

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM CONSTRUÇÃO DE
EDIFÍCIOS**

FERNANDO JOSÉ LEITE

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DOIS SISTEMAS ESTRUTURAIS:
PRÉ-LAJE TRELIÇADA MACIÇA E LAJE MACIÇA EM ALVENARIA
ESTRUTURAL**

Projeto de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em Construção de Edifícios.

Professor Orientador: MSc. Juliana Guarda de Albuquerque.

FLORIANÓPOLIS, 2017

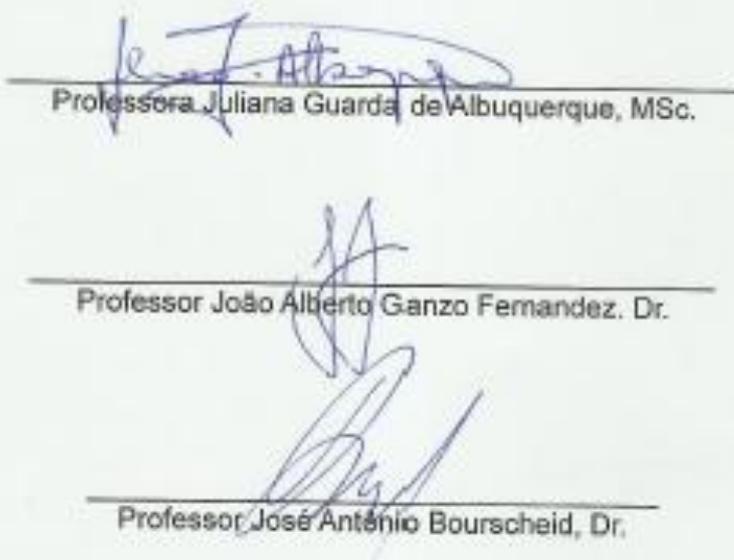
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DOIS SISTEMAS ESTRUTURAIS: PRÉ-LAJE TRELIÇADA MACIÇA E LAJE MACIÇA EM ALVENARIA ESTRUTURAL

FERNANDO JOSÉ LEITE

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Tecnólogo em Construção de Edifícios e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Tecnologia em Construção de Edifícios do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 22 de junho de 2017.

Banca Examinadora:



Professora Juliana Guarda de Albuquerque, MSc.

Professor João Alberto Ganzo Fernandez, Dr.

Professor José Antônio Bourscheid, Dr.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

LEITE, Fernando José

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DOIS SISTEMAS ESTRUTURAIIS:
PRÉ-LAJE TRELIÇADA MACIÇA E LAJE MACIÇA EM ALVENARIA ESTRUTURAL**
/ Fernando José LEITE ; orientação de Juliana
Guarda de Albuquerque. - Florianópolis, SC, 2017.
55 p.

**Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. CST
em Construção de Edifícios. Departamento Acadêmico
de Construção Civil.
Inclui Referências.**

1. Pré-laje treliçada maciça. 2. Laje maciça. 3.
Custo. I. Albuquerque, Juliana Guarda de . II. Instituto
Federal de Santa Catarina. Departamento Acadêmico de
Construção Civil. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Venho agradecer a todos os professores e colegas de classe envolvidos em todo este percurso.

Aos meus pais, Cleto e Célia e em especial a minha esposa Jô, companheira em todas as horas.

A Ana Paula Garcia uma profissional da área motivacional que acabou tornando-se amiga,.

Um agradecimento especial a professora orientadora, Juliana Guarda de Albuquerque,

por toda atenção e auxílio prestados em todo o processo.

Aos professores João Alberto Ganzo Fernandez e José Antônio Bourscheid por aceitarem participar da banca avaliadora.

“Por mais longa que seja a caminhada o importante é dar o primeiro passo”

Vinícius de Moraes

RESUMO

No mercado atual existe uma ampla possibilidade de escolha de sistemas estruturais de lajes para determinados tipos de edificações. Devido a esse grande número de alternativas estruturais os profissionais da área da construção civil devem optar pelo tipo mais adequado para cada situação. Neste trabalho faz-se uma análise comparativa de dois tipos de sistemas estruturais, as pré-lajes treliçadas maciças e as lajes maciças. Adotando um projeto de um pavimento tipo de uma edificação em alvenaria estrutural como referência, estes dois sistemas estruturais serão analisados para gerar dados sobre o processo construtivo e custos, que facilitarão o processo de escolha de qual sistema adotar. Conclui-se que a execução da laje com pré-lajes treliçadas maciças permite reduzir o tempo de execução e diminuir os custos em relação ao sistema de laje maciça (convencional).

Palavras-chave : Pré-laje treliçada maciça, laje maciça, custo.

ABSTRACT

In the current market there is a wide possibility of choosing structural systems of slabs for certain types of buildings. Due to this large number of structural alternatives professionals in the construction sector should choose the most appropriate type for each situation. In this essay a comparative analysis is made about two types of structural systems lattice pre-slabs and the massive slabs. By adopting a structural floor plan for a structural, the massive masonry as a reference, these two structural systems will be analyzed to generate data on the construction process and costs, which will facilitate the process of choosing which system to adopt. It is concluded that the execution of the slab with massive trellised slabs allows to reduce the execution time and to reduce the costs in relation to the solid slab system (conventional

Keywords: Solid slab pre-slab, massive slab, cost.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

TCPO – Tabela de composição de preços para orçamento

SINDUSCON – Sindicato das indústrias da construção civil da grande Florianópolis

SITICOM - Sindicato dos trabalhadores nas indústrias da construção, mobiliário, de artefatos de cimento de Florianópolis e região.

LISTA DE FIGURA

Figura 01 : Amarração de paredes com reforço de aço e graute.....	14
Figura 02 : Reforço estrutural com aço e concreto na cinta de amarração	15
Figura 03 : Execução das paredes na alvenaria estrutural.....	16
Figura 04 : Esquema da estrutura da forma da laje maciça	17
Figura 05 : Montagem de laje maciça em alvenaria estrutural	18
Figura 06 : Início da Montagem das formas de lajes utilizando-se longarinas metálicas apoiadas em escoras metálicas tipo pontalete	19
Figura 07: Colocação dos painéis	20
Figura 08: Limpeza e passagem do desmoldante e liberação para a armadura.	21
Figura 09 : Armadura positiva	22
Figura 10 : Armadura negativa	22
Figura 11 : Eletrodutos e caixas de passagem	23
Figura 12 : Conferência final.....	24
Figura 13 : Adensamento do concreto	25
Figura 14 : Acabamento e verificação de nível	26
Figura 15: Desenho técnico de Pré-Laje Treliçada Maciça	28
Figura 16: Detalhe da armadura treliçada	29
Figura 17: Montagem de pré-laje treliçada maciça em alvenaria estrutural ..	31
Figura 18: colocação dos painéis no local definitivo da estrutura com escoramento e barroteamento	32
Figura 19 : Planta baixa do pavimento adotado como referência para aplicação das lajes maciças e pré-lajes treliçadas maciças no estudo comparativo.....	36
Figura 20: Projeto estrutural de laje maciça utilizado como referência para definir o quantitativo de aço da laje do estudo.....	38
Figura 21: Dados do projeto estrutural de laje maciça utilizado como referência para definir o quantitativo de aço da laje do estudo – Kg de aço / m ³ de concreto.....	39
Figura 22: Pré-laje treliçada maciça empregada no comparativo	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 : Etapas e respectivos tempo de execução da laje maciça	39
Tabela 02 : Tempo de execução de serviços com base na TCPO (2010).....	39
Tabela 03 : Comparativo de tempos de execução dos serviços	40
Tabela 04 : Produtividade da mão de obra na execução da laje maciça	40
Tabela 05 : Etapas e dias de execução das pré-lajes treliçadas maciças	43
Tabela 06 : Produtividade da mão de obra na execução da pré-laje treliçada maciça	44
Tabela 07: Piso salarial da indústria da construção civil da Grande Florianópolis.....	47
Tabela 08 : Custos de mão de obra da laje maciça do projeto adotado e por ... metro quadrado	47
Tabela 09 : Estimativas de custo para a execução da laje maciça	48
Tabela 10 : Estimativa de custo dos insumos por metro quadrado da laje maciça	48
Tabela 11: Custos de mão de obra da pré-laje treliçada maciça.....	50
Tabela 12: Estimativa de custos para a execução de pré-lajes treliçadas maciças.....	50
Tabela 13: Estimativa de custo dos insumos por metro quadrado para a pré- ... laje treliçada maciça	51
Tabela 14: Comparativo de custos dos dois sistemas estruturais	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA	12
1.2 OBJETIVO GERAL	13
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 SISTEMAS E ELEMENTOS ESTRUTURAIS	14
2.2 LAJE MACIÇA	16
2.2.1 Processo construtivo	18
2.2.2 Vantagens da laje maciça	27
2.2.3 Desvantagens da laje maciça	27
2.3 PRÉ-LAJE MACIÇA TRELIÇADA	28
2.3.1 Processo construtivo	30
2.3.2 Vantagens das pré-lajes	33
2.3.3 Desvantagens das pré-lajes	33
3 METODOLOGIA	34
3.1 Objeto de estudo	34
3.2 Análise das informações sobre os dois sistemas.....	34
4 COMPARAÇÃO DO SISTEMA DE LAJE MACIÇA E PRÉ-LAJE	35
TRELIÇADA MACIÇA EM ALVENARIA ESTRUTURAL	35
4.1 ETAPAS DE EXECUÇÃO DAS LAJES MACIÇAS E PRÉ-LAJES	35
MACIÇAS TRELIÇADAS EM UM PAVIMENTO TIPO	35
4.1.1.Laje maciça	37
4.1.1.Pré-laje treliçada maciça	42
4.2 ESTIMATIVA DE CUSTO	46
4.2.1.Laje maciça	46
4.2.2.Pré-laje treliçada maciça	47
5 RESULTADOS	50
6 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
ANEXO A	56
ANEXO B	57

1. INTRODUÇÃO

Diante do atual cenário da construção civil com uma acirrada concorrência e retração do mercado, torna-se imprescindível reduzir custos que envolvem a construção de determinado empreendimento. Devido a isso algumas empresas do setor vêm investindo no conhecimento de novas técnicas que permitam minimizar o desperdício e, conseqüentemente, o custo total da obra. Quando se trata de lajes essa economia pode ser mais significativa tendo em vista que uma redução se refletirá na repetição de pavimentos e o resultado trará vantagens financeiras consideráveis. Tais vantagens não ficarão apenas ligadas à economia de materiais, mas também na redução do tempo de execução que a escolha pode proporcionar.

A evolução do processo construtivo começa pela quantidade dos projetos, e entre os projetos elaborados para a construção civil, destaca-se o estrutural. O projeto estrutural, individualmente, responde pela etapa de maior representatividade no custo total da construção (15 a 20 % do custo total). Justifica-se então um estudo prévio para a escolha do sistema adotado, pois sabe-se que uma redução de 10% no custo da estrutura pode representar, no custo total, uma diminuição de 2%. Em termos práticos, 2% do custo total correspondem, por exemplo, à execução de toda etapa de pintura ou a todos os serviços de movimento de terra, soleiras, rodapés, peitoris e cobertura juntos (ALBUQUERQUE, 1999).

As ferramentas de cálculo (programas) auxiliam no processo de análise e aceleram a produtividade no detalhamento dos projetos para os diversos sistemas estruturais existentes. No entanto, cabe ao engenheiro de estruturas juntamente com o arquiteto escolher a opção mais adequada para um determinado tipo de obra, levando em consideração os critérios técnicos e econômicos.

Devido ao grande número de alternativas estruturais encontradas no mercado os engenheiros devem optar pelo tipo mais adequado para a situação em questão.

No entanto, em muitos casos esta escolha não passa por critérios adequados. Quando se trata de uma análise comparativa entre alternativas estruturais, são levados em consideração somente custos em função dos insumos, quando o mais correto seria, além do custo dos materiais da estrutura, analisar-se a mão de obra, tempo de execução e as interferências de cada alternativa na execução da obra.

Diante disso, neste trabalho pretendeu-se elaborar uma comparação entre pré-lajes treliçadas maciças e lajes maciças empregadas em um sistema de alvenaria estrutural, para posteriormente se ter a análise correta e embasada destas alternativas. Não se desejou levar à uma conclusão de uma solução ideal e única, mas apresentar resultados para um determinado edifício com o propósito de servir como parâmetro no momento de decidir qual sistema adotar na edificação.

1.1 JUSTIFICATIVA

Novas tecnologias construtivas vem sendo desenvolvidas na área da construção civil.

Atualmente existem diversos sistemas estruturais que empregam lajes de concreto armado como lajes maciças, nervuradas (pré-fabricadas ou moldadas “in loco”), protendidas (alveolares), mistas etc. Onde cada sistema possui sua especificidade de aplicação com vantagens e desvantagens.

Devido ao crescente número de possibilidades no mercado, aumenta também a incerteza de qual método construtivo melhor se adequa a determinada edificação.

Diante de tantas possibilidades limitou-se a pesquisa em dois tipos de lajes, a pré-laje treliçada e a laje maciça. A pré-laje treliçada maciça é uma tecnologia que vem ganhando espaço no mercado e a laje maciça é o sistema mais utilizado, conhecido também de sistema convencional.

O trabalho será uma análise comparativa entre dois tipos de lajes, a pré-laje estrutural maciça e a laje maciça num sistema construtivo em alvenaria

estrutural, utilizando-se como referência uma planta baixa de um pavimento tipo disponibilizado por uma empresa de pré-fabricados de concreto.

O presente trabalho destina-se não somente ao meio acadêmico mas também aos profissionais da área, visando proporcionar dados regionais e atualizados sobre essas tecnologias construtivas.

Utilizou-se como principal fonte de pesquisa alguns trabalhos realizados sobre o tema em outros estados do Brasil, meios digitais, normas técnicas e alguns livros.

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal deste trabalho será analisar dois tipos de lajes, a pré-laje treliçada maciça e a laje maciça num sistema construtivo em alvenaria estrutural, visando fornecer dados positivos e negativos dos dois tipos de lajes.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

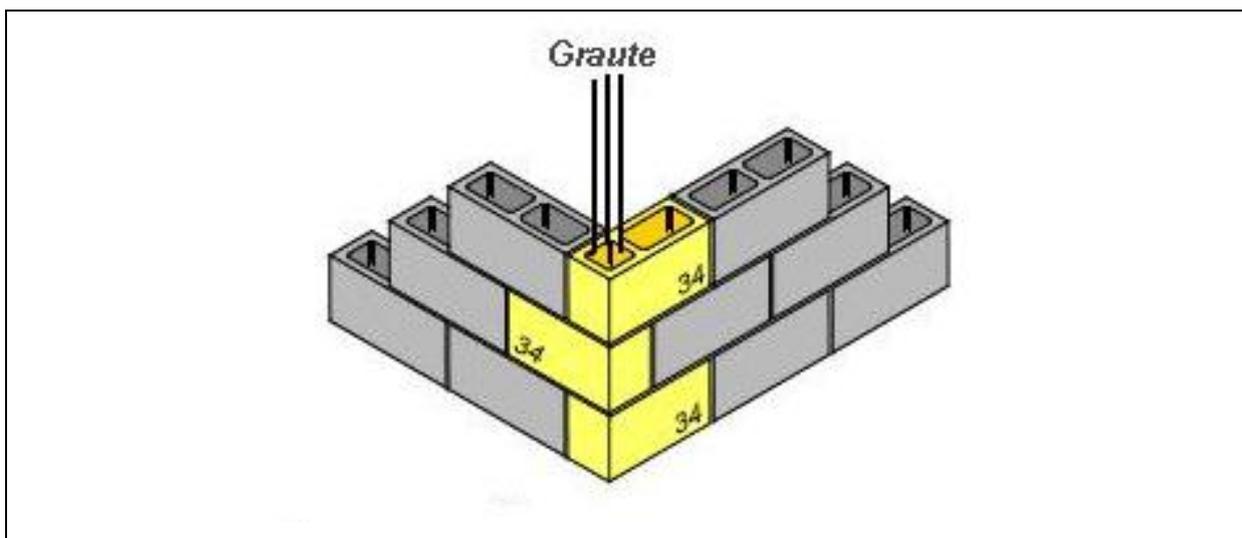
- Reunir e fornecer dados sobre as etapas construtivas dos dois sistemas;
- Avaliar o orçamento de dois tipos de lajes, a pré-laje treliçada maciça e a laje maciça, utilizando-se como referência um pavimento tipo de uma edificação em alvenaria estrutural.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMAS E ELEMENTOS ESTRUTURAIS

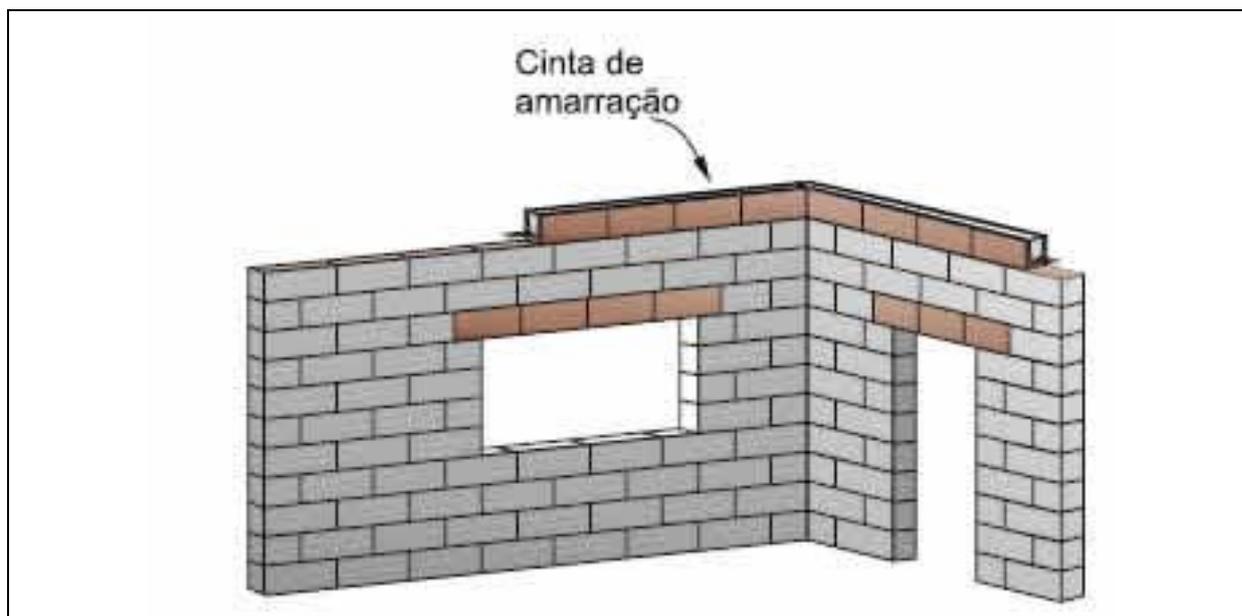
Utilizou-se como referência para o presente trabalho um projeto de pavimento de tipo para uma edificação em alvenaria estrutural. Na alvenaria estrutural são utilizados blocos de concreto vazados auto-portantes com variadas tipologias, com resistência especificada em projeto mas que em pontos específicos recebem reforço estrutural (graute e aço), como em encontros de paredes, indicado na (Figura 01) e na cinta de amarração, como indicado na (Figura 02).

Figura 01- Amarração de paredes com reforço de aço e graute



Fonte: http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/alvenaria-estrutural/img/uso_be.jpg

Figura 02 - Reforço estrutural com aço e concreto na cinta de amarração



Fonte : http://www.fazfacil.com.br/wp-content/uploads/2012/08/ref_paredes_11.jpg

Neste tipo de estrutura, a alvenaria tem a finalidade de resistir ao carregamento da edificação, tendo as paredes função resistente. A remoção de qualquer parede fica sujeita a análise e execução de reforços. As paredes têm dupla função: resistência e vedação (KALIL,2007).

Os dois sistemas de lajes, tanto a maciça como as pré-lajes maciças treliçadas, sujeitos a análise comparativa neste trabalho podem ser utilizados em vários tipos de tecnologias construtivas.

O grande diferencial construtivo no sistema de alvenaria estrutural para a montagem das lajes é a necessidade de primeiro executar-se todas as paredes, como indicado na (Figura 03), e todas as cintas de amarração nestas paredes para iniciar-se a montagem das lajes.

Figura 03 – Execução das paredes na alvenaria estrutural.



Fonte: <http://drfaztudo.com.br/blog/wp-content/uploads/2016/03/capa-alv..jpg>

2.2 LAJE MACIÇA

Segundo PINHEIRO et al. (2003) as lajes são elementos planos, em geral horizontais, com duas dimensões muito maiores que a terceira, sendo esta denominada espessura. A principal função das lajes é receber os carregamentos atuantes no andar, provenientes do uso da construção (pessoas, móveis e equipamentos), e transferi-los para os apoios.

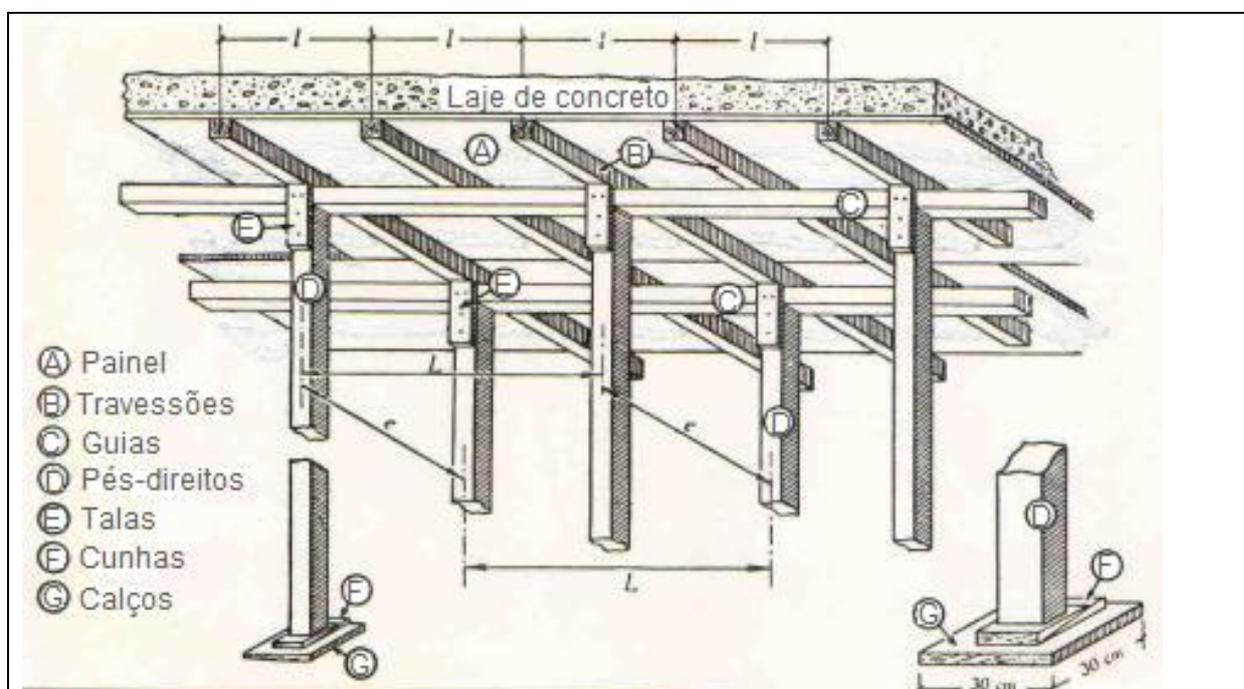
Lajes maciças são placas com espessura uniforme, sendo apoiadas ao longo do seu contorno. Esses apoios podem ser constituídos por alvenarias ou por vigas, sendo muito utilizada onde os vãos são relativamente pequenos em predominância nos edifícios residenciais (ARAÚJO,2003).

De acordo com a NBR 6118 (ABNT,2007) as lajes maciças devem respeitar os seguintes limites mínimos para a espessura

- 5 cm para lajes de cobertura não em balanço;
- 7 cm para lajes de piso ou de cobertura em balanço;
- 10 cm para lajes que suportem veículos de peso total menor ou igual a 30 KN
- 12 cm para lajes que suportem veículos de peso total maior que 30 KN
- 15 cm para lajes com protensão apoiadas em vigas, $l/42$ para lajes de piso biapoiadas e $l/50$ para lajes de piso contínuas; (l =vãos considerados, cm)
- 16 cm para lajes lisas e 14 cm para lajes-cogumelo.

A estrutura que compõem as formas das lajes , conforme (Figura 04) tem a função de dar forma ao concreto (molde), conter o concreto fresco e sustentá-lo até que tenha resistência suficiente para se sustentar por si só e proporcionar à superfície do concreto a textura requerida.

Figura 04– Esquema da estrutura da forma da laje maciça.

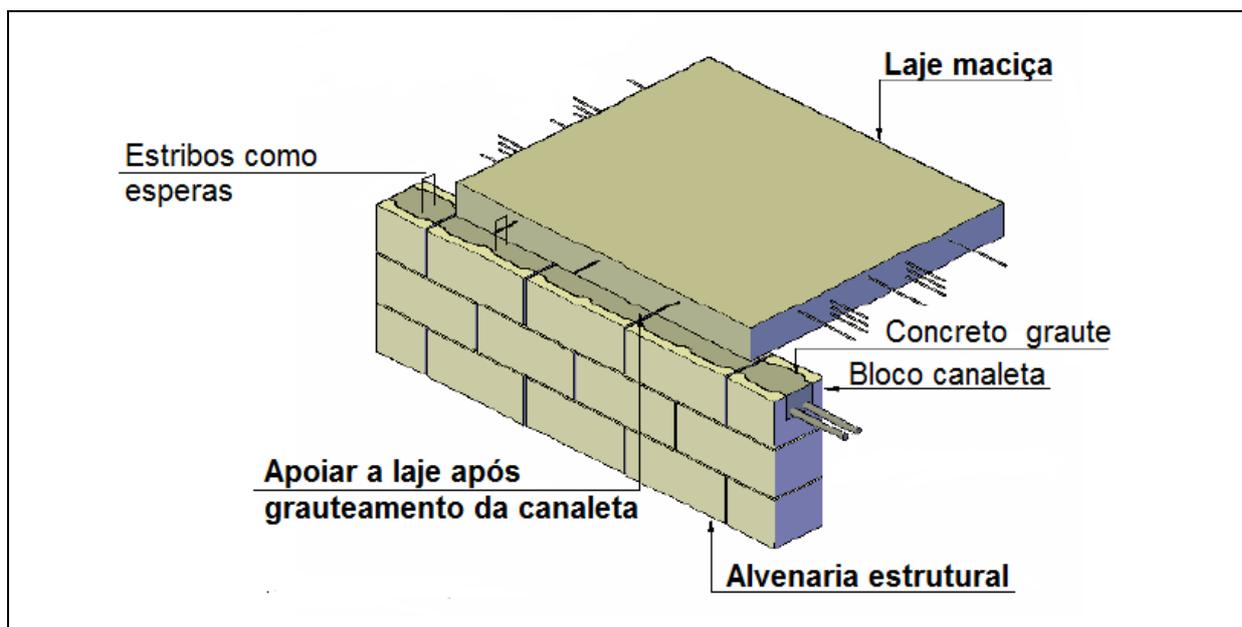


Fonte: [CIMENTO E CONCRETO, 1944]

2.2.1 Processo construtivo

No método de construção de alvenaria estrutural, para iniciar-se as atividades de execução das lajes maciças, todas as paredes e cintas de amarração devem estar executadas, como indicado na (Figura 05). Deixam-se esperas (estribos) nas cintas de amarração para fazer a ligação destas com a laje.

Figura 05 : Montagem de laje maciça em alvenaria estrutural



Fonte : Adaptado de Tauil,C.A; BATIMAT 2001

Considerando que todas as paredes de alvenaria estrutural e todas as cintas de amarração já estejam executadas, recomendam-se os seguintes procedimentos para a montagem de fôrmas de lajes maciças :

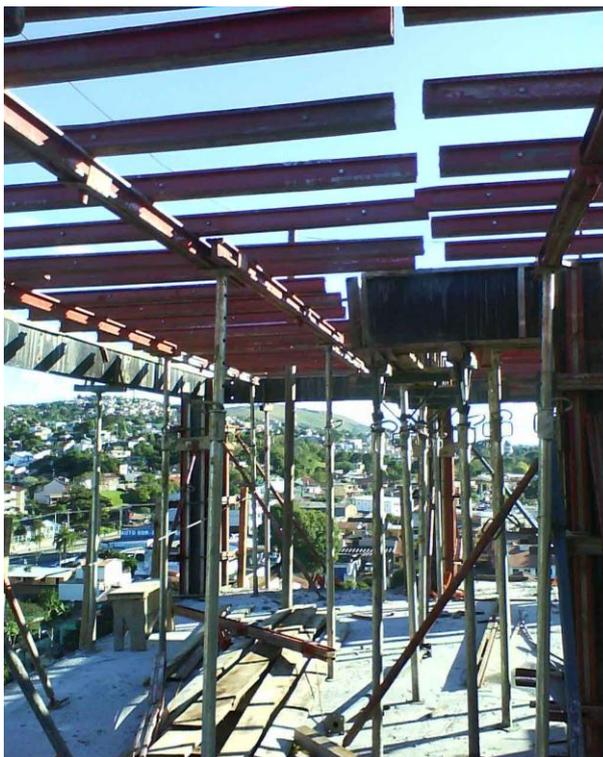
- Posicionamento do escoramento: segundo Correa (2011) o escoramento tem por função transmitir a carga ao solo sem deformar a estrutura. Basicamente são utilizados três tipos de escoras: pontaletes de madeira de seção quadrada, escoras de eucalipto com diâmetros médios de 10 cm, e escoras metálicas como mostra a (Figura 06), sendo estas, em geral, locadas. Quando as escoras forem posicionadas diretamente no solo, devem apoiar-se em bases de madeira, cuja dimensão deve ser inversamente proporcional à resistência do solo. O

espaçamento entre as escoras são usualmente de 50 centímetros para as de madeira e 100 centímetros para as metálicas.

De acordo com NBR 14931 (ABNT,2004) o escoramento deve ser projetado e executado para suportar o seu próprio peso, o peso da estrutura e das cargas acidentais que possam atuar durante o processo construtivo evitando as deformações prejudiciais não previstos no projeto;

- Posicionamento das longarinas: as longarinas são elemento lineares fixados no topo das escoras, sobre as longarinas são apoiadas vigas secundárias (travessas) ,como indicado na (Figura 06), onde serão fixados os painéis;

Figura 06 - Início da Montagem das formas de lajes utilizando-se longarinas metálicas apoiadas em escoras metálicas tipo pontalete.



Fonte : CORREA,Guilherme,2011

- Colocação dos painéis de assoalho: segundo Correa(2011) os painéis são colocados lado a lado e pregados nas vigas secundárias (travessas), conforme (Figura 07). Deve haver o cuidado para não se deixar espaço entre os painéis a fim de não haver perda de material durante a concretagem;

De acordo com Brandalise et al. (2015) os assoalhos das lajes são geralmente construídos por madeira compensadas plastificadas.

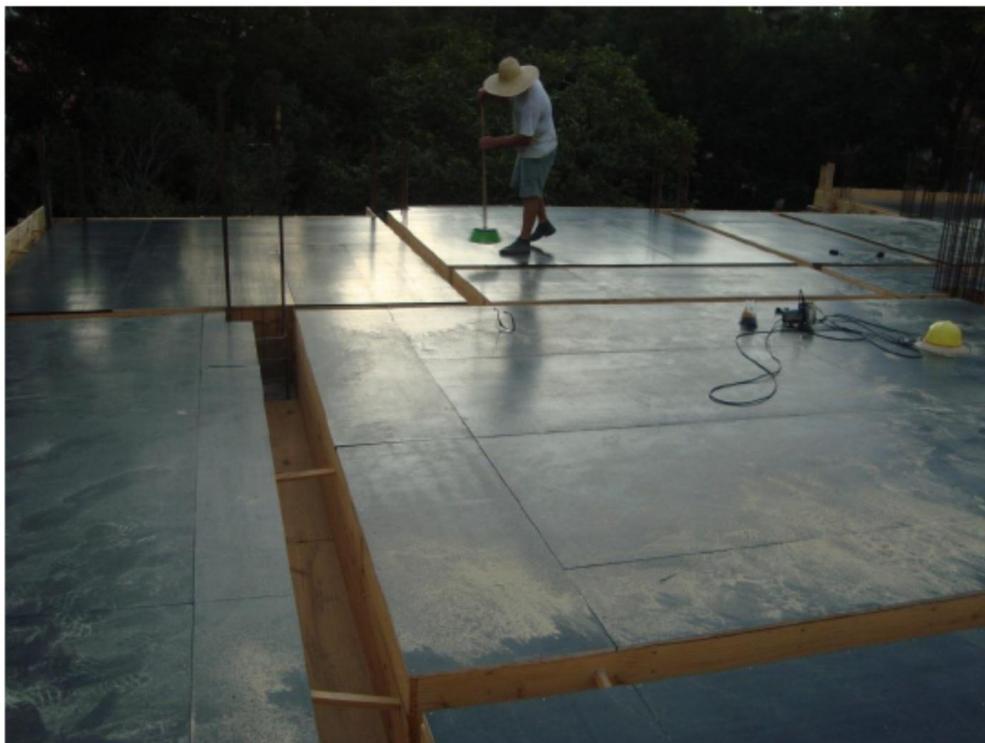
Figura 07 - Colocação dos painéis.



Fonte : CORREA,Guilherme,2011

- Limpeza geral , aplicação do desmoldante: para ampliar a vida útil dos painéis da forma e liberação da forma para a colocação da armadura, conforme (Figura 08);

Figura 08 – Limpeza e passagem do desmoldante e liberação para à armadura.



Fonte : CAIO, Felipe, 2014

- Colocação das armaduras positivas e negativas: segundo Correa(2011), primeiro ocorre o posicionamento das armaduras positivas com seus espaçadores, que evitam o contato entre elas e o fundo da fôrma, garantindo o recobrimento do aço, conforme (Figura 09). Depois são montadas as armaduras negativas, que se apóiam sobre “caranguejos” (pequenos cavaletes confeccionados com aço e que dão apoio à armadura garantindo seu posicionamento em relação à altura da laje) como indicado na (Figura 10);

De acordo com Brandalise et al. (2015) as barras de aço devem possuir as dimensões de comprimento e dobramento que atendem as indicações do projeto respeitando suas tolerâncias.

Figura 09: armadura positiva



Fonte: <https://i.ytimg.com/vi/Uf8dRCYdZ3Y/hqdefault.jpg>

Figura 10: Armadura negativa



Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/3471341/>

- Instalações elétricas e hidráulicas: segundo Correa (2011), nesta etapa faz-se o posicionamento e fixação de caixas de passagem, dutos e eletrodutos que ficarão embutidos na laje e por onde passará a fiação elétrica; Previsão de passagem de tubulação hidro-sanitária e posicionamento de shafts e caixas de inspeção, como indicado na (Figura 11);

Figura 11 – Eletrodutos e caixas de passagem



Fonte : Brandalise et al. (2015)

- Nivelamento das formas de laje: de acordo Correa (2011) faz-se o nivelamento com teodolito a laser como mostra a (figura 12), quando todos os painéis da forma da laje estiverem concluídos. Este nivelamento deve ser realizado a fim de garantir que todo o pé direito do pavimento inferior estipulado em projeto seja garantido e também que a contra-flecha da laje seja a prevista no cálculo estrutural.

- Verificações finais: segundo Correa (2011) faz-se a verificação de todas as formas e armaduras, assim como limpeza da laje, retirando todos os restos de

armadura , instalações hidráulicas e elétricas provenientes da colocação a fim de que as formas fiquem prontas para serem concretadas, conforme (figura 12).

Figura 12 : Conferência final



Fonte : GIAMBASTIAN,G.(2010)

Tendo finalizado toda a etapa da montagem da estrutura da forma da laje e feitas todas as verificações faz-se a liberação para a etapa da concretagem.

Segundo Brandalise et al. (2015) para a concretagem normalmente é utilizado concreto usinado fornecido por empresas especializadas sendo que todas as características do concreto especificadas em projeto , como módulo de elasticidade, condições de lançamento, adensamento e cura devem ser atendidas para que obtenha-se a durabilidade da estrutura.

Em Barros e Melhado (2006) recomendam-se os seguintes procedimentos para o lançamento do concreto na vigas e lajes:

- Lançar o concreto diretamente sobre a forma da laje e espalhar com o auxílio de pás e enxadas conforme indicado na (Figura 13);

De acordo com a NBR 14931 (ABNT,2004), o molde da fôrma deve ser preenchida de maneira uniforme, evitando o lançamento em pontos concentrados, que possa provocar deformação do sistema de fôrmas. O concreto deve ser lançado com técnica que elimine ou reduza significativamente a segregação entre seus componentes, observando-se maiores cuidados quanto maiores forem a altura de lançamento e a densidade da armadura.

- Adensamento com vibrador conforme (Figura 13) e sarrafeamento do concreto;

Segundo a NBR 14931 (ABNT,2004) deve haver uma relação entre as operações de lançamento e adensamento, de forma que seja suficientemente elevada para evitar a formação de juntas frias e baixa o necessário para evitar sobrecarga nas fôrmas e escoramentos;

Figura 13: Adensamento do concreto



Fonte: <https://www.instagram.com/p/0WJ6Hwj3Dn>

- Acabamento com desempenadeira e início da cura das lajes logo que for possível andar sobre o concreto fazendo-se verificações com a ajuda de nível eletrônico (Figura 14).

De acordo com a NBR 14931 (ABNT,2004) enquanto não atingir 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 superficial durável.

Figura 14 : Acabamento e verificação de nível



Fonte : CAGLIARI, Manoela,2015

Após a concretagem a próxima etapa é a desforma, segundo a NBR 14931 (ABNT.2004) recomenda-se que escoramento e fôrmas não devam ser removidos até que o concreto esteja suficientemente endurecido para resistir às ações que sobre ele atuarem e não conduzir à deformações inaceitáveis, tendo em vista o baixo valor do módulo de elasticidade do concreto e a maior probabilidade de grande deformação diferida no tempo quando o concreto é solicitado com pouca idade. A retirada do escoramento e das fôrmas deve ser efetuada sem choques e obedecer ao plano de desforma elaborado.

2.2.2 Vantagens da laje maciça

As lajes maciças são muito utilizadas no meio técnico , devido à algumas vantagens.

No que refere-se a parte projetual esse sistema possibilita conforme Albuquerque (1999,p.21), a existência de muitas vigas formando pórticos, que acabam garantindo uma rigidez à estrutura de contraventamento.

Com relação a parte de execução esse sistema possibilita , segundo Faria (2010,p.20), facilidade e adensamento do concreto e segundo Sphor (2008,P21) por ser um dos sistemas mais utilizados nas construções de concreto tem disponibilidade de mão-de-obra treinada facilitando a execução da obra.

2.2.3 Desvantagens da laje maciça

Existem algumas desvantagens dos sistemas formados por laje maciça.

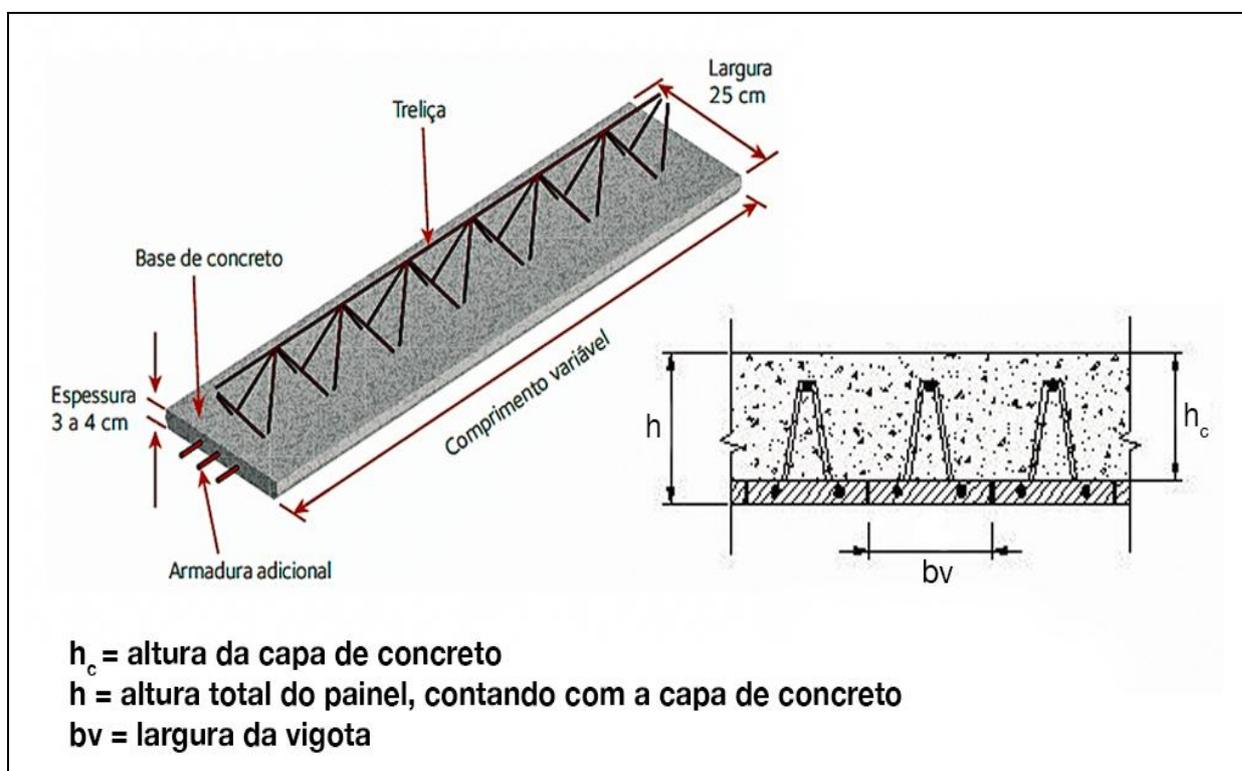
Relacionado à parte técnica e projetual de acordo com Albuquerque (1999,p.21) a laje maciça geralmente necessita de uma grande quantidade de vigas , deixando a forma do pavimento muito recortada, diminuindo a produtividade da construção e também apresenta grande consumo de concreto, aço e fôrmas; segundo Vizotto et al. (2010) possui elevado peso próprio implicando em maiores reações nos apoios (vigas, pilares e fundações).

No que refere-se à mão de obra conforme Vizotto et al. (2010) possui elevado consumo de mão-de-obra, referentes as atividades dos profissionais: carpinteiro, armador, pedreiro e servente.

2.3 PRÉ- LAJE TRELIÇADA MACIÇA

As pré-lajes como indicado na Figura (15) ,são basicamente um placa de concreto com espessura entre 3,0 a 5,0 cm e armadura treliçada parcialmente englobada na placa de concreto, formando uma conjunto pré-moldado de boa resistência e manuseio. Quando necessário é possível inserir uma armação adicional referente ao dimensionamento da laje, na placa de concreto.

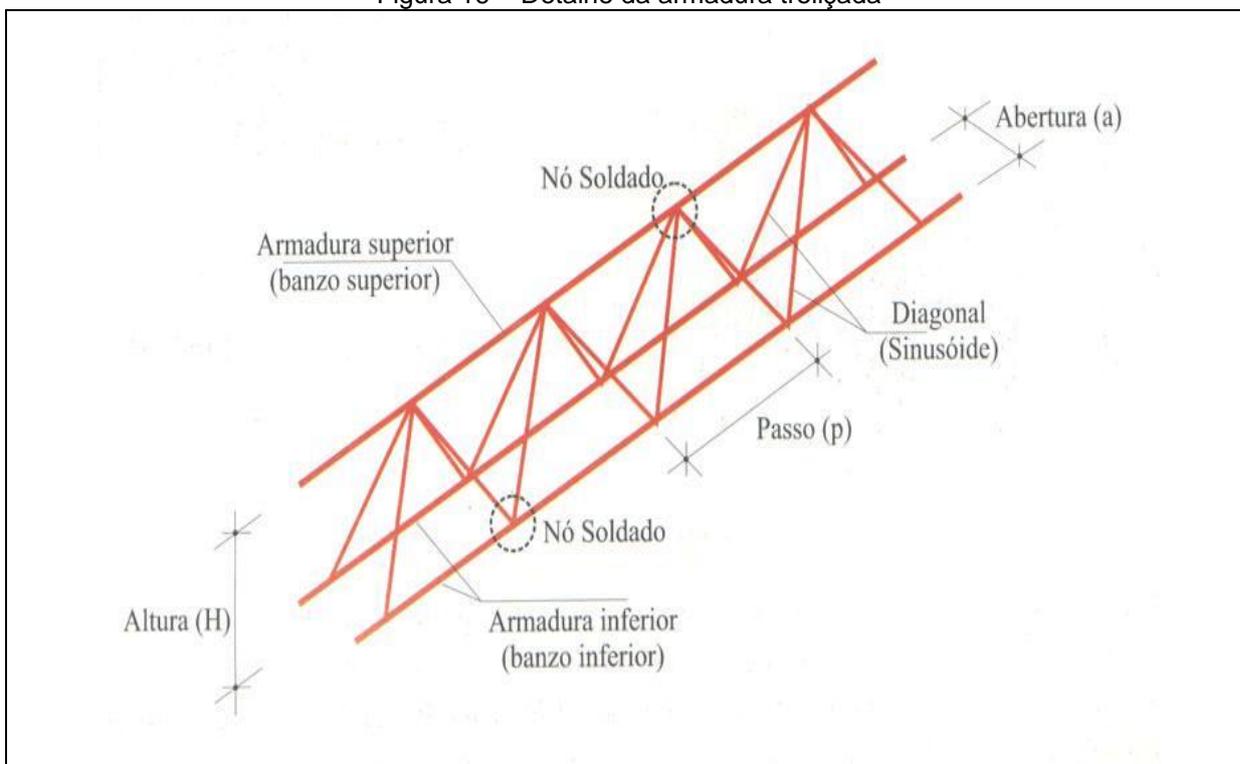
Figura 15 – Desenho técnico de Pré-Laje Trelaçada Maciça



Fonte : <http://www.lajesjundiai.com.br/produtos/painel-trelicado-macico>

A armadura treliçada das pré-lajes tem a forma de uma treliça espacial como indicado na (Figura 16). O banzo inferior é constituído por duas barras e o banzo superior por uma barra. Os banzos inferiores e superiores são unidos por barras diagonais inclinadas (em sinusóide), soldados por eletrofusão. Proporcionam rigidez ao conjunto, melhoram o transporte e manuseio das peças já prontas e aumentam a resistência aos esforços cortantes.

Figura 16 - Detalhe da armadura treliçada



Fonte: http://betoconstrucoes.blogspot.com.br/2013_06_01_archive.html

As pré-lajes treliçadas maciças são mais indicadas para determinadas obras, segundo Munte Construções Industrializadas (2007):

As pré-lajes treliçadas são ideias para vãos maiores, acima de 7,5 metros. Nessas condições, as deformações da peça são significativas e a treliça trabalha com sua barra superior sob compressão, criando maior rigidez e menores flechas. Também nesses casos, o cisalhamento passa a ser relevante, pois a treliça combate esse efeito.

Segundo Nakamura (2009), a pré-laje treliçada pode ser parte integrante de um sistema de paredes portantes.

Um sistema de paredes portantes como foi citado classifica-se como o sistema estrutural da projeto adotado onde será realizado o estudo deste trabalho, ou seja , alvenaria estrutural.

Ainda de acordo com Nakamura (2009), as pré-lajes treliçadas recebem armadura interior e apresentam superfície rugosa para garantir aderência total da concretagem, podendo incorporar nichos para a passagem de tubulações e dutos de acordo com o projeto. Na fase transitória de montagem, funcionam como fôrma para o capeamento de consolidação da estrutura, sendo utilizadas, principalmente, em edifícios residenciais com maior grau de repetição.

Nesse tipo de pré-laje o concreto complementar, segundo a NBR 14860-1 (ABNT,2002), será adicionado na obra, com a resistência , trabalhabilidade e espessura especificadas de acordo com o projeto da laje e as especificações de execução. Deve ser:

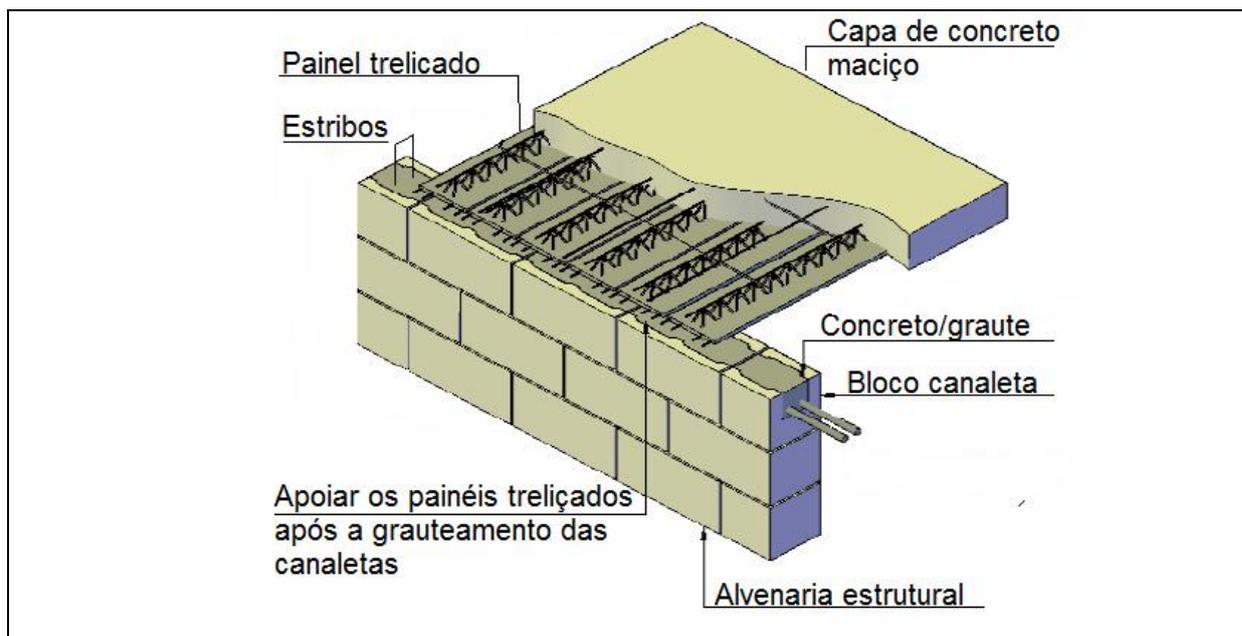
- complementação da seção plena da laje.

Não utiliza-se neste tipo de laje nenhum tipo de elemento de enchimento visando reduzir o consumo de concreto.

2.3.1 Processo construtivo

Como pré-requisito para o início da montagem das pré-lajes treliçadas no sistema de alvenaria estrutural todas as paredes de alvenaria estrutural e todas as cintas de amarração, com as respectivas esperas (estribos) quando necessário, devem estar executadas, conforme (Figura 17).

Figura 17 : Montagem de pré-laje treliçada maciça em alvenaria estrutural



Fonte : Adaptado de Tauil,C.A; BATIMAT 2001

Para o início da montagem das pré-lajes treliçadas, segundo Rocha (2015) deve-se seguir os seguintes procedimentos de execução:

1. Preparação do escoramento necessário para laje, nesse ponto além do correto posicionamento das escoras são dadas as contraflechas segundo as especificações do fabricante;

2. Colocação do painel treliçado em posição usando guindastes ou carregamento manual (alguns fabricantes sugerem a colocação manual em painéis com largura inferior a 35 cm de largura e em comprimentos não maiores que 5 metros) sendo que as peças ficam apoiadas em paredes de alvenaria estrutural e possuem como apoios intermediários o uso de escoramentos, como indicado na (Figura 18);

Figura 18 – colocação dos painéis no local definitivo da estrutura com escoramento e barroteamento



Fonte : Matos (2010)

3. Colocam-se as armaduras transversais e os eventuais reforços designados;

4. Por fim colocam-se as posições de armadura designadas a resistir ao momento negativo, essa ferragem é de grande importância, pois trabalha no sentido de diminuir as fissuras do pavimento em regiões onde a tensão é elevada devido a reação causada por eventuais apoios;

5. Na etapa seguinte é feita uma limpeza e umedecimento da laje para que durante o lançamento do concreto não haja partículas que possam atrapalhar a aderência entre o concreto das peças e o novo concreto que será lançado;

6. O concreto é lançado e adensado conforme as prescrições da norma, durante essa etapa é importante evitar o acúmulo de material em um único ponto, uma vez que isso poderia acarretar num aumento da sobrecarga gerando quebra da peça e a queda do funcionário responsável pelo adensamento. É importante evitar também que o trabalhador responsável pelo adensamento durante sua movimentação altere o local definido em projeto da armação negativa;

7. A cura da laje deve ocorrer segundo as especificações do fabricante do concreto/projetista sendo que a maneira mais comum é o umedecimento regular ou a utilização da cura química (aplicação de produtos que tornam o pavimento impermeável à perda de água por evaporação). O escoramento inferior não deve ser retirado antes que o pavimento superior esteja concretado e curado corretamente.

2.3.2 Vantagens da pré-laje treliçada

De acordo com Vargas (2008), dentre as vantagens de construir utilizando lajes pré-fabricadas de concreto estão:

- Produtos feitos na fábrica com controles, processos eficientes e racionais e automação;
- Uso altamente potencializado e otimizado dos materiais, através da utilização de equipamentos modernos e de procedimentos de fabricação cuidadosamente elaborados;
- Menor tempo de construção (menos da metade do tempo necessário para a construção convencional moldada no local);
- Maior qualidade visando atender as expectativas dos clientes. A garantia da qualidade se baseia em quatro pontos principais: mão de obra, instalações e equipamentos, matéria-prima e processos operacionais, controle de qualidade na execução.

2.3.3 Desvantagens da pré-laje treliçada maciça

“Basicamente, as desvantagens da utilização de elementos pré-moldados são aquelas decorrentes da colocação dos elementos aos locais definitivos de utilização e da necessidade de prover a ligação entre os vários elementos que compõem a estrutura (EL DEBS, 2000)”. Segundo Matos (2010) as desvantagens estariam relacionadas aos custos e às limitações de transporte e montagem dos elementos. As limitações no caso de transporte seriam os gabaritos de transporte e

no caso da montagem seriam a disponibilidade e as condições de acesso de equipamentos para sua realização.

3 METODOLOGIA

3.1 OBJETO DE ESTUDO

Neste trabalho é realizado uma análise comparativa entre dois sistemas estruturais, um parcialmente industrializado, a pré-laje treliçada maciça e outro convencional, a laje maciça.

Utilizou-se como referência para o estudo comparativo dos dois sistemas o projeto de um pavimento tipo para uma edificação em alvenaria estrutural como indicado na (Figura 19) , disponibilizado por uma empresa de peças de concreto pré-fabricado, localizada na cidade de Palhoça.

Este projeto foi utilizado como base para o cálculo das áreas de aplicação das lajes maciças e das pré-lajes treliçadas maciças no estudo comparativo.

3.2 ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES SOBRE OS DOIS SISTEMAS

Caracterizou-se os processos construtivos dos sistemas de laje maciça e pré-laje treliçada maciça na revisão bibliográfica, portanto não se dará muito enfoque a este tema nesta etapa do trabalho.

Nesta análise faz-se a definição das equipes de trabalho e a sua produtividade nas etapas de execução de cada sistema.

Com relação à laje maciça, os dados de colaboradores e dias de produção das etapas foi obtido com dados repassados pelo responsável pela execução de obras de edifícios de uma construtora na região da grande Florianópolis ,que utilizam o sistema de laje maciça.

A construtora localiza-se na rua Ivo Reis Montenegro, 215 - Barreiros, São José – SC.

Em relação à pré-laje treliçada maciça conseguiu-se a produtividade das etapas do sistema com informações fornecidas pelo engenheiro de uma empresa de pré-fabricados de concreto, localizada na cidade de Palhoça.

A avaliação dos custos e quantitativos dos dois sistemas foram estimados através de composição de custo, planilha de orçamento executivo fornecido pela mesma construtora e consulta a uma empresa de pré-moldados.

4 COMPARAÇÃO DO SISTEMA DE LAJE MACIÇA E PRÉ-LAJE TRELIÇADA MACIÇA EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Neste capítulo é realizado o comparativo de tempo de execução e custos entre dois sistemas estruturais, a pré-laje treliçada maciça e a laje maciça.

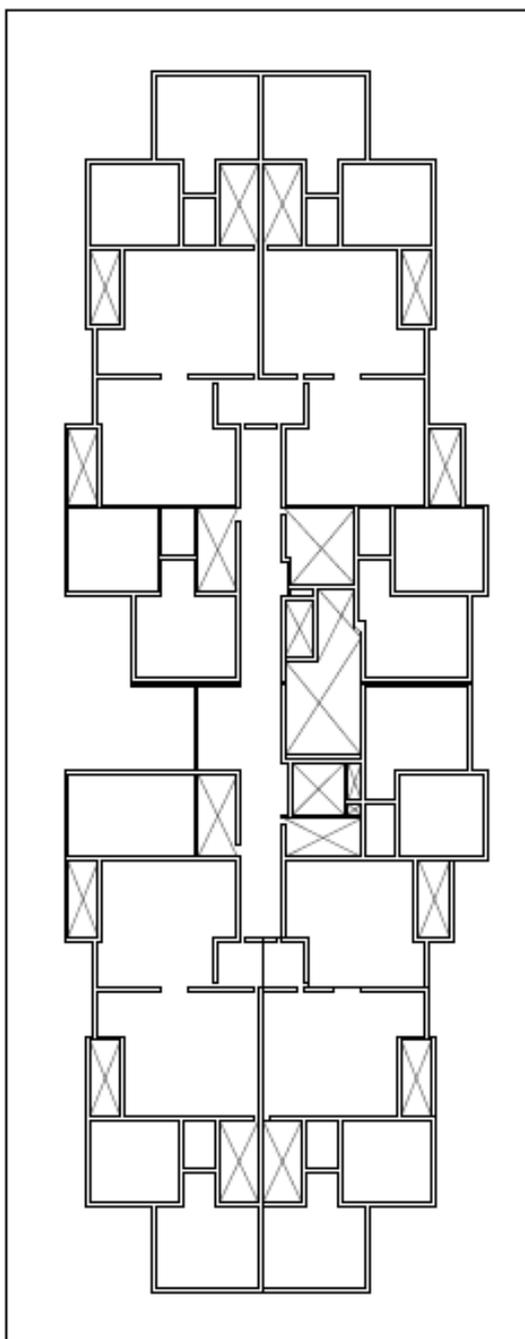
4.1 ETAPAS DE EXECUÇÃO DAS LAJES MACIÇAS E PRÉ-LAJES MACIÇAS TRELIÇADAS EM UM PAVIMENTO TIPO

Para o trabalho em questão foram utilizados dados de um pavimento tipo de uma edificação a ser realizada em alvenaria estrutural, disponibilizado por uma empresa de elementos pré-fabricados de concreto.

O pavimento tipo é constituído de seis apartamentos com área total em planta de 419,24 m².

Com o objetivo de simplificar o comparativo dos sistemas de pré-laje maciça treliçada e laje maciça, foram utilizados como área útil do pavimento tipo o total de 351,78 m². As áreas de varanda, banheiro, escadas e elevadores não foram incluídas no estudo e são as áreas hachuradas no projeto como indicado na (Figura 19).

Figura 19 – Planta baixa do pavimento adotado como referência para aplicação das lajes maciças e pré-lajes treliçadas maciças no estudo comparativo.



Fonte ; Empresa de pré-fabricados

4.1.1 Laje maciça

As etapas e prazos de execução das lajes maciças foram pesquisadas junto à construtora atuante na região da Grande Florianópolis, localizada na rua Ivo Reis Montenegro, 215 - Barreiros, São José - SC . Pesquisou-se também etapas e prazos de algumas etapas segundo a TCPO (2010), fazendo-se uma verificação com o comparativo entre ambas as informações.

Os dados apresentados a seguir das etapas de execução e produtividade usaram como referência a planta baixa do pavimento tipo , conforme (Figura 19), tendo uma área de aplicação de laje maciça de 351,78 m².

Os aços utilizados na armadura das lajes foram considerados cortados e dobrados em local fora da obra por empresa terceirizada. Os armadores executam apenas a montagem das armaduras.

Como para o projeto do pavimento tipo não havia o projeto estrutural da laje maciça, utilizou-se um projeto estrutural de laje maciça (Anexo A) obtido com a construtora como indicado na (Figura 20) para uma edificação também em alvenaria estrutural, apenas para servir de padrão na quantificação do aço no estudo.

Para os valores da quantidade de aço armado, devido á falta do projeto estrutural de laje maciça, empregou-se o indicador de taxa média de aço, sendo a quantidade de aço total da laje (Kg) dividido pelo volume de concreto do mesmo (m³).

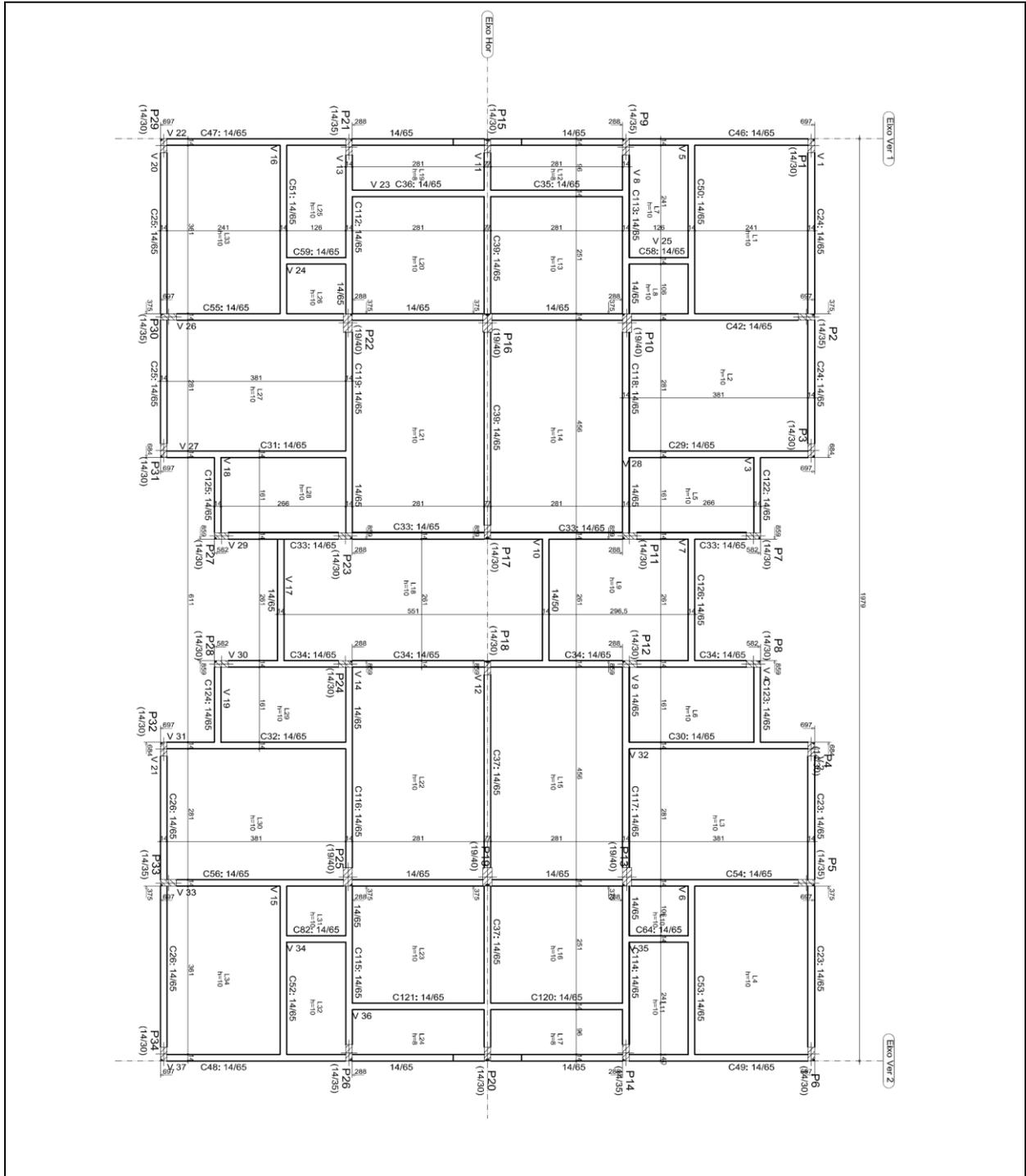
Na tabela, segundo (Figura 21), descrita no projeto estrutural consegue-se a taxa de aço de armadura ,dividindo-se o total de aço das lajes (1187 Kg) pelo volume de concreto (22,24m³), obtendo-se o valor de 53,37 Kg por m³ de concreto, para uma laje de espessura de 10 cm. Como nosso estudo contemplará uma laje de 12 cm de espessura, adotou-se uma taxa de aço proporcionalmente maior e igual à 65 Kg por m³ de volume de concreto.

Definindo-se a taxa de aço média de 65 quilogramas (Kg) de aço por metro cúbico (m³) de volume de concreto e a laje com espessura de 12 cm, à partir daí definiu-se o volume de concreto da laje.

No estudo tem-se uma área de aplicação de laje maciça de 351,78 m², então como a espessura da laje é de 0,12 m , o volume de concreto é de 42,21 m³ .

Como a taxa de aço é de 65 Kg por m³ de concreto, o total de quilogramas de aço será de 2.743,65 (kg).

Figura 20- Projeto estrutural de laje maciça utilizado como referência para definir o quantitativo de aço da laje do estudo.



Fonte : Projeto estrutural de laje cedido pela construtora

Figura 21 – Dados do projeto estrutural de laje maciça utilizado como referência para definir o quantitativo de aço da laje do estudo – Kg de aço / m³ de concreto

Térreo - Superfície total: 254.66 m2			
Elemento	Formas (m2)	Volume (m3)	Barras (kg)
LAJES	224.54	22.24	1187
Vigas: fundo	28.43	20.02	2231
Forma lateral	227.28		
Pilares (Sup. Formas)	44.00	2.36	603
Total	524.25	44.62	4021
Índices (por m2)	2.059	0.175	15.79

Lajes Maciças:
 É facultado o uso de lajes treliçadas tipo painel.
 Espessura total = 10 cm.
 Armadura base: (inferior e superior)
 Ø 8.0 c. 15 cm

Fonte : Projeto estrutural de laje cedido pela construtora

Para simplificar a pesquisa no emprego da mão de obra definiu-se apenas os profissionais como carpinteiros e armadores.

Para a definição do número de carpinteiros e armadores envolvidos nas etapas de execução do sistema, com dados fornecidos por responsável e encarregado de obra da construtora, para não estender muito o serviço de execução da laje, tentou-se manter um ciclo próximo de uma semana e uma equipe dimensionada de uma maneira que permitesse por parte do responsável um controle de serviço de mão de obra eficiente.

Considerou-se então a equipe formada por 7 carpinteiros e 3 armadores.

Na execução das atividades conforme (Tabela 01) nos dias 1 à 3, 4, 8 e 9 foram empregados na execução dessas atividades somente os sete carpinteiros; já nos dias 5 à 7, foram empregados na execução das atividades a mão de obra dos três armadores.

A Seguir como indicados na (tabela 01) é apresentado a sequência de atividades na execução das lajes maciça, numa área de 351,78 m² e os dias despendidos na execução de cada uma delas, com dados obtidos pela construtora.

Tabela 01- Etapas e respectivos tempo de execução da laje maciça

LAJE MACIÇA									
SERVIÇOS	Dias trabalhados								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Escoramento e barroteamento	■	■	■						
Colocação das fôrmas (painéis)				■					
Montagem da armadura positiva e negativa					■	■	■		
Colocação das instalações embutidas e passagens hidráulicas								■	
Nivelamento das fôrmas								■	
Concretagem da laje									■
Carpinteiros	7	7	7	7				7	7
Armadores					3	3	3		

Fonte : O autor

Para fazer a verificação desses dados montou-se uma tabela, como indicado na (tabela 02), com informações segundo a TCPO (2010) dos serviços que demandaram mais tempo para a execução que foram : escoramento e barroteamento, colocação dos painéis e armadura das lajes .

Tabela 02- Tempo de execução de serviços com base na TCPO (2010)

ESCORAMENTO METÁLICO PARA LAJES					
unidade m ² = 351,78					
código (TCPO)	unidade	consumo	total horas	nº prof.	total dias
03140.8.2.2					
ajudante de carpinteiro	h	0,20	70,36	7	1,14
FÔRMA PARA LAJES COM CHAPA COMPENSADA (incluindo barroteamento)					
unidade m ² = 351,78 (12 aproveitamentos) fabricação e montagem					
código (TCPO)	unidade	consumo	total horas	nº prof.	total dias
03110.8.5					
Carpinteiro	h	0,40	139,66	7	2,27
ARMADURA de aço para lajes, CA 50, mm, corte e dobra industrial , fora da obra					
unidade Kg = 2.743,88					
código (TCPO)	unidade	consumo	total horas	nº prof.	total dias
03 210.8.1.1.5					
Armador	h	0,03	85,06	3	3,22

Fonte : O autor - adaptado da TCPO (2010)

Com os dados das etapas da pesquisa da construtora e da TCPO (2010), fez-se uma comparação entre as duas, conforme indicado na (Tabela 03) para verificar se os dados repassados pela construtora estavam dentro de prazos estabelecidos segundo estudos técnicos, indicados pela TCPO (2010). Observou-se então que os dados eram compatíveis e poderiam ser utilizados nesta pesquisa.

Tabela 03- Comparativo de tempos de execução dos serviços

LAJE MACIÇA		
DIAS TRABALHADOS		ETAPAS
TCPO	DADOS DA CONSTRUTORA	
3,41	4	- Escoramento e barroteamento - Colocação das fôrmas (painéis)
3,22	3	-Montagem da armadura positiva e negativa

Fonte : O autor

Da definição na execução das lajes maciças, dos dias e profissionais envolvidos em cada etapa, montou-se segundo a (Tabela 04), uma tabela de produtividade da mão de obra utilizada.

Tabela 04- Produtividade da mão de obra na execução da laje maciça

LAJE MACIÇA		
HORAS DE TRABALHO POR SETOR		
Função / Produção	Carpinteiro	Armador
Dias de trabalho	6	3
Horas por dia	8,8	8,8
Nº de profissionais	7	3
Total horas de trabalho	369,6	79,2
m ² de forma executada	351,78	
Média de Kg de aço armados		2.743,88
Taxa de horas de trabalho/m ² de forma	1,051	
Taxa de horas de trabalho/m ² de aço		0,029

Fonte : O autor - adaptado de Beltrão(2010)

Os seis dias de trabalho dos sete carpinteiros foram empregados na execução dos seguintes serviços segundo (tabela 03): escoramento e barroteamento, colocação dos painéis, colocação das instalações embutidas e passagens hidráulicas, nivelamento das fôrmas e concretagem da laje

Para a concretagem da laje maciça foi considerado concreto usinado e bombeado, sendo assim os carpinteiros realizaram os seguintes serviços: lançamento, adensamento e acabamento do concreto.

Os três dias de trabalho dos armadores foram empregados na execução dos seguintes serviços, segundo (tabela 03) : montagem da armadura positiva e negativa.

Segundo Beltrão (2010), as taxas de horas de trabalho por metros quadrados de fôrma e quilogramas de aço são índices de produtividade obtidos através da divisão total de horas trabalhadas nas etapas (dividido por função) pela quantidade de serviço executado. Quanto menor for esse valor , maior é a produtividade das equipes, visto que representa a quantidade de horas necessárias para produzir uma determinada atividade.

4.1.2 Pré-laje treliçada maciça

De acordo com Beltrão (2010) esse sistema permite encurtar prazos através da eliminação ou redução das seguintes atividades:

- a) retirada do cimbramento e colocação do reescoramento do pavimento inferior (redução);
- b) retirada do reescoramento do pavimento concretado a mais de 28 dias (redução);
- c) colocação do escoramento e barroteamento (redução);
- d) desforma da laje do pavimento inferior (eliminação);
- e) colocação das fôrmas da laje e nivelamento das mesmas (eliminação);
- f) colocação das passagens hidráulicas da laje (eliminação);
- g) colocação da armadura positiva da laje (eliminação).

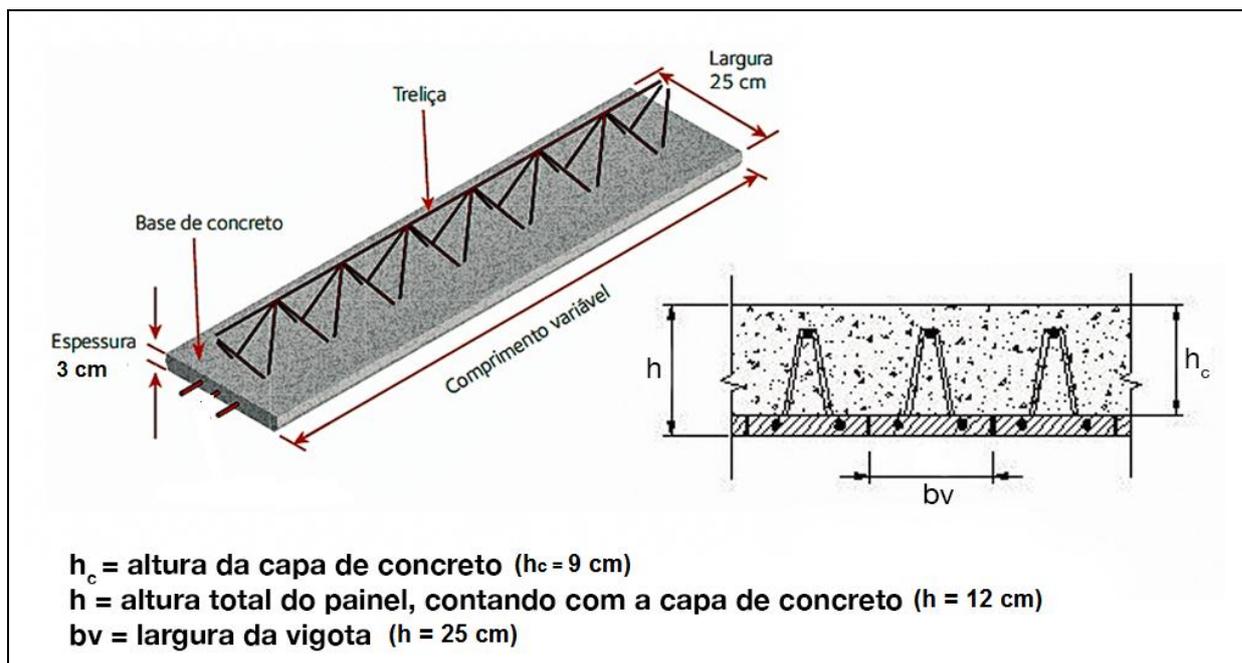
Da mesma forma que na laje maciça para simplificar o estudo foram considerados no trabalho das atividades apenas os profissionais como sendo carpinteiros e armadores, visto que não é necessária mão de obra especializada.

Manteve-se a mesma equipe de profissionais da laje maciça, sendo sete carpinteiros e três armadores.

Os dados de execução das etapas do sistema de pré-laje treliçada e quantitativo do aço adicional para a armadura transversal foram fornecidos pelo engenheiro de uma empresa de pré-fabricados de concreto, localizado em Palhoça.

Empregou-se neste estudo as pré-lajes treliçadas maciças com espessura de 3 cm, largura de 25 cm e comprimento variável seguindo a modulação dos ambientes (Anexo B), conforme indicado na (Figura 22).

Figura 22 – Pré-laje treliçada maciça empregada no comparativo



Fonte : adaptado de lajes Jundiaí

O nivelamento das pré-lajes treliçadas maciças no sistema de alvenaria estrutural é adquirido pelo nivelamento das suas estruturas de apoio que são as cintas de amarração.

As pré-lajes já vem com passagens hidráulicas prontas e com caixas de iluminação embutidas.

Para o capeamento tem-se a necessidade apenas de uma fôrma adicional nas periferias e vãos internos, como a pré laje do estudo é de espessura de 3 cm a fôrma adicional terá altura de 9 cm.

A colocação da armadura positiva é eliminada, pois já está incorporada na pré-laje maciça treliçada, faz-se apenas a colocação da armadura negativa, geralmente num único sentido, transversal às treliças

Utilizou-se também na montagem do tempo de execução das pré-lajes, parâmetros segundo Beltrão (2010), onde a produtividade depende muito da equipe de trabalho, sendo em média montados 250 m² de pré-laje por dia de trabalho, com uma equipe variando entre seis e oito homens. Tempo esse referente somente à montagem dos pré-moldados, necessitando ainda meio dia para a colocação das instalações elétricas embutidas e armaduras complementares.

A seguir é apresentado a sequência de atividades na execução de pré-lajes treliçadas maciças, numa área de 351,78 m², conforme (Tabela 05).

Tabela 05 – Etapas e dias de execução das pré-lajes treliçadas maciças

PRÉ-LAJE TRELIÇADA MACIÇA						
SERVIÇOS	Dias trabalhados					
	1	2	3	4	5	6
Escoramento e barroejamento						
Montagem das pré-lajes treliçadas maciças						
Colocação das instalações elétricas embutidas						
Colocação da armadura transversal						
Concretagem da laje (capeamento = 9 cm)						
Carpinteiros	7	7	7	7	7	7
Armadores					3	

Fonte : O autor

Com relação ao quantitativo de aço colocado na armadura negativa, segundo a planta de modulação fornecida pela empresa de pré-moldados (Anexo B) foi nos passado o uso de 2.616,40 metros lineares de aço. Adotou-se a bitola deste

aço com o diâmetro de 8 mm tendo este massa nominal de 0,4 Kg por metro. Tem-se então nas armaduras negativas o total de 1046,56 KG de aço CA50 de diâmetro de 8 mm.

Da definição na execução das pré-lajes treliçadas maciças, dos dias e profissionais envolvidos em cada etapa, montou-se segundo a (Tabela 06), uma tabela de produtividade da mão de obra utilizada.

Tabela 06 - Produtividade da mão de obra na execução da pré-laje treliçada maciça

SISTEMA DE PRÉ-LAJE TRELIÇADA		
HORAS DE TRABALHO POR SETOR		
Função / Produção	Carpinteiro	Armador
Dias de trabalho	5,5	0,5
Horas por dia	8,8	8,8
Nº de profissionais	7	3
Total horas de trabalho	338,8	13,2
Montagem de pré-lajes em m ²	351,78	
Média de Kg de aço armados		1.046,56
Taxa de horas de trabalho/m ² de forma	0,963	
Taxa de horas de trabalho/m ² de aço		0,013

Fonte : O autor - adaptado de Beltrão (2010)

Os cinco dias e meio de trabalho dos sete carpinteiros foram empregados na execução dos seguintes serviços segundo (tabela 05): escoramento e barroteamento, montagem das pré-lajes treliçadas maciças, colocação das instalações elétricas embutidas (1/2 dia) e concretagem da laje

Para a concretagem do capeamento pré-laje treliçada maciça foi considerado concreto usinado e bombeado, sendo assim os carpinteiros realizaram os seguintes serviços: lançamento, adensamento e acabamento do concreto.

Os três armadores executaram em meio período os seguintes serviços, segundo (tabela 05) : Colocação da armadura transversal.

4.2 ESTIMATIVA DE CUSTO

Como no capítulo anterior definiu-se o número das equipes de trabalho e horas de produtividade destas para cada sistema de laje, neste capítulo apresenta-se os custos da mão de obra e insumos na produção das lajes maciças e pré-lajes treliçadas maciças.

Para os valores dos salários dos profissionais , utilizou-se como base a tabela de pisos salariais da região da grande Florianópolis, disponibilizado pelo SINDUSCON E SITICOM, vigente no ano de 2016.

Desconsiderou-se no cálculo do custo da mão de obra os encargos sociais , visando uma comparação mais simplificada dos sistemas.

Para os valores dos insumos comuns aos dois sistemas de lajes, foram utilizados valores de um orçamento executivo fornecido pela construtora.

Para as pré-lajes treliçadas maciças utilizou-se valores fornecidos pelo engenheiro de uma empresa de pré-fabricados de concreto.

4.2.1 Laje maciça

Para a estimativa de custos da execução da laje maciça, os materiais considerados foram a fôrma de madeira (chapa de compensado plastificado), armadura em aço cortado e dobrado, considerando a laje com aço diâmetro de 8,0 mm com espaçamento a cada 15 cm (CA 50 Ø 8,0 mm) e concreto usinado bombeado (resistência de 25 Mpa e abatimento 10 +/- 2cm).

Os custos dos insumos para a execução do cimbramento (escoras,barrotes,etc) não foram incluídos no estudo devido à falta de dados com relação as pré-lajes treliçadas maciças, sendo este item comparado apenas quanto ao tempo de execução, conforme citado na execução da etapas de cada sistema.

Com relação à mão de obra, na descrição da quantidade de horas despendidas pelas equipes na execução das lajes maciças, citado anteriormente, teve-se para 7 carpinteiros 369,60 horas e para 3 armadores 79,2 horas trabalhadas para uma área de 351,78 m².

Como adotamos os profissionais como armadores e carpinteiros ambos terão a mesmo piso salarial, no valor de R\$ 1.840,00 na vigência do ano de 2016, como indicado na (Tabela 00).

Tabela 07 - Piso salarial da indústria da construção civil da Grande Florianópolis

TABELA DE PISOS SALARIAIS DATA BASE MAIO Vigência 01/05/2016	
FUNÇÕES	SALÁRIOS
PROFISSIONAL	1.840,00
TÉCNICO EM EDIFICAÇÕES	1.840,00
GUINCHEIRO	1.840,00

Fonte : SITICOM FLORIPA

A seguir segundo (Tabela 08), segue uma planilha com os custos de mão de obra com base no piso salarial, para uma área de 351,78 m² que foi a área do projeto adotado para o estudo e uma referência por metro quadrado de laje executada.

Tabela 08- Custos de mão de obra da laje maciça do projeto adotado e por metro quadrado

LAJE MACIÇA - MÃO DE OBRA						
					ÁREAS	
					P/ 351,78 m ²	P/1 m ²
PROFISSIONAL	Nº PROF.	SALÁRIO BASE (R\$)	VALOR P/ HORA(R\$)	HORAS TRABALHADAS	VALOR (R\$)	VALOR (R\$)
Carpinteiro	7	1.840,00	6,97	369,2	2.573,21	7,31
Armador	3	1.840,00	6,97	79,2	552,00	1,57
TOTAL					3.125,21	8,88

Fonte : O autor

Segundo a (Tabela 08) para uma equipe de 7 carpinteiros e 3 armadores, através de regra de três simples, o custo de mão de obra total por metro quadrado de laje executado foi de R\$ 8,88, não sendo incluído os encargos sociais.

Abaixo segundo a (Tabela 09) está a estimativa de custos dos insumos para a execução da laje maciça numa área de 351,78 m², com os respectivos custos

e quantitativos:

Tabela 09- Estimativas de custo para a execução da laje maciça

LAJE MACIÇA					
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO (R\$)		TOTAL R\$
			MATERIAL	MATERIAL	
Fôrmas para lajes em chapa compensada resinada fenólica, dim. 2,20 x1,10, e= 18 mm,(reaproveitamento 2 x de cada lado)	m²	351,78	29,49	10.373,99	32.415,77
Armadura de aço, CA 50, Ø 8,0 mm (negativa)	Kg	2.743,88	4,27	11.716,37	
Concreto usinado em central, lajes, fck 25 Mpa, slump 10 (+/-2)	m³	42,21	244,62	10.325,41	

Fonte : O autor

Com uma regra de três simples se obtém o valor do custo dos insumos por metro quadrado de laje maciça, não incluindo o escoramento e barroteamento, conforme (Tabela 10).

Tabela 10- Estimativa de custo dos insumos por metro quadrado da laje maciça

CUSTO INSUMO - LAJE MACIÇA	
ÁREA	
P /351,78 m²	P / 1 m²
PREÇO R\$	PREÇO R\$
32.415,77	92,15

Fonte : O autor

4.2.2 Pré-laje treliçada maciça

Considera-se as pré-lajes maciças treliçadas deste estudo produzidas por empresa de pré-fabricados de concreto, sob rigorosas condições de controle de qualidade, sendo fundamental a garantia de qualificação do fornecedor. Na programação de envio das peças é importante que as pré-lajes sejam posicionadas na carreta (transporte da fábrica para o canteiro) buscando-se reduzir o número de movimentos necessários para o armazenamento, içamento e fixação em local definitivo.

Os valores das pré-lajes por metro quadrado foram informados pelo engenheiro responsável de uma empresa de pré-fabricados de concreto, sendo este valor de R\$ 36,20 por metro quadrado.

O quantitativo de aço da armadura negativa também foi fornecido pela empresa de pré-fabricados e adotou-se a mesma bitola de aço da laje maciça, sendo aço CA 50 com diâmetro de 8,0 mm.

Para o capeamento da laje uso-se o mesmo concreto da laje maciça, sendo concreto usinado bombeado (resistência de 25 Mpa e abatimento 10 +/- 2cm).

Com relação à mão de obra empregada na execução da pré-laje treliçada maciça, na descrição da quantidade de horas despendidas pelas equipes, citado anteriormente, teve-se para 7 carpinteiros 338,80 horas e para 3 armadores 13,2 horas trabalhadas.

A seguir segue uma planilha com os custos de mão de obra com base no piso salarial, conforme (Tabela 11), para uma área de 351,78 m² que foi a área do projeto adotado para o estudo e uma referência por metro quadrado de laje executada.

Tabela 11- Custos de mão de obra da pré-laje treliçada maciça

PRÉ - LAJE TRELIÇADA MACIÇA - MÃO DE OBRA						
					ÁREAS	
					P/ 351,78 m ²	P/1 m ²
PROFISSIONAL	Nº PROF.	SALÁRIO BASE (R\$)	VALOR P/ HORA(R\$)	HORAS TRABALHADAS	VALOR (R\$)	VALOR (R\$)
Carpinteiro	7	1.840,00	6,97	338,8	2.361,33	6,71
Armador	3	1.840,00	6,97	13,2	92,00	0,26
TOTAL					2.453,33	6,97

Fonte – O autor

Segundo a (Tabela 11) para uma equipe de 7 carpinteiros e 3 armadores, através de regra de três simples, o custo de mão de obra total por metro quadrado de laje executado foi de R\$ 6,97, não sendo incluído os encargos sociais.

Na (tabela 12) é apresentado a estimativa de custo para a execução de uma laje de 351,78 m², utilizando-se pré-lajes treliçadas maciças.

Tabela 12– Estimativa de custos para a execução de pré-lajes treliçadas maciças

PRÉ-LAJE TRELIÇADA MACIÇA					
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)	TOTAL R\$
			MATERIAL	MATERIAL	
Pré-laje treliçada maciça (var. x 25 x 3 cm)	m ²	351,78	36,20	12.734,44	24.947,92
Armadura de aço, CA 50, Ø 8,0 mm	Kg	1.046,56	4,27	4.468,81	
Concreto usinado em central, lajes, fck 25 Mpa, slump 10 (+/-2)	m ³	31,66	244,62	7.744,67	

Fonte : O autor

Com uma regra de três simples se obtém o valor do custo dos insumos por metro quadrado de pré-laje treliçada maciça, não incluindo o escoramento e barroteamento, conforme (Tabela 13).

Tabela 13- Estimativa de custo dos insumos por metro quadrado para a pré-laje treliçada maciça

CUSTO INSUMO	
PRÉ LAJE TRELIÇADA MACIÇA	
ÁREA	
P /351,78 m ²	P / 1 m ²
PREÇO R\$	PREÇO R\$
24.947,92	70,92

Fonte : O autor

5. RESULTADOS

Com base nos dados apresentados verifica-se que com relação ao tempo de execução, o sistema de pré-laje maciça treliçada reduziu em 3 dias o prazo de conclusão do serviço em relação à laje maciça ,com a mesma equipe de trabalho.

Nas horas dos carpinteiros teve-se uma redução de 30,8 horas de trabalho e na dos armadores uma redução de 66 horas de trabalho da pré-laje treliçada maciça em relação à laje maciça.

Com a elaboração de uma planilha comparativa dos custos dos insumos e de mão de obra , segundo (Tabela 14) , a pré-laje treliçada apresentou uma redução um pouco maior nos insumos do que na mão de obra em relação à laje maciça.

Tabela 14- Comparativo de custos dos dois sistemas estruturais

COMPARATIVO DE CUSTOS			
CUSTO DA MÃO DE OBRA		P/ 351,78 m ²	P / 1m ²
VALOR (R\$)	LAJE MACIÇA	3.125,21	8,88
	PRÉ-LAJE TRELIÇADA MACIÇA	2.453,33	6,97
	Diferença (R\$)	671,88	1,91
	Diferença percentual %	21,50	21,50
CUSTO DOS INSUMOS			
PREÇO (R\$)	LAJE MACIÇA	32.415,77	92,15
	PRÉ-LAJE TRELIÇADA MACIÇA	24.947,92	70,92
	Diferença (R\$)	7.467,85	21,23
	Diferença percentual %	23,04	23,04

Fonte – O autor

No geral , segundo a (Tabela 15) do resumo do custo total para uma área de aplicação de 351,78 m², as lajes pré treliçadas maciças obtiveram uma redução de custos de 22,90% em relação às lajes maciças,verificando-se uma redução no valor total de R\$ 8.139,73 para o pavimento do projeto adotado.

Tabela 15- Resumo dos custos dos sistemas para o projeto adotado

CUSTO TOTAL - INSUMO E MÃO DE OBRA			
SISTEMAS	MÃO DE OBRA (R\$)	INSUMOS (R\$)	TOTAL (R\$)
LAJE MACIÇA	3.125,21	32.415,77	35.540,98
PRÉ LAJE TRELIÇADA MACIÇA	2.453,33	24.947,92	27.401,25
DIFERENÇA (R\$)			8.139,73
DIFERENÇA PERCENTUAL %			22,90

Fonte - O autor

6. CONCLUSÃO

Na comparação entre os sistemas de pré-lajes treliçadas maciças e lajes maciças , se permitiu verificar as vantagens e desvantagens de ambas as técnicas construtivas.

Na execução das lajes maciças observa-se como vantagem a facilidade de adensamento do concreto e disponibilidade de mão de obra treinada. Como desvantagem principal estaria o sistema de fôrmas e cimbramento, que exigem mais tempo e custo.

Nas pré-lajes treliçadas maciças verifica-se como vantagens de execução a eliminação da fôrmas de chapas de compensado e a armadura positiva, que já vem incorporada à laje, e a redução do cimbramento (escoramento e barroteamento). Com relação às desvantagens estariam o transporte e armazenamento no canteiro de obras, projetos mais detalhados exigindo cuidados especiais no momento da montagem,segundo a modulação especificada em projeto.

A aplicação dos dois tipos de lajes no sistema de alvenaria estrutural permitiu mostrar os pré-requisitos necessários neste sistema para a execução das lajes. O principal pré-requisito seria a necessidade de todas as paredes estarem levantadas e com todas as cintas de amarração grauteadas.

As pré-lajes treliçadas maciças não são uma técnica construtiva recente mas seu uso está ganhando espaço em edifícios residenciais multi-familiares, principalmente nos que utilizam alvenaria estrutural. No comparativo de execução dos dois tipos de lajes por uma mesma equipe, a pré-laje conseguiu reduzir o tempo em três dias em relação à laje maciça. A redução maior deu-se na etapa da armação, já que na pré-laje utiliza-se apenas a armação da armadura negativa e apenas em um sentido, sendo este transversal às treliças.

Com relação ainda à redução de três dias de trabalho na montagem das pré-lajes treliçadas maciças em relação à laje maciça, considera-se um número significativo em ganho de tempo e redução de custos com mão de obra, visto que reduziu-se 30,8 horas de trabalho do grupo de carpinteiros e 66 horas de trabalho do grupo de armadores. Para o pavimento tipo estudado a redução do custo de mão de obra foi de 21,50 %, visto que essa redução possa projetar-se para os demais pavimentos da edificação, o impacto na redução de custos de mão de obra e tempo de execução serão muito expressivos.

Quanto aos custos dos insumos, com a redução de R\$ 7.467,85 das pré-lajes treliçadas maciças em relação às lajes maciças apenas no pavimento tipo, sendo um percentual de 23,04%, entende-se que com a repetição de pavimentos, este sistema obterá significativas reduções de custos dos insumos.

Conclui-se que a execução da laje com pré-lajes treliçadas maciças permite reduzir o tempo de execução e diminuir os custos em relação ao sistema de laje maciça (convencional).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118: **projeto de estruturas de concreto** – procedimento. Rio de Janeiro, 2007.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14.931 : **projeto de estruturas de concreto** – procedimento. Rio de Janeiro,2004.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7678 : **Segurança na execução de obras e serviços de construção**. Rio de Janeiro,1983.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14860-1 : **Laje pré-fabricada-Pré-laje-Requisitos** Rio de Janeiro,2002.
- ALBUQUERQUE, A.T. **Análise de alternativas para edifícios em concreto armado**, 1999. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos.
- ARAÚJO,J.M. **Curso de concreto armado**. 2 ed, v.4. Rio Grande:Dunas,2003.
- BARROS,M.M.S.B; MELHADO,S.B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. São Paulo : Escola Politécnica da Universidade de São Paulo,2006. Versão ampliada e atualizada
- BELTRÃO,L.M. **Pré-lajes em edifícios multipavimentos : estudo comparativo com o método construtivo convencional**. 2010.69f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil)-Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do rio Grande do sul, Porto Alegre.
- BRANDALISE,G.M;WESSLING,L.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**. Trabalho de diplomação (Graduação em Engenharia Civil)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.
- CAGLIARI, Manoela ,2015. **Concretagem de laje com bomba estacionária**. UFRGS,2015. Disponível em:< <https://www.ufrgs.br/eso/content/?tag=laje>> Acessado em 21 de março de 2017
- CAIO, Felipe . **Análise comparativa entre sistemas estruturais de lajes maciças e nervuradas treliçadas**,2014. Trabalho de diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Univates, Lajeado, Rio Grande do Sul, 2014.77f.
- CIMENTO E CONCRETO: BOLETIM DE INFORMAÇÕES. ABCP. **Fôrmas de madeira para estruturas de concreto armado de edifícios comuns**. São Paulo,n.50,1944.
- CORREA,Guilherme,2011. **Montagem de formas em estrutura de concreto armado moldado in loco: lajes** . UFRGS,2011. Disponível em:< <https://www.ufrgs.br/eso/content/?p=787>> Acessado em 21 de março de 2017.
- EL DEBS,M.K. **Concreto Pré-moldado:fundamentos e aplicações**. São Carlos: EESC-USP,2000.
- FARIA, Marcel Poeta. **Estruturas para Edifícios em concreto armado: Análise comparativa de soluções com lajes convencionais, lisas e nervuradas**,2010.

94f. Trabalho de diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2010.

GIAMBASTIAN,G.(2010). **Concretagem de laje convencional**. UFRGS,2015. Disponível em:< <https://www.ufrgs.br/eso/content/?tag=laje> > Acessado em 21 de março de 2017.

KALIL,S.M.B. **Alvenaria Estrutural**. PUCS. Disponível em: http://www.feng.pucrs.br/professores/soares/Topicos_Especiais_-_Estruturas_de_Madeira/Alvenaria.pdf > Acessado em 14 de março de 2017.

MUNTE CONSTRUÇÕES INDUSTRIALIZADAS. **Manual Munte de Projetos em Pré-Fabricados de concreto**,2.ed.São Paulo: Pini,2007.

NAKAMURA,J. **Pré-fabricados: as opções em pré-lajes para construções residenciais e edificações de alvenaria estrutural**. Revista Técnica: a revista do engenheiro civil, São Paulo: Pini, ano 17, n.149,p.22-25, ago.2009.

PINHEIRO,M.P. et.al . **Lajes maciças**. São Paulo, 2010. USP–EESC - Departamento de Engenharia de Estruturas.

ROCHA,F.L. **Contribuição ao estudo do sistema de pré-lajes tipo painel treliçado em pavimento de edificações**.2015.134f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, 2015.

SPOHR,V.H. **Análise comparativa: sistemas estruturais convencionais e estruturas de lajes nervuradas**,2008.107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria,2005.

TCPO,Tabelas de composição de Preços para orçamentos,13º ed. São Paulo, 2010.

VARGAS,F.L. **Análise comparativa de custos entre a construção utilizando pré-fabricados em concreto e outros métodos construtivos**.2008.56f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil)- Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do rio Grande do sul, Porto Alegre.

VIZOTTO,I ; SARTORTI,A.L. **Teoria e Prática na Engenharia** ,n 15,p. 19-28, Abril,2010.Disponível em: http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art3_N15.pdf . Acessado 20 de março de 2017.

ANEXO A

- Projeto estrutural de uma laje de um pavimento tipo, cedido por uma construtora e usado como referência para o cálculo da taxa de armadura.

ANEXO B

- Projeto de modulação das pré-lajes do pavimento tipo usado como referência para a aplicação das áreas das laje- cedido por uma empresa de pré-fabricados de concreto

