

**UNIVERSIDADE TIRADENTES
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ANA FLÁVIA MARIA SANTOS

IONE MARIA CAVALCANTE PAULINO

**PROJETO, FABRICAÇÃO E MONTAGEM DE SISTEMAS ESTRUTURAIS
APORTICADOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO**

Aracaju
2018

ANA FLÁVIA MARIA SANTOS

IONE MARIA CAVALCANTE PAULINO

**PROJETO, FABRICAÇÃO E MONTAGEM DE SISTEMAS ESTRUTURAIS
APORTICADOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade
Tiradentes como um dos pré-
requisitos a obtenção do grau de
bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. Ma. Raquel Alves Cabral Silva

Aracaju

2018

ANA FLÁVIA MARIA SANTOS
IONE MARIA CAVALCANTE PAULINO

PROJETO, FABRICAÇÃO E MONTAGEM DE SISTEMAS ESTRUTURAIS
APORTICADOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade
Tiradentes como um dos pré-
requisitos a obtenção do grau de
bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: _____/_____/_____

Banca Examinadora

Nota _____

Prof^a. Ma. Raquel Alves Cabral Silva
Orientador - UNIT

Nota _____

Prof^a. Ma. Gessyca Menezes Costa
Avaliador interno - UNIT

Nota _____

Prof. Me. Robson Rabelo de Santana
Avaliador interno – UNIT

AGRADECIMENTOS

Com os corações transbordando de gratidão, agradecemos primeiramente Aquele que nos guia, nos mantém fortes e nos mostra o quão amadas somos, o nosso Grande Deus. Obrigada Senhor por esta grande realização em nossas vidas. Glórias e glórias a Ti. Que este trabalho seja pra honra e glória do nosso Senhor Jesus Cristo, que mesmo sem merecermos derramou a sua graça por nós pecadores.

Agradeço em especial à minha mãe que junto a mim, se esforçou para que eu conseguisse concluir essa graduação. Agradeço também ao apoio e as cobranças do meu querido esposo Felipe que sempre me repreendia quando eu voluntariamente estava prestes a cair na procrastinação referente à elaboração deste trabalho. Ao meu Pai Antonio Carlos e aos meus irmãos Paulo e Carla por sempre acreditarem na minha capacidade e por compor esta bela família que Deus me presenteou. Agradeço a minha dupla maravilhosa Ione Maria, que cheia da sua alegria fez esse momento sério se tornar em algo alegre e divertido onde resultou em mais risadas do que dor de cabeça, obrigada amiga, Deus me deu o melhor que foi você. (Ana Flávia)

Agradeço aos meus pais e em especial à minha mãe por todo amor e o alicerce que me manteve no decorrer da minha graduação, como sempre falo essa vitória é nossa! Aos meus irmãos que me preenchem de amor e incentivo em cada etapa da vida. Ao meu porto seguro, meu esposo e meu filho, que entenderam muitas vezes minha ausência e meu tempo corrido, pra mais uma realização minha. Sem esquecer o meu braço forte nessa etapa, minha amiga Ana Flávia, que me mostra o quanto Deus quis nos ver juntas, desde crianças até nossa primeira realização pessoal, sem você essa vitória não seria a mesma. Os amo e tenho toda gratidão do mundo por ter vocês ao meu lado. (Ione Maria)

A nossa orientadora Raquel que com todo amor e compreensão entendeu nossos limites e nos manteve sempre animadas para que a determinação não nos deixasse. Agradecemos todas as reuniões, conselhos e correções deste trabalho tão importante pra nós.

Porque Dele e por Ele,
e para Ele, são todas as coisas;
glória, pois, a Ele eternamente.
Amém. Romanos 11:3

RESUMO

A construção civil vem crescendo cada vez mais e com ela a necessidade de métodos construtivos mais econômicos, rápidos e de alta produtividade. Com isto, o sistema estrutural aporticado de concreto pré-moldado vem se tornando mais frequente na execução de galpões e assim também são atualizadas suas normas de referência. Com base neste crescente desenvolvimento e utilização do método construtivo, a proposta deste trabalho é verificar pontos críticos, exigências e cumprimentos nestas execuções em obras do estado de Sergipe. Foram verificadas 5 obras, localizadas nos municípios de Aracaju, Nossa Senhora do Socorro, Pirambu e Estância, sendo 4 delas aporticadas de modo geminada (duplicação de um pórtico, tornando-as estruturas simétricas), mezanino, tradicional e travada, e uma obra de exemplo esqueleto mista. Visitou-se ainda uma fábrica na cidade de Nossa Senhora do Socorro, com intuito de analisar algumas empresas no ramo e os processos adotados pela mesma. Para cumprimento do objetivo do trabalho, elaborou-se um documento auxiliar, nomeado como *check list*, contendo itens exigidos pela norma de referência para este tipo de construção: a NBR 9062:2017. Esta norma trata de especificações exigidas na elaboração do projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Os resultados obtidos através das visitas, assim como o registro fotográfico das construções, levaram a concluir que, apesar das obras estarem cumprindo majoritariamente o que a norma recomenda, existem anomalias no processo. Como exemplo é possível citar a falta de acabamento nos elementos em montagem, a falta de cumprimento quanto à tolerância em relação ao consolo e à peça, ou seja, serviços que em sua maioria não comprometem a segurança estrutural, mas que podem reduzir a vida útil da estrutura. Em contrapartida, no caso da fábrica, como é grande a demanda da empresa tomada como estudo, alguns itens de norma não são cumpridos, como por exemplo, limpeza das fôrmas e do local de fabricação e a cura do concreto em fábrica após confecção da peça. Por fim, com os resultados, foi gerado um gráfico para melhor visualização das ocorrências nos locais de estudo.

Palavras-chave: Concreto pré-moldado; galpões; estrutura; aporticado; fabricação.

ABSTRACT

Civil construction has been growing more and more, and with it, the need for more economical, fast and high productivity construction methods. With this necessity, the structural system made up of pre-cast concrete has become more frequent in the execution of sheds, and so are its reference standards. Based on this increasing development and use of the constructive method, the purpose of this work is to verify critical points, requirements and compliments in these executions in works of the state of Sergipe. There were 5 works located in the municipalities of Aracaju, Nossa Senhora do Socorro, Pirambu and Estância, 4 of which were built in a semi-detached way (doubling of a portico, making them symmetrical structures), mezzanine, traditional and fenced, and a work example mixed skeleton. A factory was also visited in the city of Nossa Senhora do Socorro, with the purpose of analyzing some companies in the branch, and the processes adopted by it. To fulfill the objective of the work, an auxiliary document, named as check list, containing items required by the reference norm for this type of construction was elaborated: NBR 9062: 2017. This standard deals with specifications required in the design and execution of precast concrete structures. The results obtained through the visits, as well as the photographic registration of the buildings, have led to the conclusion that, although the works are mostly complying with what the standard recommends, there are anomalies in the process. As an example, it is possible to mention the lack of finishing in the elements in assembly, the lack of compliance with regard to the tolerance with respect to the console and the part, that is, services that in the main do not compromise the structural safety, but that can reduce the useful life of the structure. On the other hand, in the case of the factory, since the demand of the company taken as a study is great, some standard items are not fulfilled, for example cleaning of the molds and the place of manufacture, and the curing of the concrete in the factory after making the piece. Finally, with the results, a graph was generated to better visualize the occurrences at the study sites.

Keywords: Sheds; precast concrete; structure; affected; manufacturing.

LISTAS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Viga de cobertura inclinada (h diferentes).....	20
Figura 2 - Estrutura Aporticada.....	20
Figura 3 - Estrutura Aporticada com andar intermediário.....	20
Figura 4 - Estrutura de Esqueleto pré-moldada típica.....	21
Figura 5 - Sistema aporticado com viga contínua sem tirante.....	22
Figura 6 - Vista frontal e seção da viga-tesoura.....	22
Figura 7 - Sistema de eixo reto aporticado com viga contínua sem tirante.....	22
Figura 8 - Estrutura pré-moldada com setas indicando as modulações.....	26
Figura 9 - Principais tipos de ligações em galpão pré-moldado.....	28
Figura 10 - Armaduras salientes.....	29
Figura 11 - Recurso usado para impedir o deslocamento relativo.....	29
Figura 12 - Detalhe da sapata com sistema de cálice.....	31
Figura 13 - Ligação viga-pilar através de consolo.....	31
Figura 14 - Principais tipos de consolos.....	32
Figura 15 - Problemas que podem ocorrer à montagem de uma viga.....	32
Figura 16 - Fluxograma de etapas da fabricação.....	35
Figura 17 - Fôrmas de aço na fábrica.....	37
Figura 18 - Aplicação de desmoldante com o compressor.....	38
Figura 19 - Lançamento do concreto com um “balde grua”.....	40
Figura 20 - Veículos para transporte externo e suas dimensões.....	43
Figura 21 - Transporte de viga pré-moldada com 45 toneladas e 30 metros de comprimento.....	43
Figura 22 - Auto grua.....	45
Figura 23 - Guindaste de derrick.....	56
Figura 24 - Localização da fábrica.....	48
Figura 25 - Acesso da fábrica.....	60
Figura 26 - Acesso da fábrica.....	48
Figura 27 - Localização da Obra 1.....	48
Figura 28 - Localização da Obra 2.....	49
Figura 29 - Localização da Obra 3.....	49
Figura 30 - Localização da obra 4.....	50
Figura 31 - Localização da obra 5.....	50
Figura 32 - Forma retrátil nivelada.....	60
Figura 33 - Forma para as vigas.....	51
Figura 34 - Fôrma das vigas.....	60
Figura 35 - Fôrma dos consolos.....	52
Figura 36 - Armação de galeria pré-moldada.....	61
Figura 37 - Armação de vigas pré-moldadas.....	52
Figura 38 - Elemento em conformidade.....	61
Figura 39 - Elemento em conformidade.....	53
Figura 40 - Ambiente em desconformidade.....	62
Figura 41 - Ambiente em desconformidade.....	54

Figura 42 - Balde grua.....	62
Figura 43 - Balde grua.....	54
Figura 44 - Ponte rolante.....	63
Figura 45 - Máquina de estribo	55
Figura 46 - Fachada do galpão com mezanino.....	64
Figura 47 - Vista do pavimento intermediário	55
Figura 48 - Apoio em análise.....	64
Figura 49 - Apoio em análise	56
Figura 50 - Vista interna do galpão.....	65
Figura 51 - Vista interna do galpão.....	57
Figura 52 - Vigas Apoiadas em consolos.....	66
Figura 53 - Situação das ligações existentes	57
Figura 54 - Vista frontal da estrutura.....	67
Figura 55 - Vista interna da estrutura	58
Figura 56 - Apoio das ligações.....	68
Figura 57 - Apoio das ligações em estrutura existente.....	59
Figura 58 - Vista frontal da estrutura	60
Figura 59 - Ligação entre pilar e viga.....	69
Figura 60 - Ligação entre pilar e viga	61
Figura 61 - Vista frontal da Obra Figura.....	70
Figura 62 - Peças estocadas corretamente.....	71
Figura 63 – Içamento de uma peça.....	62
Figura 64 - Apoio em conformidade.....	71
Figura 65 - Apoio em desconformidade.....	62
Figura 66 - Base para apoio das fôrmas	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais tolerâncias de execução para elementos pré-moldados	33
Tabela 2 - Principais tolerâncias de montagem para elementos pré-moldados	34
Tabela 3 - Diâmetro dos pinos de dobramento	36
Tabela 4 - Tolerância exigida para montagem de pré-moldado	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparação de resultados após análise de aplicação do check list de montagem.....	64
Gráfico 2 – Resultados após análise de aplicação do check list de fabricação.....	65

LISTA DE SIGLA E SÍMBOLO

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
m	Metros.
h	Altura.
MUNTE	Manual Munte de Projetos Em Pré-fabricados de Concreto
FIB	International Federation for Structural Concrete
FVS	Ficha de Verificação de Serviço

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVO GERAL.....	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.3 JUSTIFICATIVA	17
1.4 METODOLOGIA.....	17
1.5 LIMITAÇÕES	18
1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	18
2 PROJETO DE ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO.....	19
2.1 PROJETO	19
2.1.1 Elementos pré-moldados e pré-fabricados	19
2.1.1 Sistemas estruturais em concreto pré-moldado.....	19
2.1.2 Princípios gerais de projeto	23
2.1.3 Vantagens e desvantagens em soluções pré-moldadas	24
2.1.4 Coordenação Modular	25
2.1.5 Padronização.....	26
2.1.6 Desenhos	27
2.1.7 Ligações	27
2.1.8 Tolerâncias e Folgas	32
3 PRODUÇÃO, TRANSPORTE E MONTAGEM DE ESTRUTURA PRÉ-MOLDADA.....	35
3.1 PRODUÇÃO	35
3.1.1 Execução dos elementos	36
3.1.2 Montagem e realização das ligações.....	37
3.2 TRANSPORTE E MONTAGEM	42
3.2.1 Transporte	42
3.2.2 Montagem.....	44
4 METODOLOGIA.....	46
4.1 MATERIAIS UTILIZADOS.....	46
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	46
4.3 OBJETO DE ESTUDO	47
4.3.1 Fábrica de pré-moldado.....	47
4.3.2 Obra 1: Galpão tradicional com mezanino	48

4.3.3	Obra 2: Galpão tradicional geminados	49
4.3.4	Obra 3: Traves planas com vigas retas ou travadas.....	49
4.3.5	Obra 4: Galpão tradicional geminado com pilares de fachada.....	50
4.3.6	Obra 5: Sistema pré-moldado em esqueleto.....	50
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
5.1	RESULTADOS	51
5.1.1	Fábrica de pré-moldado.....	51
5.1.2	Obra 1: Galpão tradicional com mezanino	55
5.1.3	Obra 2: Galpão tradicional geminado	57
5.1.4	Obra 3: Traves planas com vigas retas ou travadas.....	58
5.1.5	Obra 4: Galpão tradicional geminados com pilares de fachada	60
5.1.6	Obra 5: Sistema pré-moldado em esqueleto.....	61
5.2	DISCUSSÕES	63
6	CONCLUSÃO.....	66
	REFERÊNCIAS	67
	APÊNDICE A - Check list de Fabricação.....	69
	APÊNDICE B - Check list de Montagem.....	70

1 INTRODUÇÃO

A construção civil, quando comparada a outros ramos da indústria é considerada atrasada. O motivo está associado ao fato de que, de forma geral, sua produtividade é baixa e com grande desperdício de materiais. Como solução para reduzir este atraso, são utilizadas, por exemplo, técnicas associadas ao uso de peças pré-moldadas de concreto. A aplicação dessas técnicas é definida como concreto pré-moldado, e o sistema formado pelas peças pré-moldadas é denominado de estrutura de concreto pré-moldado. (EL DEBS, 2017)

Nas construções, o concreto pré-moldado pode ser aplicado nas estruturas de edifícios industriais, habitacionais, comerciais, nas redes de drenagem, e também em terminais ferroviários e rodoviários. Salientando-se que o emprego do concreto pré-moldado não se restringe apenas à estrutura principal, podendo também ser aplicado em fechamentos. (EL DEBS, 2017)

A utilização do concreto pré-moldado em construções está diretamente relacionada a uma maneira de edificar econômica, durável, estruturalmente segura e com mobilidade arquitetônica. A indústria de pré-moldados está continuamente empenhada para atender as demandas da sociedade, como por exemplo: economia, eficácia, desempenho técnico, sustentabilidade, redução da mão de obra e segurança. Com o crescimento dos métodos construtivos das edificações e das atividades da engenharia civil, as próximas décadas serão fortemente influenciadas pelo avanço do processo da informação, pela comunicação globalizada, pela industrialização dos setores e pela automação no geral. Esta realidade já pode ser presenciada na Europa. (VAN ACKER, 2002)

De acordo com El Debs (2017) o uso do concreto pré-moldado em estruturas de um pavimento é bastante utilizado em todo o mundo. No Brasil não é diferente, ele vem sendo notado como um líder em relação à quantidade de obras. Suas edificações de um pavimento, em geral, utilizam grandes vãos e são denominados de galpão.

O intuito deste trabalho é expor conceitos, critérios mínimos e filosofias referentes às obras de concreto pré-moldado, utilizando como base a NBR 9062:2017, com o objetivo de explorar esse tipo de sistema construtivo através da elaboração de um *check list*. Neste documento constam os parâmetros mínimos requeridos por norma para que o sistema atenda o especificado referente à qualidade. Para preenchimento do *check list*, foram feitas visitas a cinco obras e a uma fábrica de pré-moldado, onde foi possível avaliar os itens contidos no documento e exibir se essas obras atendem aos critérios mínimos exigidos. Foram elaborados dois tipos de *check list*, o primeiro relativo à fábrica de pré-moldado, onde foram analisados

os itens referentes ao leito das fôrmas utilizadas, a limpeza e aplicação do desmoldante, a montagem e armação do aço, a fixação dos espaçadores, o adensamento do concreto, a cura executada em fábrica, a inexistência de falhas de concretagem e fissuras, a realização de ensaios de compressão axial e a limpeza do ambiente onde as peças são fabricadas.

O segundo *check list* foi utilizado para avaliar as obras, onde foram analisados os itens referentes ao içamento das peças, tolerância entre os apoios consecutivos, a relação entre a verticalidade dos pilares, ao nível dos apoios, a execução das ligações e a aparência da peça.

O resultado da pesquisa foi significativo, onde as obras apresentaram de acordo com a avaliação dos resultados do *check list*, como característica em comum a instalação correta do sistema. Em contrapartida verificou-se anomalias no processo em relação ao acabamento dos elementos e a falta de cumprimento da NBR 9062:2017 aonde se refere à tolerância das peças, não interferindo no seu uso como uma excelente opção na construção civil.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho é apresentar um panorama das obras de concreto pré-moldado no sistema de traves planas aporticadas na construção civil no estado de Sergipe, tendo como base a NBR 9062:2017.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Em relação aos objetivos específicos, pode-se listar:

- a) Fazer uma vasta revisão bibliográfica a respeito do concreto pré-moldado e seus principais sistemas construtivos.
- b) Levantar as principais exigências para execução e fabricação deste tipo de sistema construtivo de acordo com a NBR 9062:2017.
- c) Elaborar dois *Check lists*, um para a fabricação dos elementos pré-moldados de concreto e o outro para montagem e execução do sistema estrutural, com os principais itens das Normas Regulamentadoras, tendo como fundamento principal a NBR 9062:2017.
- d) Avaliar o cumprimento da NBR 9062:2017 através de visitas nas obras e na fábrica de pré-moldado de concreto no estado de Sergipe.
- e) Verificar quais os pontos críticos, ou seja, quais itens as obras e a fábrica apresentam os maiores índices de não conformidades de acordo com a NBR 9062:2017

juntamente à NBR 6118:2014 e quais as principais dificuldades na implantação desse sistema estrutural.

1.3 JUSTIFICATIVA

Este trabalho justifica-se pela ausência de bibliografia sobre os aspectos relevantes durante a etapa de projeto, fabricação e montagem de uma estrutura de concreto pré-moldado. Isto resulta na falta de domínio técnico na aplicação desse sistema na construção civil, apelando para o usual que é o concreto armado convencional.

Outro aspecto importante neste trabalho é a apresentação dos conceitos básicos para o entendimento do que seja o sistema pré-moldado de concreto, com ênfase no aporticado. Embora estejam presentes na NBR 9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado foi percebido em visita *in loco* certa resistência no mercado da construção civil, mesmo com todas as qualidades econômicas, produtivas e de acabamento. Em decorrência do não conhecimento deste método, verificou-se a escassez de obras nos municípios de Sergipe com utilização da técnica construtiva em estudo seguindo a tendência nacional.

1.4 METODOLOGIA

Para satisfazer os objetivos sugeridos neste trabalho, foi utilizado um método explicativo e descritivo alicerçado na pesquisa bibliográfica, usando também a abordagem qualitativa e quantitativa.

Na pesquisa qualitativa, a abordagem foi feita com trabalho de campo e análise de documentos usando como material dois *check lists* criados a partir da NBR 9062:2017, com intuito de avaliar a fabricação e montagem dos elementos pré-moldados no estado de Sergipe. Seguindo o mesmo método de pesquisa, foram verificadas 4 obras aporticadas de modo mista, geminada, mezanino e tradicional, e uma obra de exemplo esqueleto, totalizando 5 obras nos municípios de Aracaju, Pirambu, Estância, e uma fábrica na cidade de Nossa Senhora do Socorro, com intuito alcançar o objetivo deste estudo.

Após recolhimento dos dados resultantes das análises obtidas no objeto de caso, utilizou-se o método quantitativo para elaboração de dois gráficos, sendo um de montagem e outro de fabricação, para demonstrar a porcentagem de conformidades atingidas através do *check list* que tem por base a NBR 9062:2017.

1.5 LIMITAÇÕES

O trabalho abordará prioritariamente as estruturas pré-moldadas de concreto em sistema apertado, devido à limitação do tempo disponível e longas distâncias para percorrer as obras. A escassez de literatura disponível na língua portuguesa também foi uma grande objeção para que outros sistemas fossem abordados.

1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho foi dividido em 07 (sete) capítulos, conforme apresentado a seguir:

Capítulo 01 – Introdução: Neste capítulo constam, a contextualização e justificativa do trabalho, assim como os seus objetivos contemplando também a metodologia utilizada e limitações do trabalho e sua organização.

Capítulo 02 – Projeto de estruturas pré-moldadas de concreto: Serão abordados aspectos relacionados às informações gerais necessárias para a realização de um projeto de estrutura pré-moldada, suas vantagens e desvantagens.

Capítulo 03 – Produção transporte e montagem de estrutura pré-moldada: Neste capítulo, serão abordadas todas as etapas de produção dos elementos pré-moldados.

Capítulo 04 – Metodologia: Tem o intuito de explicitar os métodos explicativo-descritivo, qualitativo e quantitativo sobre o concreto pré-moldado alicerçado nas referências bibliográficas com base na NBR 9062:2017, utilizados para a realização do objeto de estudo.

Capítulo 05 – Objeto de Estudo: Serão abordadas todas as informações coletadas nas visitas técnicas através do preenchimento do *check list* e fotografias extraídas pelo autor.

Capítulo 06 – Resultados e discussões: Análise e descrição dos resultados obtidos através das informações do *check list*, demonstrados a partir de gráficos de percentual de conformidades.

Capítulo 07 – Conclusão: Epílogo do trabalho com as conclusões gerais e análises dos gráficos criados no capítulo 06. .

2 PROJETO DE ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO

Neste capítulo serão abordados aspectos relacionados às informações gerais necessárias para a realização de um projeto de estrutura pré-moldada, abordando inicialmente conceitos fundamentais, princípios, descrição do sistema aporticado e posteriormente dados específicos imprescindíveis para compreensão de um projeto de concreto pré-moldado.

2.1 PROJETO

2.1.1 Elementos pré-moldados e pré-fabricados

De acordo com a NBR 9062:2017, os elementos podem ser pré-moldados ou pré-fabricados. Segundo a mesma, elemento pré-moldado é aquele moldado previamente fora do local de utilização definitiva na estrutura. Já o elemento pré-fabricado é aquele pré-moldado executado industrialmente em instalações permanentes de empresa destinada para este fim. Estas precisam estar em conformidade com as especificações dadas pela norma.

O objeto de estudo deste trabalho é o concreto pré-moldado de fábrica, que é definido como aquele executado em locais fixos distantes do local de execução da obra. O pré-moldado de concreto pode evoluir para o pré-fabricado de acordo com a NBR 9062:2017, sendo seus pré-requisitos o aumento de investimento em equipamentos, fôrmas e o controle da qualidade do concreto em laboratório nas dependências da fábrica. (EL DEBS, 2017)

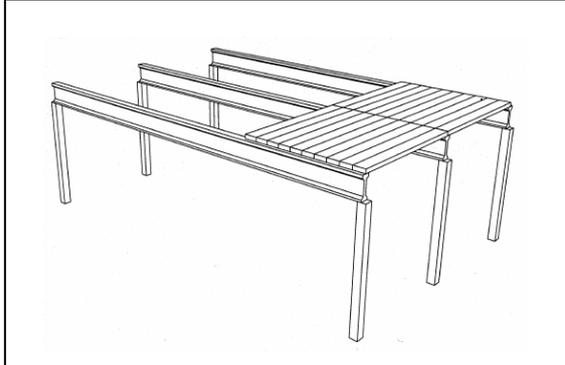
2.1.1 Sistemas estruturais em concreto pré-moldado

De acordo com Santos (2010), os elementos pré-moldados possuem diversos sistemas estruturais. Van Acker (2002) apresenta os mais utilizados para edificações, os quais variam de acordo com a altura e com a função da obra.

Os primeiros sistemas citados são as estruturas de Traves Planas (Aporticadas). Os elementos básicos de uma trave aporticada possui dois pilares e uma viga de cobertura. Os pilares por serem engastados nas fundações, funcionam como uma viga em balanço. A viga é basicamente apoiada nos pilares com ligações simples com chumbadores. Deste modo, uma trave plana é executada para resistir às ações verticais e horizontais. O esqueleto geral de toda a estrutura é constituído por uma série de traves planas.

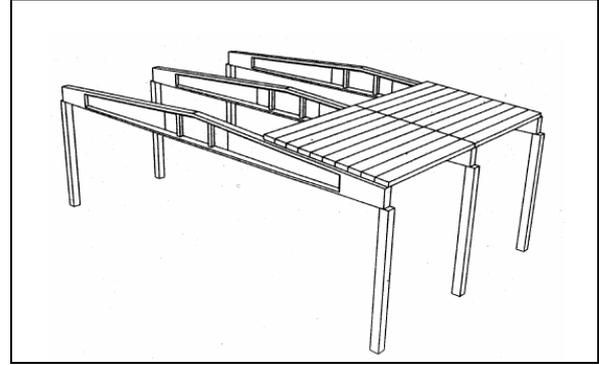
De acordo com Van Acker (2002), essa estrutura pode apresentar as vigas de cobertura em perfil reto como mostra a Figura 1, isto é, quando a viga de cobertura substitui as tesouras por uma viga inclinada de alma cheia ou vazada devido à utilização de pilares com alturas (h) distintas, e com suas posições distanciadas uma das outras, ou com superfície inclinada, conforme Figura 2.

Figura 1- Viga de cobertura inclinada (h diferentes)



Fonte: Van Acker (2002)

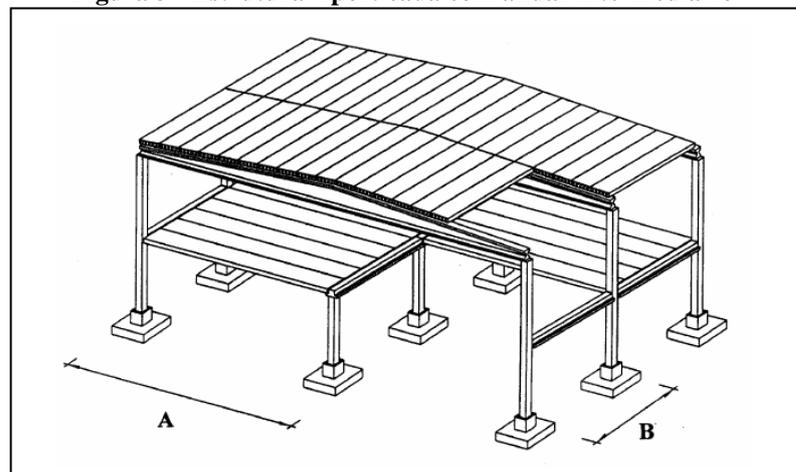
Figura 2 - Estrutura Aporticada



Fonte: Van Acker (2002)

Segundo Van Acker (2002), existem também as estruturas com Traves Planas Aporticadas com Pisos Intermediários. Em construções de apenas um pavimento existe a possibilidade de inserir pisos intermediários na construção. Geralmente, é realizado por meio de uma adição de ligação entre viga-pilar para apoiar as lajes de piso intermediário como apresentado Figura 3.

Figura 3 - Estrutura Aporticada com andar intermediário

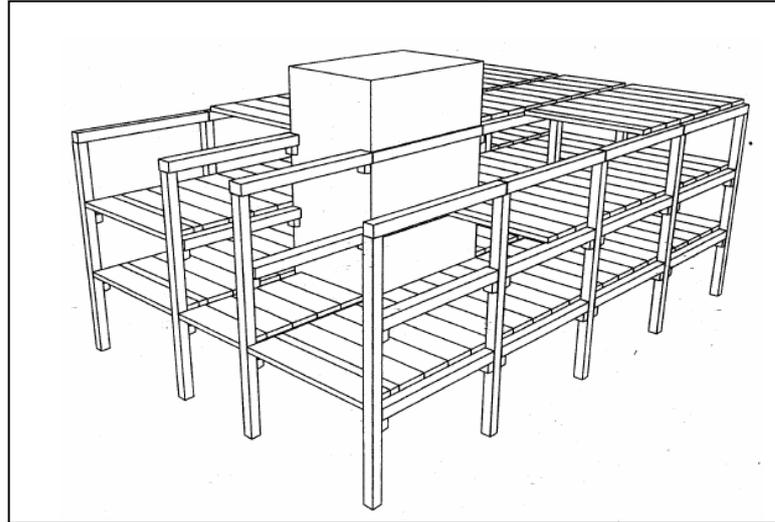


Fonte: Van Acker (2002)

Por fim, cita-se a estrutura de esqueleto pré-moldada. As estruturas de concreto pré-moldado para múltiplos pavimentos possuem os seus elementos de vigas e pilares com

variadas geometrias e tamanhos, elementos de laje para piso e escadas. Esse tipo de sistema é amplamente empregado para construções de até 20 pavimentos ou mais. Para ter mais estabilidade, independentemente do número de pavimentos, esse tipo de estrutura é caracterizado por possuir um elevado número de vigas para contraventamento, como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 - Estrutura de Esqueleto pré-moldada típica



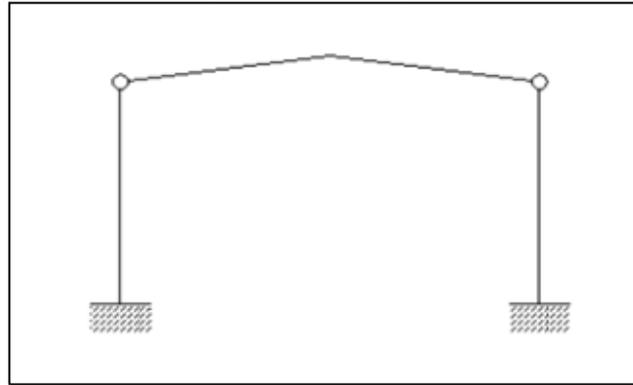
Fonte: Van Acker (2002)

Já El Debs (2007) apresenta como sistema estrutural os elementos de eixo reto, que engloba o sistema aporticado e em esqueleto, sendo definido como uma estrutura que possui elementos de seção variável ou constante, sem grandes aberturas entre os banzos, ou seja, elementos de alma cheia.

A estrutura de eixo reto se destaca por apresentar facilidade durante as suas etapas de produção mesmo sendo pouco favorável no tocante ao relacionamento da distribuição dos esforços solicitantes. (EL DEBS, 2017)

De acordo com Queiros (2007) a forma básica do sistema com elementos de eixo reto é descrita por: pilares com engaste nas sapatas, duas peças de cobertura articulada e viga de cobertura contínua sem tirante, como mostra a Figura 5. Para que seja necessário o uso do tirante são analisados fatores como finalidade, utilização, pé direito e local.

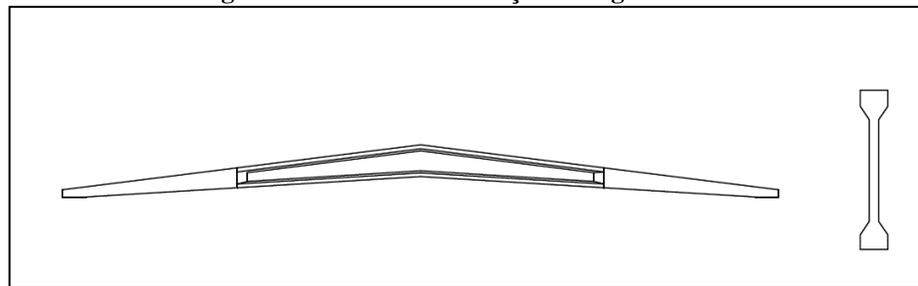
Figura 5 - Sistema aperticado com viga contínua sem tirante



Fonte: Queiros (2007)

De acordo com Silva, Almeida e Silva (2015) o resultado desse tipo de pórtico é um sistema estático que é constituído de vigas-tesoura, conforme Figura 6.

Figura 6 - Vista frontal e seção da viga-tesoura



Fonte: Premollar (2015)

Essas vigas-tesouras são produzidas em diversas seções e geometria, porém, na maioria dos casos, nas suas extremidades, onde ficam apoiadas no pilar, sua seção é maciça para garantir uma resistência ao esforço de cisalhamento, e uma redução na sua seção ao longo da peça, como mostra a Figura 7. A inclinação da viga pode variar de 5% a 12% e o seu maior vão livre é de aproximadamente 25 m. (SILVA, ALMEIDA e SILVA, 2005)

Figura 7 - Sistema de eixo reto aperticado com viga contínua sem tirante



Fonte: Cilel (2018)

2.1.2 Princípios gerais de projeto

A primeira e principal etapa de um projeto é definir a sua modelagem com objetivo de trazer o melhor e mais conveniente modelo para que a execução do projeto se torne o mais próximo possível da realidade, levando-se em consideração as imposições do projeto arquitetônico. Ao contrário do que muitos imaginam o modelo ideal não é o mais rico em detalhes e sim o mais simples, com informações úteis e precisas que satisfaçam a modelagem, apresentando também os desvios em relação à realidade. (MUNTE e MELO, 2007)

É recomendado que as indústrias de pré-moldados facilitem o acesso do projeto à produção, aos seus clientes e respectivos arquitetos e engenheiros e aos demais profissionais envolvidos para que as diretrizes sejam unificadas por toda a equipe, evitando assim possíveis faltas de compatibilização. É necessário que todos fiquem a par dos métodos e sistemas adotados em todas as etapas do projeto, para que se alcance a sua eficiência máxima, principalmente nas fases de fabricação e montagem. Estas duas últimas etapas são aquelas em que não há grande conhecimento dos métodos utilizados por parte dos profissionais. (VAN ACKER, 2002)

El Debs (2017) afirma que no projeto estrutural deve-se prever a compatibilização com o projeto arquitetônico e com os demais projetos complementares como as instalações elétricas, hidráulicas, ar condicionado e entre outros, sendo que é salientada essa previsão porque as improvisações não são compatíveis com o sistema de concreto pré-moldado.

Santos (2010) realça que a principal diferença de análise de estruturas entre o concreto pré-moldado e concreto moldado no local são as situações transitórias e as ligações entre os elementos. Segundo El Debs (2017), no cálculo estrutural das peças pré-moldadas são aplicados os mesmos procedimentos do concreto moldado no local, apenas levando em consideração a existência das ligações. Em relação às situações transitórias, que são as etapas de desmoldagem, transporte, armazenamento e montagem, deverão ser avaliadas e planejadas pela empresa fornecedora do pré-moldado. Isto porque neste tipo de sistema as etapas de transporte e montagem geram cargas nos elementos que não existem no sistema convencional, assim deve haver também um projeto para estas fases.

2.1.3 Vantagens e desvantagens em soluções pré-moldadas

De acordo com Van Acker (2002) existem diversas vantagens em soluções pré-moldadas, entre elas as mais relevantes são as citadas a seguir.

A filosofia de projeto, pois neste tipo de projeto devem-se vencer grandes vãos, possuir um sistema de contraentamento próprio e assegurar a sua integridade e estabilidade estrutural.

Tem-se também as soluções padronizadas quando possível que é um fator de bastante importância no sistema pré-moldado, pois possibilita a repetição e a experiência, assim consequentemente baixando o custo da produção, melhorando a qualidade e trazendo a confiança em quem contrata esse tipo de linha de fabricação. É bom salientar que a padronização não diz respeito apenas às modulações, mas a padronização do sistema de fabricação e montagem.

Outras vantagens do sistema são os detalhes simplificados, assim evitando erros nas etapas, e ainda as pequenas tolerâncias dimensionais, pois os elementos de concreto pré-moldados apresentam diferenças entre as dimensões que não podem ser evitadas durante ou após a sua execução. Essas variações são previstas e admitidas em projeto desde a sua realização. Um exemplo disso são as absorções nas ligações entre as peças pré-moldadas, a necessidade de almofadas de elastômero, resultados de curvaturas e suas diferentes movimentações causadas por expansão térmica ou retrações.

Por fim, a fabricação do concreto pré-moldado é baseada na sua industrialização. Neste processo todas as etapas estão em harmonia com todos os detalhes já especificados em projeto para que não ocorram erros e nem atraso no planejamento da obra.

Em relação às desvantagens, El Debs (2017) enfatiza que elas são decorrentes da locação das peças pré-moldadas nos locais definitivos e a necessidade de realizar as ligações entre todos os elementos para formar a estrutura. Isto acontece por causa do alto custo e limitações do transporte junto com a montagem que se utiliza de veículos pesados para realização. Outra desvantagem é que existem grandes dificuldades na hora de fazer o projeto estrutural, principalmente aos que são iniciantes devido à falta da abordagem do assunto em grande parte dos cursos de graduação em engenharia civil, poucas bibliografias sobre o conteúdo e o comportamento atípico das peças pré-moldadas em relação ao sistema estrutural de múltiplos pavimentos. (SANTOS, 2010)

Além das poucas bibliografias, para a peça pré-moldada se faz necessário levar em consideração as situações transitórias, isto é, as etapas de desmoldagem, transporte, armazenamento e montagem, que apresentam uma desfavorável solicitação em relação às ligações definitivas, salientando que até estas ligações devem ser objeto de verificação para as situações transitórias. (EL DEBS, 2017)

Em relação às ligações das peças pré-moldadas que é um dos cálculos mais importante desse tipo de construção, também não é estudado nos cursos de engenharia, assim desmotivando o profissional a querer buscar esse tipo de método para aperfeiçoamento. (EL DEBS, 2017)

2.1.4 Coordenação Modular

Para que o projeto alcance o sucesso esperado é necessário que ele esteja bem conectado às suas informações geradas e que também sejam determinados alguns fatores intrínsecos na sua fase de execução, um deles é a coordenação modular. (VAN ACKER, 2002)

De acordo com El Debs (2017), a coordenação modular é a relação entre o tamanho das peças pré-moldadas e as medidas da construção através de uma dimensão básica, com o objetivo de originar uma sequência dimensional para a padronização, facilitando a compatibilidade entre os elementos da estrutura e suas respectivas construções. Um exemplo claro é quando um galpão de 20 m de comprimento é dividido em modulações de 5 m para que as suas vigas de contraventamento possuam a mesmas dimensões assim resultando na fabricação das peças em um menor prazo já que as mesmas terão iguais dimensões.

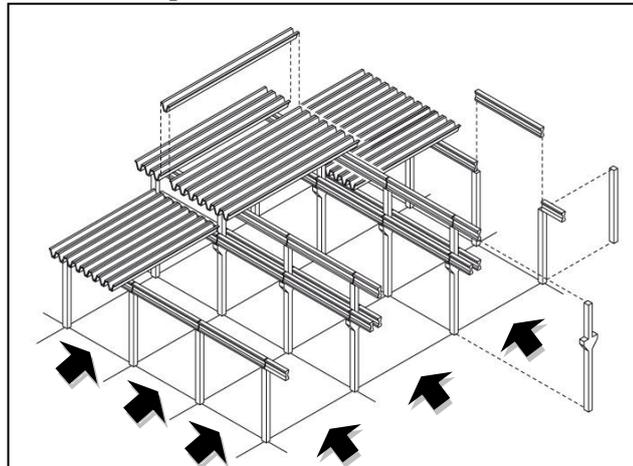
El Debs (2017) enfatiza que a coordenação modular possui diversos benefícios e atributos, entre eles é possível destacar a redução de variações no tamanho dos elementos, a eliminação dos serviços de recorte das peças no canteiro de obra no caso de um desvio fora do padrão de tolerância da NBR 9062:2017, execução da obra com mais agilidade, simplificação da fabricação e montagem das peças.

Van Acker (2002) ressalva que os projetistas devem levar em consideração todas as possibilidades, vantagens, desvantagens e restrições do uso do concreto pré-moldado e que é de suma importância se atentar aos detalhes do projeto, estados de serviços, a produção, transporte e montagem antes de finalizar o projeto do pré-moldado.

A coordenação modular possui sequencias favoráveis quando aplicada corretamente, as principais são: estímulo de uma padronização dos elementos da estrutura, comedimento de adaptações entre os elementos e alternativa de escolha dos componentes semelhantes existentes. Com base no que foi exposto, conclui-se que a coordenação modular denota grande importância para o desenvolvimento industrial da construção, e consequentemente para a pré-fabricação. (EL DEBS, 2017)

A modulação, como ilustra a Figura 8, usualmente é bem definida e padronizada em todos os componentes estruturais, sendo que para viabilidade do concreto pré-moldado o recomendado é uma modulação mínima de 4 m e máxima de 18 m. E em relação aos pilares internos a sua locação geralmente é posicionada no eixo do centro modular. (VAN ACKER, 2002)

Figura 8 - Estrutura pré-moldada com setas indicando as modulações



Fonte: El Debs (2017)

El Debs (2017) afirma que o ideal seria que fosse previsto o uso do concreto pré-moldado desde o início da obra, pois assim é possível a padronização e modulação dos vãos, alturas e cargas, permitindo a máxima eficiência no uso deste sistema construtivo.

2.1.5 Padronização

No concreto pré-moldado a padronização das peças é amplamente adotada pelas fábricas. As empresas de pré-moldados adotam essas padronizações referentes à seção transversal de suas peças e a cada tipo de elemento. Usualmente essas padronizações são feitas em relação à geometria e a seção transversal do elemento variando apenas o seu comprimento. É possível citar como exemplo os pilares que geralmente são adotados com geometria retangular, no caso de galpões pré-moldados, as terças de cobertura que são

adotadas com geometria em forma de “T” e as sapatas no modelo de cálice. (VAN ACKER, 2002)

Esse tipo de sistema possui algumas limitações referentes a comprimentos, cargas e dimensões, porém o comum é que as fôrmas existentes na fábrica atendam as demandas solicitadas pelos clientes que têm o interesse de executar um galpão pré-moldado convencional. (VAN ACKER, 2002)

2.1.6 Desenhos

Segundo a NBR 9062:2017, os desenhos de execução devem possuir formato de acordo com as prescrições desta norma e, além disto, devem se apresentar de forma clara e de fácil entendimento. As dimensões e posições das formas e armaduras devem estar devidamente detalhadas, levando-se em consideração o uso de insertos, aberturas e furos quando estes existirem. Esses desenhos não visam apenas à fabricação e montagem da peça pré-moldada, mas também o controle de fabricação enquanto a sua industrialização.

De acordo com o documento da CEHOP de nº 1.03.07, que trata sobre as estruturas pré-moldadas de concreto, para fácil identificação da peça todo elemento pré-moldado deverá ser enumerado contendo tolerâncias dimensionais, peso, volume e desejado quadro de aço informado no projeto. El Debs (2017) enfatiza que o concreto pré-moldado precisa de desenhos adicionais em relação ao concreto moldado no local, alguns exemplos desses detalhes são: a especificação em projeto da resistência do concreto para transporte e desmoldagem; o detalhamento de todas as tolerâncias além de suas respectivas posições em relação ao armazenamento, transporte e montagem; especificação do içamento das peças e cuidados essenciais para movimentação e transporte;

Além das informações citadas, é necessário ainda que se apresente o detalhe de todas as ligações.

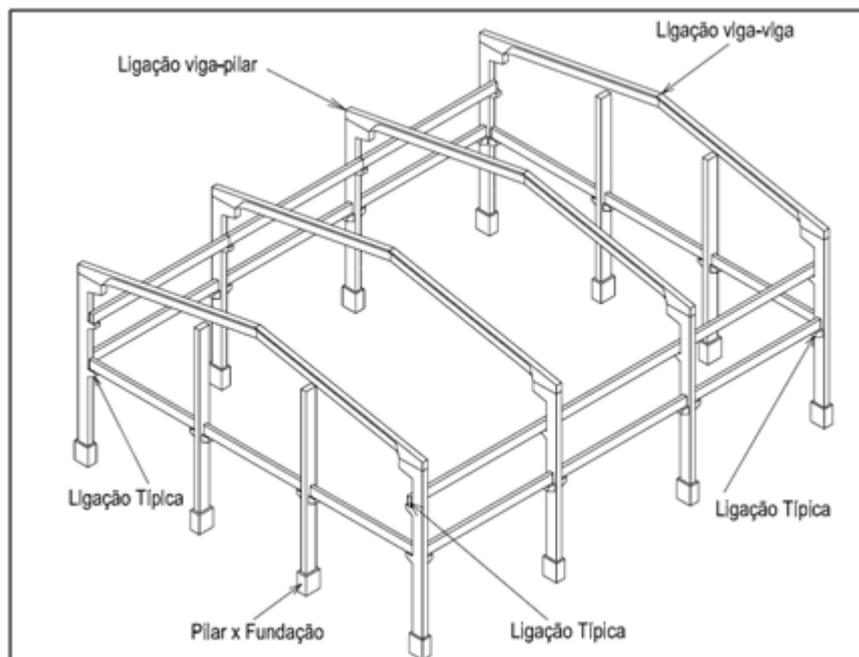
2.1.7 Ligações

As estruturas de concreto pré-moldado têm como característica a facilidade de executar e controlar a qualidade das peças, porém a necessidade de realizar as ligações entre as peças faz com que ela apresente um dos seus maiores problemas. De forma ampla as ligações não pontos cruciais no projeto das estruturas de concreto pré-moldado.

De extrema importância tanto para a produção da estrutura, que é a execução de alguns dos elementos adjacentes às ligações, a montagem do galpão e realização das ligações propriamente ditas também é para o comportamento do galpão finalizado e sua manutenção. (EL DEBS, 2017)

Santos (2010) enfatiza que o projeto estrutural dos galpões e todos os seus elementos de concreto pré-moldado deve considerar com grande relevância todas as ligações existentes em projeto, como mostra a Figura 9. Essa consideração pode se apresentar de duas maneiras, a primeira é em relação à análise e o dimensionamento da própria ligação e a segunda forma é verificando sua influência no comportamento global da estrutura.

Figura 9 - Principais tipos de ligações em galpão pré-moldado



Fonte: Santos (2010)

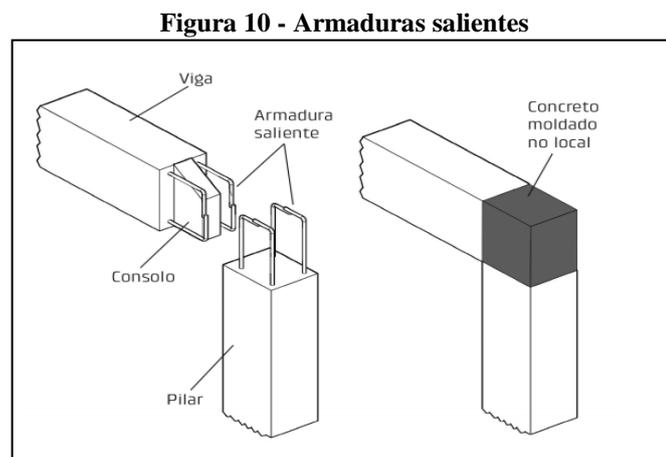
El Debs (2017) relata que para ter uma boa noção referente aos diversos tipos de ligação e para conhecer algumas denominações, existem maneiras práticas de classifica-las. Primeiro pode-se classificar em relação ao tipo de vinculação, ou seja, verificando se a ligação é rígida ou articulada, sendo que a principal diferença entre elas é que nas ligações articuladas o momento fletor não é transmitido, e nas ligações rígidas ele é transmitido.

É possível também classifica-las quanto ao emprego de argamassa e concreto no local, que são as chamadas ligações secas e úmidas, através do esforço principal transmitido, que são as ligações solicitadas (podendo ser por compressão, tração, cisalhamento, momento fletor e momento de torção). Por último quanto ao uso de material de amortecimento, isto é,

ligação dura também conhecida como solda e ligação macia que tem seu material de amortecimento intercalado. (EL DEBS, 2017)

El Debs (2017) relata que existem diversas variedades de recursos que podem ser aplicados às ligações, os mais usuais são:

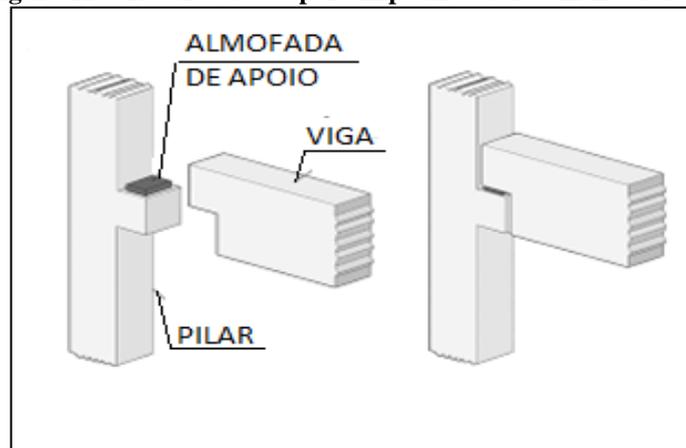
a) Armaduras salientes: após a montagem da peça é executado uma concretagem na ligação com o objetivo de se obter uma ligação rígida, como mostra a Figura 10, porém não é o mais indicado porque exige uma mão de obra no local da montagem.



Fonte: El Debs (2017)

b) Coformação por recortes, encaixes e chaves de cisalhamento, como mostra a Figura 11: conformação das extremidades com os elementos que facilitam a montagem, evitando o deslocamento relativo:

Figura 11 - Recurso usado para impedir o deslocamento relativo



Fonte: Adaptado El Debs (2017)

De acordo com Munte e Melo (2007), existem diversos aspectos para serem levados em consideração, entre eles: ligação pilar-fundação, ligação pilar-viga, ligação viga-laje e ligação laje-pilar.

Neste presente trabalho abordaremos a ligação pilar-fundação e a ligação pilar-viga, por serem os mais utilizados.

2.1.8.1 Ligação pilar-fundação

Queiros (2007) explica que todas as ligações têm como objetivo transmitir os esforços das peças envolvidas, sendo estas projetadas para a transferência das forças verticais, forças horizontais e momentos fletores.

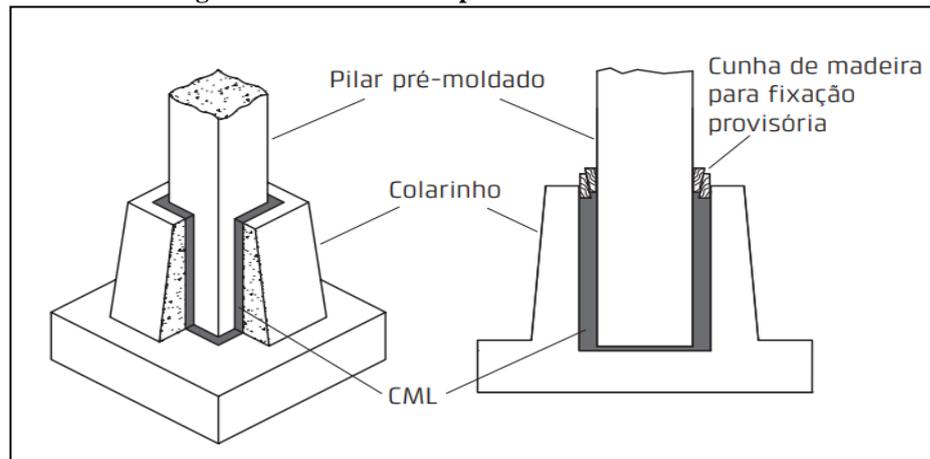
Dentre os tipos de ligação pilar-fundação, a mais usada nos galpões de concreto pré-moldado, de acordo com Queiros (2007) é com a utilização de cálices. Algumas principais vantagens são: a agilidade durante a montagem da estrutura, ajustes facilitados nos desvios de execução, devido a sua menor sensibilidade em relação às imprecisões de projeto, alta capacidade de transmitir as forças normais e momentos fletores com seu comportamento próximo ao de uma ligação monolítica e não necessita de cuidados especiais com agentes corrosivos e com o fogo devido ao fato de não ter armaduras expostas.

Em relação aos pilares, nesse sistema ele é encaixado dentro do bloco, considerando-se para todos os efeitos esta ligação como um engaste perfeito. (MUNTE e MELO, 2007)

Esta ligação por meio de cálice é feita embutindo-se uma parte do pilar, geralmente 1 m (comprimento de embutimento) em uma abertura do cálice de fundação que possibilite o seu encaixe. Após o pilar ser colocado dentro do cálice, a ligação é efetivada com o preenchimento de concreto ou de graute no espaço vazio que é considerado a folga entre o pilar e o colarinho. (QUEIROS, 2007)

De acordo com NBR 9062:2017 o colarinho como mostra da Figura 12, é definido como um tipo de parede saliente do elemento de fundação que fica em torno da entrada da sapata destinada para o encaixe do pilar.

Figura 12 - Detalhe da sapata com sistema de cálice

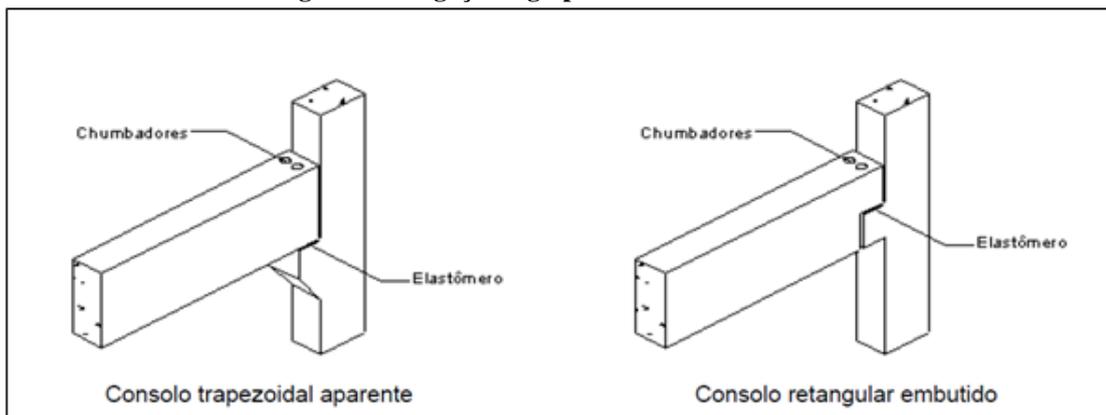


Fonte: El Debs (2017)

2.1.8.2 Ligação pilar-viga

As ligações de vigas em pilares geralmente são feitas em variados pontos do pilar e são comumente realizadas com consolos retos ou trapezoidais, como apresentado na Figura 13, onde são deixados arranques de aço para encaixe das vigas. Suas formas podem ser retangulares ou trapezoidais, aparente e embutida fazendo com que a viga seja continuada em qualquer local da face do pilar. (QUEIROS, 2007)

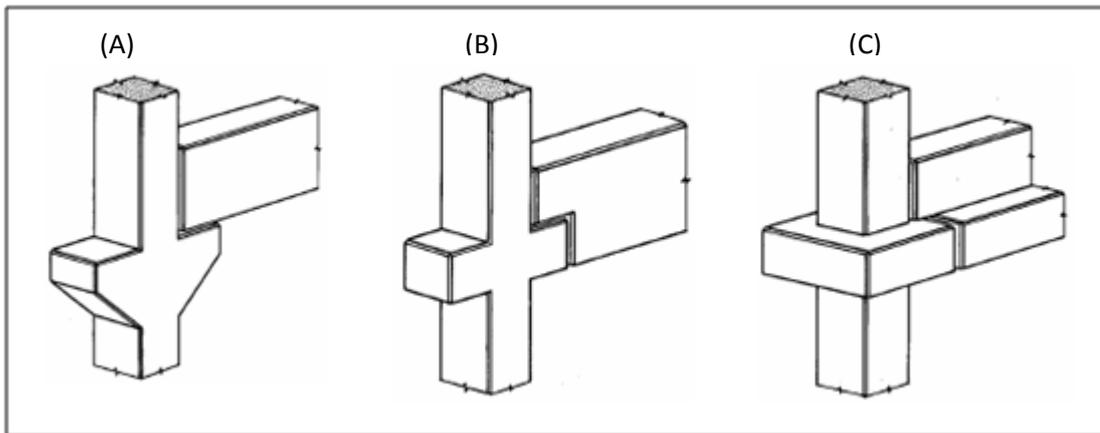
Figura 13 - Ligação viga-pilar através de consolo



Fonte: Queiroz (2007)

El Debs (2017) traz o conceito de consolo como um elemento estrutural existente em pilares e paredes com o objetivo de servir de apoio para outras partes da estrutura ou para cargas de utilização. O consolo do tipo A e B, na Figura 14, são os mais utilizados já o C é pouco requisitado devido a sua complexidade de execução. (VAN ACKER, 2002)

Figura 14 - Principais tipos de consolos



Fonte: Van Acker (2017)

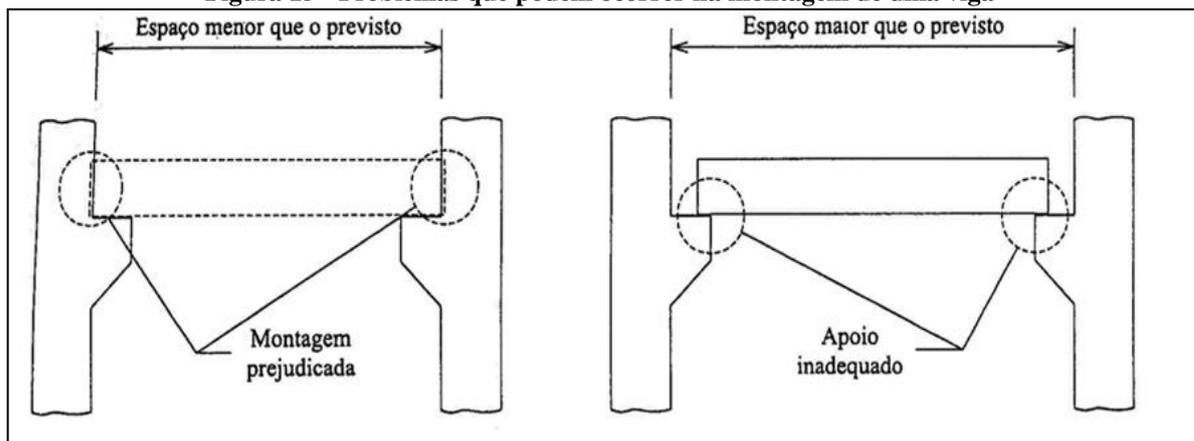
2.1.8 Tolerâncias e Folgas

De acordo com a NBR 9062:2017, as tolerâncias são admitidas na fabricação e montagem. Na fabricação, as variações podem ser em relação às dimensões dos elementos, superfícies não lineares ou não planas, falta de ortogonalidade da seção transversal, ou seja, a falta de verticalidade exata em relação ao prumo das peças, variações na curvatura dos elementos protendidos, posição de insertos, etc. (VAN ACKER, 2002)

Em relação à montagem, estas dizem respeito aos desvios dos eixos e dos níveis no início da mesma. Vale salientar que os desvios de montagem durante o manuseio dos elementos ocorrerão com relação à posição e ao alinhamento entre as peças.

Um dos problemas relatado por El Debs (2017) é que o espaço reservado para a montagem da viga às vezes pode ficar maior ou menor que o necessário, conforme Figura 15, assim resultando na necessidade da correção de corte ou refabricação da peça pré-moldada.

Figura 15 - Problemas que podem ocorrer na montagem de uma viga



Fonte: El Debs (2017)

Na Tabela 1 são apresentadas as principais tolerâncias de fabricação e na Tabela 2 as principais tolerâncias de montagem, segundo a NBR 9062:2017.

Tabela 1 - Principais tolerâncias de execução para elementos pré-moldados
Principais tolerâncias de fabricação

Grupo de elementos pré-moldados	Seção ou dimensão		Tolerância
Pilares, vigas, pórticos e elementos lineares	Comprimento	$L \leq 5$ m	+/- 10 mm
		$5 \text{ m} < L \leq 10$ m	+/- 15 mm
		$L > 10$ m	+/- 20 mm
	Seção transversal		- 5 mm e + 10 mm
	Distorção		+/- 5 mm
	Linearidade		+/- L/1000
Painéis, lajes, escadas, e elementos de placa	Comprimento	$L \leq 5$ m	+/- 10 mm
		$5 \text{ m} < L \leq 10$ m	+/- 15 mm
		$L > 10$ m	+/- 20 mm
	Espessura		- 5 mm, + 10 mm
	Planicidade	$L \leq 5$ m	+/- 3 mm
		$L > 5$ m	+/- L/1000
	Distorção	Largura ou altura ≤ 1 m	+/- 3 mm cada 30 cm
		Largura ou altura > 1 m	+/- 10 mm
Linearidade		+/- L/1000	
Telhas e /ou elementos delgados	Comprimento	$L \leq 5$ m	+/- 10 mm
		$5 \text{ m} < L \leq 10$ m	+/- 15 mm
		$L > 10$ m	+/- 20 mm
	Espessura	$e \leq 50$ mm	- 1 mm e + 5 mm
		$e > 50$ mm	- 3 mm e + 5 mm
	Distorção		+/- 5 mm
	Linearidade		+/- L/1000
Estacas	Comprimento		+/- L/300
	Seção Transversal (ou diâmetro)		+/- 5 %
	Espessura da parede para seções vazadas		+13 / -6 mm
	Linearidade		+/- L/1000

Onde: L é o comprimento do elemento pré-moldado.

Fonte: NBR 9062:2017

Tabela 2 - Principais tolerâncias de montagem para elementos pré-moldados
Principais tolerâncias de montagem

Tolerância para montagem em planta entre apoios consecutivos ¹	+/- 10 mm
Tolerância para locação em planta de pilares	+/- 10 mm
Tolerância em relação à verticalidade	1/300 da altura ≤ 25 mm
Tolerância em relação ao nível dos apoios ²	+/- 10 mm
Tolerância em planta e em elevação para montagem dos pilares	+/- 10 mm
Tolerância em planta para montagem dos blocos pré-moldados sobre a fundação	+/- 40 mm
<p>1) Não podemos exceder ao valor acumulado de 0,1% do comprimento da estrutura</p> <p>2) Não podemos exceder ao valor acumulado de 30 mm, quaisquer que sejam as dimensões longitudinal e transversal da estrutura, exceto para caminhos de rolamento quando esse valor é de 20 mm.</p>	

Fonte: El Debs (2017)

As informações sobre as tolerâncias permitidas podem ser facilmente encontradas nas normas técnicas, nos manuais das associações internacionais de pré-moldados e em catálogos de fabricantes. Em relação às tolerâncias é necessário que alguns conceitos sejam definidos. De acordo com a NBR 9062:2017 o desvio (ou erro) é a diferença entre a dimensão do projeto e a fabricada, já a tolerância é o valor máximo aceito para o desvio.

3 PRODUÇÃO, TRANSPORTE E MONTAGEM DE ESTRUTURA PRÉ-MOLDADA

Neste capítulo serão abordadas as etapas de produção dos elementos pré-moldados, armazenamento em fábrica, sistema de transporte das peças para a obra e a montagem, finalizando assim a execução de uma estrutura pré-moldada.

3.1 PRODUÇÃO

De acordo com El Debs (2017), para a indústria do concreto pré-moldado, a produção abrange todas as fases referentes à fabricação das peças até a realização das ligações definitivas. No pré-moldado de fábrica, a produção possui as etapas de: execução do elemento, transporte da fábrica à obra, montagem e realização das ligações.

Ainda de acordo com o mesmo autor, a execução dos elementos é subdividida em mais três etapas auxiliares: atividades preliminares, execução propriamente dita e atividades posteriores, cada uma seguindo um processo padrão e sequencial. Essa subdivisão refere-se ao armazenamento dos elementos de concreto na obra, incluindo cuidados de manuseio, além de prosseguir com o processo de execução e desmoldagem de todo pré-moldado. O processo de fabricação de modo geral pode ser explicado pelo ciclo presente na Figura 16.

Figura 16 - Fluxograma de etapas da fabricação



Autor: Autoria própria (2018)

3.1.1 Execução dos elementos

As atividades preliminares constituem o início das atividades de execução, com ênfase na preparação dos materiais, incluindo-se nessa fase o armazenamento das matérias-primas, a dosagem e a mistura do concreto, o preparo da armadura e a montagem de todo elemento como diz El Debs (2017).

Para armazenamento de matéria prima em pré-moldado, a atenção é voltada apenas para o aço, desmoldante e a solda. São os únicos materiais necessários em fábrica para confecção da peça, pelo fato do concreto ser usinado da central, levando em consideração que todo cuidado da matéria-prima deve ser executado de maneira correta. Em relação ao aço, segundo a NBR 14931:2014, devem ser tomados os cuidados necessários à manutenção da integridade física durante a manipulação e estocagem principalmente quanto à oxidação do material, seguindo norma específica. O armazenamento do desmoldante deve seguir orientação do fabricante. Já a solda de acordo com a NBR 14931:2004, em caso de ser indispensável à execução, deve estar próxima ao aço para amadura, informando também que o uso de proteção deve garantir a integridade dos mesmos.

De acordo com a NBR 9062:2017, não é permitido amassamento manual do concreto, com isso aplica-se o disposto na NBR 7212:2012 à execução de concreto dosado em central. Obrigatoriamente deve-se existir um controle do material para dosagem e mistura no local da fabricação. O corte das barras da armadura deve atender às indicações do projeto da estrutura, observadas as respectivas tolerâncias. No caso de dobramento das barras, inclusive alças de içamento, deve ser feito respeitando os diâmetros internos de curvatura da Tabela 3. Além disso, todas as barras de aço devem obrigatoriamente ser dobradas a frio e não devem ser dobradas junto às emendas por solda, observando-se uma distância mínima de 10ϕ segundo a NBR 14931:2004.

Bitola (mm)	Tipo de aço		
	CA-25	CA-50	CA-60
$\emptyset \leq 10$	3 \emptyset	3 \emptyset	3 \emptyset
$10 < \emptyset < 20$	4 \emptyset	5 \emptyset	-
$\emptyset \geq 20$	5 \emptyset	8 \emptyset	-

Fonte: NBR 14931:2004

3.1.2 Montagem e realização das ligações

Após realização de todas as atividades preliminares, inicia-se a preparação da fôrma e da armadura. Nesta fase, definida como a execução propriamente dita, está incluída limpeza da fôrma, aplicação do desmoldante, armação e colocação de peças complementares. (EL DEBS, 2017)

3.1.2.1 Fôrmas

As fôrmas precisam ser bem definidas em projeto em relação ao material e sua dimensão. Ao se tratar de material, a fôrma compõe uma grande diversidade quando usada para trabalhar com concreto pré-moldado, podendo ser constituída de aço, madeira, alvenaria e plástico. Em relação a custo, a mais econômica se torna a de madeira, porém como a reutilização das fôrmas é constante e o acabamento das peças deve atender uma qualidade maior, o uso das fôrmas de aço é mais utilizado em fábricas de concreto pré-moldado. (EL DEBS, 2017). Um exemplo deste tipo de fôrma é apresentado na Figura 17.



Fonte: Ipasa (2018)

El Debs (2017) enfatiza que em casos de maiores seções das peças e uma alta precisão na execução, o uso de forma em aço é a mais favorável, divergindo com a de madeira que por sua vez tem um menor custo. Em caso de obras com baixa exigência de precisão, ao fazer troca do material da forma de madeira para de aço, o possível investimento de auto custo não é promissor tendo o retorno financeiro mais retardado que o esperado.

Melhado e Barros (1998) afirmam que a função mais especial das fôrmas para estrutura de concreto pré-moldado não é apenas dar forma ao concreto, mas também envolver

o concreto em estado fresco e mantê-lo inerte até atingir a resistência pedida em projeto e formar uma película de textura e acabamento ao concreto.

Na execução das fôrmas é sugerido evitar cantos vivos ou pontas agudas, pois isto pode danificar a peça no processo de transporte ao local de uso. (EL DEBS, 2017).

De acordo com a NBR 9062:2017, devem ser tomados alguns cuidados durante o uso da forma, realizando a limpeza antes de serem utilizadas, evitando vestígios de material usado anteriormente. O cuidado se estende ao uso do desmoldante que possui uma notável importância no processo de fabricação, pois usado de maneira correta e aplicado por um profissional, evita que o concreto fique retido na fôrma. Sua aplicação deve ser realizada com pincel, compressor como mostra a Figura 18, ou rolo. O mesmo pode ser comprado em lojas especializadas ou feito através de misturas de óleo diesel com óleo queimado.

Figura 18 - Aplicação de desmoldante com o compressor



Fonte: Daldegan (2016)

As fôrmas precisam ser projetadas para suportar a pressão da concretagem e para evitar que exista deslocamento nesse momento, aumentando o risco de a peça não alcançar o resultado desejado.

De acordo com Melhado e Barros (1998) em relação ao custo da obra, as fôrmas apresentam um valor expressivo, que podem chegar a atingir 50% do valor total da construção.

3.1.2.2 Armação

Na fase de armação, são necessários cuidados no corte e dobra dos fios e barras. Os cortes podem ser manual (arco de serra, tesourão), elétrico (policorte) ou hidráulico, exigindo verificações constantes nas dimensões a serem cortadas e seguindo projeto de armação para que nenhuma peça fique fora das especificações. Quando cortada, a armadura é

levada para uma bancada de madeira com pinos para que haja a dobra do material com auxílio de ferramenta específica para este serviço e um profissional treinado. (MELHADO e BARROS, 1998)

Como especificado na NBR 9062:2017, após a dobra da armadura é feito um armazenamento momentâneo, até o transporte que levará o material ao local de uso. A norma solicita que o material precisa ser armazenado de maneira que evite formação de pilhas, pois estas prejudicam a conformação das mesmas, e que seu transporte até o uso seja feito com cuidado. O manuseio e transporte devem ser feitos com meios e dispositivos que garantam a integridade do material e mantenham a posição relativamente correta, bem como seu alinhamento, evitando assim deformações ou ruptura do material.

Depois da fase de corte e dobra da armadura, a armação é inserida na forma, posicionada com ajuda dos espaçadores e seguindo a NBR 9062:2017 que orienta para concretos de elementos pré-moldados, aplicar o estabelecido na NBR 6118:2014 referente ao cobrimento exigido onde será definido em projeto.

3.1.2.3 Concretagem

A NBR 12655:2015 especifica que o concreto dosado em instalações específicas, de acordo com a NBR 7212:2012, deve ser misturado em equipamento estacionário ou em caminhão-betoneira, transportado pelo mesmo ou outro equipamento que consiga realizar a entrega do material antes do início do tempo de pega. No caso de fábrica de pré-moldado, pode-se usar o concreto auto adensável ou convencional.

De acordo com El Debs (2017), o adensamento pode ser com vibrador (agulha, placa ou outros), centrifugação, prensagem ou o auto adensamento feito pelo uso do concreto auto adensável. Este último é atualmente um dos mais utilizados por economia de mão de obra e para evitar o desconforto causado ao profissional na hora da execução. O transporte do concreto em fábrica em sua maioria é feito por uma ponte rolante, que faz o deslocamento de um “balde grua” para toda forma, como mostra a Figura 19.

Figura 19 - Lançamento do concreto com um “balde grua”



Fonte: El Debs (2017)

Como estabelecido pela NBR 12655:2015, a empresa de serviços de concretagem deve assumir a responsabilidade pelo serviço e cumprir as prescrições relativas às etapas de preparo do concreto, bem como as disposições da NBR 7212:2012. A documentação que comprova o cumprimento das normas deve ser disponibilizada para o responsável da obra e arquivada na empresa de serviços de concretagem, sendo preservada durante cinco anos.

Após a escolha da forma de adensamento, o processo deve ser cuidadoso, para que o concreto preencha todos os cantos da fôrma. Durante este processo devem ser tomadas as precauções necessárias para que não se formem ninhos ou haja segregação dos materiais, além disso, o vibrador precisa ser utilizado de maneira correta para que não toque na armação e faça deslocamento da mesma. (EL DEBS, 2017)

Em caso de ocorrência de algum problema na concretagem, que faça o serviço paralisar temporariamente, o concreto cuja consistência não mais permite o adensamento deve ser removido das fôrmas e substituído por concreto fresco. Todo processo de adensamento de concreto precisa atender as NBR 12655:2015 e NBR 14931:2004. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017)

A NORMA ISO 9001:2015 exige que na hora de fabricação de qualquer peça em concreto armado, deve ser feita uma fiscalização do serviço acompanhada por uma FVS (ficha de verificação de serviço).

Para preenchimento de FVS, a NORMA ISO 9001:2015 expõe itens a serem seguidos como: limpeza da forma, armação, concretagem e desforma, e orienta qual equipamento deverá ser utilizado para cada conferência quando for necessário.

Inicialmente verifica-se a limpeza das fôrmas e a aplicação do desmoldante, seguindo para o item de armação, que exige a conferência das barras e espaçadores conforme projeto estrutural.

Na etapa de concretagem deve-se conferir o adensamento do concreto, e colocar alças de içamento nas peças seguindo locais definidos em projeto, para que após o término do tempo de cura, seja possível a realização do içamento da peça.

Quando a quantidade de caminhões a serem lançados, for maior ou igual a dois, orienta-se o uso de rastreabilidade do concreto para que, as peças sejam identificadas após ensaios laboratoriais. Em caso de uma resistência indesejada após conclusão do teste de compressão axial com 28 dias, o projetista estrutural é consultado para análise e possível solução do resultado.

Por fim, na desforma do elemento é verificada a existência de bicheiras ou nichos.

3.1.2.4 Cura do concreto

Para o pré-moldado, faz-se necessário à aceleração de algumas etapas, uma delas é a cura do concreto, que ao acelerar a cura as peças são desmoldadas mais cedo, assim liberando a forma para execução de uma nova peça, seguindo desta forma o ciclo produtivo. Existem três tipos mais utilizados nesse método construtivo, o primeiro é o uso de cura por aspersão que corresponde ao uso de água na superfície mantendo-a úmida, a segunda por imersão, colocando peça em tanques de água e a terceira que é a cura química onde são utilizados aditivos aplicados por compressor. Quando o processo de cura está finalizando, na maioria das vezes entre 5 e 7 dias, é iniciado o processo de desmoldagem. (EL DEBS, 2017)

3.1.2.5 Desmoldagem

A desmoldagem é feita a partir do processo de içamento do elemento, sendo este realizado através de um equipamento que geralmente é uma ponte rolante. A alça da peça é encaixada no equipamento de modo que a retirada da fôrma não danifique o elemento. Se algum ponto ficar com defeito, é solicitado o uso de pasta de cimento para pequenas reparações na peça. (EL DEBS, 2017)

3.2 TRANSPORTE E MONTAGEM

3.2.1 Transporte

O transporte abordado neste trabalho refere-se ao ponto característico de uma estrutura pré-moldada, onde fatores como peso da peça, dimensões e distância percorrida para o seu local final são levados em consideração para a viabilidade desse tipo de sistema. O transporte existe internamente e externamente à fábrica.

3.2.1.1 Transporte Interno

No transporte interno é mais comum o uso de pontes rolantes e pórticos rolantes, pois servem também para uso na desmoldagem. (EL DEBS, 2017)

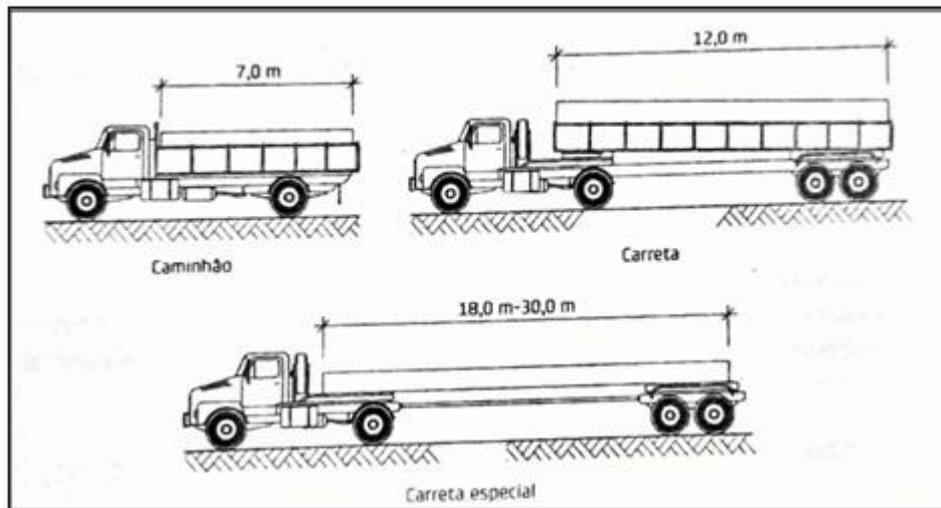
3.2.1.2 Transporte Externo

Segundo El Debs (2017), o transporte externo é conhecido como o deslocamento da peça da fábrica até local de montagem, podendo ser ferroviário, marítimo ou terrestre, a depender da distância de um local ao outro.

Durante o transporte, especialmente rodoviário, existe a possibilidade de advir ações dinâmicas de grande amplitude que podem deteriorar os elementos, sendo assim, até por questões de segurança, realiza-se uma segura fixação das peças nos veículos. (EL DEBS, 2017)

Um dos transportes mais usados é o terrestre ou rodoviário, realizado por carretas, carretas especiais ou caminhões. No caso de locais de grande circulação de veículos, é feita uma programação de trânsito quando necessário para passagem do veículo e suas manobras, assim evitando congestionamento enquanto há descarga do material. A Figura 20 mostra o esquema de como os transportes são utilizados no deslocamento das peças pré-moldadas de concreto. (EL DEBS, 2017)

Figura 20 - Veículos para transporte externo e suas dimensões



Fonte: El Debs (2017)

O acesso da obra tem que ser estudado verificando se é possível a entrada do caminhão e guindaste para a entrega e montagem das peças devido às mesmas em sua maioria possuírem alma cheia, assim resultando em uma maior seção e peso. Algumas limitações para o transporte são explícitas por El Debs (2017), quanto à largura de 2,5m, altura de 4,5 m e comprimento de até 30m, sendo limitada em algumas localidades em até 20m. Em caso de peso da peça, precisa ser referente à carga por eixo do transporte. A Figura 21 mostra um elemento pré-moldado sendo transportado por uma carreta de grande porte.

Figura 21 - Transporte de viga pré-moldada com 45 toneladas e 30 metros de comprimento



Fonte: Empremon (2018)

Por ser um dos mais utilizados, o transporte por terra, precisa seguir as recomendações da NBR 9062:2017, que destaca os cuidados a serem tomados pelo condutor do veículo e pelos profissionais que estão responsáveis pelo manuseio da peça, para que não haja desgaste excessivo do material a partir de seu posicionamento no veículo, exigindo uma ótima fixação da peça para ser transportada.

Em relação à distância máxima que se pode percorrer para que o transporte terrestre seja viável, é difícil estabelecer um valor devido às variações e circunstâncias que compõem os custos para o transporte. Sendo assim, em situações normais é indicado que este valor não ultrapasse de 5% a 15% do valor total da obra. (EL DEBS, 2017)

3.2.2 Montagem

A montagem precisa ser feita por profissionais especializados, e necessita de planejamento o qual envolve a sequência de montagem das peças, os equipamentos que serão utilizados e o acesso até o local onde será montado o elemento, afirma El Debs (2017). Muita das principais vantagens da construção em concreto pré-moldado é relativa à possibilidade do ágil levantamento da estrutura. (VAN ACKER, 2002)

A NBR 9062:2017, exige um responsável pela montagem da peça moldada e que o mesmo seja o autor de um plano de montagem, contendo as sequências das mesmas após avaliação de ligações, juntas e apoios, suportes e escolha dos equipamentos e dispositivos auxiliares. Todo serviço precisa ser feito com segurança e seguindo tolerâncias de montagens.

Na montagem, de princípio é exigida pela NBR 9062:2017 a avaliação prévia de possíveis irregularidades no acesso, sendo isto incluso no plano de montagem. Seguido de todo processo de planejamento deve ser estabelecido uma sequência de juntura, sendo exigida conferência das peças, quanto ao prumo e integridade como um todo. São estabelecidas algumas tolerâncias para montagem de elemento pré-moldado como descrito na Tabela 4, por exigência da NBR 9062:2017.

Tabela 4 - Tolerância exigida para montagem de pré-moldado

a) a tolerância para montagem em planta é de $\pm 1,0$ cm entre apoios consecutivos, não podendo exceder ao valor acumulado de 0,1% do comprimento da estrutura;
b) a tolerância em relação à verticalidade é de $\pm 1/300$ da altura até o máximo de 2,5 cm;
c) a tolerância em relação ao nível dos apoios é de $\pm 1,0$ cm, não podendo exceder ao valor acumulado de 3,0 cm, quaisquer que sejam as dimensões longitudinal e transversal da estrutura, exceto para caminhos de rolamento, quando este valor é de 2,0 cm;
d) a tolerância em planta e em elevação para montagem dos pilares é de $\pm 1,0$ cm;
e) a tolerância em planta para montagem dos blocos pré-moldados sobre a fundação é de $\pm 5,0$ cm;
f) na montagem de elementos que tenham um contorno justaposto a um contorno semelhante, a tolerância de justaposição é de $\pm 2,0$ cm.

Fonte: NBR 9062:2017

Na fase de montagem pode ser necessário o uso de escoras ou ligações provisórias, para assegurar a imobilidade dos elementos singular ou agrupados afirma El Debs (2017).

Seguindo o mesmo autor, o processo de montagem segue sempre um mesmo padrão e sequência:

- Escavação para a fundação;
- Montagem das sapatas;
- Montagem dos pilares
- Montagem de vigas e arcos;
- Montagem de painéis de paredes;
- Montagem de lajes.

3.2.2.1 Equipamentos para uso de montagem

Os equipamentos para a fase de montagem é dividido em uso comum e uso restrito como estabelecido por El Debs (2017). No uso comum, é utilizado a auto grua e o guindaste de torre onde a auto grua como mostra a Figura 22, tem como única restrição à limitação em caso de altas edificações, o que diferencia do guindaste de torre, que é normalmente usado em edificações altas.

E em relação ao uso restrito, usa-se o guindaste derrick e o guindaste de pórtico. O guindaste derrick como mostra a Figura 23, possui grande capacidade de carga, porém sua mobilidade é pequena, assim sendo indicado apenas para casos muito específicos. Já o guindaste de pórtico, equivale a um pórtico rolante de grandes dimensões com passagem por cima e por fora da construção para a etapa de montagem.

Figura 22 - Auto grua



Fonte: Amarnave (2018)

Figura 23 - Guindaste de derrick



Fonte: Direct Industry (2018)

4 METODOLOGIA

Com o intuito de atingir o objetivo descrito neste trabalho, adotou-se uma metodologia explicativa, descritiva, qualitativa e quantitativa sobre concreto pré-moldado, alicerçado nas referências bibliográficas tendo ênfase e base principal nas normas da ABNT.

Em meio a diversos sistemas de estrutura de concreto pré-moldado, focou-se o estudo no sistema aporticado, enfatizando as análises em galpões por estes serem usuais nos municípios de Sergipe.

4.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Para visualização dos projetos foi utilizado o *AutoCAD* e um acervo de elementos liberados por uma empresa especializada em fabricação de pré-moldado. Como estratégia de pesquisa, foram elaborados dois *check lists*, baseados na norma brasileira NBR 9062:2017. Estes documentos, contidos nos apêndices A e B do presente trabalho, foram levados às visitas para registro das informações pertinente às obras e fábricas analisadas. Toda visita técnica foi registrada por câmera fotográfica.

O primeiro *check list* contém 13 itens e é referente à fabricação das peças, com sua aplicação na fábrica de pré-moldados e o segundo, com 7 itens, referente às etapas de montagem, aplicado nas obras visitadas. Na concepção, buscou-se abranger, de maneira geral, os elementos principais relacionados à fabricação e montagem das peças pré-moldadas.

Para coleta de dados foram realizadas visitas em 1 fábrica e 5 obras, localizadas nos municípios de Aracaju, Nossa Senhora do Socorro, Pirambu e Estância, nos meses de outubro a novembro de 2018.

O intuito principal das visitas e das análises realizadas foi verificar se as etapas da produção atendem ou não os parâmetros da NBR 9062:2017, sendo viabilizado assim tabular as principais falhas encontradas neste processo construtivo.

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O mecanismo de pesquisa utilizado para realizar o levantamento do nível de cumprimento da NBR 9062:2017 na fábrica e nas obras, compreendeu as seguintes etapas: elaboração do *check list*, aplicação do *check list*, tabulação e análise dos resultados.

O responsável que acompanhava todas as visitas como representante da obra/empresa, era o encarregado ou engenheiro, que tem conhecimento das normas técnicas e procedimentos aplicados à produção de estrutura pré-moldada.

As obras visitadas encontravam-se nos mais diversos estágios como já finalizada, montada, ou durante a fase de locação e montagem. As pesquisadoras percorreram todo canteiro de obra verificando os itens presentes no *check list* para serem avaliados. Durante algumas visitas aos canteiros também foram documentados, através de registro fotográfico, as conformidades e não conformidades de acordo com a NBR 9062:2017.

Como informação adicional, também foi visitada uma obra em sistema de concreto pré-moldado em esqueleto para enriquecimento do conteúdo e aplicação dos métodos de avaliação.

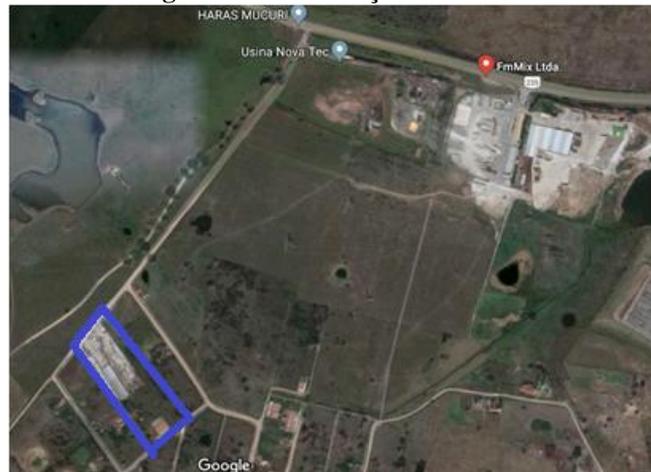
Vale ressaltar que todas as informações registradas atende aos itens dispostos nos documentos contidos nos Apêndices A e B.

4.3 OBJETO DE ESTUDO

Para o desenvolvimento deste trabalho foi proposta uma visita técnica a uma fábrica de pré-moldado de concreto e a cinco obras, sendo estas, quatro que utilizaram o sistema aporticado e uma de sistema em esqueleto como conhecimento adicional, todas no estado de Sergipe. Todas as visitas foram autorizadas pela empresa de pré-moldado. Nos subitens a seguir serão apresentados todos locais de estudo.

4.3.1 Fábrica de pré-moldado

A fábrica de pré-moldado visitada fica situada no loteamento Jardim Vila Ney na cidade de Nossa Senhora do Socorro em Sergipe (Figura 24, demarcado de azul), de pequeno/médio porte, tem como ênfase o sistema aporticado e em esqueleto de estruturas pré-moldadas, além da fabricação de abrigos para garagem e galerias de drenagem. As Figuras 25 e 26 mostram o acesso da fábrica para a linha de produção.

Figura 24 - Localização da fábrica

Fonte: Google Maps (2018)

Figura 25 - Acesso da fábrica

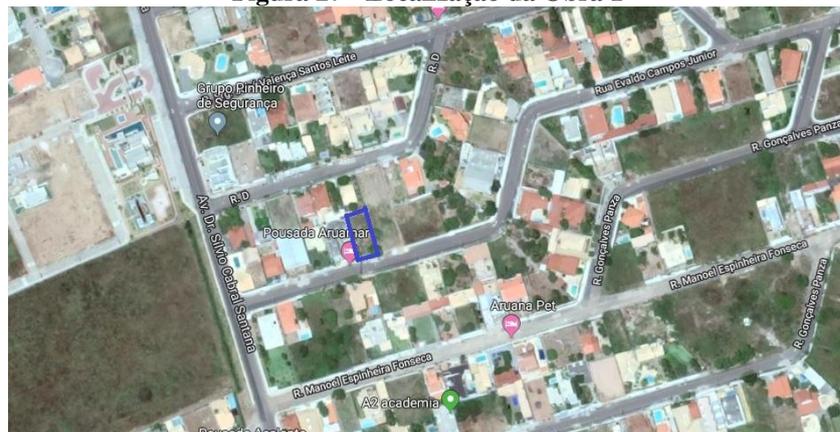
Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 26 - Acesso da fábrica

Fonte: Autoria Própria (2018)

4.3.2 Obra 1: Galpão tradicional com mezanino

A primeira obra visitada, fica situada na Rua Evaldo Campos Júnior, nº600, no bairro Aruana na zona de expansão, na cidade de Aracaju/SE como mostra a Figura 27, demarcado de azul.

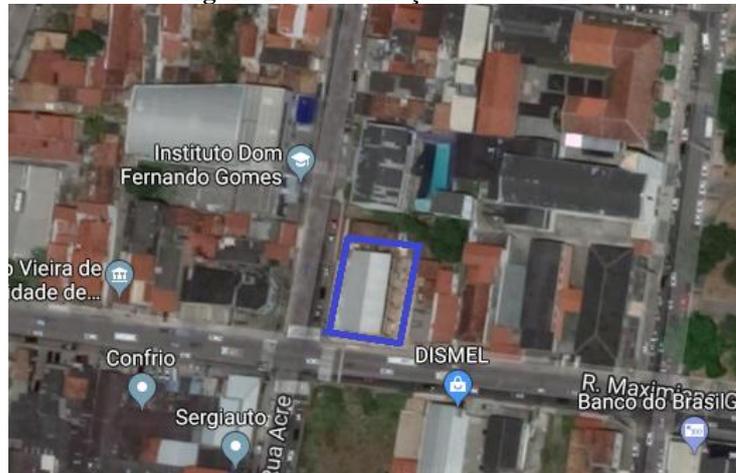
Figura 27 - Localização da Obra 1

Fonte: Google Maps (2018)

4.3.3 Obra 2: Galpão tradicional geminados

A segunda obra visitada, fica situada na Rua Santa Catarina, nº 684 no bairro Siqueira Campos, na cidade de Aracaju/SE (Figura 28, demarcado de azul).

Figura 28 - Localização da Obra 2



Fonte: Google Maps (2018)

4.3.4 Obra 3: Traves planas com vigas retas ou travadas

A terceira obra visitada, fica situada na Praça do mercado municipal de Pirambu/SE (Figura 29, marcado de azul).

Figura 29 - Localização da Obra 3



Fonte: Google Maps (2018)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, relata-se o desenvolvimento geral da pesquisa realizada em campo, usando como estratégia de recolhimento de informações, com base no *check list*, realizando acompanhamento junto a profissionais encarregados da fábrica e das obras visitadas, todas situadas no estado de Sergipe.

No *check list* foram avaliados os itens e os subitens, no intuito de que toda fábrica e obra, preenchesse como conformidade os mesmos. Sendo contraditória ao que a norma pede, o item era considerado como em desacordo ou não conformidade.

5.1 RESULTADOS

5.1.1 Fábrica de pré-moldado

As pesquisadoras percorreram toda a fábrica a fim de preencher os itens do *check-list* que consta no Apêndice A, para verificar se esta atende ou não os parâmetros mínimos requisitados. O item 1 a ser analisado foi referente ao leito das fôrmas, como mostram as Figuras 32 e 33. O material utilizado pela fábrica é o aço e as superfícies das fôrmas estavam niveladas, encontrando-se em conformidade. Segundo El Debs (2017), as formas possuem uma importância notável devido a mesma determinar a qualidade e produtividade do elemento pré-moldado.

Figura 32 - Forma retrátil nivelada



Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 33 - Forma para as vigas



Fonte: Autoria Própria (2018)

No item 2 foi analisada a limpeza da fôrma com sua respectiva aplicação do desmoldante, a montagem da armação e a fixação dos espaçadores. Referente à limpeza, a

fábrica não está em conformidade em todas as fôrmas, contradizendo a norma. Foi observado um excesso de material retido na desmoldagem, como mostra a Figura 34, já na Figura 35 é possível notar que a fôrma está em conformidade. O recomendado é que todas as fôrmas estejam limpas para evitar que as sobras de outras desmoldagens resultem em vazios e defeitos nas peças pré-moldadas.

Figura 34 - Fôrma das vigas



Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 35 - Fôrma dos consolos



Fonte: Autoria Própria (2018)

A aplicação do desmoldante encontrava-se em conformidade, pois era utilizado óleo queimado misturado com óleo diesel permitido pela NBR 9062:2017. A montagem da armação, como mostra a Figura 36, e a fixação dos espaçadores atendem as especificações devido a uma comparação feita durante a visita entre o projeto fornecido pela empresa e a execução da peça, onde os mesmos seguiam o recomendado pelo projetista, sendo analisado também, a existência de uma mesa de corte e dobra de armação, exibida na Figura 37, assim o item encontra-se em conformidade.

Figura 36 - Armação de galeria pré-moldada



Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 37 - Armação de vigas pré-moldadas



Fonte: Autoria Própria (2018)

No item 3, verificou-se o adensamento do concreto, onde foi avaliado a ausência de vazios nas peças fabricadas e o acabamento da peça após o adensamento como mostram as Figuras 38 e 39, como também a vibração do concreto. As peças produzidas encontravam-se em conformidade.

Figura 38 - Elemento em conformidade



Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 39 - Elemento em conformidade



Fonte: Autoria Própria (2018)

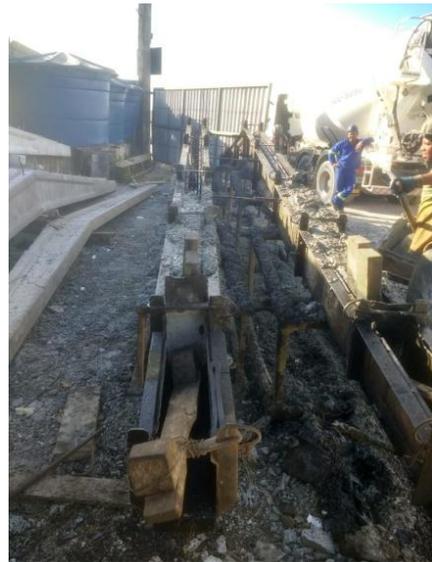
No dia da visita foi possível ainda acompanhar uma concretagem de peça e verificado o uso de vibrador de imersão, como solicita a norma de concreto NBR 6118/2014.

No item 4, a verificação foi referente ao elemento finalizado, composto por 5 subitens. O primeiro foi verificar a cura executada em fábrica, que constatou que a mesma realiza a cura normal, porém devido à falta de água na região da cidade de Nossa Senhora do Socorro/SE, nem todos os dias as peças recebem a aplicação da cura adequada. Com isto este subitem encontra-se em desconformidade. O segundo e terceiro subitens foram referentes a inexistência de falhas de concretagem e fissuras após a desmoldagem da peça, sendo assim todas as peças verificadas encontrava-se em conformidade. No quarto subitem, foi verificada a existência de relatórios de ensaio de compressão axial na fábrica com 7 e 28 dias, sendo estes relatórios disponibilizados para verificação, incluindo a visita ao tanque de água onde eles armazenam o corpo de prova para ser rompido, concluindo que o subitem está em conformidade.

No quinto e último subitem, foi verificada a limpeza do ambiente onde as peças são fabricadas, conforme Figuras 40 e 41, e após análise foi constatado que o ambiente não estava totalmente limpo, desta forma resultando na desconformidade deste subitem.

Figura 40 - Ambiente em desconformidade

Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 41 - Ambiente em desconformidade

Fonte: Autoria Própria (2018)

Como visto, a fabricação de estrutura pré-moldada é caracterizada pela agilidade de execução e bom acabamento de seus elementos. Nesta visita, foi verificado que para alcançar essa qualidade foi adotado o investimento em tecnologia, assim diminuindo a mão de obra e investindo em equipamentos que resultaram em agilidade e qualidade do serviço. Um exemplo disso é o balde grua como mostram as Figuras 42 e 43, a ponte rolante em pórtico na Figura 44 para o carregamento do balde grua e içamento das peças e a máquina de estribo na Figura 45.

Figura 42 - Balde grua

Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 43 - Balde grua

Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 44 - Ponte rolante



Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 45 - Máquina de estribo



Fonte: Autoria Própria (2018)

Em resultado final, a fábrica de pré-moldado atendeu 70% do solicitado em norma de acordo com o *check list* elaborado neste trabalho.

5.1.2 Obra 1: Galpão tradicional com mezanino

A primeira obra abordada sobre sistema aporticado, foi a obra de galpão tradicional com mezanino. De pequeno porte, sua estrutura é composta com traves planas aporticadas com piso intermediário, ou usualmente conhecido como galpão com mezanino como mostram as Figura 46 e 47. O *check list* utilizado foi o de montagem, que consta no Apêndice B.

Figura 46 - Fachada do galpão com mezanino



Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 47 - Vista do pavimento intermediário



Fonte: Autoria Própria (2018)

Com o sistema pré-moldado concluído, a obra 1 estava em fase de fechamento lateral, devido a isso, o item 1 do *check list*, que verifica o armazenamento das peças pré-moldadas na obra, e o item 2, que verifica o içamento da peça, não pôde ser analisado.

No item 3, que possui 3 subitens, foi constatado que em relação ao primeiro subitem a tolerância referente a apoios consecutivos, isto é, a tolerância de acordo com a medida permitida por norma que é $\pm 1,0$ cm entre apoios consecutivos, não podendo exceder ao valor acumulado de 0,1% do comprimento da estrutura, foi avaliado em todos os apoios, resultando em apenas um que não estava em conformidade como mostra a Figura 48. O restante dos apoios apresentavam-se em conformidade como exibido na Figura 49.

Figura 48 - Apoio em análise



Fonte: Aatoria Própria (2018)

Figura 49 - Apoio em análise



Fonte: Aatoria Própria (2018)

O segundo subitem verifica a relação entre a verticalidade dos pilares. De acordo com a NBR 9062:2017, a tolerância é de $\pm 1/300$ da altura até no máximo de 2,5 cm, à vista disso todos os pilares estavam em conformidade. No terceiro subitem foi verificado o nível dos apoios dos elementos, a conferência foi visual devido à altura dos apoios, desta maneira todos estavam em conformidade.

Com base no item 4 do *check list* foi verificada a estrutura finalizada, onde foram analisadas as ligações em relação a execução e se as peças possuíam boa aparência, contudo, a obra atendeu as especificações e estava em conformidade.

De acordo com o engenheiro que acompanhou a visita, a laje que foi executada na obra foi do tipo pré-moldada de EPS, que por sua vez possui uma qualidade equivalente à da estrutura pré-moldada, resultando em agilidade, redução da mão de obra e leveza na estrutura.

Como resultado final, a obra atendeu 80% do solicitado em norma de acordo com o *check list* elaborado neste trabalho.

5.1.3 Obra 2: Galpão tradicional geminado

De pequeno porte, a segunda obra abordada é composta por traves planas aporticadas geminadas, isto é, são dois galpões que dividem o mesmo eixo central dos pilares. Também são conhecidos como galpões tradicionais geminados. As Figuras 50 e 51 mostram este tipo de sistema.

Figura 50 - Vista interna do galpão



Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 51 - Vista interna do galpão



Fonte: Autoria Própria (2018)

Com o sistema pré-moldado concluído, o estado da obra 2 é de paralisação devido a problemas internos. A vista da sua conclusão, o item 1 do check-list que verifica o armazenamento das peças pré-moldadas na obra e o item 2 que verifica o içamento da peça não pôde ser analisado. No item 3, que possui 3 subitens, foi verificada a tolerância referente aos apoios consecutivos, e após análise, todas as peças estão em desconformidade devido ao descumprimento da tolerância permitida pela NBR 9062:2017, como mostram as Figuras 52 e 53.

Figura 52 - Vigas Apoiadas em consolos



Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 53 - Situação das ligações existentes



Fonte: Autoria Própria (2018)

O segundo subitem verifica a relação entre a verticalidade dos pilares, deste modo todos os pilares estavam em conformidade. No terceiro subitem foi verificado o nível dos apoios dos elementos, a conferência foi visual devido à altura dos apoios, desta maneira todos estavam em conformidade.

O item 4 do *check list* verificou a estrutura finalizada, onde foi analisado se as ligações foram bem executadas e se as peças possuem boa aparência, contudo a obra não atendeu todas as especificações, assim resultando em desconformidade.

No sistema pré-moldado, existe uma modalidade onde é possível deixar uma estrutura dimensionada, para futuros pavimentos intermediários. Isto ocorreu nesta obra, onde toda a estrutura foi projetada para que futuramente resista à adição de um mezanino, assim levando em consideração o valor disponível para a construção da obra, não obrigando o contratante a executar toda a estrutura de uma única vez.

Como resultado final, a obra atendeu 60% do solicitado em norma de acordo com o *check list* proposto neste trabalho.

5.1.4 Obra 3: Traves planas com vigas retas ou travadas

A terceira obra abordada sobre o sistema em estudo, refere-se a obra com traves planas ou obras travadas. De pequeno porte, sua estrutura é composta com traves planas aporticadas com vigas retas para cobertura, geminando em galpão existente, isto é, em uma estrutura já executada foram criados consolos para uma geminação, como mostram as Figuras 54 e 55.

Figura 54 - Vista frontal da estrutura



Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 55 - Vista interna da estrutura



Fonte: Autoria Própria (2018)

Com o sistema pré-moldado em execução, a obra 2 estava na etapa de montagem das terças, sendo preenchido o *check list* a partir de sua realidade no dia de visita.

O item 1 do *check list* que verifica o armazenamento das peças pré-moldadas na obra, foi utilizado para analisar o armazenamento das terças, como elas já estavam em seu nível para montagem sem nenhum ponto danificado aparentemente, o item foi marcado como em conformidade.

O item 2, que verifica o içamento da peça, não pôde ser analisado devido a mesma já se encontrar em seu ponto de execução. Já no item 3, que possui 3 subitens, foi verificada a tolerância referente aos apoios consecutivos e após análise foi concluído que algumas peças estão em conformidade como mostra a Figura 56 e outras em desconformidade como mostra a Figura 57.

Figura 56 - Apoio das ligações



Fonte: Aatoria Própria (2018)

Figura 57 - Apoio das ligações em estrutura existente



Fonte: Aatoria Própria (2018)

O segundo subitem verifica a relação entre a verticalidade dos pilares, destarte todos os pilares estavam em conformidade. No terceiro subitem foi verificado o nível dos apoios dos elementos, a conferência foi visual devido à altura dos apoios, desta maneira todos estavam em conformidade.

No item 4 do *check list*, era proposta a análise da estrutura finalizada, porém isto não foi possível devido a mesma ainda estar em execução. De acordo com El Debs (2017), esse tipo de construção em estrutura já existente é pouco executado devido à falta de informação dos profissionais da área, os quais desconhecem esse tipo de sistema.

Como resultado final, a obra atendeu 80% do solicitado em norma de acordo com o *check list* proposto neste estudo.

5.1.5 Obra 4: Galpão tradicional geminados com pilares de fachada

A quarta e última obra que abordava o sistema em estudo, refere-se à obra com galpão tradicional germinado com pilares de fachada. De médio porte, sua estrutura é composta com traves planas aporticadas e elementos de cobertura que são interligadas entre si para compor um telhado de quatro águas, isto é, em uma estrutura geminada como mostra a Figura 58. Com o sistema pré-moldado em execução, a obra 4 estava na etapa de montagem das vigas e terças, considerando o que havia no dia da visita foi preenchido o *check list* a fim de analisar as conformidades.

Figura 58 - Vista frontal da estrutura



Fonte: Autoria Própria (2018)

O item 1 do *check list*, que verifica o armazenamento das peças pré-moldadas na obra, foi utilizado para examinar as condições de depósito das peças, os elementos foram encontrados em conformidade. O item 2, que verifica o içamento das peças, não pôde ser analisado devido a hora da visita não coincidir com o manuseio dos elementos, sendo assim o item ficou sem avaliação.

No item 3 que possui 3 subitens, foi verificado a tolerância referente aos apoios consecutivos e após análise foi verificado que as peças estão em conformidade como exibido nas Figuras 59 e 60. O segundo subitem verifica a relação entre a verticalidade dos pilares, destarte todos os pilares estavam em conformidade. No terceiro subitem foi verificado o nível dos apoios dos elementos, a conferência foi visual devido à altura dos apoios, desta maneira todos estavam em conformidade.

Figura 59 - Ligação entre pilar e viga

Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 60 - Ligação entre pilar e viga

Fonte: Autoria Própria (2018)

O item 4 do *check list* refere-se a análise da estrutura finalizada, porém não foi possível devido a mesma ainda está em execução. De acordo com o engenheiro responsável pela obra, este tipo de estrutura é a mais utilizada no estado de Sergipe devido ao seu orçamento econômico oriundo da utilização de um mesmo eixo de sapatas e pilares para dois galpões, e que diferente dos outros apresentados neste trabalho, o galpão possui pilares e vigas de fachada, assim auxiliando o contratante durante a etapa de fechamento.

Como resultado final, a obra atendeu *100%* do solicitado em norma de acordo com os itens do *check list*, que foram possíveis verificar até o momento da execução, sendo esta obra a que apresentou o maior índice de aprovação.

5.1.6 Obra 5: Sistema pré-moldado em esqueleto

De grande porte, sua estrutura é de concreto pré-moldado para múltiplos pavimentos do tipo mista, onde os elementos são de concreto, como mostra a Figura 61 e a cobertura será de estrutura metálica.

Figura 61 - Vista frontal da Obra Figura

Fonte: Autoria Própria (2018)

Com o sistema pré-moldado em execução, a obra 5 estava em fase de locação das peças, assim o item 1 do *check list* que verifica o armazenamento das peças pré-moldadas na obra foi analisado, resultando em conformidade como mostra a Figura 62. O item 2, que verifica o içamento da peça, analisou se as peças permaneceram intactas após o içamento e estas encontravam-se em conformidade. A Figura 63 mostra o momento em que uma peça é içada do caminhão.

Figura 62 - Peças estocadas corretamente



Fonte: Aatoria Própria (2018)

Figura 63 – Içamento de uma peça



Fonte: Aatoria Própria (2018)

O segundo subitem verifica a relação entre a verticalidade dos pilares, destarte todos os pilares estavam em conformidade. No terceiro subitem foi verificado o nível dos apoios dos elementos, a conferência foi visual devido à altura dos apoios, desta maneira todos estavam em conformidade. No item 4 do *check list* verificou-se a estrutura finalizada, porém não foi possível devido a mesma ainda está em execução.

No item 3 que possui 3 subitens, foi verificada a tolerância referente aos apoios consecutivos e após análise foi concluído que algumas peças estão em conformidade, como mostra a Figura 64 e outras em desconformidade, como mostra a Figura 65.

Figura 64 - Apoio em conformidade



Fonte: Aatoria Própria (2018)

Figura 65 - Apoio em desconformidade



Fonte: Aatoria Própria (2018)

Um fato interessante é que os pilares são montados juntos com as vigas. Isto ocorre devido à ação do vento ser muito grande naquela região, assim este procedimento é realizado para travamento do sistema como medida de segurança.

Durante a visita, foi observado que um local da obra foi destinado para a fabricação das peças pré-moldadas. A engenheira responsável explicou que devido os pilares possuírem uma altura de 13,50 m, seria mais viável que fossem produzidos na obra assim economizando em transporte. Desta forma, a fábrica de pré-moldado fez a sua própria instalação no canteiro como mostra a Figura 66.

Figura 66 - Base para apoio das fôrmas



Fonte: Autoria Própria (2018)

5.2 DISCUSSÕES

O preenchimento do *check list* em cada obra e na fábrica resultou em porcentagens, que por sua vez conseguem demonstrar o índice de aprovação em relação aos itens propostos. Das obras que foram analisadas apenas uma conseguiu atingir o esperado pelo estudo.

Com os resultados já demonstrados neste capítulo, foi possível perceber que as obras em análise estavam em sua maioria já montadas, deste modo, desconsiderando o item 1 e o item 2 do *checklist*, que solicita especificamente a verificação do içamento e do armazenamento das peças. Mesmo sem ter todo aparato para análise em campo destes itens, foi analisado se as alças de içamento estavam na peça, subentendendo assim, que o içamento foi feito de forma mecanizada e por equipamento solicitado em norma (caminhão guincho).

Analisando os itens posteriores, verificou-se que o item 3 foi o que apresentou maior índice de reprovação ou desconformidade, por ultrapassar o limite solicitado em norma de 1 cm entre o console e a peça. Já no item 4, houveram duas obras que não puderam ser analisadas, no entanto em geral, foi analisado aparência de todas as peças da obra, verificando assim que alguns estavam carentes de acabamento.

Partindo deste princípio, analisou-se a porcentagem atingida por cada obra, após toda análise do material de uso, como demonstra o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Comparação de resultados após análise de aplicação do check list de montagem

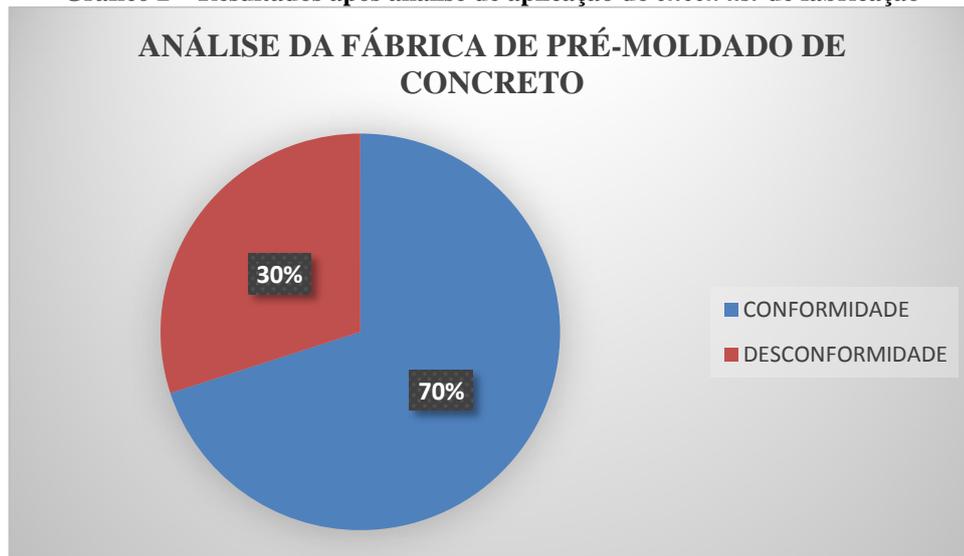


Fonte: Autoria Própria (2018)

Referente a fábrica de pré-moldado foi constatado que a maioria dos itens que não estão em conformidade não agredem de forma direta a qualidade e o desempenho das elementos pré-moldados. O único item em desconformidade que deve ser reparado o mais rápido possível pela fábrica é o que diz respeito a cura do concreto, que mesmo durante a falta de água na região, o ideal é que exista uma medida preventiva ou uma solução provisória para que diante desta situação as peças não deixem de seguir o recomendado pela NBR 9062:2017 no tocante a cura das peças, pois isto afeta diretamente a resistência das peças.

De acordo com os resultados exibidos em relação a fábrica de pré-moldado, a porcentagem atingida após análise do *check list* de fabricação, resultou nos dados apresentados no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Resultados após análise de aplicação do *check list* de fabricação



Fonte: Autoria Própria (2018)

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho propôs-se a analisar obras do estado de Sergipe que utilizam sistemas estruturais de concreto pré-moldado. Para isto foram apresentados inicialmente dados teóricos sobre este tipo de estrutura, baseados em bibliografia técnica da área e a norma de referência, a NBR 9062:2017. Para registro dos dados, foram realizadas visitas a 5 obras de referência e uma fábrica e utilizado um *check list* com itens que contemplam exigências da referida norma.

A partir dos dados apresentados e retirados de estudo de campo, observou-se que há uma grande necessidade de aprofundamento dos profissionais e empresas da construção civil, em relação ao conhecimento da NBR 9062:2017 e em geral sobre o tema abordado na pesquisa, sendo ele estrutura aporticada ou em estrutura esqueleto.

A escassez de obra para visita técnica e material para estudo inicial, demonstra que mesmo com tantas vantagens, o concreto pré-moldado ainda necessita de espaço no território sergipano e na parte literária, sendo um tema muito minimizado na literatura e no ensino diário a profissionais em formação, dificultando assim, a elaboração deste trabalho.

Conclui-se que, o sistema estrutural aporticado agiliza de forma significativa a obra, é preferencialmente utilizado em galpões, proporciona economia com mão de obra e apresenta ainda a maioria de sua montagem mecanizada. Em contrapartida, a falta do aprofundamento do tema causa algumas desconformidades na execução, fabricação e montagem.

Por fim, é possível afirmar, com o estudo de caso realizado que mesmo sendo algo lucrativo, atualmente as construções com concreto pré-moldado ainda tem um investimento muito alto e poucos profissionais habilitados para sua execução.

REFERÊNCIAS

- AMARNAVE. www.amarnave.com. **Amarnave Serviços Marítimos LDA**, 2018. Disponível em: <<https://www.amarnave.com/>>. Acesso em: 5 out. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931: Execução de Estruturas de Concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro. 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212: Execução de concreto dosado em central - Especificação**. Rio de Janeiro. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento**. Rio de Janeiro. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001: Sistema de Gestão da Qualidade – Requisitos**. Rio de Janeiro. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro. 2017.
- CILEL. www.cilel.com.br. **Cilel Negócio Concreto**, 2018. Disponível em: <<http://www.cilel.com.br/produtos/3/Galpoes-pre-moldados>>. Acesso em: 5 out. 2018.
- DALDEGAN, E. www.engenhariaconcreta.com. **Engenharia Concreta**, 2016. Disponível em: <<https://www.engenhariaconcreta.com/desmoldante-para-formas-aprenda-dicas-para-utilizar-este-produto/>>. Acesso em: 5 out. 2018.
- EL DEBS, M. K. **Concreto Pré-moldado fundamentos e aplicações**. 2ª Edição. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 457 p.
- EMPREMON. www.empremon.com. **Empremon Equipamentos LTDA. Alta Tecnologia em Montagem**, 2018. Disponível em: <<http://www.empremon.com/transportes-especiais>>. Acesso em: 5 out. 2018.
- INDUSTRY, D. www.directindustry.com. **Direct Industry**, 2018. Disponível em: <<http://www.directindustry.com/pt/prod/cimolai-technology-spa/product-38252-772663.html> guindaste>. Acesso em: 5 out. 2018.
- IPASA. www.ipasa.ind.br. **Ipasa Indústria de Pré-moldados da Amazônia SA**, 2018. Disponível em: <<http://www.ipasa.ind.br/>>. Acesso em: 5 out. 2018.
- MELHADO, S. B.; BARROS, M. M. S. B. D. **Recomendações para produção de estrutura de concreto armado em edifícios**. EPUSP/SENAI. São Paulo, p. 42. 1998.
- MUNTE, C. I.; MELO, C. E. E. **Manual Munte de projetos em pré-fabricados de concreto**. 2ª Edição. ed. São Paulo: Pini, 2007.

QUEIROS, L. O. A. D. **Análise estrutural de galpões pré-moldados em concreto considerando a influência da rigidez nas ligações viga-pilar.** Universidade Federal de Alagoas. Maceió, p. 119. 2007.

SANTOS, A. D. P. **Análise Estrutural De Galpões Atirantados De Concreto Pré-moldado.** Dissertação (Dissertação em Engenharia Civil) - USP. São Paulo, p. 190. 2010.

SILVA, M. C. A. T. D.; ALMEIDA, P. P. N. D.; SILVA, T. B. D. **Estudo e automação de sistemas estruturais pré-moldados de concreto para fins agro-industriais.** UNICAMP. Campinas, p. 13. 2005.

VAN ACKER, A. **Manual de Sistemas Pré-fabricados de Concreto.** Tradução de Marcelo De Araújo Ferreira. [S.l.]: FIB, 2002.

ACERVO Fotográfico. **AD EMPREENDIMENTOS EIRELI-ME.,2018**, em estudo do caso

APÊNDICE A – CHECK LIST DE FABRICAÇÃO

CHECK LIST - FÁBRICA PREMOLLAR INDÚSTRIA DE GALPÕES PRÉ-MOLDADOS						
Check- list- PRODUÇÃO DE SISTEMAS ESTRUTURAIS APORTICADOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO						
Documento base: Normas brasileiras (NBR 9062:2017)						
SERVIÇO: FABRICAÇÃO DAS PEÇAS PRÉ-MOLDADAS.	Preenchido por:		Data da visita: ___/___/___	OBS.:		
	Encarregado:	Empresa responsável:				
ITENS PARA VERIFICAÇÃO						VERIFICAÇÕES
ITENS PARA EXECUÇÃO E VERIFICAÇÃO	VERIFICAÇÃO	QUANTO VERIFICAR	COMO MEDIR	COMO ACEITAR	A	R
1 Atividades preliminares						
Vistoria do leito da formas	Superfície	100%	Visual e nível	Superfície nivelada		
2 Sequência de Execução dos Serviços						
Forma						
Limpeza da forma e aplicação do desmoldante	Limpeza e aplicação do desmoldante	100%	Visual	Peças limpas e com desmoldante aplicado		
Armação						
Montagem da armação	Quantidade	100% das peças	Contar as barras	Quantidade projetada		
	Espaçamento	100%	Visual / trena	Desvio aproximadamente 10% do espaçamento de projeto		
	Bitolas	100%	Visual/Conf. Gabarito	Conforme projeto		
Fixação espaçadores na armação	Recobrimento	100%	Visual/trena	± 5mm		
3. Concretagem						
Adensamento do concreto	Adensamento	100%	Visual	Ausência de vazios no concreto		
	Acabamento	100%	Visual	Peças modeladas		
4. Elemento finalizado						
Verificar a cura executada em fábrica.	Umidade	50%	Tato	Constatação visual		
Inexistência de falhas de concretagem	Bicheira	100%	Visual	Sem falhas		
Inexistência de fissuras	Fissuras	100%	Fissurômetro	< 0,2 mm		
Verificar a existência dos relatórios de ensaio de compressão axial existentes na fábrica.	Resistência a compressão 7 dias ou 28 dias	100%	Verificar a existência do documento	Relatório existente		
Verificar a limpeza do ambiente onde as peças são fabricadas	Limpeza	100%	Visual	Area limpa		

APÊNDICE B – CHECK LIST DE MONTAGEM

CHECK LIST - MONTAGEM - PREMOLLAR INDÚSTRIA DE GALPÕES PRÉ-MOLDADOS						
Check-list- PRODUÇÃO DE SISTEMAS ESTRUTURAIS APORTICADOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO						
Documento base: Normas brasileiras (NBR 9062:2017)						
SERVIÇO: MONTAGEM DAS PEÇAS PRÉ-MOLDADAS.	Preenchido por:		Data da visita: ___/___/___		OBS.:	
	Encarregado:	Empresa responsável:				
ITENS PARA VERIFICAÇÃO						VERIFICAÇÕES
ITENS PARA EXECUÇÃO E VERIFICAÇÃO	VERIFICAÇÃO	QUANTO VERIFICAR	COMO MEDIR	COMO ACEITAR	A	R
1 Atividades preliminares						
Vistoria do armazenamento das peças	Estoque	100%	Visual	Estocado corretamente		
2 Sequência de Execução dos Serviços						
Içamento						
Verificar içamento da peça	Conservação da peça	100%	Visual	Peças intactas após içamento		
Verificação das Tolerâncias permitidas em montagem						
Verificar a tolerância referente a apoios consecutivos.	Elementos	100% das peças	Visual	± 1,0 cm entre apoios consecutivos, não podendo exceder ao valor acumulado de 0,1% do comprimento da estrutura;		
Verificar a relação entre a verticalidade dos pilares	Elementos	100% das peças	Prumo	± 1/300 da altura até o máximo de 2,5 cm;		
Verificar o nível dos apoios	Elementos	100% das peças	Visual	± 1,0 cm, não podendo exceder ao valor acumulado de 3,0 cm, quaisquer que sejam as dimensões longitudinal e transversal da estrutura.		
4. Estrutura finalizada						
Ligações bem executadas.	Umidade	50%	Tato	Constatação visual		
Peças com boa aparência	Comprimento	100%	Nível, trena	± 10 mm		

