

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
MARCOS ANTONIO DE CESARO

COMPARATIVO DE ASPECTOS DE PRODUÇÃO DA PRÉ-LAJE
TRELIÇADA PRODUZIDA EM OBRA COM UMA
PRODUZIDA POR EMPRESA DE PRÉ-FABRICADOS

CASCATEL - PR

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
MARCOS ANTONIO DE CESARO

COMPARATIVO DE ASPECTOS DE PRODUÇÃO DA PRÉ-LAJE
TRELIÇADA PRODUZIDA EM OBRA COM UMA
PRODUZIDA POR EMPRESA DE PRÉ-FABRICADOS

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.

Prof. Orientador: Prof. Me. Izan Gomes de Lacerda

CASCADEL - PR

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

MARCOS ANTONIO DE CESARO

**COMPARATIVO DE ASPECTOS DE PRODUÇÃO DA PRÉ-LAJE
TRELIÇADA PRODUZIDA EM OBRA COM UMA
PRODUZIDA POR EMPRESA DE PRÉ-FABRICADOS**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor (a) **Prof. Me. IZAN GOMES DE LACERDA**.

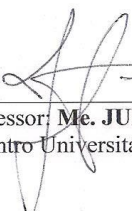
BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof.: **Me. IZAN GOMES DE LACERDA**
Centro Universitário Assis Gurgacz



Professora: **Me. ANDREA RESENDE SOUSA**
Centro Universitário Assis Gurgacz



Professor: **Me. JULIO TOZO NETO**
Centro Universitário Assis Gurgacz

Cascavel, 08 de Junho de 2017

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho especialmente a minha família que me apoiou durante esta trajetória,
e aguarda com orgulho esta formação.

AGRADECIMENTOS

Durante uma caminhada de 5 anos são várias pessoas que passam pela nossa vida e contribuem de alguma forma para o nosso crescimento e desenvolvimentos. Impossível citar todos os nomes mas de uma forma mais ampla gostaria de expressar meu agradecimento a todos os profissionais da construção civil com quem convivi durante os meus estágios, trabalhos, visitas, sejam eles engenheiros ou serventes, mas que de alguma forma dedicaram seu tempo para tirar uma dúvida ou simplesmente para uma conversa formal.

Agradeço também é claro a todos os professores e demais colaboradores da instituição que deixaram suas casas por várias noites para vir até a sala nos passar seus conhecimentos e contribuir para nosso aprendizado.

Não podemos esquecer também os colegas que viraram amigos e foram solidários durante os estudos e em momentos que necessitávamos apenas descontrair um pouco.

Existem ainda muitas outras pessoas que ajudaram desde um vendedor que atendeu de forma simpática e tirou uma dúvida sobre um produto que um dia pode ser usada em sala, mas sem se estender muito sou muito grato a todos que contribuíram de alguma forma para eu me tornar esse futuro profissional.

EPÍGRAFE

“O amador está presente meio período,
o profissional, período integral.
O amador é um guerreiro de fim de semana,
o profissional está lá sete dias por semana.
A palavra amador vem do latim e significa “amar”.
A interpretação convencional é que o amador segue
sua vocação por amor, enquanto o profissional
faz pelo dinheiro. Mas não na forma que eu vejo.
No meu ponto de vista, o amador não ama o suficiente.
Se amasse, ele não consideraria como algo paralelo,
distinto de sua “real” vocação.
O profissional ama tanto que dedica sua vida.
Se compromete por inteiro.”

~ Steven Pressfield

RESUMO

Quando há a necessidade de uma grande produção de elementos fora do seu local de montagem de projeto, podemos considerar a produção dos mesmos no próprio canteiro gerando uma certa economia. Mas economizar nem sempre é o melhor caminho, então neste contexto deve-se fazer uma análise geral de todos os fatores que influenciam nesta decisão. Para tanto, este projeto foi desenvolvido apresentando vários fatores e aspectos que envolvem a produção de elementos estruturais pré-moldados e pré-fabricados gerando informações que podem servir de embasamento no processo decisório entre optar por um sistema ou outro na hora da execução. Como estas informações são muito subjetivas tudo vai alterar de um projeto para outro, não podendo assim chegar à uma decisão definitiva apontado esse ou aquele é melhor. Alguns casos podem ou não ser possíveis devido aos gabaritos ou meios de transporte disponíveis para aquele local, não podendo ser transportado de um local para outro ou não dispondo de equipamentos que atendam a necessidade de içamento para alguns elementos, outro ponto fundamental é a qualidade desejada na execução do projeto que apresenta diferenças significativas principalmente no acabamento e uniformidade, sendo uma grande vantagem do sistema pré-fabricado, outro quesito muito importante é a tributação destes elementos que ocorre apenas no sistema pré-fabricado, dando assim uma grande vantagem no fator custo para o pré-moldado.

Palavras chaves: Transporte, qualidade, tributação

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Modelo laje TT	24
Figura 02: Modelo laje alveolar	25
Figura 03: Placa de pré-laje treliçada sendo içada	26
Figura 04: Pré-laje Protendida (PLP)	29
Figura 05: Sistema de escoramento	31
Figura 06: Fôrma para produção das PLT's	36
Figura 07: Fresta no encontro de placas	37
Figura 08: Entrada dos agregados	38
Figura 09: Pannel da balança que realiza a dosagem dos agregados	38
Figura 10: Empilhadeira que faz o transporte do concreto	39
Figura 11: Fôrma das PLP's	39
Figura 12: Acabamento da placa pré-fabricada	40
Figura 13: Parte inferior de um laje montada com PLP's	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Traço utilizado em obra para concreto de 35MPa	35
Tabela 02: Custo de produção de pré-laje no canteiro	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNH – Banco Nacional da Habitação

ABNT – Associação Brasileira das Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

MPa – Mega Pascal

PACP – Pannel Alveolar de Concreto Protendido

PLT – Pré-laje Trelçada

PLP – Pré-laje Protendida

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica

S_{ct} – Armadura Complementar Longitudinal

f_{at} – Armadura Passiva Inferior de Tração

S_t – Armadura Complementar Transversal

S_d – Armadura Complementar de Distribuição

S_{st} – Armadura Complementar Superior de Tração

NL – Nervura Longitudinal

UEPG – Universidade Estadual de Ponta Grossa

MDF – *Medium Density Fiberboard* (Pannel de Fibra de Média Densidade)

MDP – *Medium Density Particles Fiberboard* (Pannel de Partículas de Média Densidade)

UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

l – Litro

m – Metro

m² – Metro Quadrado

m³ – Metro Cúbico

mm – Milímetro

kg – Quilograma

pç – Peça

kw – Quilowatt

h – Hora

f_{ck} – Resistência Característica do Concreto à Compressão

EPS – Poliestireno Expandido

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	13
1.1 INTRODUÇÃO	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo Geral	14
1.2.2 Objetivos específicos	14
1.3 JUSTIFICATIVA	14
1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	15
1.5 HIPÓTESE	15
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	15
CAPÍTULO 2	16
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1.1 História e evolução dos pré-fabricados	16
2.1.2 Concreto armado	19
2.1.3 Elementos pré-moldados	20
2.1.4 Elementos pré-fabricados	22
2.1.5 Pré-laje	23
2.1.6 Fôrmas e escoramentos	29
CAPÍTULO 3	32
3.1 METODOLOGIA	32
3.1.1 Diferenciais de qualidade	32
3.1.2 Capacidade de produção	33
3.1.3 Levantamento do custo de produção	33
3.1.4 Valores praticados pelo mercado, influência dos encargos no custo	33
CAPÍTULO 4	35
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1.1 Qualidade	35
4.1.1.1 Pré-moldados	35
4.1.1.2 Pré-fabricados	37
4.1.2 Produtividade	41
4.1.2.1 Pré-moldados	41
4.1.2.2 Pré-fabricados	42
4.1.3 Custos	42
4.1.3.1 Pré-moldados	42

4.1.3.2 Pré-fabricados	43
CAPÍTULO 5	45
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS	46

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da construção ao longo do tempo proporcionou a criação de inúmeros sistemas construtivos para os mais variados tipos de obras. O papel da engenharia nesse meio consiste em avaliar os diversos pontos que estão relacionados com cada obra em particular, por exemplo: tipo de obra, região na qual a mesma será executada, materiais e mão de obra disponíveis, tempo de execução, entre outros inúmeros fatores que afetam a construção. Dentre tantos pontos a serem avaliados, cabe ao profissional da engenharia civil escolher os que melhor se encaixam com a obra a ser executada.

Segundo El Debs (2000), a construção civil tem sido considerada uma indústria atrasada compara a outros ramos industriais. A razão disso está no fato de ela apresentar, de uma maneira geral, baixa produtividade, grande desperdício de materiais, morosidade e baixo controle de qualidade.

A realidade do mercado indica que o caminho a ser seguido é o da industrialização da construção civil. De acordo com Brumatti (2008), com o desenvolvimento de soluções industriais na área da construção civil, teve início a industrialização na obra, tendência essa denominada de indústria de pré-fabricados.

A utilização de pré-fabricados alia a redução da mão de obra e do tempo. Neste sentido, a utilização de tais produtos gera importantes ganhos no atual cenário da construção civil, sendo possível afirmar que obras com menos pessoas e mais automatização são o futuro da construção civil.

Acker (2002), relata que, dentre os principais tipos de elementos pré-moldados, os de uso mais comum na construção civil são as lajes pré-fabricadas, protendidas e treliçadas, devido ao custo e a adaptabilidade ao projeto.

Os profissionais que atuam na construção civil devem sempre analisar o que o mercado oferece e considerar a utilização de novos métodos e sistemas. Seguindo essa tendência observa-se um crescente aumento da utilização de pré-lajes treliçadas nas obras de edifícios de multipavimentos na cidade de Cascavel.

A produção de elementos pré-fabricados dentro do canteiro de obras é cercada de inúmeras variáveis que serão estudadas no desenvolvimento deste trabalho, o qual fornecerá material de auxílio para profissionais que desejam utilizar ou até mesmo produzir pré-laje dentro do canteiro de obras.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Comparar os aspectos de produção da pré-laje treliçada produzida em obra com uma produzida por empresa de pré-fabricados.

1.2.2 Objetivos específicos

- Exemplificar os diferenciais de qualidade;
- Comparar custo da obra com preço de venda;
- Verificar a influência dos tributos no valor de venda.

1.3 JUSTIFICATIVA

Na busca de mudar o presente contexto da construção civil, Karpinsk (2009), afirma que se faz necessário buscar processos construtivos eficientes, que tenham como objetivo racionalizar os recursos, diminuir o tempo despendido em cada etapa construtiva de forma a reduzir os custos, aumentar a produtividade e a qualidade do produto final.

Tomando como ponto de partida o princípio acima apresentado, Vieira (2006), entende que a eficiência na destinação de recursos, além de um intensivo programa de racionalização dos sistemas construtivos serão capazes de fornecer vantagens competitivas nas empresas do setor. A necessidade de soluções industrializadas para se atingir tal objetivo é evidente, como a utilização de elementos pré-moldados ou pré-fabricados para a redução de custos e o prazo de entrega da edificação.

Para Rosso (1980), racionalizar a construção civil significa agir contra os desperdícios de materiais e mão-de-obra e utilizar mais eficientemente o capital e completa explicando que isso se faz por meio da aplicação de princípios de planejamento e gerenciamento, com objetivo de eliminar a casualidade das decisões.

Com o aumento da utilização de elementos pré-moldados nas construções há uma maior procura por estudos que comprovem a viabilidade do uso desse sistema construtivo.

Com o desenvolvimento deste trabalho buscamos trazer informações claras e específicas que auxiliem os profissionais que atuam na área.

El Debs (2000), afirma que a pré-moldagem aumenta o grau de desenvolvimento tecnológico e social do país, pois acarreta no aumento da oferta de equipamentos, valorização da mão de obra e exigências mais rigorosas em relação à qualidade dos produtos.

1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Comparar aspectos relacionados à qualidade, produtividade e valor final do produto que envolvem a produção da pré-laje na obra e na indústria.

1.5 HIPÓTESE

Devido ao pagamento de tributos e o controle tecnológico mais rigoroso a pré-laje treliçada pré-fabricada tem um valor superior à produzida na obra.

Com o maior controle do processo de produção as pré-lajes produzidas nas fábricas têm uma qualidade superior comparadas as produzidas em obra.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa delimita-se ao levantamento dos fatores que envolvem a produção das Pré-laje Treliçada (PLT) de uma obra em execução com este sistema e compará-los com os de uma fábrica que produz um produto similar.

Ambos dados serão obtidos através de pesquisas e acompanhamentos *in loco* na obra e na indústria. A obra citada tem a produção das PLT's exclusivamente para um único edifício e na indústria são atendidos diversos clientes com projetos variados. A obtenção dos resultados se dará através de uma verificação e acompanhamento de ambos os processos abordando cada um de forma isolada.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 História e evolução dos pré-fabricados

O sistema pré-fabricado se identifica primeiramente com a história da industrialização, que por sua vez está relacionada com o período histórico da mecanização. A automatização e uso de novas tecnologias nos pré-fabricados, não está ligada somente aos processos de fabricação, mas também aos processos de transporte, de montagem, aos métodos de inspeção e controle, à criação de novos materiais e ao controle das consequências desses processos ao meio ambiente (SERRA, 2005).

A industrialização da construção civil, através da utilização de peças de concreto pré-fabricados, promoveu no Brasil e no mundo, um salto de qualidade nos canteiros de obras, pois através de componentes industrializados com alto controle ao longo de sua produção, com materiais de boa qualidade, fornecedores selecionados e mão-de-obra treinada e qualificada, as obras tornaram-se mais organizadas e seguras (SERRA, 2005).

Segundo Bruna (1976), a industrialização está essencialmente associada aos conceitos de organização e de produção em série. A história da industrialização identifica-se, num primeiro tempo, com a história da mecanização. Essa evolução pode ser dividida em três grandes fases: a primeira, que assinala os primórdios da era industrial, assiste ao nascimento das máquinas genéricas ou polivalentes. Estas, pelo fato de poderem ser reguladas livremente, reproduzem de certa maneira as mesmas ações artesanais anteriormente executadas, diferindo destas pelo fato de serem movidas por uma energia diversa daquela muscular ou natural localizada, como uma queda de água. Após este período temos a fase da máquina motorizada que substitui o homem na execução de serviços de ciclo repetitivo. E por último, por volta dos anos 50 temos com a Segunda Revolução Industrial temos as máquinas executando atividades que exigiam a diligência, a avaliação, a memória, o raciocínio, a concepção, a vontade entre outras atividades antes executadas apenas pelo homem.

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 deu-se em função da necessidade de se construir em grande escala.

Salas (1988) considera a utilização dos pré-fabricados de concreto dividida nas três seguintes etapas:

- De 1950 a 1970 – Período em que a falta de edificações ocasionadas pela devastação da guerra, ocasionou a necessidade de se construir diversos edifícios, tanto habitacionais quanto escolares, hospitais e industriais. Os edifícios construídos nessa época eram compostos de elementos pré-fabricados, cujos componentes eram procedentes do mesmo fornecedor, constituindo o que se convencionou de chamar de ciclo fechado de produção. Segundo Ferreira (2003), utilizando uma filosofia baseada nos sistemas fechados, as realizações ocorridas no período do pós-guerra europeu na área de habitação criaram um estigma associando a construção pré-fabricada durante muitos anos à uniformidade, monotonia e rigidez na arquitetura, com flexibilidade "zero", onde a pré-fabricação com elementos “pesados” marcou o período. Além destas questões, as construções massivas, sem uma avaliação prévia de desempenho dos sistemas construtivos, ocasionaram o surgimento de muitas patologias.

- De 1970 a 1980 – Período em que ocorreram acidentes com alguns edifícios construídos com grandes painéis pré-fabricados. Esses acidentes provocaram, além de uma rejeição social a esse tipo de edifício, uma profunda revisão no conceito de utilização nos processos construtivos em grandes elementos pré-fabricados. Neste contexto teve início o declínio dos sistemas pré-fabricados de ciclo fechado de produção.

- Pós 1980 – Esta etapa caracterizou-se, em primeiro lugar, pela demolição de grandes conjuntos habitacionais, justificada dentro de um quadro crítico, especialmente de rejeição social e deterioração funcional. Em segundo lugar, pela consolidação de uma pré-fabricação de ciclo aberto, à base de componentes compatíveis, de origens diversas. Segundo Bruna (1976), “a industrialização de componentes destinados ao mercado e não, exclusivamente, às necessidades de uma só empresa é conhecida como ciclo aberto”. Conforme Ferreira (2003), os sistemas pré-fabricados de “ciclos abertos” surgiram na Europa com a proposta para uma pré-fabricação de componentes padronizados, os quais poderiam ser associados com produtos de outros fabricantes, onde a modulação e a padronização de componentes fornecem a base para a compatibilidade entre os elementos e subsistemas.

Elliot (2002) coloca que, uma terceira geração de sistemas pré-fabricados para edificações, dotada de alto grau de especificação, vem tomando forma nos últimos 20 anos na Europa, pois muitos projetistas europeus estão percebendo cada vez mais as possibilidades dos acabamentos de alta qualidade nos elementos pré-moldados. Entretanto, ainda é necessária uma mudança na forma tradicional de concepção e de projeto dos sistemas pré-

moldados de concreto dentro desta nova realidade tecnológica. Neste contexto, a indústria da construção é chamada para o projeto multifuncional, onde o uso otimizado de todos os componentes que formam o edifício deve ser maximizado. Desta forma, esta terceira geração de pré-fabricação está sendo chamada, em caráter “preliminar”, de sistemas de ciclos “flexibilizados”, por entender que não apenas os componentes são “abertos”, mas todo o sistema o é e, portanto, o projeto também passa a ser necessariamente aberto e flexibilizado para se adequar a qualquer tipologia arquitetônica.

Portanto, o sistema de ciclo flexibilizado possui características tanto do ciclo fechado como também do ciclo aberto. Ferreira (2003), adiciona que o conceito de sistemas flexibilizados na produção vai além da fábrica, com a possibilidade da produção de componentes no canteiro, dentro de um sistema com alto grau de controle e qualidade e de organização da produção.

Como o Brasil não sofreu devastações devido à Segunda Guerra Mundial, não sofreu as necessidades de construções em grande escala, como ocorrido na Europa. Vasconcelos (2002), afirma que a primeira grande obra onde se utilizou elementos pré-fabricados no Brasil, refere-se ao hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro. A empresa construtora dinamarquesa Christiani-Nielsen, com sucursal no Brasil, executou em 1926 a obra completa do hipódromo, com diversas aplicações de elementos pré-fabricados, dentre eles, pode-se citar as estacas nas fundações e as cercas no perímetro da área reservada ao hipódromo. Nesta obra o canteiro de pré-fabricação teve de ser minuciosamente planejado para não alongar demasiadamente o tempo de construção.

Em 1966 foi criado o Banco Nacional da Habitação (BNH), que começou estimular timidamente o mercado da construção civil. Inicialmente a política do BNH era o emprego maciço de mão de obra. Sem incentivos, os pré-fabricados praticamente deixaram de existir na década de 80, tendo seu retorno apenas na década de 90, devido principalmente ao desenvolvimento da cidade de São Paulo, que passou a receber grandes investimentos na área de serviços, proporcionando um aumento na construção de shopping centers, flats e hotéis. Estes novos investimentos em obras necessitavam de grande velocidade de execução e venda que eram obtidos mais rapidamente com o uso dos pré-fabricados.

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

2.1.2 Concreto armado

O concreto armado é definido por Araújo (2010), como sendo a união do concreto simples e um material que resiste à tração (envolvido pelo concreto) de forma que ambos resistam juntos aos esforços solicitantes. O material mais usado para fazer essa composição é o aço, que é definido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na Norma Brasileira (NBR) 6118 como sendo o concreto armado, dependendo da aderência entre concreto e armadura. Na armadura não se aplicam alongamentos iniciais antes da materialização dessa aderência.

De acordo com Mehta e Monteiro (1994), características como: resistência a esforços, impermeabilidade à água, variedade de execução de formas e tamanhos, preço acessível e grande disponibilidade de materiais são as qualidades que incentivam os profissionais a optarem por esse material, à outros. O aço é resistente e tenaz que o concreto, mas não tem sua utilização na construção civil tão difundida em comparação ao concreto por não possuírem outras características mais vantajosas, como impermeabilidade à água.

El Debs (2000) afirma que o concreto armado não apresenta algumas das características apropriadas para a industrialização (facilidade de execução, ligações de forma fácil e simples), mas ele apresenta grande parte das qualidades desejáveis para materiais de construção. Essas qualidades, combinadas com o custo, tornam-no um material bastante viável para a industrialização.

Barros e Melhado (1998) afirmam que as obras convencionais em concreto armado são produzidas com uma estrutura de vigas, pilares e lajes de concreto armado moldados no local.

Fernandes e Godinho Filho (2010) destacam a durabilidade elevada, a boa resistência aos choques, vibrações e altas temperaturas e a facilidade de obtenção de materiais nas proximidades das obras como as principais vantagens de uma edificação em concreto armado em relação a outros sistemas construtivos.

A execução da estrutura em concreto armado deve seguir um esquema básico de produção que possibilite a obtenção dos elementos previamente projetados e com a qualidade especificada (BARROS e MELHADO, 1998).

Segundo El Debs (2000), a industrialização das construções, a pré-fabricação e a pré-moldagem são conceitos distintos, ainda que, relacionados entre si. De uma maneira geral, pode-se dizer que a pré-moldagem aplicada à produção em grande escala resulta na pré-fabricação, que, por sua vez, é uma forma de buscar a industrialização da construção.

Dois termos diferentes remetem aos elementos que não são moldados *in loco*. Apesar de semelhantes, os significados de "pré-fabricado" e "pré-moldado" são díspares de acordo com a norma técnica pertinente e com a linguagem de mercado (LOTURCO, 2005).

2.1.3 Elementos pré-moldados

Segundo a ABNT NBR 9062 (1985), os elementos produzidos em condições menos rigorosas de controle de qualidade e classificados como pré-moldados devem ser inspecionados individualmente ou por lotes, através de inspetores do próprio construtor, da fiscalização do proprietário ou de organizações especializadas, dispensando-se a existência de laboratório e demais instalações congêneres próprias.

O pré-moldado corresponde ao emprego de elementos de concreto moldado fora de sua posição definitiva de utilização na construção. Basicamente, a utilização do concreto pré-moldado apresenta duas diretrizes: a industrialização da construção e a racionalização da execução de estruturas de concreto (EL DEBS, 2000).

De acordo com Yazigi (2008), a construtora ao optar pela utilização de pré-moldados nas estruturas de concreto, ao contrário do que ocorre em obras convencionais, toma atalhos que facilitam a comprovação ou a garantia da qualidade, sem contar com a maior facilidade de adquirir a qualidade do ponto de vista do atendimento a normas, segurança e durabilidade, além de outros aspectos também interessantes como plasticidade, estética, agilidade, criatividade.

De acordo com Acker (2002), o uso de concreto pré-moldado em edificações está relacionado com uma maneira econômica, durável, estruturalmente segura e com versatilidade arquitetônica. Os pré-moldados vieram para atender algumas demandas da sociedade, como por exemplo: economia, eficiência, desempenho técnico, segurança, condições favoráveis de trabalho e de sustentabilidade.

Para El Debs (2000), o concreto pré-moldado no Brasil tem sido pouco utilizado. Algumas das razões pela ocorrência desse problema são:

- O sistema tributário que penaliza o emprego de elementos pré-moldados de fábricas, como por exemplo o ICMS;
- Economia instável dificulta o planejamento;
- Conservadorismo dos agentes envolvidos com a Construção Civil;

- Dispositivos para ligações e manuseio de equipamentos possuem indisponibilidade comercial, como por exemplo ponte rolante.

Com a utilização do concreto pré-moldado é possível reduzir o custo de produção, entretanto é na parcela relativa às fôrmas e ao cimbramento, que se observa o maior peso no custo do concreto armado (EL DEBS, 2000).

El Debs (2000), relata que a pré-moldagem pode ser empregada nas estruturas de edifícios industriais, comerciais e habitacionais, bem como em equipamentos urbanos de uso múltiplo, como hospitais, terminais rodoviários e ferroviários etc. Destaca-se que a aplicação da pré-moldagem não se restringe à estrutura principal, podendo ser também utilizada nos fechamentos laterais.

El Debs (2000) faz um comparativo entre o pré-moldado produzido na obra e o produzido fora dela:

O pré-moldado de fábrica é aquele executado em instalações permanentes distantes da obra. Esse tipo de pré-moldado pode ou não atingir o nível de pré-fabricado, segundo o critério da NBR-9062/85. A capacidade de produção da fábrica e a produtividade do processo, que dependem principalmente dos investimentos em fôrmas e equipamentos, podem ser pequenas ou grandes, com tendência maior ao último caso. Nesse caso, deve-se considerar a questão do transporte da fábrica até a obra, tanto no que se refere ao custo dessa atividade como no que diz respeito à obediência aos gabaritos de transporte e às facilidades de transporte. Em contrapartida ao tipo anterior, o pré-moldado de canteiro é executado em instalações temporárias nas proximidades da obra. Essas instalações podem ser mais ou menos sofisticadas, dependendo da produção e da produtividade que se deseja. Em geral, há uma certa propensão a ter baixa capacidade de produção e, conseqüentemente, pequena produtividade. Para este tipo de elemento não se tem o transporte a longa distância e, portanto, as facilidades de transporte e a obediência a gabaritos de transporte não são condicionantes para seu emprego. Além disso, esse tipo de elemento não está sujeito a impostos referentes à produção industrial e à circulação de mercadorias (EL DEBS, 2000, p.15).

El Debs (2000), aponta algumas vantagens e desvantagens do uso do concreto pré-moldado. As vantagens são aquelas relacionadas à execução de parte da estrutura fora do local de utilização definitivo, como consequência das facilidades da produção dos elementos e da eliminação ou da redução do cimbramento. As desvantagens da pré-moldagem são aquelas relacionadas a estrutura necessária para a colocação dos elementos nos locais definitivos de utilização e da necessidade de prover a ligação entre os vários elementos que compõem a estrutura.

Para Acker (2002), a preservação do meio ambiente está se tornando um assunto globalmente importante. Entendendo que as necessidades mais básicas da população são a moradia e a mobilidade, o setor da construção civil ocupa uma posição central nesse desenvolvimento, porém, a maioria das atividades na área da construção civil ainda gera um impacto desfavorável sobre o meio ambiente em termos de consumo de energia, utilização não racional de recursos naturais, poluição, barulho e desperdício durante a produção.

Acker (2002), complementa que nesse contexto de uma relação mais amigável com o meio ambiente, a indústria do concreto pré-moldado se apresenta como uma alternativa viável: com uso reduzido de materiais em até 45%; redução do consumo de energia de até 30%; diminuição do desperdício com demolição de até 40%. Muitas fábricas estão reciclando o desperdício do concreto, tanto o endurecido quanto o fresco, e futuramente as indústrias de pré-fabricados funcionarão como um sistema de produção fechado, onde todo material gasto é processado e utilizado novamente.

2.1.4 Elementos pré-fabricados

De acordo com a ABNT NBR 9062 (1985), os elementos produzidos em usina ou instalações analogamente adequadas aos recursos para produção e que disponham de pessoal, laboratório e demais instalações permanentes para o controle de qualidade, devidamente inspecionada pela fiscalização do proprietário, recebem a classificação de pré-fabricados.

As lajes pré-fabricadas tem se tornado uma opção notável para as edificações em concreto armado. Define-se pré-fabricado como sendo um elemento fabricado em uma usina, com as características necessárias de projeto e posteriormente transportado até o destino. Algumas das vantagens do sistema pré-fabricado são: qualidade assegurada, sistema construtivo modular adaptável e produtividade (IBRACON, 2010).

Conforme El Debs (2000), a construção civil caracteriza-se por três estágios de desenvolvimento: manufatura, mecanização e industrialização. A industrialização apresenta viabilidade quanto ao resultado do custo dos elementos, somando os custos fixos e variáveis, resultando em um custo menor que o correspondente à produção por manufatura.

A pré-fabricação emprega equipamentos controlados por computador para o preparo do concreto. Aditivos e adições são empregados para conseguir os desempenhos mecânicos específicos para cada classe de concreto, além de realizar o lançamento e o adensamento do concreto em locais fechados não sujeitos às intempéries. A relação água/cimento pode ser

reduzida ao mínimo possível e o adensamento e cura são executados em condições controladas. O resultado é que o concreto pode ser perfeitamente adaptado aos requisitos de cada tipo de componente, com todo esse criterioso controle é possível obter melhores resultados (ACKER, 2002).

O pré-fabricado é sinônimo de rapidez, neste sentido, o aumento de complexidade torna-se antagônico a economia desejada. Por isso mesmo, a relação entre tempo e economia deve ser definida no início do empreendimento e mantida até o final (MELO, 2007).

Para Acker (2002), a padronização de produtos e processos é amplamente difundida na pré-fabricação. Fabricantes têm padronizado seus componentes adotando uma variação de seções transversais apropriadas para cada tipo de componente. Geralmente, a padronização se limita a detalhes, dimensões e geometria das seções transversais, mas raramente ao comprimento das unidades. Produtos típicos padronizados são: pilares, vigas e lajes de piso.

Acker (2002), relata que sempre haverá diferenças inevitáveis entre as dimensões especificadas e as dimensões reais dos componentes e da construção final. Essas variações devem ser examinadas e permitidas. As tolerâncias de produção na fábrica incluem variações dimensionais dos produtos, superfícies não lineares ou não planas, já as tolerâncias no canteiro dizem respeito aos desvios dos eixos e dos níveis no início da construção, além de desvios de montagem durante o levantamento da estrutura ocorrerão com relação à posição e ao alinhamento entre os elementos.

2.1.5 Pré-laje

Segundo El Debs (2000), as lajes pré-fabricadas são englobadas nos sistemas de pavimentos de obras pré-fabricadas, juntamente com vigas. Os tipos componentes de laje mais difundidos são apresentados a seguir:

a) Elementos de duplo T ou pi (π)

“As lajes TT apresentam nervuras esbeltas, que necessitam de armadura resistente ao cisalhamento. Essas armações são de difícil execução, fato que justifica a utilização de muitos armadores para fazer uma única peça.” (MELO, 2007, p. 395).

Salvo casos excepcionais de pequenos vãos, estes elementos são executados em concreto protendido e sua produção normalmente é feita em pistas de protensão. Esses elementos podem ser empregados na faixa de vãos de 5m e 30m (EL DEBS, 2000).

Na figura 01 pode-se observar um modelo de pré-laje de seção TT.

Figura 1: Modelo laje TT



Fonte: Lajes Patagônia (2016)

O sistema de lajes TT geralmente são dimensionados para suportar todos os esforços do pavimento sendo necessário apenas uma capa de regularização sobre o mesmo, neste caso são chamados de laje pré-fabricada, entretanto em alguns casos há necessidade de uma camada de concreto armado adicional sobre as placas, sendo assim, nesses casos pode-se chamar as mesmas de pré-lajes.

b) Elementos de seção alveolar

Melo (2007), descreve as lajes alveolares como o modelo de laje pré-fabricada que obteve maior sucesso no mercado da construção civil. De fácil instalação, podem atingir grandes vãos, facilitando o *layout* e otimizando a estrutura.

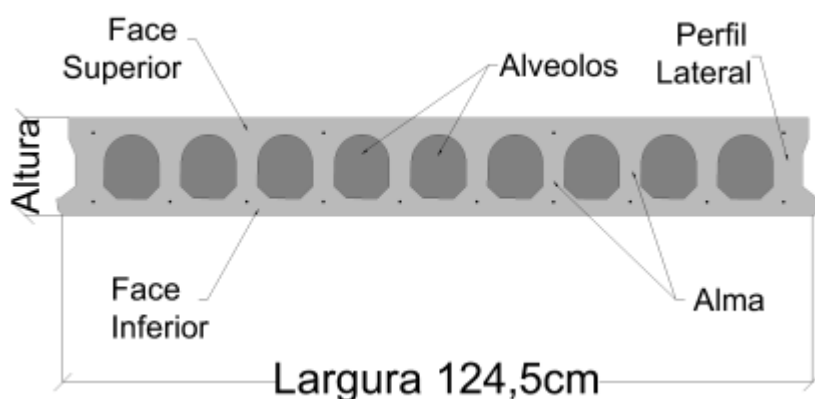
Embora possa ser produzido em fôrmas fixas, esse tipo de elemento é normalmente executado por extrusão ou por fôrma deslizante horizontal, em pista de concretagem. Os painéis são produzidos no comprimento da pista e posteriormente serrados nos comprimentos desejados (EL DEBS, 2000).

Existem dois tipos de lajes alveolares: a extrudada e a moldada. A laje alveolar extrudada apresenta melhor qualidade final, é possível utilizar um fator água-cimento muito

baixo, próximo ao necessário para a hidratação do cimento, garantindo maior resistência à compressão e menor porosidade do concreto (MELO, 2007).

De acordo com a ABNT NBR 14862 (2002), o painel alveolar de concreto protendido é denominado PACP, são peças de concreto produzidas industrialmente, fora do local de utilização definitiva, sob rigorosas condições de controle de qualidade, conforme a NBR 9062. São caracterizados por armadura longitudinal ativa e seção alveolar, definindo almas de concreto, conforme figura 2. Englobam totalmente a armadura inferior de tração necessária; o cobrimento da armadura deve obedecer ao prescrito na NBR 9062.

Figura 2: Modelo de laje alveolar



Fonte: Grupo Sistrel (2014)

O sistema de lajes alveolares geralmente são dimensionados para suportar todos os esforços do pavimento sendo necessário apenas uma capa de regularização sobre o mesmo, neste caso são chamados de laje pré-fabricada, entretanto, em alguns casos há necessidade de uma camada de concreto armado adicional sobre as placas, sendo assim, nesses casos pode-se chamar as mesmas de pré-lajes.

c) Pré-laje treliçada

De acordo com a ABNT NBR 14860 (2002), as pré-lajes são denominadas pela sigla PLT (pré-laje treliçada) e PLP (pré-laje protendida), são placas com espessura de 3,0 cm à 5,0 cm e larguras padronizadas. Constituídas por concreto estrutural, executadas industrialmente fora do local de utilização definitivo da estrutura, ou mesmo em canteiros de obra, sob rigorosas condições de controle de qualidade. Englobam total ou parcialmente a armadura inferior de tração, integrando a seção de concreto da nervura. O cobrimento da armadura deve obedecer ao prescrito na NBR 9062.

As pré-lajes de concreto podem ser definidas como painéis monolíticos criados pela combinação de características da pré-fabricação, como velocidade de execução e maior controle tecnológico, com a flexibilidade do sistema moldado *in loco*. Elementos de seção parcial, parte pré-moldada e a outra complementada com concreto adicionado no canteiro, as pré-lajes são tradicionalmente utilizadas em tabuleiros de pontes quando utilizada a solução técnica de vigas pré-moldadas em seção I, coberturas de galerias, reservatórios e em estruturas de contenção. Nos últimos anos, o aproveitamento dessa solução vem se consolidando também nos edifícios com múltiplos pavimentos, acompanhando um movimento que visa racionalizar o processo adotado nessas construções (NAKAMURA, 2009).

Para Melo (2007), pré-lajes se caracterizam pela pequena espessura (4,0 cm) e o seu complemento de concretagem e armação é executado *in loco*. O peso das peças é reduzido, o que minimiza o equipamento de montagem e também custos de transporte.

São geralmente armadas unidirecionalmente, correspondem a elementos em forma de faixas que se apoiam em lados opostos. Portanto, podem ser de largura padronizada, que racionaliza sua produção. Nestes elementos, se colocada armadura transversal, propiciará um comportamento que tende ao das lajes de concreto moldado no local (EL DEBS, 2004).

Correspondem a painéis pré-moldados completados de concreto no local. Nesse tipo de laje, a parte que recebe o concreto *in loco* pode ser com, ou sem, elementos inertes de enchimento, formando seções maciças ou vazadas respectivamente, conforme proposto na Figura 03.

Figura 03: Placa de pré-laje treliçada sendo içada



Fonte: Próprio autor (2016)

Elementos de enchimento são descritos pela ABNT NBR 14860 (2002), como materiais inertes diversos, sendo maciços ou vazados, intercalados entre as nervuras das pré-lajes, no caso de lajes com seção final nervurada, com a função de reduzir o volume de concreto e o peso próprio da laje. São desconsiderados como colaboradores nos cálculos de resistência e rigidez da laje.

Após a montagem das peças, pode-se adicionar armaduras negativas para garantir a continuidade das lajes, o que se mantém no sistema convencional. O escoramento necessário é mínimo e deve ser projetado para diminuir as deformações imediatas no conjunto da estrutura. A pré-laje deve apresentar superfície rugosa, aumentando a ponte de aderência e de contato entre o concreto pré-moldado e o concreto *in loco*. O transporte vertical deve ser realizado com balancim especial que necessita ter projeto específico com ART (MELO, 2007).

De acordo com Melo (2007), o sistema estrutural em pré-laje visa, principalmente, minimizar a utilização de fôrmas de madeira na obra, com inúmeras outras vantagens, como a diminuição das perdas de concreto, racionalização da armadura, melhor compatibilização dos projetos, melhor sistema de vibração das peças, rapidez de montagem, redução do ciclo de cada pavimento, maior segurança no canteiro e diminuição do pessoal na obra.

O uso de pré-laje pode ser considerado como um sistema estrutural monolítico de comportamento semelhante ao do sistema convencional “moldado *in loco*”. Os nós, diferentemente das ligações articuladas do pré-fabricado, são executados no local e podem ser tratados como conexões de pórticos (MELO, 2007).

Seguindo a linha de raciocínio articulada por Melo (2007), o sistema de lajes prontas maciças difere das pré-lajes e pré-vigas por não necessitar de uma concretagem *in loco*, ou seja, a laje chega totalmente pronta e não necessita de nenhum tipo de escoramento na sua montagem.

Alguns casos necessitam de armaduras complementares solicitadas em projeto. Essas armaduras são classificadas pela ABNT NBR 14860 (2002), como armadura adicionada na obra, quando dimensionada e disposta de acordo com o projeto da laje, podem ser:

- longitudinal (S_{ct}): armadura utilizada quando da impossibilidade de integrar na pré-laje toda a armadura passiva inferior de tração (f_{at}) necessária;
- transversal (S_T): armadura que compõe a armadura inferior das nervuras transversais de travamento (quando houver necessidade);
- de distribuição (S_d): armadura posicionada na capa nas direções transversal e longitudinal, quando necessário, para a distribuição das tensões oriundas de cargas concentradas e para o controle da fissuração;

- superior de tração (S_{st}): armadura disposta sobre os apoios nas extremidades das pré-lajes, no mesmo alinhamento das nervuras longitudinais (NL) e posicionada na capa. Proporciona a continuidade das nervuras longitudinais e destas com o restante da estrutura, o combate à fissuração e a resistência ao momento fletor negativo, de acordo com o projeto da laje;
- outras: especificadas caso a caso, utilizadas para atender às necessidades particulares de cada projeto;
- Pré-laje Protendida.

Para Melo (2007), as pré-lajes simples protendidas (PLP), são ideais para vãos menores e sobrecargas baixas, são muito utilizadas nas edificações residenciais. Caracterizam-se pelo uso de apenas a armadura de protensão.

Nas lajes simples protendidas, a rugosidade, juntamente com os critérios estabelecidos na NBR 9062, para peças compostas monolíticas, determinam a não necessidade de armadura de costura entre a laje pré-fabricada e a subsequente de concreto moldado no local (MELO, 2007).

Melo (2007), relata que deve-se ter uma preocupação especial quanto à interface entre os elementos pré-fabricados e a estrutura moldada *in loco*, ocorre na faixa de pré-laje junto aos cantos do pano de laje a ser completada os chamados volventes. Nestes casos, os esforços de tração na interface devem ser absorvidos por ganchos adicionados, formando uma armadura suficiente para resistir à integridade dos esforços de tração, evitando o descolamento do concreto.

Segundo El Debs (2004), os elementos pré-moldados unidirecionais podem ser em concreto armado ou em concreto protendido. Já os elementos bidirecionais são em concreto armado. Nos elementos unidirecionais é normalmente colocada armadura na direção transversal, propiciando um comportamento que tende ao das lajes de concreto moldado no local, à medida que diminui a relação entre as espessuras da parte pré-moldada com a parte moldada no local.

Na figura 4 podemos observar algumas pré-lajes protendidas produzidas em uma fábrica na cidade de Cascavel-PR.

Figura 04: Pré-laje Protendida (PLP)



Fonte: Autor do projeto (2017)

2.1.6 Fôrmas e escoramentos

As fôrmas são estruturas provisórias, geralmente de madeira, destinadas a dar forma e suporte aos elementos de concreto até a sua solidificação. Além da madeira, que pode ser reutilizada diversas vezes, tem sido difundido, o uso de fôrmas metálicas e mistas, combinando elementos de madeira com peças metálicas, plásticos, papelão e pré-moldados (UEPG, 2014).

Na construção civil, havia o consenso de deixar para que encarregados e mestres fossem responsáveis pela definição das fôrmas, pois se acreditava que o critério adotado para o dimensionamento prático fosse suficiente para garantir a estabilidade das estruturas provisórias. Pouca atenção foi dispensada para os custos decorrentes da falta de um rigor maior no trato das fôrmas. Atualmente, com o alto custo da madeira, a necessidade de maior qualidade, a redução das perdas, redução de prazos de entrega, é imperioso que o engenheiro dê a devida importância ao dimensionamento das fôrmas e escoramentos provisórios considerando os planos de montagem e desmontagem e o reaproveitamento de tais materiais na mesma obra (UEPG, 2014)

Para Yazigi (2009), a fôrma pode ser um conjunto de componentes que tem como principais funções dar forma ao concreto (molde), conter o concreto fresco e sustentá-lo até

que o mesmo tenha resistência para suportar a si próprio, proporcionar a textura desejada na superfície do concreto. Ele também descreve que para a confecção das fôrmas, podem ser utilizados vários materiais como madeira serrada de coníferas, chapas de madeira compensada, MDP ou MDF.

Segundo Barros e Melhado (1998), as fôrmas têm que ter alguns requisitos de desempenho ou propriedades para atender suas funções, e elas são citadas abaixo:

- Resistência mecânica a ruptura;
- Resistência a deformação;
- Estanqueidade;
- Regularidade geométrica;
- Estabilidade dimensional;
- Textura superficial adequada;
- Possibilitar o correto posicionamento da armadura;
- Facilidade para o lançamento do concreto e baixa aderência;
- Não influenciar nas características do concreto;
- Segurança.

Outro aspecto na preparação das fôrmas é o escoramento utilizado para sustentá-las. Segundo Moliterno (1997), escoramento é toda estrutura provisória quando utilizada para a sustentação de uma estrutura de madeira ou aço, destinada a suportar o peso das fôrmas cheias de concreto até que estas adquiram a resistência requisitada, além de eventuais cargas acidentais. O mau funcionamento do escoramento da estrutura gera esforços na peça de concreto durante o processo de cura e esses esforços prejudicam o comportamento posterior.

De acordo com Barros e Melhado (1998), no escoramento são empregados pontaletes de madeiras como pinho e peroba, ou madeira roliça de eucalipto. Outra opção de utilização são escoras metálicas. Independente de qual opção for utilizada, eles devem estar apoiados em local resistente para suportar as cargas da estrutura.

Segundo a ABNT NBR 14931, fôrmas e escoramento devem ser retirados de acordo com plano de desforma previamente estabelecido e de maneira a não comprometer a segurança e o desempenho em serviço da estrutura.

Na figura 04 podemos ver o escoramento preparado para receber as placas de pré-laje treliçada.

Figura 05: Sistema de escoramento



Fonte: Próprio autor (2016)

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

A metodologia baseia-se nos objetivos do trabalho, delineando caminhos e métodos para encontrar os resultados esperados. Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado um levantamento de dados quantitativos, com uma empresa que produz a pré-laje treliçada no canteiro. Os dados obtidos foram comparados com os de uma fábrica da cidade de Cascavel-PR que fabrica um produto similar.

Para elaboração de estudo comparativo foram observados os pontos mais relevantes no processo produtivo, englobando principalmente os aspectos de qualidade, produtividade, custos, entre outras características que envolvem a possibilidade ou não de produzir a PLT dentro de um canteiro.

3.1.1 Diferenciais de qualidade

Alguns pontos devem ser observados na hora de comparar as peças pré-moldadas com as pré-fabricadas. Como as peças pré-moldadas farão parte de um sistema estrutural de um edifício de grande porte, elas também terão um rigoroso controle de qualidade na produção no canteiro e um controle ainda maior na fábrica.

Para Acker (2002), a garantia da qualidade durante a fabricação se baseia em quatro pontos:

- mão de obra;
- instalações e equipamentos na fábrica;
- matéria-prima e processos operacionais;
- controle de qualidade na execução.

Normalmente, a supervisão da qualidade é baseada em um sistema de autocontrole, podendo haver, ou não, a supervisão de uma terceira parte. O sistema de controle de produção da fábrica consiste de procedimentos, instruções, inspeções regulares, testes e utilização dos resultados dos equipamentos de controle, matéria-prima, outros insumos, processos de produção e produtos. Os resultados da inspeção são registrados e ficam disponíveis aos clientes.

3.1.2 Capacidade de produção

Uma obra funciona como um algoritmo, uma parte depende da anterior para que possa ser executada, então é fundamental que mantenha-se um ritmo de obra alinhado onde todas as partes trabalhem em conjunto.

Ao chegar o momento de montagem das PLT's é fundamental que toda a área da laje esteja produzida para que não gere um gargalo e atrase a obra. Dentro deste tópico foi verificado como a obra e fábrica atenderiam esta demanda sem gerar atrasos na obra.

3.1.3 Levantamento do custo de produção

Determinar o custo de produção para uma atividade específica de uma obra envolve vários quesitos, deve-se considerar as composições com valores de hora/homem e quantidades de hora/homem que não são totalmente precisos.

O levantamento em obra foi calculado com base nos dados disponíveis, englobando todos os processos que direta ou indiretamente influenciam no custo da produção da pré-laje. Esses dados foram tabelados gerando assim um custo por metro quadrado que pode ser comparado ao valor de venda de um produto similar pré-fabricado.

Com um estudo *in loco* buscou-se aproximar o máximo dessa realidade no desenvolvimento de uma tabela que compõe o custo para produção de uma peça de 1,07 m x 5,66 m, que totaliza 6,06 m². Esta é a peça mais comum da laje estudada, compondo mais de 50 % de toda a área.

3.1.4 Valores praticados pelo mercado, influência dos encargos no custo

Para diminuir os custos com tributação as empresas de pré-fabricado faturam apenas o concreto utilizado, vendendo o produto final por m³, desta maneira, ocorre uma diminuição do custo final do produto e, conseqüentemente, dos encargos. Neste caso, quem fornece o aço e EPS (Poliestireno Expandido) necessários para a produção das placas é o próprio cliente e os produtos não são faturados em duplicidade gerando bi-tributação.

Uma das principais vantagens relacionadas ao custo de se produzir pré-moldado no canteiro de obras, é o não pagamento dos impostos sobre o produto fabricado que ocorre no

produto que a indústria vende. A indústria paga os mesmos encargos trabalhistas sobre a mão de obra que a construtora paga e este acréscimo gerado pelos encargos precisa ser compensado com automação e produção em escala para minimizar outros custos e tornar o produto competitivo no mercado.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.1 Qualidade

4.1.1.1 Pré-moldados

Dentro de um canteiro onde ocorrem várias atividades ao mesmo tempo e todas devem ser fiscalizadas pelo engenheiro, mestre de obras e pessoal da área técnica, dedicar um tempo exclusivo para o acompanhamento da produção e implementar os controles de qualidade é uma tarefa difícil.

Mas na obra estudada pode-se observar que os principais quesitos para atender o projeto eram bem aplicados. O principal deles é a resistência do concreto, com uma especificação de projeto de 35 MPa, para produzir este concreto em obra necessitava um traço adequado. Para tal foram desenvolvidos vários testes com rompimentos e acompanhamentos para chegar no traço mais econômico e com a resistência desejada.

A obra possui padiolas metálicas de dimensão padrão de 0,33 m x 0,33 m x 0,33 m somando um volume aproximado de 0,036 m³, após várias amostras chegou-se ao traço definitivo que pode ser visualizado na tabela 1.

Tabela 1: Traço utilizado em obra para concreto de 35 MPa

INSUMO	UNIDADE	QUANTIDADE
Cimento	Padiolas	2,5
Areia	Padiolas	4
Brita 1	Padiolas	2
Pedrisco	Padiolas	2
Água	Litros	32
Aditivo	Litros	0,6

Fonte: Autor do Projeto (2017)

Traço esse mais comumente chamado de 2,5:4:4, com este traço atingiu-se uma resistência média acima dos 35 MPa. Como sabe-se existe uma dificuldade em seguir um padrão na produção de concreto na obra, devido a dependência de pessoas menos qualificadas que trabalham na produção do mesmo, e da não possibilidade de acompanhamento em tempo integral por parte do pessoal da área técnica.

Desta maneira a produção do concreto em obra ficou restrita a concretagens de menores volumes e em situações onde a empresa fornecedora de concreto não podia atender. Na maior parte dos casos foi utilizado concreto usinado com resistência especificada pelo projeto sendo retiradas amostras em cargas esporádicas, não sendo constatado nenhuma resistência abaixo da solicitada, tendo assim um padrão melhor de qualidade.

Dentro do quesito qualidade foi observado na obra uma certa imperfeição de algumas peças devido principalmente ao fato das mesmas serem produzidas em uma fôrma de compensado (Figura 06) e as divisões das placas ser sarrafos de madeira de 4x4cm. Com a exposição à intempéries tanto a fôrma como os sarrafos empenam, ocasionando ondulações ou “barrigas” na parte inferior das placas ou frestas no momento de encaixe para montagem, como podemos ver a figura 07.

Figura 06: Fôrma para produção das PLT's



Fonte: Autor do projeto (2017)

Figura 07: Fresta no encontro de placas



Fonte: Autor do projeto (2017)

Alguns controles de rotina eram realizados diariamente na central de produção, como: observar se a armadura das placas estava sendo feita de acordo com o projeto, se estavam usando os espaçadores corretamente, se o concreto estava sendo devidamente adensado, dimensão e espessura das placas entre outros menos relevantes.

4.1.1.2 Pré-fabricados

A diferença na qualidade da produção do pré-fabricado já pode começar a ser mencionada em toda a tecnologia que é empregada na produção do mesmo, não se restringindo apenas a controles e acompanhamentos feitos.

Inicialmente, para a produção do concreto como pode-se observar na Figura 08 e 09 os agregados vão por uma esteira até um cocho que possui uma balança onde é dosada exatamente a quantidade de material que o traço solicita.

Figura 08: Entrada dos agregados



Fonte: Autor do projeto (2017)

Figura 09: Painel da balança que realiza a dosagem dos agregados



Fonte: Autor do projeto (2017)

Após a dosagem os agregados vão para o misturador por uma esteira, tudo de forma automatizada, para reduzir a mão de obra, este misturador tem capacidade para produzir 2m³ de concreto por hora, terminado o processo de mistura o concreto vai para um silo que é

suspenso por um empilhadeira (Figura 10) e conduzido pela mesma até a fôrma (Figura 11) onde será lançado.

Figura 10: Empilhadeira que faz o transporte do concreto



Fonte: Autor do projeto (2017)

Figura 11: Fôrma das PLPs



Fonte: Autor do projeto (2017)

Com a produção das pré-lajes em fôrmas metálicas, usando concreto auto adensável somado à toda tecnologia e equipamentos que existem na fábrica o resultado final é uma placa de pré-laje com um acabamento quase que perfeito, como pode-se observar na figura 12. Segundo recomendação do próprio fabricante pode ser realizado a aplicação do acabamento com massa corrida diretamente na placa, não sendo necessário emboço ou um forro complementar.

Figura 12: Acabamento da placa pré-fabricada



Fonte: Autor do projeto (2017)

Esse melhor acabamento das PLP's pode ser observado na figura 13, que mostra como fica a parte inferior da laje após a montagem das placas.

Figura 13: Parte inferior de um laje montada com PLP's



Fonte: Autor do projeto (2017)

A fábrica conta também com um laboratório próprio para rompimento de corpos de prova do concreto utilizado nas placas, sendo que alguns também são rompidos esporadicamente no laboratório da UNIOESTE para ter dados que permitam comparar com os da fábrica.

4.1.2 Produtividade

4.1.2.1 Pré-moldados

Quando se pensa em produzir PLT no canteiro de obras uma das primeiras coisas que vem em mente é o local disponível para produzi-las. E quando falamos neste local é preciso dimensioná-lo de forma que possa ser montada área de produção suficiente para atender às necessidades da obra.

A fôrma das PLT's é o principal gargalo de produção, o único que não pode ser acelerado caso ocorra um atraso. É importante lembrar que fatores climáticos como frio e chuva influenciam no tempo de cura do concreto, sendo assim principalmente no inverno deve-se tomar um cuidado extra para a produção não atrasar.

A obra possui uma banca de 8,0 m x 10,0 m, com produção diária variável de acordo com as placas produzidas. Geralmente a mesma era ocupada por 8 placas de 1,07 m x 5,66 m (dimensão de placa mais comum do projeto) totalizando uma produção de 48,45 m² por ciclo, o tempo de cura das placas tem influência de fatores climáticos como chuva e frio, sendo que na ocorrência destes casos a desforma era adiada até autorização da parte técnica da obra, em situações climáticas normais a desforma era realizada de um dia para o outro.

A central de produção conta com dois funcionários fixos para o setor que receberam treinamento da parte técnica da empresa para desempenhar esta função, sendo que em momentos de maior demanda outros colaboradores eram deslocados para auxiliar a produção, nos casos em que a produção estava atrasada ou apenas no momento da concretagem que demanda mais mão de obra.

A produção das placas não chega a ter concretagem todos os dias, pois depende de fatores como amarração e montagem da armadura de todas as placas necessárias e da disponibilidade da grua para desforma e concretagem da mesma.

Uma das vantagens de produzir a PLT dentro do canteiro é poder acompanhar diretamente o andamento da produção verificando a necessidade de intervir com o deslocamento de mais efetivo ou com a priorização da grua para o setor.

4.1.2.2 Pré-fabricados

A fábrica estudada possui duas pistas de 1,10 m x 80,00 m com capacidade de produzir até 160 m² de PLP por dia, mesmo a pré-laje fabricada sendo protendida, a mesma precisa ficar na fôrma apenas 1 dia para que o concreto adquira a resistência necessária para suportar a tensão dos cabos CP's no momento da desforma.

A produção ocorre totalmente de forma automatizada, sendo necessário trabalho humano apenas para operar os equipamentos, diminuindo assim possibilidade de erros por falha humana. Em todo o processo de produção são envolvidas em média 6 pessoas que podem realizar todo ciclo de produção da capacidade máxima em 4 horas, a empresa conta com aproximadamente 1,5 milhões de reais em investimentos para este setor.

Apesar de o cliente não ter o mesmo acompanhamento direto que tem com a produção no canteiro para saber se a sua produção estará pronta dentro dos prazos, a capacidade de produção da fábrica é tão grande que para obras de pequeno e médio porte seria muito difícil ocorrer um atraso na produção.

4.1.3 Custos

4.1.3.1 Pré-moldados

Para elaboração de um custo por metro quadrado de PLT produzida, foi feita uma avaliação da quantidade mais aproximada possível de insumos que são utilizados em uma placa de 1,07 m x 5,66 m. Também foi mensurado através de um acompanhamento do processo, qual o tempo que a equipe de produção demora para executar cada parte do processo.

Com esses dados obteve-se dados relativos as quantidades necessárias na produção, esses dados foram tabelados e multiplicados pelos atuais valores praticados pelo mercado, tanto fornecedores como também os trabalhistas para a mão de obra. Na tabela 2 podemos verificar o resultado obtido.

Tabela 2: Custo de produção da pré-laje no canteiro

	OBRA: RESIDENCIAL VILLAGGIO REALE RUA SÃO LUIS, 761, CENTRO PEÇA ORÇADA: PAINEL DE LAJE 1,07 m x 5,66 m x 0,04 m			
Especificação	unid.	quant.	valor unit.	valor total – Mar/17
Trelça H12M6542	m	17,27	R\$ 3,26	R\$ 56,30
Tela Q61	m ²	6,06	R\$ 3,25	R\$ 19,70
Armação/corte tela/trelça	kg	23,41	R\$ 1,50	R\$ 35,11
Reforço 8 mm	m	11,31	R\$ 1,84	R\$ 20,81
Reforço 10 mm	m	11,31	R\$ 1,88	R\$ 21,26
Placas EPS – Padrão 35 cm	m ³	0,27	R\$ 140,00	R\$ 37,80
Espaçador (plástico)	pç	10,00	R\$ 0,08	R\$ 0,80
Disco de corte	pç	0,20	R\$ 3,84	R\$ 0,77
Energia elétrica	kw	1,20	R\$ 0,54	R\$ 0,65
Desmoldante	l	0,25	R\$ 3,50	R\$ 0,87
Concreto f_{ck} 35 MPa	m ³	0,24	R\$ 310,00	R\$ 74,40
Lançamento concreto	m ³	0,24	R\$ 35,00	R\$ 8,40
Forma com aproveitamento 30x	m ²	6,73	R\$ 1,91	R\$ 12,85
Custo Administrativo Indireto	h	1,00	R\$ 20,34	R\$ 20,34
Custo de Equipamento	h	1,00	R\$ 18,50	R\$ 18,50
TOTAL				R\$ 328,56
VALOR TOTAL POR m ²				R\$ 54,25

Fonte: Autor do projeto (2017)

Este custo foi calculado para atender uma laje de edifício de padrão residencial para suportar cargas de até 400 kg/m². Para outras obras deve-se observar qual a especificação de projeto, não podendo tomar esse valor como base. O custo com mão de obra já está incluso dentro dos itens de produção da peça.

4.1.3.2 Pré-fabricados

O objetivo deste trabalho não era estudar os custos de produção dos pré-fabricados, uma vez que para um construtor o que interessa é apenas o valor de venda do produto pronto. O que representaria o mesmo que a sua PLT produzida na obra.

O valor de venda das PLP's varia de acordo com as especificações de cada projeto, que podem variar por fatores como sobrecarga da laje e vãos, não tendo assim valores fixos tabelados. Para uma laje similar a que foi orçada na obra o valor de venda segundo o departamento comercial da empresa visitada seria de R\$ 90,00/m².

Um dos fatores que oneram as peças pré-fabricadas são os impostos que são embutidos na hora da venda, sobre o valor acima citado calcula-se que 15% deste são apenas impostos e tributos pagos ao governo. Uma vez que a peça produzida na obra não será faturada este já é grande diferencial que torna a PLT mas econômica, devemos ressaltar por outro lado as qualidades e vantagens que serão encontradas nas peças pré-fabricadas.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o estudo podemos constatar que as diferenças podem ser mínimas entre um pré-moldado e um pré-fabricado, mas alguns fatores podem ser relevantes para optar entre um ou outro.

Primeiramente deve-se ver o contexto geral do projeto que estamos estudando, projeto com pouca demanda por pré-lajes podem ser inicialmente descartados de produzir em obra, pois os investimentos em equipamento e estrutura para produção tornariam o mesmo inviável. Canteiros que não possuem equipamento de içamento como grua também não conseguirão realizar a produção

A partir de obras de médio porte deve-se fazer um estudo de custos, condições e viabilidade entre os dois sistemas, pois como podemos observar apesar de alguns pontos como a qualidade inferior da PLT “pré-moldada”, a diferença no custo é bem significativa podendo resultar em uma grande economia no final da obra.

Outro ponto que pode ser ressaltado é a isenção da responsabilidade técnica sobre a execução da pré-laje no caso da aquisição do sistema pré-fabricado, desta forma significando um menor risco ao engenheiro responsável pela execução.

É importante ressaltar que com a PLP pré-fabricada pode-se realizar o acabamento do teto diretamente sobre as placas, graças ao seu acabamento uniforme, significando assim uma grande vantagem de tempo e dinheiro comparado ao outro sistema.

Como resultado das hipóteses apontadas, os impostos têm um peso direto sobre o valor de venda dos produtos pré-fabricados, sendo algo de grande relevância na hora de comparar um produto com o outro, em um mercado altamente competitivo economizar sempre que possível contribui para o empreendedor obter mais liquidez nas suas vendas.

Para trabalhos futuros fica a sugestão de uma análise mais aprofundada sobre os tributos que estão atrelados na composição do preço de venda dos produtos pré-fabricados e o peso que esse valor possui no processo decisório de escolha.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado – Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

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

_____.**NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

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

_____.**NBR 14861: Laje pré-fabricada – Painel alveolar de concreto protendido – Requisitos.** Rio de Janeiro: ANBT, 2002.

ACKER, A. V. **Manual de Sistemas Pré-fabricados de Concreto.** Tradução: Marcelo Ferreira, ABCIC, 2002.

ARAÚJO, J. M. **Curso de Concreto Armado.** Rio Grande: Dunas, 3.ed. 2010.

BARROS, M. M. S. B.; MELHADO, S. B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios.** São Paulo, 1998.

BRUMATTI, D. O. **Uso de pré-moldados - Estudo e viabilidade.** Trabalho de Conclusão de Curso (Departamento de tecnologia - Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

BRUNA, P. **Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento** - EDUSP/Perspectiva, Coleção Debates, número 135, São Paulo, 1976.

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

ELLIOT, R. S. **Precast Frame Concepts, Economics and Architetural Requirements.** In workshop on Design & Constrution of Precast Concrete Structures. Construction Industry Training Institute. Singapore, 2002.

FERNANDES, F.C.F.; GODINHO FILHO, M. **Planejamento e controle de produção: dos fundamentos ao essencial.** São Paulo: Atlas, 2010.

FERREIRA, M.A. **A importância dos sistemas flexibilizados,** 2003. 8p. (Apostila), 2003.

IBRACON. São Paulo, n. 59, Jul. 2010

KARPINSK, L. A., PANDOLFO, A., REINEHR, R., KEREK, J., PANDOLFO, L., GUIMARÃES, P. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil - uma abordagem ambiental.** Trabalho de Conclusão de Curso (Departamento de tecnologia - Graduação em

Engenharia Civil) - PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL, 2009.

LOTURCO, B. **Tecnologia: Pré-fabricados.** Disponível em <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/99/artigo285350-1.aspx>> Acesso em: 02 set. 2016.

MEHTA, K. P; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**, São Paulo: Pini Ltda, p. 573, 1994.

MELO, C. E. E. **Manual Munte de Projetos em Pré-fabricados de Concreto**. 2. Ed. São Paulo: PINI, 2007.

MOLITERNO, A. **Escoramentos, cimbramentos, fôrmas para concreto e travessias em estrutura de madeira**. 19ª Edição. São Paulo: E. Blucher, 1997.

NAKAMURA, J. **Projetos: Pré-lajes**. Disponível em <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/149/artigo287676-1.aspx>> Acesso em: 05 abr. 2017.

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

ROSSO, T. **Pré-fabricação, a coordenação modular: teoria e prática**. Instituto de Engenharia – São Paulo, 1966.

SALAS, S. J. **Construção Industrializada: pré-fabricação**. São Paulo: Instituto de pesquisas tecnológicas, 1988.

SERRA, S.M.B., FERREIRA, M. de A., PIGOZZO, B.N. **Evolução dos Pré-fabricados de Concreto**. Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR. São Carlos, 2005.

UEPG, **Notas de aula de fôrmas para concreto**. Disponível em <www.uepg.br/denge/aulas/formas/Formas.doc> Acesso em: 05 nov. 2016.

VASCONCELOS, A. C. **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações**. Volume III. Studio Nobel. São Paulo, 2002.

VIEIRA, H. F. **Logística aplicada a construção civil: como melhorar o fluxo de produção nas obras**. São Paulo: Editora Pini, 2006.

YAZIGI, W. **A técnica de Edificar**. 9. Ed. São Paulo: Pini, 2008.