

LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO RIO GRANDE DO NORTE
ENGENHARIA CIVIL

MARIANA CABRAL DA COSTA AMARAL

**ANÁLISE DO CUSTO DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO PARA A CONSTRUÇÃO
DE ESTÁDIO DE FUTEBOL**

NATAL/RN

2019

MARIANA CABRAL DA COSTA AMARAL

**ANÁLISE DO CUSTO DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO PARA A CONSTRUÇÃO
DE ESTÁDIO DE FUTEBOL**

Trabalho de conclusão de curso de engenharia civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. PhD. Fábio Sérgio da Costa Pereira.

NATAL/RN

2019

Catálogo na Publicação – Biblioteca do UNI-RN
Setor de Processos Técnicos

Amaral, Mariana Cabral da Costa.

Análise do custo de concreto pré-moldado para a construção de
estádio de futebol. / Mariana Cabral da Costa Amaral. – Natal, 2019.
81f.

Orientador: Profº. PhD. Fábio Sérgio da Costa Pereira.

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário
do Rio Grande do Norte.

1. Engenharia civil – Monografia. 2. Estruturas pré-moldadas –
Monografia. 3. Estádio de futebol – Monografia. 4. Arena américa –
Monografia. I. Pereira, Fábio Sérgio da Costa. II. Título.

RN/UNI-RN/BC

CDU 624

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por ter me proporcionado essa conquista.

Aos meus pais e familiares que acreditaram em mim e me incentivaram a seguir a minha escolha.

Aos meus amigos que estiveram ao meu lado dando apoio para que todo o meu esforço desse certo.

Ao meu orientador que me ajudou a desenvolver o meu trabalho e me deu confiança para que eu chegasse até o final.

RESUMO

As estruturas pré-moldadas apresentam um avanço na construção civil, com a execução dos elementos estruturais fora de seu local definitivo trazem para a obra uma rapidez executiva e uma obra mais limpa e sustentável. Essas estruturas trazem um crescimento na utilização desde obra de pequeno porte, como residências, a obras de grande porte como estádios de futebol.

No presente trabalho será apresentado um estudo sobre as estruturas pré-moldadas na construção de estádios de futebol, dando ênfase ao estádio localizado na Região Metropolitana de Natal/RN, a Arena América, que ainda está em processo construtivo, pois a construção está sendo realizada com recursos provenientes de arrecadações.

A Arena América trouxe uma nova concepção em estádios de futebol a de construir uma arena multiuso, onde o estádio servisse para os campeonatos de futebol e para abrigar espaços comerciais, tornando útil a construção.

Além disso a construção com elementos pré-moldados, foi concebida visando uma qualidade estrutural, rapidez e uma construção em módulos, na qual o estádio cresceria com a captação de recursos, sem interferir na estrutura e tornando possível a realização dos jogos mesmo sem estar totalmente concluído. Com a análise de custo realizada chegou a um valor de R\$ 1.935,58 por metro cúbico de concreto pré-moldado e um valor estimado de R\$ 341,39 por metro cúbico de concreto armado.

Palavras-chave: Estruturas pré-moldadas. Estádio de futebol. Produtividade.

ABSTRACT

The prefabricated structures present an advance in the civil construction, with the execution of the structural elements outside their definitive place bring to the work an executive speed and a cleaner and sustainable work. These structures bring a growth in use from small work, such as residences, to large works such as soccer stadiums.

In the present work I will present about precast structures in the construction of soccer stadiums, emphasizing the football stadium located in the Metropolitan Region of Natal, Arena America, which is still in the process of construction, since the construction is being carried out with resources collected.

Arena America brought a new conception in soccer stadiums to build a multipurpose arena, where the stadium was used for soccer championships and to house commercial spaces, making construction useful. With the analysis of cost realized reached a value of R \$ 1,935.58 per cubic meter of precast concrete and an estimated value of R \$ 341.39 per cubic meter of reinforced concrete.

Keywords: Prefabricated structures. Football stadium. Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Pilar e viga de concreto pré-moldado	11
Figura 2 – Estádio Arena São Paulo, Brasil.....	12
Figura 3 – Estádio Arena da Baixada	12
Figura 4 – Estrutura do estádio João Havelange.....	19
Figura 5 - Sistema de estrutura aporricada pré-moldada	23
Figura 6- Estrutura pré-moldada em esqueleto	24
Figura 8 – Denominações dos elementos pré-moldados de uso mais comum.	32
Figura 9 – Tipos de ligação pilar-fundação.....	34
Figura 10 – Pilares pré-moldados.....	34
Figura 11 – Ranhuras na base do pilar	35
Figura 12 – Console trapezoidal.....	36
Figura 13 – Console retangular	36
Figura 14 – Laje alveolar	37
Figura 15 – Ligação pilar-pilar	37
Figura 16 – Viga retangular	38
Figura 17 – Vigas protendidas.....	39
Figura 18 – Viga calha.....	39
Figura 19 – Laje alveolar	40
Figura 20 – Tipos de vigotas	41
Figura 21 – Laje maciça pré-moldada	41
Figura 22- Laje duplo T ou PI pré-moldada	42
Figura 33- Escada pré-moldada	43
Figura 24 – Vigas jacaré.....	43
Figura 25 – Arena América quando for finalizado.....	47
Figura 26 – Projeto da Arena América	48
Figura 27 – Detalhe das áreas comerciais da Arena América.....	49
Figura 28 – Vista da construção por módulos com capacidade para 8 mil torcedores.	49
Figura 29- Vista da construção por módulos com capacidade para 10 mil torcedores.	50
Figura 30 – Corte com identificação dos elementos estruturais	50

Figura 31 – Vista da construção das lajes.....	51
Figura 32 – Detalhe do projeto estrutural das lajes	51
Figura 33 – Detalhe do projeto estrutural das vigas	52
Figura 34 – Detalhe das vigas jacaré	52
Figura 35 - Detalhe da montagem das vigas jacaré com os degraus no estádio	53
Figura 36 - Vista dos pilares	53
Figura 37 - Vista de uma junta de dilatação	54
Figura 38 - Detalhe do projeto estrutural dos pilares.....	54
Figura 39 - Detalhe da sapata e cálice do estádio.....	55
Figura 40 -Detalhe do projeto estrutural das sapatas	55
Figura 41 - Pórticos com tirantes segurando a cobertura em forma de casca	56
Figura 42 -Características do concreto.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Área do terreno	48
Tabela 2 - Pilares	58
Tabela 3 - Vigas (Nível de 3,5; 7,0 e 10,5)	59
Tabela 4 - Vigas jacaré (Nível de 3,5).....	60
Tabela 5 -Vigas jacaré (Nível de 7,0).....	60
Tabela 6 - Vigas jacaré (Nível de 10,5).....	60
Tabela 7 - Lajes (Nível de 3,5).....	61
Tabela 8 - Lajes (Nível de 10,5).....	61
Tabela 9 - Viga degrau (Nível de 3,5)	62
Tabela 10 - Viga degrau (Nível de 7,0)	62
Tabela 11 - Custo dos pilares (Nível de 7,0).....	63
Tabela 12 - Custo das vigas (Nível de 3,5; 7,0 E 10,5).....	64
Tabela 13 - Custo das vigas jacaré (Nível de 3,5)	64
Tabela 14 - Custo da vigas jacaré (Nível de 7,0)	65
Tabela 15 - Custo da viga jacaré (Nível de 10,5).....	65
Tabela 16 - Custo das lajes (Nível de 3,5).....	65
Tabela 17 - Custo das lajes (Nível de 10,5)	66
Tabela 18 - Custo da viga degrau (Nível de 3,5)	66
Tabela 19 - Custo da viga degrau (Nível de 7,0)	66
Tabela 20 - Quantidade de peças e custo da 1ª etapa	67
Tabela 21 - Volume e custo total da 1ª etapa da obra	68
Tabela 22 -Custos unitários das peças para realizar uma média	69
Tabela 23 - Custo em concreto armado.....	69
Tabela 24 - Custo concreto pré-moldado x concreto armado	70

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 GERAL.....	14
2.2 ESPECÍFICOS	14
3 JUSTIFICATIVA.....	15
4 METODOLOGIA	16
5 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS	17
6 ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS.....	18
6.1 HISTÓRICO DO PRÉ-MOLDADO	18
6.2 HISTÓRICO DO PRÉ-MOLDADO NO BRASIL	18
6.3 PRÉ-MOLDADO EM COMPLEXOS ESPORTIVOS	19
6.4 DIFERENÇA ENTRE PRÉ-FABRICADO E PRÉ-MOLDADO	20
6.5 ASPECTOS POSITIVOS	21
6.6 SISTEMAS ESTRUTURAIS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO	23
6.7 TIPOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO	24
6.7.1 Local de Produção.....	24
6.7.2 Incorporação de material para ampliar a seção resistente	25
6.7.3 Peso dos Elementos	25
6.7.4 Aparência	25
6.8 PRODUÇÃO DAS ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS	25
6.8.1 Execução dos elementos	26
6.8.1.1 Atividades Preliminares.....	26
6.8.1.2 Execução	26
6.8.1.2 Atividades posteriores	26
6.8.2 Fôrmas	27
6.8.3 Adensamento	28
6.8.4 Cura.....	28
6.8.5 Desmoldagem	29
6.8.6 Manuseio	30
6.8.7 Armazenamento	31
6.8.8 Transporte	31
6.8.9 Montagem	31

6.9 OS ELEMENTOS DO SISTEMA CONSTRUTIVO PRÉ-MOLDADO	32
6.9.1 Fundação	33
6.9.2 Pilar	34
6.9.2.1 ENGASTE PILAR BLOCO DE FUNDAÇÃO.....	35
6.9.2.2 CONSOLE	35
6.9.2.3 LIGAÇÃO PILAR X PILAR.....	37
6.9.3 Viga	38
6.8.4 Laje	40
6.8.5 Escada	42
7 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS	44
7.1 VANTAGENS	44
7.2 DESVANTAGENS.....	44
8 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	46
8.1 CARACTERÍSTICAS DA OBRA APRESENTADA.....	46
8.1.1 Estrutura da Arena	50
8.1.1.1 Sistema Construtivo.....	50
8.1.1.2 Tipo da estrutura	51
8.1.1.3 Cobertura.....	55
8.1.1.4 Características do Concreto	56
9 ANÁLISE DE CUSTO DAS ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS NA ARENA AMÉRICA	58
9.1 QUANTIDADES E VOLUMES DOS ELEMENTOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO	58
9.2 CUSTO DOS ELEMENTOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO	63
10 RESULTADO E DISCUSSÕES	68
10.1 CUSTO DO CONCRETO PRÉ-MOLDADO	68
10.2 CUSTO MÉDIO DE UMA PEÇA DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO	69
10.3 CUSTO DO CONCRETO ARMADO	69
11 CONCLUSÕES	71
REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO

O concreto pré-moldado se define pela moldagem das estruturas fora do local de sua utilização final, necessitando-se de um transporte até o local. Os elementos possuem um controle de qualidade mais rigoroso, segundo a ABNT NBR 9062:2006.

Segundo El Debs (2017):

A construção civil tem sido considerada uma indústria atrasada quando comparada a outros ramos industriais. A razão de assim considerá-la é baseada no fato de ela apresentar, de maneira geral, baixa produtividade, grande desperdício de materiais, morosidade e baixo controle de qualidade.

O avanço e a busca da redução do atraso da construção civil no Brasil, traz as estruturas pré-moldadas de concreto como uma alternativa vantajosa na construção com agilidade, sustentabilidade e qualidade estrutural.

De acordo com El Debs (2000), o emprego da pré-moldagem aumenta com o grau de desenvolvimento tecnológico e social do país, pois este acarreta maior oferta de equipamentos, valorização da mão de obra e exigências mais rigorosas em relação a quantidade de produtos.

O crescimento da utilização das estruturas pré-moldadas como pilares, vigas, lajes, escadas, entre outros (Figura 1), traz as suas aplicações em diversas formas, desde residências até estádios de futebol, por apresentar uma grande vantagem que é o tempo curto de execução.

Figura 1- Pilar e viga de concreto pré-moldado



Fonte: Autor (2018).

O uso crescente de pré-moldados no Brasil trouxe a construção de diversos estádios de futebol para sediar a copa do Mundo de 2014 como pode ser observado na (Figura 2), o processo de construção da Arena São Paulo/SP (arena Corinthians), que utilizaram mais de 16 mil peças, entre pilares, vigas, lajes e degraus. A Arena da Baixada (Figura 3) localizado em Curitiba/PR, também contou com o uso intenso de estruturas pré-moldadas para adequar o tempo de execução ao cronograma proposto inicialmente. A maioria dos estádios construídos para a Copa no Brasil utilizaram a estrutura pré-moldada para a parte estrutural e a estrutura metálica para a cobertura sem que houvesse nenhum problema na construção.

Figura 2 – Estádio Arena São Paulo, Brasil



Fonte: Femac (2012).

Figura 3 – Estádio Arena da Baixada



Fonte: Globo esporte (2013).

A estrutura pré-moldada apresenta investimentos com fôrmas e equipamentos levando em conta o seu custo, facilidade no transporte até o local da obra, a disponibilidade dos caminhões para o transporte de peças com suas diversas dimensões e a otimização do tempo de execução para a construção de estádios, edificações, galpões e pontes (El Debs, 2017). Na construção com concreto pré-moldado é necessário levar em consideração alguns fatores importantes como o planejamento, os acessos, os obstáculos, riscos e os equipamentos utilizados, para que não ocorra estocagem de peças.

Assim, esse trabalho apresentará a utilização das estruturas pré-moldadas em estádios de futebol no Brasil e na cidade de Natal/RN, realizando uma análise de custo desde o seu projeto até a sua execução, explicitando como base a obra da Arena América, estádio de futebol em construção na cidade de Parnamirim, região metropolitana de Natal/RN.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

O objetivo geral deste trabalho é apresentar uma pesquisa bibliográfica sobre o custo, utilização, produção e projeto de elementos do sistema de concreto pré-moldado.

2.2 ESPECÍFICOS

No objetivo específico será tomado como base a norma ABNT NBR 9062:2006 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado que regulamenta o pré- moldado desde o projeto até a montagem. Neste estudo, serão avaliados os seguintes aspectos relativos a construção da Arena América:

- Descrição e análise das estruturas pré-moldadas de acordo com projeto e execução da Arena América.
- Análise dos elementos pré-moldados como os pilares, vigas, lajes, escadas e as ligações das peças para a construção da estrutura do estádio e dos aspectos construtivos da obra.
- Verificação das estruturas pré-moldadas presentes no estádio em relação as normas vigentes.
- Análise de custo dos elementos pré-moldados utilizados na construção da Arena América.

3 JUSTIFICATIVA

Com a crescente competitividade no mercado da construção civil, gera-se uma necessidade em buscar inovações e soluções para obter um maior sucesso. Com a rapidez na execução do concreto pré-moldado, a busca por esse método construtivo é maior principalmente em obras de grande porte como os estádios de futebol. A utilização desse sistema construtivo cresceu devido apresentar vantagens como a rapidez na execução e na montagem das estruturas, um controle rigoroso de qualidade e a reutilização de materiais. Com isso, esse trabalho pretende analisar o custo das estruturas pré-moldadas para a construção de estádios de futebol, levando em conta desde o projeto até a execução da estrutura, além de mostrar sobre suas vantagens e os processos sofridos para chegar ao elemento final.

4 METODOLOGIA

Visando alcançar os objetivos do trabalho, serão realizadas pesquisas sobre o concreto pré-moldado e os principais tipos de estruturas em livros e sites, leitura de trabalhos de conclusão de curso sobre o tema, diversos artigos:

Além da vistoria no estádio Arena América/RN onde serão analisados os projetos estruturais e arquitetônicos e a sua execução, aferindo as vantagens de utilização do sistema construtivo;

Obtenção de informações sobre a construção da Arena América com o arquiteto e engenheiro responsável pelo projeto e execução;

Uma análise geral do custo desse sistema na construção do estádio do América e a realização de um comparativo entre o concreto pré-moldado e o concreto armado.

5 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

Este trabalho está dividido em (8) capítulos:

No capítulo 1 será apresentada a introdução, mostrando o conteúdo do trabalho e fornecendo uma visão geral do tema.

No capítulo 2 serão mostrados os objetivos a serem alcançados nesse trabalho, divididos em geral e específico.

No capítulo 3 tem-se a justificativa, o porquê do tema escolhido, apresentando aspectos positivos.

No capítulo 4 tem-se a metodologia, apresentando o que foi utilizado para a realização do trabalho.

No capítulo 5 é mostrada a revisão bibliográfica, o corpo do trabalho.

No capítulo 6 é exposto o estudo de caso, a pesquisa realizada nesse trabalho.

No capítulo 7 são mostrados os Resultados e discussões, resultados da pesquisa realizada.

No capítulo 8 são mostradas as conclusões, um resumo geral de tudo que foi apresentado no trabalho.

Referências Bibliográficas

6 ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS

6.1 HISTÓRICO DO PRÉ-MOLDADO

A utilização de concreto pré-moldado se divide em três períodos segundo Senden (2015):

1º Período de 1950 a 1970 – Com a devastação pós Segunda Guerra Mundial a necessidade de reconstrução urgente de edificações industriais, habitacionais, de moradia e hospitais teve início a construção de pré-fabricados de ciclo fechado onde procurou seguir conceitos adotados em setores da indústria buscando a repetição e produção em série dos elementos pré-fabricados. As construções eram uniformes e possuíam rigidez na sua arquitetura sem flexibilidade.

2º Período de 1970 a 1980 – Esse período foi marcado por diversos acidentes em construções que utilizavam grandes painéis pré-fabricados, os acidentes provocaram uma rejeição social a esse método de ciclo fechado. Ocorreu uma grande revisão nos conceitos de utilização dos métodos construtivos de grandes elementos pré-fabricados tendo início a queda do sistema construtivo de ciclo fechado.

3º Período pós 1980 – Ocorreu a consolidação da construção de pré-fabricados de ciclo aberto. Esse novo sistema tem como finalidade a criação de técnicas, tecnologias e processos de fabricação flexíveis. Várias empresas participam de um projeto de padronização dos elementos pré-fabricados garantindo que elementos de fabricantes distintos sejam compatíveis.

6.2 HISTÓRICO DO PRÉ-MOLDADO NO BRASIL

A utilização do pré-moldado no Brasil surgiu com a execução do hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro em 1962, executada por uma construtora dinamarquesa Christiani-Nielsen, na qual utilizou alguns elementos estruturais, além

de planejar adequadamente o canteiro de obras para não prolongar o tempo de execução.

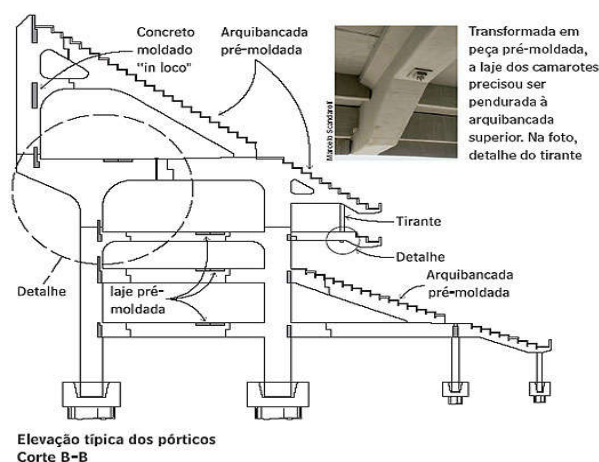
O pré-moldado apresentou seu crescimento na década de 1960, até chegar a crise na construção civil. Na década de 1990, com o desenvolvimento da cidade de São Paulo e os seus grandes investimentos nas construções pré-moldados, o Brasil foi marcado pelo retorno da utilização do pré-moldado no Brasil. (LEONARDI, 2016)

A norma para concreto pré-moldado que está em vigor até hoje, foi criada a partir da necessidade de critérios para uso desses produtos. Em 1977 o Brasil possuía inúmeras fabricas que produziam componentes e estruturas pré-moldadas.

6.3 PRÉ-MOLDADO EM COMPLEXOS ESPORTIVOS

O Estádio Olímpico Municipal João Havelange, no Rio de Janeiro, exemplo de um estádio de grande porte que estava previsto para sua execução ser em concreto armado moldado in loco, levou seus construtores a repensarem sobre a execução da estrutura devido o consumo imenso de fôrmas e um curto prazo de execução. Assim a saída encontrada foi utilizar peças pré-moldadas em suas arquibancadas e lajes de piso, permitindo assim economizar em concreto e armação na estrutura e nas fundações (Figura 4).

Figura 4 – Estrutura do estádio João Havelange



Fonte: TÉCHNE (2007).

A preparação do Brasil para a Copa do Mundo de 2014 fez com que os estádios de futebol passassem por construções utilizando o concreto pré-moldado em busca de uma viabilização destas obras e de uma construção de arenas de multiuso. El Debs (2000) emprega na construção de arquibancadas o uso de elementos pré-moldados que “É justificado pela possibilidade de racionalizar a construção e propiciar grande durabilidade a ela”.

Segundo Van Acker (2002) os complexos esportivos apresentam diferentes tipologias, cada uma seguindo as suas exigências de projeto. Os grandes saguões são projetados com estruturas de traves aporticadas e as arenas e arquibancadas são compostas por sistemas em esqueleto e os pisos com elementos protendidos de laje alveolar ou em duplo T, essas são as soluções em concreto pré-moldado empregadas em complexos esportivos.

Conforme El Debs (2000, p.363):

Nos estádios e ginásios cobertos, o concreto pré-moldado pode ser empregado, além das arquibancadas, na estrutura de suporte das arquibancadas, na cobertura da construção ou das arquibancadas, nas áreas de acesso e em elementos de fachadas. Cabe registrar que muitas vezes é utilizada alternativa intermediária, entre as extremas com emprego exclusivo do concreto pré-moldado e com concreto moldado no local, mas sempre com tendência de utilizar o concreto pré-moldado pelo menos nas arquibancadas.

Assim, o concreto pré-moldado é uma ótima solução para a construção dos estádios, pois apresenta rapidez na execução e a produção das peças fora do local de utilização final gerando uma obra mais limpa.

6.4 DIFERENÇA ENTRE PRÉ-FABRICADO E PRÉ-MOLDADO

El Debs (2000, p.15) apresenta duas definições com relação aos tipos de concreto pré-moldado:

- a) O pré-moldado de fábrica é aquele executado em instalações permanentes distantes da obra. Esse tipo de pré-moldado pode ou não atingir o nível de pré-fabricado, segundo a NBR-9062/85. A capacidade de produção da fábrica e a

produtividade do processo, que dependem principalmente dos investimentos em fôrmas e equipamentos, podem ser pequenas ou grandes, com tendência maior ao último caso.

- b) O pré-moldado de canteiro é executado em instalações temporárias nas proximidades da obra. Essas instalações podem ser mais ou menos sofisticadas dependendo da produção e da produtividade que deseja. Em geral, há uma certa propensão a ter baixa capacidade de produção e conseqüentemente, pequena produtividade.

Já a ABNT NBR 9062/2006 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, apresenta os conceitos de pré-moldado e pré-fabricado assim:

Elementos pré-moldados são aqueles executados fora do local de utilização definitiva na estrutura, com controle de qualidade.

Elemento pré-fabricado é um elemento pré-moldado, executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade.

Nesse trabalho as estruturas utilizadas são executadas fora do local de utilização final denominadas de estruturas pré-moldadas.

6.5 ASPECTOS POSITIVOS

O processo industrial dos pré-moldados proporciona diversas vantagens à construção civil, gera economia, eficiência, condições favoráveis de trabalho e de sustentabilidade. Os pré-moldados em concreto promovem uma redução de tempo das obras, com uma boa qualidade no produto final e uma maior produtividade com segurança.

O concreto pré-moldado possibilita que uma construção possa ser reaproveitada, sem a necessidade de demolir, evitando poeiras e barulhos. Além da redução e eliminação por completo da utilização de cimbramentos (escoras), pois as fôrmas usadas para produzir as peças pré-moldadas, podem ser reutilizadas diversas vezes (SPADETO, 2011).

A pré-moldagem em concreto apresenta um grande potencial de vir a tornar-se um sistema construtivo bastante sustentável ambientalmente comparadas com as construções moldadas no local, o que as torna ainda mais vantajosa (SPADETO, 2011).

Visando garantir a qualidade do produto e que não haja necessidade de tantas manutenções, se torna necessária a utilização da vibração para adensar melhor o concreto e reduzir sua porosidade, evitando que a estrutura sofra com carbonatação.

A produção em série e a repetição das peças faz com que o custo desse sistema se torne reduzido e a produção das peças pré-moldadas em concreto aumentem. Um outro aspecto para que o custo desse sistema sofra uma diminuição é que com o aumento da produção o custo indireto (BDI – Bonificação e Despesas Indiretas) será rateado em maior número, influenciando na redução do preço final do produto.

A dosagem do concreto pré-moldado é mais econômica que o concreto convencional, ou seja, o consumo de cimento é menor, e, conseqüentemente, o custo de materiais também é reduzido. Além disso, o menor desperdício de materiais e menos retrabalhos contribuem para um menor custo final em materiais.

Ao comparar um sistema moldado in loco com um pré-moldado percebe-se que o acabamento final do moldado in loco é menos apurado e que o preço final é mais baixo e incerto, o que gera um resultado de menor qualidade final, menor durabilidade e necessidade de mais manutenções.

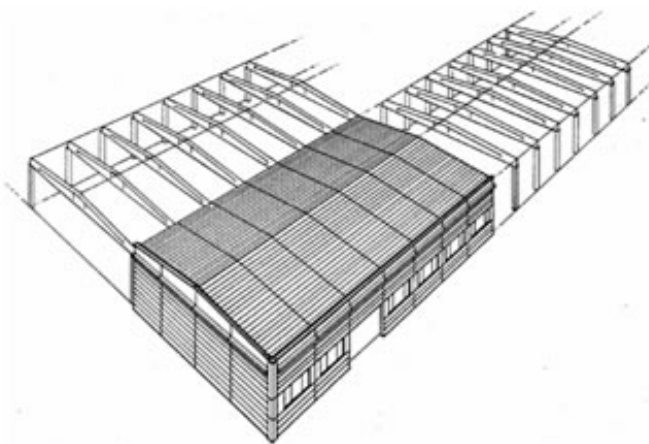
O pré-moldado apresenta um acabamento mais apurado e um preço final mais alto porém é um valor certo, apresenta uma margem de erro pequena, o que gera um sistema de maior qualidade final, maior durabilidade e uma redução na necessidade de manutenções.

6.6 SISTEMAS ESTRUTURAIS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO

Na indústria de pré-moldados, existe aparentemente um grande número de sistemas e soluções técnicas para as construções pré-moldadas. Os tipos mais comuns de sistemas estruturais de concreto pré-moldados são, segundo ACKER, 2002:

- Estruturas aporticadas (Figura 5), consistindo de pilares e vigas de fechamento de diferentes tamanhos e formatos, que são utilizadas para construções industriais, armazéns, construções comerciais, etc. Estes sistemas são apropriados para construções que precisam de alta flexibilidade na arquitetura. Isto ocorre pela possibilidade do uso de grandes vãos e para alcançar espaços abertos sem a interferência de paredes.

Figura 5 - Sistema de estrutura aporticada pré-moldada



Fonte: ACKER (2002).

- Estruturas em esqueleto (Figura 6), consistindo de pilares, vigas e lajes, para edificações de alturas médias e baixas, e com um número pequeno de paredes de contraventamento para estruturas altas. As estruturas em esqueletos são utilizadas principalmente para construções de escritórios, escolas, hospitais, estacionamentos, etc.

Figura 6- Estrutura pré-moldada em esqueleto



Fonte: ACKER (2002).

6.7 TIPOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO

Conforme EL DEBS (2000), o pré-moldado apresenta diferentes tipos, que são originados das suas diversas formas, processos de execução e suas funções estruturais.

6.7.1 Local de Produção

O Pré-moldado de fábrica executado em instalações permanentes distantes da obra, podendo atingir ou não o nível do pré-fabricado. Os investimentos em fôrmas e equipamentos, fazem com que a capacidade de produção da fábrica e produtividade aumente. Nesse caso é levado em consideração o transporte da fábrica até a obra, considerando as facilidades do transporte e seu custo.

O pré-moldado de canteiro é executado em instalações temporárias próximas a obra, sua produtividade depende da sua sofisticação e não necessita de transporte a longa distância.

6.7.2 Incorporação de material para ampliar a seção resistente

O pré-moldado de seção completa é aquele executado de forma que a seção resistente é realizada fora do seu local definitivo, nesse caso pode-se aplicar o concreto pré-moldado no local, como regularização ou em suas ligações.

O pré-moldado de seção parcial é aquele moldado com parte da seção resistente final, que posteriormente é completada na posição de sua utilização definitiva com concreto pré-moldado. O emprego da seção parcial gera uma maior facilidade ao realizar as ligações.

6.7.3 Peso dos Elementos

O pré-moldado “pesado” é considerado assim, quando requer a utilização de equipamentos especiais para auxiliar no transporte e montagem. O valor encontrado para o peso dos elementos é acima de 5 kN (500 Kgf).

Já o pré-moldado “leve” é aquele que não necessita desses equipamentos especiais para transporta e montar as peças, podendo-se utilizar equipamentos improvisados ou de montagem manual. Apresenta um peso de até 0,3 kN (30 Kgf).

6.7.4 Aparência

O pré-moldado normal aquele que não se preocupa com a aparência do elemento.

Já o pré-moldado arquitetônico são aqueles que apresentam elementos de formas especiais que necessitam de acabamento, forma e cor para uma boa forma arquitetônica. Não possuem função estrutural e são geralmente utilizados em fachadas.

6.8 PRODUÇÃO DAS ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS

As estruturas pré-moldadas são produzidas a partir das etapas de execução dos elementos pré-moldados e da realização das ligações definitivas.

6.8.1 Execução dos elementos

Segundo El Debs (2000) as atividades envolvidas na execução dos elementos de concreto pré-moldados subdividem-se em três: atividades preliminares, execução e atividades posteriores.

6.8.1.1 Atividades Preliminares

- Preparação dos materiais: nesta fase ocorre o armazenamento das matérias-primas, a dosagem e mistura do concreto, o preparo da armadura e a montagem da armadura quando necessário.
- Transporte dos materiais ao local de trabalho: transporte do concreto misturado até a fôrma, feito mecanicamente, e o transporte da armadura.

6.8.1.2 Execução

- Preparação da fôrma e da armadura: limpeza da fôrma, aplicação de desmoldante, colocação da armadura montada, ou montagem da armadura.
- Colocação do concreto (moldagem): lançamento e adensamento do concreto, eventuais acabamentos.
- Cura do concreto: operação correspondente ao período em que o elemento fica na fôrma até atingir a resistência adequada.
- Desmoldagem: retirada do elemento da fôrma.

6.8.1.2 Atividades posteriores

- Transporte interno: transporte dos elementos do local da desmoldagem até a área de armazenamento ou área de acabamentos.

- Acabamentos finais: inspeção, tratamentos finais, eventuais remendos e maquiagem.
- Armazenamento: período em que os elementos permanecem no local apropriado até o envio à obra.

Normalmente, a execução dos elementos pré-moldados é feita em uma só etapa de moldagem. No entanto, dependendo da forma do elemento emprega-se mais de uma etapa de moldagem. A escolha do processo de execução depende, dentre outros fatores, da produtividade desejada, dos investimentos e da especialização da produção (EL DEBS, 2000).

6.8.2 Fôrmas

Conforme El Debs (2000), as fôrmas são de fundamental importância na execução dos elementos pré-moldados, pois são elas que determinam a qualidade do produto e a produtividade do processo.

Apresentam algumas características desejáveis, como:

- a) Estabilidade volumétrica;
- b) Reutilização;
- c) Fácil manejo;
- d) Facilidade de desmoldagem;
- e) Estanqueidade;
- f) Versatilidade;

A NBR 9062:2006 cita que as fôrmas devem adaptar-se às formas e dimensões das peças pré-moldadas projetadas, respeitadas as tolerâncias estabelecidas na norma. Podem ser feitas com os seguintes materiais: aço, alumínio, concreto ou madeira, fibra ou plástico.

Os materiais mais utilizados são a madeira e o aço. A madeira apresenta um menor custo e um menor número de reutilizações, além da necessidade de um maior número de manutenções. Já as fôrmas de aço apresentam um maior custo,

um grande número de reutilizações e não necessitam de tantas manutenções (El Debs, 2000).

6.8.3 Adensamento

De acordo com El Debs (2000), o adensamento é uma atividade importante na execução do concreto pré-moldado, pois ele tem a forte implicação na qualidade do concreto e na produtividade do processo. Na execução do concreto pré-moldado procura-se utilizar concreto de resistência mais alta do que a das estruturas moldadas no local. Assim, é comum se trabalhar com concretos com menores relações água/cimento.

As principais formas para adensar o concreto são a vibração, a centrifugação, a prensagem ou vácuo.

A NBR 9062:2006 relata que o adensamento deve ser cuidadoso para que o concreto preencha todos os recantos da fôrma.

6.8.4 Cura

A NBR 9062:2006 divide a fase da cura em duas:

- A cura Normal – enquanto o concreto não atingir o endurecimento satisfatório deve ser protegido contra agentes prejudiciais. A proteção contra a secagem prematura deve ser feita, mantendo-se a superfície umedecida ou protegida com uma película impermeável, o tempo necessário para atingir a hidratação adequada, levando em conta a natureza do cimento.
- A cura acelerada - O endurecimento do concreto pode ser antecipado por meio de tratamento térmico adequado e devidamente controlado, não se dispensando as medidas de proteção contra a secagem.

Conforme El Debs (2000), a execução dos elementos de concreto pré-moldado procura sempre liberar as formas e os elementos moldados o mais rápido possível, para que a produtividade do processo aumente.

As possíveis formas de acelerar o endurecimento do concreto são:

- a) Utilização de cimento ARI (cimento de alta resistência inicial);
- b) Aumentar a temperatura (acelerar a reação química da água com o cimento);
- c) Utilização de aditivos.

As formas mais utilizadas na execução de peças pré-moldadas são as duas primeiras.

6.8.5 Desmoldagem

Segundo El Debs (2000), os procedimentos adotados na desmoldagem dependem basicamente das fôrmas, podendo ser feita de três maneiras:

- a) Direta – retirada dos elementos por levantamento, retirando ou não as partes laterais da fôrma.
- b) Por separação dos elementos – correspondem as fôrmas tipo bateria utilizadas na execução de painéis.
- c) Por tombamento da fôrma – também direcionada à execução de painéis, o elemento é moldado com a fôrma na posição horizontal e é colocada na posição vertical para a desmoldagem mediante ao uso de mesa de tombamento.

Na NBR 9062:2006, o projeto e a execução das fôrmas devem atender todas as condições para fácil desmoldagem, sem danificar os elementos concretados, como previsão de ângulos de saída, livre remoção das laterais e cantos chanfrados ou arredondados.

6.8.6 Manuseio

Conforme a NBR 9062:2006:

Os elementos pré-moldados devem ser suspensos e movimentados por intermédio de máquinas, equipamentos e acessórios apropriados em pontos de suspensão localizados nas peças de concreto perfeitamente definidos em projeto, evitando-se choques e movimentos abruptos. Devem ser obedecidas as especificações do projeto de içamento (ângulos e posicionamentos) para os cabos de aço e outros dispositivos de içamento. As máquinas de suspensão, balancins, cabos de aço, ganchos e outros dispositivos devem ser dimensionados levando-se em conta as solicitações dinâmicas.

El Debs (2000) divide os dispositivos auxiliares para manuseio das peças em internos e externos.

Os internos (Figura 7) são dos seguintes tipos:

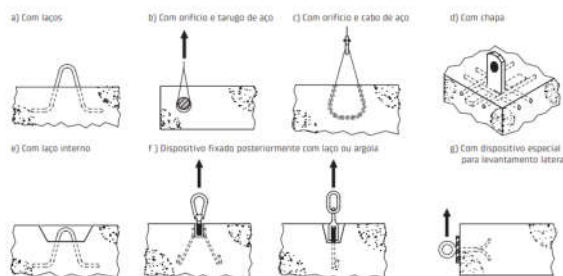
- a) Laços ou chapas chumbados;
- b) Orifícios;
- c) Laços ou argolas rosqueadas posteriormente;
- d) Dispositivos especiais.

Os dispositivos externos podem ser dos seguintes tipos:

- a) Balancins;
- b) Prensadores transversais;
- c) Braços mecânicos;
- d) Ventosas.

O dispositivo interno mais empregado são os laços chumbados e o dispositivo externo mais comum são os balancins.

Figura 7- Dispositivos internos



Fonte: El Debs (2000).

6.8.7 Armazenamento

De acordo com as orientações da norma NBR 9062:2006, a descarga dos elementos pré-moldados deve ser feita com os mesmos cuidados do manuseio. O armazenamento é efetuado sobre dispositivos de apoio, sobre terreno plano e firme.

Segundo El Debs (2000), o armazenamento ocorre pelas seguintes razões: por uma questão de planejamento da produção e para que aumente a resistência do concreto, até que atinja a resistência do projeto.

Nessa etapa, deve-se tomar bastante cuidado com os seguintes aspectos: a) possibilidade de deformações excessivas devido à pouca idade do concreto e com o estufamento devido a variação de temperatura.

6.8.8 Transporte

Segundo a NBR 9062:2006 o transporte dos elementos pré-moldados deve ser efetuado em veículos apropriados as dimensões e peso das peças pré-moldadas, levando em consideração as solicitações dinâmicas.

Durante o transporte rodoviário dos elementos pré-moldados recomenda-se uma cuidadosa fixação dos elementos, por questão de segurança e até mesmo para não danificar o elemento. Recomenda-se obedecer às limitações de 2,5 metros de largura e 4,5 metros de altura, com relação ao comprimento pode-se transportar elementos com até 30 metros (EL DEBS, 2000).

6.8.9 Montagem

As montagens dos elementos pré-moldados, em suas posições definitivas, são realizadas por equipamentos de montagem. Os equipamentos empregados na montagem são de dois tipos:

-De uso comum - autograis (guindaste de plataforma móvel) e grua de torre (guindaste de torre);

-De uso restrito – grua de pórtico (guindaste de pórtico) e derrick (guindaste derrick).

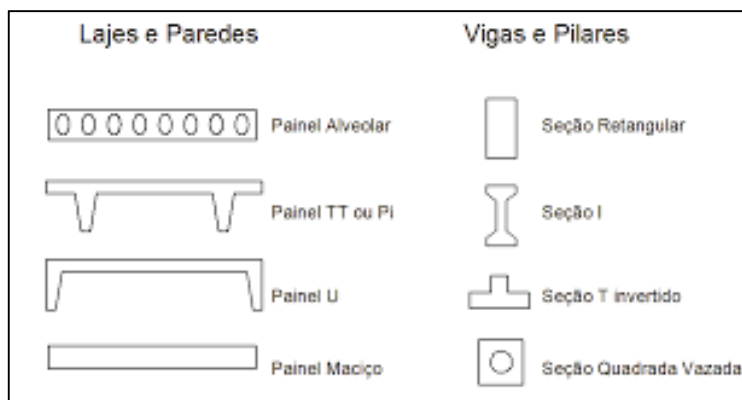
O trabalho de montagem deve ser feito após um planejamento, definindo a sequência da montagem e verificando as condições de acesso dos equipamentos e de escoramento.

A montagem apresenta particularidades conforme o tipo de elemento. Os procedimentos para a realização da montagem podem ser divididos em: a) montagem dos pilares; b) montagem de vigas e arcos; c) montagens de painéis de parede e d) montagem de painéis de laje. O caso que necessita de maior atenção são os pilares e os painéis de parede, pois chegam na posição diferente e precisam de uma rotação do elemento.

6.9 OS ELEMENTOS DO SISTEMA CONSTRUTIVO PRÉ-MOLDADO

O sistema construtivo em concreto pré-moldado apresenta alguns tipos mais comuns de seções transversais como mostra na Figura 8.

Figura 8 – Denominações dos elementos pré-moldados de uso mais comum



Fonte: Adaptado de El Debs (2000).

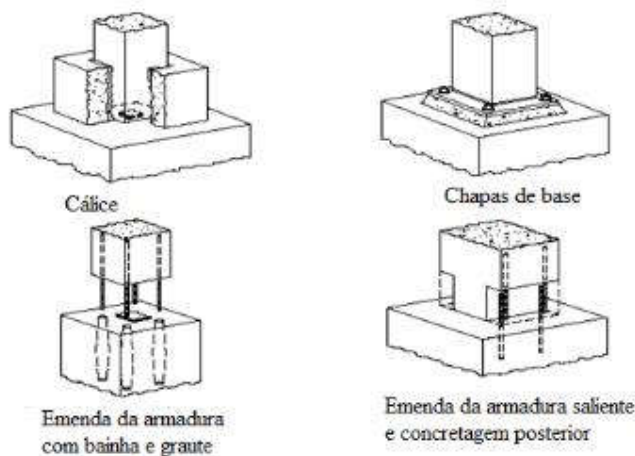
6.9.1 Fundação

Para a execução da fundação, são realizados blocos de concreto, moldados no local, que apresentam duas partes distintas: a base e o colarinho. A base do bloco realiza a interface entre o elemento moldado in loco e as fundações profundas. Sobre a base, se encontra o colarinho, que forma um vazio para encaixe dos pilares pré-moldados.

As fundações apresentam diferentes tipos de ligação pilar-fundação como mostrado na Figura 9 (El Debs, 2000).

- a) Por meio de cálice: a ligação mais utilizada no Brasil, é executada a partir do encaixe do pilar na cavidade da fundação, onde é preenchido posteriormente os espaços vazios com graute ou concreto. É um tipo de ligação que apresenta facilidade na montagem, facilidade nos ajustes aos desvios e o fato de transmitir bem os momentos fletores.
- b) Por meio da chapa de base: é feita pela união da chapa com a armadura principal do pilar, por meio da utilização de chumbadores e preenchido após montagem com argamassa ou graute, preenchendo os espaços vazios entre a chapa e a fundação.
- c) Por emenda da armadura com bainha e graute: neste caso a armadura do pilar ou da fundação é projetada para fora do elemento. Na montagem a armadura é introduzida em bainha e colocada no elemento adjacente, os espaços vazios entre a bainha e a barra, bem como o pilar e a fundação são preenchidos com graute.
- d) Com emenda de armaduras salientes: onde parte da armadura do pilar fica saliente e é emendada com a utilização de soldas ou acopladores e posteriormente é realizada a concretagem da emenda. Apresenta uma grande dificuldade em sua execução por essa razão seu emprego é limitado.

Figura 9 – Tipos de ligação pilar-fundação



Fonte: Ebah (2018).

6.9.2 Pilar

Os pilares pré-moldados apresentam diferentes formas e dimensões que variam de acordo com cada projeto a ser executado. Sua dimensão mínima é de 30 cm, para facilitar a fabricação obedecem a variações múltiplas de 10 cm e o seu comprimento máximo é definido pela limitação do transporte que é 24 m (SENDEN, 2015).

Em geral os pilares são elementos que possuem uma alta complexibilidade, pois podem apresentar dutos para escoamentos de água ou consoles para apoiar as vigas, dependendo da necessidade de cada projeto. Suas formas mais comuns são quadradas ou retangulares (Figura 10).

Figura 10 – Pilares pré-moldados



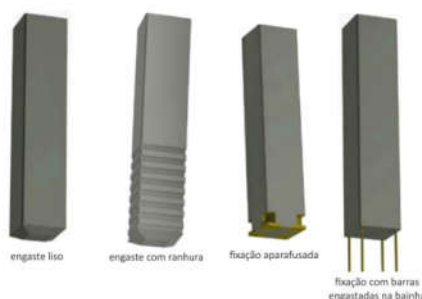
Fonte: KDM pré-moldados (2018).

Os pilares possuem resistência a tração, compressão e a situações como transporte, moldagem, estocagem e manuseio.

6.9.2.1 ENGASTE PILAR BLOCO DE FUNDAÇÃO

Segundo Senden (2015), existe uma particularidade no pilar quando é utilizada a ligação por cálice. A base do pilar possui algumas ranhuras que facilitam a ligação do pilar no bloco de fundação. Essas ranhuras contribuem para uma melhor consolidação com a utilização de graute para preencher a cavidade entre o cálice e a base do pilar (Figura 11).

Figura 11 – Ranhuras na base do pilar



Fonte: Pré-fabricados (2012).

6.9.2.2 CONSOLE

Segundo El Debs (2000), os consolos são elementos estruturais que se projetam dos pilares ou paredes para servir de apoio para outras partes da estrutura ou para cargas de utilização. Constituem-se em balanços bastante curtos.

Os consolos são geralmente empregados nas estruturas pré-moldadas para as ligações viga-pilar e ligações viga-viga. (ACKER, 2002). Os consolos se destacam entre os elementos mais usuais de ligação em estruturas pré-fabricadas.

Segundo Senden (2015), os consolos podem ser:

- Console trapezoidal para viga em “I” (Figura 12) - é utilizado para apoio das vigas, são normalmente executados na largura do pilar possuindo a base de contato com a viga de 30 cm, 20 cm de altura constante e um trecho inferior com uma inclinação a 45° terminando a lateral do pilar. Durante a montagem,

os consoles recebem aparelhos de Neoprene para impedir o contato direto com a superfície de concreto e prevenir a integridade da peça

Figura 12 – Console trapezoidal



Fonte: Engemolde (1980).

- Console retangular para vigas retangulares ou do tipo I com uso de dente de Gerber (Figura 13). A altura dos consoles são usualmente de metade da altura da viga retangular. O uso deste tipo de console se faz quando normalmente no projeto arquitetônico se quer esconder o apoio em um pano de alvenaria, seja por motivo arquitetônico ou estrutural.

Figura 13 – Console retangular

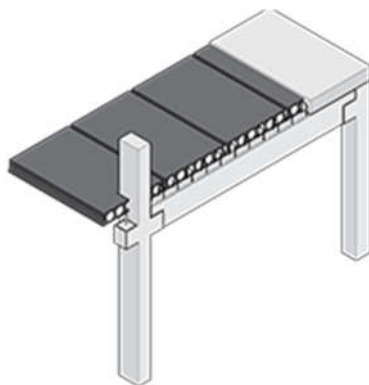


Fonte: Hormipresa (2018).

- Console para apoio de laje alveolar (Figura 14) - Os consolos para lajes alveolar podem ser retangulares, em formato trapezoidal ou metálico e apresenta, pequenas dimensões. Geralmente são utilizações quando ocorre a necessidade um complemento de apoio para a laje alveolar onde na sua

paginação existe um pilar e para que a laje mantenha sua estrutura necessita desse apoio.

Figura 14 – Laje alveolar



Fonte: Galleon (1994).

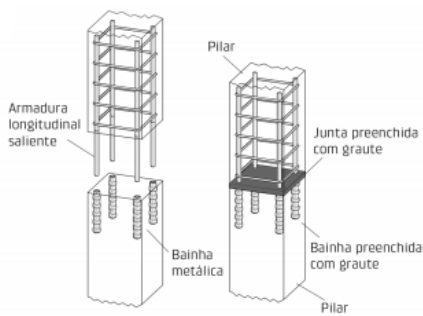
6.9.2.3 LIGAÇÃO PILAR X PILAR

Esse tipo de ligação (Figura 15) ocorre em construções de grande altura, pois apresenta dificuldades no posicionamento e prumo dos elementos (EL DEBS, 2000).

As ligações podem ser executadas das diversas maneiras seguintes:

- Com emenda das barras da armadura do pilar;
- Com chapa ou conectores metálicos e solda;
- Com tubos metálicos;
- Com cabos de pretensão.

Figura 15 – Ligação pilar-pilar



Fonte: El Debs (2017).

6.9.3 Viga

As vigas são elementos estruturais que podem ser de concreto armado ou protendido, apresentando a função de suportar a laje de pisos e elementos de cobertura. Suas formas pré-moldadas podem ser de diferentes tipos: em T, em I e retangulares. Possuem funções de travamento, suportar as lajes ou calhas.

Viga retangular

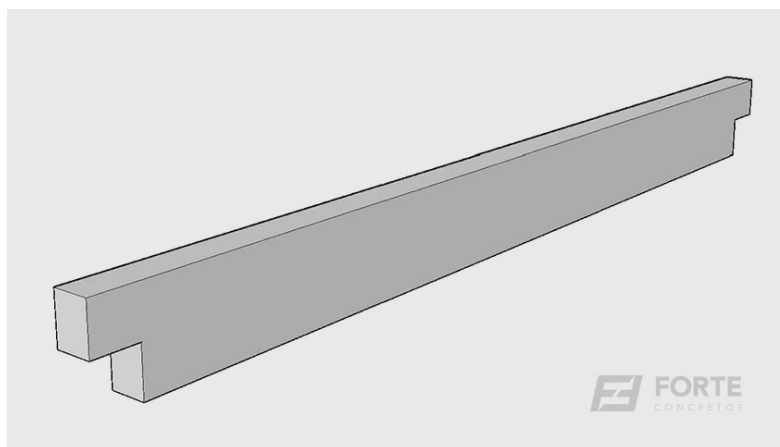
Segundo Senden (2015), as vigas retangulares são as que apresentam a maior variedade de seções, para melhor aproveitamento da produção é sempre melhor procurar adotar seções padrões. Podem ser tanto de concreto armado quanto de concreto protendido (Figura 16).

- Para as vigas retangulares protendidas suas dimensões são limitadas pela máquina que posiciona e faz a proteção dos cabos.

- Para as vigas de concreto armado suas dimensões mais adaptadas e geralmente esse tipo de viga apresenta dente de Gerber com metade da altura da viga e para o seu apoio da base sobre o console do pilar utiliza-se Neoprene.

Geralmente, as vigas retangulares apresentam dentes de apoio na extremidade para cobrir os consolos retangulares dos pilares. Estas vigas não atuam em ação combinada com a laje (ACKER, 2002).

Figura 16 – Viga retangular



Fonte: Forte concretos (2012).

- **Viga-suporte protendidas**

Segundo Senden (2015) as vigas possuem consoles em toda a sua extensão para receber as lajes e possui uma parte superior armada com estribos para o recebimento de armaduras de reforço para consolidar a viga com o pilar (Figura 17).

As vigas de cobertura são utilizadas em edificações industriais onde requer vãos maiores, possuem seção transversal em forma de I (ACKER, 2002).

Figura 17 – vigas protendidas

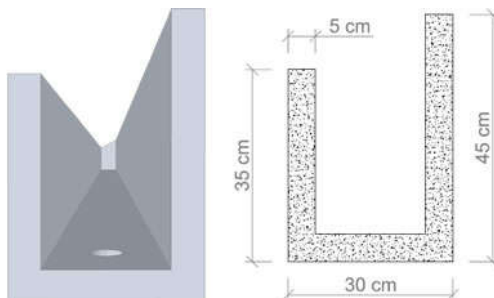


Fonte: LJS pré-moldados (2016).

- **Viga calha**

De acordo com Senden (2015), as vigas calhas além de apresentar uma função estrutural, também fazem parte do sistema que coleta as águas provenientes das chuvas. Possuem formatos em L, J e U. São geralmente protendidas para minimizar a flecha melhorando o escoamento das águas pluviais pela calha de concreto e evitando a sua retenção (Figura 18).

Figura 18 –Viga calha



Fonte: Estruturas (1999).

6.8.4 Laje

As lajes em concreto pré-moldado são muito vantajosas, pois apresentam uma rapidez na sua montagem, não necessitam de escoramentos e conseguem vencer grandes vãos (SENDEN, 2015).

É o elemento estrutural responsável por transmitir as ações que nela chegam para as vigas que as sustentam, e destas para os pilares (BRUMATTI, 2008).

As lajes são elementos bidimensionais e possuem diferentes tipos:

- As lajes alveolares possuem alvéolos que são vazios no interior, que diminuem o peso da laje e promovem uma economia em concreto, além de poderem alcançar grandes vãos (Figura 19). Podem ser com concreto protendido ou concreto armado, alcançando comprimentos de até 20m.
- As lajes alveolares protendidas são executadas por meio de extrusão ou por fôrma deslizante, no comprimento das pistas de concretagem e posteriormente são serradas com o comprimento desejado (EL DEBS, 2000).

Figura 19 – Laje alveolar

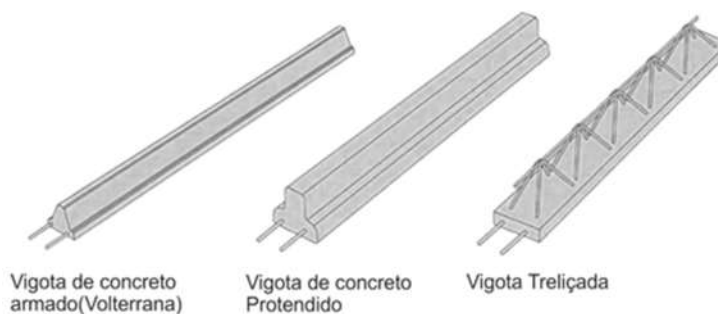


Fonte: Engenharia Concreta (2018).

- A laje nervurada é aplicada em pequenos vãos, compostas por vigotas que são capazes de suportar seu peso próprio e as ações da construção.

Constituídas basicamente de: elementos lineares pré-moldados, que correspondem às nervuras, dispostos espaçadamente em uma direção; elementos de enchimento, colocados sobre os elementos pré-moldados, e concreto moldado no local (CML). Possuem blocos entre essas nervuras, para impedir que o concreto percole pelas regiões de contato entre as nervuras e os blocos. Eles podem ser blocos cerâmicos, de concreto ou EPS (Figura 20).

Figura 20 – Tipos de vigotas



Fonte: Isoplast (1993).

- As lajes maciças, são ideais para aumentar a produtividade da obra, executadas com concreto leve para reduzir o seu peso, utilizadas em pequenos vãos e possui um acabamento liso, sendo comum em residências, escolas e hotéis (Figura 21).

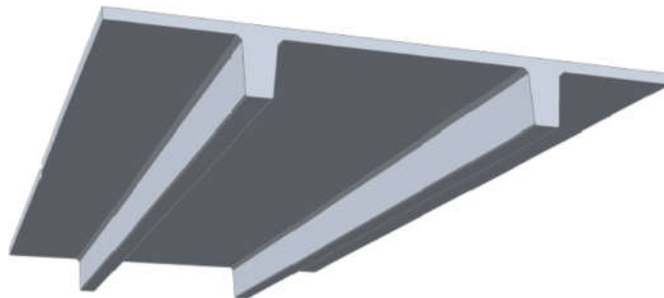
Figura 21 – Laje maciça pré-moldada



Fonte: Puma (1998).

- As lajes de duplo T ou PI (Figura 22), podem ser empregadas com ou sem com de concreto moldado no local, formando elemento composto, não necessitam de escoras e são executadas em grandes vãos.

Figura 22-Laje duplo T ou PI pré-moldada



Fonte: ATC estruturas (2016).

6.8.5 Escada

As escadas pré-moldadas (Figura 23) são uma ótima alternativa, pois evita o transtorno de executá-la no local. Podem incluir ou não patamar de descanso, possuem um acabamento liso na sua superfície e não precisam de acabamento como a moldada in loco. Apresenta outras formas como: caracol, J, L, U e jacaré.

Um ótimo exemplo de escadas com degraus independentes que são fixados em estruturas laterais são as vigas chamadas jacaré, que chegam ao local de execução prontos e necessitam apenas da montagem no local definitivo.

A viga jacaré (Figura 24) é composta por:

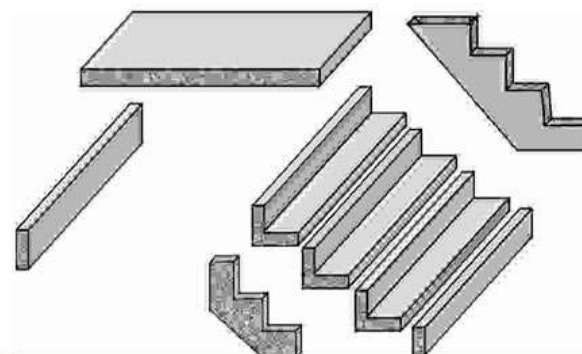
- Duas vigas denteadas ou vigas jacaré;
- Degraus em “L”;
- Patamares pré-moldados;
- Peças de apoio do patamar;
- Peças complementares de ajuste.

Figura 33-Escada pré-moldada



Fonte: Concretelaje (2016).

Figura 24 – Vigas jacaré



Fonte: Construção (2002).

7 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS

7.1 VANTAGENS

As vantagens da pré-moldagem, as características que favorecem o uso dessa estrutura, são a execução de parte da estrutura fora do local definitivo e velocidade, aproveitamento de materiais e um maior controle de qualidade.

Essas vantagens podem ser divididas em técnicas e econômicas:

As técnicas são:

- Melhoria na qualidade do concreto – o concreto passa por um controle de qualidade;
- Maior controle da obra – controle nas etapas construtivas e no prazo de execução;
- Execução de obra por etapas pré-definidas – divisão da obra por setores e realização da montagem de cada setor independentemente;
- Desaparecimento de fôrmas – peças chegam prontas e não há necessidade de fôrmas, reduzindo a quantidade de entulhos na obra;
- Montagem rápida - devido a montagem ser feita com o auxílio de máquinas.

As econômicas são:

- Redução no custo e prazo da obra – com o planejamento das etapas da obra é possível ter um maior controle do custo;
- Evita a improvisação;
- Economia na mão-de-obra – menos funcionários na obra como armadores e carpinteiros;
- Redução de riscos de acidente.

7.2 DESVANTAGENS

As desvantagens, as características que desfavorecem sua utilização, estão relacionadas a colocação dos elementos nos locais definitivos, levando em conta as limitações do transporte, montagem e adaptações no canteiro de obras.

Essas desvantagens possuem dois pontos relevantes o técnico e o econômico:

O técnico:

- Problemas na resolução das juntas – juntas mal executadas geram fissuras e deterioração do elemento;
- Necessidade de superdimensionar alguns elementos;
- Respeitar os gabaritos de transporte – as peças têm limitações de tamanho de acordo com o tipo de transporte;
- Necessidade de mão-de-obra especializada – montagem, o tratamento das juntas e a supervisão da execução deve ser feita por pessoas que tenham conhecimento técnico na área.

O econômico:

- É uma estrutura mais cara que a convencional;
- Necessita de investimentos para iniciar a pré-moldagem – para a produção não sair cara é necessário grandes volumes para obter o aproveitamento das formas que moldam os elementos;
- O transporte dos produtos é mais caro que o convencional - dependendo do local da obra o deslocamento sai caro.

8 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Neste capítulo, são apresentadas características da obra, detalhamentos, a aplicação do sistema pré-moldado a estrutura do estádio e uma análise no custo dos elementos pré-moldados, que foram analisadas para desenvolver esse trabalho.

8.1 CARACTERÍSTICAS DA OBRA APRESENTADA

O desenvolvimento do trabalho se faz a partir da apresentação das características executivas, dos obstáculos e dos métodos construtivos. O responsável pelo projeto do estádio que está sendo construído é o arquiteto Francisco Ricardo Avelino Dantas Filho, que apresentou uma nova concepção na construção de arenas esportivas.

a) Arena América (Arena do Dragão) localizado em Parnamirim na Região Metropolitana de Natal/RN.

-Capacidade: 25.000 espectadores

-Arena de multiuso

-Área do lote: 210.000,00 m²

Com a demolição do estádio Machadão para a construção do estádio Arena das Dunas que seria sede da Copa do Mundo de 2014 no Brasil, o América Futebol Clube percebeu a necessidade de construir um estádio próprio com isso, veio o projeto da Arena América.

Neste contexto, o estudo da obra da Arena América (Figura 25), que será apresentado está localizado no centro de treinamento do América Futebol Clube, composto pelo campo de futebol, os alojamentos e a outra área que antes era um terreno baldio, sem construções foi utilizada para o projeto do estádio do América, junto com o estacionamento.

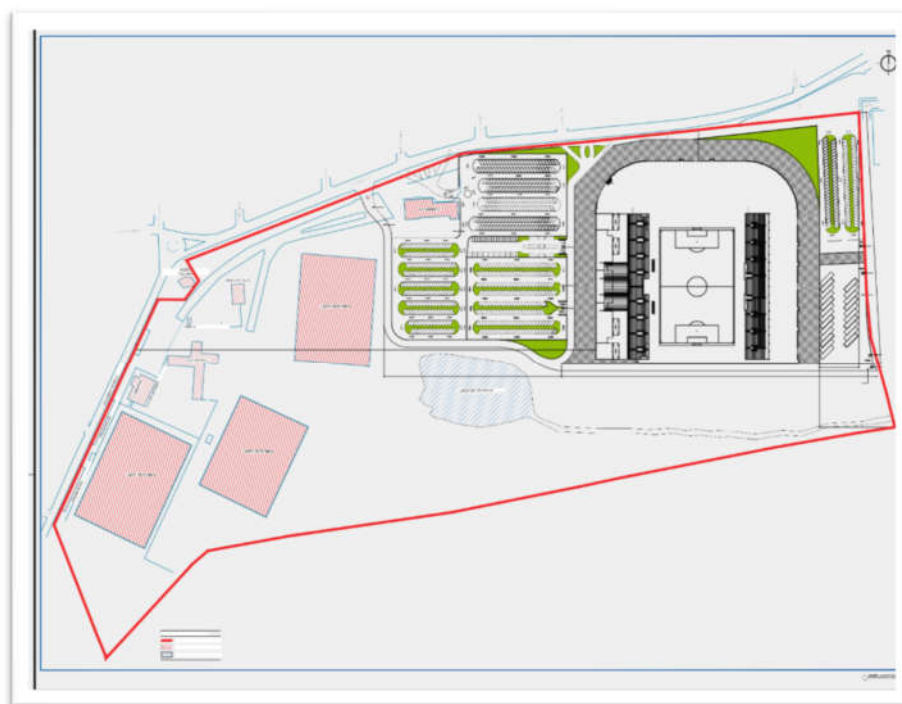
Figura 25 – Arena América quando for finalizado.



Fonte: Estúdio MSX (2018).

Os pontos mais relevantes para a construção do estádio são:

- a) A análise do terreno: O terreno onde está sendo realizada a construção do estádio apresenta um desnível de ponta a ponta de 9 metros de largura, com isso haviam duas possibilidades, a de realizar uma estrutura aérea ou aproveitar o talude, como a ideia era a arena multiuso, utilizando os espaços abaixo da arquibancada, assim optou pela utilização de uma estrutura aérea com estruturas pré-moldadas (Figura 26).
- b) Definição da área de campo;
- c) Determinação da capacidade de público: a capacidade da Arena América é de 25 mil torcedores.
- d) Determinação da orientação do campo: deve ser situado no hemisfério norte para que o sol não ofusque os jogadores.
- e) Determinação das zonas de segurança.

Figura 26 – Projeto da Arena América

Fonte: Estúdio MSX (2018).

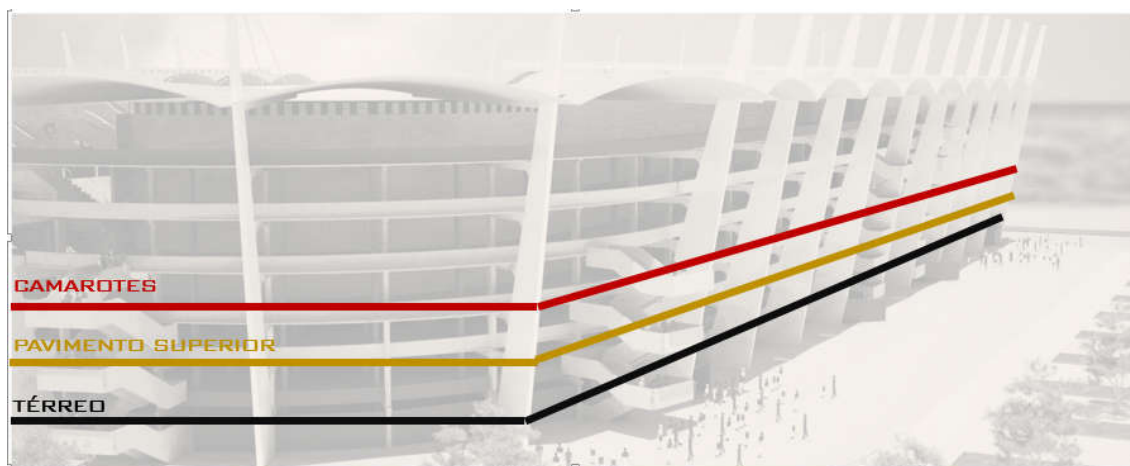
A área total do empreendimento apresenta os seguintes valores da Tabela 1:

Tabela 1 – área do terreno

QUADRO DE ÁREAS	
ÁREA DO LOTE (Al)	210.000,00 m ²
ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (Ac)	19.880,37 m ²
ÁREA DE OCUPAÇÃO (Ao)	10.334,89 m ²
ÁREA PERMEVÁEL (Ap)	144.151,70 m ²

Fonte: Adaptado Estúdio MSX (2018).

O estádio foi projetado seguindo algumas recomendações da FIFA, sendo construído pensando na segurança e no conforto. A construção desse estádio veio com uma nova característica a de arena multiuso, além de atender os jogos de futebol do time do américa, será utilizado para possíveis parcerias de shows e eventos e a parte abaixo das arquibancadas serão usadas para usos comerciais, totalizando uma área comercial de 9.342,00 m² incluindo a área comercial do pavimento superior e térreo (Figura 27).

Figura 27 – Detalhe das áreas comerciais da Arena América

Fonte: Estúdio MSX (2018).

A distribuição da capacidade da arena está sendo executada por módulos independentes, sendo dividido em 3 módulos de 15 metros com juntas de dilatação, pois se não houvesse a captação de recursos, a construção parava e podia ser unida com uma nova estrutura à medida que fossem arrecadados recursos, assim o estádio poderia ser ampliado posteriormente (Figura 28 e 29).

Figura 28 – Vista da construção por módulos com capacidade para 8 mil torcedores.

Fonte: Estúdio MSX (2018).

Figura 29- Vista da construção por módulos com capacidade para 10 mil torcedores.



Fonte: Estúdio MSX (2018).

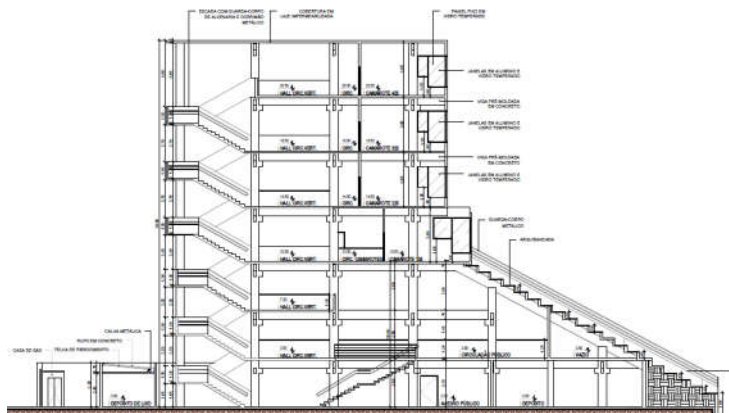
8.1.1 Estrutura da Arena

Nesse tópico será apresentada a parte estrutural da Arena América, seu sistema construtivo, seus projetos estruturais e a utilização de estruturas pré-moldadas.

8.1.1.1 Sistema Construtivo

A construção do estádio está utilizando elementos pré-moldados como forma de garantir uma rapidez executiva e uma obra limpa. Os elementos pré-moldados utilizados são as lajes, as vigas, os pilares, as fundações e os degraus da arquibancada como mostra a Figura 30:

Figura 30 – Corte com identificação dos elementos estruturais



Fonte: Estúdio MSX (2018).

8.1.1.2 Tipo da estrutura

A estrutura utilizada para a construção da Arena é a do tipo esqueleto, onde as lajes e as vigas transmitem todas as cargas horizontais e verticais para os pilares. Esse tipo de estrutura apresentam os sistemas contraventados como a solução mais eficaz (VAN ACKER,2002).

As lajes presentes na estrutura do estádio são do tipo “TT” como forma de alcançar grandes vãos e garantir a rapidez na montagem. Essas lajes possuem uma largura de 1,25 metros e um vão livre vencido de 7,5 metros (Figura 31 e 32).

Figura 31 – Vista da construção das lajes



Fonte: Estúdio MSX (2018).

Figura 32 – Detalhe do projeto estrutural das lajes



Fonte: Estúdio MSX (2018).

A construção da estrutura realizada em módulos de 15 metros, apresenta um sub-módulo de 7,5 metros de eixo a eixo para que os esforços nas vigas (Figura 33) sejam menores.

Figura 33– Detalhe do projeto estrutural das vigas



Fonte: Estúdio MSX (2018).

A estrutura da arquibancada é executada com as vigas jacaré (Figura 34 e 35) onde os degraus se apoiam nesses dentes da viga, dando forma a arquibancada para que, posteriormente, recebam as cadeiras para os espectadores. As vigas jacaré possuem dimensões de (0,30m x 0,80m x 2,91m) e (0,40m x 0,80m x 2,91m).

Figura 34 – Detalhe das vigas jacaré



Fonte: Estúdio MSX (2018).

Figura 35 - Detalhe da montagem das vigas jacaré com os degraus no estádio



Fonte: Estúdio MSX (2018).

Os pilares das estruturas da Arena (Figura 36) possuem duas dimensões a de 30 x 60 cm e a 40 x 60 cm e uma distância entre eles de 7,5 metros apresentando uma junta de dilatação (Figura 37 e 38) para o crescimento posterior da estrutura do estádio.

Figura 36 - Vista dos pilares



Fonte: Estúdio MSX (2018).

Figura 37 - Vista de uma junta de dilatação



Fonte: Estúdio MSX (2018).

Figura 38- Detalhe do projeto estrutural dos pilares



Fonte: Estúdio MSX (2018).

A fundação presente na estrutura é a sapata (Figura 39 e 40), onde recebem os pilares através do cálice e preenchidas com graute nos espaços vazios, a melhor opção de fundação é escolhida visando uma melhor execução em um determinado projeto, além de uma estrutura que seja capaz de suportar as cargas das demais estruturas e que apresente um custo benefício dentro do orçamento.

(Figura 41) com concreto leve, em forma de flecha que diminui o carregamento. Essas cascas são sustentadas por tirantes que distribuem os esforços para um pórtico de concreto. Com essa solução as cascas ajudam na drenagem da água para que consigam escoar sem que goteje para outras estruturas e gere risco de infiltração nas estruturas.

Figura 41 - Pórticos com tirantes segurando a cobertura em forma de casca



Fonte: Estúdio MSX (2018).

8.1.1.4 Características do Concreto

De acordo com o projeto estrutural (Figura 42) desenvolvido para a arena a classe de agressividade ambiental (CAA) é a II, apresentando uma agressividade moderada, o tipo de ambiente é urbano e um risco de deterioração da estrutura pequeno.

A relação água/cimento do concreto para agressividade II é de $\leq 0,55$ e a classe de concreto de C30 do grupo I de resistência e uma resistência característica a compressão $F_{ck}=30$ MPa.

Figura 42-Características do concreto

CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO (CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL CAA)II

CLASSE (NBR-8953): **C30** $E_c \geq 26$ GPa; Relação a/c $\leq 0,55$

IMPORTANTE: DEVE-SE REALIZAR UM ESTUDO DE DOSAGEM ANTES DA EXECUÇÃO DA ESTRUTURA PARA GARANTIR A ADEQUAÇÃO DO CONCRETO; O TIPO DE CIMENTO E O CONSUMO A SEREM ADOTADOS DEVEM SER DEFINIDOS POR PROFISSIONAL CAPACITADO.

Fonte: Estúdio MSX (2018).

9 ANÁLISE DE CUSTO DAS ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS NA ARENA AMÉRICA.

O engenheiro Francisco Sobrinho, responsável pela obra do estádio, passou as planilhas dos elementos pré-moldadas utilizados na construção da Arena América, a empresa CIC (Comércio Indústria e construção Ltda.) foi a responsável pelo orçamento das estruturas pré-moldadas de acordo com a necessidade prevista no projeto.

9.1 QUANTIDADES E VOLUMES DOS ELEMENTOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO

A planilha foi dividida em elementos, cada um com sua quantidade de peças empregadas e seu volume em metros cúbicos, utilizados na realização dessa primeira etapa da construção, um estádio para 5 mil lugares.

Realizando uma separação por elementos podemos analisar as seguintes informações:

Tabela 2 - Pilares

ELEMENTOS	ESPECIFICAÇÕES	UNID	QUANT	VOLUME (m³)	
				UNIT	TOTAL
EIXO F	0,30 X 0,60 X 3,51	PÇ	7	0,6318	4,4226
EIXO F	0,40 X 0,60 X 3,51	PÇ	14	0,842	11,788
EIXO E	0,30 X 0,60 X 5,27	PÇ	7	0,9486	6,6402
EIXO E	0,40 X 0,60 X 5,28	PÇ	15	1,26	18,9
EIXO D	0,30 X 0,60 X 9,53	PÇ	7	1,715	12,005
EIXO D	0,40 X 0,60 X 9,53	PÇ	15	2,29	34,35
EIXO C	30 X 60 X 13,10A	PÇ	7	2,358	16,506
EIXO C	40 X 60 X 13,10A	PÇ	15	3,15	47,25
VOMITÓRIA S	0,40 X 0,40 X 4,09	PÇ	8	0,654	5,232
EIXO VOMITÓRIA	0,40 X 0,40 X 7,60	PÇ	8	1,216	9,728
PILARES DA RAMPA	0,30 X 0,30 X 3,52	PÇ	4	0,3156	1,2624
TOTAL			107		168,0842

Fonte: Autor (2019).

De acordo com a planilha acima é possível observar que foram utilizados 107 peças de concreto pré-moldado. Os pilares apresentam dimensões diferentes (30 x 60 cm; 40 x 60 cm; 40 x 40 cm e 30 x 30 cm) e um volume total de 168,08 m³.

Tabela 3 - Vigas (Nível de 3,5; 7,0 e 10,5)

ELEMENTOS	ESPECIFICAÇÕES	UNID	QUANT	VOLUME	
				UNIT	TOTAL
VIGAS HORIZONTAIS (NÍVEL 3,5)	0,30 X 0,50 X 7,10	PÇ	10	1,065	10,65
VIGAS HORIZONTAIS (NÍVEL 3,5)	0,30 X 0,50 X 3,90	PÇ	8	0,585	4,68
VIGAS VERTICAIS (NÍVEL 3,5)	0,30 X 0,50 X 5,11	PÇ	7	0,765	5,355
VIGAS VERTICAIS (NÍVEL 3,5)	0,30 X 0,70 X 7,40	PÇ	6	1,554	9,324
VIGAS VERTICAIS (NÍVEL 3,5)	0,30 X 0,50 X 7,40	PÇ	1	1,11	1,11
VIGAS VERTICAIS (NÍVEL 3,5)	0,40 X 0,70 X 7,40	PÇ	16	2,072	33,152
VIGAS VERTICAIS (NÍVEL 3,5)	0,40 X 0,50 X 5,13	PÇ	15	1,026	15,39
VIGAS HORIZONTAIS (NÍVEL 7,0)	0,30 X 0,75 X 7,10	PÇ	12	1,5975	19,17
VIGAS VERTICAIS (NÍVEL 7,0)	0,30 X 0,60 X 7,10	PÇ	7	0,9234	6,4638
VIGAS VERTICAIS (NÍVEL 7,0)	0,40 X 0,60 X 7,10	PÇ	15	1,2312	18,468
VIGAS HORIZONTAIS (NÍVEL 10,5)	0,30 X 0,75 X 7,10	PÇ	18	1,5975	28,755
TOTAL			115		152,5178

Fonte: Autor (2019).

A quantidade de vigas horizontais e verticais foram 115 unidades com um volume total de 152,5178 m³.

Tabela 4- Vigas jacaré (Nível de 3,5)

ELEMENTOS	ESPECIFICAÇÕES	UNID	QUANT	VOLUME (m³)	
				UNIT	TOTAL
VIGAS JACARÉ	0,30 X 0,80 X 8,291	PÇ	4	3	11
VIGAS JACARÉ	0,40 X 0,80 X 8,921	PÇ	4	3,597	14,388
VIGAS JACARÉ	0,40 X 0,80 X 8,921 (saída)	PÇ	4	4,38	17,52
VIGAS JACARÉ	0,40 X 0,80 X 8,921 (saída)	PÇ	4	4,38	17,52
VIGAS JACARÉ	0,40 X 0,80 X 8,921 (saída)	PÇ	1	4,39	4,39
VIGAS JACARÉ	0,40 X 0,80 X 8,921 (saída)	PÇ	1	4,39	4,39
VIGAS JACARÉ VOMITÓRIA	0,40 X 0,80 X 8,921 (saída)	PÇ	8	7,569	60,552
VIGA JACARÉ RAMPA		PÇ	4	7,569	30
TOTAL			30		159,76

Fonte: Autor (2019).

Tabela 5-Vigas jacaré (Nível de 7,0)

ELEMENTOS	ESPECIFICAÇÕES	UNID	QUANT	VOLUME (m³)	
				UNIT	TOTAL
VIGA JACARÉ	0,30 X 0,80 X 8,921	PÇ	6	2,719	16,314
VIGA JACARÉ	0,40 X 0,80 X 8,921	PÇ	7	3,625	25,375
VIGA JACARÉ	0,40 X 0,80 X 8,921(saída)	PÇ	8	3,949	31,592
TOTAL			21		73,281

Fonte: Autor (2019).

Tabela 6- Vigas jacaré (Nível de 10,5)

ELEMENTOS	ESPECIFICAÇÕES	UNID	QUANT	VOLUME (m³)	
				UNIT	TOTAL
VIGA JACARÉ- mista	0,30 x 0,80 x 5,41 (Direita)	PÇ	3	1,592	4,776
VIGA JACARÉ- mista	0,30 X 0,80 x 5,41 (Esquerda)	PÇ	3	1,592	4,776
VIGA JACARÉ- mista	0,40 X 0,80 X 5,41	PÇ	15	2,431	36,465
TOTAL			21		46,017

Fonte: Autor (2019).

O total de vigas jacaré utilizadas na arquibancada do estádio foram de 72 unidades totalizando um volume total de 279,058 m³.

Tabela 7- Lajes (Nível de 3,5)

ELEMENTOS	UNID	QUANT	VOLUME (m ³)	
			UNIT	TOTAL
LAJE 34 E 36	PÇ	8	0,35	2,8
LAJE 35	PÇ	16	0,343	5,488
LAJE 33	PÇ	16	0,349	5,584
LAJE 32	PÇ	1	0,355	0,355
LAJE 31	PÇ	3	0,351	1,053
LAJE 24 E 30	PÇ	15	0,653	9,795
LAJE 21,23 E 29	PÇ	7	0,664	4,648
LAJE 05 E 28	PÇ	66	0,669	44,154
LAJE 07 E 27	PÇ	8	0,674	5,392
LAJE 06 E 26	PÇ	26	0,658	17,108
LAJE 25	PÇ	5	0,668	3,34
LAJE 20 E 22	PÇ	13	0,662	8,606
TOTAL		184		108,323

Fonte: Autor (2019).

Tabela 8 -Lajes (Nível de 10,5)

ELEMENTOS	UNID	QUANT	VOLUME (m ³)	
			UNIT	TOTAL
L46, L47 E L05	PÇ	37	0,669	24,753
L48 E L06	PÇ	15	0,658	9,87
L07	PÇ	2	0,674	1,348
TOTAL		54		35,971

Fonte: Autor (2019).

De acordo com a tabela acima é possível perceber que foram utilizadas 238 lajes nos diferentes níveis e um volume total de 144,294 m³.

Tabela 9- Viga degrau (Nível de 3,5)

ELEMENTOS	UNID	QUANT	VOLUME (m³)	
			UNIT	TOTAL
D03 E D29	PÇ	2	1,273	2,546
D04	PÇ	1	1,78	1,78
D04A, D05, D06, D11, D30A, D32	PÇ	17	1,484	25,228
D08, D13, D21, D27	PÇ	21	2,564	53,844
D12 E D25	PÇ	6	2,583	15,498
D14, D16 E D28	PÇ	6	1,976	11,856
D15	PÇ	4	3,259	13,036
D18	PÇ	8	2,559	20,472
D20, D20A, D20B	PÇ	9	1,479	13,311
D22	PÇ	2	1,972	3,944
D23	PÇ	2	3,253	6,506
D24/D24A	PÇ	2	1,595	3,19
D27	PÇ	1	2,575	2,575
D30	PÇ	1	1,73	1,73
D31	PÇ	1	1,2614	1,2614
TOTAL		83		176,7774

Fonte: Autor (2019).

Tabela 10 - Viga degrau (Nível de 7,0)

ELEMENTOS	UNID	QUANT	VOLUME (m³)	
			UNIT	TOTAL
D01, D02, D08, D33 E D34	PÇ	54	2,564	138,456
D07	PÇ	12	2,5	30
D09 E D19	PÇ	8	1,273	10,184
D10 E D10A	PÇ	8	1,213	9,704
D11, D11A E D12B	PÇ	12	1,484	17,808
D17	PÇ	4	2,492	9,968
D18	PÇ	14	2,559	35,826
TOTAL		112		251,946

Fonte: Autor (2019).

De acordo com a análise das tabelas acima, o total de peças pré-moldadas utilizadas foram igual a 727 e o volume total de concreto utilizado foi de 1.172,71m³.

9.2 CUSTO DOS ELEMENTOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO

Abaixo serão apresentados os custos de cada elemento pré-moldado da Arena América:

Tabela 51- Custo dos pilares (Nível de 7,0)

ELEMENTOS	ESPECIFICAÇÕES	UNID	QUANT	VOLUME (m³)		CUSTO	
				UNIT	TOTAL	UNIT	TOTAL
EIXO F	0,30 X 0,60 X 3,51	PÇ	7	0,6318	4,4226	R\$ 3.926,980	R\$ 17.367,462
EIXO F	0,40 X 0,60 X 3,51	PÇ	14	0,842	11,788	R\$ 3.926,980	R\$ 46.291,240
EIXO E	0,30 X 0,60 X 5,27	PÇ	7	0,9486	6,6402	R\$ 2.793,050	R\$ 18.546,411
EIXO E	0,40 X 0,60 X 5,28	PÇ	15	1,26	18,9	R\$ 2.793,050	R\$ 52.788,645
EIXO D	0,30 X 0,60 X 9,53	PÇ	7	1,715	12,005	R\$ 2.543,550	R\$ 30.535,318
EIXO D	0,40 X 0,60 X 9,53	PÇ	15	2,29	34,35	R\$ 2.543,550	R\$ 87.370,943
EIXO C	30 X 60 X 13,10A	PÇ	7	2,358	16,506	R\$ 3.229,920	R\$ 53.313,060
EIXO C	40 X 60 X 13,10A	PÇ	15	3,15	47,25	R\$ 3.229,920	R\$ 152.613,720
EIXO VOMITÓRI AS	0,40 X 0,40 X 4,09	PÇ	8	0,654	5,232	R\$ 2.543,550	R\$ 13.307,854
EIXO VOMITÓRI AS	0,40 X 0,40 X 7,60	PÇ	8	1,216	9,728	R\$ 2.543,550	R\$ 24.743,654
PILARES DA RAMPA	0,30 X 0,30 X 3,52	PÇ	4	0,3156	1,2624	R\$ 2.543,550	R\$ 3.210,978
TOTAL			107		168,0842		R\$ 500.092,335

Fonte: Autor (2019).

A tabela acima mostra que foi gasto um valor de R\$ 500.092,335 para a confecção dos pilares usados na Arena.

Tabela 12- Custo das vigas (Nível de 3,5; 7,0 E 10,5)

ELEMENTOS	ESPECIFICAÇÕES	UNID	QUANT	VOLUME		CUSTO	
				UNIT	TOTAL	UNIT	TOTAL
VIGAS HORIZONTAIS (NÍVEL 3,5)	0,30 X 0,50 X 7,10	PÇ	10	1,065	10,65	R\$1.420,20	R\$15.125,13
VIGAS HORIZONTAIS (NÍVEL 3,5)	0,30 X 0,50 X 3,90	PÇ	8	0,585	4,68	R\$1.420,20	R\$6.646,54
VIGAS VERTICAIS (NÍVEL 3,5)	0,30 X 0,50 X 5,11	PÇ	7	0,7695	5,3865	R\$1.420,20	R\$7.649,91
VIGAS VERTICAIS (NÍVEL 3,5)	0,30 X 0,70 X 7,40	PÇ	6	1,554	9,324	R\$1.420,20	R\$13.241,94
VIGAS VERTICAIS (NÍVEL 3,5)	0,30 X 0,50 X 7,40	PÇ	1	1,11	1,11	R\$1.420,20	R\$1.576,42
VIGAS VERTICAIS (NÍVEL 3,5)	0,40 X 0,70 X 7,40	PÇ	16	2,072	33,152	R\$1.420,20	R\$47.082,47
VIGAS VERTICAIS (NÍVEL 3,5)	0,40 X 0,50 X 5,13	PÇ	15	1,026	15,39	R\$1.420,20	R\$21.856,88
VIGAS HORIZONTAIS (NÍVEL 7,0)	0,30 X 0,75 X 7,10	PÇ	12	1,5975	19,17	R\$1.420,20	R\$27.225,23
VIGAS VERTICAIS (NÍVEL 7,0)	0,30 X 0,60 X 7,10	PÇ	7	0,9234	6,4638	R\$1.420,20	R\$9.179,89
VIGAS VERTICAIS (NÍVEL 7,0)	0,40 X 0,60 X 7,10	PÇ	15	1,2312	18,468	R\$1.420,20	R\$26.228,25
VIGAS HORIZONTAIS (NÍVEL 10,5)	0,30 X 0,75 X 7,10	PÇ	18	1,5975	28,755	R\$1.420,20	R\$40.837,85
TOTAL			115		152,5493		R\$216.650,52

Fonte: Autor (2019).

Na confecção das vigas horizontais e verticais o valor total dessas peças foi de R\$216.650,52.

Tabela 13- Custo das vigas jacaré (Nível de 3,5)

ELEMENTOS	ESPECIFICAÇÕES	UNID	QUANT	VOLUME (m³)		CUSTO	
				UNIT	TOTAL	UNIT	TOTAL
VIGAS JACARÉ	0,30 X 0,80 X 8,291	PÇ	4	3	10,792	R\$ 2.070,215	R\$ 22.341,760
VIGAS JACARÉ	0,40 X 0,80 X 8,921	PÇ	4	3,597	14,388	R\$ 2.070,215	R\$ 29.786,253
VIGAS JACARÉ	0,40 X 0,80 X 8,921 (saída)	PÇ	4	4,38	17,52	R\$ 2.070,215	R\$ 36.270,167
VIGAS JACARÉ	0,40 X 0,80 X 8,921 (saída)	PÇ	4	4,38	17,52	R\$ 2.070,215	R\$ 36.270,167
VIGAS JACARÉ	0,40 X 0,80 X 8,921 (saída)	PÇ	1	4,39	4,39	R\$ 2.070,215	R\$ 9.088,244
VIGAS JACARÉ	0,40 X 0,80 X 8,921 (saída)	PÇ	1	4,39	4,39	R\$ 2.070,215	R\$ 9.088,244
VIGAS JACARÉ	0,40 X 0,80 X 8,921 (saída)	PÇ	8	7,569	60,552	R\$ 2.070,215	R\$ 125.355,659
VIGA JACARÉ RAMPA		PÇ	4	7,569	30,276	R\$ 2.070,215	R\$ 62.677,829
TOTAL			30		159,76		R\$ 330.878,369

Fonte: Autor (2019).

Tabela 14- Custo da vigas jacaré (Nível de 7,0)

ELEMENTOS	ESPECIFICAÇÕES	UNID	QUANT	VOLUME (m³)		CUSTO	
				UNIT	TOTAL	UNIT	TOTAL
VIGA JACARÉ	0,30 X 0,80 X 8,921	PÇ	6	2,719	16,314	R\$ 2.070,215	R\$ 33.773,488
VIGA JACARÉ	0,40 X 0,80 X 8,921	PÇ	7	3,625	25,375	R\$ 2.070,215	R\$ 52.531,706
VIGA JACARÉ	0,40 X 0,80 X 8,921(saída)	PÇ	8	3,949	31,592	R\$ 2.070,215	R\$ 65.402,232
TOTAL			21		73,281		R\$ 151.707,447

Fonte: Autor (2019).

Tabela 15- Custo da viga jacaré (Nível de 10,5)

ELEMENTOS	ESPECIFICAÇÕES	UNID	QUANT	VOLUME (m³)		CUSTO	
				UNIT	TOTAL	UNIT	TOTAL
VIGA JACARÉ- mista	0,30 x 0,80 x 5,41 (Direita)	PÇ	3	1,592	4,776	R\$ 2.070,215	R\$ 9.887,347
VIGA JACARÉ- mista	0,30 X 0,80 x 5,41 (Esquerda)	PÇ	3	1,592	4,776	R\$ 2.070,215	R\$ 9.887,347
VIGA JACARÉ- mista	0,40 X 0,80 X 5,41	PÇ	15	2,431	36,465	R\$ 2.070,215	R\$ 75.490,390
TOTAL	TOTAL		21		46,017		R\$ 95.265,097

Fonte: Autor (2019).

O Custo total para a confecção das vigas jacarés nos diferentes níveis foi de R\$ 577.850,913 para um total de 72 peças.

Tabela 16- Custo das lajes (Nível de 3,5)

ELEMENTOS	UNID	QUANT	VOLUME (m³)		CUSTO	
			UNIT	TOTAL	UNIT	TOTAL
LAJE 34 E 36	PÇ	8	0,35	2,8	R\$ 1.486,44	R\$ 4.162,03
LAJE 35	PÇ	16	0,343	5,488	R\$ 1.486,44	R\$ 8.157,58
LAJE 33	PÇ	16	0,349	5,584	R\$ 1.486,44	R\$ 8.300,28
LAJE 32	PÇ	1	0,355	0,355	R\$ 1.486,44	R\$ 527,69
LAJE 31	PÇ	3	0,351	1,053	R\$ 1.486,44	R\$ 1.565,22
LAJE 24 E 30	PÇ	15	0,653	9,795	R\$ 1.486,44	R\$ 14.559,68
LAJE 21,23 E 29	PÇ	7	0,664	4,648	R\$ 1.486,44	R\$ 6.908,97
LAJE 05 E 28	PÇ	66	0,669	44,154	R\$ 1.486,44	R\$ 65.632,27
LAJE 07 E 27	PÇ	8	0,674	5,392	R\$ 1.486,44	R\$ 8.014,88
LAJE 06 E 26	PÇ	26	0,658	17,108	R\$ 1.486,44	R\$ 25.430,02
LAJE 25	PÇ	5	0,668	3,34	R\$ 1.486,44	R\$ 4.964,71
LAJE 20 E 22	PÇ	13	0,662	8,606	R\$ 1.486,44	R\$ 12.792,30
TOTAL		184		108,323		R\$ 161.015,64

Fonte: Autor (2019).

Tabela 17- Custo das lajes (Nível de 10,5)

ELEMENTOS	UNID	QUANT	VOLUME (m³)		CUSTO	
			UNIT	TOTAL	UNIT	TOTAL
L46, L47 E L05	PÇ	37	0,669	24,753	R\$ 1.486,440	R\$ 36.793,849
L48 E L06	PÇ	15	0,658	9,87	R\$ 1.486,440	R\$ 14.671,163
L07	PÇ	2	0,674	1,348	R\$ 1.486,440	R\$ 2.003,721
TOTAL		54		35,971		R\$ 53.468,733

Fonte: Autor (2019).

O custo total para a confecção de 238 lajes (Tabela 16 e 17) foi de R\$ 214.484,373.

Tabela 6- Custo da viga degrau (Nível de 3,5)

ELEMENTOS	UNID	QUANT	VOLUME (m³)		CUSTO	
			UNIT	TOTAL	UNIT	TOTAL
D03 E D29	PÇ	2	1,273	2,546	R\$ 1.774,564	R\$ 4.518,040
D04	PÇ	1	1,78	1,78	R\$ 1.774,564	R\$ 3.158,724
D04A, D05, D06, D11, D30A, D32 D08, D13, D21, D27	PÇ	17	1,484	25,228	R\$ 1.774,564	R\$ 44.768,701
D12 E D25	PÇ	21	2,564	53,844	R\$ 1.774,564	R\$ 95.549,624
D14, D16 E D28	PÇ	6	2,583	15,498	R\$ 1.774,564	R\$ 27.502,193
D15	PÇ	6	1,976	11,856	R\$ 1.774,564	R\$ 21.039,231
D18	PÇ	4	3,259	13,036	R\$ 1.774,564	R\$ 23.133,216
D20, D20A, D20B	PÇ	8	2,559	20,472	R\$ 1.774,564	R\$ 36.328,874
D22	PÇ	9	1,479	13,311	R\$ 1.774,564	R\$ 23.621,221
D23	PÇ	2	1,972	3,944	R\$ 1.774,564	R\$ 6.998,880
D24/D24A	PÇ	2	3,253	6,506	R\$ 1.774,564	R\$ 11.545,313
D27	PÇ	2	1,595	3,19	R\$ 1.774,564	R\$ 5.660,859
D30	PÇ	1	2,575	2,575	R\$ 1.774,564	R\$ 4.569,502
D31	PÇ	1	1,73	1,73	R\$ 1.774,564	R\$ 3.069,996
		1	1,2614	1,2614	R\$ 1.774,564	R\$ 2.238,435
TOTAL		83		176,7774		R\$ 313.702,72

Fonte: Autor (2019).

Tabela 19- Custo da viga degrau (Nível de 7,0)

ELEMENTOS	UNID	QUANT	VOLUME (m³)		CUSTO	
			UNIT	TOTAL	UNIT	TOTAL
D01, D02, D08, D33 E D34	PÇ	54	2,564	138,456	R\$ 1.774,564	R\$ 245.699,033
D07	PÇ	12	2,5	30	R\$ 1.774,564	R\$ 53.236,920
D09 E D19	PÇ	8	1,273	10,184	R\$ 1.774,564	R\$ 18.072,160
D10 E D10A	PÇ	8	1,213	9,704	R\$ 1.774,564	R\$ 17.220,369
D11, D11A E D12B	PÇ	12	1,484	17,808	R\$ 1.774,564	R\$ 31.601,436
D17	PÇ	4	2,492	9,968	R\$ 1.774,564	R\$ 17.688,854
D18	PÇ	14	2,559	35,826	R\$ 1.774,564	R\$ 63.575,530
TOTAL		112		251,946		R\$ 447.094,178

Fonte: Autor (2019).

Foram gastos R\$ 760.796,89 para a confecção de 195 vigas degrau (Tabela 18 e 19).

De acordo com as tabelas acima é possível conhecer o custo total dos elementos pré-moldados utilizados na construção da Arena América.

Tabela 20- QUANTIDADE DE PEÇAS E CUSTO DA 1ª ETAPA

ITEM	QUANTIDADE DE PEÇAS	
	(1ª ETAPA)	TOTAL
PILARES	107	R\$ 500.092,34
VIGAS JACARÉ	75	R\$ 577.850,92
VIGAS DEGRAU	342	R\$ 760.796,90
VIGAS VERTICAIS	61	R\$ 126.815,76
LAJE TIPO "TT"	174	R\$ 214.484,37
VIGAS HORIZONTAIS	48	R\$ 89.834,75
	807	R\$ 2.269.875,04

Fonte: Autor (2019).

A tabela 20 mostra que foi gasto R\$ 2.269.875,04 nos diversos elementos presentes na Arena América.

10 RESULTADO E DISCUSSÕES

De acordo com os dados das tabelas anteriores se torna possível analisar o custo total da obra e o volume de concreto utilizado nas peças pré-moldadas e com isso realizar um comparativo com o concreto armado, levando em consideração apenas o concreto, sem a aplicação das armações, pois necessitaria de um novo dimensionamento da estrutura.

10.1 CUSTO DO CONCRETO PRÉ-MOLDADO

Na tabela 21 informa-se o volume total de concreto e o custo total dos elementos pré-moldados, levando em consideração que as peças já chegam ao estádio prontas, já foram fabricadas, ou seja, nesse custo já está incluso as armações de cada elemento. Para as peças chegarem ao local definitivo necessitam de um transporte especializado e uma montagem adequada dos elementos, com isso é incluído um valor para a realização dessas atividades.

Tabela 21- Volume e custo total da 1ª etapa da obra

	m ³	CUSTO TOTAL (SEM MONTAGEM)	MONTAGEM E TRANSPORTE DAS ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS
CONCRETO PRÉ-MOLDADO	1.172,71	R\$ 2.269.875,04	R\$ 948.610,90

Fonte: Autor (2019).

O custo total sem a montagem é de R\$ 2.269.875,04 para uma quantidade de 1.172,71 m³ de concreto pré-moldado. O custo total incluindo a montagem é de R\$ 3.218.485,94.

10.2 CUSTO MÉDIO DE UMA PEÇA DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO

Tabela 22-Custos unitários das peças para realizar uma média

ITEM	CUSTO UNITÁRIO (R\$)
PILARES EIXO F	R\$ 3.926,98
PILARES EIXO E	R\$ 2.793,05
PILARES EIXO D	R\$ 2.543,55
PILARES EIXO C	R\$ 3.229,92
PILARES EIXO VOMITÓRIAS E RAMPAS	R\$ 2.543,55
VIGAS HORIZONTAIS E VERTICAIS	R\$ 1.420,20
VIGAS JACARÉ	R\$ 2.070,22
LAJE	R\$ 1.486,44
VIGA DEGRAU	R\$ 1.774,56
TOTAL	R\$ 21.788,47
VALOR MÉDIO PARA UMA PEÇA	R\$ 2.420,94

Fonte: Autor (2019).

Com a análise da (Tabela 22), pode-se perceber que os valores das peças se diferem, isso porque as peças apresentam dimensões diferentes, necessitam de uma quantidade de armações a mais que outras. Assim foi realizado uma média com os custos dos diferentes elementos pré-moldados e conclui-se que o valor médio entre essas peças é de R\$ 2.420,94.

10.3 CUSTO DO CONCRETO ARMADO

Com base nos dados extraídos na tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) de março/2018 o metro cúbico do concreto armado sem BDI custa R\$ 341,39.

Tabela 23- Custo em concreto armado

	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO (R\$) SEM BDI	VALOR (R\$)
ARENA AMÉRICA	m³	1.172,71	341,39	R\$ 400.351,4669

Fonte: Autor (2019).

Com base no volume extraído das tabelas acima, tornou-se possível realizar o cálculo da (Tabela 23) para ter um valor médio caso a construção da Arena América fosse realizada em concreto armado, ao invés de utilizar o concreto pré-moldado.

Tabela 24- Custo concreto pré-moldado x concreto armado

CONCRETO PRÉ-MOLDADO		CONCRETO ARMADO
R\$ 2.269.875,04	X	R\$ 400.351,4669

Fonte: Autor (2019).

Deve-se levar em consideração que nesse valor acima do concreto armado não possui os valores de armação. A proporção no concreto armado é que as armações compõem 10 a 15% da estrutura e o restante é concreto. Pode-se relacionar também que 1m³ de concreto possui, 2400kg de concreto e 100 kg de armações. Para ter um comparativo completo se torna necessário um novo dimensionamento das estruturas.

Considerando que o aço compõe 60% da peça foi possível chegar a um valor de R\$ 600.537,20 para as armações, com isso o custo total em concreto armado sairia de R\$ 1.000.878,68.

11 CONCLUSÕES

Projetar um estádio de futebol apresenta uma grande complexibilidade, por apresentar uma execução de grande porte, na qual receberá muitos espectadores. Com isso, cada projeto arquitetônico e estrutural do estádio tem que ser bem pensado e elaborado, visando obter vantagens como qualidade executiva, agilidade e durabilidade da estrutura ao utilizar esse método construtivo.

O pré-moldado para ser utilizado em obras passa por diversos processos até chegar aos elementos finais. Sendo eles o adensamento, preenchendo toda a forma com concreto; a cura, onde na maioria das empresas pré-moldadas utilizam o cimento ARI para obter uma alta resistência inicial; o transporte, onde as peças prontas são transportadas por meio de caminhões para o seu local definitivo e por último o processo de montagem na obra que requer um planejamento prévio, nas questões das sequências dos elementos e dos acessos para as máquinas.

O estádio Arena América ainda não está concluído, pois a sua execução com estruturas pré-moldadas está sendo realizada com recursos arrecadados pelo clube, por isso, utilizou a divisão da construção por módulos para que facilitassem a execução por etapas, assim não necessitaria estar concluído para que ocorressem jogos do clube.

Nesse trabalho foi mostrada toda a parte de utilização, montagem, materiais de peças pré-moldadas para execução dos estádios de futebol e uma análise dos custos dos elementos e o custo total da obra com a utilização de concreto pré-moldado, dando ênfase no estádio do América, hoje com capacidade para 5 mil torcedores, tendo concluído apenas a primeira etapa da obra, onde foram analisados os projetos e a execução, aferindo suas características executivas. Chegando-se a um valor de R\$ 1.935,58 por m³ de concreto pré-moldado e um custo total de R\$ 2.269.875,04 para a execução da estrutura do estádio para uma capacidade de 5 mil lugares. E um custo de R\$ 948.610,90 para transporte e montagem dessas estruturas. E um custo de concreto de R\$ 341,39 por m³ sem a inclusão das armações, para o volume de 1.172,71 m³ chegou-se a um valor total de R\$ 1.000.878,68 de concreto armado, estimando 60% desse valor sendo de aço.

Com base em todas as informações apresentadas nesse trabalho pode se concluir que a execução de um estádio de futebol em concreto armado sai mais barato que em concreto pré-moldado, porém o pré-moldado apresenta inúmeras vantagens como a rapidez, sustentabilidade e controle rigoroso, que faz dele um método construtivo mais favorável para se utilizar em obras de grande porte no lugar do concreto armado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. 2003. 221 p. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/abnt-6118-projeto-de-estruturas-de-concreto-procedimento>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062**: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. 2001. 36 p. Disponível em: <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAgEdMAL/nbr-9062>>. Acesso em: 10 out. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062**: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Rio de Janeiro, 2006. 42 p.

ALVEOLARES, Puma Lajes. **Laje Maciça Pré-moldada**. 1998. Disponível em: <<http://www.pumalajesalveolares.com.br/laje-macica-pre-moldada-rj-rio-de-janeiro-grande-sao-paulo-interior-sao-paulo-mg-minas-gerais-litoral-de-sao-paulo-abcd-pr-parana>>. Acesso em: 10 nov. 2018

BRUMATTI, Dioni O. **Uso de pré-moldados**: estudo e viabilidade. 2008. 54 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Vitória, 2008. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Monografia%20Dioni%20O.%20Brumatti.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

CONCRETO, Clube do. **Lajes Alveolares**. 2011. Disponível em: <<http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/07/lajes-alveolares.html>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

CONCRETOS, Forte. **PRÉ-MOLDADOS**. 2012. Disponível em: <<https://forteconcretos.ind.br/pre-moldados>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

CONSTRUÇÃO, Comunidade da. **Alvenaria Estrutural**: Projeto arquitetônico. 2002. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/1/projeto-arquitetonico/projeto/7/projeto-arquitetonico.html>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

EI DEBS, Mounir Khalil El. **Concreto pré-moldado**: fundamentos e aplicações. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000.

EI DEBS, Mounir Khalil El. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 75 p. Disponível em: <<http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/Concreto-pre-moldado-fundamentos-e-aplicacoes-DEG.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2018.

EBAH. **Procedimento de cálculo para galpão em estrutura de concreto pré-moldado** e... 2018. Disponível em: <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAhPHEAL/procedimento-calculo-galpao-estrutura-concreto-pre-moldado-analise-viabilidade-com-galpao-estrutura-concreto-moldado-no-local-metalica-partindo-mesma-concepcao-arquitetonica?part=3>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

ENGEMOLDE. **Soluções \ Pilares**. 1980. Disponível em: <<http://www.engemolde.com.br/solucoes/detalhe.asp?cod=1>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

ESTRUTURAS, Atc. **VIGA CALHA**. 1999. Disponível em: <<http://atcestruturas.com.br/viga-calha/>>. Acesso em: 20 nov. 18.

FEMAC. **OS PRÉ-MOLDADOS FORAM IMPORTANTÍSSIMOS NA COPA DO MUNDO DO BRASIL**. 2012. Disponível em: <<http://www.femac.ind.br/canteirodeobra/15-os+pre-moldados+foram+importantissimos+na+copa+do+mundo+do+brasil>>. Acesso em: 2 maio 2018.

HORMIPRESA. **POSTAGEM DE CONCRETO / SEÇÃO COMBINADA / RETANGULAR**. 2018. Disponível em: <<http://www.archiexpo.com.ru/prod/hormipresa/product-132241-1431851.html>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

ISOPLAST. **CONHEÇA UM POUCO MAIS SOBRE AS LAJOTAS EPS**. 1993. Disponível em: <<http://isoplast.ind.br/16/lajotas-eps/>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

LEONARDI. **Primeira construção pré-fabricada de concreto no Brasil**. 2016. Disponível em: <<http://www.leonardi.com.br/noticia/15/2016-02-01/pre-fabricados-de-concreto-no-brasil>>. Acesso em: 20 out. 2018.

OLIVEIRA, Daniel Freitas Caputo. **Concreto pré-moldado: processos executivos e análise de mercado**. 2015. 61 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, UFMG, Belo Horizonte, 2015. Disponível em:

<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBD-A9SFZ8/monografia_final.pdf?sequence=1>. Acesso em: 23 out. 2018.

PRÉ-FABRICADOS, Concrelaje. **ESCADA PRÉ-FABRICADA**. 2016. Disponível em: <<http://www.concrelaje.com.br/escada-pre-fabricada/>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

PRÉ-FABRICADOS, Galleon. **Produtos**. 1994. Disponível em: <<http://www.galleon.com.br/produtos/>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

PRÉ-FABRICADOS, Top Premo. **Pilares**. 2012. Disponível em: <<http://www.toppremo.com.br/pilares.ASP>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

PRÉ-MOLDADOS, Ljs. **Vigas Protendidas**. 2016. Disponível em: <<https://www.ljspremoldados.com.br/service/vigas-protendidas/>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

SENDEN, Henry Osório Teixeira. **Sistemas construtivos em concreto pré-moldado**. 2015. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, UFRJ, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10015768.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

SPADETO, Tatiana Freitas. **Industrialização na construção civil: uma contribuição à política de utilização de estruturas pré-fabricadas em concreto**. 2011. 193 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/3947/1/tese_5091_Tatiana%20F.%20Spadeto.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2018.

VAN ACKER, Arnold. **Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto**. 2002. 129 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Ufrj, Rio de Janeiro, 2002. Disponível: <http://apoioididatico.iau.usp.br/projeto3/2013/manual_prefabricados.pdf>. Acesso em: 12 out. 2018.