inst.). **Curso de Lajes Maciças e Nervuradas**. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Engenharia Civil, 2013. Apostila

PORTO, S.. Racionalização industrial. **Construção Mercado**. São Paulo, n. 128, Mar. 2012. Mesa Redonda.

PEREIRA, R. L. **Estudo experimental de emenda em vigotas treliçadas**. 09/10/2002. 269 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

GASPAR, Ricardo. **Análise da segurança estrutural das lajes pré-fabricadas na fase de construção**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

LOPES, André F. O. **Estudo técnico comparativo entre lajes maciças e nervuradas com diferentes tipos de materiais de enchimento**. Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, 2012. 99

MELO, Carlos E. E. **Manual Munte de projetos em pré-fabricados de concreto**. São Paulo: Editora Pini, 2004.

_____. **NBR14860**. Laje pré-fabricada -Pré-laje– Requisitos-Parte1: Lajes unidirecionais. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR14862**. Armadura eletrossoldada - Requisitos. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR6118**. Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR9062**. Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR6120**. Cargas para o Cálculo de Estruturas. Rio de Janeiro, 1980.

_____. **NBR14931**. Cargas para o Cálculo de Estruturas. Rio de Janeiro, 1980.

PINHEIRO, Libanio M. **Fundamentos do concreto e projetos de edifícios**. Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de Engenharia de Estruturas. Universidade de São Carlos. São Carlos, 2007.

SANTOS, Roberto E. dos. **A cultura do concreto armado no Brasil: educação e**

deseducação dos produtores do espaço construído. Anais do IV Congresso Brasileiro de História da Educação. Universidade Católica de Goiânia. Goiânia,

_____. **Tratado de concreto armado:** estruturas de residências e indústrias, lajes, escadas, balanços e construções diversas. V.3. Brasil: Hemus S.A., 2002. 398p.