

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JEANE BORNHOLDT

NICOLLI DE SOUSA PRATES

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS
CONSTRUTIVOS: PAREDE DE CONCRETO E ALVENARIA
ESTRUTURAL**

ANÁPOLIS / GO

2021

**JEANE BORNHOLDT
NICOLLI DE SOUSA PRATES**

**ESTUDO DE CUSTO ENTRE OS MÉTODOS
CONSTRUTIVOS: PAREDE DE CONCRETO E ALVENARIA
ESTRUTURAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: MESTRE EDUARDO MARTINS TOLEDO

ANÁPOLIS / GO: 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

JEANE BORNHOLDT / NICOLLI DE SOUSA PRATES

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O MÉTODO CONSTRUTIVO: PAREDE DE CONCRETO E ALVENARIA ESTRUTURAL

92P (Noventa e dois), 298 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2021).

TCC - UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

1. Alvenaria estrutural.

2. Painel Pré-moldado *in loco*.

3. Produtividade.

4. Análise de custo.

I. ENC/UNI

II. Bacharel

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BORNHOLDT, Jeane; PRATES, Nicolli de Sousa. Estudo Comparativo entre o Método Construtivo: Parede de Concreto e Alvenaria Estrutural. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 95p. 2021.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Jeane Bornholdt

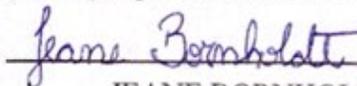
Nicolli de Sousa Prates

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo Comparativo entre o Método Construtivo: Parede de Concreto e Alvenaria Estrutural

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

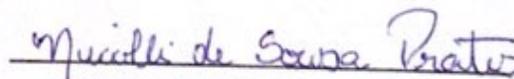
ANO: 2021

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



JEANE BORNHOLDT

E-mail: jeanebornholdt@gmail.com



NICOLLI DE SOUSA PRATES

E-mail: nicollipratees@hotmail.com

**JEANE BORNHOLDT
NICOLLI DE SOUSA PRATES**

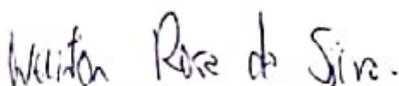
**ESTUDO DE CUSTO ENTRE O MÉTODO CONSTRUTIVO:
PAREDE DE CONCRETO E ALVENARIA ESTRUTURAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

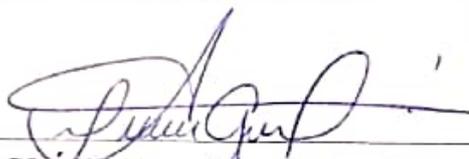
APROVADO POR:



**EDUARDO MARTINS TOLEDO, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(ORIENTADOR)**



**WELINTON ROSA DA SILVA, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**CLÁUDIA GOMES DE OLIVEIRA SANTOS, Mestra
(UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 29 de novembro de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus e a todo apoio recebido de nossa família nessa jornada cheia de desafios e conquistas, agradecemos a cada professor que contribuiu para o nosso crescimento durante esses anos e a todos que colaboraram de alguma maneira para nosso desenvolvimento profissional. Reconhecemos também a importância do nosso orientador, por toda sua paciência em nos guiar nesse grande passo.

Jeane Bornholdt e Nicolli Prates.

RESUMO

Diante da otimização do processo construtivo para a realização de habitações de interesse social, o mercado da construção civil vem buscando métodos construtivos que possibilitem menores custos, maior produtividade e velocidade de execução. Entre os sistemas construtivos disponíveis no mercado, destacam-se a alvenaria estrutural em blocos de concreto vazados e o painel pré-moldado in loco, que oferecem vantagens na produção em larga escala devido à racionalização de seus processos, prazos mais curtos e alta produtividade em relação às estruturas construídas de forma tradicional. O presente estudo busca fazer uma análise comparativa de custos entre esses métodos construtivos, detalhando os serviços, quantitativos, tempo de execução e custos gerais para a aplicação de cada um, a fim de estabelecer critérios para a avaliação de orçamentos considerando aspectos como mão de obra, produtividade, viabilidade de execução e custo gerais de materiais. Para atender aos objetivos deste estudo e apresentar resultados mais próximos da realidade de execução de cada sistema construtivo evidenciado nesse trabalho, foram utilizados como base, além da pesquisa bibliográfica, orçamentos de empreendimentos e mapas de cotação de mercados. Os resultados apresentados demonstram a viabilidade de aplicação de ambos os métodos construtivos, levando em consideração a circunstâncias de execução ideal de cada um, sendo a alvenaria estrutural em blocos de concreto vazados mais recomendada para empreendimentos menores, executados a partir de mão de obra própria e com produto final com maior qualidade. Já as construções de painel pré-moldado in loco são mais vantajosas em construções de grande porte, com elevado número de unidades habitacionais, executadas em um curto prazo

PALAVRAS-CHAVE:

Alvenaria estrutural. Parede de concreto. Métodos construtivos. Custos.

ABSTRACT

Given the optimization of the construction process for the realization of social interest housing, the civil construction market has been seeking construction methods that enable lower costs, higher productivity and speed of execution. Among the construction systems available on the market, structural masonry in hollow concrete blocks and precast in loco panel stand out, which offer advantages in large-scale production due to the rationalization of their processes, shorter deadlines and higher productivity compared to traditionally built structures. This study seeks to carry out a comparative analysis of costs between these construction methods, detailing the services, quantities, execution time and general costs for the application of each one, in order to establish criteria for the evaluation of budgets considering aspects such as labor, productivity, feasibility of execution and general cost of materials. In order to meet the objectives of this study and to present results closer to the reality of the execution of each construction method evidenced in this work, in addition to bibliographical research, project budgets and market quotation maps were used as a basis. The results presented demonstrate the feasibility of applying both construction methods, taking into account the circumstances of ideal execution of each one, with the structural masonry in hollow concrete blocks being more recommended for smaller projects, executed with own labor and with higher quality end product. On the other hand, precast panel constructions in loco are more advantageous in large-scale constructions, with a high number of housing units, executed in a short term

KEYWORDS:

Structural masonry. Concrete wall. Constructive methods. Costs

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Coliseu de Roma	24
Figura 2 – Edifício Monadnock.....	25
Figura 3 – Conjunto Habitacional Central Parque Lapa, em São Paulo – SP, Brasil.....	28
Figura 4 – Conjunto Habitacional Central Parque Lapa, em São Paulo – SP, Brasil.....	28
Figura 5 – Edifício Muriti, em São José dos campos – SP, Brasil	29
Figura 6 – Planta da primeira fiada	39
Figura 7 – Escantilhão.	40
Figura 8 – Modelo de esquadro de alumínio soldado.....	41
Figura 9 – Aplicação de argamassa nos blocos na direção transversal e longitudinal	41
Figura 10 – Aplicação de argamassa na direção longitudinal	42
Figura 11 – Lançamento de graute	43
Figura 12 - Amarrações diretas e indiretas.....	44
Figura 13 - Amarrações em cruz, T e L.....	44
Figura 14 – Travamento das unidades de concreto	45
Figura 15 - Fluxograma de execução de elevação da alvenaria	46
Figura 16 - Execução da 1º fiada	47
Figura 17 - Assentamento dos blocos pelas extremidades	47
Figura 18 - Caixinhas chumbadas nos blocos de concreto.....	49
Figura 19 - Representação de aplicação de Shaft hidráulico no projeto de alvenaria.	49
Figura 20 - Shaft hidráulico em sua fase final.....	50
Figura 21 - Blocos especiais: Elétricos e Hidráulicos	50
Figura 22 - Prédios construídos pelo método construtivo parede de concreto.....	51
Figura 23 - Sistema <i>Gethal</i>	52
Figura 24 - Sistema <i>Outnord</i>	52
Figura 25 - Ciclo da Estrutura: Parede de concreto.....	53
Figura 26 - Marcação para parede de concreto.....	54
Figura 27 - Telas Soldadas	56
Figura 28 - Aços em barra	56
Figura 29 - Montagem das armações com tela soldadas já com os espaçadores.....	57
Figura 30 - Colocação de tubulações elétricas e hidráulicas.....	58
Figura 31 - Montagem dos painéis que compõem a fôrma	59
Figura 32 - Numeração de forma para parede de concreto.....	60

Figura 33 - Aplicação de desmoldante em forma metálica	61
Figura 34 - Execução de corpo de provas.....	62
Figura 35 - Concretagem	63
Figura 36 - Desforma da edificação	64
Figura 37 - Pavimento tipo I.....	67
Figura 38 - Pavimento tipo I.....	67
Figura 39 - Pavimento tipo II	68
Figura 40 - Apartamento tipo II.....	68
Figura 41 - Comparativo de custo total para uma torre.....	85
Figura 42 - Comparativo de custo para doze torres.....	86
Figura 43 - Comparativo de velocidade de execução para doze torres	87
Figura 44 - Comparativo de produtividade em relação aos dois métodos	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Materiais utilizados na execução de edificação em alvenaria estrutural	33
---	----

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Dimensões reais dos blocos de concreto.	34
Tabela 2 - Requisitos para Resistencia característicos a compressão, absorção e retração	35
Tabela 3 – Limites máximos conforme a NBR 8798	37
Tabela 4 – Tipos de telas soldadas nervuradas mais indicadas pela Arcelormittal.	55
Tabela 5 – Custo de aquisição de fôrma de alumínio	71
Tabela 6 – Custo locação de fôrma de alumínio para uma torre	71
Tabela 7 – Custo de mão de obra para paredes de concreto pré-moldado para uma torre	73
Tabela 8 – Custo com aço para parede de concreto pré-moldada para uma torre	74
Tabela 9 – Custo com concreto para paredes pré-moldadas de concreto para uma torre	75
Tabela 10 – Custo com insumos complementares para execução das paredes de concreto para uma torre	75
Tabela 11 – Custo total da estrutura: Locação dos painéis metálicos para uma torre	76
Tabela 12 - Custo total da estrutura: Aquisição dos painéis metálicos para uma torre	76
Tabela 13 - Consumo de bloco de concreto para alvenaria estrutural	78
Tabela 14 - Consumo de canaleta de concreto para alvenaria estrutural	79
Tabela 15 - Consumo de concreto para a alvenaria	80
Tabela 16 - Custo de mão de obra para alvenaria estrutural	81
Tabela 17 - Consumo de aço para alvenaria estrutural	82
Tabela 18 - Custo da laje protendida para uma torre	83
Tabela 19 - Custo total da estrutura de alvenaria estrutural para uma torre	84

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABCP	Associação Brasileira Cimento Portland
ABESC	Associação Brasileira de Serviços de Concretagem
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
BNH	Banco Nacional da Habitação
CAA	Concreto autoadensável
CCA	Concreto Celular Autoclavado
CCV	Concreto convencional
CP	Corpo-de-prova
<i>FBK</i>	Resistência característica à compressão do bloco
FJP	Fundação João Pinheiro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas.
IBTL	Instituto Brasileiro de tela soldada
IBTS	Instituto Brasileiro de telas soldadas
NBR	Norma Brasileira
NM	Nível nacional
SCC	<i>Self Compacting Concrete</i>
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
T500	Tempo para o concreto alcançar um diâmetro de 50 cm
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	20
1.1 JUSTIFICATIVA.....	21
1.2 OBJETIVOS	21
1.2.1 Objetivo geral	21
1.2.2 Objetivos específicos.....	22
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	22
2 MÉTODO CONSTRUTIVO ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS DE CONCRETO	23
2.1 CONTEXTO HISTÓRICO INTERNACIONAL	24
2.2 CONTEXTO HISTÓRICO NACIONAL	27
2.3 NORMAS E PADRÕES PARA SEGURANÇA E QUALIDADE.....	30
2.4 ALVENARIA ESTRUTURAL ARMADA COM BLOCOS DE CONCRETO VAZADOS	30
2.5 TIPO DE ALVENARIA	31
2.6 COMPONENTES DA ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS DE CONCRETO.....	32
2.6.1 Verificação das unidades.....	33
2.6.2 Argamassa de assentamento.....	36
2.6.3 Graute	37
2.6.4 Água	37
2.6.5 Armaduras	38
3 MÉTODO CONSTRUTIVO EM BLOCOS DE CONCRETO VAZADOS.....	39
3.1 MARCAÇÃO DAS PAREDES.....	39
3.2 ASSENTAMENTO DOS BLOCOS DE CONCRETO.....	41
3.3 GRAUTEAMENTO	42
3.4 AMARRAÇÃO.....	43
3.5 ELEVAÇÃO DA ALVENARIA	45
3.6 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDRÁULICAS	48
4 MÉTODO CONSTRUTIVO PAREDE DE CONCRETO MOLDADA <i>IN LOCO</i>.....	51
4.1 HISTÓRICO	52
4.2 PROCESSO CONSTRUTIVO	53

4.2.1	Marcação	54
4.2.2	Armação	55
4.2.3	Instalações Elétricas e Hidráulicas	57
4.2.4	Montagem da fôrma	58
4.2.5	Aplicação de desmoldante.....	60
4.2.6	Concretagem.....	61
4.2.7	Desforma	64
5	METODOLOGIA.....	65
5.1	PARAMETROS DE COMPARAÇÃO.	65
5.2	OBJETO DE ESTUDO.....	66
6	RESULTADOS	70
6.1	CUSTO DO PAINEL PRÉ-MOLDADO.....	70
6.2	CUSTO E COMPOSIÇÃO DA FÔRMA.....	70
6.3	CUSTO DA MÃO DE OBRA	72
6.4	CUSTO DOS INSUMOS GERAIS	73
6.5	CUSTO TOTAL DA ESTRUTURA	76
6.6	CUSTO DA ALVENARIA ESTRUTURAL	76
6.7	CUSTO COM QUANTIDADE DE UNIDADES	77
6.8	CUSTO COM CONCRETO	80
6.9	CUSTO COM MÃO DE OBRA.....	80
6.10	CUSTO COM AÇO	81
6.11	CUSTO DA LAJE	82
6.12	CUSTO TOTAL DA ESTRUTURA	83
7	ANÁLISE DE COMPARAÇÃO	85
8	CONCLUSÃO.....	90
9	REFERÊNCIAS.....	91

1 INTRODUÇÃO

A carência habitacional no Brasil é um problema social que perdura há décadas, devido, principalmente, ao mal planejamento das metrópoles no processo de urbanização. Dados divulgados pela Fundação João Pinheiros (FJP) apontam que em 2019 o déficit habitacional cresceu 8% em relação a 2016, passando de 5.657 milhões para 5.877 milhões o número de famílias que vivem em condições de moradia precária ou que não possuem local de moradia (CIBIC, 2021).

Esse aumento considerável demonstra um grave problema de estrutura habitacional no País e vem suscitando incessantes esforços governamentais na promoção de desenvolvimento socioeconômico, como a criação de vários programas e projetos de habitação que vêm sendo implantados em diversas cidades brasileiras, a exemplo do programa social Minha Casa Minha Vida do Governo Federal.

Entretanto, não obstante e conseqüente ao déficit habitacional crescente, a indústria da construção civil tem se mantido estável e representa uma das atividades econômicas mais importantes e relevantes do país, o que é evidenciado pelo Índice Nacional da Construção Civil (Sinapi), divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Segundo esse índice, o déficit habitacional cresceu 1,71% em outubro de 2020, o que indica que a indústria da construção civil é uma possível alternativa para a retomada econômica do País no atual contexto da pandemia de covid-19, que acarretou queda de 4,1% referente ao Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil em 2020, também mostrado pelo IBGE (IBGE, 2021).

A fim de atender a essas demandas habitacionais, assim como às demandas empresariais e do poder público, as empresas da construção civil estão constantemente em busca de diferentes tipos de sistemas construtivos, visando à melhoria na produtividade, à qualidade de suas atividades e à redução de custos. Para isso, levam em consideração o aceleração dos processos e a minimização de desperdício de materiais, com o objetivo de oferecer projetos mais viáveis que atendam às demandas do mercado e às necessidades do solicitante do projeto, seja ele de pequena ou larga escala.

Com o passar dos anos, a indústria da construção civil vem melhorando seus métodos construtivos – os racionalizados e os industrializados – em busca da elevação da qualidade de seus produtos e serviços através de ações focadas na redução de prazos e custos (BERR; FORMOSO, 2012. p.13)

Nessa ótica, dentre as diversas opções de sistemas construtivos disponíveis no mercado, destacam-se a alvenaria estrutural e os painéis estruturais pré-moldados de concreto armado, pois ambos oferecem vantagens como: menores prazos, racionalização dos processos construtivos e, dependendo do caso, a redução de custos em relação a estruturas executadas de forma convencional (SILVA, 2011).

Portanto, embora haja várias possibilidades de sistemas construtivos que possam ser aplicados tanto em estruturas de pequeno, quanto as médio e grande porte, será delimitado nesse trabalho o comparativo apenas de edifícios de construção em alvenaria estrutural e painéis pré-moldados em concreto armado. Dessa forma, pretende-se analisar quais as limitações e vantagens presentes em cada método, por meio da verificação de mão de obra, prazos de execução e análise orçamentarias.

1.1 JUSTIFICATIVA

Atualmente no Brasil, o método construtivo mais utilizado é o Concreto Armado. Há, contudo, diversos métodos construtivos que vêm adquirindo espaço no mercado, principalmente nas grandes construções residenciais e prediais. Diante disso, o estudo destes métodos menos difundidos possui grande importância para o aperfeiçoamento do mercado de trabalho, atribuindo ao profissional desse âmbito um diferencial, já que é portador de maior conhecimento nesse quesito.

Dentre os fatores que devem ser levados em consideração durante na execução de um empreendimento, a velocidade de execução tem grande destaque nas edificações de parede de concreto, assim como as de alvenaria estrutural, sendo esse um parâmetro base para a escolha da pesquisa nesse trabalho.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

A pesquisa tem como objetivo realizar uma análise comparativa entre os métodos construtivos de parede de concreto moldada *in loco* e alvenaria estrutural de vedação em blocos de concreto com base na velocidade de execução e nos custos envolvidos para execução apenas da estrutura da parede, incluindo gastos com material e mão de obra.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar cada sistema construtivo de parede de concreto *in loco* e alvenaria de vedação em blocos de concreto, bem como suas particularidades;
- Determinar as variáveis de custos existentes em ambos os processos construtivos;
- Comparar a velocidade de execução em cada método;
- Evidenciar os resultados mais viáveis em termos de custo e velocidade de execução para ambos os processos construtivos.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O capítulo 1, conforme apresentado, mostra a introdução à pesquisa. Já o capítulo 2 apresentará o referencial teórico para embasamento da pesquisa. Nele serão descritos os métodos construtivos e os parâmetros de comparação. No capítulo 3, tem-se a metodologia utilizada no desenvolvimento da pesquisa. No capítulo 4 os resultados obtidos e, por fim, no capítulo 5, a conclusão do trabalho.

2 MÉTODO CONSTRUTIVO ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS DE CONCRETO

A alvenaria estrutural é o método construtivo representado pela superposição de elementos estruturais como pedras, tijolos ou blocos, sendo necessária ou não a utilização de argamassa em sua ligação. É umas das formas mais antigas de construção usada pelo homem e ainda muito presente na atualidade.

Segundo Ramos (2002), o elevado uso da alvenaria está associado à durabilidade, solidez e manutenção de baixo custo da sua estrutura, levando em conta a simplicidade de construção. É um processo rápido e de fácil aprendizagem, pois consiste na sobreposição de peças sólidas, assentadas uma em cima da outra, com ou sem coesão.

As construções de alvenaria são divididas em basicamente dois tipos:

- Alvenaria estrutural: representa o método construtivo que tem como base as técnicas de alvenaria na base da edificação, ou seja, na sua estrutura, feita para suportar cargas.
- Alvenaria de vedação: também chamada de construção convencional, corresponde àquelas construções que têm como função delimitar ou dividir um determinado espaço.

A escolha adequada do sistema executivo se dá em razão da função do uso da edificação, além da análise de custos e recursos. Diferentemente dos sistemas estruturais totalmente estruturados, em que são previamente dimensionados as lajes, vigas e pilares, as paredes têm apenas função de vedação. Já a alvenaria estrutural é um método construtivo composto por peças industriais de peso e dimensões de forma a possibilitar maior praticidade em seu manuseio, pois ligadas por argamassa, tornam-se um único conjunto estrutural. Isso significa que essa alvenaria agrupa todas as funções em apenas uma estrutura, através dos blocos de concreto vazados, que, além de promover todos os elementos estruturais, também proporcionam a vedação da edificação (KALIL, 2007).

Assim, este capítulo tem como propósito abordar o primeiro objeto de estudo desta pesquisa, apresentando os critérios construtivos e aspectos fundamentais da alvenaria estrutural para a comparação com os métodos construtivos do painel pré-moldado.

2.1 CONTEXTO HISTÓRICO INTERNACIONAL

Ao se tratar das construções civis, a alvenaria estrutural é um dos sistemas construtivos mais antigos da humanidade. Originado ainda na pré-história, esse sistema era executado de forma puramente empírica, baseando-se nos conhecimentos adquiridos ao longo do tempo, passados de geração em geração. Nesse período, tais estruturas eram construídas a partir de materiais arcaicos, como pedras ou tijolos cerâmicos secos ao sol (CAMACHO, 2006).

Segundo Mohamad (2015), as principais construções que marcaram a humanidade pelos aspectos estruturais e arquitetônicos eram compostas por unidades de blocos cerâmicos ou de pedra e com material ligante. Como exemplos dessas construções podemos citar: a Muralha da China (215 a.C), as Pirâmides do Egito (2600 a 2480 a.C) e o Coliseu de Roma, (82 d. C) conforme a Figura 1, que são monumentos que impressionam até os dias de hoje, pela sua grandiosidade e pelos seus estados de conservação, que revelam o grande potencial e a qualidade desse sistema construtivo.

Figura 1 – Coliseu de Roma



Fonte: Casa Vogue, 2021

Em constante evolução, a alvenaria sofreu diversas alterações em seu processo construtivo, aprimorando, principalmente, a qualidade dos materiais. Construídas em pedras ou

tijolos cerâmicos queimados, assentados com barro, betume e mais tarde com argamassas de cal, pozolona e finalmente cimento Portland, essa técnica é predominante até os tempos atuais (PAULUZZI, 2015).

A alvenaria estrutural passou a ser considerada uma tecnologia de construção civil apenas em meados do século XVII, quando seus princípios da estatística foram empregados para a investigação da estabilidade de arcos e domos. Mesmo que testes de resistência dos componentes da alvenaria estrutural tenham sido realizados no período entre o século XIX e o século XX em variados países, ainda se elaborava o projeto desse método com princípios empíricos de cálculo, causando, assim, limitações no processo construtivo.

Nesta mesma época os edifícios em alvenaria estrutural podiam possuir paredes com espessuras excessivas, causando dificuldades de racionalização da execução e na organização espacial, tornando o sistema lento e, conseqüentemente, mais caro (MOHAMAD, 2007 apud HENDRY, 2002). Exemplo marcante disso foi o prédio “Monadnock”, construído entre 1889-1891 na cidade de Chicago nos Estados Unidos, constituído por 16 pavimentos, 65m de altura e paredes de até 1,80m de espessura em seu pavimento térreo, conforme a figura 2, o número considerado como o limite máximo para estruturas de alvenaria calculadas por método empírico (MOHAMAD, 2002, p.19). Ramalho e Corrêa (2003) afirmam que, se esse mesmo edifício fosse dimensionado a partir dos métodos de cálculos contemporâneos, suas paredes teriam apenas 30 centímetros de espessura. (RAMALHO & CORRÊA, 2003).

Figura 2 – Edifício Monadnock



Fonte: Holabird e Roche, CNS, 2010

No final do século XIX, a alvenaria ainda era um dos principais métodos de construção utilizados pelo homem, seguindo ainda as regras puramente empíricas. Na primeira metade do século XX, o aprimoramento do cimento e o domínio do aço, as estruturas em concreto armado juntamente com as edificações metálicas se tornaram os sistemas estruturais predominantes, pois se destacavam pela sua área útil reduzida e o menor custo em relação as pesadas obras de alvenaria estrutural, tornando também mais versáteis em relação a produção, esbeltez e principalmente pela obtenção de grandes vãos (CAVALHEIRO, 2005).

Estima-se que a alvenaria estrutural teve um relativo “ressurgimento” por volta da década de 1950, após um período de quase 50 anos com pouca utilização do método. Com o fim da Segunda Guerra Mundial (1939 – 1945) e a escassez de recursos para a construção na Europa, houve um acréscimo significativo na aplicação desse sistema construtivo, já que, além de seu simplificado processo executivo, o custo era mais baixo em relação a outros sistemas de construção (VIEIRA & SILVA, 2019 apud HENDRY, 2002).

Seguindo o aprimoramento do cimento e do aço e a escassez de ambos por causa da Segunda Guerra Mundial, a Suíça teve um relevante parcela nesse contexto histórico. O marco inicial da “Moderna Alvenaria Estrutural” se deu com o estudo realizado pelo professor Paul Haller, na Suíça, que durante sua carreira conduziu uma série de testes em paredes de alvenaria, com o objetivo de reduzir suas espessuras sem afetar em sua resistência (MOHAMAD, 2002 apud TMS, 2005). Os dados experimentais foram essenciais para a evolução do processo construtivo e serviram de base para um projeto de um edifício em 1950 na Basileia, Suíça, com 13 pavimentos. Esse edifício tem paredes externas de 37,5cm de espessura e paredes internas que foram reduzidas à espessura de 15 cm, o que era muito pouco para a época (RAMALHO & CORRÊA, 2003).

Somente na década de 1950 as normalizações forneceram os critérios básicos para o projeto de elementos de parede a compressão. Entretanto, essas normalizações possuíam procedimentos analíticos e teóricos rudimentares, quando comparados às normalizações de aço e concreto (MOHAMAD, 2002).

Os anos seguintes foram marcados pelos vastos estudos experimentais e aperfeiçoamento dos modelos de cálculo, a fim de realizar projetos resistentes a quaisquer ações, sejam de compressão, tração ou cisalhamento. Após a Revolução Industrial e o desenvolvimento do maquinário, surgiu a possibilidade de fabricação dos materiais em larga escala. Em consequência disso, o conjunto de elementos participantes da alvenaria estrutural foi aprimorado, o que contribuiu para o desenvolvimento de técnicas estudadas cientificamente para a execução melhorada do processo. Tais técnicas já não se baseavam mais apenas em

experiências passadas, mas sim em técnicas científicas para melhor execução do sistema construtivo, como: formulação de equações que relacionavam os esforços através de coeficientes de segurança para o cálculo das paredes (VIEIRA & SILVA, 2019, apud COELHO, 2014).

Na atualidade, em países como Alemanha e Estados Unidos, a alvenaria estrutural alcança níveis de execução, controle e cálculo bem semelhantes aos aplicados em estruturas de concreto e aço. Isso porque a alvenaria proporciona um sistema multifuncional, racionalizado e econômico, consequência da possibilidade de utilizar diversas dimensões do componente do modular básico aplicado no bloco (CAVALHEIRO, 2005).

2.2 CONTEXTO HISTÓRICO NACIONAL

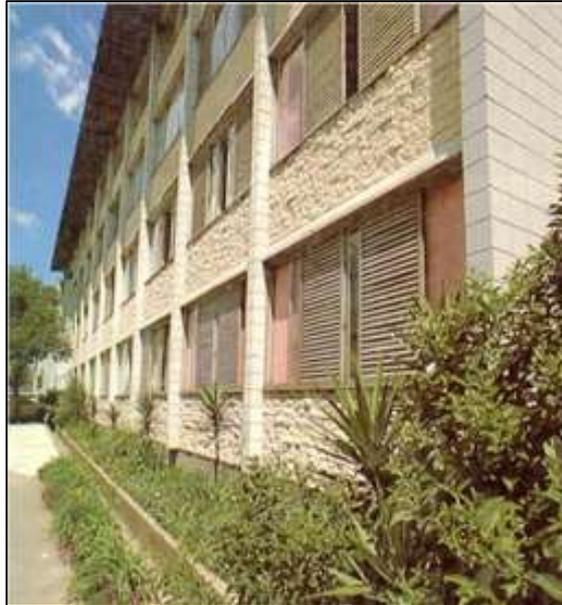
A introdução da alvenaria estrutural no Brasil se deu do início do período colonial, com a utilização de pedras, tijolos de barro cru e taipa de pilão em sua execução. Mas somente em meados do final da década de 1850 os primeiros avanços da técnica construtiva se deram pelo uso de tijolos de barro cozido, possibilitando construções com maiores vãos e mais resistentes à ação da água, através da técnica da taipa de terra socada.

Em meados de 1952, chega ao Brasil o primeiro equipamento utilizado para produção de blocos de concreto, facilitando a fabricação em massa do elemento estrutural. A alvenaria nesse período era utilizada apenas com função de vedação (VIEIRA & SILVA, 2019).

A alvenaria estrutural só teve reconhecimento como uma técnica de construção civil, por volta de 1960, até então apenas considerava-se como uma “alvenaria de resistência”, ou seja, empregada exclusivamente pelo conhecimento empírico, consequência da inexistência de regulamentos que regessem critério de dimensionamento e segurança de seus elementos estruturais. A grande maioria das edificações da época possuíam cerca de 4 pavimentos, construídas por unidades cerâmicas maciças (tijolos) nos 3 primeiros pavimentos e, no último, unidades com furos em direção do assentamento da parede (STEINMETZ, 2018).

O marco inicial da aplicação de blocos de concreto em alvenaria em estrutural no Brasil foi em 1966, com a construção do conjunto habitacional “Central Parque Lapa”, localizado na cidade de São Paulo. A obra possuía 4 pavimentos, com paredes de 19cm de espessura, como mostrado na Figura 3 (STEINMETZ, 2018). No ano 1972, nesse mesmo conjunto habitacional, foram construídos mais 4 edifícios, contendo 12 pavimentos cada, como mostrado na figura 4 (VIEIRA & SILVA, 2019).

Figura 3 – Conjunto Habitacional Central Parque Lapa, em São Paulo – SP, Brasil



Fonte: Comunidade da Construção, 2010

Figura 4 – Conjunto Habitacional Central Parque Lapa, em São Paulo – SP, Brasil



Fonte: Comunidade da Construção, 2010

Nesse mesmo período, surgiu o primeiro edifício em alvenaria não armada, denominado “Jardim Prudência”, em São Paulo, contando com 9 pavimentos e paredes com espessuras de 24cm. Com o avanço da tecnologia, várias outras obras foram erguidas em alvenaria estrutural não armada, possibilitando a aplicação de gabaritos mais elevados e espessuras de paredes cada vez mais esbeltas. Exemplo disso é o edifício “Muriti”, também

localizado no estado de São Paulo. A obra foi realizada com 16 pavimentos, com paredes variando de 14 a 20cm de espessura, como apresentado na Figura 5 (STEINMETZ, 2018).

Figura 5 – Edifício Muriti, em São José dos campos – SP, Brasil



Fonte: Comunidade da Construção, 2010

Atualmente, com o desenvolvimento das técnicas de aplicação de cálculo, execução e controle de obra de alvenaria estrutural, o Brasil já conta com variadas normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), como a ABNT NBR 12118:2014 para blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Métodos de ensaio; a ABNT NBR 16868-1:2021 e ABNT NBR 16868-2:2021 que estabelecem os requisitos para projeto de estrutura de alvenaria, execução e controle de obra, entre outras mais que auxiliam na aplicação desse sistema construtivo (CAVALHEIRO, 2005).

Entre as diversas alternativas de sistemas construtivos introduzidos no País nos últimos tempos, a alvenaria estrutural pode ser considerada a que mais se adapta com as condições da nossa cultura construtiva, levando em conta a adequação da mão-de-obra, custo reduzido e as possibilidades de racionalização do processo de execução, podendo ser aplicada tanto em obras populares, como nas de elevado padrão (CAVALHEIRO, 2005).

2.3 NORMAS E PADRÕES PARA SEGURANÇA E QUALIDADE.

Em consequência do acelerado crescimento da indústria da construção civil, novas tendências vêm sendo aplicadas no mercado para facilitar execução estrutural. Exemplo dessas tendências é o emprego de blocos de concreto na alvenaria estrutural, que, por sua vez, formam a estrutura da edificação, descartando a utilização de vigas, pilares e evitando o uso de blocos cerâmicos convencionais.

Devido a esse novo método de construção, surgiram vários fabricantes de blocos estruturais, o que fez necessária a normatização desse material, tanto para sua produção, quanto para sua execução de projeto e processo construtivo, visando a segurança das obras em alvenaria estrutural. Hoje contamos com normas da ABNT que normatizam desde os cálculos de projetos até os desenvolvimentos do sistema construtivo.

Abaixo seguem as normas que atualmente balizam o sistema:

- ABNT NBR 15812-1 Alvenaria estrutural – Blocos Cerâmicos | Parte 1: Projetos
- ABNT NBR 15812-2 Alvenaria estrutural – Blocos Cerâmicos | Parte 2: Execução e controle de obras.

Além das normas do sistema de alvenaria estrutural, contamos com normas para determinação das características dos blocos cerâmicos, tanto estruturais quanto de vedação:

- ABNT NBR 15270-2 Componentes cerâmicos | Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Tipologia e requisitos
- ABNT NBR 15270-3 Componentes cerâmicos | Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de Ensaio

2.4 ALVENARIA ESTRUTURAL ARMADA COM BLOCOS DE CONCRETO VAZADOS

Alvenaria é o termo técnico dado ao fechamento de paredes com tijolos de uso convencional ou com função estrutural, podendo ser aplicado tanto em edificações de grande, médio ou pequeno porte. Apresenta em sua estrutura a função de vedação ou função conjunta, ou seja, exerce a função estrutural agregada a função de vedação, formando um conjunto monolítico vertical, que além de vedar espaços, suporta todos os intemperes (chuva, vento etc.)

e é capaz de resistir a cargas e impactos, promovendo a segurança da alvenaria (ZANATTA & ISERNHAGEN, 2018 apud TAUIL & ALBERTO, 2010)

Roman (2015), define a alvenaria estrutural como um método construtivo em paredes que atuam como a própria estrutura do edifício, com função de resistir às cargas verticais, devidas ao peso próprio da estrutura e às cargas de ocupação, bem como às cargas laterais, proporcionadas pela ação do vento e/ou desaprumo (RICHTER, 2007 apud ROMAN, 2005).

Em desenvolvimento pleno e cada vez mais crescente no mercado, a alvenaria estrutural tem se destacado por suas características econômicas, racionalizadas e duráveis, levando em conta os conceitos de sustentáveis, os quais atendem as propostas sociais que visam vincular positivamente a construção civil com o meio ambiente (VIEIRA & SILVA, 2019 apud TAUIL, 2018);

2.5 TIPO DE ALVENARIA

Segundo Camacho (2006), a alvenaria estrutural pode ser classificada de acordo com seu processo construtivo empregado e pelos tipos de unidades ou material aplicado na execução:

- Alvenaria Estrutural Armada: é o método construtivo, que por necessidades estrutural, seus elementos resistentes (estruturais) apresentam armadura passivas de aço. Nesse caso, a alvenaria possui armaduras colocadas nas cavidades dos blocos, devidamente preenchidas com graute, com função de absorver os esforços calculados.
- Alvenaria Estrutural Não Armada: é o processo construtivo em que os esforços de aço, como barras, fios e telas, existem somente com finalidades construtivas, ou seja, as armaduras são empregadas para a prevenção de patologias em pontos de concentração de tensões. Além disso, colaboram para ductilidade e segurança da edificação, podendo impedir o colapso progressivo.
- Alvenaria Estrutural Parcialmente Armada: é processo construtivo em que apenas parte dos elementos estrutural constitui armadura.
- Alvenaria Estrutural Protendida: esse método construtivo se refere a alvenaria que é reforçada por uma armadura ativa de aço contida no elemento resistente, que submetem a estrutura a esforços de compressão.

- Estrutura Estrutural de Tijolos ou de Blocos: alvenaria determinada pelo tipo de unidade (tijolos ou blocos) em que a edificação é executada.
- Alvenaria Estrutural de Cerâmica ou de blocos de concreto: definida a partir das unidades (tijolos ou blocos) sejam de material cerâmico ou de concreto.

Como já mencionado, a presente pesquisa se enquadra nos parâmetros de classificação de Alvenaria estrutural Armada em Bloco de Concreto Vazados.

2.6 COMPONENTES DA ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS DE CONCRETO

Para obter o máximo de vantagens desse sistema construtivo, como qualquer outro, é essencial a apresentação de todos os projetos antes de se iniciar a execução. Além disso, é recomendável que seja feita a limpeza do terreno a ser construído, fazendo a retirada da vegetação e de materiais indesejáveis, que possam atrapalhar a sua realização.

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), os blocos, como componente da alvenaria, são os principais responsáveis pela definição das características resistentes da estrutura, como também são o principal elemento para a realização desse método.

Entre os conceitos básicos que compõem tal método, destacam-se o componente e o elemento da alvenaria estrutural. No que se refere a componentes, este trata-se de uma unidade básica, ou seja, é a parte de um todo, que, por sua vez, formará a estrutura. Exemplo destes são: os blocos ou unidades, grautes, argamassa e armadura. Já os elementos são o resultado da junção de pelo menos dois componentes associados. São elementos: paredes, pilares, vergas, cintas e entre outros. (RAMALHO & CORRÊA, 2003).

Além dos componentes usados na aplicação desse sistema, existem ferramentas e equipamentos usualmente utilizados na construção civil para a execução do mesmo, há alguns que são específicos para o modo de construir em alvenaria estrutural. Exemplo desses estão apresentados na tabela 1 (ABCP, 2016).

Quadro 1 – Materiais utilizados na execução de edificação em alvenaria estrutural

Ferramentas e Equipamentos	Uso na execução de alvenaria estrutural	
	Serviço de marcação	Serviço de elevação
Colher de pedreiro	X	X
Palheta, Canaleta ou bisnaga		X
Esticador de linha	X	X
Fio traçado de linha	X	
Caixote para argamassa e suporte	X	X
Trena de 5 m e 30 m	X	X
Nível á laser	X	
Régua prumo/nível $\geq 1,20$ m	X	X
Esquadro (60x80x100) cm	X	
Escantilhão ou régua de marcação	X	X
Carrinho especial - transpote blocos	X	X
Andaimes		X
EPI's	X	X

Fonte: ABCP, 2016

Segundo a ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), esses equipamentos e ferramentas em conjunto com outros já convencionalmente adotados, formam o kit de ferramentas da equipe de produção da alvenaria (ABCP, 2016).

2.6.1 Verificação das unidades

Na proposta da pesquisa temos como unidade os blocos de concreto vazado, componente básico da alvenaria estrutural. É necessário que seja feita a escolha adequada desses blocos, dado que eles possuem dimensões e resistências diversas para cada aplicação e além de inúmeros fabricantes. Essa procura é importante, pois interfere diretamente nas vantagens oferecidas pelo sistema.

De acordo com a ABCP, há fabricantes de blocos de concreto por praticamente todas as regiões do País. É fundamental a verificação da qualificação desses fornecedores, pois o

produto deve seguir a conformidade das normas técnicas exigidas pela NBR 6136:2014. Nesta parte é importante ter o conhecimento dos resultados obtidos pelo fabricante referentes à caracterização dos blocos, tais como: resistência a compressão; determinação de massa específica; análise dimensional; absorção e retenção a secagem. Outro ponto citado é o planejamento, referente a programação de material. Ao fazer o pedido do material, a programação antecipada dos blocos evita atrasos, falta de peças e outros imprevistos (ABCP,2016).

Os blocos vazados de concreto são designados pela NBR 6136:2014, com base nas suas dimensões, divididas em famílias, representadas pela tabela 2. As dimensões padronizadas dos blocos admitem uma tolerância de variação de +2mm e +3mm para altura e comprimento (ABCP,2016).

Tabela 1 - Dimensões reais dos blocos de concreto.

Família de Blocos											
Designação	Nominal	20		15		12,5		10		7,5	
	Módulo	M-20		M-15		M - 12,5		M-10		M-7,5	
	Amarração	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2
	Linha	20x40	15x40	15x30	12,5x40	12,5x25	12,5x37,5	10x40	10x30	10x30	7,5x40
Largura (mm)		190	140	140	115	115	115	90	90	90	65
Altura (mm)		190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
Comprimento (mm)	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	190	290	390
	Meio	190	190	140	190	115	-	190	90	-	190
	2/3	-	-	-	-	-	-	-	-	190	-
	1/3	-	-	-	-	-	240	-	-	90	-
	Amarração L	-	340	-	-	-	115	-	-	-	-
	Amarração T	-	540	440	-	365	365	-	290	260	-
	Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	-	90
	Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	-	40

Fonte: NBR 6136:2014

A norma também prescreve limites de forças, como: resistência, absorção e retração por secagem que as unidades de concreto devem atender, como estabelecido na Tabela 3. A

resistência característica f_{bc} deve ser determinada de acordo com os resultados obtidos em ensaios.

Tabela 2 - Requisitos para Resistencia característicos a compressão, absorção e retração

Classe	Resistencia Característica f_{bc} Mpa	Absorção média em %		Retenção %
		Agregado normal	Agregado leve	
A	$\geq 6,0$	$\geq 10,0$	$\leq 10,0\%$ (média)	$\leq 0,065\%$
B	$\geq 4,0$	$\geq 10,0$	$\leq 10,0\%$ (média)	$\leq 0,065\%$
C	$\geq 3,0$	$\geq 10,0$	$\leq 16,0\%$ (individual)	$\leq 0,065\%$
D	$\geq 2,0$	$\geq 10,0$	$\leq 16,0\%$ (individual)	$\leq 0,065\%$

Fonte: NBR 6136:2014

Os blocos de concreto, especificados conforme a forma, devem atender quanto à função/utilização, as classes descritas na tabela 3 (NBR 6136/2014):

- Classe A: função estrutural, utilizada em elementos de alvenaria inferior ou superior ao nível do solo.
- Classe B e C: função estrutural, geralmente utilizada para elementos de alvenarias acima do solo.
- Classe D: sem função estrutural, também utilizada para elementos de alvenaria acima do solo.

É importante também ter um cuidado em relação ao recebimento/armazenamento dos materiais e um rigoroso controle tecnológico, os mesmos estabelecidos pela norma regulamentadora de Blocos de Concreto Vazados Simples para alvenaria estrutural - ABNT NBR 6136/1994.

Para a obtenção de um maior aproveitamento desse sistema construtivo, é essencial assegurar a qualidade das unidades de concreto utilizadas na execução, tendo como garantia um resultado econômico, sem renunciar à segurança da edificação.

2.6.2 Argamassa de assentamento.

Argamassa pode ser definida como o componente utilizado na ligação dos blocos, que evita os pontos de concentração de tensões, sendo ela uma mistura homogênea, composta de cimento, agregado miúdo, água e cal, podendo ou não apresentar adições em sua composição a fim de melhorar determinada propriedade (CAMACHO 2006).

A argamassa tem como função, além de unir os blocos, garantir a vedação, promover a aderência com as armaduras e juntas, fazer a transferência de tensões e compensar as variações dimensionais das unidades de concreto, o que torna sua resistência uma característica secundária (LEMOS, 2016).

O uso de diferentes tipos e marcas de cimento Portland fabricados no País, desde os simples, até os resistentes a sulfatos, no geral não interfere na composição das argamassas mistas de assentamento (AMTHAUER, 2001). É importante fazer a dosagem correta desse componente, logo, quando usado em excesso, aumenta a concentração da argamassa, prejudicando a propriedades de aderência e durabilidade, por efeito de que quanto maior a quantidade de cimento utilizada, maior o calor de hidratação, causando o aparecimento de trincas e fissuras (PARSEKIAN, 2010).

A dosagem da cal associada ao cimento origina em variações nas características das argamassas, cada aumento da cal no aglomerante cresce ou diminui a propriedade requerida (SABBATINI, 1986).

A presença dos agregados miúdos na argamassa proporciona um maior rendimento da mistura, reduzindo seu custo, além de diminuir os efeitos prejudiciais pelo uso em excesso do cimento. Em geral, esses agregados atuam como um componente inerte. A utilização de areia grossa no traço da argamassa aumenta a resistência a compressão da mistura, enquanto as areias finas agem de modo contrário, reduzindo a resistência, mas compensando o com o aumento da aderência, sendo preferível na execução da alvenaria estrutural (LEMOS, 2016).

A água é o elemento da composição que permite o endurecimento da argamassa e a hidratação do cimento, responsável também por promover a trabalhabilidade. A água deve ser dosada de maneira que não cause o segregamento dos seus constituintes, permitindo um assentamento de qualidade das unidades de concreto (KALIUI, 2007). De acordo com a NBR 8798:1985, é recomendável o uso de água potável, com pH entre 5,8 e 8,0 (AMTHAUER, 2001).

A aplicação de aditivos na mistura é feita a partir da verificação desejada, como a plasticidade ou retração da água na argamassa. Tal componente só deve ser utilizado respeitando as normas vigentes ou experimentos laboratoriais (VIEIRA & SILVA, 2019).

2.6.3 Graute

Segundo a norma NBR 8798:1994, o graute é o componente utilizado para o preenchimento dos blocos e canaletas de concreto, com a finalidade de solidarizar armaduras da alvenaria e proporcionar um aumento na resistência da estrutura. É composto cimento Portland, agregados de pequenas dimensões, água e outros aditivos como: cal, pozolana e super plastificantes, entre outros.

2.6.4 Água

A água é o componente responsável pelo endurecimento da argamassa e pela hidratação do cimento e proporcionar a trabalhabilidade da argamassa em estado fresco. É necessário cuidado ao fazer a dosagem desse elemento, que em grande quantidade provoca a segregação dos seus constituintes, interferindo em um bom assentamento (KALIL, 2007).

De acordo com a NBR 8798:1985, é recomendável o uso de água potável, com pH variando entre 5,8 e 8,0. A norma também prescreve alguns limites que interfere diretamente na armadura da alvenaria, como a presença de compostos na água. Exemplo desses são os sulfatos e cloretos, que tendem a causar a corrosão da armadura. Nos casos da alvenaria não armada, é aconselhável o emprego da água limpa, livre de sujeiras e matérias orgânicas de fácil identificação, clara e de pH neutro. Alguns desses limites máximos exigidos por norma, estão representados na Tabela 4 (AMTHAUER, 2001).

Tabela 3 – Limites máximos conforme a NBR 8798

Possível composto presentes na água	Limite máximo permitido (mg/l)
Matéria Orgânica (expressa em oxigênio consumido)	3 mg/l
Resíduo sólido	500 mg/l
Sulfatos (expressos em íons SO ₄)	300 mg/l
Cloretos (expressos em íons Cl)	500 mg/l
Açúcar	5 mg/l

Fonte: ABNT NBR 8798:1986

2.6.5 Armaduras

Ramalho e Correa (2003), definem armaduras como:

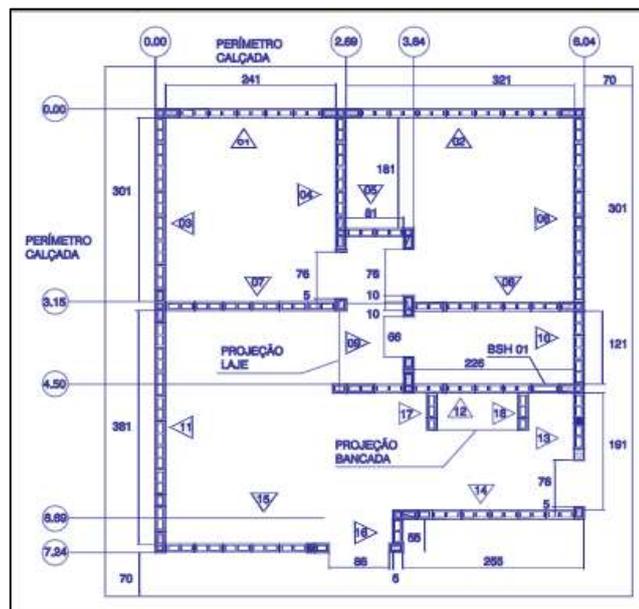
“As barras de aço nas construções em alvenaria são as mesmas utilizadas nas estruturas de concreto armado, mas nesse caso, serão sempre envolvidas em graute para garantir o trabalho conjunto com o restante dos componentes da alvenaria (RAMALHO E CORREA, 2003. p. 08).”

3 MÉTODO CONSTRUTIVO EM BLOCOS DE CONCRETO VAZADOS.

3.1 MARCAÇÃO DAS PAREDES.

A marcação das paredes é a primeira etapa da execução e fundamental, para qualquer tipo de construção. Ela exerce um papel de extrema importância, pois afeta de modo direto na resistência, nivelamento, esquadro e planeza da alvenaria (RICHTER, 2007 apud SANTOS, 1998). A primeira fiada serve como referência geral para a elevação das fiadas superiores num mesmo pavimento, como representado na Figura 6, e responsável pela resistência das fiadas seguintes (ABCT, 2016),

Figura 6 – Planta da primeira fiada



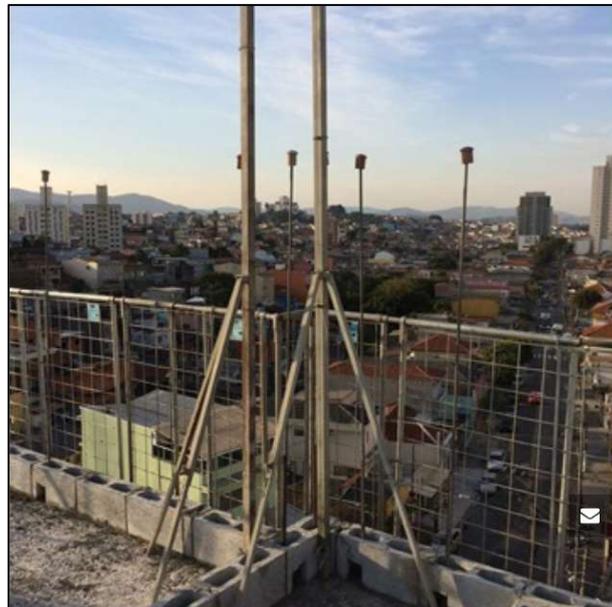
Fonte: ABCP, 2016.

Ao finalizar a limpeza, adequação e verificação do terreno, pode se dar início à marcação da obra. Segundo ABCP (2016), é necessário ter em mãos o projeto de produção da edificação antes de dar seguimento a essa marcação. Tal documento reúne um conjunto de informações fundamentais para o processo de execução do edifício. Além disso, também é de suma importância a planta da 1ª fiada, contendo as cotas das paredes principais, as quais servem de referência para as marcações seguintes. Antes da etapa de marcação propriamente dita, é recomendada a verificação do nivelamento e esquadro das paredes. O assentamento da 1ª fiada, só pode ser realizado sobre a base de concreto devidamente nivelada (SABBATINI, 2003

apud RICHTER, 2007). Para isso é necessário o uso de algumas ferramentas para garantir um bom resultado do método executivo. Entre essas ferramentas podemos citar o uso do escantilhão e o esquadro (ABCP, 2016).

O escantilhão é uma ferramenta utilizada para auxiliar o assentamento dos blocos, na fase de elevação, garantindo o prumo e o nivelamento adequado. São locados geralmente nas extremidades da alvenaria e sua fixação é feita a partir de pregos, parafusos e buchas. Podem ser tanto industrializados, como também podem ser produzidos em obra, como representado na Figura 7 (VIEIRA & SILVA, 2019).

Figura 7 – Escantilhão.



Fonte: scanmetal, 2021.

O esquadro representado pela Figura 8 é outra ferramenta bastante utilizada para conferir ângulos retos na locação de um terreno. Na alvenaria estrutural serve para fazer a conferência e determinação da marcação durante o processo de execução da primeira fiada, além da perpendicularidade entre as paredes (VIEIRA & SILVA, 2019).

Figura 8 – Modelo de esquadro de alumínio soldado.



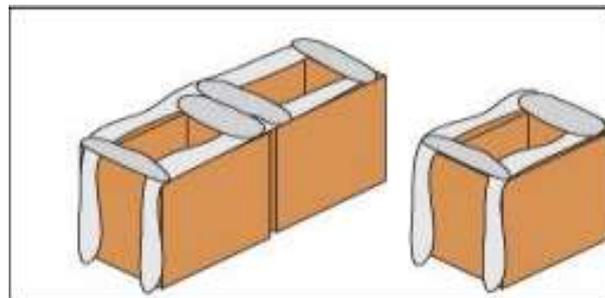
Fonte: scanmetal, 2021.

3.2 ASSENTAMENTO DOS BLOCOS DE CONCRETO

Camacho (2006) explica que a argamassa tem função de unir os blocos assegurando aderência da estrutura, garantindo sua vedação e preenchimento de variações. É recomendada a escolha de uma argamassa que obtenha uma alta capacidade de retenção de água, impedindo que possa ser prejudicada nas suas funções, por meio da perda de água no seu processo de cura, além de perder capacidade de desenvolver a resistência necessária a esforços futuros.

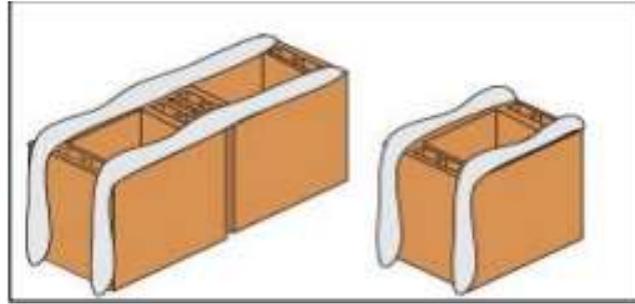
Conforme a NBR 9798:1985, a aplicação de argamassa nos blocos deve ser feita de forma que tenha juntas verticais e horizontais, preenchendo todas as limitações dos blocos, nas direções travessais e longitudinais ou apenas na direção longitudinal, como representado nas Figuras 9 e 10. A norma também prescreve uma espessura mínima de 1 cm nas juntas dos blocos, podendo ser aplicada por colher de pedreiro

Figura 9 – Aplicação de argamassa nos blocos na direção transversal e longitudinal



Fonte: Selecta, 2018

Figura 10 – Aplicação de argamassa na direção longitudinal



Fonte: Selecta, 2018

É importante reforçar que o uso de cimento nas argamassas em grandes proporções não é recomendado, por terem um aspecto rígido e com baixa trabalhabilidade, dificultando a sua capacidade de absorver de aperturas (VIEIRA & SILVA, 2019).

3.3 GRAUTEAMENTO

A etapa de grauteamento é de suma importância para um bom desempenho estrutural da alvenaria, já que tem a função de aumentar a capacidade, portanto da edificação. Geralmente esse processo é realizado em duas etapas para cada pavimento, sendo uma aplicação feita quando a alvenaria se encontra na metade e a outra apenas depois da última fiada e antes da cinta de respaldo (NICHELE, 2014).

O grauteamento é o processo de preenchimento dos vazios dos blocos de concreto, adquirindo a unidade uma resistência de 30% a 40% maior com essa ocupação. Esse processo é considerado como a formação de “pilares” internos (DÉSIR, 2016).

Para a execução da etapa de lançamento do graute, é fundamental conferir o alinhamento dos blocos e as condições das peças, é recomendado que os blocos sejam molhados e seja feita a limpeza das rebarbas. No lançamento a altura máxima permitida é de 2,8 metros em relação a bloco e uma altura mínima de 1,6 metros (VIEIRA & SILVA, 2019 apud SOUSA, 2017).

Figura 11 – Lançamento de graute



Fonte: Reis, 2016

3.4 AMARRAÇÃO

Como o próprio nome já diz, a amarração se refere à etapa de junção e ligação das paredes, que por sua vez é formada pelos próprios blocos, de forma que trabalhem juntos com objetivo de tornar a estrutura mais firme e resistente.

Conforme a NBR 15961-1:2011 (Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto. Parte 1 – Projeto), existem dois tipos de amarrações para paredes de blocos estruturais, as diretas e indiretas. Podendo ser definidas como:

- **Amarração Direta:**

“Padrão de ligação de paredes por intertravamento de blocos, obtido com a interpenetração alternada de 50% das fiadas de uma parede na outra ao longo das interfaces comum”. (NBR 15961-1:2011, 2021. p. 19).

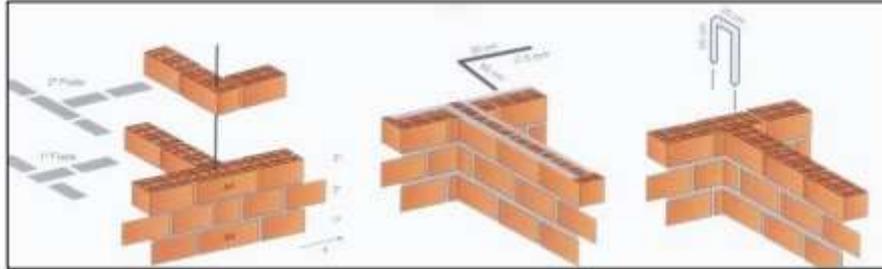
- **Amarração Indireta:**

“Padrão de ligação de paredes com junta vertical a prumo em que o plano da interface comum é atravessado por armaduras normalmente construídas por grampos metálicos devidamente ancorados em furos verticais adjacentes grauteados ou por telas metálicas ancoradas em juntas de assentamento”. (NBR 15961-1:2011, 2021. p. 19).

A amarração é um ponto determinante na execução da alvenaria estrutural, por garantir o intertravamento das unidades de alvenaria de forma simples e lógica. A amarração direta é executada a partir do entrelaçamento dos blocos, podendo conter armação vertical, representada na Figura 12. Esse tipo de amarração promove uma maior economia de graute, ferragens e grampos no processo construtivo. Tal amarração só é possível em blocos cuja largura tenha a metade do comprimento utilizado na modulação. Já as chamadas amarrações indiretas, emprega o uso de barras em formato de “L” ou ganchos de CA-50 e bitola de 5mm, quando não é possível

a implementação de amarração diretas entre as unidades de concreto. Elas devem ser feitas de forma alternada, a cada duas fiadas, entre as juntas. (LORENZETTI, 2021).

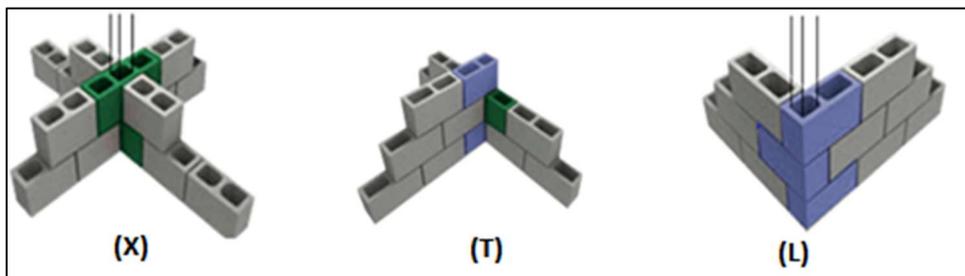
Figura 12 - Amarrações diretas e indiretas



Fonte: Casa D'Cezar, 2021

No geral as amarrações dependem das unidades fabricadas pela indústria, no que se refere diretamente as dimensões dos blocos. Além da classificação como diretas e indiretas, as amarrações podem ser subdivididas conforme a posição de assentamento dos blocos nos quantos e encontros das paredes. Exemplo destes são: as amarrações em L, T ou em cruz/X, representadas na Figura 13 (VIEIRA & SILVA, 2019).

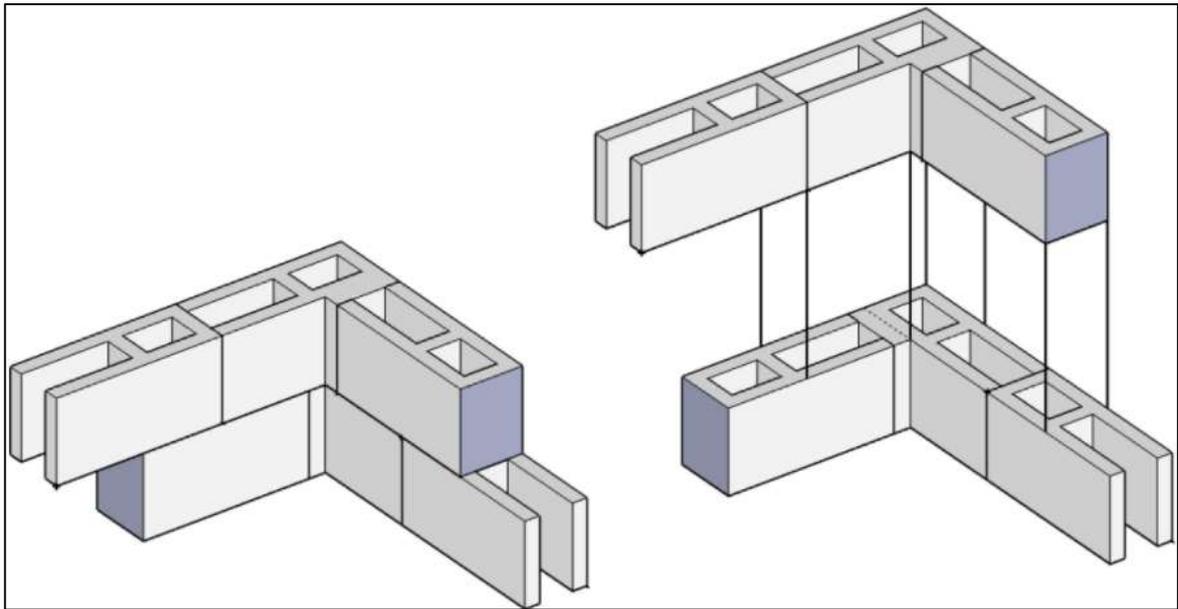
Figura 13 - Amarrações em cruz, T e L



Fonte: JARFEL, 2018

O travamento dos blocos é iniciado na segunda fiada da estrutura, feita de maneira com que a disposição dos blocos seja diferente da primeira fiada, a terceira fiada seja semelhante a primeira, assim sucessivamente, uma camada igual a primeira e a outra igual a segunda, como mostrado na Figura 14.

Figura 14 – Travamento das unidades de concreto



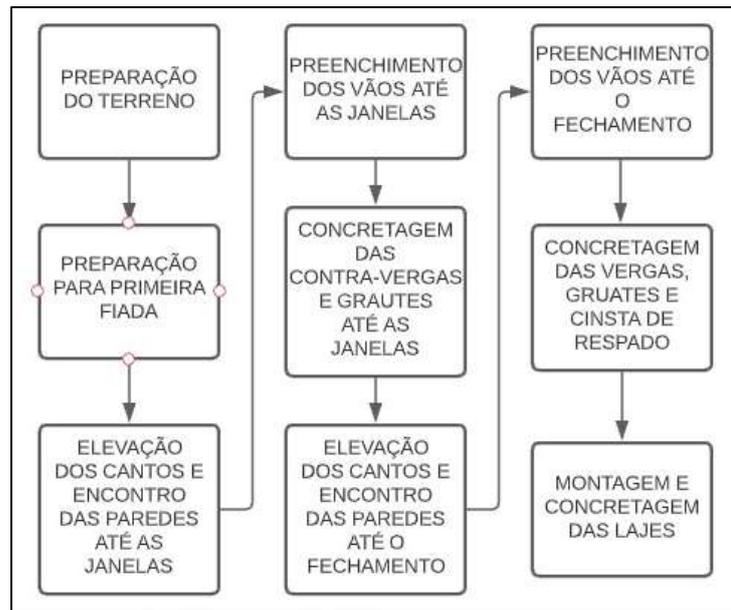
Fonte: BAVASTRI, JANTESCH, KIRCHHOF, MOHAMAD, RIZZATI, 2015

3.5 ELEVAÇÃO DA ALVENARIA

Após a execução da marcação das paredes no terreno, tem início a etapa de elevação das paredes de alvenaria, considerada umas das mais importantes do método construtivo, já que é a responsável por dar forma, garantia de durabilidade e desempenho da edificação, além de englobar todos os outros processos de execução, como a implantação das instalações elétricas e hidráulicas, portas e janelas e a aplicação de todos os outros elementos da alvenaria estrutural.

Para alcançar um padrão de qualidade, no que se refere a execução da elevação das paredes, é necessário que sejam feitas de forma racionalizada. Para isso é importante que se compreenda as etapas dessa atividade. Assim, tomando-se como base trabalhos e artigos de alguns autores, foi possível elaborar um diagrama que explica as elevações da alvenaria, como representado na Figura 15 (ABCP, 2016; VIEIRA & SILVA, 2019; RICHTER, 2007; MOHAMAD, 2002).

Figura 15 - Fluxograma de execução de elevação da alvenaria



Fonte: (ABCP, 2016; VIEIRA & SILVA, 2019; RICHTER, 2007; MOHAMAD, 2002).

Segundo ABCP (2016), é recomendada a verificação do abastecimento de todos os componentes antes da execução da mão de obra, pois a falta de material ou ferramentas adequadas para a execução afeta diretamente na produtividade da atividade. Após essa verificação, inicia-se a marcação das limitações das paredes, essencial para garantir o alinhamento e nivelamento das fiadas.

As paredes da alvenaria só poderão ser executadas com blocos inteiriços, ou seja, que não apresentem corte ou quebra para a obtenção de “ajuste”. A utilização de peças pré-moldadas ou pré-fabricadas é permitida, desde que sejam previstas em projeto de produção e adquirida mediante condições de controle de qualidade (LEMOS, 2016).

A execução da primeira e segunda fiada, são as mais importantes da obra, pois são as primeiras a serem assentadas, servindo como referência para os demais blocos (RODRIGUES, 2018). O assentamento da primeira fiada é aplicado diferentes das demais, por estar em contato direto com a superfície do pavimento, conforme a Figura 16, assim, fazendo necessário molhar essa superfície antes da aplicação da argamassa. Dando seguimento ao processo, a argamassa deve ser assentada com uma largura semelhante à do bloco e, a partir disso, fazer sua distribuição (ABCP, 2016).

Figura 16 - Execução da 1ª fiada



Fonte: BRUSAMARELLO, 2012.

A elevação da alvenaria inicia-se pelas extremidades e encontros de paredes, como apresentado na Figura 17, dessa forma evita o desalinhamento durante a execução. Nessa etapa também é necessário o uso do escantilhão para a conferência das alturas das fiadas, que são marcadas como gabaritos em sua haste principal (VIEIRA & SILVA, 2019).

Figura 17 - Assentamento dos blocos pelas extremidades



Fonte: VIEIRA & SILVA, 2019

Para se obter uma melhor produtividade no processo de elevação da alvenaria, pode-se fazer o preenchimento das juntas verticais após o assentamento o bloco. Recomenda-se a verificação do nível, prumo e alinhamento das paredes durante todo o processo executivo (ABCP, 2016). A sequência de execução é de suma importância para o máximo aproveitamento do método construtivo.

3.6 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDRÁULICAS

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo que visa a racionalização dos processos. Para isso, é necessário que haja uma compatibilidade de todos os projetos envolvidos e que atenda às necessidades de instalação da edificação. No que se refere às instalações elétricas e hidráulicas, não é diferente. Nessa etapa o engenheiro e o arquiteto trabalham em conjunto para uma melhor aplicação desses projetos até sua execução, visto que na alvenaria estrutural, um recorte ou quebra para adaptação nas paredes ou *shaft* da edificação, não é apenas um caso de vedação, mas também de danos estruturais.

Segundo Ribeiro (2009), os projetos de instalações devem ser implementados desde a etapa de marcação da alvenaria, uma vez que a execução da elevação das paredes somente deve ocorrer após a compatibilização dos projetos de instalações elétricas e hidráulicas.

O projeto elétrico é constituído por instalações e tubulações de eletricidade, como: telefonia, interfone, sistema de alarme, antenas coletivas, entre outras conhecidas existentes. Na sua fase de execução é comum que os dutos passem pelos vazados os blocos, com isso não há necessidade de rasgos principalmente na direção horizontal dos blocos. As caixinhas de tomada e interruptores são chumbadas nos chamados blocos elétricos. Tais blocos nada mais são do que unidades de concreto devidamente cordadas, em bancadas específicas e com as devidas ferramentas. Os cortes são feitos na medida das caixinhas, conforme a Figura 18, evitando furos nas paredes já elevadas, que são permitidos somente no assentamento do quadro de distribuição, sempre verificando se a abertura necessária para o quadro provocará algum dano à estrutura (FIGUEIRÓ, 2009).

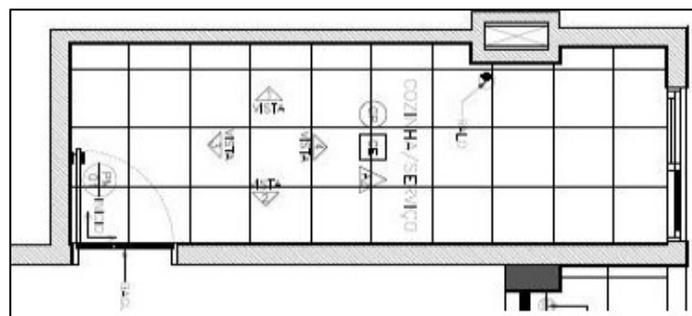
Figura 18 - Caixinhas chumbadas nos blocos de concreto



Fonte: Comunidade Da Construção, 2013

Partindo para a fase de instalações hidráulicas em blocos de concreto vazados, é importante que se determine ainda na fase de projeto onde passarão as tubulações de água e esgoto, assim, evitando o corte da alvenaria já elevada, reduzindo o desperdício de material, a perda de produtividade e visando o ponto de vista estrutural. Na etapa de execução, as tubulações horizontais são embutidas na laje e as verticais podem ser posicionadas nas denominadas “paredes hidráulicas” ou “*shafts*”. Essas são construídas após a alvenaria, uma espécie de anexo sem função estrutural, executadas com blocos de concreto hidráulico, os quais apresentam ranhuras na direção vertical e horizontal em seu corpo, facilitando a abertura da parede para embutir a tubulação. Os *shafts* podem ser externos ou internos à alvenaria, como mostrado nas figuras 19 e 20, e é aconselhável uma maior atenção no seu processo construtivo, pois o corte feito no *shaft* tem interação direta com os elementos estruturais da edificação.

Figura 19 - Representação de aplicação de Shaft hidráulico no projeto de alvenaria.



Fonte: PRIA, 2017

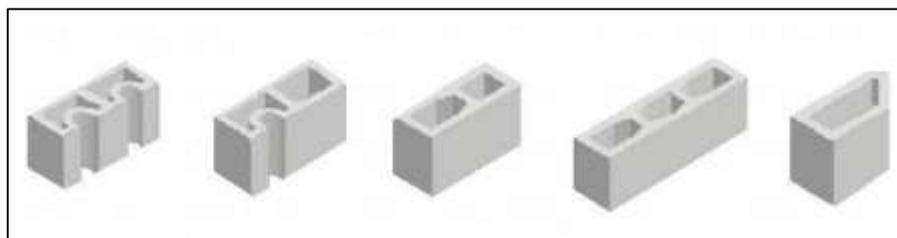
Figura 20 - Shaft hidráulico em sua fase final.



Fonte: PRIA, 2017

Entre os meios existentes para adequação das instalações em blocos de concreto, a elevação da alvenaria pode ser quase que totalmente compatibilizada usando blocos especiais para instalações elétricas e hidráulicas. Essas unidades permitem a passagem das tubulações e conduítes sem que seja necessário realizar cortes nos blocos, o que também garante uma maior agilidade no assentamento e na execução dessas instalações (VIEIRA & SILVA, 2019).

Figura 21 - Blocos especiais: Elétricos e Hidráulicos



Fonte: FK Comércio, 2021

4 MÉTODO CONSTRUTIVO PAREDE DE CONCRETO MOLDADA *IN LOCO*.

Visando uma maior organização no mercado imobiliário e buscando minimizar o déficit habitacional com contínuas medidas governamentais, surgiu a necessidade da concepção de um novo método construtivo que garantiria a ampliação da oferta de unidades habitacionais, viabilizando a produtividade em larga escala, com baixo custo de execução e alto desempenho estrutural (MISURELLI & MASSUDA, 2009).

Para atender essa instância, surgiu no Brasil a implementação do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco*, que consistia na moldagem de paredes e lajes de concreto armado com telas metálicas centralizadas (TECNOSIL, 2018). Segundo a ABESC (Associação Brasileira das Empresas e Serviços de Concretagem, 2012) o sistema construtivo de parede de concreto apresenta inúmeros benefícios em comparação com o sistema convencional, já que sua rápida execução e praticidade gera menos desperdício de material e viabiliza a rápida produção, assegurando também uma qualidade superior no acabamento e maior segurança durante a realização do empreendimento.

Figura 22 - Prédios construídos pelo método construtivo parede de concreto



Fonte: Realiza Construtora, 2021

4.1 HISTÓRICO

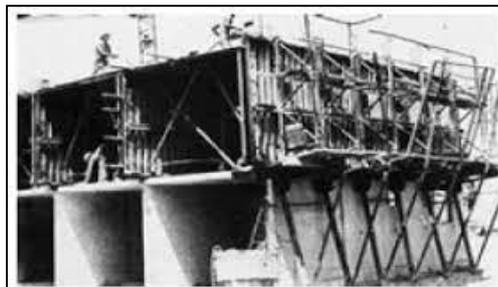
O sistema construtivo de parede de concreto surgiu de uma inspiração embasada nas experiências bem-sucedidas da década de 70 e 80, que se baseavam em construções industrializadas em concreto celular (Sistema *Gethal*) e em concreto convencional (Sistema *Outinord*). Porém, eles não conseguiram se consolidar no mercado brasileiro devido ao número reduzido de obras que seguiam esses padrões, juntamente com a escassez de tecnologias necessárias para sua aplicação (MISURELLI & MASSUDA, 2018).

Figura 23 - Sistema *Gethal*



Fonte: [Gethal](#), 2016

Figura 24 - Sistema *Outnord*



Fonte: Braguim, 2013

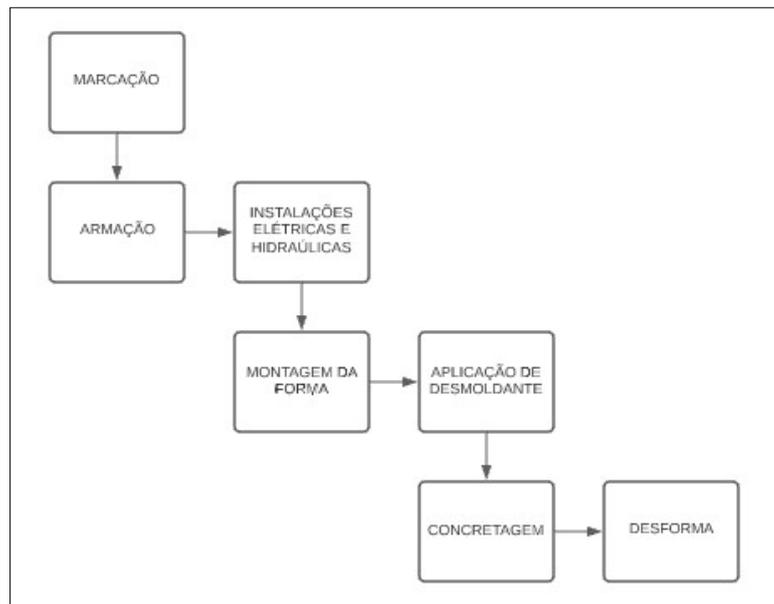
Entretanto, impulsionado principalmente pelo programa Minha Casa Minha Vida em 2009, o sistema construtivo ganhou muita força no âmbito e foi sendo difundido por diversas construtoras (TECNOSIL, 2018). De acordo com dados divulgados pela Caixa Econômica Federal, em 2015 as paredes de concreto já ocupavam 52 % de todas as unidades produzidas para o programa, influenciada pela agilidade que o método emprega, pela credibilidade da tecnologia usada e pela sua rápida propagação no ramo (CIMENTO ITAMBÉ, 2016).

Com o constante crescimento em um curto espaço de tempo, o sistema passou a ser adotado por diversas construtoras e para diferentes tipos de construções. Diante desse fator, imediatamente tornou-se indispensável a implantação de uma norma que estabelecesse os requisitos básicos para as paredes de concreto moldadas *in loco* com formas removíveis. Assim, em 10 de Abril de 2012 a Associação Brasileira de Normas Técnicas publicou a Norma ABNT NBR 16055:2012 - Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações - Requisitos e procedimentos (ABNT, 2012).

Além da criação da Norma houve a concepção de ativos que trouxessem novos dados acerca de normas, materiais e projetos referentes a esse sistema construtivo, sendo assim a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), o instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS) e a Associação Brasileira de Serviço de Concretagem (Abesc), em parceria com algumas construtoras, foram responsáveis por iniciaram uma coletânea especificando essas informações (ABCP, 2010).

4.2 PROCESSO CONSTRUTIVO

Figura 25 - Ciclo da Estrutura: Parede de concreto



Fonte: Próprias autoras, 2021.

4.2.1 Marcação

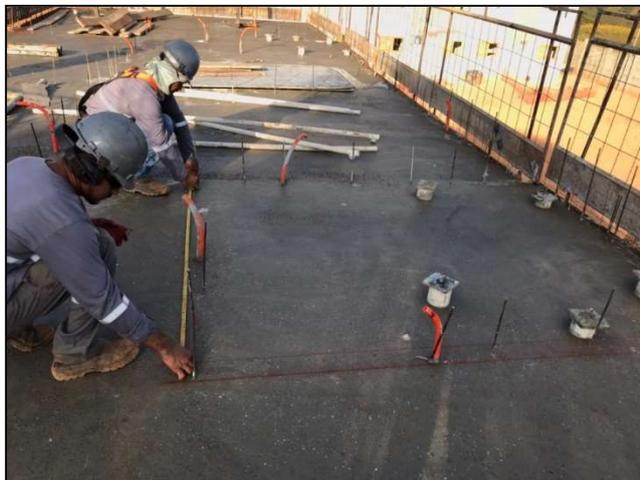
Tem como principal intuito demarcar as linhas de parede na fundação, favorecendo sua identificação e posicionamento para a montagem da forma, que deve ser executada com o auxílio de equipamentos adequados, como o gabarito de madeira ou metálico, prumo e trena.

De acordo com a Abesc (2008), nessa etapa é indispensável que haja o perfeito nivelamento do piso da laje de apoio, impossibilitando a existência de diferenças de níveis no topo entre os painéis, o que suscitaria a descontinuidade de seu alinhamento superior.

O procedimento consiste basicamente em elaborar o projeto de marcação de paredes, tendo como ponto de referência dois ou mais eixos notáveis, contando uma das faces de cada parede em relação a esses eixos ortogonais. Porém, quando a medida da face ao eixo for superior a 5 metros, é aconselhável utilizar eixo intermediário, para que não haja acúmulo de medições. Para isso é imprescindível executar o gabarito em torno do prédio fazendo a locação dos eixos notáveis, promovendo o transporte dos eixos para a fundação ou laje e lançando as medidas das faces das paredes, realizando assim uma marcação no concreto e o desenho de todas as paredes da fundação ou laje, examinando as locações e interseções entre os elementos estruturais (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2002).

A aplicação devidamente realizada de acordo com os parâmetros estabelecidos desse procedimento proporciona uma redução nos riscos de erros na fase da execução do empreendimento, facilitando no controle e na conferência, o que assegura um ganho de tempo, aumentando a produtividade e evitando problemas futuros ou retrabalhos nas demais fases de execução desse método.

Figura 26 - Marcação para parede de concreto



Fonte: Próprias autoras, 2021

4.2.2 Armação

O principal tipo de armação adotada nesse sistema construtivo são as telas soldadas, que se situam verticalmente no eixo da parede seguindo as especificações do projeto estrutural. Já nos vãos das portas ou janelas e nas bordas são utilizados reforços de telas ou barras de armadura convencional. O processo deve ser iniciado com a montagem da armadura principal em tela soldada, acrescentando em seguida as armaduras de reforços, as ancoragens de canto e cinta (NETO & WILLEMAN, 2017).

Tabela 4 – Tipos de telas soldadas nervuradas mais indicadas pela Arcelormittal.

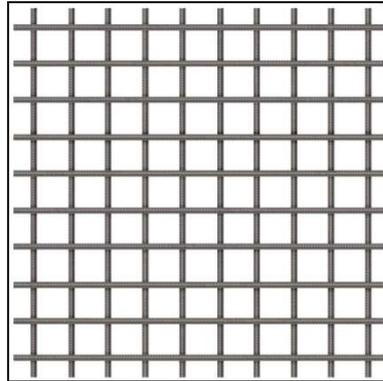
Telas Soldadas Nervuradas Malhas Top Arcelormittal							
Designação	Malha(cm) L x T	Bitola (mm) L x T	Seções (cm ³ /m) L x T	Apresentação	Dimensões (m)		Peso Kg/peça
					Largura	Comprimento	
EQ 45 (leve)	20x20	3,4x3,4	0,45x0,45	PAINEL	2	3	4,26
EQ 61 (média)	15x15	3,4x3,4	0,61x0,61	PAINEL	2	3	5,82
EQ 92 (reforçada)	15x15	4,2x4,2	0,92x0,92	PAINEL	2	3	8,88
EQ 138 (pesada)	10x10	4,2x4,3	1,38x1,38	PAINEL	2	3	13,2

Fonte: Arcelormittal, 2019.

A norma estipula a utilização de dois tipos de armadura que são utilizadas nas paredes de lajes:

- Telas de aço eletrossoldadas: que devem obedecer a ABNT NBR 7481, norma que estabelece as condições exigíveis para encomenda, fabricação e fornecimento de telas de aço soldadas, destinadas a armadura para concreto e tubos de concreto, conforme Figura 27.

- Aço em barras: que devem obedecer a ABNT NBR 7480, norma que estabelece os requisitos exigidos para encomenda, fabricação e fornecimento de barras e fios de aço destinados a armaduras para estruturas de concreto armado, com ou sem revestimento superficial, conforme Figura 28.

Figura 27 - Telas Soldadas

Fonte: Gerdau, 2020.

Figura 28 - Aços em barra

Fonte: Gerdau, 2020.

De acordo com Misurelli e Massuda (2009), as armaduras têm de atender a três requisitos básicos, que se baseiam em resistir os esforços de flexo-torção nas paredes, controlar a retração do concreto e estruturar e fixar as tubulações elétricas, hidráulicas e de gás.

Ao finalizar o processo, a Abesc (2008) nos orienta que, logo após a montagem das telas, deve haver a colocação dos espaçadores plásticos, que têm como função auxiliar no posicionamento das telas e na geometria dos painéis garantindo o alinhamento e a espessura das paredes de acordo com o projeto.

Figura 29 - Montagem das armações com tela soldadas já com os espaçadores



Fonte: Próprias autoras, 2021

4.2.3 Instalações Elétricas e Hidráulicas

As tubulações nesse método construtivo são divididas em rede hidráulica e rede elétrica. Para as fixações das tubulações hidráulicas, além da amarração nas armaduras deve haver espaçadores entre a rede de tubos hidráulicos a as faces dos painéis, garantindo o recobrimento e posicionamento das peças. A rede elétrica segue a mesma sistemática, as caixas elétricas são fixadas nos painéis de formas por meio de gabaritos, de acordo a posição indicada no pelo projetista (NETO & WILLEMANN, 2017).

Os espaçadores além de manterem a fixação das armações, são responsáveis em auxiliar no posicionamento dos eletrodutos, caixas de interruptores, luz e tubulações. É indispensável a fixação dessas instalações junto às armaduras para que não ocorra deslocamento das peças durante o lançamento de concreto. Deve-se ter o cuidado de proteger as caixas elétricas contra o impacto da entrada do concreto, o que pode causar obstrução dos dutos.

Durante esse processo, é aconselhável ficar atento às orientações da ABNT NBR 16.055, que não admite tubulações horizontais, a não ser em trechos de até um terço do comprimento da parede, não ultrapassando 1 m, desde que este trecho seja considerado não estrutural. Também não são permitidas tubulações, verticais ou horizontais, nos encontros de paredes.” (PEIXOTO, 2019).

Figura 30 - Colocação de tubulações elétricas e hidráulicas



Fonte: Próprias autoras, 2021.

4.2.4 Montagem da fôrma

O principal segmento desse sistema é a montagem da forma. Nessa etapa é nítido o diferencial que ela exerce sobre os demais métodos construtivos, pois é nessa fase que ela adquire destaque de produtividade e ganho de tempo. De acordo com Misurelli e Massuda (2009), a escolha da tipologia adequada e o desenvolvimento de acordo com o detalhamento estipulado pelo projetista são extremamente importantes para a viabilidade da execução do empreendimento com rapidez, garantindo a qualidade do produto.

De acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2012) é imprescindível que a execução do projeto tenha resistência a ações climáticas, de cargas estruturais auxiliares, como os andaimes, linha de vida e o lançamento e adensamento de concreto durante a sua execução. O projeto ainda deve conter o detalhamento dos painéis, dos equipamentos auxiliares, como as peças de segurança, peças de travamento, esquadros e alinhadores, detalhes das escoras e ter uma sequência executiva de montagem e desmontagem (VIEIRA & SILVA, 2019).

Figura 31 - Montagem dos painéis que compõem a fôrma



Fonte: Próprias autoras, 2021.

A NBR 16055 (ABNT, 2012) também estabelece que o escoramento deve ser projetado prevendo as ações do peso próprio, peso da estrutura e de outras cargas acidentais que podem conter no sistema. Outro fator importante é a retirada das escoras no tempo correto e com a resistência necessária atingida.

Existem outros fatores que auxiliam garantir a qualidade e produtividade do sistema, como o armazenamento correto das peças em locais apropriados, a limpeza das formas após a concretagem para que não haja deterioração das placas, a numeração das peças que facilita no processo de montagem e desmontagem e uma equipe bem qualificada especializada na área para manter o ritmo de concretagens, conforme Figura 30.

Figura 32 - Numeração de forma para parede de concreto



Fonte: Próprias autoras, 2021.

Posteriormente ao fechamento da forma, a ABNT NBR 15696 (2009) procede à regulagem do escoramento do conjunto. As faces montadas devem ser niveladas, verifica-se também o prumo dos painéis em todas as faces e, se necessário, deve haver ajuste nas escoras, ajustando o conjunto para a posição exata.

4.2.5 Aplicação de desmoldante

No decorrer do processo de montagem, é indispensável a aplicação de desmoldante nas placas da forma para assegurar a qualidade das peças e facilitar o manuseio das peças no momento da desforma. De acordo com a NBR 16055 (ABNT,2012), as superfícies da armadura devem sempre estar livres de ferrugem ou de quaisquer substâncias deletérias que possam afetar de maneira adversa o aço, o concreto ou a aderência entre esses materiais.

Como o sistema de paredes de concreto admite o uso de formas metálicas ou plásticas além das convencionais de madeira, deve-se ter uma atenção especial ao tipo de desmoldante que vai ser escolhido. O produto precisa ser adequado a cada tipo de superfície, evitando que o concreto grude na forma e não deixe resíduos na superfície das paredes, o que comprometeria a aderência do revestimento final (MISURELLI & MASSUDA, 2009).

Diante de todas as vantagens expostas, a aplicação do desmoldante ainda garante um acabamento externo com maior qualidade, dificultando marcas na fachada no momento da desforma, proporcionando um acabamento superior, acarretando maior notoriedade ao produto.

Figura 33 - Aplicação de desmoldante em forma metálica



Fonte: Próprias autoras, 2021.

4.2.6 Concretagem

Após a montagem do conjunto, é fundamental que ocorra uma análise do profissional responsável, validando todo o procedimento e solicitando correções na montagem quando necessário. Somente após essa validação que se inicia a concretagem, que consiste no processo de lançamento de concreto nas formas montadas assegurando que ele preencha todos os vãos e assegure o cobrimento da armação.

O principal e mais adequado componente do sistema é o concreto autoadensável (CCA). De acordo com Luiz de Brito Prado Vieira, consultor especialista de P&D e Qualidade da Votorantim Cimentos:

“O material vai entrar em uma forma esbelta e repleta de restrições, como a própria armação da parede, conduítes e elementos que fixam a forma. Então, o concreto precisa ser autoadensável para evitar patologias” (MAPA DA OBRA, 2016)

Segundo a Abesc (2010), podem ser aplicados os concretos autoadensáveis (Tipo N) e concreto celular (Tipo L1), levando em consideração o tempo de aplicação que não pode ultrapassar, após o uso do aditivo ou espuma para concreto celular, de 40 e 30 minutos respectivamente. Apenas após passar pelo controle tecnológico o concreto é liberado para o

lançamento, que, por sua vez, deve ser aplicado completando todos os vazios das paredes e nivelando a laje (VIEIRA; SILVA, 2019).

Para aceitação e validação do concreto devem ser obedecidas algumas normas, como:

- *Slump Test* (ABNT NBR NM 67); Essa norma especifica um método para determinar a consistência do concreto fresco através da medida de seu assentamento, em laboratório e obra.
- *Flow Test* (ASTM C 1611);
- Massa específica do concreto (ABNT NBR 9833); Essa norma prescreve o método de ensaio para determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar do concreto fresco pelo método gravimétrico.
- Rompimento do corpo de prova (ABNT NBR 5739); Essa norma prescreve um método de ensaio pelo qual devem ser ensaiados à compressão os corpos-de-prova cilíndricos de concreto.

Acompanhados os rompimentos dos corpos de prova, a desforma é liberada apenas se a resistência for igual ou superior ao determinado pela ABNT NBR 6118 (2003).

A NBR 16055 (ABNT, 2012) ainda estabelece que deve haver um controle tecnológico rigoroso referente à resistência à compressão para a desforma, resistência à compressão aos 28 dias, a trabalhabilidade, que é medida por meio do abatimento (*slump test*), espalhamento (*flow test*), e a classe de agressividade ao qual a estrutura está situada. Os corpos de provas são moldados, armazenados e identificados de forma a garantir que seu rompimento seja preciso, conforme Figura 34.

Figura 34 - Execução de corpo de provas



Fonte: UGRGS, 2012.

Outro fator importante é o tempo decorrido para o transporte do material. O ideal é que ele ocorra em um caminhão betoneira. É imprescindível que o tempo gasto desde o início da mistura, que é considerado a partir da adição de água até a entrega na obra, seja estipulado corretamente para que não ocorra adensamento do concreto após o início da pega do concreto. O tempo ideal deve ser inferior a 90 minutos, não podendo ultrapassar 150 minutos (MISURELLI & MASSUDA, 2009).

No decorrer do lançamento, o concreto deve ser vibrado com equipamento adequado para garantir a tratabilidade. O processo de adensamento deve ser minucioso para que a mistura preencha todos os espaços das formas evitando a formação de ninhos ou segregações, deve-se também acompanhar o enchimento da forma por meio de leves batidas com o martelo de borracha nos painéis (TECNOSIL, 2018).

Ainda de acordo com a Comunidade da Construção (2018), durante a cura do concreto ele deve ser protegido contra agentes que lhe são prejudiciais. A ABNT NBR 12645 especifica que a cura do concreto deve ser sempre executada, e que o seu início deve ocorrer logo após a desforma, evitando assim a secagem prematura do concreto. Quanto mais cedo for feita a cura, menor a possibilidade de surgirem fissuras superficiais, principalmente na laje.

Figura 35 - Concretagem



Fonte: Próprias autoras, 2021.

4.2.7 Desforma

O processo consiste na retirada das estruturas provisórias e deve ser feito após o concreto atingir a resistência prevista no projeto sem o impacto, evitando que surjam fissuras. Durante a desmontagem, os painéis devem ser posicionados ao lado da próxima habitação a ser executada. Para garantir a vida útil do concreto é fundamental que haja a limpeza completa da forma removendo todas as partículas que estão aderidas no molde (MISURELLI & MASSUDA, 2009)

Figura 36 - Desforma da edificação



Fonte: Próprias autoras, 2021.

5 METODOLOGIA

A pesquisa utilizada neste trabalho possui fundamentação teoria bibliográfica, qualitativa, apresentando estudo de caso quantitativo de viabilidade econômica, pois tem como base projetos arquitetônicos de habitação de interesse social, executadas a partir de dois sistemas tradicionais de construção: industrial e racionalizado, correspondentes a painéis pré-moldados *in loco* e alvenaria estrutural de vedação em blocos de concreto. Adiante, será apresentado a seguir uma comparação prática referente a análise do custo de cada implantação de sistema construtivo proposto.

O alvo deste estudo tem como parâmetro a comparação de custo, material aplicado, mão de obra e tempo de execução entre as estruturas de alvenaria estrutural e paredes de concreto. Para que fosse possível realizar esse comparativo, além das vastas pesquisas bibliográficas, tendo como objetivo principal qualificar, definir e detalhar, utilizou-se o orçamento analítico referente a cada empreendimento e mapa de cotação de mercado, afim de obter o custo mais próximo da realidade de execução.

No projeto objeto de estudo, foi realizado uma análise dos valores de custo, priorizando a viabilidade econômica de implantação dos métodos construtivos propostos de dois projetos habitacionais de interesse social semelhantes, considerando somente as áreas construídas de paredes das estruturas de painel pré-moldado e alvenaria estrutural em blocos de concreto. Não serão analisados os serviços complementares, tais como: instalações hidrossanitárias, elétricas, impermeabilizações, acabamentos, coberturas, entre outros, como apresentado no tópico de apresentação do objeto de estudo.

5.1 PARAMETROS DE COMPARAÇÃO.

Com o objetivo de obter clareza sobre os fatores que influenciam de forma positiva ou negativa a construção, vale salientar uma comparação entre os métodos construtivos em parede de concreto pré-moldado *in loco* e alvenaria estrutural de blocos de concreto. Desse modo, destacam-se três fatores importantes que foram avaliados: os custos de materiais, mão de obra e velocidade de execução, além da produtividade. Nesse estudo, não será considerado os valores da tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (Sinapi), utilizando-se apenas o orçamento analítico de cada empreendimento e mapas de cotação de mercado, a fim de obter o custo real executado durante a construção.

5.2 OBJETO DE ESTUDO.

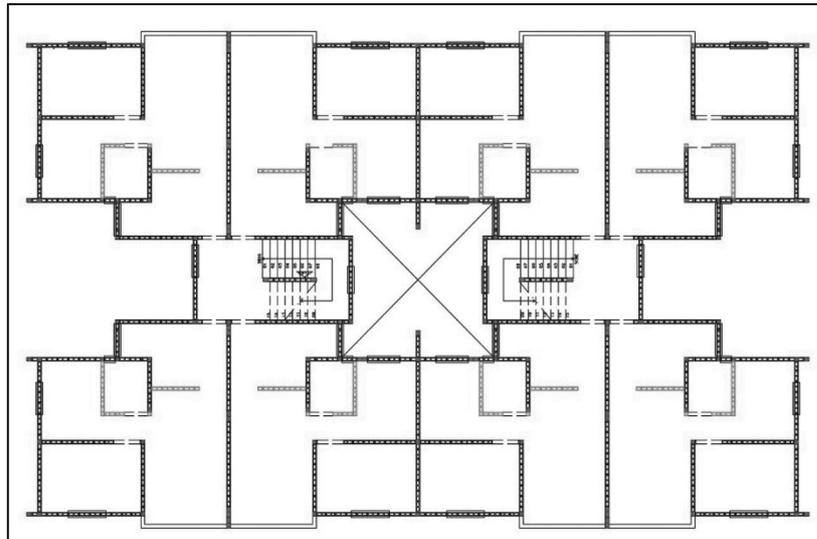
No estudo para a comparação dos dois métodos construtivos de alvenaria estrutural e parede de painel pré-moldado *in loco*, foram utilizados dois projetos semelhantes de habitação social: apartamento tipo I, executado a partir do sistema construtivo de alvenaria estrutural em blocos de concreto, referente a empresa I; e apartamento tipo II, realizado a partir do sistema construtivo de paredes pré-moldadas *in loco*, referente a empresa II, os quais tem como resultado final o mesmo produto. Como mencionado acima, não serão considerados as instalações prediais, acabamentos, impermeabilizações e demais serviços complementares, sendo levando em conta apenas os custos da área de paredes construídas.

5.2.1 PROJETOS

Os projetos que foram utilizados para o estudo dos métodos construtivos de alvenaria estrutural em blocos de concreto e paredes de painel pré-moldado *in loco*, apresentado nas Figuras a seguir, possuem as seguintes características:

Projeto I:

- Pavimento tipo 1 com 432,43 m² de área construída;
- Edificação constituída por 4 pavimentos, sendo o primeiro o térreo e mais 3 pavimentos.
- Cada pavimento contém 4 apartamentos do tipo 1, com 2 quartos, 1 banheiro social, uma sala conjugada com cozinha, área de serviço, totalizando 49,78 m² cada apartamento;
- Área de alvenaria por pavimento é de 393,56 m²
- Área total de alvenaria da edificação é de 1574,24 m², já sendo considerado o desconto dos vãos para a instalação das esquadrias.

Figura 37 - Pavimento tipo I

Fonte: Empresa I, 2021.

Figura 38 - Pavimento tipo I

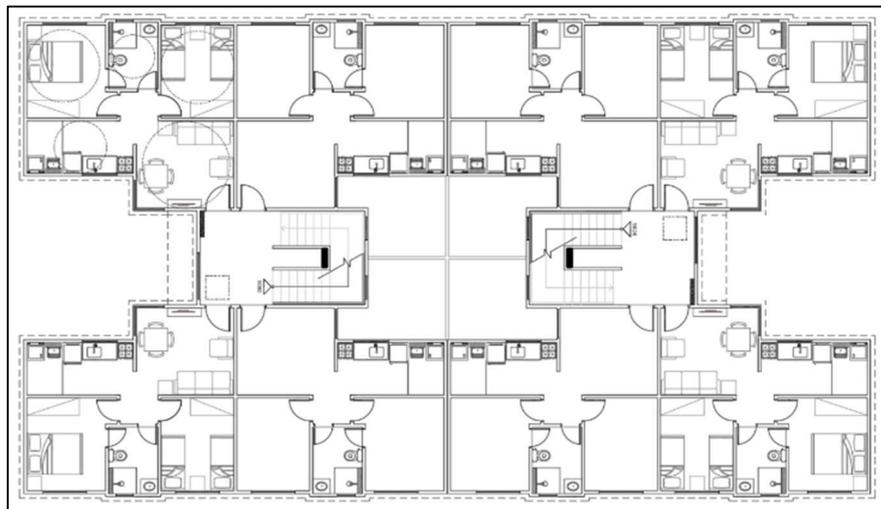
Fonte: Empresa I, 2021.

Projeto II:

- Pavimento tipo 1 com 380,10 m² de área construída;
- Edificação constituída por 4 pavimentos, sendo o primeiro o térreo e mais 3 pavimentos.

- Cada pavimento contém 4 apartamentos tipo 1, com 2 quartos, 1 banheiro social, uma sala conjugada com cozinha, área de serviço, totalizando 42,81 m² cada apartamento;
- Área de parede por pavimento é de 1154,12 m²
- Área total de parede da edificação é de 4816,96 m², já sendo considerado o desconto dos vãos para instalação das esquadrias.

Figura 39 - Pavimento tipo II



Fonte: Empresa II, 2021

Figura 40 - Apartamento tipo II



Fonte: Empresa II, 2021

Tendo como base as informações acima, em conjunto com os projetos de plantas baixas apresentadas nas Figuras 37, 38, 39 e 40, tem-se como estudo de caso dois edifícios similares, construídos em 4 pavimentos. A partir disso, foram elaboradas planilhas orçamentarias, onde se relaciona os itens necessários para confecção destes dois edifícios utilizando-se: argamassa, graute, concreto, aço, entre outros custos referentes a cada tipo de sistema de construção.

Para o desenvolvimento dessas tabelas orçamentarias foram utilizados como base os orçamentos analíticos de projetos disponibilizados pelas empresas I e II, fornecendo o quantitativo de consumo real de cada insumo para a construção de uma torre.

Os valores para o orçamento foram adquiridos por meio da média aritmética dos mapas de cotação, cotados três fornecedores diferentes, a fim de encontrar uma relação de valores aceitável, sem que fossem considerados os valores mais baixos ou mais altos encontrados no mercado.

6 RESULTADOS

6.1 CUSTO DO PAINEL PRÉ-MOLDADO

No estudo desse método construtivo foram considerados para a análise do empreendimento o custo de aquisição e locação da forma de alumínio de acordo com a tipologia usado pela empresa II, conforme o projeto apresentado na Figura 39, assim também como custos da forma e custos com a mão de obra, bem como a quantidade de funcionários necessários para a execução dos métodos de construção, incluindo todos os gastos gerais necessários apenas para a execução da parede de concreto moldada *in loco*.

6.2 CUSTO E COMPOSIÇÃO DA FÔRMA

A fabricação das fôrmas metálicas é totalmente executada a partir de aço de alta resistência, necessário para que suporte todas as pressões do lançamento de concreto até que este adquira a resistência suficiente para a desforma. Além disso, o “Kit forma” acompanha todos os acessórios necessários para o travamento das chapas, impedindo que o concreto escoe entre suas faces durante o seu lançamento e mantenha rigorosamente a geometria de suas peças, sendo eles: pinos, cunhas e peça de travamento. O conjunto desses elementos resulta em uma estrutura que resiste a impactos e pressões causadas na concretagem, sem que haja grandes danos em seu esqueleto (SANTOS, 2019).

De acordo com levantamento feito através dos projetos e com auxílio do Engenheiro Civil Nelson Eduardo, responsável pelo setor de formas de alumínio da empresa II, foi analisado que é necessário 700 m² de forma de alumínio para contemplar a execução da estrutura, juntamente com 200 m² para a execução da platibanda. A forma é capaz de concretar 2 apartamentos “tipo” por concretagem, com um ciclo de 4 concretagens por semana, totalizando 8 apartamentos. Mantendo o ciclo constante, a velocidade de execução de uma torre com 32 apartamentos é de 4 semanas, ou seja, 16 dias úteis trabalhados, tendo um acréscimo de aproximadamente 6 dias para a concretagem da platibanda, não havendo muita variação no tempo de acordo com o modelo estipulado.

O orçamento para aquisição do Kit é de R\$ 1.500,00 por m² para painéis que compõem a parede e laje, incluindo o conjunto de segurança obrigatório normatizado pela articulação de normativas da NR 18, que cita os meios de segurança contra queda de itens; a NR 35, que cita sobre o trabalho em altura; e a NBR 16325, que trata da utilização da linha de vida. Já o

orçamento para a aquisição dos painéis que compõem a platibanda é de R\$ 1.300,00 por m². Todo o kit gera um custo total de R\$ 1.310.000,00, conforme quadro abaixo.

Tabela 5 – Custo de aquisição de fôrma de alumínio

PREVISÃO DE CUSTO PARA AQUISIÇÃO DA FÔRMA DE ALUMÍNIO			
ESTRUTURA	M² DE FÔRMA	VALOR (M²)	VALOR TOTAL
Paredes e laje (incluso conjunto de segurança)	700	R\$ 1.500,00	R\$ 1.050.000,00
Platibanda	200	R\$ 1.300,00	R\$ 260.000,00
TOTAL			R\$ 1.310.000,00

Fonte: Próprias autoras, 2021.

Vale ressaltar que mesmo com o elevado custo, a forma é funcional, suportando até 1000 repetições, o que resulta aproximadamente em 31 torres idênticas ao projeto citado, totalizando mais de 1.024 apartamentos. Tal resultado ainda pode ser otimizado caso haja o manuseio correto dos painéis de acordo com orientação do fabricante, incluindo o armazenamento e limpeza das peças após cada concretagem.

Já o custo mensal de locação se dá pela seguinte maneira: R\$ 90,00 por m² dos painéis que compõem as paredes e laje totalizando R\$ 63.000,00, mais R\$ 17.000 para a locação do conjunto de segurança. Para os locação para 6 meses da forma totaliza um valor de R\$ 596.890,00, conforme quadro abaixo.

Tabela 6 – Custo locação de fôrma de alumínio para uma torre

PREVISÃO DE CUSTO PARA LOCAÇÃO DA FÔRMA DE ALUMÍNIO				
ESTRUTURA	QTD	UND	VALOR (M²)	VALOR TOTAL
Paredes e laje	700	m ²	R\$ 90,00	R\$ 63.000,00
Platibanda	200	m ²	R\$ 94,00	R\$ 18.800,00
Conjunto de segurança	1	cj	R\$ 17.000,00	R\$ 17.000,00
SUBTOTAL				R\$ 98.800,00
Tempo mínimo de locação	6	mês	R\$ 98.800,00	R\$ 592.800,00
Indenização	5	%	R\$ 4.090,00	R\$ 4.090,00
TOTAL				R\$ 596.890,00

Fonte: Próprias autoras, 2021.

Nos levantamentos acima não foi considerado o custo com frete, já que esse é variável de acordo com a distância da fábrica, local de locação ou canteiro de obras onde será utilizado as peças.

O cuidado com a forma é um índice significativo para a sua durabilidade, por isso a aplicação de desmoldante, além de garantir um melhor acabamento da superfície das paredes após a desforma, auxilia na prevenção da deterioração das chapas e a presença de resíduos de concreto em sua estrutura. Para a forma descrita acima e de acordo com estudo sobre o empreendimento, é recomendado 1.120 litros de desmoldante por torre de 32 apartamentos, incluindo a platibanda, o que acarretaria um custo de em média R\$ 13.440,00, considerando o custo médio por litro de R\$ 12,00 de acordo com orçamento realizado.

6.3 CUSTO DA MÃO DE OBRA

Para a realização desse estudo de caso, será utilizado como referência o orçamento analítico (orçado x executado) da obra, juntamente com as referências de preços e custos obtidos a partir de mapas de cotação com fornecedores variados no mercado da construção civil.

Para a execução do projeto considerando o ciclo de concretagem mensal é necessária uma equipe de 22 funcionários, sendo eles 14 montadores, 3 armadores, 2 eletricitas, 2 ajudantes para montagem do conjunto de segurança e 1 encarregado geral da equipe.

O ciclo de concretagens das paredes pode ser interrompido por diversos fatores externos, a exemplo de intemperismos químicos, sejam eles causados pela ação da chuva ou pela ação ventos. Outro fator que vale salientar é a rigidez do concreto, visto que se ele não atingir a resistência necessária para a desforma, causará transtorno para processo da obra. Em adição, a completude da equipe é fundamental para o desenvolvimento efetivo das etapas construtivas da edificação, posto que na ausência de determinadas funções, como a de montadores ou eletricitas, há um atraso no tempo de execução. No presente estudo foi estipulado 1 mês para se executar a torre completa, chegando aos custos com a mão de obra de acordo com Tabela 7.

Tabela 7 – Custo de mão de obra para paredes de concreto pré-moldado para uma torre

SERVIÇO PRESTADO	QTD	UND	VALOR UNITÁRIO (APT)	VALOR TOTAL (01 TORRE)
Mão-de-obra empreitada para execução de montagem de telas para parede de concreto (incluindo parede, laje e reforços)	32	serv/uh	R\$ 650,00	R\$ 20.800,00
Mão-de-obra empreitada para execução de montagem de telas para platibanda (incluindo reforços)	1	serv/torre	R\$ 1.600,00	R\$ 1.600,00
Mão-de-obra empreitada para execução de marcação de parede de concreto	32	serv/uh	R\$ 140,00	R\$ 4.480,00
Mão-de-obra empreitada para montagem e desmontagem de fôrma de parede de concreto	32	serv/uh	R\$ 3.000,00	R\$ 96.000,00
Mão-de-obra empreitada para montagem de plataforma de segurança	32	serv/uh	R\$ 500,00	R\$ 16.000,00
Empreitada de instalações elétricas (etapa: tubulação elétrica de paredes com caixa)	32	serv/uh	R\$ 300,00	R\$ 9.600,00
TOTAL			R\$ 6.190,00	R\$148.480,00

Fonte: Próprias autoras, 2021.

A mão de obra é um dos fatores que mais afeta no custo total da obra. Em razão disso é recomendável trabalhar com empreitas terceirizadas com conhecimento técnico na área, para que se obtenha uma maior agilidade na execução do processo construtivo, logo alcançando a produtividade prevista para esse método. Além disso, profissionais desse âmbito tendem a manter o ciclo de produtividade constante, compensando atrasos, visto que recebem por produção e não por diária.

6.4 CUSTO DOS INSUMOS GERAIS

O método construtivo de paredes pré-moldadas *in loco*, além da mão de obra, conta com insumos indispensáveis para sua execução, a exemplo disso temos aço e concreto que são materiais com alto índice consumo e custo nos orçamentos desse tipo de método construtivo.

O aço é subdividido entre as barras de aços ou popularmente chamadas como aço de reforço da estrutura e telas soldadas, que compõem as paredes e sustentam os acessórios elétricos e hidráulicos. De acordo com orçamento e levantamento realizado, o consumo de aço para 1 torre de 32 apartamentos segue levantamento conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Custo com aços para parede de concreto pré-moldada para uma torre

MATERIAL	QTD	UND	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Barra de aço ca-50 1/4" (bitola: 6,30 mm / massa linear: 0,245 kg/m)	184,80	kg	R\$ 7,05	R\$ 1.302,84
Barra de aço ca-50 3/8" (bitola: 10,00 mm / massa linear: 0,617 kg/m)	1.416,80	kg	R\$ 6,85	R\$ 9.705,08
Barra de aço ca-50 5/16" (bitola: 8,00 mm / massa linear: 0,395 kg/m)	4.240,50	kg	R\$ 7,05	R\$ 29.895,525
Tela de aço ca-60 soldada tipo q-92 (diâmetro do fio: 4,20 mm / dimensões da trama: 150 x 150 mm / tipo da malha: quadrangular)	11.406,17	kg	R\$ 10,19	R\$ 116.228,87
Tela de aço ca-60 soldada tipo q-159 (diâmetro do fio: 4,20 mm / dimensões da trama: 150 x 150 mm / tipo da malha: quadrangular)	4.351,71	kg	R\$ 10,19	R\$ 44.343,92
TOTAL				R\$ 201.476,24

Fonte: Próprias autoras, 2021.

O concreto utilizado segue a NBR 6118 (ABNT, 2003), sendo um concreto autoadensável com brita 0 com aditivo *Flow – Slump* 100/700 +-50 mm e resistência de 25 MPa; uma torre consome de acordo com estudo realizado na obra 490 m³ de concreto, sendo gasto uma quantidade de 33 m³ para os apartamentos com hall; 34 m³ para o apartamento com hall da quarta laje; e 28 m³ para os apartamentos sem hall. Gerando um custo de R\$ 192.080,00 por torre, conforme apresentado no Tabela 9.

Tabela 9 – Custo com concreto para paredes pré-moldadas de concreto para uma torre

MATERIAL	QTD	UNID	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Taxa de bombeamento de concreto	490	m ³	R\$ 35,00	R\$ 17.150,00
Concreto autoadensável com brita 0 com aditivo <i>flow – slump</i> 100/700 +-50 mm (resistência: 25 Mpa)	490	m ³	R\$ 357,00	R\$ 174.930,00
TOTAL				R\$ 192.080,00

Fonte: Próprias autoras, 2021.

Para finalização do custo total para execução das paredes de concreto é adicionado os demais insumos de menor impacto orçamental, sendo eles: os espaçadores, protetores de presilha, isopor e outros mais, somando um custo total de R\$ 15.936,68, conforme Tabela 10.

Tabela 10 – Custo com insumos complementares para execução das paredes de concreto para uma torre

MATERIAL	QTD	UNID	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Espaçador tipo gabarito posicionador de formas GP 10	3.200	UND	R\$ 0,27	R\$ 864,00
Espaçador circular s40	3.200	UND	R\$ 0,21	R\$ 672,00
Espaçador plástico posicionador de tubulação PT	4.800	UND	R\$ 0,10	R\$ 480,00
Espaçador plástico ETP 20-6	8.000	UND	R\$ 0,11	R\$ 880,00
Espaçador para caixa de passagem 4x2 para paredes em concreto 10 cm de espessura	3.648	UND	R\$ 0,46	R\$ 1.678,08
Protetor de presilha tubo EPE 3mm x 110 mm	18.000	UND	R\$ 0,14	R\$ 2.520,00
Fibra de polipropileno	348	kg	R\$ 14,04	R\$ 4.885,92
Isopor em placas para junta de dilatação	124	m ²	R\$ 19,57	R\$ 2.426,68
Cura química	180	kg	R\$ 8,50	R\$ 1.530,00
TOTAL				R\$15.936,68

Fonte: Próprias autoras, 2021.

6.5 CUSTO TOTAL DA ESTRUTURA

Os custos para execução do método têm variação de acordo com a aquisição ou locação da forma, como apresentado abaixo no levantamento estipulado dos custos totais, considerando a locação semestral da forma em comparação com a aquisição do kit dos painéis metálicos.

Tabela 11 – Custo total da estrutura: Locação dos painéis metálicos para uma torre

ESPECIFICAÇÃO	VALOR POR APT	VALOR POR TORRE
Locação da fôrma (06 meses)	R\$ 18.952,81	R\$ 596.890,00
Mão de obra	R\$ 4.640,00	R\$ 148.480,00
Insumos em geral	R\$ 13.216,56	R\$ 422.929,92
Total	R\$ 36.809,37	R\$ 1.168.299,92

Fonte: Próprias autoras, 2021.

Tabela 12 - Custo total da estrutura: Aquisição dos painéis metálicos para uma torre

ESPECIFICAÇÃO	VALOR POR APT	VALOR POR TORRE
Aquisição da fôrma (06 meses)	R\$ 40.937,50	R\$ 1.310.000,00
Mão de obra	R\$ 4.640,00	R\$ 148.480,00
Insumos em geral	R\$ 13.216,56	R\$ 422.929,92
TOTAL	R\$ 58.794,06	R\$ 1.881.409,92

Fonte: Próprias autoras, 2021.

6.6 CUSTO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Para o estudo desse método construtivo serão aplicados dados obtidos através do orçamento analítico, referentes aos custos totais necessários para a execução de uma torre em alvenaria estrutural em blocos de concreto, levando em conta acordo com a tipologia empregada pela empresa I. Conforme projeto apresentado acima na Figura 38, será considerado todo o custo com insumos que compõem a estrutura e mão de obra necessários apenas para a execução das paredes.

6.7 CUSTO COM QUANTIDADE DE UNIDADES

Na execução da estrutura do sistema de alvenaria estrutural, foi empregado blocos e canaletas de concreto estrutural, de dimensões e resistências variadas especificadas perante a NBR 15961 – 2011, a qual prescreve os requisitos mínimos exigidos para o projeto de estruturas de alvenaria de blocos de concreto, a fim de garantir uma estrutura rígida que resista aos esforços aplicados.

Nessa tipologia, o consumo mais abundante se dá pelo bloco de concreto estrutural 8 Mpa de dimensões 14x19x34 cm e o bloco de concreto estrutural 10 MPa com dimensões de 14x19x34 cm e também por canaletas concreto estrutural de dimensões de 14 X 19 X 39 cm *fbk* 4,5 MPa, além do consumo de canaletas variadas. Os itens considerados nesses estudos são fabricados de acordo com as especificações descritas pela NBR 6136:2014.

O levantamento quantitativo estimado considera a área total da alvenaria, já descontando os vãos das esquadrias e vigas superiores, totalizando um consumo de R\$ 755.295,90 com blocos de concreto, como demonstrado no Tabela 13, e um consumo de canaletas de R\$ 71.680,80, como apresentado na Tabela 14.

Tabela 13 - Consumo de bloco de concreto para alvenaria estrutural

MATERIAL	UND	QTD	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Bloco de concreto estrutural 8 Mpa 14 x 19 x 34 cm	UND	4.198	R\$3,85	R\$16.162,30
Bloco de concreto estrutural 10 Mpa 14 x 19 x 34 cm	UND	4.182	R\$4,80	R\$20.073,60
Bloco de concreto estrutural 6 Mpa 14 x 19 x 34 cm	UND	2.099	R\$3,30	R\$6.926,70
Bloco de concreto estrutural 8 Mpa 14 x 19 x 19 cm	UND	1.572	R\$2,90	R\$4.558,80
Bloco de concreto estrutural 10 Mpa 14 x 19 x 19 cm	UND	1.532	R\$3,45	R\$5.285,40
Bloco de concreto estrutural 6 Mpa 14 x 19 x 19 cm	UND	786	R\$2,40	R\$1.886,40
Bloco de concreto estrutural 4,5 Mpa 14 x 19x 54 cm	UND	500	R\$6,00	R\$3.000,00
Bloco de concreto estrutural 8 Mpa 14 x 19 x 54 cm	UND	462	R\$9,05	R\$4.181,10
Bloco de concreto estrutural 10 Mpa 14 x 19 x 54 cm	UND	451	R\$10,80	R\$4.870,80
Bloco de concreto estrutural 4,5 Mpa 19 x 19 x 19 cm	UND	362	R\$3,00	R\$1.086,00
Bloco de concreto estrutural 6 Mpa 14 x 19 x 54 cm	UND	231	R\$6,00	R\$1.386,00
Meio bloco concreto estrutural 14 x 19 x 19 cm, <i>fbk</i> 4,5 Mpa (NBR 6136)	UND	1.704	R\$3,45	R\$5.878,80
Total				R\$75.295,90

Fonte: Próprias autoras, 2021

Tabela 14 - Consumo de canaleta de concreto para alvenaria estrutural

MATERIAL	UND	QTD	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Canaleta concreto estrutural 14 x 19 x 39 cm, <i>fbk</i> 4,5 MPa (NBR 6136)	UND	2.602	R\$3,45	R\$8.976,90
Canaleta concreto estrutural 14 x 19 x 39 cm, <i>fbk</i> 8 MPa	UND	2.260	R\$5,50	R\$12.430,00
Canaleta concreto estrutural 14 x 19 x 19 x 28 cm, <i>fbk</i> = 10 MPa	UND	2.236	R\$6,60	R\$14.757,60
Canaleta concreto estrutural 14 x 19 x 19 x 28 cm, <i>fbk</i> = 8 MPa	UND	2.236	R\$3,10	R\$6.931,60
Canaleta concreto estrutural 14 x 19 x 19 x 28 cm, <i>fbk</i> = 4,5 MPa	UND	2.236	R\$3,00	R\$6.708,00
Canaleta concreto estrutural 14 x 19 x 39 cm, <i>fbk</i> = 10 MPa	UND	2.069	R\$6,60	R\$13.655,40
Canaleta concreto estrutural 14 x 19 x 39 cm, <i>fbk</i> = 6 MPa	UND	1.130	R\$2,50	R\$2.825,00
Caneleta tipo J estrutural 14 x 19 x 39 x 28 cm, <i>fbk</i> = 6 MPa	UND	1.118	R\$2,50	R\$2.795,00
Meia canaleta concreto estrutural 14 x 19 x 19 cm, <i>fbk</i> 4,5 MPa (NBR 6136)	UND	202	R\$3,00	R\$606,00
Canaleta de concreto estrutural 10 MPa 14 x 19 x 19 cm	UND	185	R\$6,60	R\$1.221,00
Canaleta de concreto estrutural 08 MPa 14 x 19 x 19 cm	UND	178	R\$3,10	R\$551,80
Canaleta de concreto estrutural 06 MPa 14 x 19 x 19 cm	UND	89	R\$2,50	R\$222,50
TOTAL				R\$71.680,80

Fonte: Próprias autoras, 2021.

6.8 CUSTO COM CONCRETO

Ao considerar o levantamento quantitativo em relação ao consumo concreto para as paredes de alvenaria estrutural, entre eles as argamassas, emboços, chapiscos, graute utilizados, foi levado em consideração os todos componentes para sua preparação, sendo eles: cimento, água e agregados miúdos, obtendo um resultado final a soma de R\$ 52.127,08, como apresentado na Tabela 15, relacionando a quantidade total consumida com o preço unitário.

Tabela 15 - Consumo de concreto para a alvenaria

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Emboço ou massa única em argamassa	m ²	946,14	R\$12,58	R\$11.902,44
Chapisco aplicado em alvenaria	m ²	946,14	R\$1,70	R\$1.608,44
Grauteamento vertical em alvenaria estrutural, $f_{ck} = 15$ Mpa, com aditivo plastificante.	m ³	70,04	R\$405,00	R\$28.366,20
Grauteamento vertical em alvenaria estrutural, $f_{ck} = 20$ Mpa, com aditivo plastificante.	m ³	25	R\$410,00	R\$10.250,00
TOTAL				R\$52.127,08

Fonte: Próprias autoras, 2021.

6.9 CUSTO COM MÃO DE OBRA

O custo com a mão de obra foi levantado por meio do orçamento analítico do empreendimento, bem como a quantidade real de funcionários para a execução de uma torre, tendo em vista que a concretagem leva em média oito semanas para sua conclusão e mais uma semana para execução da platibanda, ou seja, para a obtenção do resultado final temos, em média, um tempo de obra de dois meses e uma semana para a construção do esqueleto da estrutura. Considerando as horas de acordo com o a necessidade do empregado na atuação da execução somente da alvenaria, contando o dia com 8 horas trabalhadas, sendo 40 horas semanais, chegamos a um custo total de R\$ 382.694,24, conforme apresentado na Tabela 16.

Tabela 16 - Custo de mão de obra para alvenaria estrutural

DESCRIÇÃO	UND	QTD	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Pedreiro com encargos complementares	h	18.056,64	7,38	133.258,00
Servente com encargos complementares	h	18.056,64	5,56	100.394,92
Operador de Betoneira	vb	13088,65	7,57	99.081,08
Eletricista com encargos complementares	h	1.540,55	8,08	12.447,64
Carpinteiro de formas com encargos complementares	h	1.296,06	9,11	11.807,11
Armador com encargos complementares	h	788,2	8,08	6.368,66
Ajudante de carpinteiro com encargos complementares	h	618	5,56	3.436,08
Auxiliar de eletricista com encargos complementares	h	1540,55	5,56	8.565,46
Empreiteiro de armação	vb	1.737,00	1,7	2.952,90
Ajudante de armador com encargos complementares	h	788,2	5,56	4.382,39
TOTAL				RS 392.117,53

Fonte: Próprias autoras, 2021.

6.10 CUSTO COM AÇO

Nos custos gerais estarão inclusos o quantitativo de aço necessário para execução da estrutura que compõe as paredes em alvenaria, sendo as armações de pilares e vigas. O Catálogo Construção Civil disponibilizado pela GERDAU dita que as barras de aço são fabricadas de acordo com a ABNT NBR 7480:2007, a qual prescreve os requisitos exigidos para a encomenda, fabricação e fornecimento de barras e fios de aço, ao quais são destinadas as armaduras para estruturas de concreto armado, com ou sem revestimento superficial (GERDAU, 2019).

O custo total de aço para execução da edificação, sendo desconsiderado a laje apresentada abaixo, resulta no somatório total de R\$ 58.955,90, conforme levantamento apresentado na Tabela 17.

Tabela 17 - Consumo de aço para alvenaria estrutural

MATERIAL	UND	QDT	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Barra de aço ca-50 1/2" (bitola: 12,50 mm / massa linear: 0,963 kg/m)	kg	2.945	R\$8,45	R\$24.885,25
Barra de aço ca-50 1/4" (bitola: 6,30 mm / massa linear: 0,245 kg/m)	kg	1.232	R\$7,05	R\$8.685,60
Barra de aço ca-50 5/16" (bitola: 8,00 mm / massa linear: 0,395 kg/m)	kg	1.149	R\$7,05	R\$8.100,45
Barra de aço ca-50 5/8" (bitola: 20,00 mm / massa linear: 2,466 kg/m)	kg	636	R\$7,89	R\$5.018,04
Barra de aço ca-50 5/8" (bitola: 16,00 mm / massa linear: 1,578 kg/m)	kg	641	R\$8,16	R\$5.230,56
Barra de aço ca-50 3/8" (bitola: 10,00 mm / massa linear: 0,617 kg/m)	kg	460	R\$6,85	R\$3.151,00
Barra de aço ca-60 (bitola: 5,00 mm / massa linear: 0,154 kg/m)	kg	190	R\$11,97	R\$2.274,30
Barra de aço ca-50 1" (bitola: 25,0 mm / massa linear: 3,853 kg/m)	kg	195	R\$8,26	R\$1.610,70
TOTAL				R\$58.955,90

Fonte: Próprias autoras, 2021.

6.11 CUSTO DA LAJE

A estrutura de laje utilizada para execução do projeto é a laje protendida, essa conhecida pela armadura ativa, a qual o aço passa pelo processo de protensão. Comparando com as lajes de uso convencional, as lajes protendidas se caracterizam pelas estruturas mais esbeltas em relação às convencionais e por suportar vãos maiores entre os apoios (BONAFÉ, 2020).

O gasto geral envolvendo todo o processo da laje utilizada no empreendimento resultou em um custo de R\$ 43.860,48, incluindo a concretagem, armação e o custo com montagem e desmontagem da forma da laje maciça e o contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia).

Tabela 18 - Custo da laje protendida para uma torre

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Concreto dosado em central auto adensável brita 0 com aditivo <i>flow - slump</i> 60+-5 cm (resistência: 25 Mpa)	m ³	23,1	R\$382,88	R\$8.844,53
Barra de aço ca-50 5/16" (bitola: 8,00 mm / massa linear: 0,395 kg/m)	kg	717	R\$7,05	R\$5.054,85
Concreto dosado em central convencional brita 0 (resistência: 30 Mpa)	m ³	9,62	R\$391,80	R\$3.769,12
Montagem e desmontagem de fôrma de laje com área média menor ou igual a 20 m ² , pé-direito simples, em chapa de madeira compensada plastificada	m ²	91,78	R\$21,65	R\$1.987,04
Barra de aço ca-50 1/4" (bitola: 6,30 mm / massa linear: 0,245 kg/m)	kg	205	R\$7,05	R\$1.445,25
Micro concreto intermediário para revestimento	m ²	81,04	R\$280,00	R\$22.691,20
Barra de aço ca-50 3/8" (bitola: 10,00 mm / massa linear: 0,617 kg/m)	kg	10	R\$6,85	R\$68,50
TOTAL				R\$ 43.860,48

Fonte: Próprias autoras, 2021.

6.12 CUSTO TOTAL DA ESTRUTURA

Analisando todos os custos, tem-se o valor total da estrutura, conforme Tabela 19 de custo total.

Tabela 19 - Custo total da estrutura de alvenaria estrutural para uma torre

ESPECIFICAÇÃO	VALOR POR APARTAMENTO	VALOR POR TORRE
Insumos de concreto	R\$ 2.822,42	R\$ 146.976,70
Argamassa e graute	R\$ 983,40	R\$ 52.127,08
Mão de obra	R\$ 5.847,94	R\$ 392.117,53
Aço	R\$ 1.087,74	R\$ 58.955,90
Laje	R\$ 24.187,67	R\$ 214.756,50
Total	R\$ 34.929,17	R\$ 864.933,71

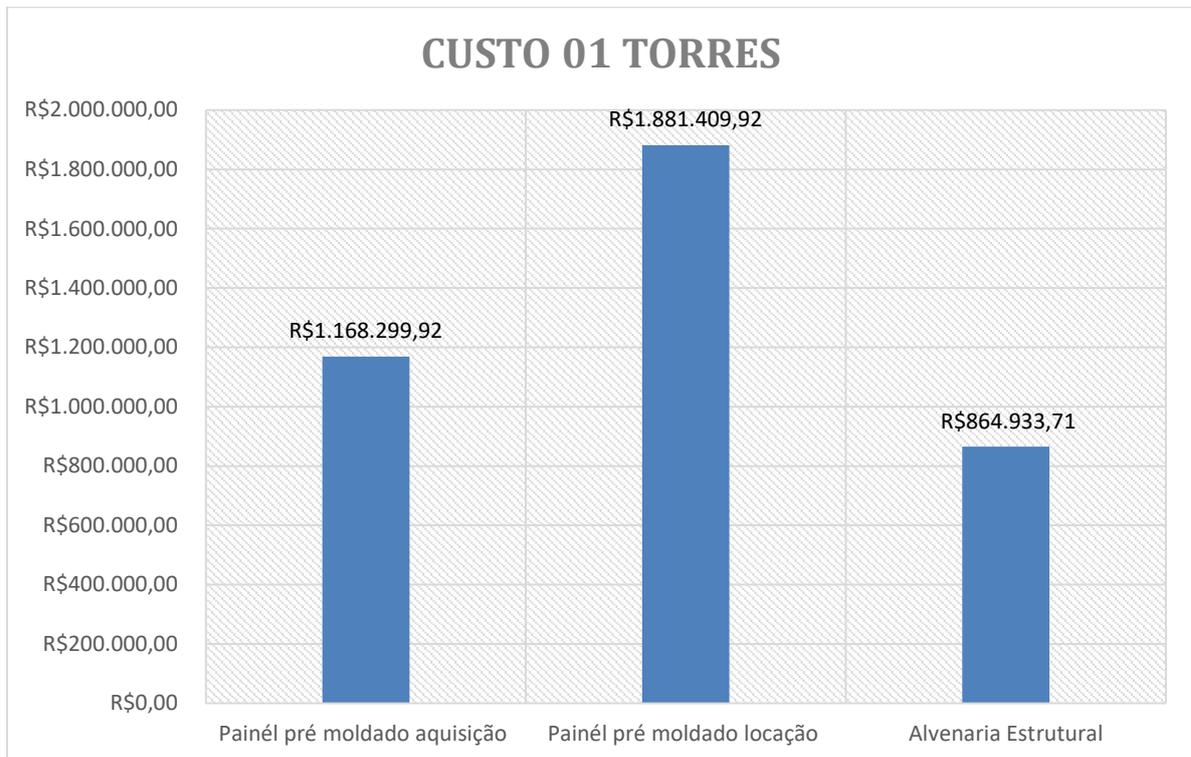
Fonte: Próprias autoras, 2021.

7 ANÁLISE DE COMPARAÇÃO

Neste tópico iremos efetuar a análise do custo total para a execução dos dois métodos construtivos citados acima, considerando apenas o custo no que se refere área total das paredes de alvenaria estrutural e painel pré-moldado, levando em conta tanto a aquisição quanto a locação da forma.

A comparação foi feita considerando execução de uma torre conforme o projeto citado acima e a execução de um condomínio fechado com doze torres idênticas de cada um dos sistemas construtivos, a fim de se obter resultados a curto e a longo prazo.

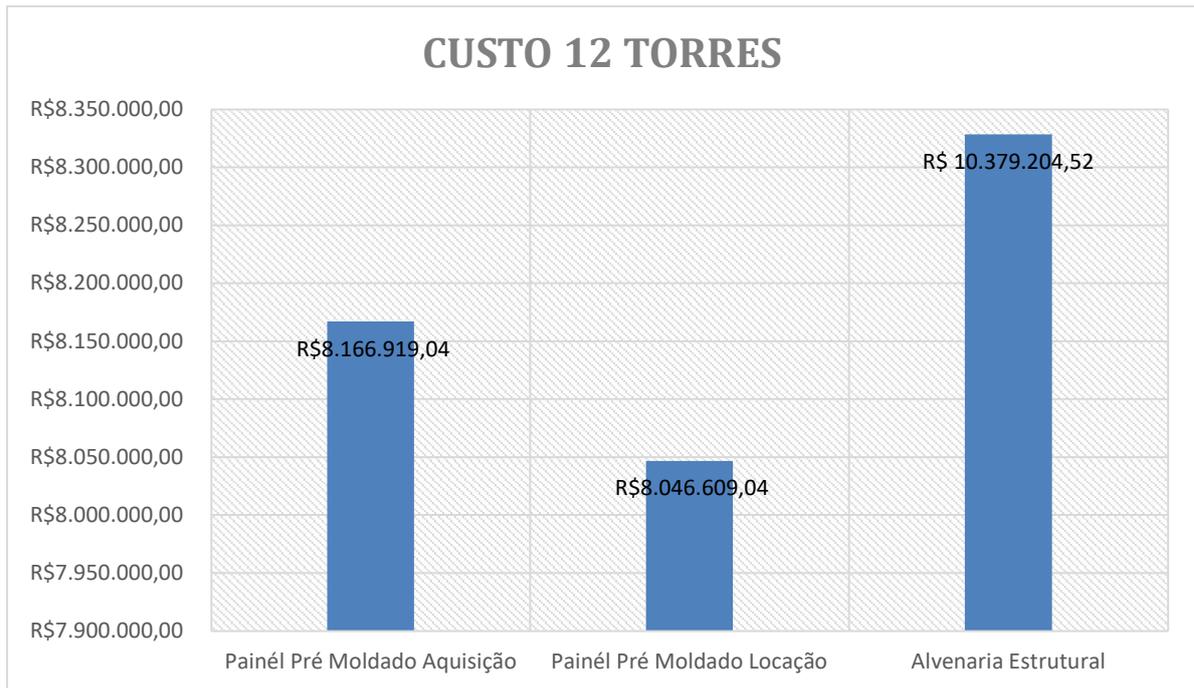
Figura 41 - Comparativo de custo total para uma torre



Fonte: Próprias autoras, 2021.

Para a execução de uma torre é notório que o custo com a alvenaria estrutural é mais significativo, transparecendo maior viabilidade econômica na execução do prédio, visto que o custo tanto de aquisição quanto de locação da forma se torna inviável diante do alto valor de investimento inicial para execução de apenas uma única torre.

Figura 42 - Comparativo de custo para doze torres



Fonte: Próprias autoras, 2021.

Porém, ao se levar em consideração a comparação dessa mesma torre na execução de um condomínio com doze torres iguais, número considerado ideal baseado no presente estudo para executar um condomínio fechado, isso devido ao melhor aproveitamento do terreno de ambos os empreendimentos dos distintos métodos construtivos, podemos observar o alto custo que a alvenaria estrutural obtém em relação à análise anterior. O gráfico mostra que a opção mais viável para esse tipo de empreendimento é o painel pré-moldado, que mesmo com custos elevados de aquisição e locação de forma de alumínio, apresenta um diferencial na velocidade de execução das torres, o que acarreta no ganho de tempo e redução nos custos da mão de obra.

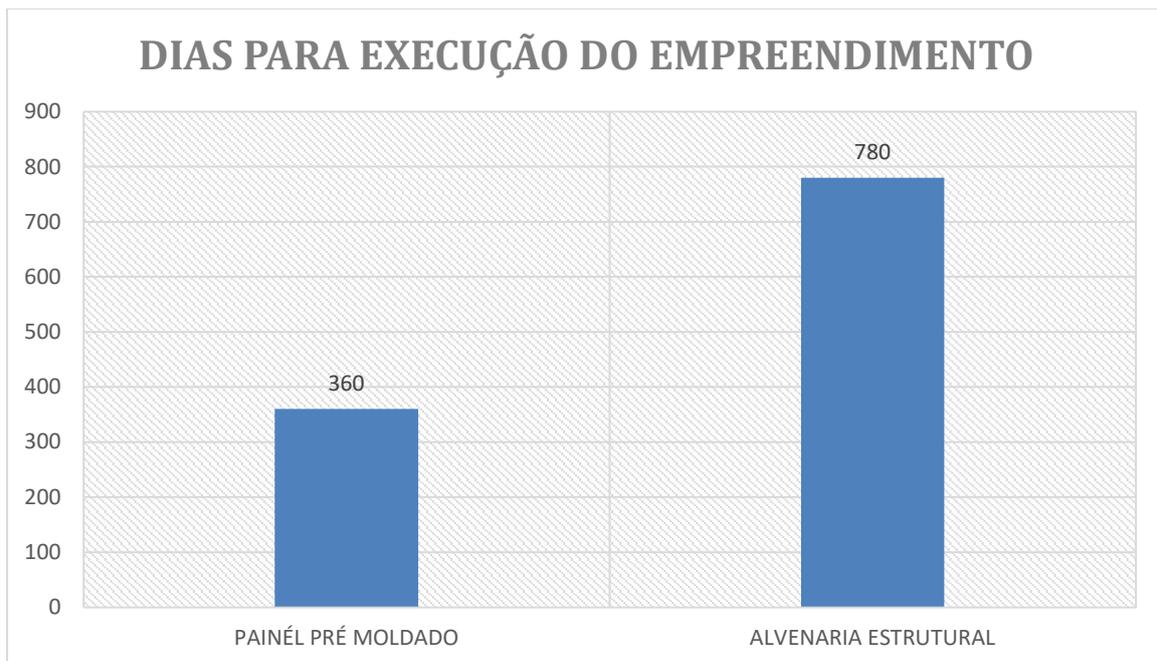
Vale ressaltar que a variação de preço dos materiais no decorrer de uma obra é um dos fatores que causam maior impacto na margem de lucro do empreendimento, uma vez que o valor de venda do produto não é reajustado em função do aumento dos insumos no mercado. Diante disso, o cenário se torna mais favorável para o método construtivo de parede de concreto, já que sua rápida execução garante que os custos da obra se mantenham similares ao orçamento inicial, logo não gera um impacto tão significativo na margem de lucro estipulada inicialmente.

Muitas construtoras que trabalham com empreendimento de interesse sociais, como condomínios do programa social Minha Casa Verde e Amarela que conta muitas unidades habitacionais, aderem a esse tipo de método construtivo para garantir a viabilidade econômica

do empreendimento já que possuem baixa estimativa de lucro, por estarem associados aos programas governamentais para pessoas de baixa renda.

Para tornar mais claro, será apresentado abaixo um gráfico de comparação na velocidade de execução de 12 torres de cada método construtivo.

Figura 43 - Comparativo de velocidade de execução para doze torres



Fonte: Próprias autoras, 2021

O gráfico demonstra que o método construtivo de parede de concreto apresenta uma produtividade 68% maior em relação com a de alvenaria estrutural em blocos de concreto. Com intuito de exemplificar melhor, pode se dizer que ao final do empreendimento de 12 torres de painel pré-moldado, o empreendimento de alvenaria apresentaria uma resultante de apenas 46,30% de toda sua estrutura executada.

Figura 44 - Comparativo de produtividade em relação aos dois métodos



Fonte: Próprias autoras, 2021.

Em termos mais práticos, a análise de custo de um empreendimento deve ser elaborada com muita cautela antes do seu processo, levando em consideração as condições em que o projeto será executado, a quantidade de unidade habitacionais, o custo real da sua aplicação durante a construção, além da velocidade de execução estimada que a obra deverá cumprir, afim de garantir um maior retorno lucrativo possível e dar continuidade ao empreendimento.

Sabe-se que o método de alvenaria estrutural é notoriamente manual e exige maior demanda de mão de obra e de tempo para execução. Todavia, suas vantagens se destacam por ser um processo já empregado há muito tempo. O acesso à matéria prima é mais viável, visto que a compra de unidades para a execução da alvenaria é mais acessível e mais econômica do que aquisição das fôrmas de alumínio, itens essenciais para a execução dos métodos construtivos. Outro fator que torna esse método mais favorável é a mão de obra especializada na área é mais abundante no mercado, tendo em vista que a especialização necessária é menos exigente e mais ampla, uma vez que pedreiros e serventes podem exercer diversas funções no canteiro de obras, enquanto montadores tem sua área de atuação reduzida a apenas a montagem dos painéis metálicos. Esse fator facilita a contratação de mão de obra própria para a execução de alvenaria estrutural, trazendo maior segurança e maior autonomia da construtora durante a execução, já que nos métodos construtivos de parede de concreto a mão de obra é mais escassa e quase sempre encontrada via equipe de empreiteira, o que torna a demanda da oferta e procura um risco.

Há vários casos de empreendimentos no refere as construções de painel pré-moldado *in loco*, com rotatividade alta de equipes durante a execução da obra, o que causa atraso da mesma, atrapalhando assim o fator chave desse sistema construtivo, que é sua produtividade. Se o empreendimento for de pequena escala ou somente com uma única torre, a busca por uma

equipe especializada que se submeta a executar apenas um empreendimento de pequeno porte e com baixo retorno é limitada.

Em contrapartida, o sistema construtivo de parede de concreto apresenta também vantagens em relação as equipes de empreitadas, que são equipes especializadas sincronizadas e que recebem por produtividade, isso faz com que a equipe mantenha o ciclo de concretagem constante acelerando ainda mais a execução das torres.

Outro parâmetro de grande vantagem desse sistema de paredes de concreto pré-moldado *in loco*, é o fato do concreto ser bombeado nas fôrmas isso torna o prazo de duração da obra expressivamente menor que outro método citado, atendendo apenas o tempo necessário para a cura do concreto

8 CONCLUSÃO

Todos os fatores analisados acima tornam o processo dos painéis pré-moldados mais especializado e mais industrializado, o que compensa o alto valor investido em locação ou aquisição dos painéis metálicos, quando for considerado para uma grande escala, visto que a fôrma é capaz de realizar um número elevado de repetições e suporta atuar em vários empreendimentos de tipologias similares para uma mesma construtora. Outro diferencial que esse método pode oferecer para muitas construtoras é a possibilidade de se optar em realizar empreendimento similares, fazendo apenas pequenos reajustes nas fôrmas de alumínio de uma para o outra, gerando um baixo custo e ainda assim traz sempre novidades para o mercado imobiliário.

Diante dos parâmetros apresentados, ambos os métodos construtivos possuem suas vantagens diante dos cenários em que estão inseridos, sendo mais recomendado a alvenaria estrutural para empreendimentos de pequeno porte, com poucas repetições e com maior oferta de esbeltez no resultado final. Já painel pré-moldado é um ótimo método para quem busca agilidade e maior número de unidades habitacionais realizadas num curto espaço de tempo, já que o investimento inicial tende a ser compensado com o passar do tempo.

9 REFERÊNCIAS

ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). **Alvenaria Estrutural - Passo a passo, 2016**. Disponível em: <<https://abcp.org.br/download/?search=Alvenaria#Dload>> Acesso em 28 de maio de 2021.

ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). **Alvenaria Estrutural – Marcação de parede, 2016**. Disponível em: <<https://abcp.org.br/download/execucao-de-alvenaria-marcacao>> Acesso em 28 de maio de 2021.

ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). **Alvenaria Estrutural - Elevação, 2016**. Disponível em: <<https://abcp.org.br/download/execucao-de-alvenaria-elevacao/Acesso>> em 28 de maio de 2021.

ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). **Alvenaria Estrutural – Ferramentas para melhorar a qualidade e produtividade da sua obra, 2016**. Disponível em: <<https://abcp.org.br/download/ferramentas-para-melhorar-a-qualidade-e-a-productividade-da-sua-obra/>> em 28 de maio de 2021.

ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). **Alvenaria Estrutural – Como escolher e controlar a qualidade dos blocos 2016**. Disponível em: <<https://abcp.org.br/download/como-escolher-e-controlar-a-qualidade-dos-blocos>> em 28 de maio de 2021.

ABCP, Associação Brasileira Cimento Portland. **ABCP, ABESC E IBTS lançam ativos em paredes de concreto. 2010**. Disponível em: <<https://abcp.org.br/imprensa/noticias/abcp-abesc-e-ibts-lancam-ativos-em-paredes-de-concreto/>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

ABCP, Associação Brasileira Cimento Portland. **ABCP, ABESC E IBTS lançam ativos em paredes de concreto. 2010**. Disponível em: <<https://abcp.org.br/imprensa/noticias/abcp-abesc-e-ibts-lancam-ativos-em-paredes-de-concreto/>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

ABESC, Associação Brasileira de Serviços de Concretagem. **Coletânea de ativos 2007/2008, 2008**. Disponível em: <http://abesc.org.br/pdf/coletanea_ativos.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2021.

ABESC, Associação Brasileira de Serviço de Concretagem. **Parede de concreto em edifícios alto, 2008**. Disponível em: <http://abesc.org.br/arquivos/04Parede_concreto_edificios_altos_Alexandre_Pedral_Sampaio.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2021.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma para parede de concreto moldada, 2012**. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/noticias/3605-norma-para-parede-de-concreto-moldada#:~:text=A%20ABNT%20publicou%20no%20dia,in%20loco%2C%20com%20f%C3%B4rmulas%20remov%C3%ADveis>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 7481:1990, 1990**. Disponível em: < <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=4191>>. Acesso em: 26 mai. 2021.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 7480:2007, 2007**. Disponível em: < <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=908>>. Acesso em: 26 mai. 2021.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Parede de concreto moldada no local para a construção de edificação – Requisitos e procedimentos – NBR 16055, 2012**. Disponível em: < [file:///C:/Users/Jeane%20Bornholdt/Downloads/ABNT NBR 16055 Paredes de Concreto Molda.pdf](file:///C:/Users/Jeane%20Bornholdt/Downloads/ABNT%20NBR%2016055%20Paredes%20de%20Concreto%20Molda.pdf)> Acesso em: 04 mai. 2021.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Formas e escoramentos para estruturas de concreto – Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos – NBR 15696, 2009**. Disponível em: <https://portatilandaim.com.br/wp-content/uploads/2017/08/nbr-15696_2009.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2021.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento – NBR 12655, 2015**. Disponível em: <https://portatilandaim.com.br/wp-content/uploads/2017/08/nbr-15696_2009.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2021.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone – NBR NM 67, 1998**. Disponível em: < http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15030/material/NBR%20NM%2067%20-%201998_aula.pdf>. Acesso em: 27 mai. 2021.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Concreto fresco – Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico – NBR 9933, 2009**. Disponível em: < http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15030/material/NBR%209933%20-%202009_aula.pdf>. Acesso em: 29 mai. 2021.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos – NBR 5739, 2018**. Disponível em: < http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15030/material/NBR%205739%20-%202018_aula.pdf>. Acesso em: 29 mai. 2021.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento – NBR 6118, 2004**. Disponível em: < <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/abnt-6118-projeto-de-estruturas-de-concreto-procedimento>>. Acesso em: 29 mai. 2021.

AMTHAUER, Paulo Roberto. Argamassa de Assentamento – **Uma verificação do estágio atual na cidade de Ijuí, 2001**. Disponível em: < [http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/tccs/tcc-titulos/2001/Argamassa de Assentamento Uma Verificacao do Estagio Atual da Cidade de Ijuí.pdf](http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/tccs/tcc-titulos/2001/Argamassa%20de%20Assentamento%20Uma%20Verificacao%20do%20Estagio%20Atual%20da%20Cidade%20de%20Iju%C3%AD.pdf)> em 29 de maio de 2021.

ARCELORMITTAL, **Telas soldadas nervuradas, 2019.** Disponível em: < <https://brasil.arcelormittal.com/produtos-solucoes/construcao-civil/telas-soldadas-nervuradas>>. Acesso em: 18 mai. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 6136 - Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural, 2007.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação, 2005.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 8798 - Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1985.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 6136 - Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural, 2007.**

BAVASTI, Elizabete Yukiko Nakanishi; JANTSCH, Ana Cláudia Jantsch; KIRCHHOF, Larissa Degliomini; MOHAMAD, gihad; RIZZATI, Eduardo - **Desenvolvimento de uma nova concepção geométrica para os blocos de concretos não modulares para alvenaria estrutural 2015.** Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/ac/a/dVdvBD463MwxyySvGwZJsfF/?lang=pt#> >. Acesso em: 29 set. 2021.

BERR, Letícia Ramos; FORMOSO, Carlos Torres. **Método para avaliação da qualidade de processos construtivos em empreendimentos habitacionais de interesse social.** Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/22220>>. Acesso em: 21 mar. 2021.

BONAFÉ, Gabriel. **Lajes protendidas vencem grandes vãos e reduzem o peso da estrutura.** Disponível em: < <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/lajes-protendidas-vencem-grandes-vaos-e-reduzem-o-peso-da-estrutura/16200> >. Acesso em: 21 mar. 2021.

BRUSAMARELLO, Taise - **Alvenaria Estrutural Parcialmente Armada – Blocos de Concreto Pré-moldados, 2012.** Disponível em: < <https://www.ufrgs.br/eso/content/?p=1096> >. Acesso em: 21 mar. 2021.

CAMACHO, J.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural. Ilha Solteira - São Paulo, 2006.** Disponível em: < <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/nepae/projeto-de-edificios-de-alvenaria-estrutural.pdf> >. Acesso em: 21 mar. 2021

CAVALHEIRO, O. P. **Alvenaria estrutural, tão antiga e tão atual, 2005.** CBIC, 2017 - Manual básico de indicadores de produtividade na construção civil. Disponível em: < https://anicerpro.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Alvenaria-Estrutural_T%C3%A3o-antiga-e-t%C3%A3o-atual_cavalheiro1.pdf >. Acesso em 24 e maio de 2021.

CBIC, **Déficit habitacional é de 5,877 milhões de moradias no País, 2021.** Disponível em:

<<https://cbic.org.br/deficit-habitacional-e-de-5877-milhoes-de-moradias-no-pais>>. Acesso em: 23 mar. 2021.

CIMENTO ITAMBÉ, **Paredes de concreto já dominam Minha Casa Minha Vida, 2016**. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/paredes-de-concreto-minha-casa-minha-vida/#:~:text=Dados%20da%20Caixa%20Econ%C3%B4mica%20Federal,em%2036%25%20das%20unidades%20produzidas>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, **Marcação das linhas de paredes nas fundações ou laje, 2002**. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/boas-praticas/12/marcacao-das-linhas-de-parede-nas-fundacoes-ou-lajes.html>>. Acesso em: 05 mai. 2021.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, **Parede de concreto características, 2018**. Disponível em: <<https://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/caracteristicas/o-sistema/18/caracteristicas.html>>. Acesso em: 12 mai. 2021.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, **Parede de concreto – Instalações, 2018**. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemasconstrutivos/2/instalacoes/execucao/34/instalacoes.html>>. Acesso em: 14 mai. 2021.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Central de corte de blocos e instalação de caixinhas, 2013**. Disponível em: <<https://www.comunidadeconstrucao.com.br/boas-praticas/5/central-de-corte-de-blocos-e-instalacao-de-caixinhas.html>>. Acesso em: 01 jun. 2021.

CORRÊA, Marcio R. S. e RAMALHO, Marcio A. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural, 2003**. Disponível em: <https://www.academia.edu/43120810/Projeto_de_edif%C3%ADcios_de_alvenaria_estrutural_Ram_alho_Marcio_A>. Acesso em: 23 maio. 2021

CASA D' CESAR, **A construção do futuro – Blocos cerâmicos estruturais, 2021**. Disponível em: <<https://casadcesar.com.br/work/>>. Acesso em: 30 mai. 2021.

CASA VOGUE. **Roma vai reformar o coliseu e estaca aceitando proposta de engenheiros, 2021**. Disponível em: <<https://casavogue.globo.com/Arquitetura/noticia/2021/01/roma-vai-reformar-o-coliseu-e-esta-aceitando-propostas-de-engenheiros.html>>. Acesso em: 17 mai. 2021.

DA SILVA, Paula Juliana Silva. **Alvenaria estrutural e painéis pré-moldados: Estudo comparativo dos sistemas construtivos, 2011**. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/39149>>. Acesso em: 16 mar. 2021.

DÉSIR, Jean Marie Désir – **Alvenaria Estrutural: Graute, 2010**. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/discover?filtertype=author&filter_relational_operator>equals&filter=D%C3%A9sir,%20Jean%20Marie>. Acesso em: 01 jun. 2021.

FK COMERCIO – **Bloco de concreto estrutural, 2021**. Disponível em: <http://www.fkcomercio.com.br/bloco_estrutural_de_concreto.html>. Acesso em: 02 jun. 2021.

GETHAL, Gethal – **Sistema construtivo**, 2016. Disponível em: < <http://www.gethal.com.br/>>. Acesso em: 18 mai. 2021.

GERDAU, **Telas soldadas nervurada Gerdau**, 2020. Disponível em: < <https://www2.gerdau.com.br/produtos/telas-gerdau>>. Acesso em: 18 mai. 2021.

HOLABIRD E ROCHE. **O Edifício Monadnock**, 2010. Disponível em: < <http://www.blueprintchicago.org/2010/07/07/the-monadnock-building/>>. Acesso em: 31 março. 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia. **Índice Nacional da Construção Civil sobe 1,71% em outubro**, 2020. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/29376-indice-nacional-da-construcao-civil-sobe-1-71-em-outubro>>. Acesso em: 30 mar. 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia. **PIB cai 4,1% em 2020 e fecha o ano em R\$ 7,4 trilhões**, 2021. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/30165-pib-cai-4-1-em-2020-e-fecha-o-ano-em-r-7-4-trilhoes?utm_source=estado:app>. Acesso em: 23 mar. 2021.

JARFEL. **Blocos de concreto na história da Sahara tecnologia**, 2018. Disponível em: < <https://www.jarfel.com.br/informativos/blocos-de-concreto.php> >. Acesso em: 26 mai. 2021.

KALIL, Silvia Maria Baptista. **Alvenaria estrutural**, 2007. Disponível em:< <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/alvenaria-estrutural> >. Acesso em: 30 mar. 2021.

LEMOS, Jacques Allan Ottobelli – **Requisitos mínimos exigidos em obras de alvenaria estrutural**, 2016. Disponível em:< http://www.ct.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2016/TCC_JACQUES%20ALLAN%20OTTOPELLI%20LEMOS.pdf >. Acesso em: 30 mai. 2021.

LORENZETTI, Cerâmica – **Manual de alvenaria estrutural**, 2021. Disponível em:< https://cdn.awsli.com.br/473/473829/arquivos/manual_alvenaria.pdf >. Acesso em: 02 jun. 2021.

LORTUCO, Bruno – **Produtividade na construção civil: o que é e como medir**, 2017. Disponível em:< <https://www.sienge.com.br/blog/produtividade-na-construcao-civil/> >. Acesso em: 02 out 2021.

MAPA DA OBRA, **Parede de concreto reduz custo de obras com alta repetitividade**, 2016. Disponível em: < <https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/parede-de-concreto-reduz-custo-de-obras-com-alta-repetitividade/>>. Acesso em: 08 mai. 2021.

MISURELLI, Hugo; MASSUDA, Clovis. **Como construir paredes de concreto**, 2009. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/1653308-Como-construir-paredes-de-concreto.html> >. Acesso em: 29 abr. 2021.

MOHAMAD, Gihad – **Construções em Alvenaria estrutural, materiais, projeto e desempenho**, 2015. Disponível em: < [file:///C:/Users/Realiza/Downloads/livro%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Realiza/Downloads/livro%20(3).pdf) >. Acesso em: 30 mar. 2021.

NICHELE, Bruno Piava – **Alvenaria estrutural de blocos cerâmicos: controle na execução para evitar manifestações patológicas, 2014.** Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/110095/000951905.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 24 mai. 2021.

NETO, Euclides Machado; WILLEMANN, Gabriel Vasconcelos. **Construção de edificações residências populares utilizando a tecnologia de parede de concreto, 2017.** Disponível em: <<https://www.riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/3694/Constru%C3%A7%C3%B5es%20de%20edifica%C3%A7%C3%B5es%20residenciais%20populares%20utilizando%20a%20tecnologia%20de%20parede%20de%20concreto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 19 mai. 2021.

PARSEKIAN, Guilherme Aris; SOARES, Márcia Melo. **Alvenaria Estrutural Em Blocos Cerâmicos – Projeto, Execução E Controle. São Paulo: Nome da Rosa, 2010.** Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/4665?show=full>>. Acesso em: 30 mai. 2021.

PAULUZZI, **Blocos Cerâmicos. Alvenaria Estrutural – Processo construtivo racionalizado, 2015.** Disponível em: <<https://pauluzzi.com.br/alvenaria-estrutural/>>. Acesso em: 10 maio. 2021.

PEIXOTO, Lorena Karla Soares. **Análise e dimensionamento de paredes de concreto armado para fins de casas populares, 2019.** Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4695/1/LorenaKSP_MONO.pdf> Acesso em: 22 mai. 2021.

PRIA, Rafael Dalla. **Análise crítica de projeto de alvenaria estrutural com foco no projeto de produção, 2017.** Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/directbitstream/5611230e-aa68-4473-87d2-eff52ba9da0b/RafaelDallaPria%20-%20PI.pdf>> Acesso em: 29 set. 2021.

RAMOS, Jose Luís Ferreira da Silva. **Análise experimental e numérica de estruturas históricas de alvenaria, 2002.** Disponível em: <[file:///C:/Users/Realiza/Downloads/LFRamos_Tese_Mestrado%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Realiza/Downloads/LFRamos_Tese_Mestrado%20(1).pdf)>. Acesso em: 30 mar. 2021.

REALIZA CONSTRUTORA, Realiza construtora – **Residencial Bela Vista, 2021.** Disponível em: <<https://page.realizaconstrutora.com.br/lps/bela-vista-anapolis/>>. Acesso em: 07 mai. 2021.

REIS, Walmir Costa. **Alvenaria estrutural com blocos de concreto vazados, 2016.** Disponível em: <<http://www.arquitetura.uema.br/wp-content/uploads/2018/08/UEMA-AU-TCC-2016-REIS-Alvenaria-estrutural-com-blocos-de-concreto-vazados.pdf>> Acesso em: 29 set. 2021.

RICHTER, Cristiano M.SC. **Alvenaria Estrutural – Processo construtivo racionalizado, 2007.** Disponível em: <https://anicerpro.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Alvenaria-Estrutural_Processo-construtivo-racionalizado_richter2007.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2021.

SANTOS, Vinicius Farias. **Conheça diferentes tipos de fôrmas para concreto e saiba qual usar, 2019.** Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/conheca-diferentes-tipos-de-formas-para-concreto-e-saiba-qual-usar/4655>>. Acesso em: 14 set. 2021.

SELECTA, Soluções em blocos. Guia técnico – Alvenaria estrutural, 2010. Disponível em: <<http://www.grupoestrutural.com.br/selecta/guia-tecnico/>>. Acesso em: 24 mai. 2021.

SCANMENTAL. – **Escantilhão para alvenaria de vedação, 2021**. Disponível em:<<https://www.scanmetal.com.br/produtos/escantilhao-para-alvenaria-de-vedacao/>>. Acesso em: 30 mai. 2021.

SCANMENTAL. – **Esquadro de alumínio soldado, 2021**. Disponível em:<<https://www.scanmetal.com.br/produtos/esquadro-de-aluminio-soldado/>>. Acesso em: 30 mai. 2021.

TECNISIL. **Paredes de concreto moldadas in loco: O que são e onde usá-las na sua Obra, 2018**. Disponível em: <<https://www.tecnosilbr.com.br/paredes/>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

VIEIRA, Gabryela Luiza Ribeiro; SILVA, Larissa Ferreira da Cunha. **Estudo comparativo entre os métodos construtivos: parede de concreto e alvenaria estrutural, 2019**. Disponível em: <<http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/8707/1/Gabryela%20e%20Larissa.pdf> > Acesso em: 24 mai. 2021.