

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

ANDRÉ RICARDO BORCHART

RENATO TRES NARDINO

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DO USO DE PAINEL TRELIÇADO EM
COMPARAÇÃO COM LAJE TRELIÇADA CONVENCIONAL PARA DIVERSOS
VÃOS**

**CASCATEL - PR
2019**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

ANDRÉ RICARDO BORCHART

RENATO TRES NARDINO

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DO USO DE PAINEL TRELIÇADO EM
COMPARAÇÃO COM LAJE TRELIÇADA CONVENCIONAL PARA DIVERSOS
VÃOS**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor Orientador: Mestre Science, Engenheiro Civil Julio Tozo Neto

**CASCADEL - PR
2019**

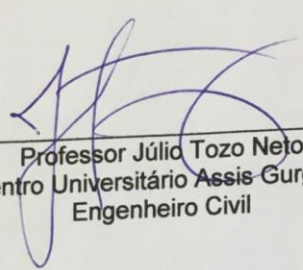
CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

**ANDRÉ RICARDO BORCHART
RENATO TRES NARIDNO**

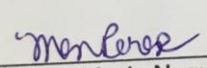
**ANÁLISE DE VIABILIDADE DO USO DE PAINEL TRELIÇADO EM
COMPARAÇÃO COM LAJE TRELIÇADA CONVENCIONAL PARA DIVERSOS
VÃOS**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor Eng. Civil Mestre Julio Tozo Neto

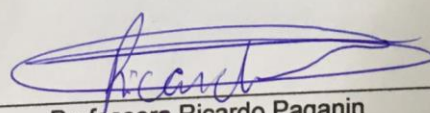
BANCA EXAMINADORA



Professor Júlio Tozo Neto
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil



Professora Maria Vania Nogueira do Nascimento Peres
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheira Civil



Professora Ricardo Paganin
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil

Cascavel, 14 de junho de 2019.

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho aos nossos pais, irmãos e namoradas, pelo amor infinito e compreensão, fontes de nossas extremas motivações.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus, pela força divina em nossas vidas.

As nossas famílias por entenderem nossas ausências diárias e noturnas durante esta longa caminhada, não medindo esforços para que conseguíssemos chegar até aqui com sucesso.

Ao nosso professor orientador Julio Tozo Neto por ter desempenhado papel exemplar no norteamto deste trabalho, nos auxiliando intensivamente e esclarecendo todas as dúvidas que tivemos durante a elaboração deste trabalho.

EPÍGRAFE

“A matemática é o alfabeto com o qual Deus escreveu o universo”.

Galileu Galilei

RESUMO

Com o mercado cada vez mais exigente, atualmente vive-se uma evolução constante na construção civil, buscando uma melhor qualidade e eficiência combinada com um menor custo. Visando esse custo-benefício, realizou-se um estudo comparativo entre dois sistemas de lajes com a mesma finalidade, sendo elas laje treliçada convencional e painel pré-laje. A pesquisa foi realizada em uma fábrica de pré-moldados localizada na cidade de Corbélia-PR e com acompanhamento em obras realizadas na cidade de Cascavel-PR, a partir de levantamentos de custos de matéria-prima e materiais utilizados para execução das lajes e custos relacionados a transporte e mão de obra para realização da montagem das lajes. Foram realizados gráficos para demonstrar as reais diferenças de valores entre os dois sistemas nos vãos estabelecidos e, assim, constatar qual a viabilidade de cada sistema construtivo adotado. Os resultados apresentaram o melhor custo benefício do painel pré-laje comparado com a laje convencional, bem como na montagem e execução. Concluiu-se que os métodos analisados são de extrema qualidade, garantindo todo o cuidado necessário para que se tenha toda segurança necessária na fabricação e execução das mesmas, se destacando então o método de painel pré-laje.

Palavras-chave: Construção Civil. Laje treliçada convencional. Painel pré-laje.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Lajes formadas por elementos tipo de pré-laje.....	21
Figura 2 - Armazenamento painel pré-laje.....	22
Figura 3 - Esquemas de veículos para transporte de elementos.....	24
Figura 4 - Vigota com armadura treliçada.....	26
Figura 5 - Montagem das vigotas.....	27
Figura 6 - Esquemas de veículos para transporte de elementos.....	28
Figura 7 - Escoramento de madeira.....	29
Figura 8 - Forma para nervuras transversais.....	29
Figura 9 - Processos de gestão de custos.....	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Equipamentos para o transporte interno e suas particularidades principais.....	23
Quadro 2 - Aço para utilização em pré-lajes.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custo metro cúbico concreto fck 20 MPa.....	37
Tabela 2 - Custo fabricação laje treliçada convencional vão 3 metros.....	37
Tabela 3 - Custo fabricação laje treliçada convencional vão 4 metros.....	37
Tabela 4 - Custo fabricação laje treliçada convencional vão 5 metros.....	38
Tabela 5 - Custo fabricação laje treliçada convencional vão 6 metros.....	38
Tabela 6 - Custo fabricação painel pré-laje vão 3 metros.....	38
Tabela 7 - Custo fabricação painel pré-laje vão 4 metros.....	38
Tabela 8 - Custo fabricação painel pré-laje vão 5 metros.....	39
Tabela 9 - Custo fabricação painel pré-laje vão 6 metros.....	39
Tabela 10 - Custo deslocamento fábrica-obra.....	40
Tabela 11 - Custo fabricação laje treliçada convencional vão 3 metros.....	41
Tabela 12 - Custo fabricação laje treliçada convencional vão 4 metros.....	41
Tabela 13 - Custo fabricação laje treliçada convencional vão 5 metros.....	41
Tabela 14 - Custo fabricação laje treliçada convencional vão 6 metros.....	41
Tabela 15 - Custo fabricação painel pré-laje vão 3 metros.....	42
Tabela 16 - Custo fabricação painel pré-laje vão 4 metros.....	42
Tabela 17 - Custo fabricação painel pré-laje vão 5 metros.....	42
Tabela 18 - Custo fabricação painel pré-laje vão 6 metros.....	42
Tabela 19 - Custo total laje treliçada convencional dentre os vãos.....	44
Tabela 20 - Custo total painel pré-laje dentre os vãos.....	44
Tabela 21 - Tempo fabricação laje treliçada convencional vão 3 metros.....	45
Tabela 22 - Tempo fabricação laje treliçada convencional vão 4 metros.....	45
Tabela 23 - Tempo fabricação laje treliçada convencional vão 5 metros.....	45
Tabela 24 - Tempo fabricação laje treliçada convencional vão 6 metros.....	47
Tabela 25- Tempo fabricação painel pré-laje vão 3 metros.....	47
Tabela 26 - Tempo fabricação painel pré-laje vão 4 metros.....	47
Tabela 27 - Tempo fabricação painel pré-laje vão 5 metros.....	47
Tabela 28 - Tempo fabricação painel pré-laje vão 6 metros.....	48
Tabela 29 - Tempo transporte fábrica-obra.....	49
Tabela 30 - Tempo mão de obra laje treliçada convencional vão 3 metros.....	50
Tabela 31- Tempo mão de obra laje treliçada convencional vão 4 metros.....	50
Tabela 32 - Tempo mão de obra laje treliçada convencional vão 5 metros.....	50
Tabela 33 - Tempo mão de obra laje treliçada convencional vão 6 metros.....	50
Tabela 34 - Tempo mão de obra painel pré-laje vão 3 metros.....	51
Tabela 35 - Tempo mão de obra painel pré-laje vão 4 metros.....	51
Tabela 36 - Tempo mão de obra painel pré-laje vão 5 metros.....	51
Tabela 37 - Tempo mão de obra painel pré-laje vão 6 metros.....	51
Tabela 38 - Tempo total laje treliçada convencional dentre os vãos.....	53
Tabela 39 - Tempo total painel pré-laje dentre os vãos.....	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Variação do custo fabricação laje treliçada convencional dentre os vãos.....	39
Gráfico 2 – Variação do custo fabricação painel pré-laje dentre os vãos.....	40
Gráfico 3 – Variação do custo mão de obra laje treliçada convencional dentre os vãos.....	43
Gráfico 4 – Variação do custo mão de obra painel pré-laje dentre os vãos.....	43
Gráfico 5 – Variação do custo total laje treliçada convencional dentre os vãos.....	44
Gráfico 6 – Variação do custo total painel pré-laje dentre os vãos.....	45
Gráfico 7 – Variação do tempo fabricação laje treliçada convencional dentre os vãos.....	48
Gráfico 8 – Variação do tempo fabricação painel pré-laje dentre os vãos.....	49
Gráfico 9 – Variação do tempo mão de obra laje treliçada convencional dentre os vãos.....	52
Gráfico 10 – Variação do tempo mão de obra painel pré-laje dentre os vãos.....	52
Gráfico 11 – Variação do tempo total laje treliçada convencional dentre os vãos.....	53
Gráfico 12 – Variação do tempo total painel pré-laje dentre os vãos.....	54
Gráfico 13 – Comparativo do custo fabricação entre os dois sistemas.....	55
Gráfico 14 – Comparativo do custo mão de obra entre os dois sistemas.....	56
Gráfico 15 - Comparativo do custo total entre os dois sistemas.....	56
Gráfico 16 – Comparativo do tempo fabricação entre os dois sistemas.....	57
Gráfico 17 – Comparativo do tempo mão de obra entre os dois sistemas.....	58
Gráfico 18 – Comparativo do tempo total entre os dois sistemas.....	58

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	13
1.1	INTRODUÇÃO 13
1.2.1	Objetivo geral..... 14
1.2.2	Objetivos específicos 14
1.3	JUSTIFICATIVA 14
1.4	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA 15
1.5	FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE 15
1.6	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA 15
CAPÍTULO 2	177
2.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 177
2.1.1	Concreto 177
2.1.2	Concreto armado 177
2.1.3	Pré-moldado..... 18
2.1.3.1	História do pré-moldado 199
2.1.3.2	Produção de elementos pré-fabricados 199
2.1.4	Lajes 20
2.1.4.1	Painel pré-laje 20
2.1.4.1.1	Produção e armazenamento 21
2.1.4.1.2	Transporte 22
2.1.4.1.3	Execução 24
2.1.4.2	Laje treliçada convencional (vigota)..... 25
2.1.4.2.1	Produção e armazenamento 26
2.1.4.2.2	Transporte 27
2.1.4.2.3	Execução 28
2.1.5	Custos..... 30
2.1.6	Meio Ambiente 31
CAPÍTULO 3	33
3.1	METODOLOGIA 33
3.1.1	Considerações gerais..... 333
3.1.2	Sistemas construtivos comparados 333
3.1.2.1	Sistema construtivo 333
3.1.2.2	Insumos utilizados 344

3.1.3	Fábrica.....	344
3.1.4	Obras	344
3.1.4.1	Edifício com sistema painel pré-laje	34
3.1.4.2	Edifício com sistema laje treliçada convencional	34
3.1.5	Instrumentos e procedimentos para coleta de dados	35
3.1.6	Análise de dados	35
CAPÍTULO 4		36
4.1	RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1.1	Levantamentos dos custos e tempo	36
4.1.1.1	Custos.....	36
4.1.1.1.1	Fabricação	36
4.1.1.2	Transporte	40
4.1.1.3	Mão de obra	40
4.1.1.4	Custo total das lajes	43
4.1.2	Tempo	45
4.1.2.1	Fabricação	45
4.1.2.2	Transporte	49
4.1.2.3	Mão de obra	49
4.1.2.4	Tempo total das lajes	53
4.1.2	Comparativos	54
4.1.2.1	Custo	54
4.1.2.1.1	Fabricação	54
4.1.2.1.2	Mão de obra	55
4.1.2.1.3	Custo total das lajes	56
4.1.2.2	Tempo	57
4.1.2.2.1	Fabricação	57
4.1.2.2.2	Mão de obra	57
4.1.2.2.3	Tempo total das lajes	58
CAPÍTULO 5		59
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS		61

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Com um mercado cada vez mais exigente, a construção civil vem passando por uma evolução constante nos últimos anos, e a busca por uma maior qualidade e segurança com um menor custo vem sendo mais visada e inevitável. Para obter-se esse parâmetro de maior qualidade com menor custo, faz-se necessário um estudo comparativo entre diferentes métodos construtivos com a mesma finalidade.

No passado, as estruturas eram construídas sujeitas apenas às cargas distribuídas e vãos relativamente pequenos, adotando-se estruturas convencionais como lajes maciças, tendo em vista a redução de custos e tempo de execução torna-se indispensável um conhecimento maior de novas técnicas que proporcionam atenuar as perdas na construção civil (FARIA, 2010).

As lajes ou placas, que são partes constituintes dos sistemas estruturais, podem ser definidas, segundo a norma NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento (ABNT, 2014), como “elementos de superfície plana sujeitos principalmente a ações normais a seu plano” ou como “obra contínua de concreto armado, a qual constitui sobrado, teto de um compartimento ou piso” (AURÉLIO, 1999).

No período da revolução industrial, foram desenvolvidas várias tecnologias afim de uma otimização dos setores em geral. Na construção civil, segundo Ordonéz (1974), o pré-fabricado aparece em grande escala no período pós-guerra devido à demanda de reconstruir as diversas edificações que foram destruídas em um pequeno intervalo de tempo impossível para a construção convencional.

De acordo com Pinheiro (2007), aproximadamente trinta anos atrás ao desenvolver um projeto com lajes pré-moldadas treliçada, o engenheiro se deparava com catálogos de fabricantes, não contrariando a literatura. Por mais que os mesmos tentassem informar os procedimentos que deveriam ser executados de maneira detalhada, havia, em geral, muito empirismo.

Para Costa (1997), a evolução do processo construtivo começa pela qualidade dos projetos, e entre os projetos elaborados para a construção civil, destaca-se o estrutural. A estrutura de uma edificação, individualmente, responde pela etapa de maior representatividade no custo total da construção (15% a 20% do custo total).

Segundo Flório (2004), nos últimos anos o uso das lajes pré-fabricadas vem aumentando. O que era para ser uma solução utilizada em edificações de pequeno e médio porte, vem sendo utilizado em grandes obras como prédios de diversos pavimentos e grandes vãos por sua viabilidade.

Sendo assim, com este estudo pretendeu-se analisar o sistema construtivo de laje treliçada convencional e painel pré-laje, comparando os custos e o tempo necessário para realizar toda a fabricação e execução de cada método.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a viabilidade econômica do uso de painel treliçado comparado com o uso de laje treliçada convencional para diversos vãos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Descrever as principais características dos sistemas estruturais adotados;
- Comparar as lajes em diversos vãos, variando de 3,0 a 6,0 m com variação de 1,0 m, considerando a mesma finalidade de uso;
- Comparar o tempo de fabricação e execução de ambos os métodos pela área;
- Estimar os custos dos materiais e mão de obra utilizados para fabricação e execução pela área.

1.3 JUSTIFICATIVA

Com o elevado índice de crescimento e avanço tecnológico na construção civil, se faz necessário realizar projetos alinhando custo reduzido, agilidade e eficiência, visando um menor desperdício e uma maior contribuição com o meio ambiente.

Mesmo com diversos métodos construtivos disponíveis no mercado, o custo e o tempo são fatores determinantes na escolha do tipo de laje a ser executada. Por este motivo, buscou-se neste estudo, um comparativo de dois sistemas estruturais convencionais. Entre os sistemas a serem estudados são citados: painel pré-laje e laje treliçada convencional.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Qual a viabilidade econômica para execução de lajes em vãos de 3,00 a 6,00 metros comparando laje treliçada e painel treliçado?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

Dentre os dois métodos construtivos utilizados no estudo, sendo eles, laje treliçada convencional e painel pré-laje, visando um comparativo geral da obra, o painel pré-laje torna-se mais viável por poder se executar outras atividades que seriam impossibilitadas pela grande quantia de escoras que a laje treliçada convencional necessita. Além disso, o tempo de execução da laje é mais rápido e o transporte da mesma é mais simples e seguro, evitando a quebra de materiais.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa limitou-se ao levantamento dos custos de todos os insumos e do tempo para fabricação na Empresa Pré Moldados Franck, localizada no Núcleo Industrial, na cidade de Corbélia, Paraná, sendo utilizadas em duas obras na cidade de Cascavel, Paraná, sendo considerados os custos dessa região.

Foi realizado acompanhamento *in loco*, tanto para fabricação quanto para execução, não ocorrendo testes laboratoriais.

O estudo limitou-se em vãos de 3,0 a 6,0 metros, pois é a capacidade máxima de produção da fábrica estudada. Além disso, as lajes foram limitadas ao mesmo uso de ambos os sistemas estudados.

Para vãos onde não for possível realizar o levantamento *in loco*, realizou-se um comparativo com vãos já analisados *in loco* e fez-se uma estimativa proporcional ao aumento ou diminuição do tamanho do mesmo relacionado ao custo.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo foi abordado o conceito de concreto e pré-moldado, mostrando desde o processo fabril até a execução final das lajes pré-moldadas.

2.1.1 Concreto

Conforme Santos (2006), caracteriza-se o concreto como um material plástico, moldável e possível de impor os mais variados formatos. É composto por agregado miúdo e graúdo, além do aglomerante que é formado por areia, água e cimento.

Kaefer (1998) afirma que, desde os primórdios da humanidade o concreto é utilizado, dando um destaque maior no Império Romano a partir do século II a.C., mas foi apenas em 1824 que o concreto utilizado na atualidade surgiu, proveniente da queima de calcário e argila, desenvolvido pelo inglês Joseph Aspdin.

2.1.2 Concreto armado

Segundo Sussekind (1989), foi a partir da soma do desenvolvimento do cimento Portland por Josef Aspdin em 1824 e a ideia de se colocar barras de aço na parte tracionada de peças produzidas em argamassa de cimento, primeiramente posto em prática na França por Lambot em 1855 e por Monier em 1861, que se gerou o concreto armado.

Benevolo (1976), explica que o concreto armado é um processo inventado na Europa no século XIX que consiste na combinação do concreto com a armadura de aço passiva, combinando as propriedades à compressão do concreto e tração do aço, possibilitam atingir vãos e alturas extraordinárias.

Botelho (2011), afirma que o concreto armado está na lista dos materiais que são considerados novos materiais da arquitetura moderna, juntamente com o aço e o vidro. São produzidos em uma escala industrial e viabilizam arranha-céus, pontes, silos, estações

ferroviárias, ou seja, novos objetos arquitetônicos que caracterizam o cenário mundial moderno do século XX.

Conforme Leonhardt e Mönning (1977), é possível empregar o concreto armado em todos os tipos de construção, tendo como suas principais vantagens a facilidade de se moldar, adaptando-se a qualquer tipo de forma, sua resistência ao fogo, influências atmosféricas e ao desgaste mecânico, próprio para estruturas monolíticas e, ainda, é econômico por sua matéria-prima ser barata.

2.1.3 Pré-moldado

De acordo com El Debs (2000), a construção civil vem sendo considerada uma indústria atrasada em relação a outros ramos industriais por ter uma baixa produtividade, grande desperdício de materiais, morosidade e baixo controle de qualidade. Na busca de reduzir esse atraso, utilizam-se elementos pré-moldados de concreto, sendo chamado de concreto pré-moldado ou pré-moldagem.

A NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado (ABNT, 2017) traz a definição dos pré-moldados como elementos fabricados fora do local de utilização definitiva da estrutura, tendo um controle de qualidade menos rigoroso e inspecionado pelo próprio fabricante, individualmente ou por lotes, não sendo necessária a existência de laboratório e demais instalações.

Diferente do pré-moldado, o pré-fabricado é definido pela NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado (ABNT, 2017) - como elemento executado industrialmente, sob um rigoroso controle de qualidade, com a utilização de laboratórios e demais instalações permanentes para a realização deste controle de qualidade, devidamente inspecionados pela fiscalização do proprietário.

El Debs (2000), ressalta que no Brasil a não exploração do potencial do concreto pré-fabricado se dá por um ciclo vicioso, onde alguns afirmam que não se constrói por não existir insumos tecnológicos e outros afirmam que não se tem insumos tecnológicos, pois não se constrói.

2.1.3.1 História do pré-moldado

Para Vasconcellos (2002), não há uma data precisa em que começou a pré-moldagem. Surgiu junto do próprio nascimento do concreto armado, ocorrendo então a pré-moldagem de elementos, fora do local de seu uso. Sendo assim, pode-se afirmar que a pré-moldagem começou junto da invenção do concreto armado.

Segundo Revel (1973), a pré-fabricação em seu sentido mais geral se aplica a toda fabricação de elementos de construção civil em indústrias, a partir de matérias primas e semi-produtos cuidadosamente escolhidos e utilizados, sendo em seguida estes elementos transportados à obra onde ocorre a montagem da edificação.

Conforme Ordonéz (1974), foi no período pós Segunda Guerra Mundial, principalmente na Europa, que começou, verdadeiramente, a história da pré-fabricação como “manifestação mais significativa da industrialização na construção”, e que a utilização intensiva do pré-fabricado em concreto se deu em função da necessidade de se construir em grande escala.

No Brasil, diferentemente da Europa onde foi necessário reconstruir boa parte das suas cidades por conta da Segunda Guerra Mundial, o início da pré-fabricação, segundo Serra, Ferreira e Pigozzo (2005), deu-se a partir da década de 50, com o déficit habitacional, tendo em vista um crescimento da população urbana jamais vista, através de programas de incentivo do governo com o propósito de diminuir esse déficit e aumentar a construção civil. Já na década de 80, por conta de inúmeros acidentes e problemas que acarretaram diversas demolições de grandes estruturas de concreto pré-fabricado, ocorreu períodos de rejeição do mesmo.

2.1.3.2 Produção de elementos pré-fabricados

Conforme El Debs (2000), o processo de produção de elementos pré-fabricados de concreto envolve três tipos de atividades, sendo elas: Preliminares, que envolve a parte de produção e transporte dos materiais, de execução, que contempla a aplicação do concreto, cura e desmoldagem e posteriores, que é o transporte interno, acabamentos e armazenamentos.

A NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado (ABNT, 2017) especifica que o controle de qualidade e a inspeção de todas as etapas de fabricação,

desde o recebimento de materiais ao armazenamento das peças pré-moldados, devem ser realizados de forma a garantir o cumprimento de todas as especificações do projeto a ser executado.

Como consequência da tecnologia aplicada com um controle de qualidade de todas as etapas da produção, as peças pré-moldadas apresentam um baixo índice de variação dimensional quando comparado com uma estrutura fabricada *in loco*, no sistema convencional (BOIÇA e SANTOS FILHO, 2005).

As estruturas de concreto pré-fabricadas atendem diversas possibilidades e soluções específicas de singularidades apresentadas em uma estrutura, mas conforme Van Acker (2002), isso na realidade são apenas variantes de um número de sistemas básicos, como estruturas em esqueleto, estrutura para piso, estrutura em painéis estruturais, estruturas aporricadas, sistemas para fachadas e sistemas celulares.

2.1.4 Lajes

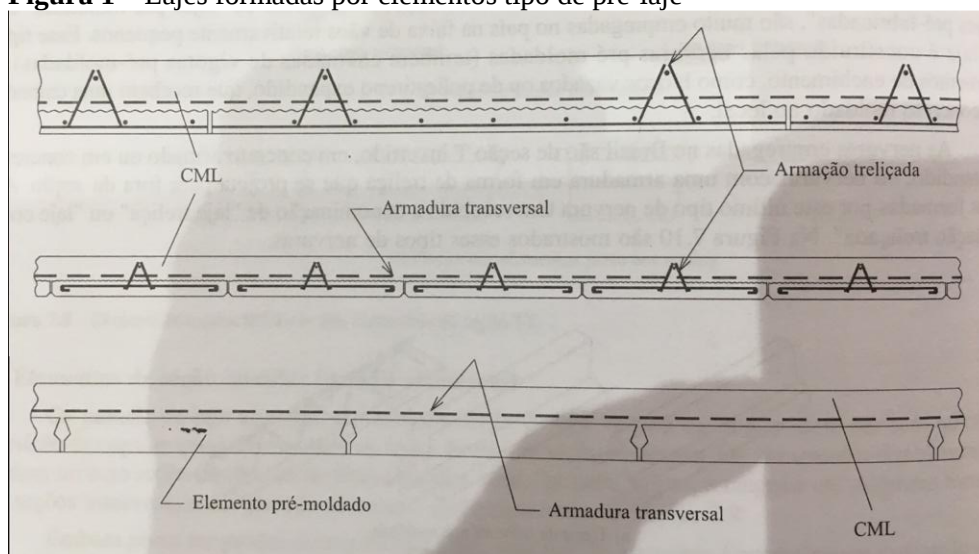
Para Figueiredo Filho (1979), laje é uma placa, folhas planas sujeitas principalmente a ações normais ao seu plano, feitas de concreto, concreto armado ou protendido.

Lajes recebem e sustentam as cargas verticais acidentais, sendo consideradas estruturas primeiras. Normalmente no formato retangular e plano, possuem relativamente pequenas espessuras, variando de seis a dez centímetros, podendo chegar a mais de um metro de espessura, dependendo dos esforços (BOTELHO e MARCHETTI 2015).

2.1.4.1 Painel pré-laje

De acordo com El Debs (2000), os elementos de pré-laje representam os painéis pré-moldados, preenchidos de concreto no local. Nesse tipo de laje, a parte que recebe o concreto feito no local pode ser com ou sem elementos de enchimento, formando seções maciças ou vazadas, conforme Figura 1. Esses painéis podem ser unidirecionais, correspondentes a elementos em forma de faixas que se consistem em dois lados, já o tipo bidirecional, representa elementos de forma retangular ou quadrada, comumente apoiadas em quatro lados.

Figura 1 – Lajes formadas por elementos tipo de pré-laje



Fonte: El Debs (2000).

Os elementos unidirecionais podem ter uma largura padrão, à medida que os elementos bidirecionais são feitos para aplicações específicas. Os elementos pré-moldados unidirecionais podem ser em concreto protendido ou em concreto armado. Já os elementos bidirecionais são em concreto armado.

De acordo com a NBR 14860-2 - Laje pré-fabricada - Pré-laje – Requisitos Parte 2: Lajes bidirecionais (ABNT, 2002), admite-se que nas lajes bidirecionais possam ser executadas nervuras transversais às pré-lajes, resultando em uma laje acabada bidirecional.

Segundo a NBR 14860-1 - Laje pré-fabricada - Pré-laje – Requisitos Parte 1: Lajes unidirecionais (ABNT, 2002), são placas com espessura entre 3,0 á 5,0 cm e larguras padronizadas. Também são lajes de seção maciça ou nervurada, constituída por nervuras principais longitudinais, utilizadas em uma única direção, podendo ser empregadas algumas nervuras transversais, perpendiculares as principais.

2.1.4.1.1 Produção e armazenamento

Segundo El Debs (2000), após a execução, os elementos são sacados da área de fabricação e estocados em área adequada. Alguns tipos de elementos podem ir para uma área de acabamento superficial, ou de retoques. O armazenamento ocorre fundamentalmente pelas seguintes razões:

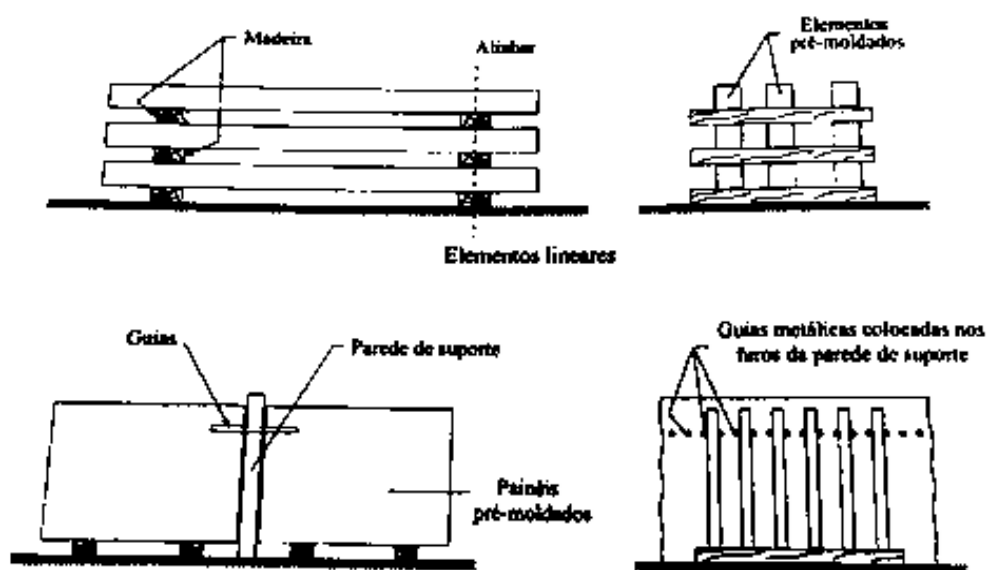
- a) por uma questão de planejamento da produção;

b) para que aumente a resistência do concreto, até atingir, preferencialmente, a resistência do fogo.

De acordo com a NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado (ABNT, 2017), o armazenamento deve ser realizado sobre dispositivos de apoio, assentados sobre um terreno plano e firme, podendo ser formadas pilhas, entremeando os dispositivos de apoio para evitar da superfície de concreto de dois elementos superpostos. Os apoios devem ser mencionados no projeto, e devem ser coberto por um material macio para não danificar os elementos.

El Debs (2000), afirma que o armazenamento ocupa boa parte da área considerável da fábrica e depende principalmente da produção, dos tipos de elementos e dos equipamentos de transporte interno. Nesse tipo de armazenamento recomenda-se não utilizar mais que duas linhas de apoio, conforme é mostrada na Figura 2.

Figura 2 - Armazenamento painel pré-laje



Fonte: El Debs (2000).

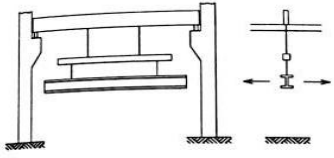
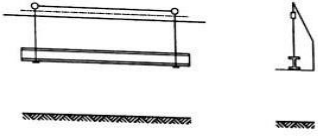
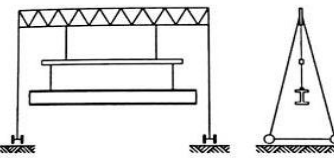
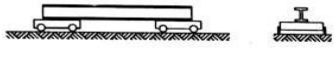
2.1.4.1.2 Transporte

Para European Project Group - EPG (2005), o tempo estimado para o transporte dos elementos pré fabricados é caracteristicamente de 30 minutos. Quer dizer que não há necessidade de cuidado da consistência por períodos longos, deixando que o concreto atinja

resistência de baixas idades, cerca de 14 +/- 2 horas, solicitados para manter o ciclo de produção.

De acordo com El Debs (2000), no transporte interno na fábrica pode-se utilizar carrinhos de rolamento, pontes rolantes, monotrilhos, pórticos rolantes e outros equipamentos da espécie. O Quadro 1 indica algumas possibilidades para o transporte dos elementos da área de fabricação para a área de armazenamento e suas particularidades principais.

Quadro 1 - Equipamentos para o transporte interno e suas particularidades principais

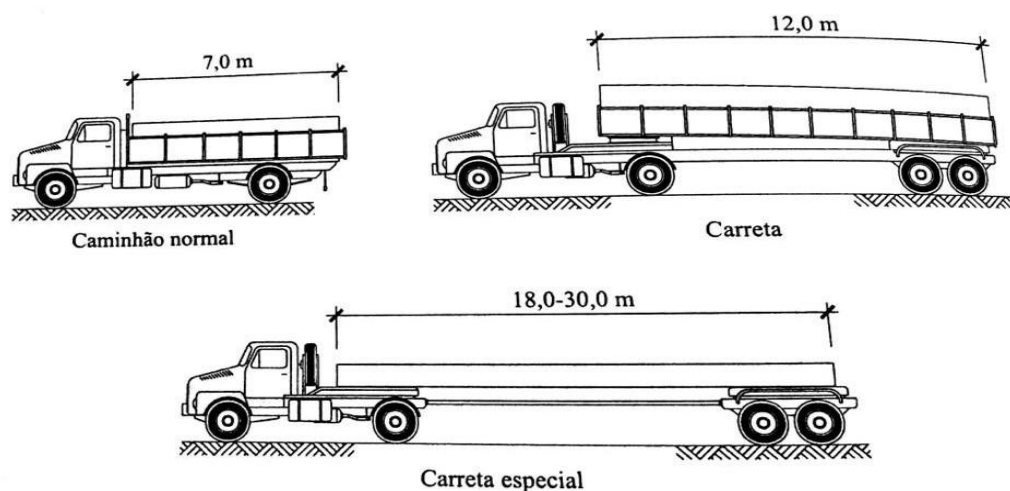
Tipos de equipamentos		
 Ponte rolante	 Monotrilho	• Muito rígidos • Independentes do solo
 Pórtico rolante	 Carrinho de rolamento	• Flexibilidade de movimento • Sofrem interferência do que ocorre no solo
• Podem ser utilizados na desforma e no empilhamento		• Necessitam de outros equipamentos para a desforma e o empilhamento

Fonte: El Debs (2000).

Os equipamentos mais usados são as pontes rolantes e os pórticos rolantes, visto que dessa maneira emprega o mesmo equipamento para a desmoldagem, transporte interno, armazenamento e carregamento dos elementos.

Das fábricas até o local de montagem o transporte pode ser rodoviário, ferroviário e marítimo. No Brasil, é utilizado praticamente só o transporte rodoviário, que é feito por caminhões, carretas e carretas especiais. As carretas especiais são empregadas para estruturas muito longas, conforme se observa na Figura 3.

Figura 3 - Esquemas de veículos para transporte de elementos



Fonte: El Debs (2000).

No transporte rodoviário podem transcorrer ações de grande relevância, que podem avariar os elementos. Sendo assim, por questão de segurança, sugere-se uma fixação para o transporte, utilizando as mesmas regras de armazenamento. Nessa etapa há diversos problemas por causa dos gabaritos dos caminhões no qual for utilizado, tanto no tamanho, peso e na distância a traçar. O gabarito do caminhão deve ser obedecido, havendo limitações tanto na largura (2,5 m) quanto na altura (4,5 m). Cargas maiores que isso podem ser empregadas, mas deverão ser averiguadas caso a caso (EL DEBS, 2000).

De acordo com El Debs (2000), quando o assunto é sobre distância há variações se é viável ou não, é difícil estabelecer valores, visto que os custos dependem dos mais diferentes fatores e circunstâncias. Em algumas situações comuns, os valores indicados para custos envolvidos com o transporte são de 5% a 15% do custo local.

2.1.4.1.3 Execução

Segundo a NBR 14931 - Execução de estruturas de concreto – Procedimento (ABNT, 2004) estabelece as condições para execução de elementos de concreto, permanentes ou temporários. Todas as atividades avançadas na aplicação das estruturas de concreto, ou melhor, sistemas de formas, armaduras, concretagem, cura e outras, igualmente as relativas a inspeção e documentação de como construído, contendo a análise do controle de resistência do concreto.

De acordo com a NBR 14860-1 – Laje pré-fabricada – Pré-laje – Requisitos, Parte 1: Lajes unidirecionais (ABNT 2002) afirma que a execução dos elementos pré-fabricados deve acatar ao disposto no projeto de execução da laje e as especificações das pré-lajes. Devem ser executados:

- a) O nivelamento dos apoios, dentro das tolerâncias de montagem especificadas;
- b) A colocação das armaduras previstas no projeto;
- c) A instalação de passadiços, quando necessários para o trânsito de pessoal e transporte de concreto;
- d) Lançamento, adensamento e cura do concreto complementar.

Conforme a NBR 14860-1 – Laje pré-fabricada – Pré-laje – Requisitos, Parte 1: Lajes unidirecionais (ABNT 2002), deve ser seguido uma tabela de aço para a execução das pré-lajes, conforme demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Aço para utilização em pré-lajes

Produto	Norma	Diâmetro nominal mínimo	Diâmetro nominal máximo
Barras/fios de aço CA 50/CA 60	NBR 7480	6,3 (CA 50)	20 (CA 50)
		4,2 (CA 60)	10 (CA 60)
Tela de aço eletrossoldada	NBR 7481	3,4	–
Fios e aço para protensão	NBR 7482	3,0	–
Cordoalhas de aço para protensão	NBR 7483	3 x 3,0	–
Armadura treliçada eletrossoldada	NBR 14862	Diagonal (sinusóide): 3,4	Diagonal (sinusóide): 7,0
		Banzo superior: 6,0	Banzo superior: 12,5
		Banzo inferior: 4,2	Banzo inferior: 12,5

Fonte: NBR 14.860-1 (2002).

2.1.4.2 Laje treliçada convencional (vigota)

El Debs (2000), afirma que, a laje treliçada é uma laje nervurada construída a partir do emprego de elementos pré-fabricados do tipo treliça. Esse elemento pré-fabricado, também chamado de vigota treliçada, é formado pela associação de uma treliça simples a uma sapata inferior de concreto. Seu processo de montagem se inicia com a compra da armadura treliçada pronta, sendo feita posteriormente a concretagem do elemento inferior de concreto (sapata), em fôrma metálica. Caso seja necessário, além da armadura da treliça imersa na sapata, armaduras adicionais também podem ser aí posicionadas.

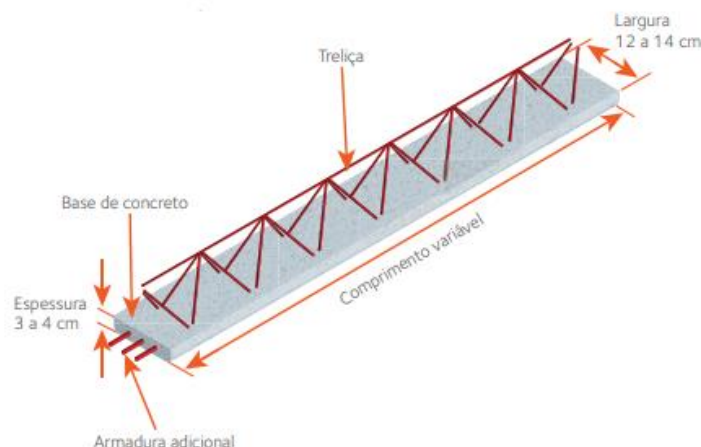
Deste modo, a laje treliçada é composta por nervuras principais resistentes, por elementos leves de enchimento colocados entre as nervuras, e por uma capa superior de concreto que, juntamente com as nervuras principais, forma a seção transversal resistente à

flexão. Devido à perfeita solidarização entre o elemento treliçado e o concreto lançado em obra, à estrutura resultante pode ser considerada como uma estrutura monolítica (CAIXETA, 1998).

2.1.4.2.1 Produção e armazenamento

Conforme a norma NBR 14859 – 3 – Lajes pré-fabricadas de concreto Parte 3: Armadura treliçadas eletrossoldadas para lajes pré-fabricadas – Requisitos (ABNT, 2017) as vigotas são compostas por uma base de concreto, uma armadura de flexão e uma armação treliçada por eletrofusão de fios de aço CA 60. É formada por um fio superior, dois fios inferiores e as sinusóides (diagonais), sendo possível adicionar uma armadura caso necessário, conforme a Figura 4.

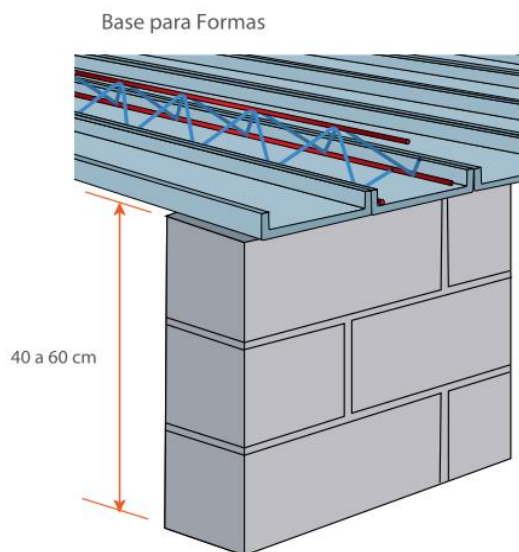
Figura 4 - Vigota com armadura treliçada



Fonte: Manual Técnico de Lajes Treliçadas Arcelormittal (2010).

Segundo o Manual Técnico de Lajes Treliçadas (Arcelormittal, 2010), as vigotas são moldadas em formas de chapas metálicas de 3mm de espessura, dobradas tipo calha, com 12 ou 13 cm de base por 3 cm de altura. São montadas sobre cavaletes elevados pelo menos 40 cm do chão, conforme Figura 5, para facilitar o lançamento do concreto, a desforma e a retirada das vigotas.

Figura 5 - Montagem das vigotas

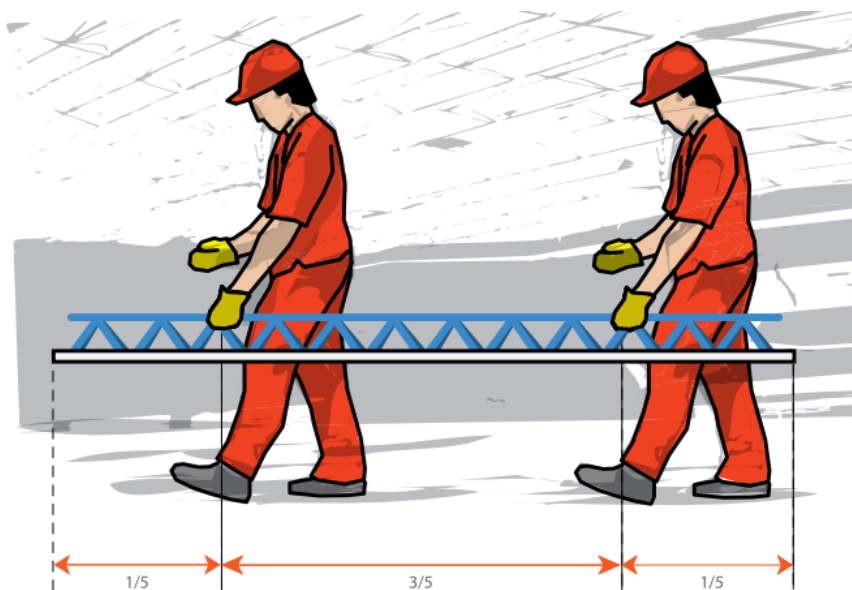


Fonte: Manual Técnico de Lajes Treliçadas ArcelorMittal (2010).

2.1.4.2.2 Transporte

Segundo o Manual Técnico de Lajes Treliçadas (ARCELORMITTAL, 2010), no transporte das vigotas o posicionamento dos ganchos de içamento, é essencial para garantir a integridade dos fios superiores, já que são eles que irão garantir a autoportância ao sistema. Por isso, é desaconselhável fazer o transporte das vigotas pela extremidade. Para que seja feito o transporte ideal dessas vigotas, o içamento tem que ser em dois pontos a $1/5$ do vão, ou em três pontos, sendo um no meio do vão e os outros dois também a $1/5$ do vão, a partir da extremidade, tomando sempre cuidado para posicionar o içamento entre as diagonais e os fios superiores, conforme mostra a Figura 6.

Figura 6 - Esquemas de veículos para transporte de elementos

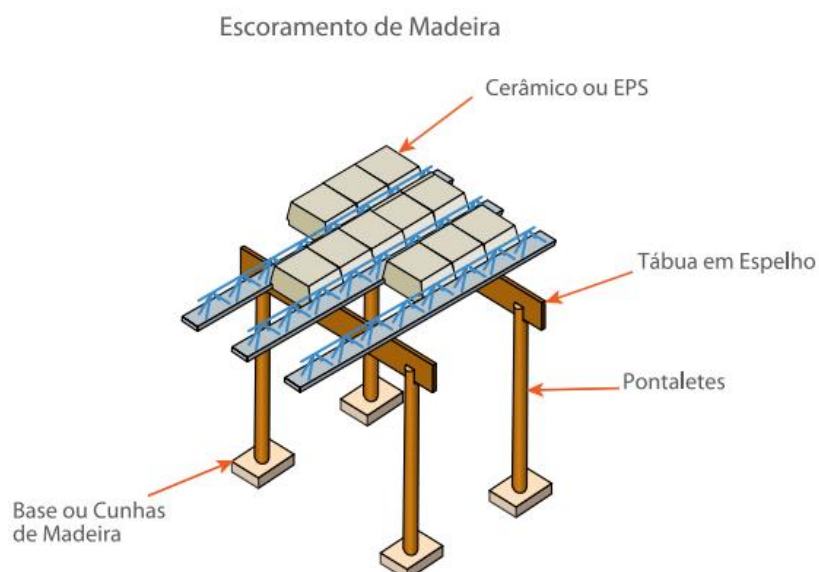


Fonte: Manual técnico de lajes treliçadas Arcelormittal (2010).

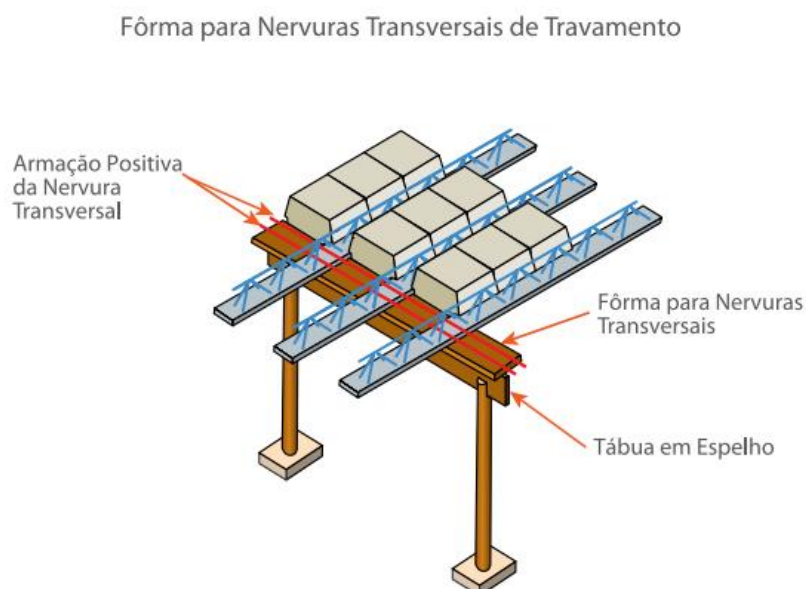
Segundo a NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento (ABNT, 2004) as barras de aço para construção, telas soldadas e armaduras pré-fabricadas não devem ser danificadas durante as operações de transporte, estocagem, limpeza, manuseio e posicionamento no elemento estrutural. Cada elemento deve ser identificado na obra, de maneira a evitar trocas involuntárias, e os elementos não podem ser estocados em contato direto com o solo.

2.1.4.2.3 Execução

De acordo com o Manual Técnico de Lajes Treliçadas (ARCELORMITTAL, 2010), antes da colocação das vigotas, é indispensável verificar o posicionamento correto das linhas de escoras conforme a Figura 7 e as formas das nervuras transversais (se for o caso), conforme a Figura 8.

Figura 7 - Escoramento de madeira

Fonte: Manual técnico de lajes treliçadas Arcelormittal (2010).

Figura 8 - Forma para nervuras transversais

Fonte: Manual técnico de lajes treliçadas Arcelormittal (2010).

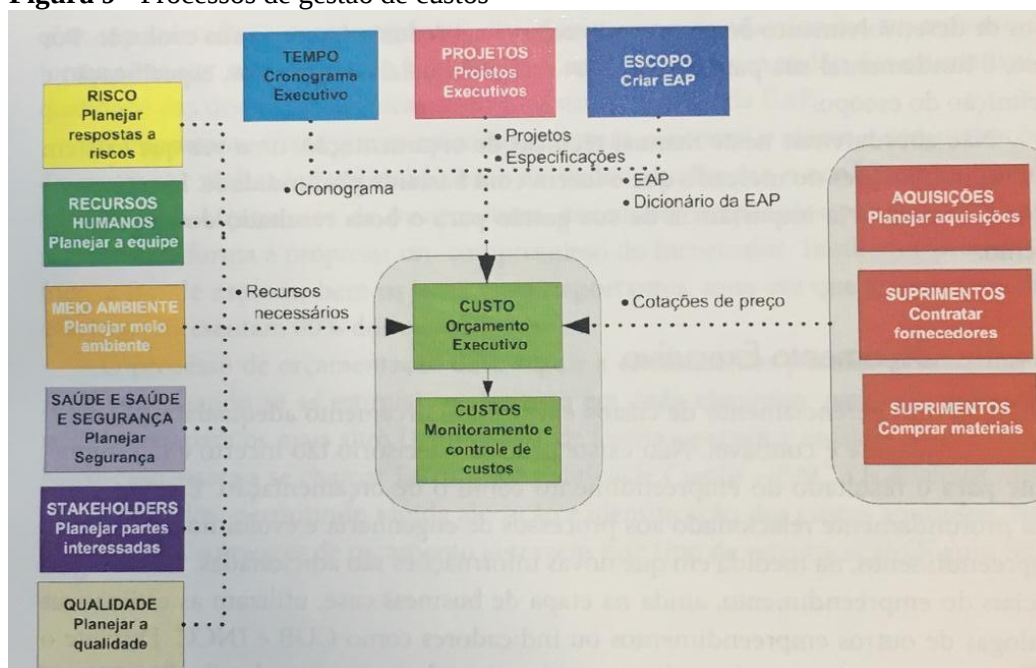
Após o posicionamento das vigotas, conforme o Manual Técnico de Lajes Treliçadas (ARCELORMITTAL, 2010), inicia-se a colocação dos elementos de enchimento, podendo ser EPS ou cerâmico, executando fileiras ortogonais ao sentido das vigotas, sendo colocadas das duas fileiras mais extremas e caminhando ao centro da laje. Com a laje montada, inicia-se a concretagem da mesma e a desforma só poderá ocorrer após 18 dias da concretagem.

2.1.5 Custos

Segundo Polito (2015), gerenciar os custos de uma obra é essencial para o sucesso, visto que se trata de uma das restrições mais críticas na construção civil, podendo torná-la inviável. Este variável “custo” está presente em todas as etapas de construção e é um membro fundamental para a programação e controle de produção, lembrando que a necessidade de caixa do empreendimento é oriunda da linha de base de custo.

Polito (2015) afirma ainda, que, a gestão de custos abraça os processos de orçamentação, controle de custos executados e monitoramento, de forma assegurar que ela seja concluída dentro do orçamento esperado. Os processos se interagem entre si e com as áreas de outros conhecimentos, conforme nota-se na Figura 9.

Figura 9 - Processos de gestão de custos



Fonte: Polito, (2015).

É importante destacar que a capacidade de atuar os custos é maior nos estágios de desenvolvimento do empreendimento e vai limitando com seu progresso. Portanto, é primordial a participação nos estágios iniciais de projetos, especificação e a elucidação do escopo.

SINAPI é a sigla para Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, que nada mais é que uma tabela utilizada no orçamento de obras, mantida pela Caixa Econômica Federal e feita uma coleta de dados por meio do IBGE, que informa

todos os custos e índices da Construção Civil por regiões brasileiras. SINAPI, ou tabela SINAPI, dois conjuntos ou tabelas que podem ser mencionados: SINAPI como tabela de preços de insumos e mão de obra ou SINAPI como tabela de composições unitárias (PEREIRA, 2018).

A Tabela de Composições de Preços para Orçamentos – TCPO – é criada e alimentada por uma empresa privada, editora Pini, e se tornou uma referência nos orçamentos de obras no Brasil. Ao contrário da SINAPI, é feita a coleta dos dados por meio de contatos com as empresas brasileiras e é armazenada em um banco de dados que ajuda na elaboração de orçamentos (PEREIRA, 2018).

2.1.6 Meio Ambiente

Polito (2015) afirma que o caminho para o desenvolvimento sustentável é infalivelmente por uma correção para os empreendimentos. O intelecto de sustentabilidade busca compor os tópicos econômicos, sociais e ambientais, com o propósito de preservá-los, segundo os limites do planeta. Interessa atender as necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade das futuras gerações, atendendo suas próprias necessidades. Integrar práticas de sustentabilidade na construção civil é um caminho sem volta e requisitará mudanças significativas na forma de contemplar, projetar, gerir e construir os empreendimentos. A preocupação com a sustentabilidade deve estar presente no decorrer do ciclo de vida do empreendimento, incluindo sua desconstrução ou requalificação, quando terminar sua vida útil. Alguns princípios de construção sustentável são:

- Aproveitamento de conduções naturais locais;
- Análise e redução do impacto no entorno;
- Qualidade ambiental interna e externa;
- Gestão sustentável do canteiro;
- Adaptar-se as necessidades atuais e futuras dos usuários;
- Redução, reutilização, reciclagem e disposição correta dos resíduos sólidos;
- Introdução da inovação, com o objetivo de alinhar ganhos sociais, econômicos e ambientais;
- Busca continua pela redução dos desperdícios, aumento da durabilidade e aumento da produtividade.

Entre os melhores sistemas de avaliação de sustentabilidade e certificação voluntária adotados no Brasil estão o LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*, representado no Brasil pelo GBC e o AQUA – Alta Qualidade Ambiental, dirigido pela Fundação Vanzolini, destaca Polito (2015).

De acordo com Polito (2015), uma boa gestão ambiental contribui para a redução de custo, organização, controle da produção e redução do desperdício, também colaboram para a redução de passivos ambientais, multas, paralisações, ações judiciais, acidentes ambientais, embargos e danos à imagem da construtora. A norma mais apresentada dentre os *frameworks* de gestão ambientais existentes é a ISO 14001.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Considerações gerais

Neste trabalho, foi desenvolvido um estudo comparativo entre dois métodos construtivos de lajes, tais quais painel pré-laje e lajes treliçada convencional, ambas vinculadas ao sistema de construção pré-fabricado. Primeiramente, foi escolhida uma fábrica de pré-fabricados que faz a confecção dos dois sistemas. Em seguida, obras que utilizaram pelo menos um dos dois métodos analisados.

Depois de realizada a escolha, foi acompanhado todo o processo da fábrica, desde a compra dos materiais utilizados para a execução da fabricação, até o transporte das peças realizado pela mesma. No quesito obras, foi acompanhado desde a descarga dos materiais até a execução das lajes seguindo projetos estruturais fornecidos pelo engenheiro técnico responsável.

Por fim, foram comparados todos os custos dos insumos utilizados desde a fabricação até a entrega das lajes prontas e o tempo para realizar todo o processo, analisando o fator tempo/custo de ambos os sistemas.

3.1.2 Sistemas construtivos comparados

3.1.2.1 Sistema construtivo

No quesito sistema construtivo foram utilizados o sistema de laje treliçada convencional e painel pré-laje, ambos sendo considerados com fechamento em poliestireno expandido (EPS).

3.1.2.2 Insumos utilizados

Para realizar o levantamento dos insumos utilizados na fabricação das lajes, foram considerados o uso de formas, concreto, aço e EPS para fechamento.

3.1.3 Fábrica

A fábrica em que realizou-se o acompanhamento da fabricação foi cedida pela Franck Pré Moldados, situada no núcleo industrial da cidade de Corbélia, Paraná. A fábrica tem aproximadamente 11 funcionários, uma área total de 30.000 m² e funcionamento de segunda-feira à sexta-feira das 07h30min à 12h00min e 13h30min à 17h48min.

3.1.4 Obras

3.1.4.1 Edifício com sistema painel pré-laje

O edifício onde realizou-se o acompanhamento da montagem do sistema painel pré-laje foi cedido pela Construtora Franck. Trata-se de um edifício residencial, contendo quatro pavimentos tipo, sendo executado com pilares e vigas pré-fabricadas e fechamento em alvenaria convencional.

Está situada na cidade de Cascavel, Paraná, localizada na rua Tupiniquins, 796, no bairro Santa Cruz e encontra-se na fase de acabamentos.

A escolha da edificação deu-se ao fato de utilizar apenas painel pré-laje, fornecidas pela fábrica que foi realizado o estudo durante a fabricação das mesmas.

3.1.4.2 Edifício com sistema laje treliçada convencional

O edifício onde realizou-se o acompanhamento da montagem do sistema de laje treliçada convencional foi cedido pela Construtora Franck. Trata-se de um edifício residencial contendo três pavimentos tipo, sendo executado com pilares e vigas *in loco* e fechamento em alvenaria convencional.

Está situada na cidade de Cascavel, Paraná, localizado na rua Sadi Lazari, 301, bairro Canadá, e encontra-se em fase de construção.

A escolha da edificação deu-se ao fato de utilizar apenas lajes treliçadas convencionais, fornecidas pela fábrica onde realizou-se o estudo durante a fabricação das mesmas.

3.1.5 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

A coleta de dados foi realizada de forma visual no próprio local da fábrica e das obras, além disso, realizou-se um acompanhamento *in loco* para levantamento do tempo de execução e consequentemente custos de mão de obra.

As visitas foram realizadas nas obras e na fábrica em período integral, conforme a produção e o andamento das obras.

Para a coleta de dados, realizou-se um levantamento de custos atuais da matéria prima para a fabricação através de orçamentos e notas fiscais disponibilizadas pela fábrica, custos de transporte e custos para execução. Foi desenvolvida uma planilha de comparativos de custos conforme realização do estudo além de gráficos comparando a fabricação, transporte e mão de obra.

3.1.6 Análise de dados

Após a coleta de dados, realizou-se a respectiva análise através de comparativos de custos demonstrados na planilha e nos gráficos.

Os dados foram dispostos em uma planilha demonstrando a viabilidade de cada sistema comparado e, assim, definindo o sistema com melhor custo-benefício na atualidade.

CAPÍTULO 4

4. 1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o lançamento dos dados obtidos na fábrica e em ambas as obras e confecção dos gráficos comparativos dos dois sistemas construtivos abordados neste estudo, foram apresentados os resultados da análise de viabilidade dentre os dois sistemas, levando em consideração custo e tempo.

4.1.1 Levantamentos dos custos e tempo

4.1.1.1 Custos

O levantamento dos valores dos insumos utilizados foi cedido pela fábrica, levando em consideração todos os materiais necessários para a fabricação e instalação das lajes, levando em conta desde a montagem das formas, até o escoramento das mesmas já na obra. Além disso, foi utilizado o piso salarial disposto na Convenção Coletiva de Trabalho 2018/2020 para determinar o valor da mão de obra da execução das lajes.

4.1.1.1.1 Fabricação

Para o levantamento do custo da fabricação das lajes estudadas, considerou-se todos os componentes utilizados na fábrica, escoras e ripas fornecidas para a realização do escoramento em obra.

O cálculo do concreto foi realizado para um metro cúbico, considerando um concreto com f_{ck} 20 MPa e disposto na Tabela 1.

Tabela 1 - Custo metro cúbico concreto fck 20 MPa

Item	Descrição	Unid	Total	Material	
				V. Unit	V. Total
1.	Concreto fck 20				
1.2	Areia	kg	914,00	0,04	36,56
1.2	Pedra vsi	kg	688,00	0,03	23,39
1.2	Pedrisco vsi	kg	200,00	0,04	7,20
1.2	Cimento	sc	5,30	18,00	95,40
1.3	Água	m³	0,20	8,74	1,74
1.3	Desmoldante	lt	3,40	1,00	3,40
Sub total					167,69

Fonte: Autor (2019)

De posse dos valores unitários e quantitativos dos materiais utilizados na fabricação de cada tamanho de vão estudado, foi possível a construção das Tabelas 2 a Tabela 9, que contém os custos de cada sistema e cada tamanho de laje estudado, levando em consideração toda parte estrutural (armadura), concretagem, fechamento (EPS) e escoramento.

Tabela 2 - Custo fabricação laje treliçada convencional vão 3 metros

LAJE TRELIÇADA CONVENCIONAL VÃO 3,00 x 3,00 m				Material	
Item	Descrição	Unid	Total	V. Unit	V. Total
1.	LAJE				
1.1	Treliça TG 12 M	kg	21,26	3,55	75,47
1.2	Ferragem adicional ø8,00 mm	kg	9,48	4,41	41,81
1.3	Concreto Fck 20	m³	0,0750	167,69	12,58
1.4	Eps	m³	0,69	150,00	103,95
1.5	Escoras	Unid	9,00	5,00	45,00
1.6	Ripas de 10 cm	m	12,00	1,33	15,96
Sub total					294,77

Fonte: Autor (2019)

Tabela 3 - Custo fabricação laje treliçada convencional vão 4 metros

LAJE TRELIÇADA CONVENCIONAL VÃO 4,00 x 3,00 m				Material	
Item	Descrição	Unid	Total	V. Unit	V. Total
1.	LAJE				-
1.1	Treliça TG 12 M	kg	26,56	3,55	94,29
1.2	Ferragem adicional ø8,00 mm	kg	11,85	4,41	52,26
1.3	Concreto Fck 20	m³	0,0938	167,69	15,72
1.4	Eps	m³	0,89	150,00	133,65
1.5	Escora	Unid	12,00	5,00	60,00
1.6	Ripas de 10 cm	m	16,00	1,33	21,28
Sub total					377,20

Fonte: Autor (2019)

Tabela 4 - Custo fabricação laje treliçada convencional vão 5 metros

LAJE TRELIÇADA CONVENCIONAL VÃO 5,00 x 3,00 m				Material	
Item	Descrição	Unid	Total	V. Unit	V. Total
1.	LAJE				-
1.1	Treliça TG 12 M	kg	31,89	3,55	113,21
1.2	Ferragem adicional $\varnothing 10,0$ mm	kg	22,21	4,21	93,51
1.3	Concreto Fck 20	m ³	0,1125	167,69	18,87
1.4	Eps	m ³	1,09	150,00	163,35
1.5	Escoras	Unid	15,00	5,00	75,00
1.6	Ripas de 10 cm	m	20,00	1,33	26,60
Sub total					490,54

Fonte: Autor (2019)

Tabela 5 - Custo fabricação laje treliçada convencional vão 6 metros

LAJE TRELIÇADA CONVENCIONAL VÃO 6,00 x 3,00 m				Material	
Item	Descrição	Unid	Total	V. Unit	V. Total
1.	LAJE				-
1.1	Treliça TG 12 M	kg	39,87	3,55	141,54
1.2	Ferragem adicional $\varnothing 12,5$ mm	kg	43,34	4,01	173,77
1.3	Concreto Fck 20	m ³	0,1406	167,69	23,58
1.4	Eps	m ³	1,39	150,00	207,90
1.5	Escoras	Unid	18,00	5,00	90,00
1.6	Ripas de 10 cm	m	24,00	1,33	31,92
Sub total					668,71

Fonte: Autor (2019)

Tabela 6 - Custo fabricação painel pré-laje vão 3 metros

PRE LAJE VÃO 3,00 x 3,00 m				Material	
Item	Descrição	Unid	Total	V. Unit	V. Total
1.	LAJE				
1.1	Treliça TG 12 M	kg	18,60	3,55	66,03
1.2	Tela Q 196	m ²	9,00	11,00	99,00
1.3	Ferragem adicional $\varnothing 8,00$ mm	kg	8,30	4,41	36,58
1.4	Concreto Fck 20	m ³	0,36	167,69	60,37
1.5	Eps	m ³	0,59	150,00	89,10
Sub total					351,08

Fonte: Autor (2019)

Tabela 7 - Custo fabricação painel pré-laje vão 4 metros

PRE LAJE VÃO 4,00 x 3,00 m				Material	
Item	Descrição	Unid	Total	V. Unit	V. Total
1.	LAJE				
1.1	Treliça TG 12 M	kg	23,92	3,55	84,92
1.2	Tela Q 196	m ²	12,00	11,00	132,00
1.3	Ferragem adicional $\varnothing 8,00$ mm	kg	10,67	4,41	47,03
1.4	Concreto Fck 20	m ³	0,48	167,69	80,49
1.5	Eps	m ³	0,87	150,00	129,90
Sub total					474,34

Fonte: Autor (2019)

Tabela 8 - Custo fabricação painel pré-laje vão 5 metros

PRE LAJE VÃO 5,00 x 3,00 m				Material	
Item	Descrição	Unid	Total	V. Unit	V. Total
1.	LAJE				
1.1	Treliça TG 12 M	kg	29,24	3,55	103,80
1.2	Tela Q 196	m ²	15,00	11,00	165,00
1.3	Ferragem adicional ø10,00 mm	kg	20,36	4,21	85,72
1.4	Concreto Fck 20	m ³	0,60	167,69	100,61
1.5	Eps	m ³	1,09	150,00	163,35
1.6	Escoras	Unid	5,00	5,00	25,00
1.7	Ripas de 10 cm	m	5,00	1,33	6,65
Sub total					650,14

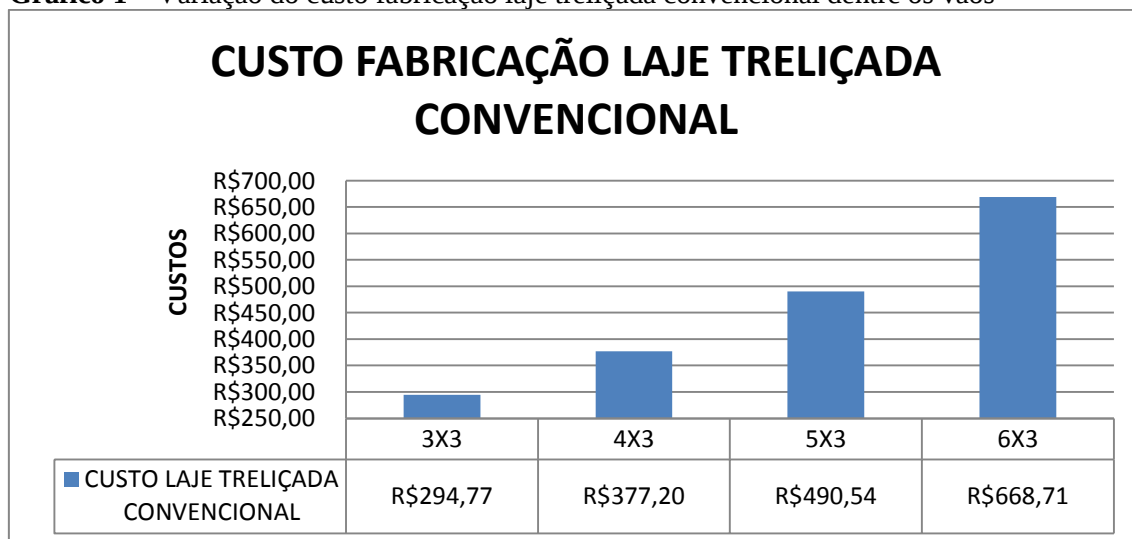
Fonte: Autor (2019)

Tabela 9 - Custo fabricação painel pré-laje vão 6 metros

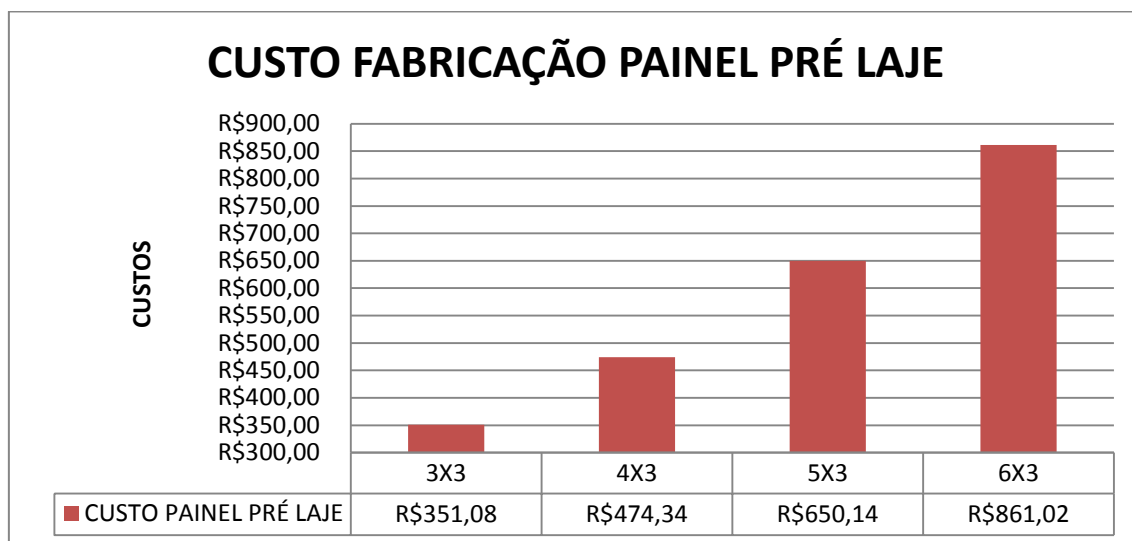
PRE LAJE VÃO 6,00 x 3,00 m				Material	
Item	Descrição	Unid	Total	V. Unit	V. Total
1.	LAJE				
1.1	Treliça TG 12 M	kg	34,55	3,55	122,65
1.2	Tela Q 196	m ²	18,00	11,00	198,00
1.3	Ferragem adicional ø12,50 mm	kg	37,56	4,01	150,62
1.4	Concreto Fck 20	m ³	0,72	167,69	120,74
1.5	Eps	m ³	1,29	150,00	193,05
1.6	Escoras	Unid	12,00	5,00	60,00
1.7	Ripa de 10 cm	m	12,00	1,33	15,96
Sub total					861,02

Fonte: Autor (2019)

Conforme apresentado nas Tabelas de 2 a 9, foram elaborados dois gráficos para demonstrar a variação dos custos de fabricação por cada tamanho de vão, conforme o Gráfico 1 e Gráfico 2.

Gráfico 1 – Variação do custo fabricação laje treliçada convencional dentre os vãos

Fonte: Autor (2019)

Gráfico 2 – Variação do custo fabricação painel pré-laje dentre os vãos

Fonte: Autor (2019)

A partir dos gráficos, foi possível notar uma pequena diferença de valores devido ao maior uso de concreto no painel pré laje e por contrapartida, uma redução no uso de escoras por não necessitar de tantas como a laje treliçada convencional.

4.1.1.2 Transporte

O levantamento do custo do transporte foi baseado no Anexo II da Resolução ANTT nº 5.820, de 30 de maio de 2018, levando em consideração um caminhão de três eixos e uma distância entre Corbélia e Cascavel de 30 quilômetros. Com essas informações foi possível construir a Tabela 10, onde a mesma foi utilizada para todas as lajes e ambas as obras.

Tabela 10 - Custo deslocamento fábrica-obra

TRANSPORTE				Material	
Item	Descrição	Unid	Total	V. Unit	V. Total
1.	CAMINHÃO				
1.1	Deslocamento caminhão 3 eixos	km	35,00	6,45	225,75
Sub total					225,75

Fonte: Autor (2019)

4.1.1.3 Mão de obra

No quesito mão de obra, foi utilizado o piso salarial disposto na Convenção Coletiva de Trabalho 2018/2020, a qual determina o valor por hora de cada trabalhador conforme sua

função, já os tempos de execução foram baseados na TCPO – Tabela de Composições e Preços para Orçamento, levando em conta a descarga do material e montagem das lajes, incluindo o fechamento em EPS e o escoramento das mesmas.

Com esse levantamento, foi possível a criação das Tabelas 11 a Tabela 18, onde as mesmas contém o custo de mão de obra final de cada tipo de laje e cada tamanho de vão estudado.

Tabela 11 - Custo fabricação laje treliçada convencional vão 3 metros

LAJE TRELIÇADA CONVENCIONAL VÃO 3,00 x 3,00 m				Mão-de-obra		
Item	Descrição	Unid	Total	V. Unit	V. Total	Total
1.	LAJE					
1.2	Carpinteiro	hr	2,02	8,11	16,35	16,35
1.2	Servente	hr	1,93	5,81	11,19	11,19
				Sub total		27,54

Fonte: Autor (2019)

Tabela 12 - Custo fabricação laje treliçada convencional vão 4 metros

LAJE TRELIÇADA CONVENCIONAL VÃO 4,00 x 3,00 m				Mão-de-obra		
Item	Descrição	Unid	Total	V. Unit	V. Total	Total
1.	LAJE					
1.2	Carpinteiro	hr	3,60	8,11	29,20	29,20
1.2	Servente	hr	3,21	5,81	18,68	18,68
				Sub total		47,87

Fonte: Autor (2019)

Tabela 13 - Custo fabricação laje treliçada convencional vão 5 metros

LAJE TRELIÇADA CONVENCIONAL VÃO 5,00 x 3,00 m				Mão-de-obra		
Item	Descrição	Unid	Total	V. Unit	V. Total	Total
1.	LAJE					
1.2	Carpinteiro	hr	4,50	8,11	36,50	36,50
1.2	Servente	hr	4,02	5,81	23,36	23,36
				Sub total		59,85

Fonte: Autor (2019)

Tabela 14 - Custo fabricação laje treliçada convencional vão 6 metros

LAJE TRELIÇADA CONVENCIONAL VÃO 6,00 x 3,00 m				Mão-de-obra		
Item	Descrição	Unid	Total	V. Unit	V. Total	Total
1.	LAJE					
1.2	Carpinteiro	hr	4,36	8,11	35,33	35,33
1.2	Servente	hr	6,28	5,81	36,50	36,50
				Sub total		71,83

Fonte: Autor (2019)

Tabela 15 - Custo fabricação painel pré-laje vão 3 metros

PRE LAJE VÃO 3,00 x 3,00 m				Mão-de-obra		
Item	Descrição	Unid	Total	V. Unit	V. Total	Total
1.	LAJE					
1.2	Pedreiro	hr	0,42	8,11	3,41	3,41
1.2	Servente	hr	0,45	5,81	2,61	2,61
1.3	Caminhão Munck	hr	0,20	130,00	26,00	26,00
Sub total						32,02

Fonte: Autor (2019)

Tabela 16 - Custo fabricação painel pré-laje vão 4 metros

PRE LAJE VÃO 4,00 x 3,00 m				Mão-de-obra		
Item	Descrição	Unid	Total	V. Unit	V. Total	Total
1.	LAJE					
1.2	Pedreiro	hr	0,42	8,11	3,41	3,41
1.2	Servente	hr	0,45	5,81	2,61	2,61
1.3	Caminhão Munck	hr	0,20	130,00	26,00	26,00
Sub total						32,02

Fonte: Autor (2019)

Tabela 17 - Custo fabricação painel pré-laje vão 5 metros

PRE LAJE VÃO 5,00 x 3,00 m				Mão-de-obra		
Item	Descrição	Unid	Total	V. Unit	V. Total	Total
1.	LAJE					
1.2	Carpinteiro	hr	0,90	8,11	7,30	7,30
1.2	Servente	hr	0,70	5,81	4,07	4,07
1.3	Caminhão Munck	hr	0,50	130,00	65,00	65,00
Sub total						76,37

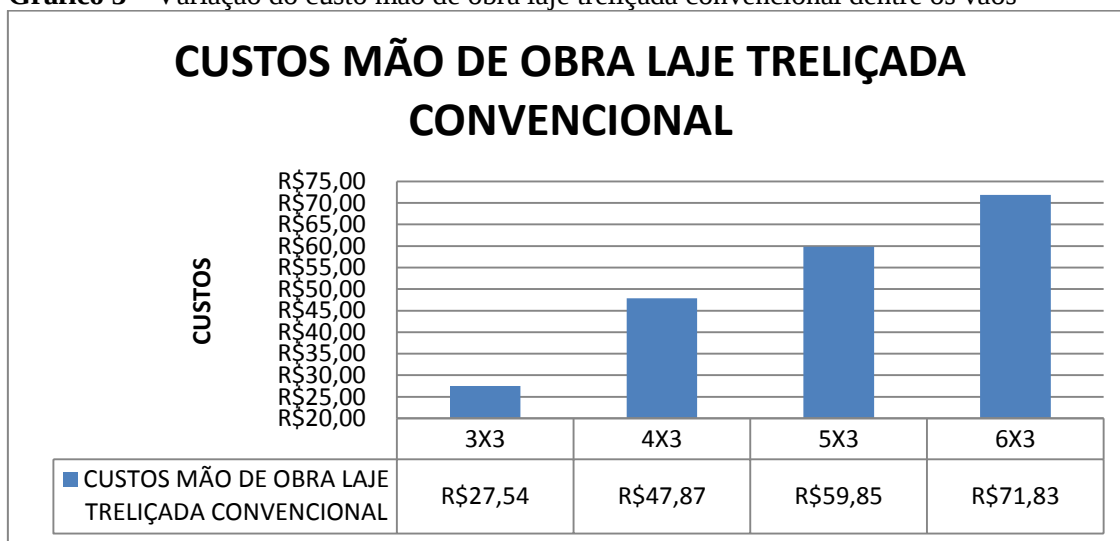
Fonte: Autor (2019)

Tabela 18 - Custo fabricação painel pré-laje vão 6 metros

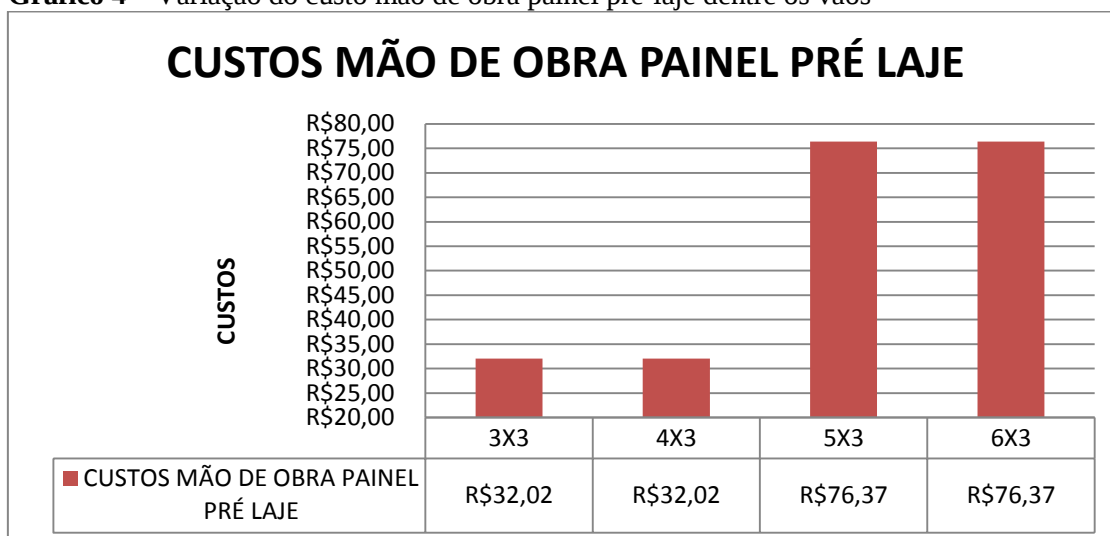
PRE LAJE VÃO 6,00 x 3,00 m				Mão-de-obra		
Item	Descrição	Unid	Total	V. Unit	V. Total	Total
1.	LAJE					
1.2	Carpinteiro	hr	0,90	8,11	7,30	7,30
1.2	Servente	hr	0,70	5,81	4,07	4,07
1.3	Caminhão Munck	hr	0,50	130,00	65,00	65,00
Sub total						76,37

Fonte: Autor (2019)

A partir das Tabelas, elaboraram-se dois gráficos para demonstrar a variação dos custos de mão de obra por cada tamanho de vão, considerando a descarga do material até a colocação das escoras, conforme o Gráfico 3 e Gráfico 4

Gráfico 3 – Variação do custo mão de obra laje treliçada convencional dentre os vãos

Fonte: Autor (2019)

Gráfico 4 – Variação do custo mão de obra painel pré-laje dentre os vãos

Fonte: Autor (2019)

Nota-se no Gráfico 3 que o valor da mão de obra da laje treliçada convencional aumenta conforme aumenta o vão, diferente do painel pré laje, onde seu valor varia conforme a necessidade das linhas de escora, onde nas lajes 3x3 e 4x3 não vai linha de escora e a 5x3 e 6x3 necessita apenas uma linha de escora, independentemente da diferença de tamanho.

4.1.1.4 Custo total das lajes

Após o levantamento de todos os custos envolvidos no processo de fabricação até a execução das lajes, foi possível realizar a somatória do custo total de cada sistema construtivo

conforme seu tamanho, sendo dispostas nas Tabelas 19 e Tabela 20, e com isso foi possível realizar os Gráficos 5 e 6 para demonstrar a variação entre todos os vãos.

Tabela 19 - Custo total laje treliçada convencional dentre os vãos

TRELIÇADA CONVENCIONAL	
TAMANHO	CUSTO
3X3	R\$ 548,06
4X3	R\$ 650,82
5X3	R\$ 776,14
6X3	R\$ 966,29

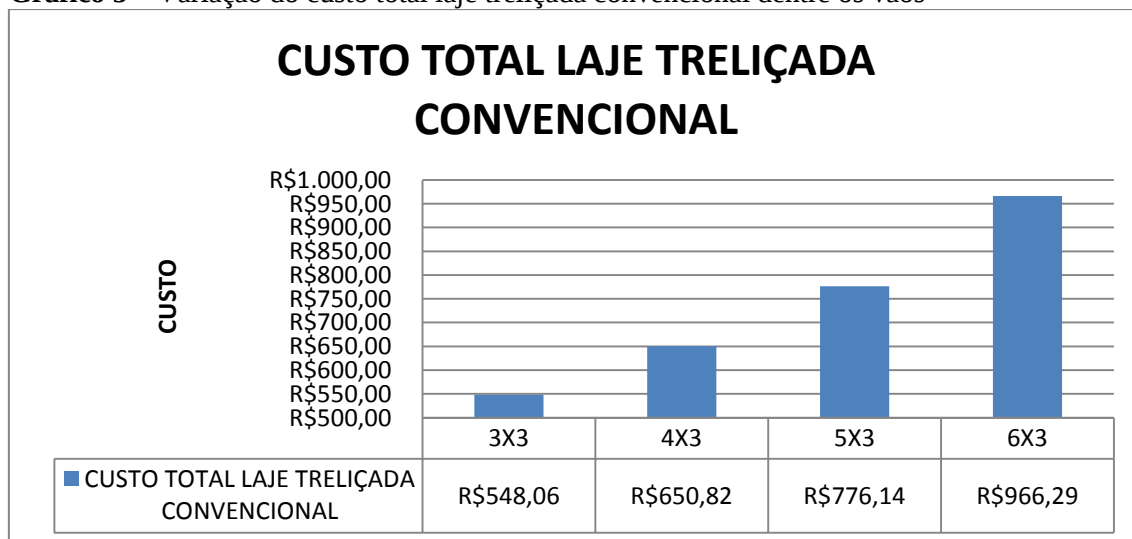
Fonte: Autor (2019)

Tabela 20 - Custo total painel pré-laje dentre os vãos

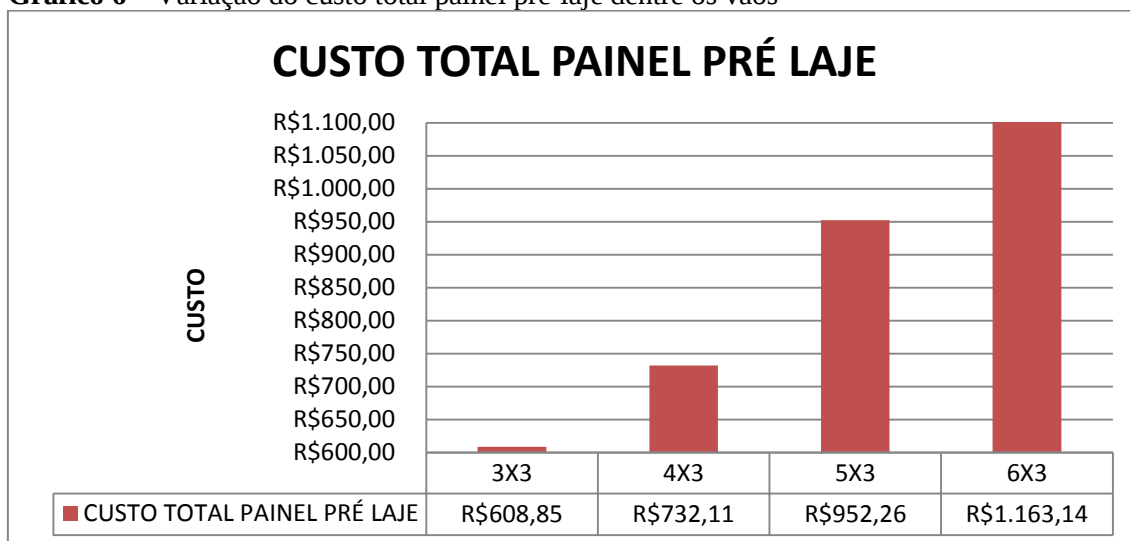
PAINEL PRÉ LAJE	
TAMANHO	CUSTO
3X3	R\$ 608,85
4X3	R\$ 732,11
5X3	R\$ 952,26
6X3	R\$ 1.163,14

Fonte: Autor (2019)

Gráfico 5 – Variação do custo total laje treliçada convencional dentre os vãos



Fonte: Autor (2019)

Gráfico 6 – Variação do custo total painel pré-laje dentre os vãos

Fonte: Autor (2019)

Conforme os gráficos Gráfico 5 e Gráfico 6, é possível notar que o custo total de ambos os sistemas são próximos aos métodos serem parecidos.

4.1.2 Tempo

O levantamento do tempo estimado para fabricação, transporte e montagem das lajes foi acompanhado conforme o andamento da produção até a execução, sendo informadas pelo engenheiro responsável da fábrica, desde a montagem das formas até a descarga das lajes nas obras acompanhadas. Além disso, foi utilizado a TCPO – Tabela de Composições e Preços para Orçamento para estimar o tempo levado para realizar todos os escoramentos necessários de cada método analisado.

4.1.2.1 Fabricação

Para o levantamento do tempo de fabricação, utilizaram-se informações passadas pela fábrica por conterem uma estimativa já realizada para cada vão. Os tempos foram subdivididos por cada função exercida no processo, sendo elas:

- Mestre de Obras: Encarregado geral da fábrica com função de montar e supervisionar as formas, além de supervisionar todo o processo e manusear a ponte rolante e a usina de concreto;
- Armador: Tem a função de armar toda a ferragem necessária especificada em projeto;

- Servente: Tem a função de realizar toda a limpeza das formas, além de ser responsável por passar desmoldante nas mesmas e desformar as lajes treliçadas convencionais.

Com todos os dados em mãos, foi possível construir as Tabelas 21 a 28 que demonstram todo o tempo utilizado para realizar a fabricação das lajes estudadas. Vale ressaltar que após este processo, é necessário um dia para realizar a desforma para todos os métodos, por serem iguais, foi desconsiderado no tempo final de fabricação.

Tabela 21 - Tempo fabricação laje treliçada convencional vão 3 metros

TEMPO FABRICAÇÃO LAJE TRELIÇADA CONVENCIONAL VÃO 3,00 x 3,00 m			
Item	Descrição	Unid	Total
1.	LAJE		
1.1	Mestre de Obras	h	0,40
1.2	Armador	h	1,50
1.3	Servente	h	1,88
1.4	Concretagem	h	0,15
Sub total			3,93

Fonte: Autor (2019)

Tabela 22 - Tempo fabricação laje treliçada convencional vão 4 metros

TEMPO FABRICAÇÃO LAJE TRELIÇADA CONVENCIONAL VÃO 4,00 x 3,00 m			
Item	Descrição	Unid	Total
1.	LAJE		
1.1	Mestre de Obras	h	0,48
1.2	Armador	h	1,70
1.3	Servente	h	1,99
1.4	Concretagem	h	0,18
Sub total			4,35

Fonte: Autor (2019)

Tabela 23 - Tempo fabricação laje treliçada convencional vão 5 metros

TEMPO FABRICAÇÃO LAJE TRELIÇADA CONVENCIONAL VÃO 5,00 x 3,00 m			
Item	Descrição	Unid	Total
1.	LAJE		
1.1	Mestre de Obras	h	0,54
1.2	Armador	h	1,89
1.3	Servente	h	2,09
1.4	Concretagem	h	0,20
Sub total			4,72

Fonte: Autor (2019)

Tabela 24 - Tempo fabricação laje treliçada convencional vão 6 metros

TEMPO FABRICAÇÃO LAJE TRELIÇADA CONVENCIONAL VÃO 6,00 x 3,00 m			
Item	Descrição	Unid	Total
1.	LAJE		
1.1	Mestre de Obras	h	0,65
1.2	Armador	h	2,15
1.3	Servente	h	2,40
1.4	Concretagem	h	0,25
Sub total			5,45

Fonte: Autor (2019)

Tabela 25- Tempo fabricação painel pré-laje vão 3 metros

TEMPO FABRICAÇÃO PRE LAJE VÃO 3,00 x 3,00 m			
Item	Descrição	Unid	Total
1.	LAJE		
1.1	Mestre de Obras	h	0,50
1.2	Armador	h	1,15
1.3	Servente	h	1,98
1.4	Concretagem	h	0,15
1.5	Ponte Rolante	h	0,10
Sub total			3,88

Fonte: Autor (2019)

Tabela 26 - Tempo fabricação painel pré-laje vão 4 metros

TEMPO FABRICAÇÃO PRE LAJE VÃO 4,00 x 3,00 m			
Item	Descrição	Unid	Total
1.	LAJE		
1.1	Mestre de Obras	h	0,55
1.2	Armador	h	1,60
1.3	Servente	h	2,15
1.4	Concretagem	h	0,20
1.5	Ponte Rolante	h	0,11
Sub total			4,61

Fonte: Autor (2019)

Tabela 27 - Tempo fabricação painel pré-laje vão 5 metros

TEMPO FABRICAÇÃO PRE LAJE VÃO 5,00 x 3,00 m			
Item	Descrição	Unid	Total
1.	LAJE		
1.1	Mestre de Obras	h	0,60
1.2	Armador	h	1,98
1.3	Servente	h	2,10
1.4	Concretagem	h	0,25
1.5	Ponte Rolante	h	0,11
Sub total			5,04

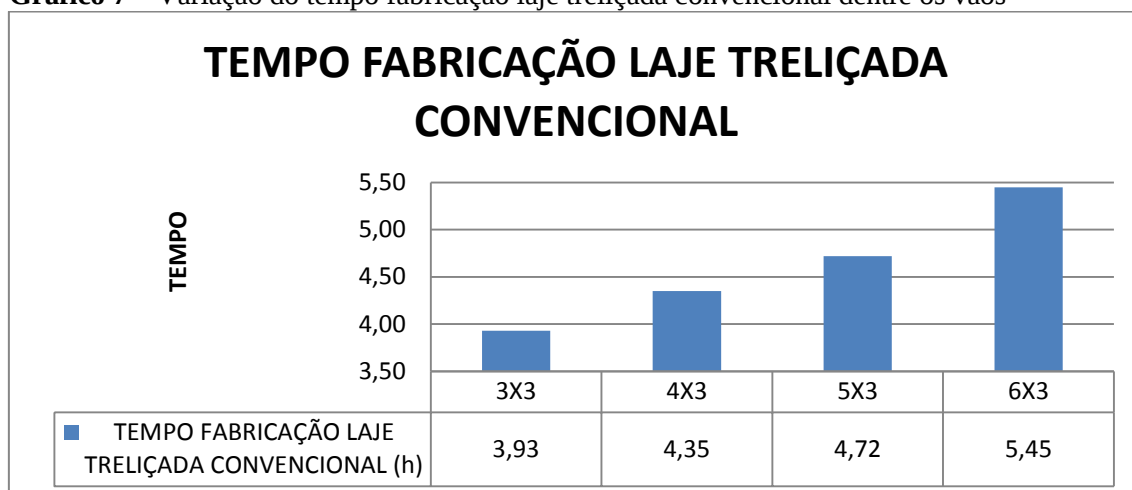
Fonte: Autor (2019)

Tabela 28 - Tempo fabricação painel pré-laje vão 6 metros

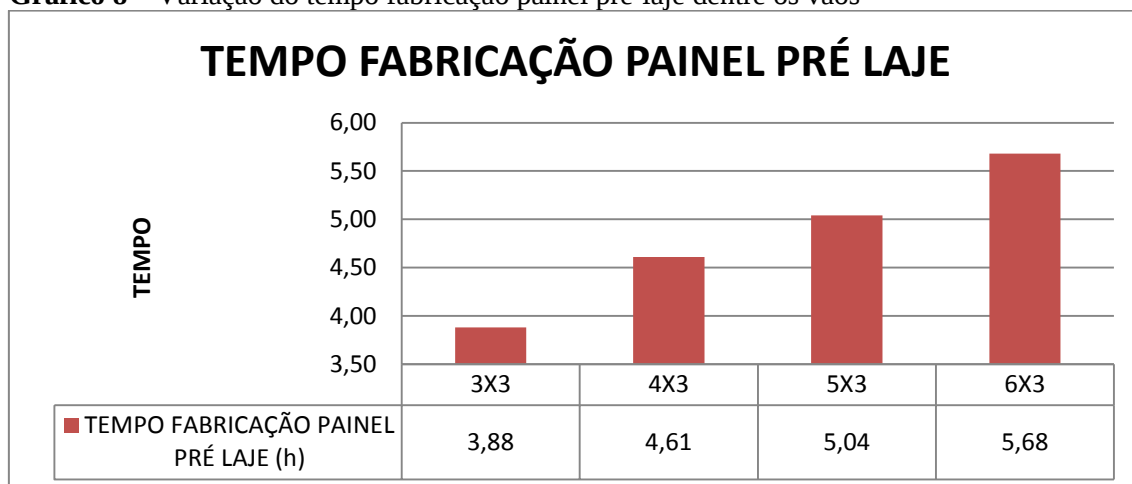
TEMPO FABRICAÇÃO PRE LAJE VÃO 6,00 x 3,00 m			
Item	Descrição	Unid	Total
1.	LAJE		
1.1	Mestre de Obras	h	0,68
1.2	Armador	h	2,20
1.3	Servente	h	2,35
1.4	Concretagem	h	0,30
1.5	Ponte Rolante	h	0,15
Sub total			5,68

Fonte: Autor (2019)

Unindo todas as tabelas, foi possível realizar a construção dos Gráficos 7 e 8 para demonstrar a variação do tempo de fabricação dentre os vãos estudados.

Gráfico 7 – Variação do tempo fabricação laje treliçada convencional dentre os vãos

Fonte: Autor (2019)

Gráfico 8 – Variação do tempo fabricação painel pré-laje dentre os vãos

Fonte: Autor (2019)

O tempo de fabricação de ambos os sistemas são praticamente iguais por serem métodos muito parecidos, onde o que faz com que tenha uma pequena variação é algumas ferragens adicionais e tempo de concretagem devido a uma maior quantidade de concreto no painel pré laje.

4.1.2.2 Transporte

O tempo para o transporte da fábrica até a obra que utilizou as lajes foi informado pelo motorista contratado para realizar o serviço de transporte dos materiais fabricados. Com esse dado foi possível construir a Tabela 29.

Tabela 29 - Tempo transporte fábrica-obra

TRANSPORTE			
Item	Descrição	Unid	Total
1.	LAJE		
1.1	Deslocamento Caminhão	h	1,25

Fonte: Autor (2019)

4.1.2.3 Mão de obra

O levantamento do tempo relacionado à mão de obra foi realizado a partir da chegada do caminhão na obra, contabilizando o tempo que os encarregados levaram para descarregar o material e montar as lajes. O tempo foi baseado em informações repassadas pelo Engenheiro da fábrica, o qual já realizou uma estimativa de tempo para informações internas. Além disso,

foi utilizado a TCPO – Tabela de Composições e Preços para estimar o tempo que os encarregados levaram para realizar todo o escoramento. A soma destes tempos resultou nas Tabelas 30 a 37 as quais possuem o tempo total da mão de obra detalhada para todos os vãos especificados. Para o painel pré-laje é utilizado um caminhão munck para realizar o içamento das peças e colocação nos devidos lugares.

Tabela 30 - Tempo mão de obra laje treliçada convencional vão 3 metros

TEMPO MÃO DE OBRA LAJE TRELIÇADA CONVENCIONAL VÃO 3,00 x 3,00 m			
Item	Descrição	Unid	Total
1.	LAJE		
1.2	Carpinteiro	h	2,02
1.2	Servente	h	1,93
Sub total			3,94

Fonte: Autor (2019)

Tabela 31- Tempo mão de obra laje treliçada convencional vão 4 metros

TEMPO MÃO DE OBRA LAJE TRELIÇADA CONVENCIONAL VÃO 4,00 x 3,00 m			
Item	Descrição	Unid	Total
1.	LAJE		
1.2	Carpinteiro	h	3,60
1.2	Servente	h	3,21
Sub total			6,81

Fonte: Autor (2019)

Tabela 32 - Tempo mão de obra laje treliçada convencional vão 5 metros

TEMPO MÃO DE OBRA LAJE VTRELIÇADA CONVENCIONAL VÃO 5,00 x 3,00 m			
Item	Descrição	Unid	Total
1.	LAJE		
1.2	Carpinteiro	h	4,50
1.2	Servente	h	4,02
Sub total			8,52

Fonte: Autor (2019)

Tabela 33 - Tempo mão de obra laje treliçada convencional vão 6 metros

TEMPO MÃO DE OBRA LAJE TRELIÇADA CONVENCIONAL VÃO 6,00 x 3,00 m			
Item	Descrição	Unid	Total
1.	LAJE		
1.2	Carpinteiro	h	4,36
1.2	Servente	h	6,28
Sub total			10,64

Fonte: Autor (2019)

Tabela 34 - Tempo mão de obra painel pré-laje vão 3 metros

TEMPO MÃO DE OBRA PRE LAJE VÃO 3,00 x 3,00 m			
Item	Descrição	Unid	Total
1.	LAJE		
1.2	Pedreiro	h	0,42
1.2	Servente	h	0,45
1.3	Caminhão Munck	h	0,20
Sub total			1,07

Fonte: Autor (2019)

Tabela 35 - Tempo mão de obra painel pré-laje vão 4 metros

TEMPO MÃO DE OBRA PRE LAJE VÃO 4,00 x 3,00 m			
Item	Descrição	Unid	Total
1.	LAJE		
1.2	Pedreiro	h	0,42
1.2	Servente	h	0,45
1.3	Caminhão Munck	h	0,20
Sub total			1,07

Fonte: Autor (2019)

Tabela 36 - Tempo mão de obra painel pré-laje vão 5 metros

TEMPO MÃO DE OBRA PRE LAJE VÃO 5,00 x 3,00 m			
Item	Descrição	Unid	Total
1.	LAJE		
1.2	Carpinteiro	h	0,90
1.2	Servente	h	0,70
1.3	Caminhão Munck	h	0,50
Sub total			2,10

Fonte: Autor (2019)

Tabela 37 - Tempo mão de obra painel pré-laje vão 6 metros

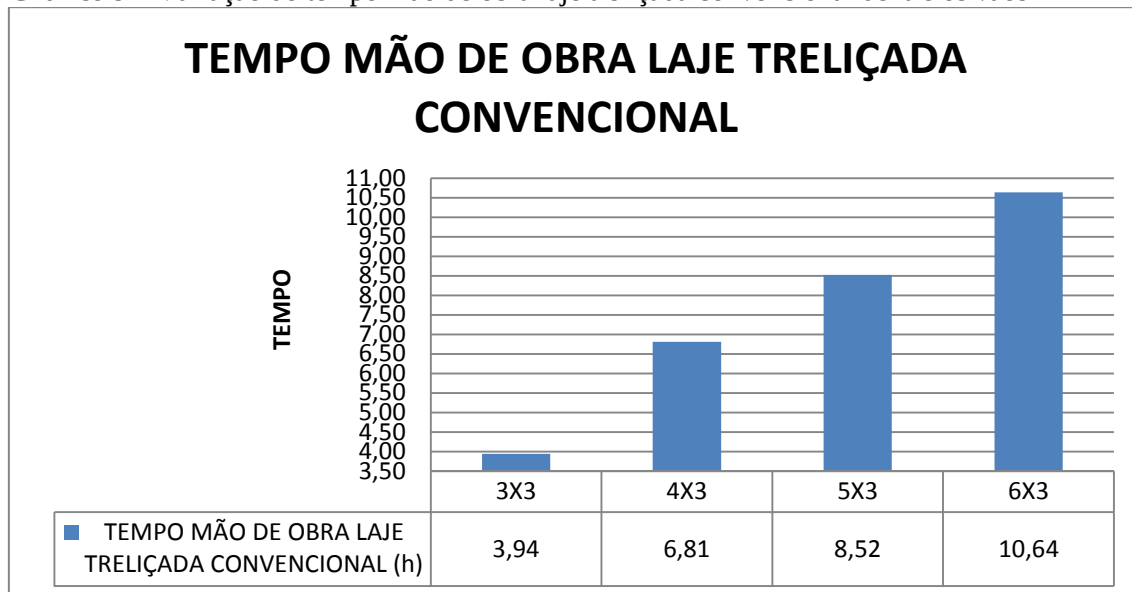
TEMPO MÃO DE OBRA PRE LAJE VÃO 6,00 x 3,00 m			
Item	Descrição	Unid	Total
1.	LAJE		
1.2	Carpinteiro	h	0,90
1.2	Servente	h	0,70
1.3	Caminhão Munck	h	0,50
Sub total			2,10

Fonte: Autor (2019)

Com os dados dispostos nas tabelas foram construído os Gráficos 9 e 10, os quais mostram a variação do tempo conforme o tamanho do vão para a realização da mão de obra. Com isso foi possível notar no painel pré-laje não se tem variação entre os vãos 3x3 e 4x3 e

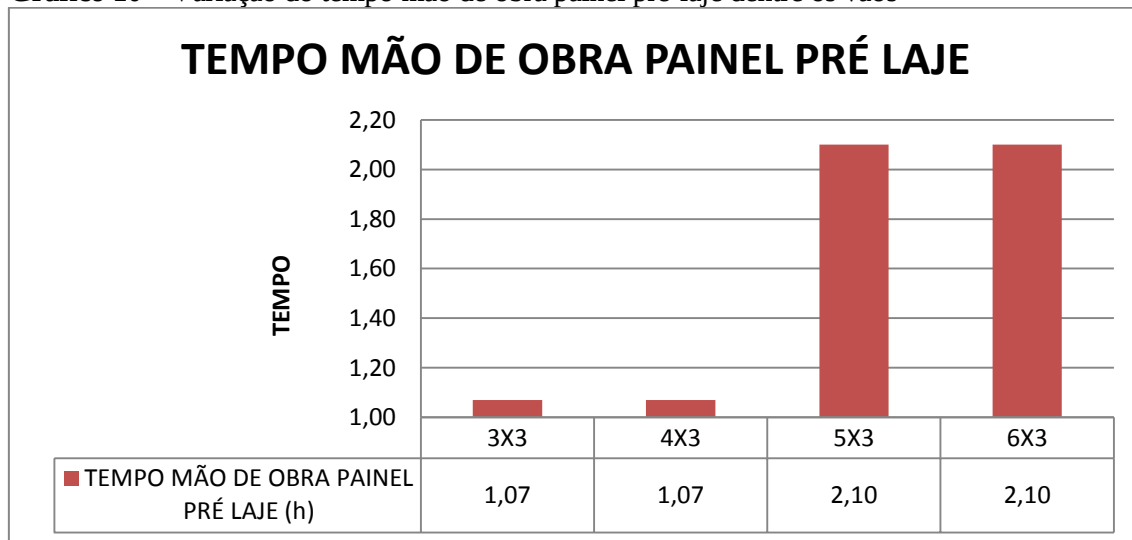
entre os vãos 5x3 e 6x3 pelo fato de terem a mesma quantidade de linhas de escora, diminuindo o tempo para execução.

Gráfico 9 – Variação do tempo mão de obra laje treliçada convencional dentre os vãos



Fonte: Autor (2019)

Gráfico 10 – Variação do tempo mão de obra painel pré-laje dentre os vãos



Fonte: Autor (2019)

Conforme os gráficos é possível concluir que na laje treliçada convencional o tempo aumenta conforme o aumento dos vãos pois em sua execução é necessário fazer escoras a cada um metro quadrado, diferente do painel pré laje que sua variação ocorre apenas por conta das linhas de escoras previstas.

4.1.2.4 Tempo total das lajes

Depois de realizado o levantamento de todo o tempo necessário para se realizar o processo completo, desde a fabricação à montagem das lajes, somaram-se todos os tempos de cada método executivo e foi possível construir as Tabelas 38 e 39, mostrando o tempo total de todos os vãos. Além disso, foi possível realizar a construção dos Gráficos 11 e 12, os quais demonstram a variação do tempo pelo tamanho.

Tabela 38 - Tempo total laje treliçada convencional dentre os vãos

TRELIÇADA CONVENCIONAL	
TAMANHO	TEMPO (h)
3X3	9,12
4X3	12,41
5X3	14,49
6X3	17,34

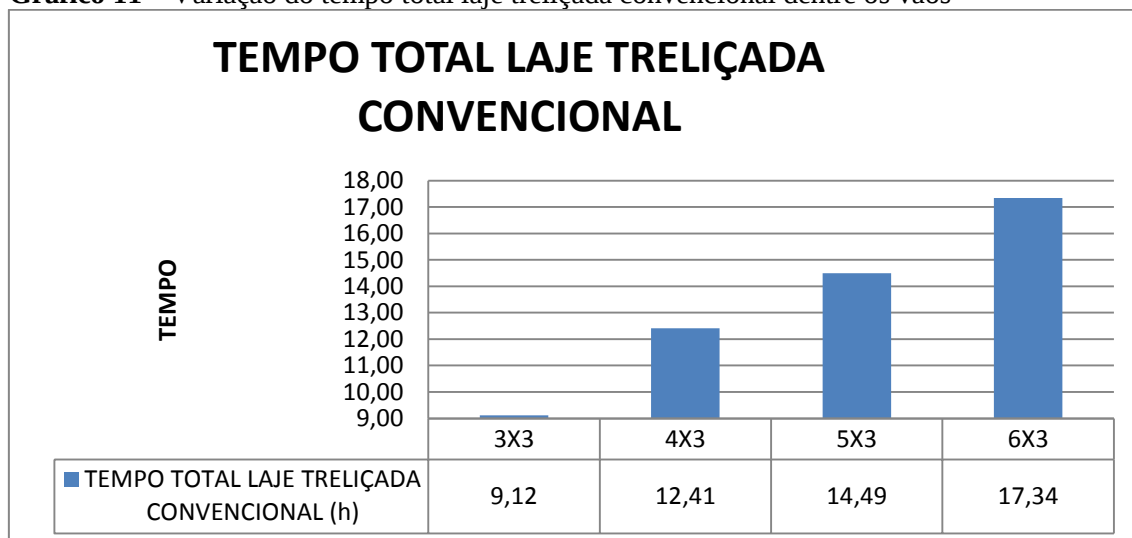
Fonte: Autor (2019)

Tabela 39 - Tempo total painel pré-laje dentre os vãos

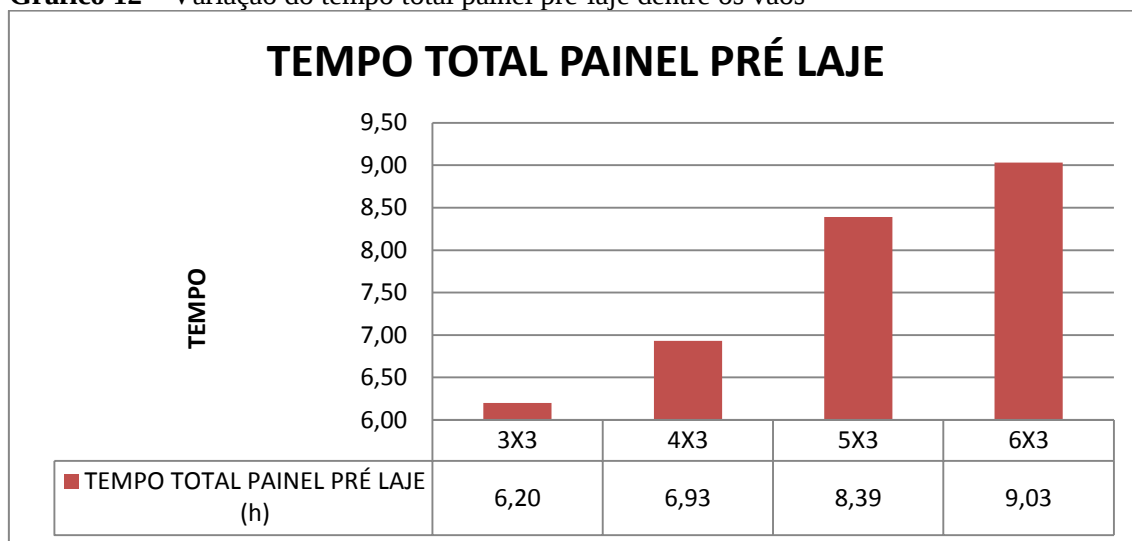
PAINEL PRÉ LAJE	
TAMANHO	TEMPO (h)
3X3	6,20
4X3	6,93
5X3	8,39
6X3	9,03

Fonte: Autor (2019)

Gráfico 11 – Variação do tempo total laje treliçada convencional dentre os vãos



Fonte: Autor (2019)

Gráfico 12 – Variação do tempo total painel pré-laje dentre os vãos

Fonte: Autor (2019)

Nota-se que o tempo total dos sistemas tem uma grande diferença, sendo visível esse aumento no tempo devido ao uso de escoras pelo fato de que o aumento ocorreu mais na parte da execução.

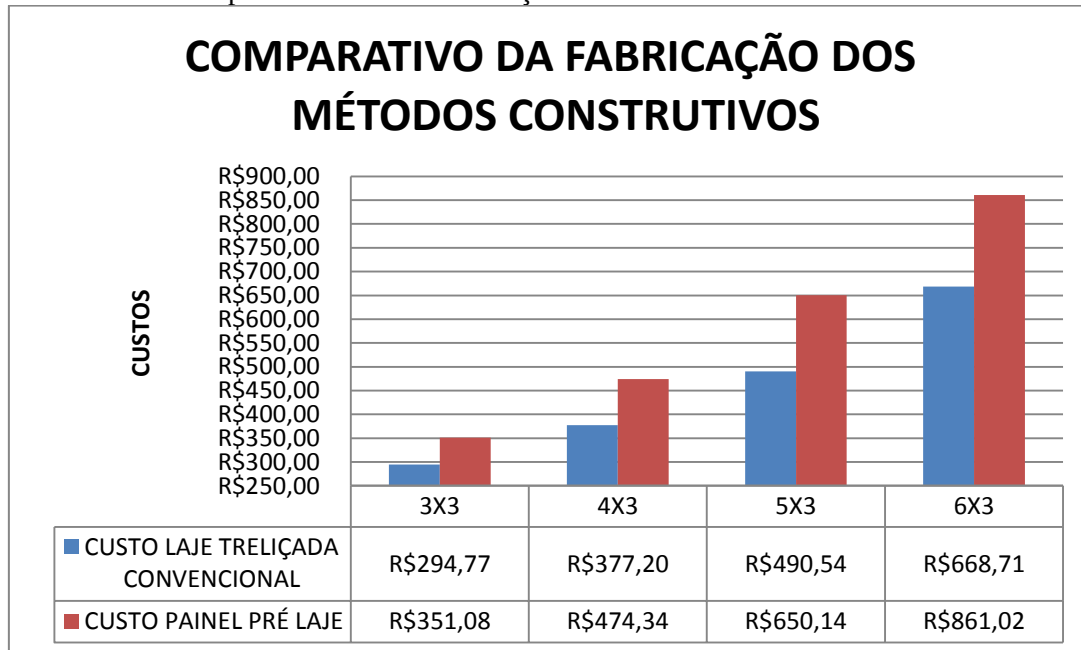
4.1.2 Comparativos

Os comparativos foram realizados por meio de gráficos a partir de todo o levantamento mostrado anteriormente. Com esses dados e a construção dos gráficos, foi possível estabelecer as principais diferenças entre os dois métodos, comparando vão a vão.

4.1.2.1 Custo

4.1.2.1.1 Fabricação

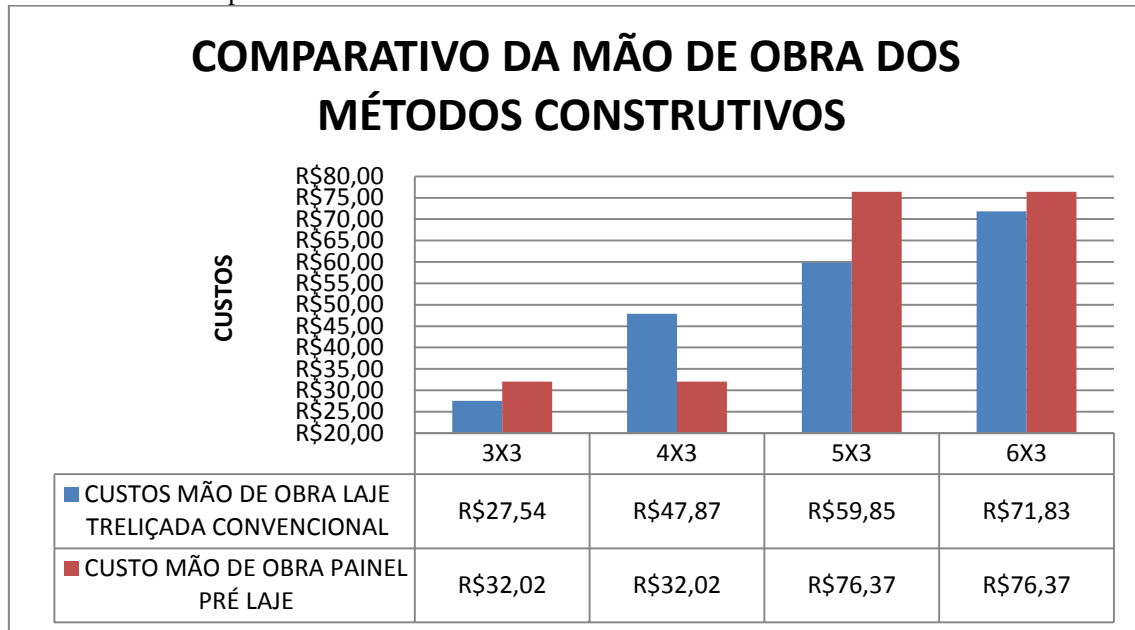
Com os dados de custo de todos os vãos de cada tipo de laje estudada, construiu-se um gráfico unindo os dois sistemas, demonstrando o comparativo e a diferença de valores obtidos na fabricação de todos os vão especificados. Este comparativo está disposto no Gráfico 13. É possível notar que existem valores bem próximos para a fabricação do mesmo vão, tendo apenas algumas pequenas variações por conta do sistema construtivo adotado.

Gráfico 13 – Comparativo do custo fabricação entre os dois sistemas

Fonte: Autor (2019)

4.1.2.1.2 Mão de obra

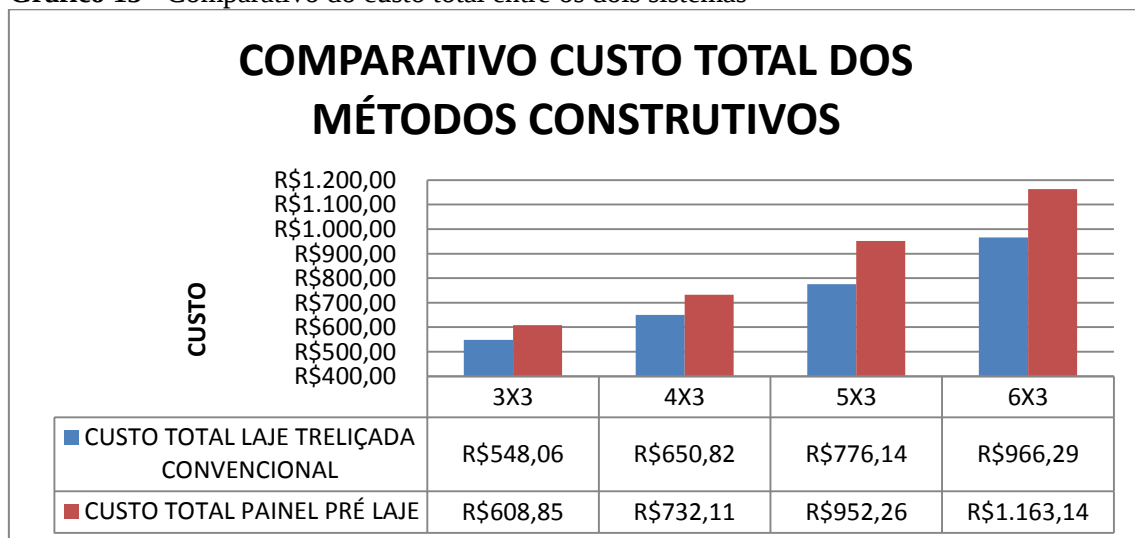
O Gráfico 14 demonstra o comparativo dos dois sistemas relacionando apenas a mão de obra, desde a descarga do material até sua total montagem. É importante ressaltar que o valor da mão de obra do painel pré-laje não varia diretamente com o tamanho da laje, mas sim com a quantidade de escoras que serão utilizadas. Já a laje trelaçada convencional tem uma variação gradativa dentre os tamanhos, pois quanto maior for mais escoras serão utilizadas.

Gráfico 14 – Comparativo do custo mão de obra entre os dois sistemas.

Fonte: Autor (2019)

4.1.2.1.3 Custo total das lajes

Unindo os dois gráficos apresentados anteriormente, juntamente com o valor do transporte, o qual foi considerado o mesmo para todos, foi possível construir o Gráfico 15, demonstrando uma pequena variação de custo no processo completo, mostrando que o painel pré-laje é um pouco mais caro que a laje treliçada convencional.

Gráfico 15 - Comparativo do custo total entre os dois sistemas

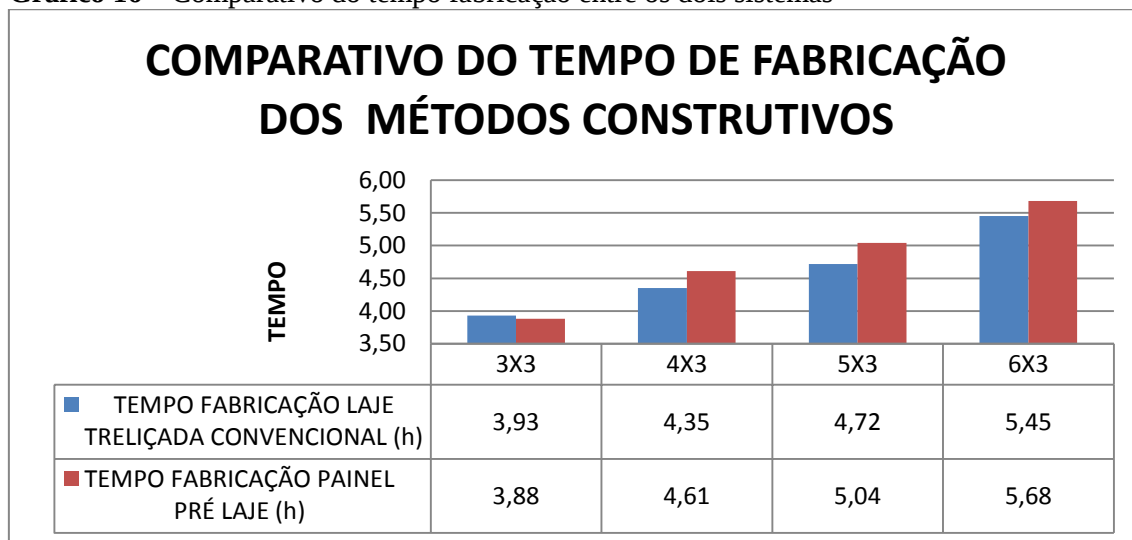
Fonte: Autor (2019)

4.1.2.2 Tempo

4.1.2.2.1 Fabricação

O Gráfico 16 demonstra a união dos dois métodos no quesito tempo de fabricação, sendo possível notar uma grande proximidade dos valores obtidos.

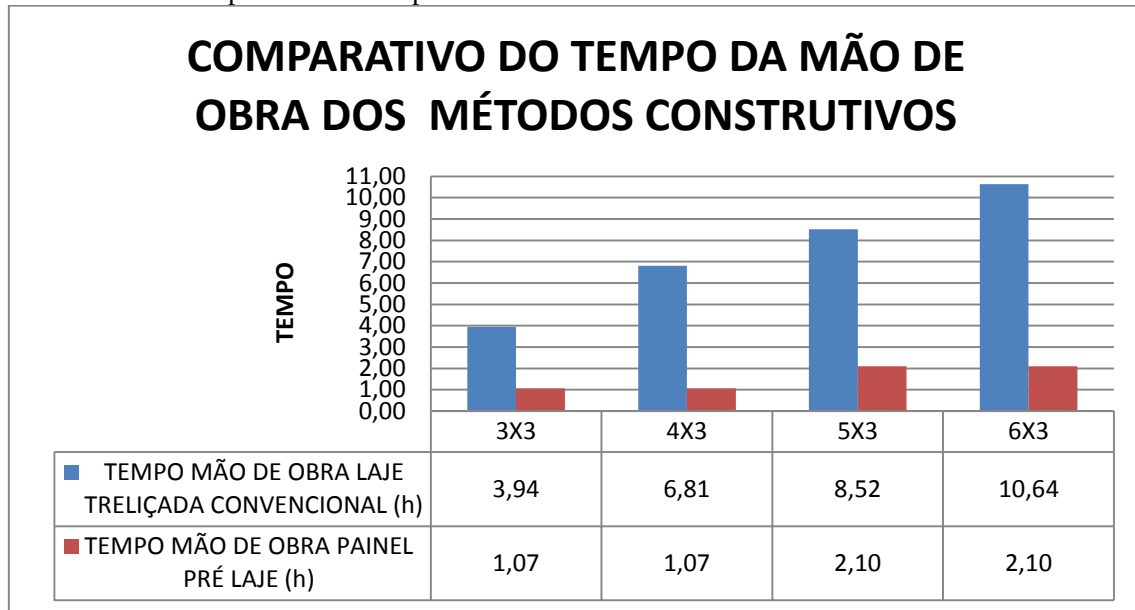
Gráfico 16 – Comparativo do tempo fabricação entre os dois sistemas



Fonte: Autor (2019)

4.1.2.2.2 Mão de obra

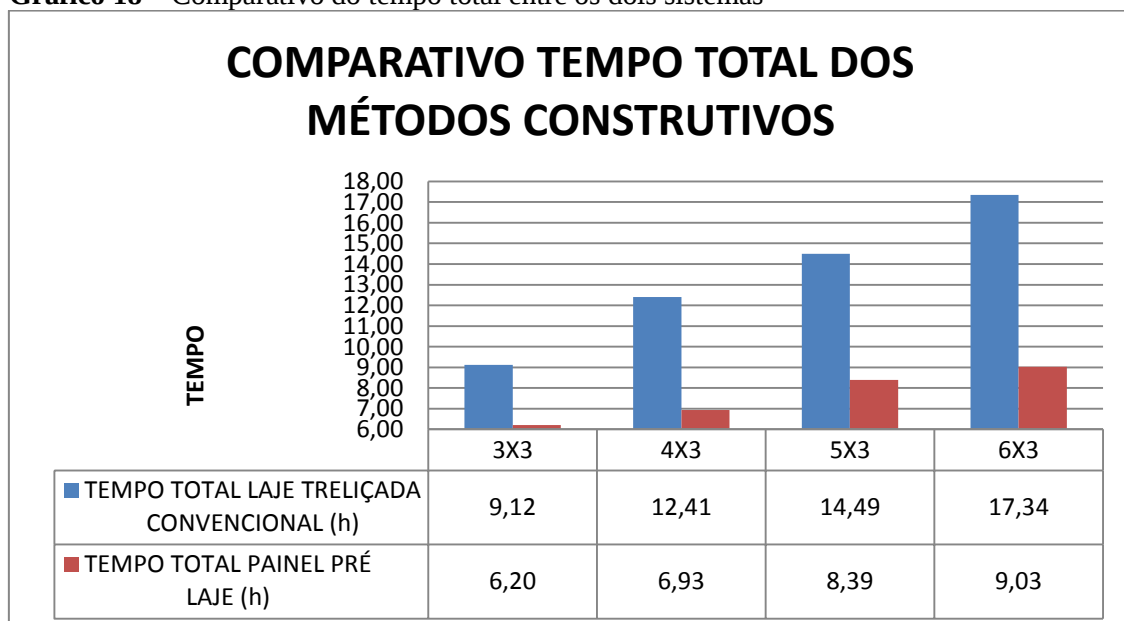
Para realizar o comparativo do tempo da mão de obra, foram unidas todas as informações de ambos os sistemas e construído o Gráfico 17, o qual demonstra uma grande diferença entre a laje trelaçada convencional e o painel pré-laje, por conta de suas linhas de escora.

Gráfico 17 – Comparativo do tempo mão de obra entre os dois sistemas

Fonte: Autor (2019)

4.1.2.2.3 Tempo total das lajes

Para realizar a construção do Gráfico 18, que mostra o tempo total para se realizar todo o processo de fabricação, transporte e montagem foi feito uma soma de todos os valores e unidos em um gráfico só, mostrando o comparativo do tempo final de ambos os sistemas estudados e sendo possível notar uma diferença considerável entre os dois.

Gráfico 18 – Comparativo do tempo total entre os dois sistemas

Fonte: Autor (2019)

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se analisar o custo dos sistemas estudados não se deve levar apenas em consideração valores finais de insumos, mas também, todas as características que tornam o processo interessante, tais como a mão de obra envolvida e tempo para execução.

Sabe-se que para uma conclusão mais precisa em relação ao custo total da obra, deve-se considerar as peculiaridades de cada sistema estudado e dos impactos que cada um causa na execução como um todo da obra.

Quando se entra no quesito custo, pode-se subdividir em dois quesitos, a fabricação e a mão de obra, já que o transporte foi considerado o mesmo para ambos os sistemas. Na fabricação, o método de laje treliçada convencional apresenta uma redução de valores, visto que este método utiliza menos concreto do que o sistema de painel pré-laje, porém tem um aumento no seu custo por conta de utilizar uma escora por metro quadrado, um valor quase não apresentado no painel pré-laje. Na mão de obra, ambos os métodos ficam próximos quando se compara os custos, sendo possível notar um crescimento gradativo na laje treliçada convencional por conta da montagem das escoras conforme o vão, o qual não ocorre no painel pré-laje, sendo utilizada apenas uma linha de escoras a partir de cinco metros. Por conta disso, nota-se que o valor da mão de obra dos vãos 3x3 e 4x3 são os mesmos, assim como ocorre nos de 5x3 e 6x3.

Já no quesito tempo, percebe-se que a fabricação de ambos torna-se muito próximas, tendo sua maior diferença na utilização da ponte rolante para o painel pré-laje, variando em aproximadamente 5%. Quando comparados em relação a mão de obra, há uma grande discrepância com o aumento dos vãos, onde o painel pré-laje leva uma grande vantagem no tempo por conta das escoras, as quais são realizadas mais rapidamente pelo fato de não serem necessárias ou de se utilizar apenas uma linha, diferente da laje treliçada convencional que deve-se colocar uma escora a cada metro quadrado.

Após realizar todos os levantamentos e analisar os gráficos e tabelas, foi possível notar uma média de diferença de aproximadamente 41% entre os dois sistemas no quesito custo por tempo. Realizando uma divisão simples entre o custo e o tempo final, considerando apenas o custo-benefício do sistema construtivo, conclui-se que a laje treliçada convencional é o melhor método a ser utilizado, visto que apresentou resultados menores em comparação ao painel pré-laje.

Por fim, salienta-se que a escolha do sistema construtivo a ser adotado depende de muitas variáveis, dentre elas muitas não especificadas neste trabalho, as quais envolvem a obra em um estudo geral e não específico de lajes. Desta forma, o presente estudo, não finda com a possibilidade de estudo de um valor custo por tempo de forma global da obra, pelo contrário, sugere-se a realização de estudos de custos-benefícios, levando em consideração principalmente as vantagens e desvantagens das escoras utilizadas em cada método.

REFERÊNCIAS

ARCELORMITTAL. **Manual Técnico de Lajes Treliçadas**. 42f. Grupo Arcelor. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 6118**- ABNT.: Projeto de Estruturas de Concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto – Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. **NBR 9062**: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro. ABNT, 2017.

_____. **NBR 14860-2**: Laje pré-fabricada - Pré-laje – Requisitos Parte 2: Lajes bidirecionais. Rio de Janeiro. ABNT, 2002.

_____. **NBR 14860-1**: Laje pré-fabricada - Pré-laje – Requisitos Parte 1: Lajes unidirecionais. Rio de Janeiro. ABNT, 2002.

_____. **NBR 14859-3**: Lajes pré-fabricadas de concreto - Parte 3: Armadura treliçadas eletrossoldadas para lajes pré-fabricadas - Requisitos. Rio de Janeiro. ABNT, 2017

BENEVOLO, L. **História da arquitetura moderna**. São Paulo: Perspectiva, 1976.

BOTELHO, M.H.C.; MARCHETTI, O. **Concreto Armado eu te amo**. V. 1, 8 ed. São Paulo: Blucher, 2015.

BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O. **Concreto armado eu te amo**. V. 2, 3.ed. São Paulo: Blucher, 2011.

COSTA, O. V. **Estudo de alternativas de projetos estruturais em concreto armado para uma mesma edificação**. 1997. Dissertação - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1997.

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

EUROPEAN PROJECT GROUP – EPG (BIBM; Cembureau; ERMCO; EFCA; EFNARC). **The European guidelines for self compacting concrete**. 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/311983119_SELF-COMPACTING_CONCRETES_MADE_WITH_FINE_AGGREGATES_FROM_DEMOLITION_AND_CONSTRUCTION_WASTE. Acesso em: 06 set. 2018.

FERREIRA, A. B. H. **Dicionário Aurélio Básico Da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988.

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

KAEFER, L. F. **A evolução do concreto armado**. São Paulo, 1998. Disponível em: <<http://www.feb.unesp.br/lutt/Concreto%20Protendido/HistoriadoConcreto.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2018.

LEONHARDT, F.; MÖNNIG, E. **Construções de concreto**. Rio de Janeiro: Interciência, 1977.

ORDONÉZ, J. A. F. (1974) **Pre-fabricacion: teoría y práctica**. Barcelona: Editores Técnicos Asociados. v.1.

PEREIRA, C. **O que é a tabela SINAPI?**. Escola Engenharia, 2018.

PINHEIRO, L. 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.

POLITO, G. **Gerenciamento de obras: boas práticas para a melhoria da qualidade e da produtividade**. São Paulo: Pini, 2015.

REVEL, M. (1973). **La prefabricacion em la construccion**. 1.ed. Bilbao: Urmo.

SANTOS, R. E. A cultura do concreto armado no Brasil: educação e deseducação dos produtores do espaço construído. **Anais do IV Congresso Brasileiro de História da Educação**. Universidade Católica de Goiânia. Goiânia, 2006. Disponível em: <http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/05_biblioteca/acervo/santos_cultura/santos_cultura.htm>. Acesso em: 05 set. 2018.

SERRA, S.M.B.; FERREIRA, M.de A.; PIGOZZO, B. N. de **Evolução dos Pré-fabricados de Concreto**. 1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf>, Acesso em: 05 set. 2018.

SUSSEKIND, J. C. **Curso de Concreto: Concreto armado**. São Paulo: Globo, 1989.

VAN ACKER, A. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto**. Tradução por Marcelo de Araújo Ferreira. São Paulo: ABCIC, 2003.

VASCONCELOS, A. C. **O concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações**. V. 3. São Paulo: Studio Nobel, 2002.