



ADRYEN SEVERINO AREVALOS

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE GALPÕES TRELIÇADOS
EM AÇO
COM GALPÕES PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO**

CAMPO GRANDE - MS
2020

ADRYEN SEVERINO AREVALOS

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE GALPÕES TRELIÇADOS
EM AÇO
COM GALPÕES PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Anhanguera Uniderp, como
requisito parcial para a obtenção do título de
graduado em Engenharia Civil.

Orientador: Lincoln de Almeida

ADRYEN SEVERINO AREVALOS

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE GALPÕES TRELIÇADOS
EM AÇO
COM GALPÕES PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Anhanguera Uniderp, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Cidade, dia de mês de ano.

Dedico este trabalho á meu anjo do céu
Gesica Nunes Arevalos e a toda minha
família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus por me dar forças a realizar, e por minha querida irmã Gesica Nunes Arevalos que hoje não está aqui, mas que torce pelo meu sucesso lá de cima. Segundamente agradeço aos meus pais, Aristides Arevalos Villalba e Maura Martins Severino que sempre me apoiaram e me deram forças durante todo curso. Agradeço também a minha irmã Aryadne Severino Arevalos por estar presente sempre aqui comigo. Agradeço por minha namorada Camila Macedo Malaquias que me incentiva todos os dias a dar o melhor de mim. E ao tutor Lincoln de Almeida por me instruir a melhorar sempre meu trabalho.

AREVALOS, Adryen Severino. **Análise comparativa entre galpões treliçados em aço com galpões pré-moldados de concreto**. 2020. 45 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Civil – Universidade Anhanguera Uniderp, Campo Grande, 2020.

RESUMO

Este estudo foi realizado uma análise comparativa entre as estruturas de pré-moldados e estruturas metálicas para execução de galpões, para observar qual das estruturas apresenta uma maior viabilidade para execução e maior economia. Teve como objetivo, apresentar os dois tipos de estruturas e realizar uma função custo que vem a viabilizar a melhor estrutura para realizar a construção de um galpão. Foi utilizado pesquisas de livros referentes a grandes estruturas metálicas e de estruturas de pré-moldados, buscando os melhores autores e doutorados para realizar uma ampla comparação e abrindo uma boa visão sobre o assunto. Nisso, foi apresentado as vantagens e desvantagens de cada estrutura, foram analisadas a viabilidade econômica delas e foi realizada uma comparação entre ambas em todos aspectos referente a execução, desde a produção da peça até o levantamento da estrutura. Os resultados apontam mais para a execução de estrutura metálica em galpões, onde apresentam um ganho enorme na execução da obra, pois possui uma rapidez na produção da estrutura e execução do projeto, sendo muito bem alinhado ao projeto executivo e apresentando grandes resultados.

Palavras-chave: Galpões; Pré-moldado; Estrutura; Metálica; Construção.

AREVALOS, Adryen Severino . **Comparative analysis between steel striped sheds with precast concrete sheds**. 2020. 45 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Civil – Universidade Anhanguera Uniderp, Campo Grande, 2020.

ABSTRACT

This study carried out a comparative analysis between the precast structures and metallic structures for building sheds, to observe which of the structures has the greatest feasibility for execution and the greatest economy. Its objective was to present the two types of structures and perform a cost function that makes the best structure possible to carry out the construction of a shed. Searches of books referring to large metal structures and precast structures were used, seeking the best authors and doctorates to carry out a broad comparison and opening up a good view on the subject. In this, the advantages and disadvantages of each structure were presented, their economic viability was analyzed and a comparison was made between them in all aspects regarding execution, from the production of the piece to the survey of the structure. The results point more to the execution of metallic structure in warehouses, where they present an enormous gain in the execution of the work, because it has a speed in the production of the structure and execution of the project, being very well aligned with the executive project and presenting great results.

Key-words: Warehouses; Precast; Structure; Metallic; Construction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Galpão Trelaçado Metálico.....	16
Figura 2 – Galpão Pré-Moldado	16
Figura 3 – Pré-moldado.....	17
Figura 4 – Pré-Fabricado.....	18
Figura 5 – Exemplo de galpão com elementos de eixo reto.....	19
Figura 6 – Pilares engastados na fundação e vigas articuladas nos pilares	19
Figura 7 – Ligação rígida entre pilares e os dois elementos de cobertura	20
Figura 8 – Com elementos engastados na fundação e duas articulações na trave	21
Figura 9 – Com elementos em forma de U.....	21
Figura 10 – Ligação Viga-Pilar	22
Figura 11 – Ligação Pilar-Fundação.....	23
Figura 12 – Exemplo de Balancim.....	25
Figura 13 – Exemplo de Ponte Rolante.....	26
Figura 14 – Edifício Industrial duas águas com cobertura de tesoura e colunas em perfil I	28
Figura 15 – Galpão com duas águas, com viga de ponte rolante, apoiada em coluna com console	29
Figura 16 – Galpão Geminado com quatro águas.....	30
Figura 17 – Exemplos de ligação	31
Figura 18 – Base ligação pilar-fundação	32
Figura 19 – Chapa e chumbadores	32
Figura 20 – Chapa de espera	33
Figura 21 – Processo de Montagem.....	34
Figura 22 – Içamento.....	35
Figura 23 – Pilares engastados na fundação e dois elementos de cobertura	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
NBR	Norma Brasileira

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. GALPÕES PRÉ MOLDADOS.	16
2.1 SISTEMAS ESTRUTURAIS.....	17
2.1.1 Elementos retos	17
2.2 ELEMENTOS COMPOSTOS POR TRECHOS RETOS.....	19
2.3 LIGAÇÕES.....	20
2.3.1 Ligação viga-pilar.....	21
2.3.2 Ligação pilar-fundação.....	22
2.4 FABRICAÇÃO.....	22
2.5 TRANSPORTE.....	24
2.6 MONTAGEM.....	26
3 GALPÕES TRELIÇADOS METÁLICOS	29
3.1 SISTEMAS ESTRUTURAIS.....	28
3.1.1 Duas águas em tesouras e colunas e perfil i.....	28
3.1.2 Pórticos em perfil de alma cheia.....	29
3.1.3 Galpões geminados.....	29
3.2 LIGAÇÕES.....	30
3.2.1 Ligação estrutural.....	31
3.2.2 Ligação pilar-fundação.....	32
3.3 FABRICAÇÃO.....	33
3.4 MONTAGEM.....	33
3.5 TRANSPORTE.....	35
4 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ESTRUTURAS.....	36
4.1 SISTEMA ESTRUTURAL.....	36
4.2 LIGAÇÕES.....	37
4.2.1 Viga-pilar.....	37
4.2.2 Pilar-fundação.....	38
4.3 TRANSPORTE.....	39
4.4 MONTAGEM.....	40
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERÊNCIAS	43

1. INTRODUÇÃO

Desde sempre a sociedade necessita de edificações que sejam capazes de servir para armazenagem e estoques de produtos. Comumente, é possível notar que estas construções estão presentes em vários segmentos como: armazenamento de produtos, alimentos, veículos, oficinas, fábricas, entre outros. Os galpões cobertos são uma forma de suprir esta demanda, e podem ser feitos de várias formas, sendo elas por concreto pré-moldado, estrutura metálica treliçada, estruturas metálicas de alma cheia, estruturas mistas de concreto pré-moldado e treliças, mistas de treliças e alma cheia, estruturas de madeira, entre outros.

Com esse estudo, poderá ter uma nova visão de mercado de trabalho, no momento em que se encontram poucas pessoas qualificadas se destinando a esse rumo de construção, pois é algo que não se trabalha ao decorrer de cursos. E abrindo as oportunidades para esse método construtivo, haverá dois pontos muito positivos para sociedade. Empregando mais trabalhadores para construção e para o manutenção da edificação, e fazendo com que alunos e professores aprofundem conhecimento neste tipo de construção, pois a cada dia se aumenta a produção, e então temos que estar a cada dia mais buscando novas formas novas de elaborar os galpões.

Então para construção de galpões treliçados em aço e de concreto pré-moldado, como decidir a melhor opção construtiva de galpão em função do sistemas estruturais propostos, tendo em vista o que pode ser mais resistente, ter maior duração e o que apresente maior economia?

O objetivo geral do trabalho foi definir uma função custo em relação ao vão para galpões metálicos treliçados em aço e para galpões pré-moldados de concreto armado, onde seus objetivos específicos são: determinar os sistemas construtivos de pré-moldados; analisar e estudar o sistema construtivo de estrutura treliçada em aço, já que pode ocorrer muitas avarias se não houver um conhecimento do material estudado. E estudar estruturalmente os galpões para aplicação dos pórticos considerando todas variáveis constituídas no estudo dos materiais.

Para realização desse estudo, foi-se utilizado para análise e referências de galpão metálico, os livros de Ildony Billey publicado em 1998 Edifícios Industriais em aço, e do Instituto Aço Brasil, Galpões para usos gerais escrito por Zacarias Pravia,

Gilnei Drehmer e Enio Junior, onde foi-se abordadas as estruturas metálicas, métodos construtivo, a eficácia do aço e o que pode deixar a estrutura mais econômica. Já para o pré-fabricado em concreto armado, será utilizado como referência e estudo do livro de Mounir Khalil El Debs de 2007, "Concreto pré-moldado: Fundamentos e aplicações" onde terá o estudo aprofundado para realizar a comparação com a estrutura de aço de autores supracitados.

2. GALPÕES PRÉ MOLDADOS.

Os galpões são elementos destinados ao uso industrial, comercial e agrícola. Geralmente são construções de um único pavimento, que possuem vários tipos de sistemas de construção, sendo os mais usuais de estruturas metálicas (Figura 1) e de elementos pré-fabricados de concreto armado (Figura 2).

Figura 1: Galpão Treliçado Metálico.



Fonte: Grupo ReDraw, (2017).

A estrutura metálica, de acordo com Sales, Sousa e Neves (2001) possui metodologia construtiva própria e desconhecer essa tecnologia leva a adoção de solução incompatível com o sistema estrutural, por isso esse tipo de construção exige conhecimento das potencialidades e das limitações e grande atenção no planejamento e interação desde a concepção de projeto até a finalização da obra.

Figura 2 : Galpão Pré-Moldado.



Fonte: Construtora Cajamar, (2015).

Conforme Bretano (2010), independente do sistema de construção escolhido, os galpões possuem a estrutura muito parecida, sendo os pórticos engastados ou rotulados na fundação, espaçados em distâncias igualmente distribuídas, com

cobertura superior apoiada nas terças que concomitantemente estão apoiadas nos pórticos, podendo apresentar ou não fechamento lateral e frontal.

De acordo com Emrich Melo (2004) as ligações das vigas de cobertura sobre os pilares também são essenciais nos dois sistemas e devem ser muito bem analisadas, pois esta decisão pode afetar diretamente no custo do pórtico, visto que as ligações são responsáveis pela correta distribuição dos esforços.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 9062 (2016) - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado, o concreto pode ser feito de duas formas, o dito pré-moldado (Figura 3). Os elementos pré-moldados são moldados previamente e fora do local de utilização definitiva da estrutura, com o controle de qualidade inferior ao industrial.

Figura 3: Pré-Moldado.



Fonte: Toppremo, (2012).

Já os elementos pré-fabricados são aqueles executados industrialmente, em instalações permanentes destinadas à produção destes, com mão de obra especializada e treinada, controle e teste laboratoriais de matéria prima, processo de cura controlada, feito com auxílio de máquinas industriais, e atendem aos requisitos desta norma, a seguir um pré-fabricado (Figura 4).

Figura 4: Pré-fabricado.



Fonte: Mapa da Obra, (2016).

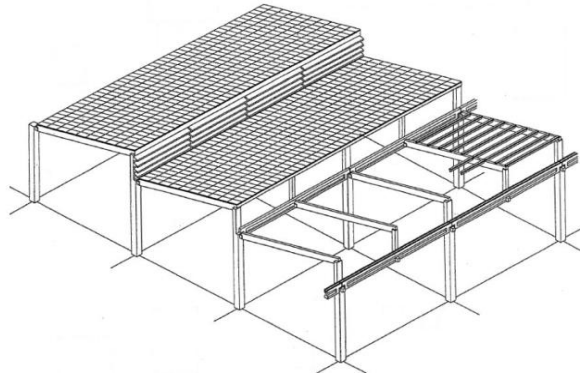
2.1 SISTEMAS ESTRUTURAIS.

Os galpões pré-moldados podem ser feitos de diversas formas e sistemas construtivos variados, e tais sistemas serão abordados a seguir. Segundo Cardoso (2014) pré-moldado tem o aumento da durabilidade da estrutura, uma vez que o concreto possui uma maior resistência à corrosão. Vale salientar que os sistemas mais utilizados para galpões no Brasil são de elementos retos.

2.1.1 Elementos Retos

O sistema com elementos retos (Figura 5) apresentam maior facilidade em todos os processos compreendidos na execução, Segundo El Debs (2017), esse sistema estrutural mostrado consiste em pilares engastados na fundação e vigas simplesmente apoiadas nos pilares, com ou sem o auxílio de consolos. A cobertura mostrada é em CPM. O fechamento pode ser também de painéis pré-moldados

Figura 5: Exemplo de galpão com elementos de eixo reto.



Fonte: El Debs, (2000).

a) Pilares engastados na fundação e vigas articuladas nos pilares

Esta forma é a mais básica (Figura 6), apresentando maior facilidade na fabricação, montagem e realização das ligações, que normalmente podem ser empregados consolos nos pilares e dentes Gerber nas vigas, sendo o mesmo sistema empregado em residências e edifícios de múltiplos pavimentos. Onde segundo Van Acker (2002) esses sistemas pode haver a aplicação de lajes com nervuras protendidas bastante apropriados para grandes vãos e cargas em construções industriais, armazéns, centros de distribuição, etc.

Figura 6: Pilares engastados na fundação e vigas articuladas nos pilares.

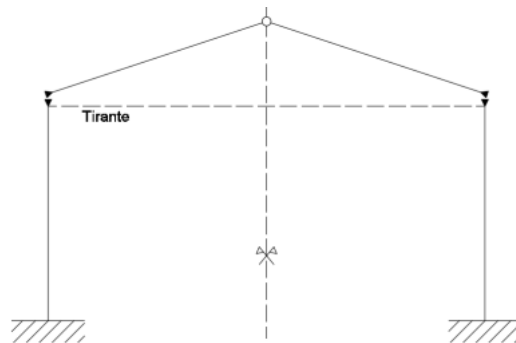


Fonte: Autor.

b) Ligação rígida entre pilares e os dois elementos de cobertura
Também empregada para coberturas inclinadas, este sistema (Figura 7) possui ou não a utilização de tirantes no topo dos pilares. Devido à

necessidade de realizar uma ligação rígida entre os elementos da cobertura e os pilares, este método é menos empregado que o anterior. Segundo El Debs (2000), são consideradas como rígidas aquelas ligações onde é transmitido momento fletor entre os elementos pré-moldados que são unidos. Os pilares podem ser engastados ou apoiados na fundação.

Figura 7: Ligação rígida entre pilares e os dois elementos de cobertura.



Fonte: Autor.

2.2 ELEMENTOS COMPOSTOS POR TRECHOS RETOS.

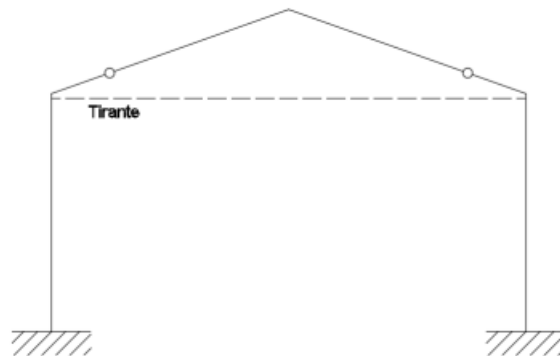
Esta forma, diferentemente dos elementos retos, possui elevada dificuldade de fabricação, transporte e montagem. Segundo El Debs (2000) a utilização de protensão nestes casos também se torna difícil devido a forma dos elementos, podendo ser feito, porém com o custo elevado.

Os elementos citados aqui são apropriados para fabricação em canteiro, devido as suas peculiaridades, onde normalmente em fábricas não há fôrmas com tais características.

- a) Com elementos engastados na fundação e duas articulações na trave

Engastados na fundação, os pilares possuem forma um pouco prolongada, e um elemento de trave articulado nos dois pilares (Figura 8). El Debs (2007) confirma que estas articulações são postas nos locais onde o momento fletor é nulo. Este sistema também é conhecido como lambda. A utilização de tirantes no topo dos pilares é normalmente utilizada, desejando reduzir o peso das peças.

Figura 8: Com elementos engastados na fundação e duas articulações na trave

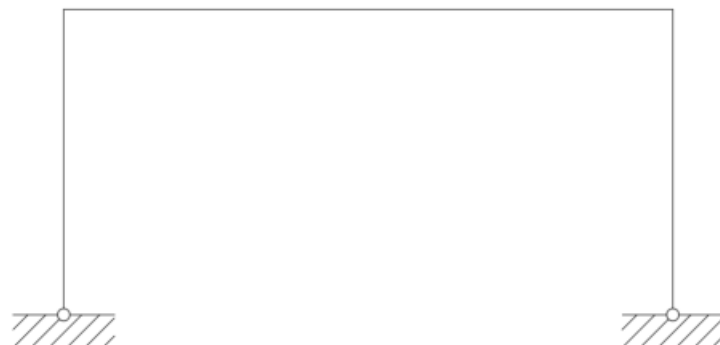


Fonte: Autor.

b) Com elementos em forma de U

Tais elementos englobam os pilares e traves, sendo uma única peça (Figura 9), sem articulações, podendo a fundação ser articulada ou não. As aplicações práticas de tais elementos se restringem à produção em canteiro, com moldagem feita na horizontal. Se for desejado balanços, também podem ser feitos na forma TT. Já que de acordo com Van Acker (2002) os painéis nervurados protendidos em duplo T são caracterizados por sua leveza e por vencerem grandes vãos.

Figura 9: Com elementos em forma de U.



Fonte: Autor.

2.3 LIGAÇÕES.

A análise do comportamento estrutural tem grande importância para o desenvolvimento do sistema construtivo de elementos pré-moldados. A presença das ligações interfere diretamente neste comportamento, pois cada tipo de ligação fará a estrutura se comportar de forma diferente. Segundo Emrich Melo (2004), caso a

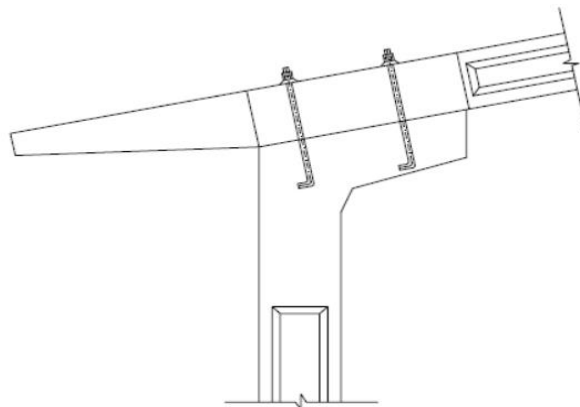
ligação não seja executada conforme o projeto prevê, a estrutura não terá o funcionamento e a capacidade estrutural esperada. Os tipos de ligações são:

- Ligação articulada – não transmite momentos.
- Ligação semirrígida – Transmite parcialmente os momentos fletores.
- Ligação rígida ou engastada – Transmite os momentos fletores.

2.3.1 Ligação Viga-Pilar.

Para Van Acker (2002) a união destes elementos normalmente é considerada pelos projetistas na forma de ligações perfeitamente rígidas ou de ligações perfeitamente articuladas. Este estudo irá abordar apenas a ligação mais utilizada em galpões no Brasil, que é a ligação semirrígida (Figura 10). Esta ligação é feita através do uso de consolo nos pilares e chumbadores de ligação.

Figura 10: Ligação Viga-Pilar.



Fonte: Miotto & El Debs, (2007).

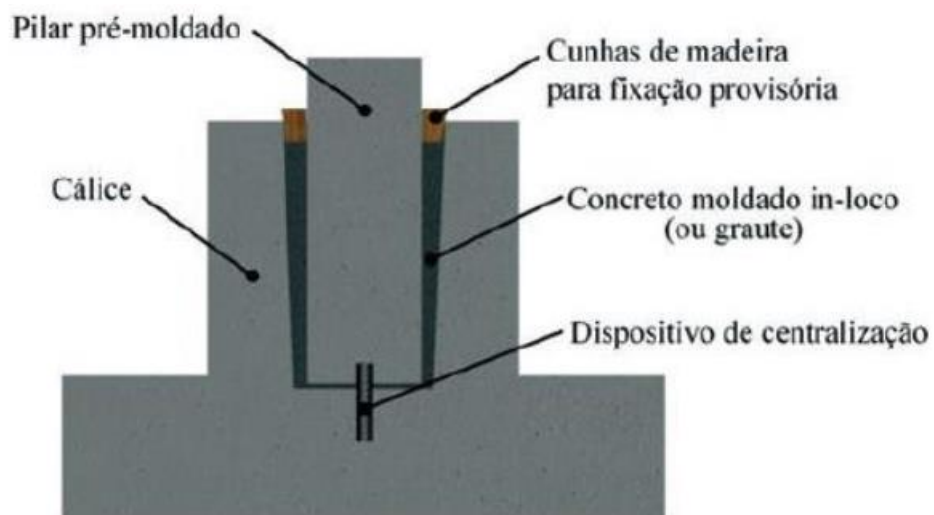
Na fabricação dos pilares são colocados os chumbadores de espera para receber a viga, e concomitantemente são deixados espaços nas vigas para a entrada dos chumbadores. Também pode ser utilizado aparelhos de apoio entre consolo e viga, apesar de causar uma pequena redução na rigidez da ligação, os apoios reduzem a fissuração no local e distribuem melhor as tensões de contato. Através de uma análise feita por Miotto (2007), esta ligação é capaz de transmitir aproximadamente 90% dos momentos fletores em ambos os sentidos de aplicação, apresentando uma rigidez muito próxima de uma ligação perfeitamente rígida.

2.3.2 Ligação Pilar-Fundação.

O método mais utilizado para engastamento dos pilares na fundação é o tipo cálice (Figura 11). Esta forma possui facilidade no seu processo de produção e execução, conferindo um engastamento perfeito ao sistema, ou seja, os momentos serão totalmente distribuídos à fundação. Lindberg & Keronen (1992) desenvolveram um estudo da estabilidade de pórticos pré-moldados de concreto comumente utilizados para a execução de indústrias e galpões comerciais.

Pode ser utilizado em fundação pré-moldada ou fundação moldada in loco, porém, é mais comum a pré-moldagem, recorrendo a utilização de fundação direta (sapata isolada) ou bloco de coroamento sobre estaca.

Figura 11: Ligação Pilar-Fundação.



Fonte: Peralisi & Machado, (2017).

Com a fundação devidamente posicionada e executada, o pilar é colocado dentro do cálice sobre o dispositivo de centralização, então são colocadas cunhas de madeira provisórias no topo do cálice para auxiliar na fixação do mesmo, e o espaço dos lados é preenchido com graute ou concreto simples.

2.4 FABRICAÇÃO.

Em geral, os galpões pré-moldados são feitos industrialmente, ou seja, na verdade são pré-fabricados. A produção dos galpões envolve as seguintes etapas: fabricação do elemento, transporte e armazenamento interno, transporte até a obra, montagem e realização das ligações.

Para a produção com qualidade e em grande escala a ABNT (2017) NBR9062 - determina requisitos básicos a serem seguidos como: desenvolvimentos de projetos, execução e controle de estruturas pré-moldadas de concreto protendido ou armado. El Debs (2000) observa que na execução com fôrma estacionária os trabalhos se desenvolvem em torno das fôrmas, portanto, estas permanecem na mesma posição durante todas as atividades envolvidas nesta etapa de produção. Se fazendo então nas seguintes etapas de produção:

1. Processos preliminares – Posicionar matérias primas, corte, dobra e montagem das armaduras, limpeza e lubrificação das fôrmas.
2. Preparação da fôrma e armadura – Levar armaduras até as fôrmas, colocar elementos complementares como espaçadores, chumbadores, chapas, ganchos de alçamento e outros, e por fim travamento das fôrmas para garantir suas dimensões.
3. Concretagem – Lançamento e adensamento do concreto, o transporte do concreto da betoneira (Betoneira Estacionária) até a fôrma pode ser feito por meio de ponte rolante.
4. Cura – Uma lâmina d'água é deixada sobre a peça em todo o período que o concreto fica na fôrma, até atingir resistência suficiente para ser desformado.
5. Desfôrma – Retirada dos travamentos e cimbramento das fôrmas.
6. Transporte Interno – Retirada da peça da fôrma e transportada até o local de armazenagem.
7. Acabamentos Finais – Inspeção e tratamentos finais.
8. Armazenamento – A peça fica no local adequado até a data de envio à obra.

Geralmente durante o processo de execução de projetos pré-moldados, um dos pontos onde menos é dada atenção é no alçamento, estocagem e transporte. Contudo, para que a peça tenha seu melhor desempenho e não tenha futuras patologias, este estudo é de fundamental importância. El Debs (2000) ressalta que a armazenagem é uma fase importante para que a resistência do concreto atinja seu valor de projeto. O primeiro processo de alçamento se dá na desforma da peça até o local de estoque, por meio de duas ou mais alças posicionadas de acordo com o detalhamento do projeto. O estoque deve ser feito em local apropriado, e no caso de

peças sobre outras, devem ser colocados madeira de apoio em dois ou mais pontos, geralmente são colocadas logo abaixo da posição das alças.

2.5 TRANSPORTE.

Normalmente em casos de elevada produção em indústrias, as peças são desformadas no dia seguinte à concretagem, e como o concreto neste período não adquiriu sua resistência completa, El Debs (2017) cita que na regra geral que se deve ter em mente no manuseio é que os pontos de içamento devem ficar acima do centro de gravidade dos elementos, para que o seu equilíbrio seja estável, para isso alguns dispositivos são utilizados para reduzir o esforço nas peças. Um dos dispositivos mais utilizados são os balancins, que são vigas com ganchos, através de cabos de aço ou cordas ligadas as alças das peças, levam-nas para o estoque ou transporte, na figura 12 pode-se ver um exemplo de balancim.

Figura 12: Exemplo de balancim.



Fonte: S.G.O Equipamento de Elevação de Carga, (2018).

Para o transporte dentro da fábrica, há diversos tipos de equipamentos que podem ser utilizados, como pontes rolantes, pórticos rolantes, monotrinhos e carrinho de rolamento. O mais empregado são as pontes rolantes (Figura 13), pois ela pode ser usada tanto para transporte interno, desfôrma e empilhamento.

Figura 13: Exemplo de Ponte Rolante.



Fonte: Grupo Ventowag, (2018).

Já o transporte externo se refere ao deslocamento dos elementos da fábrica até o local de armazenamento na obra, que pode ser no modal rodoviário, ferroviário ou marítimo, porém, no Brasil é predominante a utilização do modal rodoviário. Os veículos de transporte são os caminhões, carretas e carretas especiais. As carretas especiais são utilizadas para peças muito longas. Para Serra; Oliveira (2003), a abordagem logística deve ser considerada durante todo o desenvolvimento do ciclo de produção do empreendimento, ou seja, da concepção do mesmo à fase de execução.

No transporte rodoviário ocorrem solicitações dinâmicas que podem danificar os elementos, e por segurança dos elementos e dos usuários das rodovias, os elementos devem ser cuidadosamente fixados para o transporte. Com relação aos apoios, são utilizados os mesmos critérios do armazenamento.

Em relação aos custos de transporte, é difícil estabelecer valores, pois este parâmetro depende de vários fatores e circunstâncias. Contudo, em situações normais e sem imprevistos, os custos de transporte correspondem de 5 a 15% do valor total (EL DEBS, 2000).

2.6 MONTAGEM

O procedimento de montagem dos elementos pré-fabricados merece muita atenção, como diz Van Acker (2002) se o detalhe para a ligação não permite o movimento vertical da viga ou da laje, isto pode causar dano na própria ligação, bem como nos elementos. Segundo El Debs (2000), os trabalhos de montagem devem ser objeto de um planejamento, na qual devem ser definidos os equipamentos a serem utilizados, a sequência de montagem das peças, verificando-se as condições de acesso do equipamento. Mesmo que não ocorra o dano, poderão surgir forças nos elementos que não foram intencionadas no projeto, ocasionando deformações indesejadas. Peças sofrem solicitações significativas, e devem ser cuidadosamente observadas para que não ocorram patologias. Segundo Van Acker (2002) a escolha do tipo mais apropriado de equipamento é definida por um número de fatores intervenientes: disponibilidade de mercado, disponibilidade de transporte, facilidade de montagem, custo de serviços, etc. Para a montagem da estrutura, basicamente são operações governadas pelo equipamento de montagem, que variam conforme o porte da estrutura, alguns deste citados por Van Acker (2002) são:

- Autogrúas – Guindastes sobre plataforma móvel, podendo ser sobre pneus ou sobre esteiras, sendo a melhor escolha dependente do solo, espaço e custo.
- Grua de torre – Guindastes de torre, são fixos em um local e geralmente são utilizadas em edifícios altos.
- Grua de pórtico – São pórticos rolantes de grandes dimensões que se movimentam por cima e dos lados da estrutura.
- Derricks – Possui elevada capacidade de carga, porém, sua mobilidade é limitada, sendo utilizada em casos muito específicos.
- Guindastes acoplados a caminhões – São os mais utilizados para estruturas de pequeno porte, possuindo capacidade de carga reduzida, mas possuem elevada mobilidade, sendo empregados para pré-moldados leves.

El Debs (2000) cita que os fatores que interferem na escolha dos equipamentos e sua capacidade são os seguintes:

- Peso, dimensões e raios de içamento.
- Número e frequência de levantamentos.
- Mobilidade e espaços necessários.
- Necessidade de manter elementos no ar por tempos estendidos.
- Condições topográficas de acesso.
- Condições e capacidade do solo.
- Disponibilidade e custo do equipamento.

Também são necessários dispositivos auxiliares de montagem, para alinhamento e prumo de pilares e paredes, escoramento provisório de lajes e painéis e etc. Alguns destes dispositivos são: esticadores, escoras rosqueadas, cabos de aço, cordas, elementos metálicos, parafusos de nivelamento, entre outros.

3 GALPÕES TRELIÇADOS METÁLICOS

Segundo Pravia, Drehmer e Júnior (2010) galpões metálicos são construções horizontais geralmente com apenas um pavimento, os quais são constituídos de pórticos regularmente espaçados com a cobertura apoiada sobre terças e vigas ou tesouras e treliças. Os galpões são construídos para cobrir uma grande área, seja ela voltada para uso comercial ou agrícola, e para isso existe uma variedade de tipos.

Para Bellei (2010), as principais vantagens das estruturas em aço são a alta resistência mecânica do material e o baixo peso quando comparado aos elementos em concreto armado.

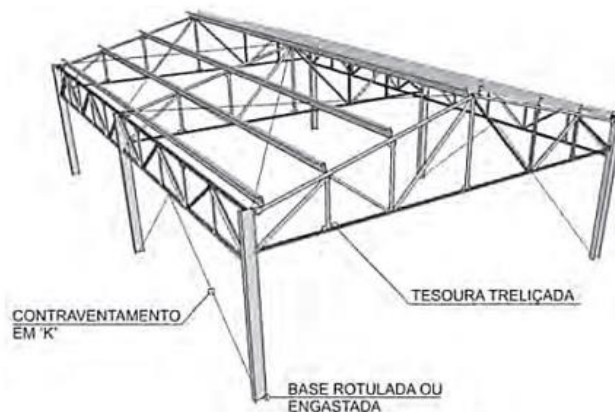
3.1 SISTEMAS ESTRUTURAIS

Segundo Bellei (1998), o aço apresenta muitas vantagens em relação as estruturas, como a alta resistência do material em diversos estados de tensões, uma grande margem de segurança no trabalho, a facilidade no manuseio de montagem e desmontagem e a possibilidade do reaproveitamento do material.

3.1.1 Duas águas em tesouras e colunas em perfil I

A primeira a ser apresentada é a mais simples, onde se trata de uma estrutura de duas águas, utilizando tesouras treliçadas e colunas em perfil I (Figura 14).

Figura 14: Edifício Industrial duas águas com cobertura de tesoura e colunas em perfil I.

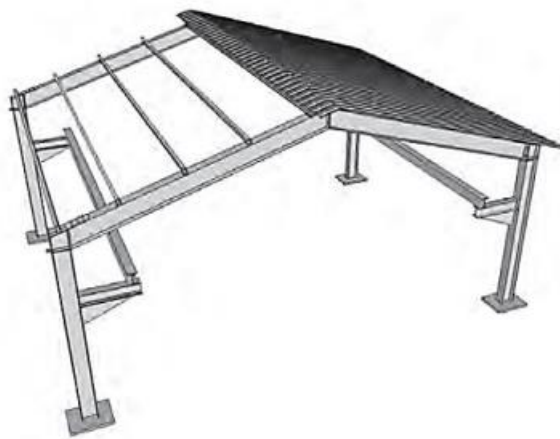


Fonte: Pravia, Drehmer e Júnior (2010).

3.1.2 Pórtico em perfil de alma cheia

A estrutura apresentada na Figura 14, de acordo com Pravia, Drehmer e Júnior (2010) se limita apenas a cobrir uma certa área, caso o galpão seja construído para determinada atividade e necessite de movimentação de carga no seu interior, são necessárias construções de pontes rolantes onde as mesmas são apoiadas em vigas de rolamento (Figura 15).

Figura 15: Galpão com duas águas, com viga de ponte rolante, apoiada em coluna com console.

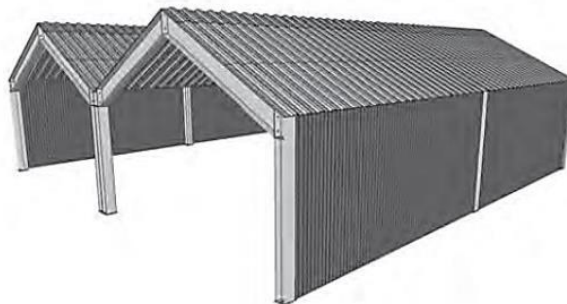


Fonte: Pravia, Drehmer e Júnior (2010).

3.1.3 Galpões Geminados.

Segundo Pravia, Drehmer e Junior (2010), para construções que necessitem cobrir grandes áreas, onde as de vão simples não conseguem atender, uma opção são os galpões de múltiplos vãos como o geminado com quatro águas (Figura 16).

Figura 16: Galpão Geminado com quatro águas.



Fonte: Pravia, Drehmer e Júnior (2010).

3.2 LIGAÇÕES

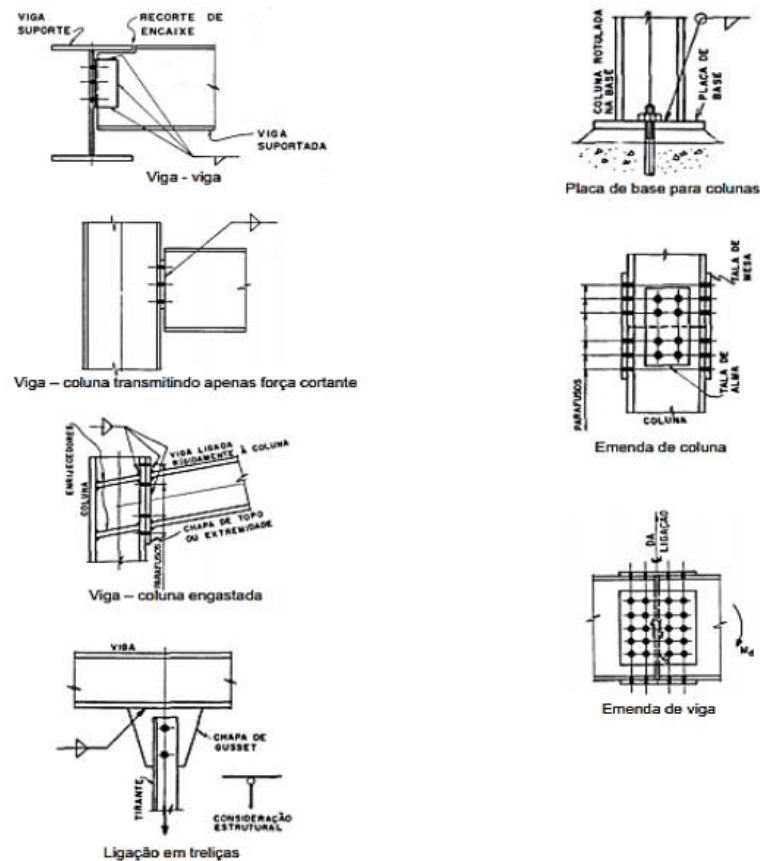
De acordo com Bellei (1998), a facilidade de execução das emendas de campo depende da sua concepção durante a fase de detalhamento, pois é comum verificarem-se ligações de campo mal estudadas, que oneram muito a montagem.

3.2.1 Ligação Estrutural

As ligações em estruturas metálicas podem ser feitas de duas maneiras através de parafusos ou soldas. Alguns exemplos serão apresentados na figura 17. Segundo Pinho (2005), não existe a melhor ligação, comparando parafuso e solda. A escolha do tipo de ligação irá depender da análise de alguns fatores, como o tipo de estrutura que será construída, os equipamentos disponíveis para o processo de fabricação, além das condições de montagem.

Estas ligações devem ser calculadas e dimensionadas de forma que a resistência calculada seja igual ou superior à solicitação de cálculo além de atender os requisitos da NBR 8800:2008.

Figura 17: Exemplos de ligações.

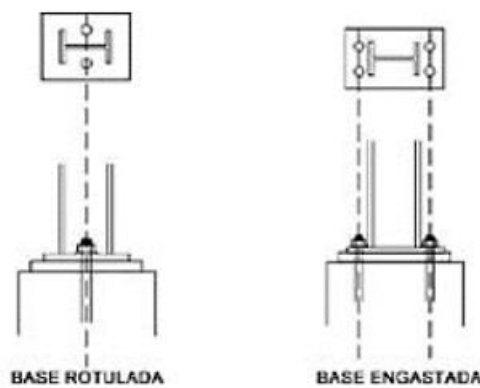


Fonte: Vasconcellos, (2017).

3.2.2 Ligação Pilar – Fundação

De acordo com Vasconcellos (2017) as ligações podem ser feitas de duas maneiras: engastada e rotulada (Figura 18). Na ligação engastada se trata de uma ligação completamente rígida, pois transmite todos os momentos fletores da estrutura para a fundação. A ligação rotulada possui uma menor rigidez, pois não ocorre transmissão de momentos entre as ligações.

Figura 18: Base ligação pilar – fundação.



Fonte: Pinho, (2005).

Já para Pravia (2012), a ligação entre bloco/sapata e pilar metálico é feito através de alguns materiais como chumbadores e chapa de base. Onde as chapas são soldadas na base do pilar e então são chumbados na fundação com o auxílio dos chumbadores (Figura 19).

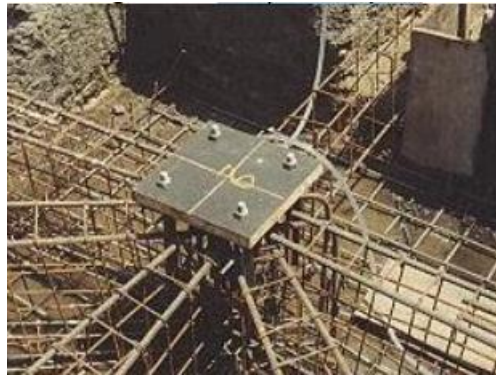
Figura 19: Chapa e chumbadores.



Fonte: Geodactha, (2008).

Também a chapa com chumbadores pode ser colocada junto à armadura do bloco/sapata antes da concretagem do mesmo (Figura 20), garantindo também o engastamento, em seguida à concretagem, o pilar é posicionado sobre a chapa e soldado. Segundo Vasconcellos (2017), quando classificado as ligações em parafusadas ou soldadas, na maioria das vezes, o cálculo da ligação implica na verificação de grupos de parafusos ou de linhas de solda.

Figura 20: Chapa de espera.



Fonte: Portal Metálica, (2012).

3.3 FABRICAÇÃO

Para o processo de fabricação de peças metálicas, primeiramente o cliente ou fabricante deve solicitar a matéria prima através das listas de materiais. As listas de materiais são feitas através dos desenhos de detalhes, pois com esses desenhos as listas de materiais são mais exatas. Porém caso o fabricante não receba os desenhos de detalhes, o mesmo consegue listar os materiais através do projeto de montagem, se bem detalhado.

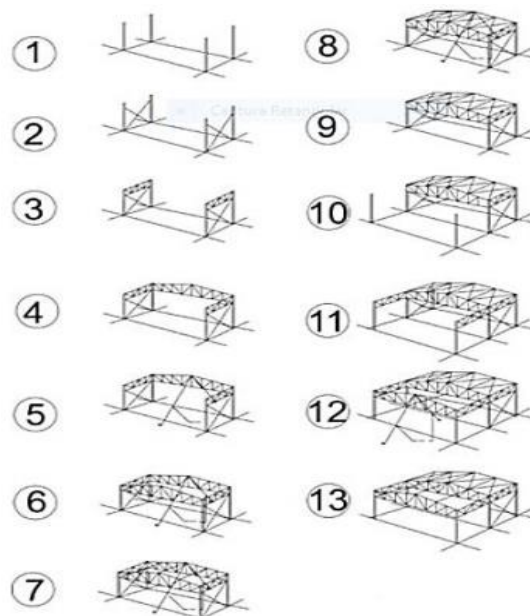
De acordo com Bellei (1998), ao dimensionar e projetar uma determinada obra, o projetista deverá fazê-la com base em uma determinada norma devendo explicitá-la para que as demais etapas de fabricação sigam suas recomendações quanto ao aspecto de execução, tolerância e controle de qualidade. A partir do momento que o fabricante estiver de posse dos materiais, ele dará início a fabricação. A fabricação consiste no corte, dobra, furação, soldagem das chapas e perfis solicitados através das listas de materiais.

3.4 MONTAGEM

O processo de montagem de galpões apresenta uma dificuldade, a estabilidade das peças. Algumas peças dependem de outras para se manterem estáveis, em alguns casos pode haver a necessidade de um segundo guindaste para o auxílio na montagem do galpão. Como as peças são dependentes, em caso de colapso estrutural, a estrutura pode ruir por inteira.

Segundo Pinho (2005), para assegurar uma estabilidade na estrutura durante a montagem deve-se seguir o seguinte processo (Figura 21) com respectivos explicativos de montagem:

Figura 21: Processo de Montagem.



Fonte: Pinho, (2005).

1. Deve-se montar as colunas do vão de contraventamento.
2. Montar os contraventamentos verticais;
3. Montar as vigas de beiral e de fechamento de interligação entre as colunas;
4. Montar a viga de pórtico entre as colunas do primeiro eixo.
5. Estaiar o pórtico.
6. Montar a segunda viga de pórtico;
7. Interligação do primeiro e do segundo pórtico com terças de cobertura
8. Montar os contraventamentos do plano de cobertura;
9. Remoção dos estais, e seguindo repetindo a sequência a seguir:
10. Montar as colunas vizinhas;

11. Montar as vigas de beiral;
12. Montar a viga de pórtico entre colunas;
13. Interligação do núcleo contraventamento com o novo pórtico montando as terças de cobertura.

A montagem dos galpões necessita do deslocamento das peças (pilar, viga beiral, terças e etc.), geralmente feitas por guindastes. Estes deslocamentos são feitos através do içamento destas peças.

De acordo com Bellei (1998), deve-se proceder a verificação da estabilidade lateral das armações e das vigas quando içadas pelo centro, pelas extremidades, ou por outros pontos. O içamento exige alguns itens auxiliares como vigas equalizadoras ou balancins (Figura 22) para evitar a flambagem das peças durante o içamento.

Figura 22: Içamento.



Fonte: Pinho, (2005).

3.5 TRANSPORTE

O transporte é feito tanto na parte de compra da matéria prima quanto na parte de entrega das peças na obra. Segundo Pinho (2005), no Brasil o transporte pode ser feito através de rodovias, ferrovias e hidrovias, porém a mais predominante é a rodoviária, feita por caminhões e carretas, e a ferroviária.

O transporte deve respeitar o peso e comprimento suportados pelo caminhão transportador além de respeitar a lei da balança. A resolução nº 12 (CONTRAM, 1998) estabelece ainda limites máximos de Peso Bruto Total (PTB) e Peso Bruto Transmitido por eixo de veículo.

Conforme afirmação de Bellei (1998), o comprimento máximo das peças não pode passar de 12 metros de comprimento, para assim evitar o transporte especial pois é mais caro em comparação ao transporte normal. Caso a peça passe dos 12 metros, ela pode ser seccionada em partes e ter sua ligação feita “in loco”

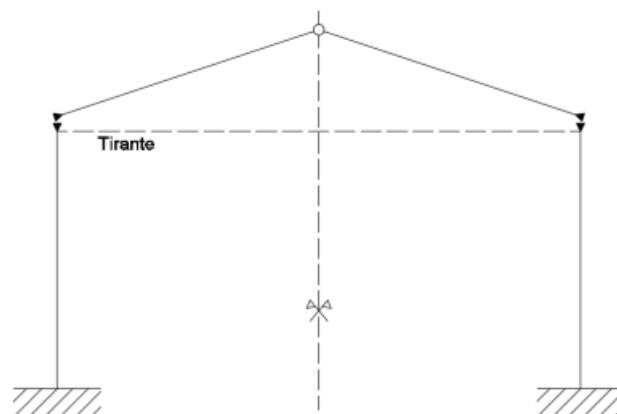
4 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ESTRUTURAS.

Visto nos capítulos anteriores, o estudo dos 2 tipos de estruturas para realizar a análise comparativa entre ambas, no qual um pode apresentar mais vantagem sobre a outra. Segundo El Debs (2000), devem ser verificadas a resistência do perfil, que é feito de acordo com procedimentos empregados nas estruturas metálicas, e a resistência do concreto.

4.1 SISTEMA ESTRUTURAL

Sistema estrutural proposto é de um galpão de vão simples, com duas caídas d'água, simplificando o estudo das ambas estruturas. São pilares engastados na fundação e dois elementos de cobertura rígidos. Seguindo exemplo da figura 23.

Figura 23: Pilares engastados na fundação e dois elementos de coberturas.



Fonte: El Debs, (2000).

De acordo com El Debs (2000), as características que favorecem a utilização de estruturas pré-fabricadas são aquelas relacionadas à execução de parte da estrutura fora do local de utilização definitivo, proporcionando maior produtividade e controle de qualidade mais rigoroso. Porém podem depender de peças fabricadas fora do local de execução, o que pode ocasionar atrasos no andamento da obra.

Segundo Dias (2006) um dos pontos mais importantes que define a escolha desse sistema construtivo de aço é a rapidez de execução quando comparada a outros tipos de estrutura. Quando comparada com outros tipos de estrutura, a

estrutura de aço mostra rapidez e eficiência na fase de montagem, evitando o atraso do início das obras e trazendo retorno imediato do capital investido.

4.2 LIGAÇÕES

De acordo com Prado (2014), as ligações executadas entre os elementos são um aspecto que deve ser observado e planejado ainda na etapa de projeto, pois determinam não só as dimensões dos elementos, mas também o comportamento da estrutura quanto a deslocabilidade e estabilidade, além de ser determinante para a agilidade no processo produtivo e montagem dos elementos. Os pontos mais importante destaca-se a ligação Viga-Pilar e Pilar-Fundação.

4.2.1 Viga-Pilar

De acordo com Miotto (2015) ligações entre os elementos pré-moldados, em geral, não se comportam da forma considerada segura na análise estrutural, onde são idealizadas de maneira a permitir ou impedir completamente os deslocamentos relativos entre os elementos. Em maior ou menor grau, estas ligações apresentam uma certa deformação quando solicitadas. Onde a distribuição dos esforços solicitantes na estrutura pode se afastar, em maior ou menor grau. As ligações que apresentam este comportamento recebem na literatura técnica a denominação de ligações semi-rígidas.

Já com a afirmação de El Debs (2017), as ligações são as partes mais importantes no projeto das estruturas de pré-moldado. Elas são de fundamental importância tanto para a produção da estrutura, quanto para montagem da estrutura e execução das ligações propriamente ditas, como para o comportamento da estrutura finalizada, e ainda para a manutenção. O que pode trazer segurança e satisfação para o cliente.

Para a ligação feita por parafusos na estrutura metálica, Bellei (1998) afirma que durante a montagem, não se deve deformar o material ou alargar o furo. Devem rejeitar os furos com erros grosseiros de coincidência, pois a má instalação, pode comprometer toda estrutura. Então, o correto é realizar o pedido de uma nova peça com os furos determinados pelo projeto.

Já conforme Prado (2014), os consolos metálicos vêm ganhando destaque, pois além de poder substituir os consolos de concreto, o mesmo pode ser mais

resistente para a ligação Viga-Pilar, pois são mais práticos e fáceis de serem executados, e apresentam uma resistência equivalente ou superior a de uma ligação de pré-moldado.

4.2.2 Pilar-Fundação

Conforme afirmação de Pinho (2005), a ligação de Pilar-Fundação do pré-moldado, existem diversos erros de alinhamento, nivelamento, esquadro nas fundações que podem inviabilizar a montagem, exigindo em determinados casos, a execução de novos blocos de fundação, vigas de sustentação, ou até mesmo de estacas. El Debs (2017) afirma que as dificuldades da execução deste tipo de ligação são devidas às necessidades de fazer a ligação tanto do concreto como do aço, pelo fato de o concreto armado ser um material composto, de ter que acomodar as tolerâncias que intervêm nas várias fases e, ainda, pelo fato de o concreto ser um material relativamente frágil. O que pode aumentar o custo da execução do projeto, ficando indesejado pelo cliente.

Uma outra alternativa para manter o alinhamento e evitar erros na execução, é o encaixe por cálice. Onde as paredes Transversais e Longitudinais são as responsáveis pela transferência de esforço proveniente do pilar até a fundação. Após o encaixe, para o prumo e posicionamento do pilar, são utilizadas cunhas de madeiras, como forma temporária de mantê-los centralizados para realizar o preenchimento de grout ou concreto moldado no local. Segundo Cardoso (2014), essa característica construtiva conduz ao aumento da durabilidade da estrutura, mantendo a qualidade da execução e alinhamento do projeto.

A ligação feita do Pilar metálico com a base de concreto, se faz através de parafuso, e de uma maneira simples e prática. Porém durante a concretagem da base da fundação, deve-se atentar ao realizar o posicionamento do parafuso para que não ocorra nenhum problema na hora de realizar a instalação do pilar metálico. De acordo com Pinho (2005), esse tipo de encaixe de base tem a capacidade de resistir, além das forças verticais, aos momentos fletores devidos ao esquema estrutural adotado.

E ainda com uma afirmação de Barroso (2015), essa ligação possui uma vantagem em sua utilização, trazendo um alívio de até 30% em suas fundações e conseqüentemente uma redução do custo da obra. O que apresenta uma grande durabilidade da edificação, baixo custo e manutenção.

4.3 TRANSPORTE

De acordo com a afirmação de Cardoso (2000), a gestão da logística na construção envolve as atividades de planejamento, organização, direção e controle dos fluxos físicos no canteiro de obras e externamente, principalmente relacionado com o fornecimento de suprimentos.

Segundo El Debs (2000), o transporte se torna uma das tarefas mais difíceis da execução, pois podem acarretar atrasos, altos custos por não ser próximo da obra, ou até serem danificados durante o transito de descolamento da fábrica até a obra. Gerando altos gasto para o cliente, e um descontentamento da execução da obra.

Para os pré-moldados, o transporte se torna um item opcional, já que o mesmo pode ser realizado no local de obra. Mas visando executar a obra com qualidade e garantia, os pré-moldados feitos em fábricas, os tornam obrigados a serem transportados.

Segundo Millen (2009), durante a realização de um projeto executivo e do estrutural de um galpão, podem ser identificadas as restrições de transporte que levaram à concepção de pilares duplos interligados, pré-fabricados em três partes que foram posteriormente solidarizados na obra. Isso pode ocasionar vários transportes das peças da estrutura, aumentando os custos logísticos da execução da obra.

O transporte das estruturas metálicas podem apresentar uma grande vantagem quanto os pré-moldados, já que sua estrutura pode ser dividida em várias partes, e assim que descarregado no canteiro de obras, pode se iniciar sua montagem de acordo com projeto proposto pra realizar a execução. Porém, segundo afirmação de Pinho (2005) há limites de transporte rodoviário para determinadas dimensões e peso das partes metálicas, o que pode ocasionar um acionamento alternativo de transporte, como por exemplo o ferroviário. Podendo alterar o cronograma de chegada na obra. Porém ainda, se torna vantajoso por ser um material de rápido e fácil manuseio e montagem.

4.4 MONTAGEM

De acordo com Bellei (1998), a montagem é parte mais importante da obra, onde se vai a colocação das vigas, pilares, fechamentos laterais e cobertura da obra executada. E são utilizados sempre os mesmos tipos de veículos ou instrumentos de içamento de cargas. E todos devem contar com um plano de Rigging.

Para os pré moldados necessitam de guias, munkers ou guindastes com maior força para realizar o içamento, já que o mesmo tem um maior peso em comparação com aço. Com a afirmação de Pinho (2005), cada fabricante fornece tabelas de operação e características de seus equipamentos, que serão objeto de análise para a escolha do equipamento principal de montagem.

Para a estrutura metálica, não se difere nada referente a içamento das peças para realização da montagem da estrutura, já que as mesmas se encontram com as mesmas dimensões, porém com uma pequena diferença de peso. O início da montagem está relacionado com término das fundações, e em alguns casos, a locação dos chumbadores.

Com a afirmação de Bellei (1998), o plano de montagem deve merecer preparação cuidadosa e detalhada, de modo a tornar-se realmente seguro, eficiente e econômico, afim de facilitar ao máximo os trabalhos de campo, e executar com toda segurança possível. Afim de manter o cronograma de montagem e manter o custo sempre em torno do proposto para o cliente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção civil cada dia mais precisa de novos métodos e maneiras construtivas para os galpões, que vem a otimizar a construção, gerando uma rapidez na execução da obra gerando menos gasto de tempo e custo, e aumentando a qualidade da estrutura do projeto executivo e seguindo as normas referentes a estrutura proposta utilizada.

Então, como decidir a melhor opção construtiva de galpão em função dos sistemas estruturais propostos, tendo em vista o que pode ser mais resistente, ter maior duração e o que apresenta maior economia? Apresentando as estruturas, podemos verificar que, as estruturas de pré-moldados apresentam uma grande capacidade de aguentar grandes cargas, e podem obter uma excelente qualidade de execução, porém pode se tratar de um componente mais difícil de se trabalhar durante seu manuseio, pois são peças de grandes cargas, que necessitam de mais trabalho durante içamentos e cuidados durante seu posicionamento durante a montagem, pois pode apresentar falhas se não ocorrer uma boa montagem do componente montado.

A estrutura metálica vem com um objetivo de facilitar e viabilizar a construção de galpões, pois é uma estrutura onde também tem uma resistência enorme para grandes quantidades de cargas e apresenta uma facilidade de manuseio e execução da montagem dos componentes, e uma logística mais viável de transporte do material. E além do mais, a metálica apresenta uma rapidez na execução da obra, já que seus componentes são mais rápidos de serem montados e ligados tanto com a cobertura quanto com a fundação, e apresentam um alinhamento mais eficiente que o pré-moldado, garantindo segurança na execução do projeto.

Logo, pode-se concluir, que a estrutura metálica está sendo muito mais viabilizada para construção, por ter mais vantagem, maior eficiência de execução, uma durabilidade igual ou até superior de uma estrutura de concreto, com um custo mais reduzido de produção, transporte e execução.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800** - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062** : Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré- Moldado. Rio de Janeiro, RJ. 2016.

BARROSO, Paulo André Brasil. **Aplicação de Estruturas Metálicas em Edifícios de Múltiplos Andares**. Fortaleza: Technica, 2015. 6p.

BELLEI, Ildony H. **Edifícios Industriais em aço – Projeto e Cálculo**. Pini. São Paulo. 1998. 2ª Edição.

BELLEI, Ildony H. **Edifícios Industriais em aço – Projeto e Cálculo**. Pini. São Paulo. 2003. 3ª Edição.

BRENTANO, T. **A proteção contra incêndio ao projeto de edificações**. 2º ed. Porto Alegre: T Edições, 2010.

CARDOSO, Silvia Scalzo; GONZALES, Maria Alice. **Identificação de práticas de engenharia simultânea em edifícios estruturados em aço**. In: CONGRESSO AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA. Associação Brasileira da Construção Metálica. São Paulo, 2014.

CONTRAN. **Conselho Nacional de Trânsito**. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=96446#:~:text=Estabelece%20os%20limites%20de%20peso,a%20partir%20de%2001.01.2007.&text=%C2%A7%201%C2%BA>>. Acesso em: 14 Set. 2020.

CONSTRUTORA CAJAMAR. **Galpão pré-moldado**. Disponível em: <<https://br.pinterest.com/pin/605804587348738758/>>. Acesso em: 20 Mar. 2020.

DIAS, Luis Andrade de Mattos. **Estruturas de Aço: Conceitos, Técnicas e Linguagem**. 5ª edição. São Paulo. Zigurate, 2006.

EL DEBS, Mounir Khalil. **CONCRETO PRÉ-MOLDADO: Fundamentos e Aplicações**. 1º. ed. São Carlos, SP: RiMa Artes e Textos, 2000. 437 p.

GEODACTHA. **Engenharia de solos e fundações**. Disponível em: <<http://www.solodactha.com.br/obras/paes1.htm>>. Acessado em 14.Mar.2020.

GRUPO VENTOWAG. **Ponte rolante**. Disponível em: <<http://www.ventowag.com.br/outros-segmentos/ponte-rolante-dupla-viga-work-cj-350.php>>. Acessado em 25.Mar.2020.

MAPA DA OBRA. **Pré-moldado.** Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/pre-moldados-e-pre-fabricados/>>. Acesso em: 23 Mar. 2020.

MELO, C. E. E. **Manual Munte de Projetos em Pré-Fabricados em Concreto.** São Paulo: Editora PINI, 2004.

MILLEN, E.A. **Galpão 5 do Estaleiro Atlântico Sul.** In: 2º. Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-moldado. Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2009.

MIOTTO, A.M. **Ligações viga-pilar de estruturas de concreto pré-moldado: análise com ênfase na deformabilidade ao momento fletor.** 2007. 234p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

PIERALISI, R.; MACHADO, R. D. **Influência do padrão recomendações para o cálculo da coluna conexão de base por soquete conforme ABNT NBR 9062:** 2006. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v.10, 2017.

PINHO, Mauro Ottoboni. **Transporte e Montagem.** Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2005. 144 p. Disponível em: <<http://www.cbcaacobrasil.org.br/site/biblioteca.php?codProdCategoria=7>>. Acesso em: 26.Ago. 2020.

PRADO, L. P. **Ligações de montagem viga-pilar estruturas de concreto pré-moldado** – Estudo de caso. 2014. 234f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Departamento de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

PRAVIA, Zacarias M. Chamberlain et al. **Cálculo de Ligações em Estruturas metálicas.** 2012

PRAVIA, Zacarias M. Chamberlain; DREHMER, Gilnei Artur; JÚNIOR, Enio Masacasa. **Galpões para usos gerais.** 4. ed. Rio de Janeiro: IABr/CBCA, 2010. 74 p. Disponível em: <<http://www.cbcaacobrasil.org.br/site/biblioteca.php?codProdCategoria=7>>. Acesso em: 14.Agos.2020.

S.G.O. **Equipamentos de elevação de cargas.** Disponível em: <<http://sgoequipamentos.com/produto/balancim-travessa/>> . Acesso em 23.Mar.2020.

SALES, U. C.; SOUZA, H. A.; NEVES, F. A. **Mapeamento de problemas na construção industrializada em aço.** Ouro preto, 2001.

VAN ACKER, Arnold. **Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto.** 1. Ed. 2002. Tradução: Marcelo De Araujo Ferreira (ABCIC - 2003).

VASCONCELLOS, Alexandre Luiz. **Ligações em Estruturas Metálicas**. Rio de Janeiro: IABr/CBCA, 2017. 138 p.