

# ESTUDO COMPARATIVO ENTRE LAJE MACIÇA E LAJE DE VIGOTAS PRÉ-FABRICADAS TRELIÇADAS EM CONSTRUÇÕES USUAIS

COMPARATIVE STUDY BETWEEN SOLID SLAB AND PREFABRICATED GIRDER LATTICED SLAB IN USUAL CONSTRUCTIONS

Tarcísio Marcos do NASCIMENTO<sup>1</sup>  
Tarcisio.nascimento@outlook.com

Gustavo de Miranda Salame GIDRAO<sup>2;3;4</sup>  
gidrao@fho.edu.br

<sup>1</sup> Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário da Fundação Hermínio Ometo FHO;

<sup>2</sup> Docente da FHO, Orientador;

<sup>3</sup> Graduado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo USP;

<sup>4</sup> Mestre em Engenharia Civil (Engenharia de Estruturas) pela Universidade de São Paulo USP

## RESUMO

A escolha dos usuários em relação aos sistemas de execução de lajes em construções usuais normalmente é baseada na informação de amigos, fabricantes ou profissionais do setor, que fundamentam suas indicações mediante parâmetros, por vezes, equivocados ou incompletos. Este estudo comparativo entre as lajes maciças e com vigotas pré-fabricadas treliçadas visa proporcionar um melhor conhecimento em relação aos materiais e métodos envolvidos na execução, uma ampla visão das vantagens, desvantagens e o desenvolvimento de um estudo de composições de custo de execução de um projeto de 50 m<sup>2</sup>, por meio da Tabela Sinapi, com o objetivo de amparar a escolha dos usuários em relação ao tipo de laje que traz melhor custo-benefício. Ao final do estudo e comparação de custos envolvendo os dois tipos de lajes, pode-se constatar que, apesar de os dois métodos apresentarem vantagens e desvantagens, a laje de vigotas pré-fabricadas treliçadas possui custo de execução consideravelmente menor que a laje maciça.

**Palavras-chave:** Laje; Maciça; Treliçada.

## ABSTRACT

The choice of users regarding to the slab execution systems in usual constructions is usually based on information from friends, manufacturers or industry professionals, who base their indications on parameters that are sometimes wrong or incomplete. This comparative study between solid slab and prefabricated girder latticed slab in usual constructions intends to provide a better understanding of the materials and methods involved in the execution, a broad view of the advantages, disadvantages and the development of a study of cost compositions for the execution of a 50 m<sup>2</sup> project, using the Sinapi Table, with the objective of supporting users' choice concerning to the type of slab that brings the best cost-benefit ratio. At the end of the study and cost comparison involving the two types of slabs, it can be seen that, although the two methods have advantages and disadvantages, the slab of prefabricated truss joists has a noticeably lower execution cost than the solid slab.

**Keywords:** Slab; Solid; Latticed.

## INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial, o setor da construção civil passa por uma fase de grande evolução em busca de otimização, que pode ser evidenciada com o desenvolvimento de novas tecnologias, materiais e técnicas construtivas, visando maior qualidade, segurança e menor custo de suas edificações.

O elemento pré-fabricado é definido pela norma NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado (ABNT, 1985) como o elemento que é executado industrialmente, ainda que em instalações temporárias em canteiros de obra.

Dentre os elementos pré-moldados, as lajes pré-fabricadas se destacam. Flório (2004) afirma que a utilização de tais elementos tem se intensificado nos últimos anos, devido ao objetivo de padronizar e aperfeiçoar as edificações, evitando problemas comuns que podem acontecer no canteiro de obra, como erros de execução.

Entretanto, é possível realizar a construção de edificações com estruturas moldadas *in-loco*, ou seja, são concretadas utilizando formas de madeira, unindo todas as peças num conjunto único no local definitivo de sua utilização. Carvalho e Pinheiro (2009) citam a execução simples, o fato de apresentar pouca deformação e esforços relativamente pequenos como vantagens das lajes maciças.

A análise comparativa entre as lajes maciça e com vigotas pré-fabricadas treliçadas em uma construção usual é importante para que se tenha um melhor conhecimento entre os métodos envolvidos, uma visão ampla das vantagens e desvantagens que proporcionam e o custo necessário para execução delas.

Dado o contexto apresentado, cada tipo de construção tem suas potencialidades e limitações, como topografia do terreno, *layout* do projeto, solicitações estruturais, custos, entre outros, daí a importância em conhecê-las para que a escolha atenda melhor às exigências do usuário. Surge, então, a ideia desta pesquisa: analisar e comparar qual o tipo de laje mostra-se com melhor resultado de custo-benefício, considerando a laje maciça lisa simples e laje com vigotas pré-fabricadas treliçadas.

## CONCEITOS DE MATERIAIS E EXECUÇÃO DE LAJES

Serão apresentados os materiais utilizados, as etapas e alguns conceitos básicos sobre os diferentes tipos de lajes comparados para que o leitor tenha melhor compreensão do trabalho e os métodos construtivos.

### Concreto armado

Segundo a NBR 6118:2007, os elementos de concreto armado podem ser definidos como elementos cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência. É composto pela junção do concreto com a armadura passiva, em que os esforços à tração do aço com a compressão do concreto permitem atingir grandes vãos e alturas, de diferentes formas e aplicações.

### Pré-moldado

O elemento pré-moldado é definido pela norma NBR 9062 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado (ABNT, 1985) como o elemento que é executado fora do local de utilização definitiva da estrutura, com controle de qualidade menos rigoroso, dispensando a existência de laboratório ou instalações similares próprias.

O elemento pré-fabricado, apesar de ter o termo e o método de execução parecido com o elemento pré-moldado, é precisado de forma diferente também pela norma NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado (ABNT, 1985), que o define como elemento executado industrialmente em instalações provisórias ou não, com rigoroso controle de qualidade, sendo indispensável à existência de laboratório e demais instalações permanentes.

### Lajes

As lajes são descritas por Figueiredo Filho (1979) como uma placa, folhas planas submetidas principalmente a ações normais ao seu plano, constituídas de concreto, concreto armado ou protendido.

Outra classificação, dada por Baud (1970), diferencia três tipos de laje à base de concreto armado:

– Lajes feitas inteiramente na obra, ou seja, a armadura é montada e o concreto lançado no próprio local da obra.

– Lajes semi-pré-fabricadas, caracterizada pelo elemento resistente à tração que é executado em fábricas, transportado à obra, e o concreto que resistirá à compressão, lançado no próprio local de obra.

– Lajes totalmente pré-fabricadas, em que todo o elemento estrutural é produzido na indústria e transportado, em seguida, para a obra.

Esses três tipos de lajes apresentam diferentes características, as quais resultam em vantagens e desvantagens. As lajes feitas inteiramente na obra (maciças), e as lajes semi-pré-fabricadas (de vigotas pré-fabricadas treliçadas), apresentadas neste trabalho, a fim de considerar essas vantagens e desvantagens em cada caso particular.

### Lajes maciças

As lajes maciças são definidas por Araújo (2014) como placas de espessura uniforme, apoiadas ao longo do seu contorno, onde os apoios podem ser formados por vigas ou alvenarias. No que diz respeito as suas características geométricas, Pinheiro (2007) diz que são elementos planos, normalmente horizontais, com duas dimensões muito maiores que a terceira, chamada de espessura.

### Execução de laje maciça

Baseada na NBR 6118:2007, a execução de lajes maciças pode ser dividida em sete etapas:

- Confecção da forma de madeira e escoras;
- Colocação das armaduras;
- Instalações de caixas, tubos e eletrodutos;
- Preparação e lançamento do concreto;
- Adensamento do concreto;
- Cura do concreto;
- Retirada das fôrmas e escoras.

### Colocação das fôrmas de madeira e escoras

Conforme o item 7.2.2.3 da NBR 14931/04, as fôrmas devem adaptar-se ao formato e às dimensões das peças da estrutura projetada. Para a execução das lajes maciças, faz-se necessário a utilização de fôrmas e escoras, que são utilizadas temporariamente e poderão ser retiradas após o processo de execução e cura da laje. Normalmente, as fôrmas utilizadas para moldar a parte inferior das

lajes são feitas de madeiras compensadas ou madeirite, como é usualmente chamada nas obras.

De acordo com o item 7.2.2.2 da NBR 14931/04, o escoramento deve ser projetado de modo a não sofrer, sob a ação de seu próprio peso, do peso da estrutura e das cargas acidentais que possam atuar durante a execução da estrutura de concreto, deformações prejudiciais ao formato da estrutura ou que possam causar esforços não previstos no concreto. Os escoramentos ou apoios verticais da laje podem ser feitos em pontaletes, escoras de eucalipto ou até mesmo em escoras metálicas, que possuem maior facilidade para o ajuste e nivelamento da laje. Para o escoramento horizontal ou cimbramento da laje, os barrotes de madeira são os mais utilizados.

Figura 1 – Fôrma de laje maciça



Fonte: Adquirida pelo autor.

### Colocação das armaduras

Os processos para preparo e montagem da armadura devem atender ao que estabelece o projeto estrutural e o item 8.1.5.5 da NBR 14931/04, que descreve o posicionamento das armaduras principais e secundárias no interior da fôrma, as quais deve ter amarração com a utilização de arames ou pontos de solda, distância entre barras e cobertura de armadura pré-estabelecidas pelo calculista ou projetista.

### Instalações elétricas e hidráulicas

Nessa etapa, os eletrodutos, caixas de passagem, também conhecidas como *shaft*, esperas com as devidas dimensões para a assagem de tubulações hidráulicas e elétricas devem ser posicionadas.

De acordo com o item 7.2.4 da NBR 14931/04, os componentes embutidos devem preservar o formato durante a concretagem e resistir a

contaminações que possam afetar sua integridade, a do concreto ou a da armadura.

### ***Preparação e lançamento do concreto***

Segundo a NBR 14931/04, especificamente no item 9.1, há duas modalidades de preparo do concreto: preparado pelo executante da obra ou o concreto preparado por empresa de serviços de concretagem. Como o volume de concreto em lajes normalmente é elevado, o adequado é que esse concreto seja preparado por empresa de serviços de concretagem.

Em conformidade com o item 9.2 da NBR 14931/04, alguns cuidados preliminares devem ser tomados antes do lançamento do concreto, como a conferência das dimensões e posição das fôrmas, para que seja assegurada a geometria dos elementos estruturais conforme o estabelecido no projeto, a limpeza da superfície interna das fôrmas, verificação da estanqueidade das juntas de maneira a evitar a perda de pasta ou argamassa, entre outras.

### ***Adensamento e acabamento do concreto***

O item 9.5.1 da NBR 14931/04 estabelece que o concreto deve ser lançado e adensado de maneira que a armadura seja completamente envolvida, respeitando os cobrimentos mínimos previstos em projeto e mantendo a homogeneidade do concreto. O adensamento do concreto pode ser feito com o uso de vibradores, que reduzem o número de vazios e permitem alcançar maiores resistências do concreto e evitam a formação de ninhos de concretagem ou segregação dos materiais, conhecidos, usualmente, como bicheiras.

### ***Cura do concreto***

Nesse ínterim, se o concreto não atingir endurecimento satisfatório, o item 10.1 da NBR 14931/04 diz que ele deve ser curado a protegido contra agentes prejudiciais, a fim de evitar a perda de água pela superfície exposta, assegurar uma superfície com resistência adequada e garantir a formação de uma capa superficial durável.

### ***Retirada das fôrmas e escoramentos***

Em conformidade com o que descreve o item 10.2 da NBR 14931/04, as fôrmas e escoramentos devem ser removidos de acordo com o planejamento de desforma previamente estabelecido e de maneira que não comprometa a

segurança e o desempenho em serviço da estrutura. Para efetivar a remoção, além da resistência do concreto, alguns importantes fatores devem ser ponderados: o peso próprio da estrutura e as sobrecargas de execução, como a movimentação de operários e materiais sobre o elemento estrutural;

### ***Vantagens e desvantagens da laje maciça***

Seu simples método de execução e o fato de apresentar pouca deformação e esforços relativamente menores são algumas das vantagens que a laje maciça apresenta segundo Carvalho e Pinheiro (2009).

Lopes (2012) também aponta algumas vantagens das lajes maciças:

- Oferece funções de placa e membrana;
- Bom desempenho em relação à capacidade de redistribuição dos esforços;
- A existência de muitas vigas, por outro lado, formam muitos pórticos, que garantem uma boa rigidez à estrutura de contraventamento;
- 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.

Para tanto, pode-se apontar algumas desvantagens das lajes maciças, também apresentadas por Lopes (2012):

- Elevado consumo de fôrmas, escoras, concreto e aço;
- Elevado peso próprio implicando em maiores reações nos apoios (vigas, pilares e fundações);
- Limitação quanto à sua aplicação a grandes vãos por conta da demanda de espessura média de concreto exigida para essa situação;
- Elevado custo, tempo e consumo de mão de obra referente às atividades dos profissionais: carpinteiro, armador, pedreiro e servente;

### ***Lajes de vigotas pré-fabricadas treliçadas***

De acordo com Chaves (1979), a laje pré-moldada de vigotas treliçadas é formada por vigotas pré-fabricadas de concreto armado, sobre as quais são apoiados elementos de material leve, e por fim, aplica-se uma camada de concreto, de forma a cobri-los completamente.

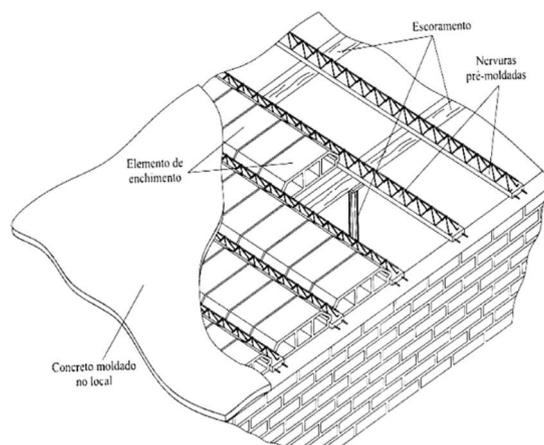
Esse sistema tem por finalidade, segundo Melo (2004), minimizar o uso de fôrmas de madeira, que, conseqüentemente, diminui a mão de obra envolvida, propicia maior agilidade na montagem, racionalização do uso de armaduras, maior segurança no canteiro de obras, entre outras.

As lajes de vigotas pré-fabricadas treliçadas podem ser executadas de duas maneiras: unidirecional ou nervurada. No sistema de laje unidirecional, as vigotas são arranjadas na direção do menor vão da laje e em uma única direção, como o próprio nome já diz. Já na laje nervurada, segundo Franca e Fusco (1997), as vigotas são colocadas também na direção do menor vão, mas com nervuras transversais moldadas no local de execução, armadas com barras de aço isoladas. A armadura treliçada das vigotas é constituída por um fio de aço no banzo superior, ligado por dois fios de aço nas laterais em diagonal e mais dois fios no banzo inferior.

Entre as vigotas treliçadas, são utilizados materiais de enchimento, normalmente blocos em EPS ou cerâmicos, que tem como objetivo diminuir o peso próprio da laje, reduzir o volume de concreto e servir como fôrma para o concreto do capeamento.

Na parte superior, sobre as vigotas e materiais de enchimento, é executada a capa de concreto, responsável pela resistência dos esforços de compressão da laje em serviço e pela distribuição das cargas nas nervuras. Ligadamente com a capa é colocada a armadura de distribuição nas duas direções que segundo o Manual Técnico de Lajes Treliçadas (p.15), tem como função: combater os efeitos de retração, consolidar a estrutura da nervura com a capa, efetuar um controle de abertura de fissuras e efetivar a distribuição das cargas pontuais.

Figura 2 – Laje formada por vigotas treliçadas



Fonte: EL DEBS (2000)

### **Execução de laje de vigotas pré-fabricadas treliçadas**

A execução das lajes de vigotas pré-fabricadas treliçadas, ainda que simples, necessita de atenção em todos os detalhes para que se tenha um desempenho satisfatório durante sua vida útil, sem a manifestação de patologias que se dão por meio do processo construtivo.

Semelhante às lajes maciças, as lajes pré-fabricadas também se baseiam nas normas da NBR 14931, no que diz respeito à sua execução, além de seguir também a NBR 9062 de execução de pré-moldados.

### **Fabricação das vigotas**

As vigotas pré-fabricadas normalmente são produzidas por indústrias ou empresas especializadas em elementos pré-moldados, mas também podem ser produzidas no local da obra em que serão instaladas, desde que haja um rigoroso controle tecnológico.

A fabricação se dá basicamente na colocação das treliças dentro das fôrmas metálicas, que devem estar limpas, com aplicação de desmoldante e dimensões definidas em projeto, o lançamento e o adensamento do concreto com especificações e resistências pré-estabelecidas pelo fabricante e o processo de cura das peças para evitar a evaporação da água e o aparecimento de fissuras, que envolve uma combinação de fatores, como a umidade, tempo e temperatura.

### **Armazenamento e transporte**

Após obter a resistência mínima para a desforma, as vigotas são retiradas e armazenadas de forma a evitar deformação excessiva das peças, devido a pouca idade do concreto. Para tanto, é necessário considerar a forma correta de empilhamento e posicionamento dos dispositivos de apoio. Após a cura da peça, ela é transportada e armazenada na obra ou local de utilização com os devidos cuidados, para que se mantenha em condições de utilização em relação aos aspectos físicos e estruturais.

### **Instalação e escoramento das vigotas**

A instalação compreende na colocação e disposição das vigotas nos lugares definitivos de utilização, nos vãos compatíveis com suas dimensões, com espaçamentos entre vigotas conforme largura do preenchimento, seja ele em EPS ou cerâmica.

O escoramento é feito seguindo as instruções do fabricante, e as distâncias entre escoras podem variar de acordo com o vão, espessura da laje e esforços solicitantes.

Figura 3 – Escoramento das vigotas



Fonte: Adquirida pelo autor.

### **Disposição do material de enchimento**

A colocação dos materiais de enchimento é feita após as vigotas estarem dispostas com os devidos espaçamentos, de modo que os vãos entre

vigotas sejam completamente fechados para a execução da concretagem.

### **Distribuição das armaduras**

Após a colocação das vigotas e materiais de enchimento, é feito a distribuição da malha de aço sobre todo o pano da laje, para torná-la mais resistente e formar uma estrutura rígida juntamente ao concreto. Quando necessário, são colocadas armaduras positivas, no caso de beirais que ficam em balanço.

### **Instalações elétricas e hidráulicas**

Antes da concretagem, devem ser posicionadas as instalações elétricas e hidráulicas, como as mangueiras, tubulações, caixas de passagem, etc. Esse procedimento se torna simples quando executadas nesse sistema construtivo, podendo apenas remover ou realizar os recortes nos materiais de enchimento.

### **Preparação, lançamento e cura do concreto**

Posteriormente à execução das etapas anteriores e a conferência do nivelamento, escoramento e demais detalhes da laje, é feito o lançamento e adensamento do concreto, que, usualmente, pelo elevado volume de concreto, é feito por empresas de fornecimento de concreto. Os cuidados a serem tomados são os mesmos fixados pelo item 9.5.1 da NBR 14931/04, estabelecendo que o concreto deva ser lançado e adensado de maneira que a armadura seja completamente envolvida, respeitando os cobrimentos mínimos previstos em projeto e mantendo a homogeneidade do concreto.

A cura do concreto, como já citado anteriormente, é algo fundamental para uma boa qualidade da peça estrutural, pois evita trincas e fissuras na laje, e deve ser feita pelo menos pelos sete dias posteriores ao lançamento.

Figura 4 – Lançamento, adensamento e acabamento de laje com vigotas



Fonte: Adquirida pelo autor.

### Remoção das escoras

Semelhantemente ao processo de remoção de escoramento das lajes maciças, nas lajes de vigotas pré-fabricadas treliçadas deve-se seguir as mesmas normas e cuidados aplicados, ou seja, as escoras podem ser retiradas somente após o concreto ter adquirido a resistência desejada para que não ocorram deformações excessivas, e outros pontos abordados pela NBR 14931/04.

### Vantagens e desvantagens da laje de vigotas pré-fabricadas treliçadas

Dentre as vantagens que as lajes treliçadas apresentam, segundo Marçal (2014), podemos apontar:

- Baixo peso próprio;
- Eliminação de fôrmas e redução do escoramento, minimizando o custo e mão de obra;
- Fácil armazenagem, transporte, trabalhabilidade e montagem;
- Baixo custo com materiais.

Como desvantagens, apresentam, segundo NAPPI (1993):

- Menor rigidez na estrutura como um todo, dada devido à pequena espessura da capa;
- Grande possibilidade de fissuras devido aos movimentos de retração e dilatação;
- Altos riscos de acidentes, tanto na colocação das vigotas como durante a concretagem;
- Comprimento de vão limitado, restringindo o seu uso a determinados projetos,

- Impossibilidade de aberturas em sua superfície, sem que hajam vigas periféricas de sustentação;
- Limitação da carga de acordo com as especificações do fabricante.

### ESTUDO DO PROJETO, QUANTITATIVOS E CUSTOS

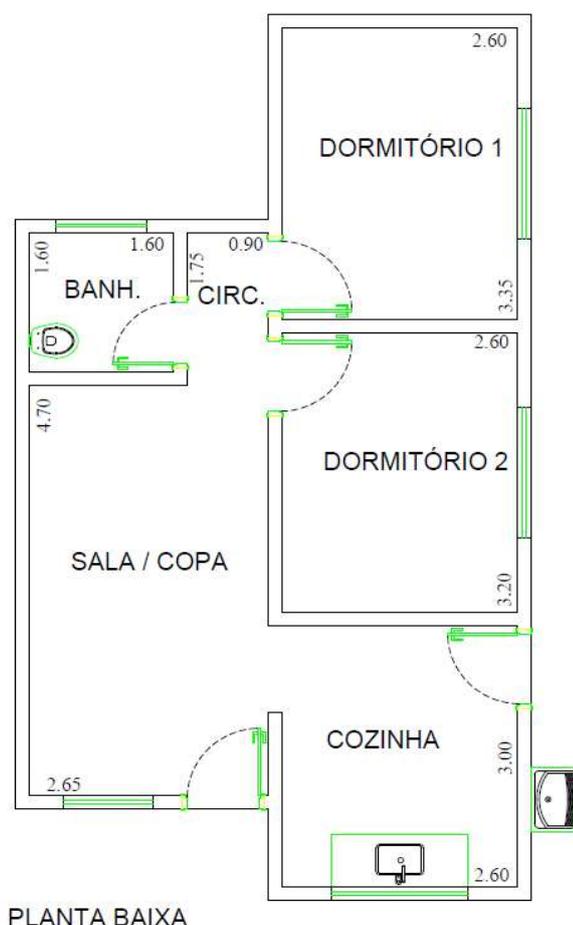
Para uma melhor análise do consumo de materiais e custos necessários para a execução das lajes em questão, será considerado um projeto com as mesmas dimensões, carregamentos e área.

Em relação à determinação dos custos de cada serviço e material, foi utilizada a lista de composições e insumos Sinapi (Agosto/2018).

### Projeto

O projeto adotado para a análise é de uma construção usual de 50 m<sup>2</sup>, que será construído, para efeito de orçamento, no estado de São Paulo.

Figura 5 – Planta baixa do projeto



PLANTA BAIXA

Fonte: Adquirida pelo autor.

### Quantitativo e custo da laje maciça

Para uma melhor compreensão, as composições foram divididas em três etapas: fôrmas, concreto e aço. A Tabela 1 mostra os valores unitários e totais dos materiais e serviços necessários para a execução referente às fôrmas, que resultou em um valor de R\$170,08/m<sup>2</sup>.

Tabela 1 – Composição de materiais e serviços referente às fôrmas

Descrição	Tipo	Un.	Qtd.	Preço	Total
DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	MATERIAL	L	0,85	R\$ 6,14	R\$ 5,00
TABUA MADEIRA 2A QUALIDADE 2,5 X 20,0CM (1 X 8") NAO APARELHADA	MATERIAL	M	155,6	R\$ 5,82	R\$ 905,50
PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA DUPLA 17 X 27 (2 1/2 X 11)	MATERIAL	KG	3,25	R\$ 13,08	R\$ 42,50
AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SERVIÇOS	H	36,5	R\$ 18,55	R\$ 677,00
CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SERVIÇOS	H	198,95	R\$ 22,25	R\$ 4.426,50
FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM. AF_12/2015	SERVIÇOS	M2	51	R\$ 32,47	R\$ 1.656,00
FABRICAÇÃO DE ESCORAS DO TIPO PONTALETE, EM MADEIRA. AF_12/2015	SERVIÇOS	M	67,4	R\$ 11,74	R\$ 791,50
MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA COM ÁREA MÉDIA MAIOR QUE 20 M <sup>2</sup> , PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_12/2015					R\$ 8.504,00

Fonte: SINAPI – Agosto 2018

A Tabela 2 mostra os valores unitários e totais dos materiais e serviços necessários para a execução referente à concretagem, adensamento e acabamento do projeto, que resultou em um valor de R\$30,48/m<sup>2</sup>.

Tabela 2 – Composição de materiais e serviços referente ao concreto

Descrição	Tipo	Un.	Qtd.	Preço	Total
CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C20, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, INCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	MATERIAL	M3	5,515	R\$ 253,00	R\$ 1.395,30
CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SERVIÇOS	H	0,425	R\$ 22,25	R\$ 9,45
PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SERVICOS	H	2,56	R\$ 24,11	R\$ 61,70
SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SERVICOS	H	2,93	R\$ 19,54	R\$ 57,25
VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHP DIURNO. AF_06/2015	MÁQUINAS	CHP	0,22	R\$ 1,12	R\$ 0,25
CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MAIOR QUE 20 M <sup>2</sup> - LANÇAMENTO,					R\$ 1.523,95

Fonte: SINAPI – Agosto 2018

Já a Tabela 3 mostra os valores unitários e totais dos materiais e serviços necessários para a execução referente à armação da laje, com valor de R\$35,50/m<sup>2</sup>.

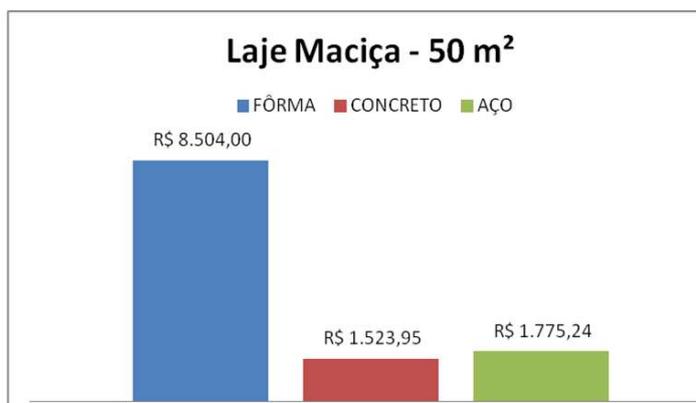
Tabela 3 – Composição de materiais e serviços referente ao aço

Descrição	Tipo	Un.	Qtd.	Preço	Total
ACO CA-50, 12,5 MM, VERGALHAO	MATERIAL	KG	164,1	4,38	R\$ 718,76
ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	MATERIAL	KG	4,1	9,60	39,36
ESPADADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	MATERIAL	UN	25	0,13	3,25
AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SERVIÇOS	H	1,2	18,14	21,77
ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SERVIÇOS	H	7,32	23,96	175,38
CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 12,5 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF_12/2015	SERVIÇOS	KG	164	4,98	816,72
ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	SERVIÇOS	KG	164,1	R\$ 6,42	R\$ 1.775,24

Fonte: SINAPI – Agosto 2018

O Gráfico 1 expressa os valores totais de cada etapa para a execução da laje de 50 m<sup>2</sup>, que somadas geram um valor de R\$11.803,19. Pode-se observar um valor elevado para a execução de fôrmas devido à necessidade de maior quantidade de madeiras e escoramento.

Gráfico 1 – Composição da laje maciça



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 2 também apresenta os valores de cada etapa de execução da laje maciça, mas considerando apenas o m<sup>2</sup>.

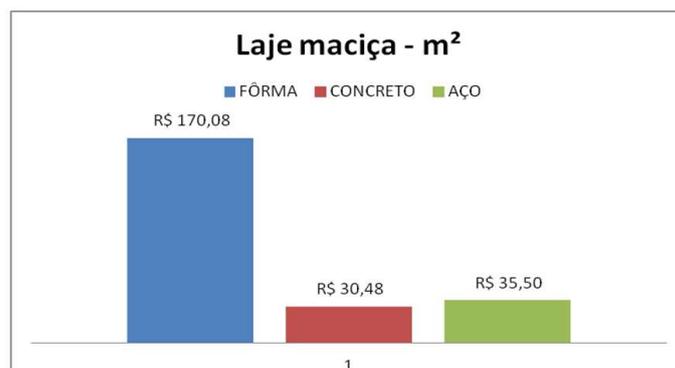


Gráfico 2 – Composição da laje maciça por m<sup>2</sup>

## QUANTITATIVO E CUSTO DA LAJE DE VIGOTAS PRÉ-FABRICADAS TRELIÇADAS

A disposição dos valores determinados pela Sinapi das lajes de vigotas pré-fabricadas treliçadas também foram divididas em três etapas para uma melhor comparação: fôrmas, concreto e aço.

A Tabela 4 a seguir contém os valores unitários e totais dos materiais e serviços necessários para a execução referente à execução das fôrmas, totalizando um valor de R\$60,97/m<sup>2</sup>.

Tabela 4 – Composição de materiais e serviços referente às fôrmas

Descrição	Tipo	Un.	Qtd.	Preço	Total
LAJE PRE-MOLDADA CONVENCIONAL (LAJOTAS + VIGOTAS) PARA FORRO, UNIDIRECIONAL, SOBRECARGA DE 100 KG/M2, VAO ATE 4,50 M (SEM COLOCACAO)	MATERIAL	M2	50	R\$ 29,65	R\$ 1.482,50
PECA DE MADEIRA NATIVA / REGIONAL 7,5 X 7,5CM (3X3) NAO APARELHADA (P/FORMA)	MATERIAL	M	55	R\$ 6,40	R\$ 352,00
PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 18 X 30 (2 3/4 X 10)	MATERIAL	KG	1	R\$ 10,60	R\$ 10,50
TABUA MADEIRA 2A QUALIDADE 2,5 X 30,0CM (1 X 12") NAO APARELHADA	MATERIAL	M	15	R\$ 8,74	R\$ 131,00
PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SERVIÇOS	H	10	R\$ 24,11	R\$ 241,10
SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SERVIÇOS	H	30	R\$ 19,54	R\$ 586,20
CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SERVIÇOS	H	8	R\$ 22,25	R\$ 178,00
MADEIRA ROLICA SEM TRATAMENTO, EUCALIPTO OU EQUIVALENTE DA REGIAO, H = 3 M, D = 8 A 11 CM (PARA ESCORAMENTO)	MATERIAL	M	40	R\$ 1,68	R\$ 67,20
LAJE PRE-MOLD BETA 11 P/1KN/M2 VAOS 4,40M/INCL VIGOTAS TIJOLOS ARMADURA NEGATIVA CAPEAMENTO 3CM CONCRETO 20MPA ESCORAMENTO MATERIAL E MAO DE OBRA.					R\$ 3.048,50

Fonte: SINAPI – Agosto 2018

A Tabela 5 mostra os valores unitários e totais dos materiais e serviços necessários para a execução referente à concretagem, adensamento e acabamento do projeto, onde foi verificado um valor de R\$19,58/m<sup>2</sup>

Tabela 5 – Composição de materiais e serviços referente à concretagem

Descrição	Tipo	Un.	Qtd.	Preço	Total
PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SERVIÇOS	H	5	R\$ 24,11	R\$ 120,55
SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SERVIÇOS	H	10	R\$ 19,54	R\$ 195,40
LANÇAMENTO COM USO DE BOMBA, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF 12/2015	SERVIÇOS	M3	2	R\$ 32,60	R\$ 65,20
CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,7:3 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF 07/2016	MATERIAL	M3	2	R\$ 286,52	R\$ 573,04
LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DO CONCRETO					R\$ 954,19

Fonte: SINAPI – Agosto 2018

A Tabela 6 mostra os valores unitários e totais dos materiais e serviços necessários para a execução referente à armação da ferragem da laje, que resultou em um valor de R\$21,98/m<sup>2</sup>.

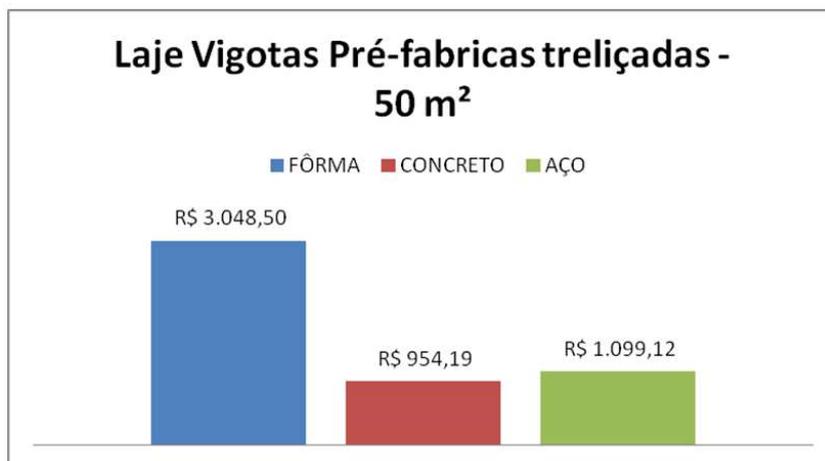
Tabela 6 – Composição de materiais e serviços referente à armação

Descrição	Tipo	Un.	Qtd.	Preço	Total
ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	MATERIAL	KG	0,53	R\$ 9,60	R\$ 5,09
ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	MATERIAL	UN	44,46	R\$ 0,13	R\$ 5,78
AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SERVIÇOS	H	0,53	R\$ 18,14	R\$ 9,61
ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SERVIÇOS	H	3,247	R\$ 23,96	R\$ 77,80
CORTE E DOBRA DE AÇO CA-60, DIÂMETRO DE 5,0 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF_12/2015	SERVIÇOS	KG	20,99	R\$ 6,40	R\$ 134,34
TELA DE AÇO SOLDADA NERVURADA, CA-60, Q-196, (3,11 KG/M2), DIÂMETRO DO FIO = 5,0 MM, LARGURA = 2,45 M, ESPACAMENTO DA MALHA = 10 X 10 CM	MATERIAL	M2	50	R\$ 17,33	R\$ 866,50
ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015					R\$ 1.099,12

Fonte: SINAPI – Agosto 2018

O Gráfico 4 indica os valores totais de cada etapa para a execução da laje de 50m<sup>2</sup>, utilizando vigotas pré-fabricadas treliçadas, que somadas geram um valor de R\$5.181,81.

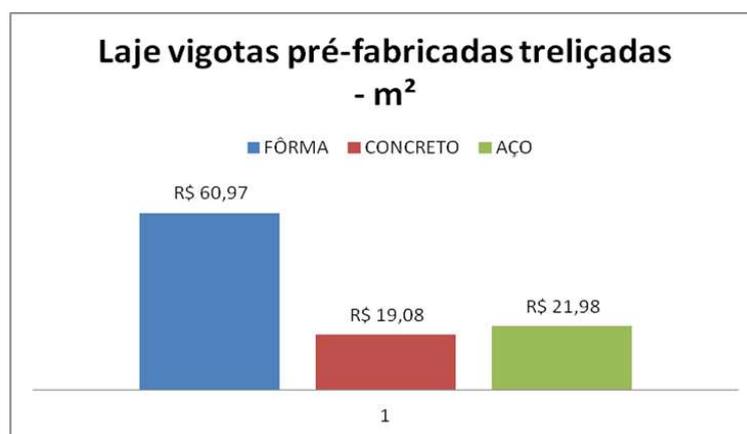
Gráfico 3 – Composição



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 4 também apresenta os valores de cada etapa de execução da laje de vigotas pré-fabricadas treliçadas, mas considerando apenas o m<sup>2</sup>.

Gráfico 4 – Composição da laje pré-fabricada treliçada por m<sup>2</sup>

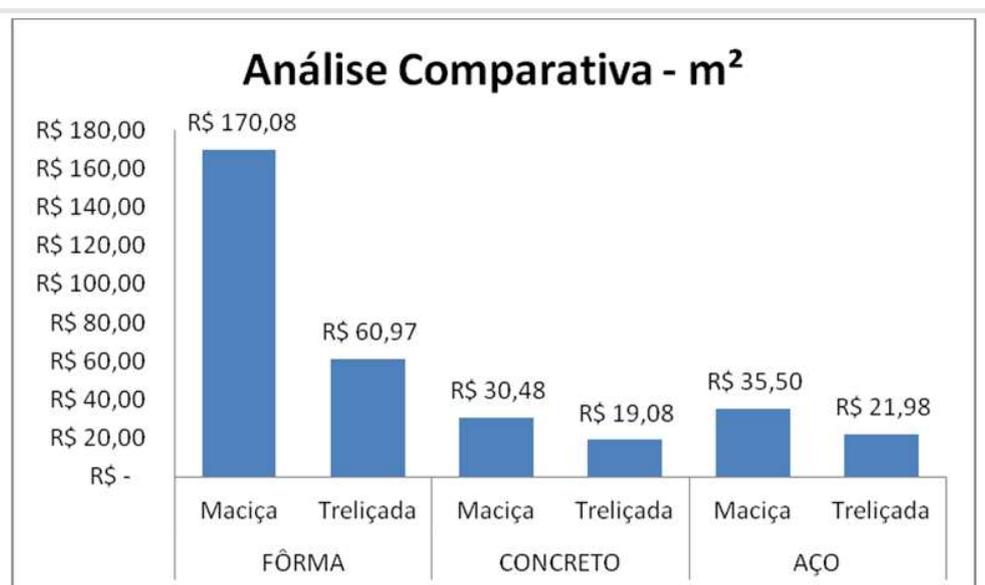


Fonte: Elaborada pelo autor.

## ESTUDO COMPARATIVO

Com as composições obtidas, é possível a realização de uma análise comparativa para determinação de qual método construtivo retornará um melhor custo para a execução, levando-se em consideração apenas as lajes. O Gráfico 5 apresenta os valores por m<sup>2</sup> dos dois tipos de laje separados em três etapas: fôrma, concreto e aço.

Gráfico 5 – Comparação entre as lajes



Fonte: Elaborada pelo autor

Pode-se observar uma diferença elevada em relação às fôrmas, que na laje maciça se dá pelo alto consumo de madeira na superfície inferior da laje e materiais de escoramento, além de necessitar de maior tempo de mão de obra de carpinteiros.

Quanto ao concreto, quando comparado os dois tipos de lajes, a maciça tem valor maior que a trelaçada, pois tem maior consumo de concreto e tempo de execução. Essa diferença só não é maior, pois a laje trelaçada tem pouco volume de concreto, o que leva os fornecedores de concreto usinado a não fornecerem, e os construtores, por sua vez, a produzirem esse concreto em obra, elevando o gasto com materiais e tempo de mão de obra.

Os gastos com materiais e mão de obra em relação ao aço das lajes maciças, não diferente das fôrmas e concreto, também são maiores que os gastos com a laje trelaçada, por demandar maior quantidade de aço e tempo de mão de obra.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A laje maciça e a laje de vigotas pré-fabricadas trelaçadas ostentam métodos de execução, custos e características diferentes entre si. Levando-se em conta a agilidade e rapidez de execução, a laje de vigotas pré-fabricadas trelaçadas apresenta grande vantagem em relação à laje maciça.

Com as composições de serviços e custos de insumos evidenciados pela Tabela Sinapi, é

possível constatar que a laje de vigotas pré-fabricadas trelaçadas contém menor custo de execução em relação à laje maciça.

Fica demonstrado que, apesar de a laje maciça apresentar algumas vantagens em sua utilização, as lajes de vigotas pré-fabricadas trelaçadas se destacam e se consolidam como a de melhor custo-benefício se executadas em construções usuais.

### REFERÊNCIAS

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

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – procedimentos. Rio de Janeiro. ABNT, 2007.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062**: Projeto e Execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro. ABNT, 1985.

APOLO, Gerônimo Lozano. **Foriados v Losas de Piso - Focados Unidireccionales**. Espanha:

Ediciones G. L. A., 1979.

ARAÚJO, J. M. **Curso de concreto armado. 2.** Ed. Rio Grande, 2014. V.2.

BAUD, G.. **Manual da Construção.** São Paulo: Hemus. 1970.

BELGO. **Manual Técnico de Lajes Treliçadas.** 40f. Grupo Arcelor.

CARVALHO, R. C.; PINHEIRO, L. M. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado – Volume 2.** São Paulo: Pini, 2009.

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.

EL DEBS, M.K. (2000) **Concreto pré-moldado:** fundamentos e aplicações. São Carlos. Projeto REENGE. EESC – USP.

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.

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

FRANCA, A.B.M.; FUSCO, P.B. **As lajes nervuradas na moderna construção de edifícios.** São Paulo: AFALA & ABRAPEX, 1997.

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

MARÇAL, Ana R. **Estudo de lajes de concreto armado:** comparativo de cálculo entre lajes treliçadas e maciças, utilizando método elástico.

Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

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

NAPPI, Sergio C.P. **Análise Comparativa entre Laje Maciça, com Vigotes Pré-moldados e Nervuras.** 1993.85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993.

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.