

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

ENGENHARIA CIVIL

VITOR HUGO CARVALHO NOGUEIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS  
CONSTRUTIVOS “PAREDE DE CONCRETO” E  
“ALVENARIA ESTRUTURAL”: INSUMOS,  
PRODUTIVIDADES E PRAZOS PARA UMA OBRA  
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR DE BAIXO  
PADRÃO**

MACAÉ

2021

VITOR HUGO CARVALHO NOGUEIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS  
CONSTRUTIVOS “PAREDE DE CONCRETO” E  
“ALVENARIA ESTRUTURAL”: INSUMOS,  
PRODUTIVIDADES E PRAZOS PARA UMA OBRA  
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR DE BAIXO  
PADRÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus  
Macaé, como requisito parcial para obtenção do título  
de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Monique de Amaro F.R. Nascimento

MACAÉ

2021

## CIP - Catalogação na Publicação

NN778 NOGUEIRA, VITOR HUGO CARVALHO  
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS  
CONSTRUTIVOS "PAREDE DE CONCRETO" E "ALVENARIA  
ESTRUTURAL": INSUMOS, PRODUTIVIDADES E PRAZOS PARA  
UMA OBRA RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR DE BAIXO PADRÃO  
/ VITOR HUGO CARVALHO NOGUEIRA. -- Rio de Janeiro,  
2021.  
111 f.

Orientadora: MONIQUE AMARO DE FREITAS ROCHA  
NASCIMENTO.  
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campus  
Macaé Professor Aloísio Teixeira, Bacharel em  
Engenharia Civil, 2021.

1. PAREDE DE CONCRETO. 2. ALVENARIA ESTRUTURAL.  
3. INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL. 4.  
HABITAÇÃO POPULAR. 5. PRODUÇÃO EM LARGA ESCALA. I.  
NASCIMENTO, MONIQUE AMARO DE FREITAS ROCHA, orient.  
II. Título.

VITOR HUGO CARVALHO NOGUEIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS  
CONSTRUTIVOS “PAREDE DE CONCRETO” E  
“ALVENARIA ESTRUTURAL”: INSUMOS,  
PRODUTIVIDADES E PRAZOS PARA UMA OBRA  
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR DE BAIXO  
PADRÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus  
Macaé, como requisito parcial para obtenção do título  
de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em Macaé, 5 de julho de 2021.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Monique Amaro F.R Nascimento, DSc. (UFRJ)

---

Prof. Conrado Vidotte Plaza, MSc. (UFRJ)

---

Prof. Leandro Tomaz Knopp, MSc. (UFRJ)

If you're going through hell, keep going.

**Winston Churchill**

iii

## RESUMO

Considerando o atual panorama habitacional brasileiro, onde existe um déficit de casas populares, faz-se necessário a adoção de modelos construtivos eficientes, racionalizados e econômicos. O presente trabalho possui como objetivo principal realizar um comparativo entre os métodos Parede de Concreto e Alvenaria Estrutural, sistemas em grande crescimento para a construção em larga escala de habitações de interesse social. Para isto, comparou-se o tempo de execução da estrutura em um empreendimento residencial multifamiliar. No estudo são detalhados todos os insumos utilizados nas duas metodologias, apresentando suas respectivas características, quantitativos, sequências executivas e manifestações patológicas, enfatizando as particularidades presentes. Ao final, é exposta uma análise comparativa, cuja teve como base uma obra já finalizada que fez uso do sistema Parede de Concreto. Com base na Linha de Balanço, temos que a estrutura em Parede de Concreto é realizada em aproximadamente metade do tempo. Para a Alvenaria Estrutural, seria possível atingir um prazo similar caso o número de colaboradores fosse dobrado. Entretanto, algumas vantagens da Alvenaria Estrutural serão expostas, como menor consumo de aço e uso de mão-de-obra menos especializada.

**Palavras-Chave:** Parede de Concreto. Alvenaria Estrutural. Industrialização da Construção Civil. Habitação Popular. Produção em Larga Escala.

## **ABSTRACT**

Considering the current Brazilian housing panorama, where there is an immense deficit of popular houses, it is necessary to adopt efficient, rationalized and economical construction systems. The present work has the main objective of carrying out a comparison between the Concrete Wall and Structural Masonry methods, systems in great growth for the large-scale construction of housing of social interest. Therefore, the time of execution was compared in a multifamiliar establishment. In this study, all the inputs used in the two methodologies are detailed, presenting their respective characteristics, quantitative, executive sequences and pathologies, emphasizing the present particularities. At the end, a comparative analysis is exposed, which was based on an already finished construction that made use of the Concrete Wall system. Based on the Line of Balance, it is known that the Concrete Wall structure is carried out in approximately half the time. For Structural Masonry, it would be possible to reach a similar deadline if the number of employees was doubled. However, some advantages of Structural Masonry will be exposed, such as less steel consumption and use of less specialized labor.

**Keywords:** Concrete Wall. Structural Masonry. Industrialization of Civil Construction. Popular Housing. Large Scale Production.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Logo do Programa Casa Verde e Amarela.....	2
<b>Figura 2.</b> Patente US1219272A.....	4
<b>Figura 3.</b> Sistema Outinord.....	5
<b>Figura 4.</b> Sistema Outinord.....	5
<b>Figura 5.</b> Fôrma Metálica - Alumínio.....	7
<b>Figura 6.</b> Fôrma Metálica - Aço .....	8
<b>Figura 7.</b> Fôrma Metálica com Compensado .....	8
<b>Figura 8.</b> Fôrma Mista .....	9
<b>Figura 9.</b> Montagem de armação com elétrica e hidráulica embutidas .....	10
<b>Figura 10.</b> Montagem de armação com reforço em locais que recebem concentração de tensões de tração.....	10
<b>Figura 11.</b> Pontos de Concretagem.....	11
<b>Figura 12.</b> Radier.....	12
<b>Figura 13.</b> Fiada Zero .....	13
<b>Figura 14.</b> Lajão pronto para receber Fiada Zero .....	14
<b>Figura 15.</b> Fiada Zero em execução .....	14
<b>Figura 16.</b> Fiada Zero aterrada e compactada .....	15
<b>Figura 17.</b> Lançamento de Concreto Magro.....	15
<b>Figura 18.</b> Fiada Zero finalizada .....	16
<b>Figura 19.</b> Marcação dos eixos X e Y para auxiliar na montagem das fôrmas .....	16
<b>Figura 20.</b> Fixação de distanciadores na marcação das paredes.....	17
<b>Figura 21.</b> Montagem das telas de aço com auxílio de distanciadores para serem mantidas nos eixos.....	18

<b>Figura 22.</b> Reforço em abertura de portas e janelas .....	19
<b>Figura 23.</b> Vergalhão .....	19
<b>Figura 24.</b> Instalação elétrica embutida nas telas de armações .....	20
<b>Figura 25.</b> Central de Kit .....	21
<b>Figura 26.</b> Instalação hidráulica de esgoto e água fria montadas na parte externa da Parede de Concreto .....	23
<b>Figura 27.</b> Passagem hidráulica em laje .....	23
<b>Figura 28.</b> Kit hidráulico de esgoto cozinha finalizado.....	24
<b>Figura 29.</b> Kit hidráulico de esgoto banheiro finalizado .....	24
<b>Figura 30.</b> Pontos iniciais de montagem das fôrmas .....	25
<b>Figura 31.</b> Conferência de esquadro das fôrmas .....	26
<b>Figura 32.</b> Conferência de prumo de face .....	26
<b>Figura 33.</b> Numeração das fôrmas.....	27
<b>Figura 34.</b> Numeração das fôrmas.....	27
<b>Figura 35.</b> Representação do Sistema Monolítico.....	28
<b>Figura 36.</b> Escoramento da laje .....	29
<b>Figura 37.</b> Laje após colocação das malhas.....	29
<b>Figura 38.</b> Representação do ensaio de <i>Slump Flow</i> .....	30
<b>Figura 39.</b> Representação da segregação do Concreto Auto Adensável .....	31
<b>Figura 40.</b> Corpos de prova .....	32
<b>Figura 41.</b> Ensaio de compressão .....	33
<b>Figura 42.</b> Pontos de início de concretagem.....	34
<b>Figura 43.</b> Sequência de concretagem .....	34
<b>Figura 44.</b> Concretagem com concreto auto adensável .....	35

<b>Figura 45.</b> Lavagem com lavadora de alta pressão.....	35
<b>Figura 46.</b> Desforma pelo canto dos cômodos .....	37
<b>Figura 47.</b> Pontos de travamento a serem estucados .....	37
<b>Figura 48.</b> Passarela montada ao redor do prédio para fôrma do 2º pavimento .....	38
<b>Figura 49.</b> Retração hidráulica .....	39
<b>Figura 50.</b> Exemplo de imperfeições após desforma.....	40
<b>Figura 51.</b> Tratamento em paredes com ondulações, utilizando AC III.....	40
<b>Figura 52.</b> Junta de concretagem após aplicação de concreto vencido .....	41
<b>Figura 53.</b> Excesso de desmoldante nas paredes .....	41
<b>Figura 54.</b> Bloco vazado de concreto simples .....	43
<b>Figura 55.</b> Blocos tipo canaleta .....	44
<b>Figura 56.</b> Blocos tipo compensador .....	44
<b>Figura 57.</b> Dimensões padronizadas.....	45
<b>Figura 58.</b> Argamassa de assentamento.....	44
<b>Figura 59.</b> Grauteamento .....	47
<b>Figura 60.</b> Armadura .....	48
<b>Figura 61.</b> Instalações previamente realizadas .....	48
<b>Figura 62.</b> Blocos fabricados para fixação de caixinha 4x2 e 4x4.....	49
<b>Figura 63.</b> Shaft Externo .....	50
<b>Figura 64.</b> Processo executivo da laje tipo cômodo .....	51
<b>Figura 65.</b> Laje pré-moldada do tipo cômodo, moldada com espessura final.....	52
<b>Figura 66.</b> Crimpagem.....	53
<b>Figura 67.</b> Laje Painel Treliçado .....	53
<b>Figura 68.</b> Elementos da Alvenaria Estrutural .....	54

<b>Figura 69.</b> Primeira fiada.....	55
<b>Figura 70.</b> Primeira fiada sendo assentada .....	55
<b>Figura 71.</b> Elevação e última fiada .....	56
<b>Figura 72.</b> Nível e prumo da alvenaria .....	57
<b>Figura 73.</b> Graute aplicado na sétima fiada.....	57
<b>Figura 74.</b> Andaime para os pedreiros.....	58
<b>Figura 75.</b> Proteção na periferia do edifício .....	58
<b>Figura 76.</b> Características de Prédio Popular – Padrão Baixo.....	61
<b>Figura 77.</b> Modelo ilustrativo de bloco em formato H para análise comparativa.....	61
<b>Figura 78.</b> Projeto de implantação do empreendimento.....	62
<b>Figura 79.</b> Planta do Pavimento Térreo.....	63
<b>Figura 80.</b> Armação da laje finalizada.....	65
<b>Figura 81.</b> Lançamento de concreto .....	66
<b>Figura 82</b> Fôrma em fase de montagem .....	67
<b>Figura 83.</b> Apresentação de equipe de montagem e concretagem.....	68
<b>Figura 84.</b> Linha de Balanço da Parede de Concreto .....	71
<b>Figura 85.</b> Apresentação dos blocos de concreto da Família 14x39 .....	72
<b>Figura 86.</b> Prédio em execução .....	78
<b>Figura 87.</b> Alvenaria em execução .....	79
<b>Figura 88.</b> Contra-verga de janela .....	79
<b>Figura 89.</b> Guarda Corpo montado.....	80
<b>Figura 90.</b> Linha de Balanço da Alvenaria Estrutural .....	82

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Resumo dos quantitativos de aço para a construção de um bloco .....	64
<b>Quadro 2.</b> Resumo dos quantitativos de concreto para a construção de um bloco .....	66
<b>Quadro 3.</b> Resumo dos quantitativos de fôrmas.....	67
<b>Quadro 4.</b> Cronograma diário do Ciclo de Montagem e Concretagem.....	69
<b>Quadro 5.</b> Consumo de materiais no edifício .....	74
<b>Quadro 6.</b> Apresentação da composição de materiais da Alvenaria Estrutural para um bloco .....	75
<b>Quadro 7.</b> Produtividade das equipes de Alvenaria Estrutural .....	76
<b>Quadro 8.</b> Descrição da equipe de Alvenaria Estrutural .....	77

## LISTA DE GRÁFICOS

**Gráfico 1.** Comparativo entre Métodos Constructivos (Total de 288 apartamentos) ..... 83

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABECIP – Associação Brasileira das Entidades de Crédito Imobiliário e Poupança

APT – Apartamento

CP – Corpo de Prova

IGBE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MCMV – Minha Casa, Minha Vida

NBR – Norma Brasileira

PIB – Produto Interno Bruto

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Considerações Iniciais .....	1
1.2 Justificativa .....	3
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo Geral .....	3
1.3.2 Objetivos Específicos .....	3
<b>2. O SISTEMA CONSTRUTIVO PAREDE DE CONCRETO .....</b>	<b>4</b>
2.1 Histórico .....	4
2.2 Método Construtivo .....	6
2.3 Materiais .....	6
2.3.1 Fôrma .....	6
2.3.2 Aço .....	9
2.3.3 Concreto .....	11
2.4 Sequência Executiva .....	12
2.5 Instalações Elétricas .....	20
2.6 Instalações Hidráulicas .....	22
2.7 Montagem das Fôrmas .....	25
2.8 Controle Tecnológico do Concreto .....	29
2.9 Concretagem .....	33
2.10 Cura do Concreto .....	35
2.11 Desforma .....	36
2.12 Manifestações Patológicas .....	38
<b>3. O SISTEMA CONSTRUTIVO ALVENARIA ESTRUTURAL .....</b>	<b>42</b>
3.1 Características .....	42
3.2 Materiais .....	43
3.2.1 Bloco Estrutural .....	43
3.2.2 Argamassa .....	45
3.2.3 Graute .....	46
3.2.4 Aço .....	47

3.3 Instalações Elétricas .....	49
3.4 Instalações Hidráulicas .....	50
3.5 Lajes .....	51
3.6 Processo Executivo .....	54
<b>4. MÉTODO E APLICAÇÃO .....</b>	<b>59</b>
4.1 Métodos de Obtenção de Dados .....	59
4.2 <i>Lean Construction</i> – Linha de Balanço .....	60
4.3 Apresentação do Empreendimento .....	61
4.4 Sistema Construtivo Parede de Concreto .....	64
4.4.1 Insumos .....	64
4.4.1.1 Armação .....	64
4.4.1.2 Concreto .....	65
4.4.1.3 Fôrma .....	67
4.4.2 Dimensionamento de Mão-de-Obra – Parede de Concreto .....	68
4.4.3 Ciclo da Parede de Concreto .....	69
4.4.4 Tempo de Execução – Parede de Concreto .....	69
4.5 Sistema Construtivo Alvenaria Estrutural .....	72
4.5.1 Insumos .....	73
4.5.2 Dimensionamento de Mão-de-Obra – Alvenaria Estrutural .....	75
4.5.3 Ciclo e Tempo de Execução da Alvenaria Estrutural .....	78
4.6 Discussão dos Resultados .....	83
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>85</b>
5.1 Conclusão .....	85
5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros .....	86
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>92</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações Iniciais

Em 2019, o Brasil atingiu um recorde no déficit habitacional. Este, que já era bastante elevado, cresceu 7% apenas no período compreendido entre 2007 e 2017. Estima-se que atualmente exista um déficit de 8 milhões de unidades habitacionais no país, sendo aproximadamente 71% demandadas por famílias que ganham até 5 salários-mínimos (Valor do salário-mínimo em julho de 2021: R\$1100,00), ou R\$5.500,00 (ABECIP, 2019). De acordo com a Fundação João Pinheiro, em 2015, aproximadamente 468 mil famílias em situação precária estavam localizadas apenas no estado do Rio de Janeiro.

Para 2021, existe uma expectativa para uma recuperação da economia pós pandemia. A taxa do Sistema Espacial de Liquidação e Custódia (Selic) foi reduzida para 2,75% ao ano, um dos níveis mais baixos das últimas décadas. Tal medida refletiu-se na redução das taxas de financiamento de imóveis, aquecendo o mercado (CASTRO, 2020). Nesse sentido, o crescimento econômico do país está diretamente relacionado com o crescimento da indústria da construção civil, afinal tal setor representa 8% do PIB.

Além do grande impacto na economia, existe uma grande importância social envolvida e que deve ser incentivada (MENIN, 2017). O programa habitacional “Minha Casa, Minha Vida (MCMV)”, por exemplo, foi criado em 2009 e desde então podemos considerá-lo como um pilar do mercado habitacional no país. Tendo contratado mais de 5,5 milhões de habitações ao longo da última década, ele tem uma grande importância na geração de empregos, renda e arrecadação tributária (MARTINS, 2019). Além disso, trouxe enormes avanços na gestão de ganhos de produtividade das empresas envolvidas (CBIC, 2019). Tais ganhos estão diretamente relacionados principais métodos construtivos utilizados nesse programa: Parede de Concreto e Alvenaria Estrutural.

Em janeiro de 2021 o governo publicou um decreto que regulamenta o programa habitacional “*Casa Verde e Amarela*” (Figura 1), que substitui o MCMV. O novo programa contempla famílias com renda bruta de até R\$ 7 mil (G1, 2021).



**Figura 1** – Logo do Programa Casa Verde e Amarela.

**Fonte:** Caixa (2021).

De acordo com a Caixa (2021), as faixas de renda contempladas são:

- Famílias com renda bruta de até R\$ 2 mil:  
Faixa 1,5: o imóvel é financiado pela Caixa com taxas de juros que podem chegar até 4,75% ao ano e subsídios de até R\$ 47,5 mil, de acordo com a renda e região que habita o comprador.
- Famílias com renda bruta de até R\$ 4 mil:  
Faixa 2: os subsídios podem chegar até R\$ 29 mil, com juros de no máximo 7%.
- Famílias com renda bruta de até R\$ 7 mil:  
Faixa 3: os juros podem ser de até 8,16%. Para participar do programa, as famílias podem contratar de forma individual ou por meio de uma construtora.

## **1.2 Justificativa**

A elevada demanda por habitações no Brasil requer metodologias inovadoras. Nesse sentido, os governos estaduais e municipais enfrentam o grande desafio que é garantir a moradia digna para milhares de pessoas. Ela é um direito de todos os cidadãos, conforme o Art.6º da Emenda Constitucional nº 87, de 16/04/2015 (Brasil, 2015). Dessa forma, a habitação é um elemento chave para a “realização da cidadania”. Através dela, o indivíduo possui mais condições de exercer um papel digno na sociedade, contribuindo para o bem-estar geral.

Portanto, de forma a atender a elevada demanda por unidades habitacionais, se faz necessária a utilização de um sistema construtivo rápido, econômico e eficiente. Com conceitos de industrialização nos seus processos executivos, os modelos construtivos Parede de Concreto e Alvenaria Estrutural mostram-se como excelentes alternativas, de maneira que suas características foram abordadas nesse trabalho.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

Esta monografia tem como objetivo geral realizar um comparativo entre os sistemas construtivos Parede de Concreto moldada “*in loco*” e a Alvenaria Estrutural, apresentando os principais insumos, prazos e produtividades das equipes.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Descrever toda a sequência executiva dos sistemas construtivos Parede de Concreto e Alvenaria Estrutural;
- Identificar os materiais utilizados nos dois sistemas, apresentando suas vantagens e desvantagens;
- Realizar um comparativo entre os dois modelos construtivos, através do dimensionamento de equipes, cálculo de produtividade e prazo de execução das estruturas.

## 2. O SISTEMA CONSTRUTIVO PAREDE DE CONCRETO

### 2.1 Histórico

O sistema construtivo Parede de Concreto moldada “*in loco*” consagrou-se no Brasil em 2012, quando entrou em vigor no país a norma ABNT NBR 16055:2012 – Parede de Concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos. A normatização foi um avanço importante para a expansão de sua utilização, principalmente no programa “Minha Casa, Minha Vida” (WENDLER, 2013).

No entanto, já em 1905, o método começava a ser desenvolvido. Thomas Edison, famoso inventor, começava a planejar um sistema de fôrmas metálicas para a construção de casas. A metodologia consistia na construção de um molde metálico único para toda a estrutura, no qual pela parte superior, efetuava-se o lançamento de um concreto fluido, preenchendo toda a fôrma (Figura 2). Em 1917, a patente foi publicada e naquele momento a construção civil já dava indícios da sua industrialização (KAEFER, 1998).

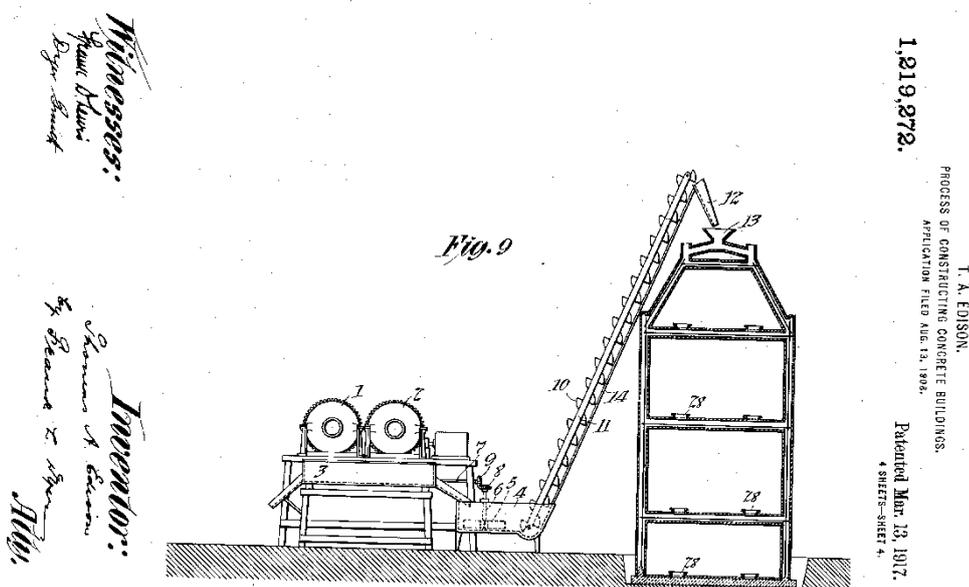
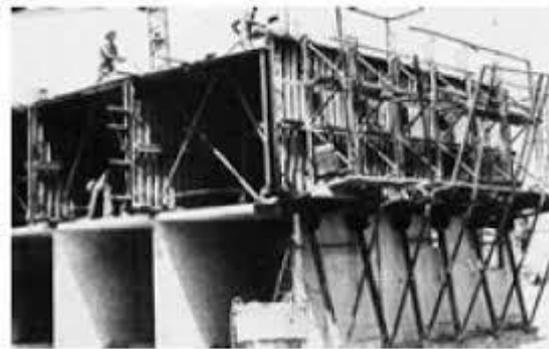


Figura 2 - Patente US1219272A.

Fonte: Google Patentes (2020).

O método efetivamente surgiu após experiências bem-sucedidas de construção industrializada em concreto celular no sistema Gethal, que, em 1980, desenvolveu um produto que se demonstrou superior economicamente e tecnicamente quando comparado ao sistema tradicional até então utilizado. Simultaneamente, na França, foi desenvolvido o sistema *Outinord* (Figuras 3 e 4), no qual formas metálicas em formato de túnel permitiam a concretagem simultânea de paredes e lajes (MISURELLI; MASSUDA, 2009).



**Figura 3** - Sistema Outinord.

**Fonte:** Braguim (2013).



**Figura 4** - Sistema Outinord.

**Fonte:** Braguim (2013).

## **2.2 Método Construtivo**

A parede de concreto é um elemento estrutural autoportante e moldado no local, de forma que possua comprimento maior que dez vezes sua espessura e que seja capaz de suportar carga no mesmo plano da parede. Além disso, temos que, de acordo com o ciclo construtivo, todas as paredes são moldadas em uma única etapa de concretagem. De forma que, após a desforma, as paredes já contenham vãos para portas, janelas e as instalações hidráulicas e elétricas embutidas (NBR 16055, 2012).

O método é geralmente utilizado em empreendimentos que têm alta repetitividade no padrão construtivo, devido ao processo ser ordenado, rápido e progressivo, minimizando atividades artesanais e improvisadas. Dessa forma, utilizando mão de obra mais qualificada e obtendo uma maior produção em menos tempo, o sistema construtivo viabiliza-se através da velocidade de execução e do maior controle da qualidade (ABCP, 2008).

A parede de concreto também sai na frente em relação a economia apresentada na fase de acabamento. Depois de desformada, a casa ou apartamento já está apto para receber a pintura ou ser executado o assentamento da cerâmica. Caso o acabamento do concreto não fique perfeito, é feita uma correção simples das falhas e emendas do concreto, mesmo assim, não há nenhuma necessidade de rebocar as paredes, conforme apresenta a Comunidade da Construção (2013).

## **2.3 Materiais**

### **2.3.1 Fôrma**

De acordo com a NBR 16055:2012, temos que: “O sistema de fôrmas é composto de estruturas provisórias, cujo objetivo é moldar o concreto fresco. É compreendido por painéis de fôrmas, escoramentos, cimbramento, aprumadores e andaimes, incluindo seus apoios, bem como a união entre os diversos elementos”

O sistema de montagem das fôrmas é o ponto chave no processo de moldagem, função, aparência e durabilidade de uma estrutura de parede de concreto. Desta forma, é obrigatório, por norma, a realização do projeto de fôrmas em conformidade com o projeto estrutural. Itens como o posicionamento dos painéis, das escoras, dos equipamentos de

segurança auxiliares e aprumo devem ser considerados. Além deles, é de grande importância a sequência executiva de montagem e desmontagem (ABCP, 2008).

Segundo Nemer (2016), usualmente são utilizadas fôrmas metálicas no sistema parede de concreto moldado “*in loco*”, entretanto, também podem ser usadas fôrmas de madeira e plásticas. Abaixo uma breve descrição das principais tipologias:

- **Fôrmas Metálicas:** são fôrmas que utilizam chapas metálicas para estruturação e acabamento à peça concretada. A mais utilizada é a de alumínio (Figura 5), por ter maior durabilidade e permitir muitas repetições. Entretanto, ela possui o custo mais elevado entre as tipologias. A outra opção são as de aço (Figura 6), que possuem um custo inferior. Por outro lado, elas têm uma durabilidade menor e são consideravelmente mais pesadas (LORENCETO, 2019).



**Figura 5 - Fôrma Metálica: Alumínio.**

**Fonte:** Comunidade da Construção (2016).



**Figura 6 - Fôrma Metálica – Aço.**

**Fonte:** Perfil Line (2020).

- **Fôrmas Metálicas com Compensado:** são painéis com estruturas em aço e chapas de compensados de madeiras ou materiais sintéticos (Figura 7). Não são muito recomendados, devido a sua baixa durabilidade e dificuldade de manuseio. Afinal, optar por materiais leves irá causar agilidade no processo (LORENCETO, 2019).



**Figura 7 - Fôrma Metálica com Compensado.**

**Fonte:** Comunidade da Construção (2016).

- **Fôrmas Plásticas com Metal (Mista):** seus painéis de encaixe são constituídos de plástico reciclável (Figura 8). Sua leveza pode ser comparada as peças de alumínio, porém necessitam

de contraventamento de peças metálicas e possuem baixa durabilidade. Não obstante, elas têm um baixo custo, fácil manutenção e grande adaptabilidade ao projeto (LORENCETO, 2019).



**Figura 8 - Fôrma Mista.**

**Fonte:** Lorenceto (2019).

### 2.3.2 Aço

No sistema de parede de concreto, a armadura utilizada são as telas soldadas, posicionadas no eixo vertical da parede. As áreas de bordas, vãos de portas e janelas recebem reforços de telas ou barras de armadura convencional. Algumas particularidades são adotadas em edifícios mais altos, conforme descrição de projeto estrutural específica de cada construção (NBR 6118:2007, ABNT NBR 7481).

A armadura deve ser projetada atendendo a três requisitos básicos: controlar a retração do concreto, servir de estruturas para fixação das tubulações elétricas e hidráulicas (Figura 9) e resistir a esforços de flexo-torção nas paredes (Figura 10). Para que haja a aderência correta entre o aço e o concreto, não é permitido a utilização de armaduras com ferrugens elevadas e substâncias deletérias. Além disso, são imprescindíveis o posicionamento e o cobrimento conforme projeto da armadura na execução da parede de concreto, e, em caso de emendas, deve-se seguir corretamente os requisitos das normas NBR 6118:2007 e NBR 14931:2004.

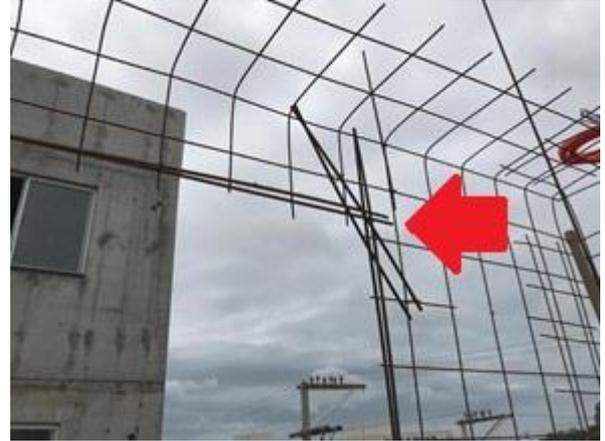
Nesse sentido, com relação à armadura mínima, temos que a seção mínima de aço nas armaduras verticais deve corresponder a 0,09% da seção de concreto. Já a seção mínima de aço das armaduras horizontais deve corresponder a 0,15% da seção de concreto. Além disso, de forma geral, temos que as paredes de concreto podem conter apenas uma tela

soldada, próxima ao centro geométrico da seção horizontal da parede e disposta longitudinalmente (NBR 16055:2012).



**Figura 9** - Montagem de armação com elétrica e hidráulica embutidas.

**Fonte:** Autoria Própria (2020).



**Figura 10** - Montagem de armação com reforço em locais que recebem concentração de tensões de tração.

**Fonte:** Autoria Própria (2020).

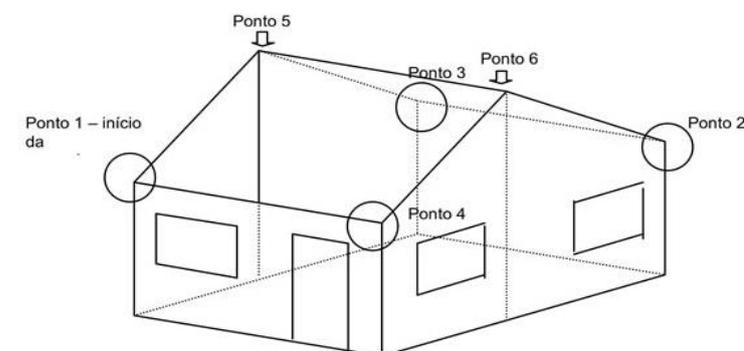
### 2.3.3. Concreto

A principal tipologia de concreto para esse modelo construtivo é o auto adensável, que em razão das suas propriedades, é a melhor opção técnica para execução dessa estrutura. Devido à mistura extremamente plástica e a sua rápida aplicação feita por bombeamento, o concreto auto adensável se torna a melhor opção por sua capacidade de preencher os espaços vazios (fluidez) e por possuir coesão suficiente sem que haja separação dos seus elementos constituintes (estabilidade), visto que não há necessidade de ser vibrado (ABCP, 2008).

Este concreto apresenta uma tecnologia inovadora em relação ao concreto tradicional. Sua composição foi aumentada de 4 para 6 elementos: água, cimento, agregado graúdo, agregado miúdo, finos e aditivos, tornando a proporção mais complexa. O concreto auto adensável se diferencia do concreto convencional também pelo seu comportamento em estado fresco (TUTIKIAN e MOLIN, 2008).

Além disso, esse concreto conta com uma grande variedade de aplicações. Elas são obtidas devido à ação dos aditivos superplastificantes, que proporcionam grande facilidade no bombeamento e uma homogeneidade excelente, além de elevada resistência e durabilidade (FONSECA e MOLIN, 2008).

Ao trabalhar com o concreto auto adensável, deve-se levar em consideração a alta fluidez do material, que percorre preenchendo os vazios das fôrmas, adquirindo assim a sua moldagem. Entretanto, o lançamento deste concreto obedece a um critério de escolhas de pontos (Figura 11), de modo que a massa fluída possa caminhar homogeneamente pelas fôrmas e preencher todos os vazios sem quaisquer dificuldades (ABCP, 2010).



**Figura 11** - Pontos de Concretagem.

**Fonte:** ABCP (2010).

## 2.4 Sequência Executiva

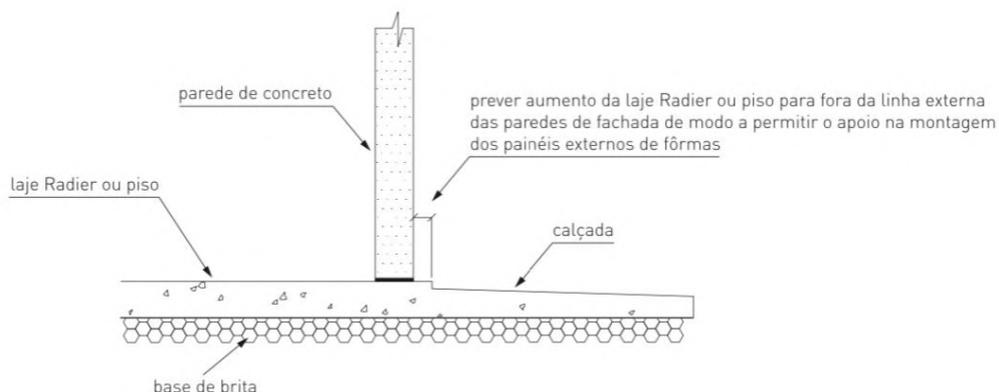
De acordo com Venturini (2011):

“A execução de paredes de concreto pode variar de acordo com os processos construtivos adotados por diferentes construtoras. O material das fôrmas e seu fechamento, assim como o tipo de concreto utilizado, são alguns itens que podem mudar de empresa para empresa”.

As principais etapas de um ciclo executivo, mostradas nos itens i) ao v), representam o sistema implementado pela construtora MRV Engenharia.

### i) Locação da Obra

Inicialmente, faz-se a escolha da fundação, que depende principalmente da resistência mecânica do solo. É de grande importância que os aspectos de estabilidade, durabilidade e alinhamento sejam contemplados. Independentemente do tipo de fundação executado, o nivelamento é fundamental para a correta montagem das fôrmas. Não existem restrições quanto a tipologia de fundação a ser utilizada. Entretanto, usualmente utiliza-se a laje tipo radier (Figura 12), atendendo-se a importância de trabalhar com uma folga de 5 cm em todo o perímetro, de forma a permitir o apoio e facilitar a montagem dos painéis. (ABCP,

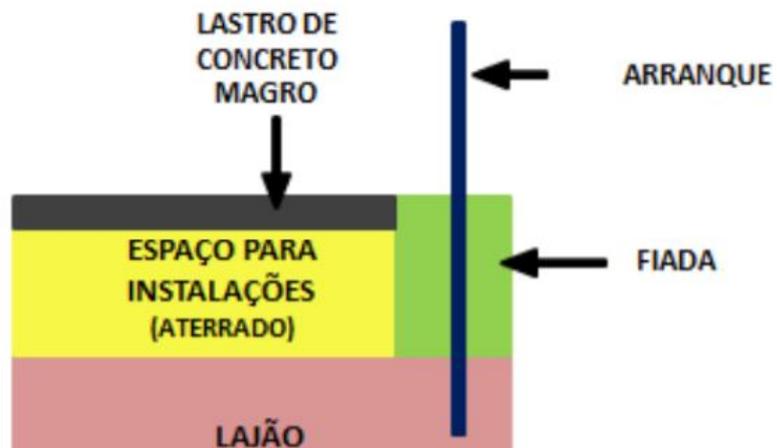


**Figura 12** – Radier.

**Fonte:** ABCP, 2008.

## ii) Lajão e Fiada Zero

Posteriormente, tem-se a execução da Fiada Zero (Figura 13), que é realizada acima do radier, marcando com bloco estrutural as divisórias das paredes. Dentro desses blocos são fixadas armações em barra retas que funcionarão como arranque para montagem das telas das paredes. Após a marcação dos cômodos (Figuras 14 e 15), é realizada a distribuição elétrica, hidráulica, gás, incêndio e telefonia, que irão ser o ponto de partida para a distribuição de todo o prédio. Em seguida, é feito o aterro (Figura 16) e a concretagem do “piso pobre” (Figuras 17 e 18), que consiste num lastro de concreto magro protegendo as instalações aterradas (ABCP, 2008).



**Figura 13** - Fiada Zero.

Fonte: Autoria Própria (2019).



**Figura 14** - Lajão pronto para receber Fiada Zero.

**Fonte:** Autoria Própria (2019).



**Figura 15** - Fiada Zero em execução.

**Fonte:** Autoria Própria (2019).



**Figura 16** - Fiada Zero aterrada e compactada.

**Fonte:** Autoria Própria (2019).



**Figura 17** - Lançamento de Concreto Magro.

**Fonte:** Autoria Própria (2019).

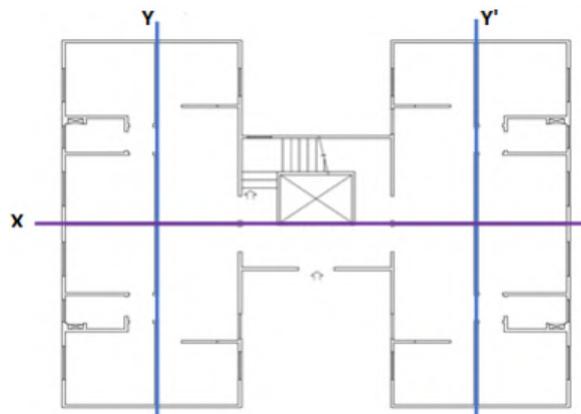


**Figura 18** - Fiada Zero finalizada.

**Fonte:** Autoria Própria (2019).

### iii) Linha de Eixo

As marcações das linhas de eixos X e Y (Figura 19) são referências para iniciar as montagens das fôrmas e, com isso, criar um projeto auxiliar nas cotas acumuladas. Tais linhas tem um papel fundamental pois auxiliam a evitar cômodos de tamanhos incorretos, assim como desalinhamentos na estrutura (JUNIOR, 2019).



**Figura 19** - Marcação dos eixos X e Y para auxiliar na montagem das fôrmas.

**Fonte:** MRV ENGENHARIA SPE LTDA (2020).

#### iv) Marcação das Paredes no Lajão

Após marcação dos eixos de referência no lajão (Figura 19), espelha-se para o lado direito e lado esquerdo a medida da marcação do eixo conforme especificado no projeto, delimitando a espessura da parede. Nesta etapa, utiliza-se xadrez vermelho para marcações (JUNIOR, 2019).

Após marcação das linhas das paredes, são fixados distanciadores dentro da espessura das paredes (Figura 20). Estes distanciadores auxiliam a manter as telas de armações no eixo da parede (JUNIOR, 2019).



**Figura 20** - Fixação de distanciadores na marcação das paredes.

**Fonte:** Autoria Própria (2020).

#### v) Armação

As telas de armações são montadas (Figura 21) sob o alinhamento do eixo dos distanciadores fixados na laje e amarradas às barras de aço deixadas na fiada zero. Além disso, são colocados espaçadores nas telas para garantir o posicionamento correto e o cobrimento especificado em projeto (ABCP, 2010).



**Figura 21** - Montagem das telas de aço com auxílio de distanciadores para serem mantidas nos eixos.

**Fonte:** MRV ENGENHARIA SPE LTDA (2020).

De acordo com as especificações de cada projeto, as armações devem ter reforços de barras retas nos vãos, como também devem evitar recortes, e quando houver, devem obedecer transpasse, conforme projeto estrutural (NBR 16055:2012).

Todas as paredes que apresentam vãos (janelas e portas), deverão ter suas telas posicionadas sem consideração das aberturas. Os cortes serão realizados após o posicionamento de uma face dos painéis de fôrma. Dessa forma, a produtividade é maior e economiza-se aço (ABCP, 2009).

O uso de vergalhões está relacionado aos reforços nas regiões de maior tensão, como por exemplo portas e janelas (Figuras 22 e 23). Além disso, auxiliam construtivamente na fixação e sustentação dos painéis de telas (ABCP, 2010).



**Figura 22** – Reforço em abertura de portas e janelas.

**Fonte:** Autoria Própria (2020).

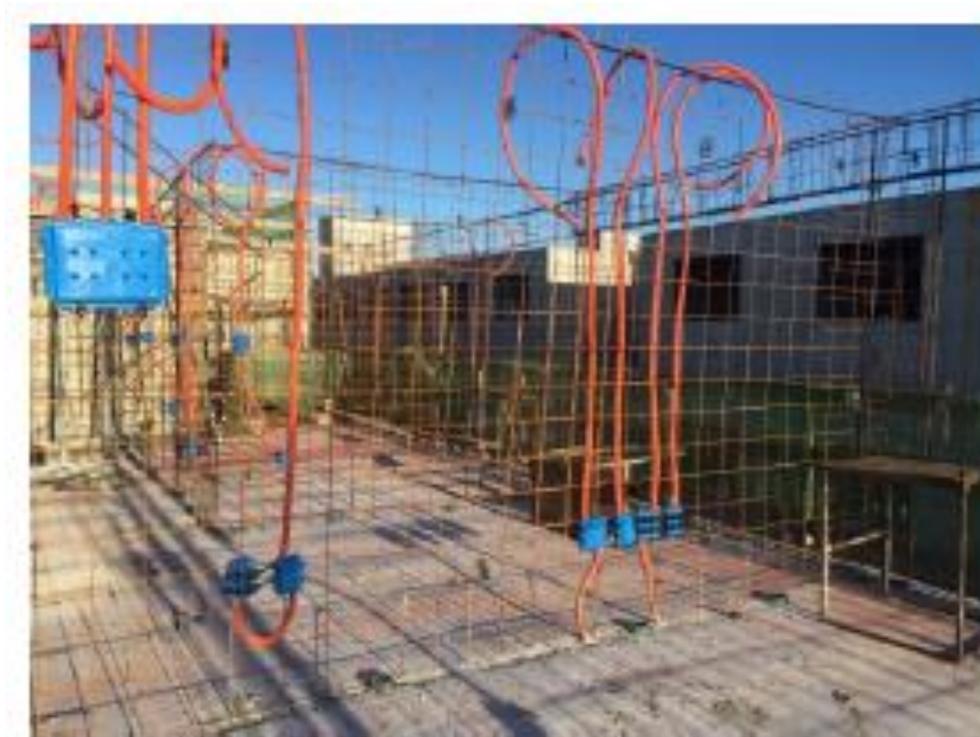


**Figura 23** – Vergalhão.

**Fonte:** Autoria Própria (2020).

## 2.5 Instalações Elétricas

As instalações elétricas (Figura 24) são executadas embutidas nas paredes e lajes. Dessa forma, faz-se necessária uma fixação adequada às telas, de forma que mantenham o posicionamento correto após a concretagem. De forma a aumentar a produtividade no serviço e obter uma padronização, são utilizados kits de chicotes elétricos. Eles são produzidos na Central de Kit (Figura 25), a qual localiza-se no canteiro de obras (NBR 16055:2012, ARÊAS, 2013).



**Figura 24** - Instalação elétrica embutida nas telas de armações.

**Fonte:** Autoria Própria (2020).



**Figura 25** - Central de Kit.

**Fonte:** Autoria Própria (2020).

Na Central de Kit, são separados previamente as instalações elétricas de cada apartamento. Nesse local, os conduítes são preparados com a medida exata de cada ponto elétrico. Vale ressaltar que visando agilizar o processo, os fios que alimentam as tomadas, iluminação e ar-condicionado já saem da central dentro dos conduítes. Dessa forma, para cada concretagem, são preparados os seguintes kits:

- Tomadas (Fiação)
- Iluminação (Fiação)
- Telefone (Fiação)
- Ar-Condicionado (Fiação)

Posteriormente a concretagem, são realizadas as montagens dos seguintes kits:

- Acabamento Elétrico
- Cabos de Alimentação
- Quadro de Distribuição de Circuitos

## 2.6 Instalações Hidráulicas

Devido a serem mais propícias a manutenções, as instalações hidráulicas em geral são executadas externamente (Figura 26). Dessa forma, o acesso é mais fácil e não causa danos a estrutura. Também são utilizados kits de hidráulica, onde são montados tubos e conexões previamente. Antes da primeira concretagem, é de grande importância a marcação nos painéis de fôrmas dos pontos de conexões. Devem ser feitos furos nos painéis, de forma a padronizar a fixação dos passantes hidráulicos (Figura 27) e demarcar as entradas de água. Elas serão cobertas por *shafts* em paredes e forros de gesso em lajes (ABCP, 2008).

Via de regra, utiliza-se para a instalação predial de água fria e quente o sistema PEX (Polietileno reticulado) para condução de água, pois possui grande flexibilidade e é fornecido em rolo. Nesse sentido, tal item é concretado junto com a estrutura, tendo origem no ponto onde será localizado o hidrômetro e destinando-se até os pontos de alimentação de água do apartamento. Vale ressaltar que é fundamental a utilização de conduítes reforçados para proteger o sistema PEX durante a concretagem.

De acordo com Manzione (2007), a produção de instalações no sistema de kits reduz consideravelmente o custo de mão-de-obra, além de permitir controle adequado dos materiais e maior garantia de qualidade.

Além dos kits elétricos, que visam atender a demanda da obra antes da concretagem, a Central de Kit também produz os kits hidráulicos (Figuras 28 e 29), que visam atender o sistema após a desforma. Entre eles, temos:

- Esgoto Cozinha e Banheiro
- Água Fria Cozinha e Banheiro
- Hidrômetro
- Louças



**Figura 26** - Instalação hidráulica de esgoto e água fria montadas na parte externa da Parede de Concreto.

**Fonte:** Autoria Própria (2020).



**Figura 27** - Passagem hidráulica em laje.

**Fonte:** Autoria Própria (2020).



**Figura 28** - Kit hidráulico de esgoto cozinha finalizado.

**Fonte:** Aatoria Própria (2021).

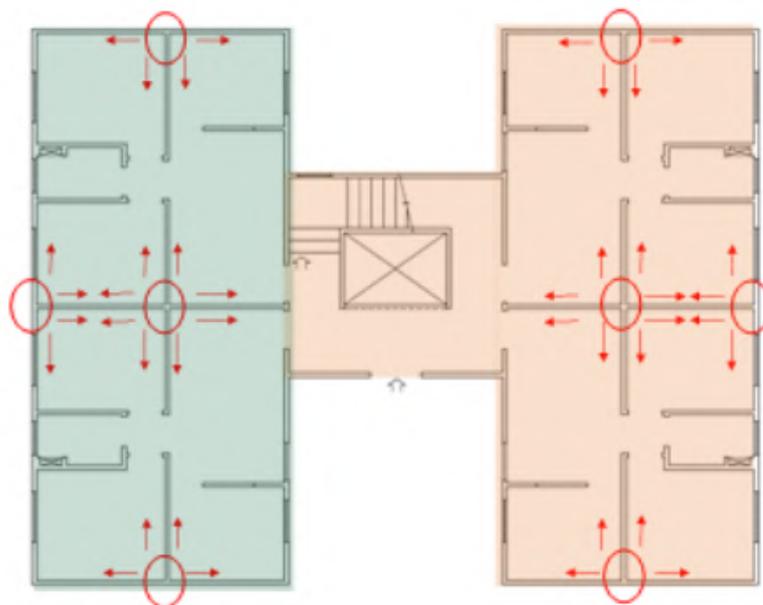


**Figura 29** - Kit hidráulico de esgoto banheiro finalizado.

**Fonte:** Aatoria Própria (2021).

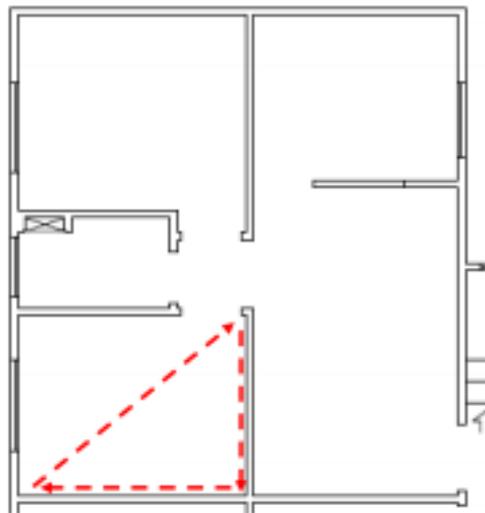
## 2.7 Montagem das Fôrmas

Previamente ao início da montagem, deve-se verificar se a armação das paredes está finalizada. Espaçadores e reforços devem estar posicionados, além das tubulações elétricas e hidráulica devidamente fixadas. Todos os painéis devem receber aplicação de desmoldante nas faces internas, externas e laterais. Posteriormente, deve-se iniciar a montagem das fôrmas, que deve seguir a sequência executiva informada no projeto do empreendimento (Figura 30). É de grande importância a conferência com esquadro (Figura 31) e prumo (Figura 32) antes de todas as concretagens. Além disso, deve-se verificar se os escoramentos e os alinhadores horizontais estão devidamente posicionados. (NBR 16055:2012).



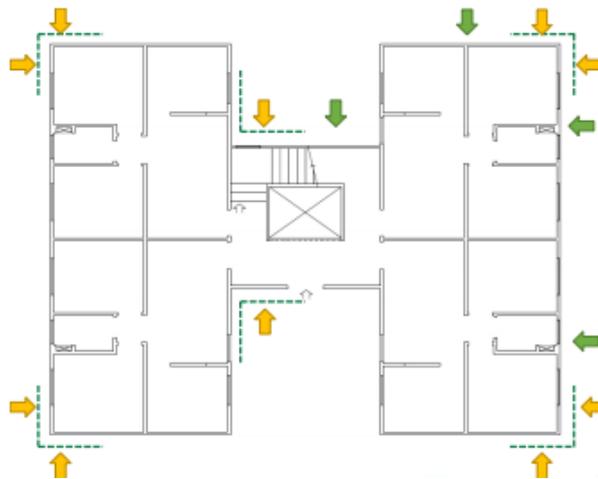
**Figura 30** - Pontos iniciais de montagem das fôrmas.

**Fonte:** MRV ENGENHARIA SPE LTDA (2020).



**Figura 31** - Conferência de esquadro das fôrmas.

**Fonte:** MRV ENGENHARIA SPE LTDA (2020).



**Figura 32** - Conferência de prumo de face.

**Fonte:** MRV ENGENHARIA SPE LTDA (2020).

Após a primeira montagem, as fôrmas de todos os cômodos devem ser numeradas (Figuras 33 e 34), gerando uma melhor identificação e otimizando as etapas de desmontagem e remontagem (ABCP, 2008).



**Figura 33** - Numeração das fôrmas.

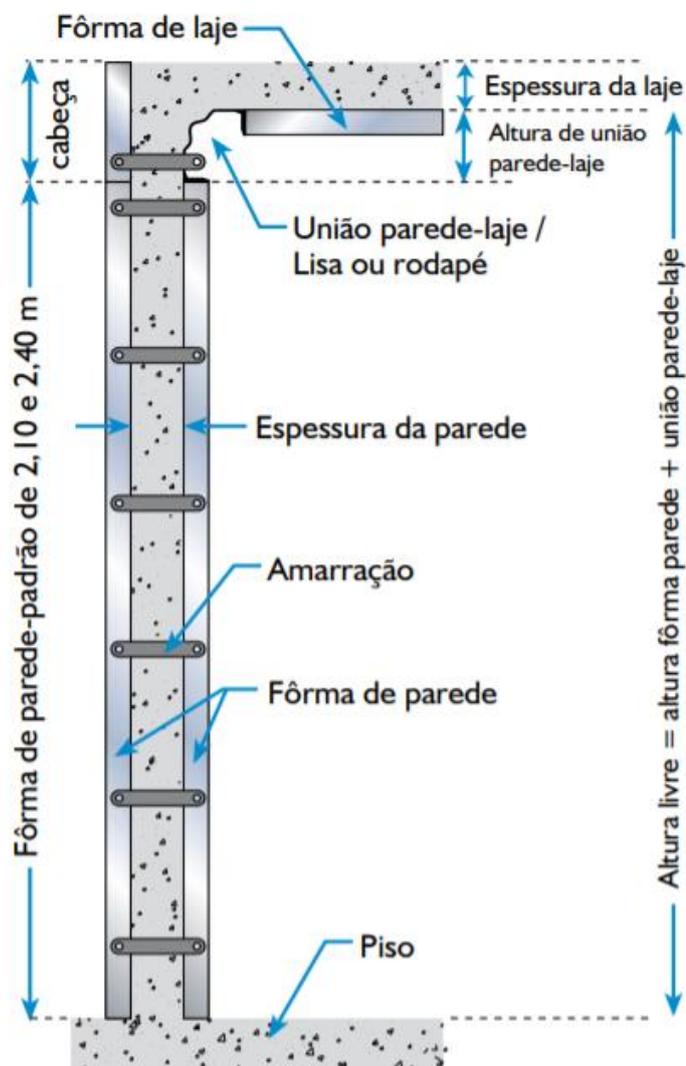
**Fonte:** Autoria Própria (2019).



**Figura 34** - Numeração das fôrmas.

**Fonte:** Autoria Própria (2019).

As paredes de concreto são executadas juntamente com as lajes. Os procedimentos aplicados às paredes se repetem nas lajes, sendo este sistema conhecido como monolítico (Figura 35). Nesse sentido, as montagens das fôrmas e armações das lajes se iniciam após o término de montagens das paredes, e ambas são concretadas juntas. Para tanto, existe a união parede-laje, que consiste num perfil conector. Em seguida, de acordo com a modulação do projeto, coloca-se as fôrmas de laje e estas são fixadas à união. Ao final, quando todas as fôrmas de laje estiverem fixadas e escoradas (Figura 36), colocam-se as telas de armação (Figura 37), que são as mesmas utilizadas nas paredes. Nesta etapa, é importante ter atenção nos pontos críticos da estrutura, pois nestes existem armações de reforços. Nas lajes são exigidas conferências com nível a laser (FORSA, 2019).



**Figura 35** - Representação do Sistema Monolítico.

**Fonte:** Forsa (2019).



**Figura 36** – Escoramento da laje.

**Fonte:** Forsa (2019).



**Figura 37** – Laje após colocação das malhas.

**Fonte:** Forsa (2019).

## **2.8 Controle Tecnológico do Concreto**

Antes de iniciar a concretagem, é de grande importância, no ato do recebimento do concreto, a realização do ensaio de *Slump Flow* (Figura 38), que visa determinar o espalhamento e a capacidade do concreto de preencher as fôrmas. Além disso, é possível

obter a viscosidade aparente por meio da mensuração do tempo em que o concreto alcança o espalhamento de 500 mm, conforme prescrito na Norma NBR 15823 - Concreto Auto-Adensável.

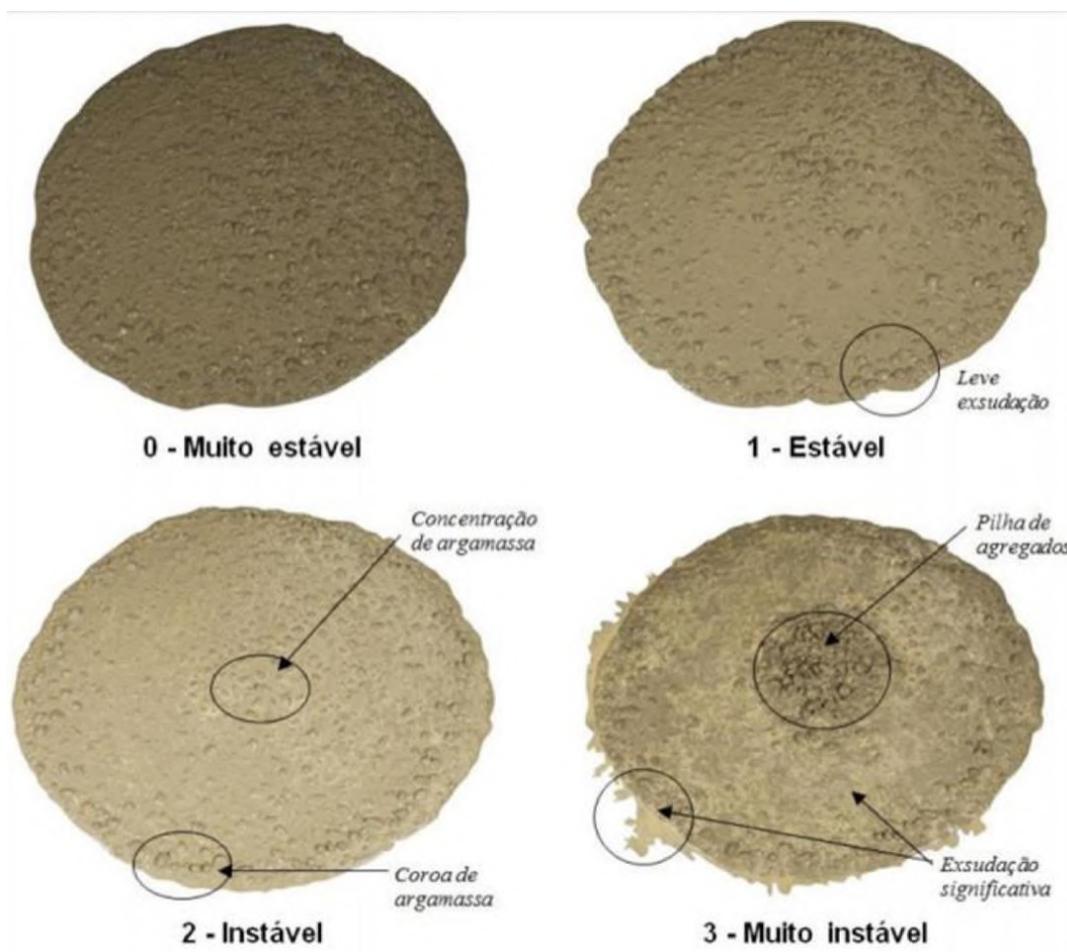


**Figura 38** - Representação do ensaio de *Slump Flow*.

**Fonte:** Autoria Própria (2020).

Ao final do ensaio de abatimento, verifica-se, visualmente, se o concreto está segregando ou não. Na Figura 39, nota-se que, com o concreto segregando (3), o agregado graúdo forma uma pilha central, enquanto apenas a argamassa flui para as extremidades. Caso esse concreto fosse aplicado de fato nas fôrmas, acarretaria que o agregado graúdo iria para o fundo delas, enquanto a água e a argamassa subiriam para a superfície, próximas a laje. Tal aplicação provocaria grandes falhas de concretagem e diminuiria a resistência mecânica das peças. É fundamental que o concreto se apresente muito estável ou estável e, com isso, é

possível garantir que esteja fluido e coeso. Dessa forma, dificilmente irá segregar após a utilização (TUTIKIAN e MOLIN, 2008).



**Figura 39** - Representação da segregação do Concreto Auto Adensável.

**Fonte:** MRV ENGENHARIA SPE LTDA (2019).

De acordo com a NBR 5739:2018 – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, para garantir que o concreto irá apresentar o desempenho esperado, e, possua os níveis de elasticidade e resistência adequados, é preciso realizar a retirada de amostras (Figura 40) de corpos de prova (CP) para testes de compressão (Figura 41). Tais testes devem ser realizados por um laboratório que possua a devida certificação. Dessa forma, todos os caminhões são ensaiados, sendo 10 corpos de prova retirados de cada. Tais moldes são realizados após o *Slump Flow*, antes do início da concretagem. Os rompimentos são feitos com 12 horas (2 CP's), 3 dias (2 CP's), 7 dias (1 CP), 14 dias (2 CP's), 28 dias (2 CP's) e 63

dias (1 CP). Este último só deverá ser rompido caso os dois CP's de 28 dias não atinjam a resistência especificada em projeto.



**Figura 40** – Corpos de prova.

**Fonte:** Autoria Própria (2020).



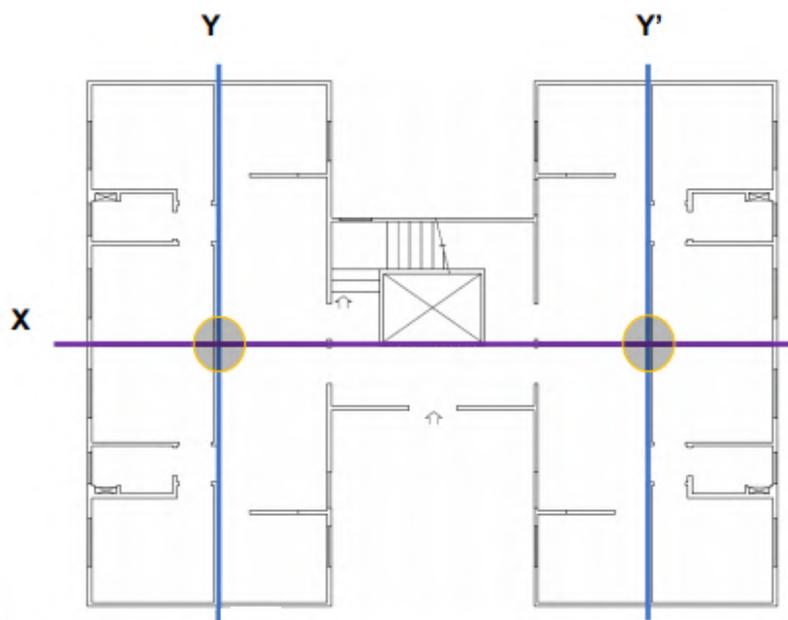
**Figura 41** – Ensaio de Compressão.

**Fonte:** Marco Alcantara (2020).

## 2.9 Concretagem

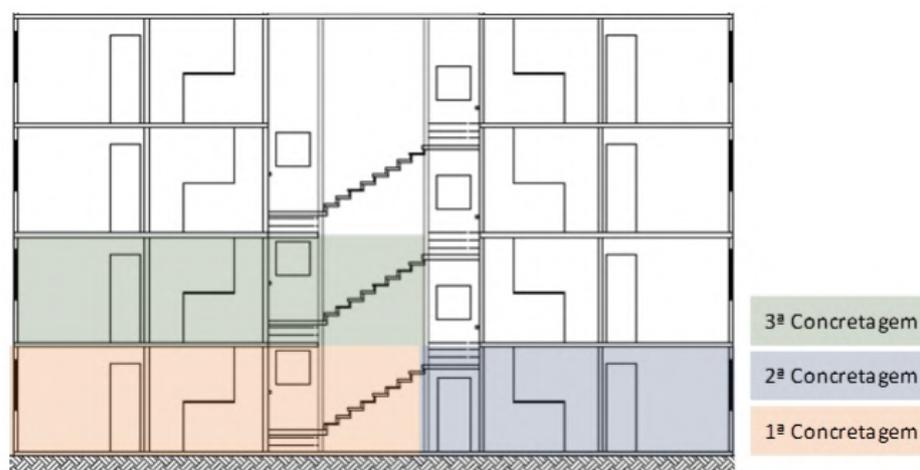
As concretagens são iniciadas pelo encontro de quatro paredes, centro do bloco (Figura 42), deixando o concreto preencher toda a parte inferior da fôrma. A concretagem é realizada na sequência ordenada, de duas concretagens (Figura 43) por pavimento. Considerando-se a utilização do concreto auto adensável, não é necessário o uso de vibradores (Figura 44).

Importante destacar que no decorrer das concretagens as fôrmas devem ser lavadas externamente com uma lavadora de alta pressão (Figura 45) para evitar o acúmulo de nata de concreto, facilitando a limpeza após a concretagem e a conservação das peças (ABCP, 2008).



**Figura 42** - Pontos de início de concretagem.

Fonte: MRV ENGENHARIA SPE LTDA.



**Figura 43** - Sequência de concretagem.

Fonte: MRV ENGENHARIA SPE LTDA.



**Figura 44** – Concretagem com concreto auto adensável.

**Fonte:** Autoria Própria (2020).



**Figura 45** – Lavagem com lavadora de alta pressão.

**Fonte:** Autoria Própria (2020).

## 2.10 Cura do Concreto

De acordo com a NBR 16.055, enquanto o concreto não atingir o endurecimento satisfatório, ele deve ser protegido contra agentes que o prejudicam: chuva forte, mudanças bruscas de temperatura e vento. É fundamental que se evite a perda de água para a superfície exposta.

Após o fim da concretagem, inicia-se o processo de cura da estrutura, a qual requer diversas ponderações. No sistema parede de concreto, o ciclo da concretagem é diário, o que requer uma cura rápida. Dessa forma, apresenta-se como uma ótima opção a cura química, que gera um ganho de resistência do concreto e potencializa a redução de fissuras por retração (ABCP, 2010). Outra opção é a cura por molhagem, na qual deve-se umedecer o concreto com água, promovendo a hidratação do cimento (ABCP, 2010).

Por fim, é de grande importância cumprir o plano de desforma da estrutura, no qual as escoras das lajes devem ser mantidas até que o concreto atinja a resistência mínima pré-determinada em projeto (NBR 14.931:2004).

## **2.11 Desforma**

O procedimento de desforma só inicia após o concreto ter atingido resistência mínima, conforme especificação do projeto estrutural. Usualmente tal valor é 3 MPa, e deve ser obtido em até 12 horas com o uso de aditivos (VENTURINI, 2011).

Após atingir a resistência mínima, recomenda-se iniciar a desforma pelos cantos de dentro dos cômodos (Figura 46). O novo ciclo de montagem inicia-se após a limpeza das fôrmas, fundamental para mantê-las em estado conservado. Após a desforma, deve-se realizar a conferência das dimensões, esquadro e prumo dos cômodos. Dessa forma, garante-se que o executado esteja conforme o planejado em projeto (VENTURINI, 2011).

Em seguida, deve-se iniciar a estucagem (Figura 47), que consiste cobrir os buracos nos quais havia travamentos das fôrmas. Para este processo, utiliza-se argamassa AC III. (ABCP, 2010).

Concluído o pavimento térreo, antes de iniciar o segundo pavimento, é necessário a instalação da plataforma (Figura 48) de trabalho ao redor de todo o prédio (VENTURINI, 2011).



**Figura 46** - Desforma pelos cantos dos cômodos.

**Fonte:** MRV ENGENHARIA SPE LTDA (2019).



**Figura 47** - Pontos de travamento a serem estucados.

**Fonte:** Aatoria Própria (2019).



**Figura 48** - Passarela montada ao redor do prédio para fôrma do 2º pavimento.

**Fonte:** Autoria Própria (2020).

## 2.12 Manifestações Patológicas

Assim como outros modelos construtivos, o sistema Parede de Concreto também está sujeito ao aparecimento de patologias que podem comprometer o desempenho da estrutura. De forma geral, elas ocorrem por má qualidade dos materiais ou falha de execução em alguma etapa construtiva.

Os problemas mais comuns são os defeitos superficiais e as fissuras. Estas, podem ser causadas por (LORENCETO, 2019):

- Retração plástica inicial: Causada por perda de água com o concreto ainda não endurecido;
- Retração química: Causada pelo menor volume dos cristais formados na reação do cimento;
- Retração hidráulica: Causada pela perda de água quando já endurecido (Figura 49);



**Figura 49** - Retração hidráulica.

**Fonte:** BOCCARDO (2014).

- Deformação: Causada por esforços superiores ao que é suportado pela estrutura, sendo que podem ser gerados por impactos mecânicos, armazenamento incorreto de cargas ou sobrecargas.

No sistema Parede de Concreto, existem regiões que se tornam enfraquecidas devido a presença de conduítes, caixas de passagem e quadros do sistema elétrico. Estes, são fixados nas telas de armação, conforme o item 2.5. Nesses pontos, a capacidade de resistência a tração das paredes é bastante reduzida. Dessa forma, para evitar o aparecimento de fissuras, é de grande importância ter um concreto bem dosado, atendendo os parâmetros do projeto estrutural. Nesse sentido, aspectos como acabamento e retração também devem ser considerados na dosagem do concreto. (WENDLER, 2019).

Ao final da cura, as paredes devem apresentar-se uniformes, sem armadura exposta e/ou concreto desagregado. Quando ocorrerem ondulações, imperfeições nas paredes (Figura 50) ou buracos deixados pelo travamento das formas, deve-se limpar toda a área e tratar com argamassa AC III, promovendo o tratamento estético das imperfeições (Figura 51) (ABCP, 2008).



**Figura 50** - Exemplo de imperfeições após desforma.

**Fonte:** BOCCARDO (2014).



**Figura 51** - Tratamento em paredes com ondulações, utilizando AC III.

**Fonte:** MRV ENGENHARIA SPE LTDA (2019).

Quanto as falhas de execução, caracterizam-se como as mais comuns o vazamento de concreto pela base das fôrmas e a ausência de espaçadores nas armaduras, acarretando a falta de cobrimento ao final da concretagem e conseqüentemente prejudicando a integridade da armadura quanto à corrosão (ZANON, 2013).

Outra falha de execução comum é o atraso no descarregamento no concreto. Sabe-se que existem procedimentos normatizados para recebimento e aplicação do mesmo e, principalmente, o período máximo para a descarga em função da pega do concreto (início das reações químicas). A presença do superplastificante no concreto auto adensável faz com que este possua um curto prazo de funcionamento, cerca de 40 minutos. Após esse período, o concreto perde trabalhabilidade e pode levar ao aparecimento de junta de concretagem, como pode ser visto na Figura 52 (WENDLER, 2019).



**Figura 52** - Junta de concretagem após aplicação de concreto vencido.

**Fonte:** BOCCARDO (2014).

Devido a presença de desmoldante nas fôrmas, é recomendada uma lavagem da estrutura com lavadora de alta pressão após a concretagem. A presença deste não é prejudicial ao concreto, porém o excesso (Figura 53) impossibilita a aderência de acabamentos, como gesso e argamassa, podendo causar até deslocamento de peças cerâmicas (BOCCARDO, 2014).



**Figura 53** - Excesso de desmoldante nas paredes.

**Fonte:** BOCCARDO (2014).

### **3. SISTEMA CONSTRUTIVO ALVENARIA ESTRUTURAL**

#### **3.1 Características**

De acordo com TAUIL e NESSE (2010), na Alvenaria Estrutural não são utilizados vigas e pilares, pois as paredes portantes atuam de forma a distribuir as cargas uniformemente até as fundações. Dessa forma, as paredes cumprem uma dupla função: estrutural e vedação. Nesse sentido, existem 3 tipos de alvenaria estrutural:

- Alvenaria não armada: Elemento de alvenaria no qual não há armadura dimensionada para resistir aos esforços solicitantes (tração). Em geral, a armadura presente restringe-se a controlar a fissuração nas paredes, dessa forma ela atua em cintas, vergas, contravegas, amarração entre as paredes e juntas. Todas as regiões com armaduras devem ser grauteadas.
- Alvenaria armada ou parcialmente armada: modelo no qual existem reforços estruturais, ou seja, armaduras passivas. Utilizam-se telas de aço e barras dentro dos blocos, os quais são grauteados. Além disso, existe o preenchimento de todas juntas verticais. Em geral, esse reforço se faz necessário devido aos esforços horizontais, como vento e desaprumo, que geram tensões superiores ao resistido pela argamassa. Dessa forma, se faz necessário adicionar armadura vertical para combater os esforços de tração.
- Alvenaria protendida: tipo de alvenaria no qual é reforçada por uma armadura ativa (pré-tensionada), a qual sujeita a alvenaria a esforços de compressão.

Outro aspecto relevante é a coordenação modular. Ela consiste em organizar, com medidas pré-definidas, todos os componentes que fazem parte de um edifício. Conseqüentemente, projetar de maneira modular possibilita uma maior compatibilização dos elementos construtivos, além de permitir maior organização dos espaços. Sendo assim, é de grande importância seguir a paginação que está contida no projeto (TAUIL E NESSE, 2010).

A alvenaria estrutural apresenta-se como uma excelente opção para a construção enxuta. Devido a seu elevado grau de racionalização e coordenação modular, possui o conceito de linha de produção, naturalmente aplicável ao *lean construction* (MONTEIRO, 2010).

## 3.2 Materiais

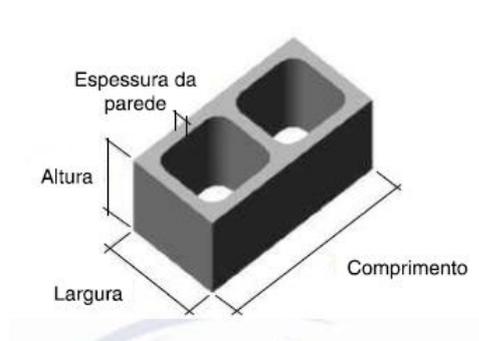
De acordo com a NBR 16868-2020, a Alvenaria Estrutural tem como principais componentes: bloco estrutural, argamassa, graute e aço. Visando segurança e durabilidade, todos eles possuem especificações que devem estar de acordo com suas respectivas normas.

### 3.2.1 Bloco Estrutural

Os blocos estruturais são os elementos mais importantes desse modelo construtivo, afinal eles são responsáveis pela resistência à compressão e determinam a modulação dos projetos. Os mais comuns são os de concreto e cerâmicos, sendo que podem ser maciços ou vazados. Estes, podem ser preenchidos com graute, aumentando a resistência da alvenaria à compressão. (CAMACHO, 2006).

Segundo a NBR 6136:2016, temos as seguintes definições para os blocos vazados de concreto simples, destinados à execução de alvenaria com ou sem função estrutural:

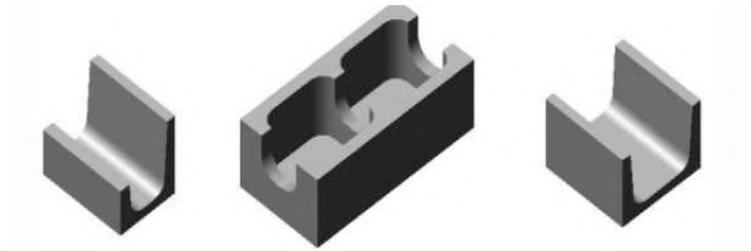
- Bloco vazado de concreto simples (Figura 54): Componente para execução de alvenaria, com ou sem função estrutural, vazado nas faces superior e inferior, cuja área líquida (área com desconto dos vazios) é igual ou inferior a 75% da área bruta (área desprezando a existência de vazios).



**Figura 54** - Bloco vazado de concreto simples.

**Fonte:** ABNT 6136:2016.

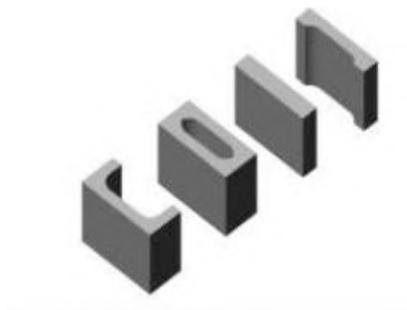
- Bloco tipo canaleta: Componentes de alvenaria, vazados ou não, com conformação geométrica conforme a Figura 55. Foram criados para racionalizar a execução de contravergas, vergas e cintas.



**Figura 55** - Blocos tipo canaleta.

**Fonte:** ABNT 6136:2016.

- Bloco compensador (Figura 56): Componente de alvenaria destinado para ajustes de modulação.



**Figura 56** - Blocos tipo compensador.

**Fonte:** ABNT 6136:2016.

Ainda de acordo com a Norma, os blocos comercializados com função estrutural possuem as dimensões apresentadas na Figura 57.

Família		20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	7,5 x 40
Medida Nominal mm	Largura	190	140		115			90		65
	Altura	190	190	190	190	190	190	190	190	190
	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
	Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
	2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
	1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
	Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-
	Amarração "T"	-	540	440	-	365	-	-	290	-
	Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	90
	Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
	Canaleta inteira	390	390	290	390	240	365	390	290	-
	Meia canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-

**Figura 57** - Dimensões padronizadas.

**Fonte:** NBR 6136 (2016).

### 3.2.2 Argamassa

É o componente utilizado na ligação entre os blocos (Figura 58), visando realizar a solidarização, uniformizar e transmitir as cargas. Além disso, garante a vedação e propicia aderência com as armaduras nas juntas. É fundamental que possua boa aderência, pois, dessa forma, o conjunto de blocos deformará de maneira igualitária. É composta por cimento, água, cal, agregado miúdo e com a possibilidade de aditivos (CAMACHO, 2006).

Segundo a NBR 16868:2020, a argamassa não deve ter uma elevada resistência à compressão, sendo limitada a 1,5 vez da resistência característica especificada para o bloco. Tal fato deve-se para prevenir retrações e fissuras. Nesse sentido, também é importante que ela tenha plasticidade, de forma a absorver as deformações.



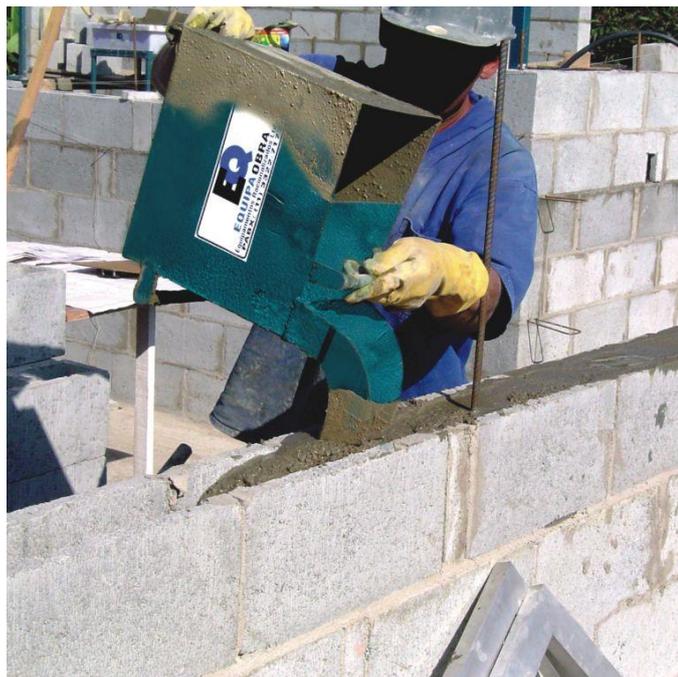
**Figura 58** - Argamassa de assentamento.

**Fonte:** Sua Obra (2021).

### 3.2.3 Graute

É um concreto fino formado de cimento, agregado miúdo, agregado graúdo de pequena dimensão e água (Figura 59). Possui alta fluidez, de forma que preenche todos os vazios quando utilizado corretamente. Tem como funções aumentar a resistência à compressão da alvenaria e propiciar aderência com as armaduras. É utilizado no preenchimento de canaletas, vergas, contra-vergas e furos verticais nos blocos. (MANZIONE, 2007).

Visando obter maior produtividade, é de grande importância que os colaboradores responsáveis pelo o grauteamento tenham suas tarefas unicamente destinadas a esse serviço, como limpeza, lançamento e adensamento. Dessa forma, os responsáveis pelo assentamento dos blocos poderão ter foco exclusivo na alvenaria, além de obter um maior controle tecnológico do modelo construtivo (AMORIM, 2010).

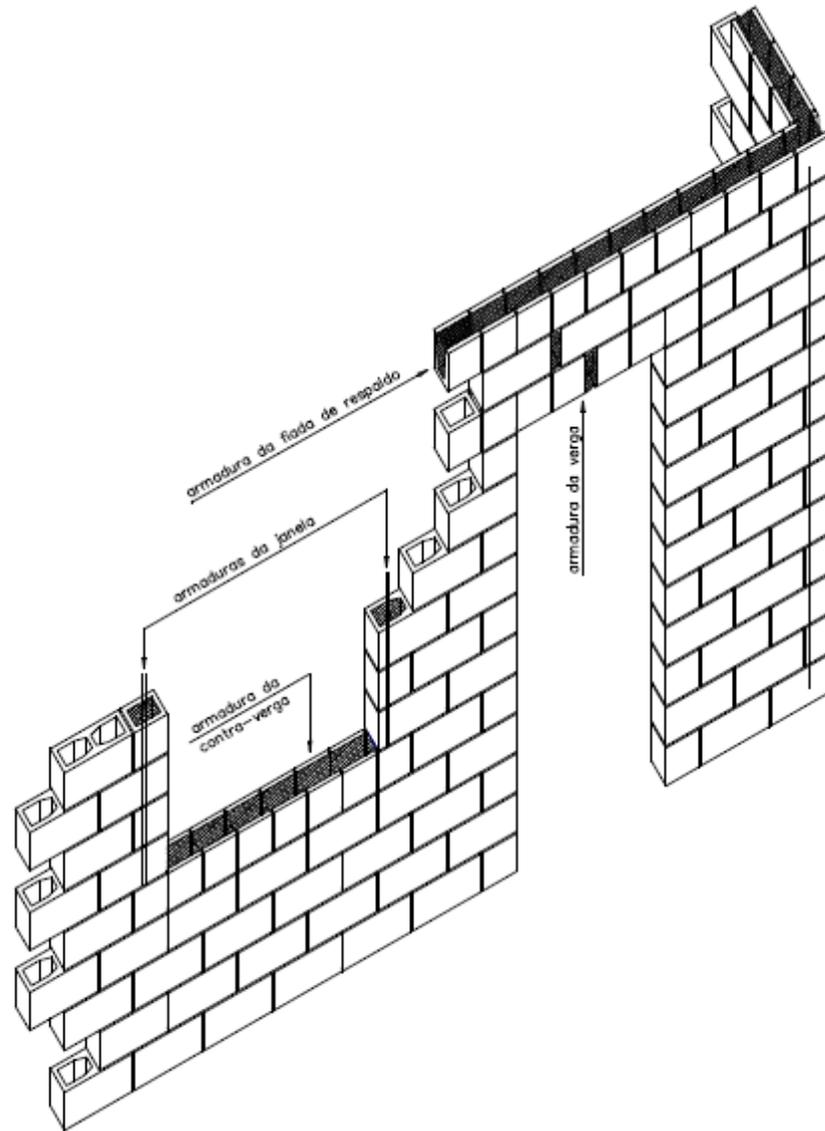


**Figura 59** – Grauteamento.

**Fonte:** Equipa Obra (2021).

### 3.2.4 Aço

Possuem as mesmas finalidades das utilizadas no concreto armado, e, se fazem presentes na forma de armadura construtiva ou de cálculo. Dessa maneira, possuem funções de absorver esforços de tração e realizar necessidades construtivas. Sendo assim, em vergas, contra-vergas e canaletas, são utilizadas de forma horizontal (Figura 60). Na vertical, deve-se consultar os pontos estabelecidos no projeto estrutural (CAMACHO, 2006).



**Figura 60** – Armadura.

**Fonte:** RKS Engenharia de Estruturas LTDA (2017).

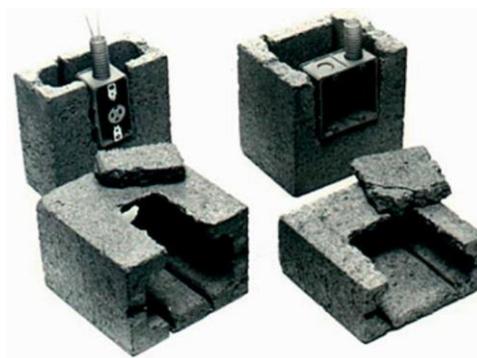
### 3.3 Instalações Elétricas

É de grande importância que as tubulações elétricas sejam na vertical, fazendo uso dos vazados dos blocos para a passagem dos conduítes (Figura 61). O detalhamento do caminhamento das mangueiras deve estar presente no projeto elétrico e nos desenhos de elevação da alvenaria, assim como a locação das caixas e quadros elétricos. Nesse sentido, é fundamental o uso de uma Central de Kits onde os blocos são previamente cortados para chumbar as caixinhas elétricas (Figura 62), obtendo maior produtividade e precisão no produto final (MANZIONE, 2007).



**Figura 61** – Instalações previamente realizadas.

**Fonte:** Inova Civil (2018).



**Figura 62** – Blocos fabricados para fixação de caixinha 4x2 e 4x4.

**Fonte:** Tauil e Nesse (2010).

### 3.4 Instalações Hidráulicas

Diferentemente das instalações elétricas, as hidráulicas não podem ter tubulações com fluidos embutidas em paredes estruturais.

De acordo com a NBR 15961-1 (2011):

“Não são permitidos condutores de fluidos embutidos em paredes estruturais, exceto quando a instalação e a manutenção não exigirem cortes”.

Portanto, deve-se fazer uso de *shafts* (Figura 63) e forros falsos. Visando redução de gasto com tubos e conexões, é de grande importância que todas as áreas molhadas (cozinhas, banheiros, áreas de serviço) estejam concentradas numa mesma região da edificação, otimizando a criação dos *shafts*. Assim como no sistema construtivo Parede de Concreto, é possível realizar a montagem de *kits* hidráulicos, aumentando a produtividade (MANZIONE, 2007).



**Figura 63** – *Shaft* Externo.

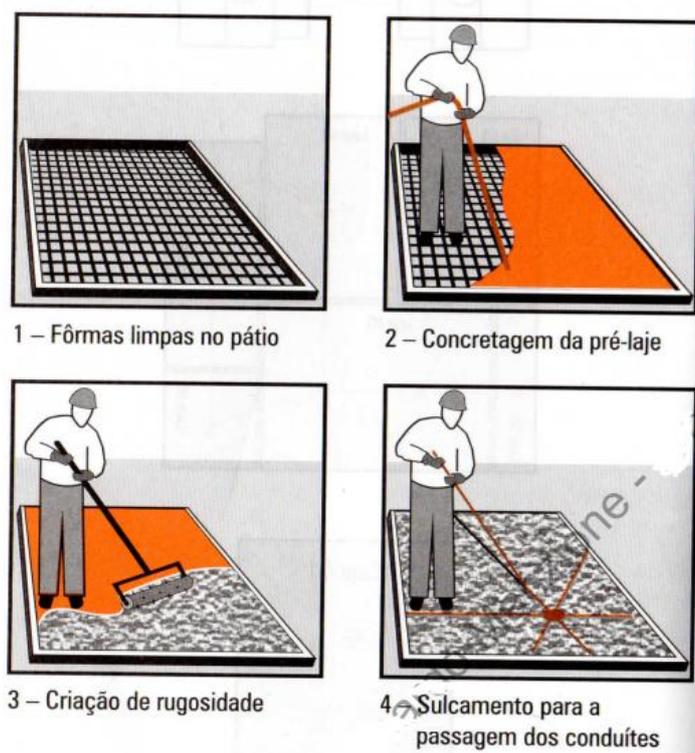
**Fonte:** Comunidade da Construção (2021).

### 3.5 Lajes

Para o uso em obras habitacionais, destacam-se os seguintes tipos de lajes (MANZIONE, 2007):

- Pré-lajes do tipo cômodo:

São peças pré-moldadas que possuem 5 cm de espessura, e são complementadas com uma capa de concreto moldada *in loco*. Com o capeamento, existe uma garantia de união das peças. Em geral, são produzidas em fôrmas metálicas e com alguns componentes elétricos embutidos, como caixas de passagem para pontos de iluminação. O trajeto dos eletrodutos é indicado por sulcos realizados na superfície da pré-laje (Figura 64). No projeto de produção devem estar presentes todas as medidas, furos e *shafts* previstos.



**Figura 64** – Processo executivo da laje tipo cômodo.

**Fonte:** Manzione (2007).

- Lajes pré-moldadas do tipo cômodo, moldadas com espessura final (Figura 65):

Nesse sistema, as lajes já são transportadas para os cômodos com as dimensões finais. Dessa forma, todos os componentes elétricos já estão inclusos, como os conduítes. Ao ser assentada no seu ponto final, deve-se realizar a amarração dos negativos, com uso de complemento de concreto no local. Posteriormente, deve-se realizar a crimpagem (Figura 66), que consiste na união de conduítes.



**Figura 65** – Laje pré-moldada do tipo cômodo, moldada com espessura final.

**Fonte:** Autoria Própria (2021).



**Figura 66** – Crimpagem.

**Fonte:** Aatoria Própria (2021).

- Pré-lajes do tipo painel treliçado (Figura 67)

São alternativas que dispensam o uso de equipamentos de içamento e podem ser montadas com mão-de-obra comum. São consideravelmente mais econômicas do que as lajes moldadas in loco, apesar de necessitarem revestimento no teto.

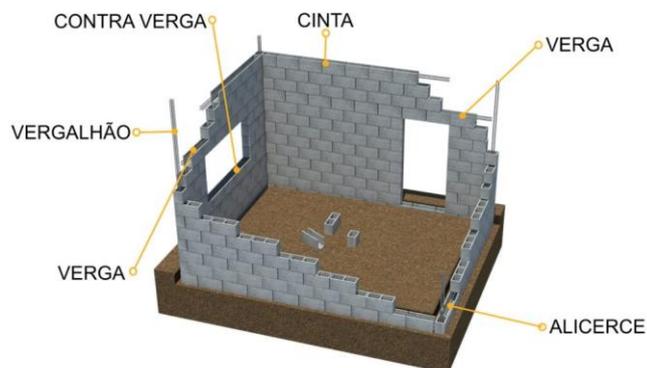


**Figura 67** - Laje Painel Treliçado.

**Fonte:** Lajes Curitiba (2021).

### 3.6 Processo Executivo

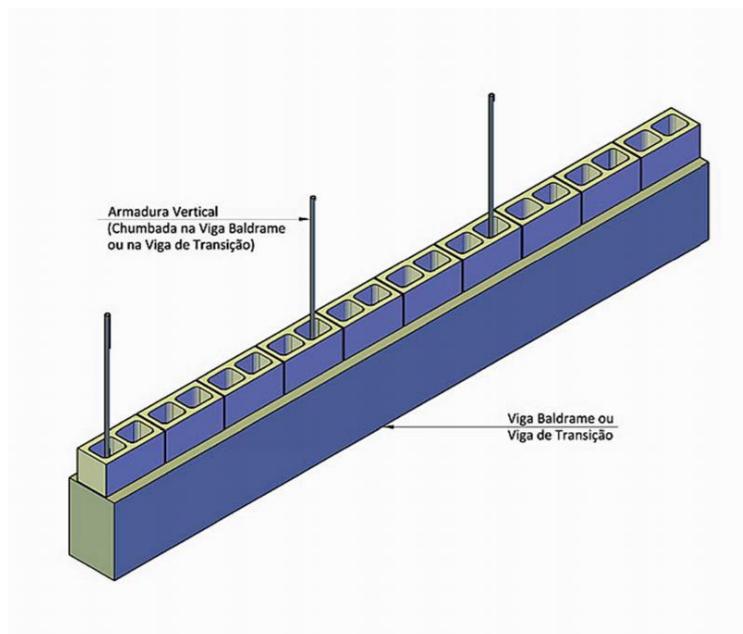
Tem-se que o processo executivo da Alvenaria Estrutural (Figura 68) pode ser resumido em duas etapas (MAZIONE, 2007):



**Figura 68** - Elementos da Alvenaria Estrutural.

**Fonte:** Retonto (2021).

- Marcação da primeira fiada: Respeitando os eixos de locação e realizando o assentamento dos blocos, deve-se fazer uso de esquadro, nível e linha. É importante realizar uma conferência geral das cotas, com verificação dos vãos das portas e o posicionamento de conduítes elétricos. A locação deve ser realizada com uso de cotas acumuladas visando minimizar o acúmulo de erros de medição. Em geral, inicia-se a marcação pelas paredes externas, visando facilitar o enquadramento das paredes. Após esta etapa, faz-se a verificação utilizando o esquadro. Em seguida, inicia-se a locação da primeira fiada em pontos estratégicos, como canto de paredes, encontros e aberturas (Figuras 69 e 70).



**Figura 69** – Primeira fiada.

**Fonte:** Tauil e Nesse (2010).

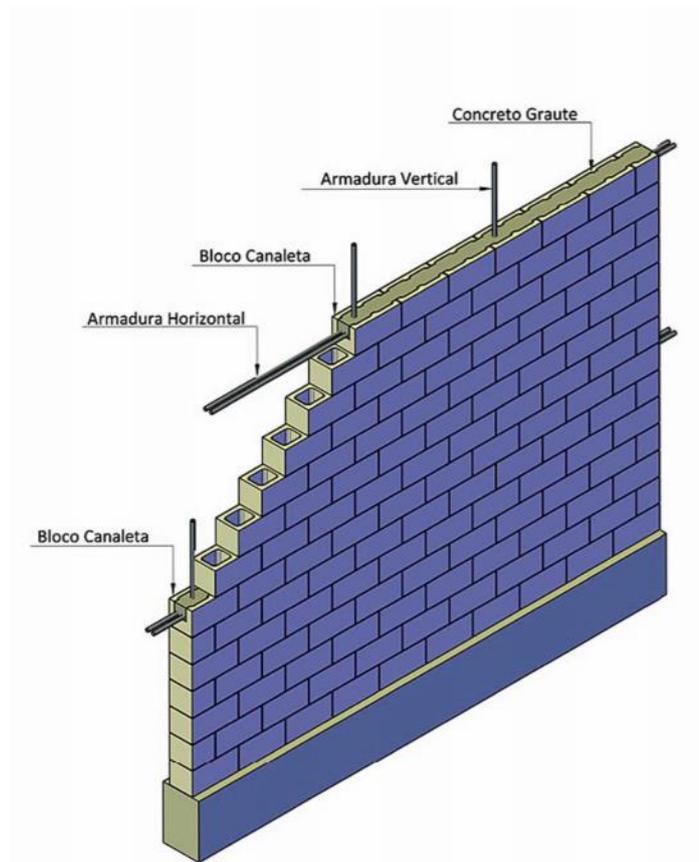


**Figura 70** – Primeira fiada sendo assentada.

**Fonte:** Tauil e Nesse (2010).

- Elevação: Deve-se garantir prumo, nível, alinhamento e planicidade. É fundamental realizar a armação de vergas e contra-vergas, e a união entre paredes estruturais deve ser realizada preferencialmente por amarração de blocos. Na elevação da alvenaria (Figura 71), as fiadas são assentadas umas sobre as outras de maneira que as juntas verticais sejam descontínuas. É de grande importância que a cada fiada uma linha seja esticada para garantir a

horizontalidade, além de serem aprumadas (Figura 72). Com relação à argamassa de assentamento, ela deve ser assentada no sentido longitudinal ou nos sentidos longitudinais e transversais, aumentando a resistência à compressão da alvenaria. O grauteamento ocorre em duas etapas: primeiro, na altura da sétima fiada, e, posteriormente, na última fiada (Figura 73). Este, além de ser aplicado em pontos verticais, é aplicado horizontalmente nas cintas, vergas e contra-vergas. Elas têm a função de, além de evitar trincas diagonais em volta das esquadrias, enrijecer a estrutura. Uma inspeção recomendada é realizar um furo no bloco da primeira fiada, de forma que deve ocorrer um vazamento, caracterizando um preenchimento correto. Após a quinta ou sexta fiada, os pedreiros trabalham sobre um andaime continuando o assentamento dos blocos (Figura 74). Além disso, o trabalho deles no pavimento é sempre precedido da colocação de uma proteção na periferia do edifício, garantindo a segurança contra quedas (Figura 75).



**Figura 71** – Elevação e última fiada.

**Fonte:** Tauil e Nesse (2010).



**Figura 72** – Nível e prumo da alvenaria.

**Fonte:** Tauil e Nesse (2010).



**Figura 73** – Graute aplicado na sétima fiada.

**Fonte:** Tauil e Nesse (2010).



**Figura 74** – Andaime para os pedreiros.

**Fonte:** Tauil e Nesse (2010).



**Figura 75** – Proteção na periferia do edifício.

**Fonte:** Tauil e Nesse (2010).

De acordo com Sabbatini (2003), existem as seguintes recomendações práticas:

- Projetos compatibilizados e com informações sobre as instalações elétricas e hidráulicas;
- O assentamento deve ocorrer sobre uma base nivelada;
- Não cortar blocos para ajustes de medidas;
- O assentamento não poderá ser realizado debaixo de chuva.

## 4. MÉTODO E APLICAÇÃO

### 4.1 Métodos de Obtenção dos Dados

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica, com o intuito de apresentar um embasamento teórico dos sistemas construtivos Parede de Concreto e Alvenaria Estrutural. Para isto, foram utilizadas normas técnicas vigentes, dissertações e artigos. Dessa forma, caracteriza-se um caráter descritivo, pois foram expostas as principais propriedades e as respectivas sequências executivas.

Em seguida, a análise comparativa entre os dois sistemas foi elaborada através de dois empreendimentos da mesma construtora em fase final de construção. O primeiro, executado em Parede de Concreto no município de Macaé/RJ, possui 288 unidades distribuídas em 18 blocos em um conjunto habitacional. O segundo, foi efetuado em Alvenaria Estrutural, na cidade de Rio das Ostras/RJ. Este, consistiu em 16 unidades habitacionais, alocadas no mesmo edifício.

Como os dois empreendimentos estavam em fase de construção, através dos manuais de procedimentos da empresa, foi possível realizar uma descrição detalhada das sequências executivas. A teoria foi verificada *in loco* no decorrer de visitas diárias ao canteiro de obras. Nesse sentido, no decorrer do processo, foi registrado um acervo de imagens que se faz presente no trabalho.

Através dos quantitativos obtidos nos projetos arquitetônicos e estruturais, obteve-se o consumo dos principais insumos, assim como uma média de produtividade das equipes através da base de dados da construtora. Para realização do comparativo, foi estimado um empreendimento com o mesmo número de unidades habitacionais, fazendo uso de mão-de-obra com um contingente similar de colaboradores.

Ao final, realizada a comparação entre insumos e produtividades, é apresentada uma simulação levando em consideração o prazo de execução de cada sistema construtivo. Para isto, foi utilizada a Linha de Balanço, uma ferramenta que permite traçar um diagrama espaço-tempo e visa projetar uma continuidade no trabalho das equipes.

## 4.2 *Lean Construction* – Linha de Balanço

O *Lean Construction* foi originalmente proposto no início da década de 90 por Jones e Womack (WOMACK; JONES, 1992). O conceito surgiu em 1992, através do trabalho de Koskeka, no qual surgiram os 11 elementos para emprego da produção enxuta na construção. Jones e Womack exibiram a evolução dos conceitos desta produção nos 5 princípios da Mentalidade Enxuta. Heineck *et al.* (2009) os reduziram a 3: coordenação, ciclo e fluxo. O primeiro foca na viabilização dos princípios *lean* pela coordenação de atividades, o segundo conduz a uma diminuição do trabalho do lote mediante a transformação de atividades a executar em ciclos repetitivos e o terceiro se reflete em operações que não são interrompidas e tenham uma sequência mais constante praticável.

Nesse sentido, nota-se um entendimento entre os vários autores de que a filosofia do *Lean Construction* tem como foco melhorar as operações aos poucos e continuamente, visando reduzir desperdícios, seja de material, tempo ou dinheiro.

Um dos produtos da construção enxuta, a Linha de Balanço, ela considera a subsequência das atividades pelas diversas repetições das unidades da obra (casas unifamiliares, apartamentos, pavimentos) em relação a unidades de tempo, mantendo constante a taxa de saída ou produção por unidade de tempo (SARRAJ, 1990). Baseado na adoção dessa concepção, os serviços seguem ritmos de produção definidos, em que todos da obra são realizados em um só ritmo. O esforço pelo término do tempo ocioso entre as atividades, propondo que todas tenham andamento similares (balanceados) é o propósito da Linha de Balanço (MENDES JR.; HEINECK, 1999).

Executado de forma correta, o balanceamento das atividades na Linha de Balanço garante o prosseguimento das atividades, tempo de folga adequado, sincronismo e uma garantia superior do período de término do empreendimento. Além disso, é notável um aumento da transparência no andamento da obra (DEPEXE ET AL., 2006). Esta, pode ser prejudicada pelo elevado número de linhas no gráfico, afinal grandes projetos contêm muitas atividades. Este malefício é resolvido através da utilização de diagramas coloridos (ARDITI; ALBULAK, 1986).

### 4.3 Apresentação do Empreendimento

A análise comparativa foi aplicada sob um empreendimento multifamiliar localizado na cidade de Macaé/RJ, situado na Linha Azul. De acordo com a NBR 12721:2007, o edifício padrão enquadra-se na classe Padrão Baixo (PP-B), sendo esta ilustrada na Figura 76. O projeto engloba 18 blocos de 4 pavimentos, construídos em Parede de Concreto. Dessa forma, cada pavimento possui 4 apartamentos, além disso tem-se a platibanda acima do quarto pavimento (Figura 77). O lote possui 19.718,10 m<sup>2</sup>, sendo a área total construída 13.853,92 m<sup>2</sup>. Ele também é composto por um estacionamento para 293 carros, área de lazer com piscina (186,06 m<sup>2</sup>), guarita (16 m<sup>2</sup>), bicicletários (51,62 m<sup>2</sup>), salão de festas (137,58 m<sup>2</sup>) e fitness (49 m<sup>2</sup>), conforme ilustrado na Figura 78.

<b>Prédio Popular - Padrão Baixo (PP-B)</b>	
<b>Composição do edifício:</b>	Pavimento térreo e três pavimentos tipo.
<b>Descrição dos pavimentos:</b>	
<b>Pavimento térreo:</b>	Hall de entrada, escada e quatro apartamentos por andar com dois dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço. Na área externa estão localizados o cômodo de lixo, guarita, central de gás, depósito com banheiro e dezesseis vagas descobertas.
<b>Pavimento tipo:</b>	Hall de circulação, escada e quatro apartamentos por andar com dois dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço.

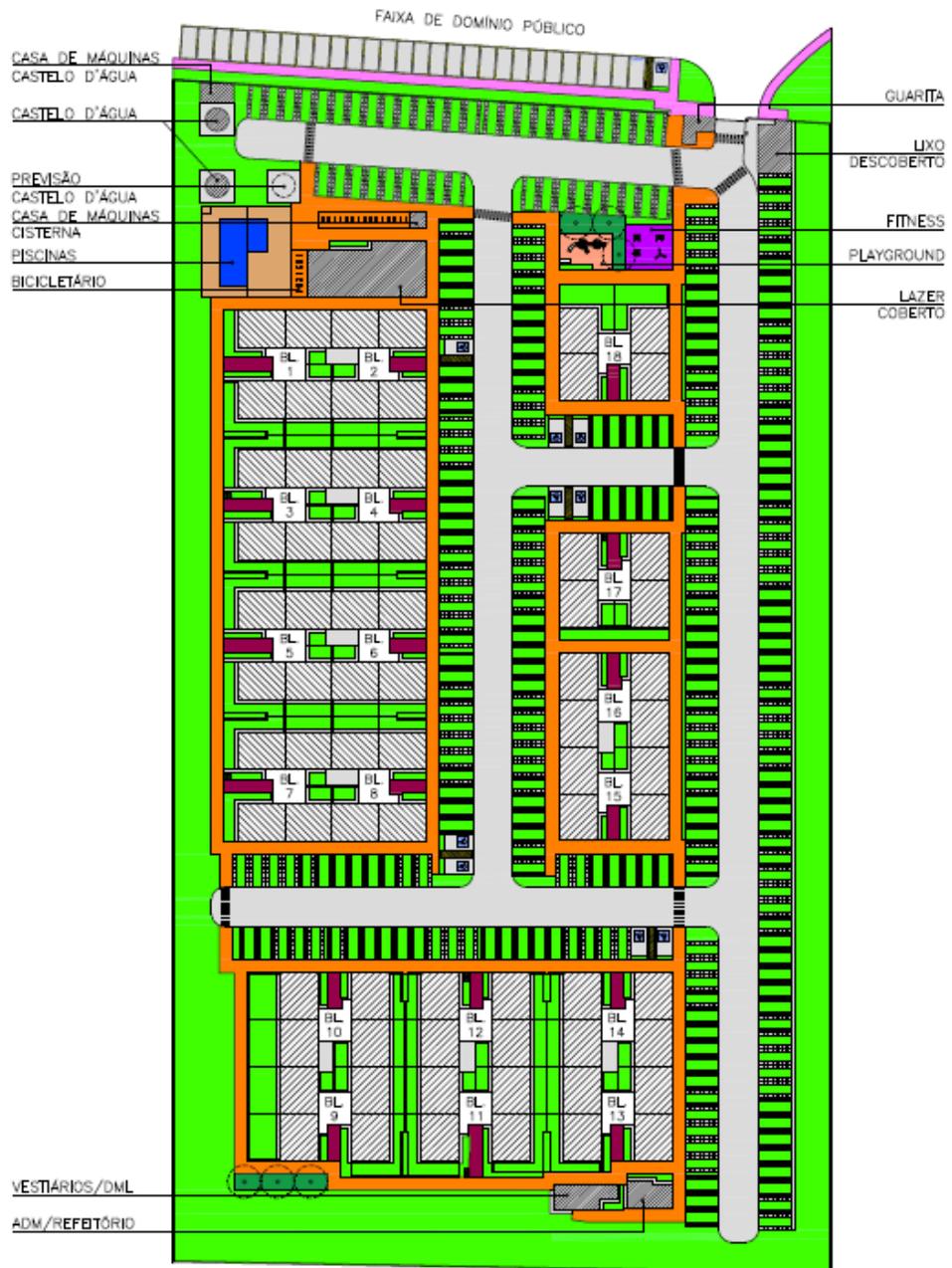
**Figura 76** – Características de Prédio Popular – Padrão Baixo.

**Fonte:** NBR 12721:2007.



**Figura 77** - Modelo ilustrativo de bloco em formato H para análise comparativa.

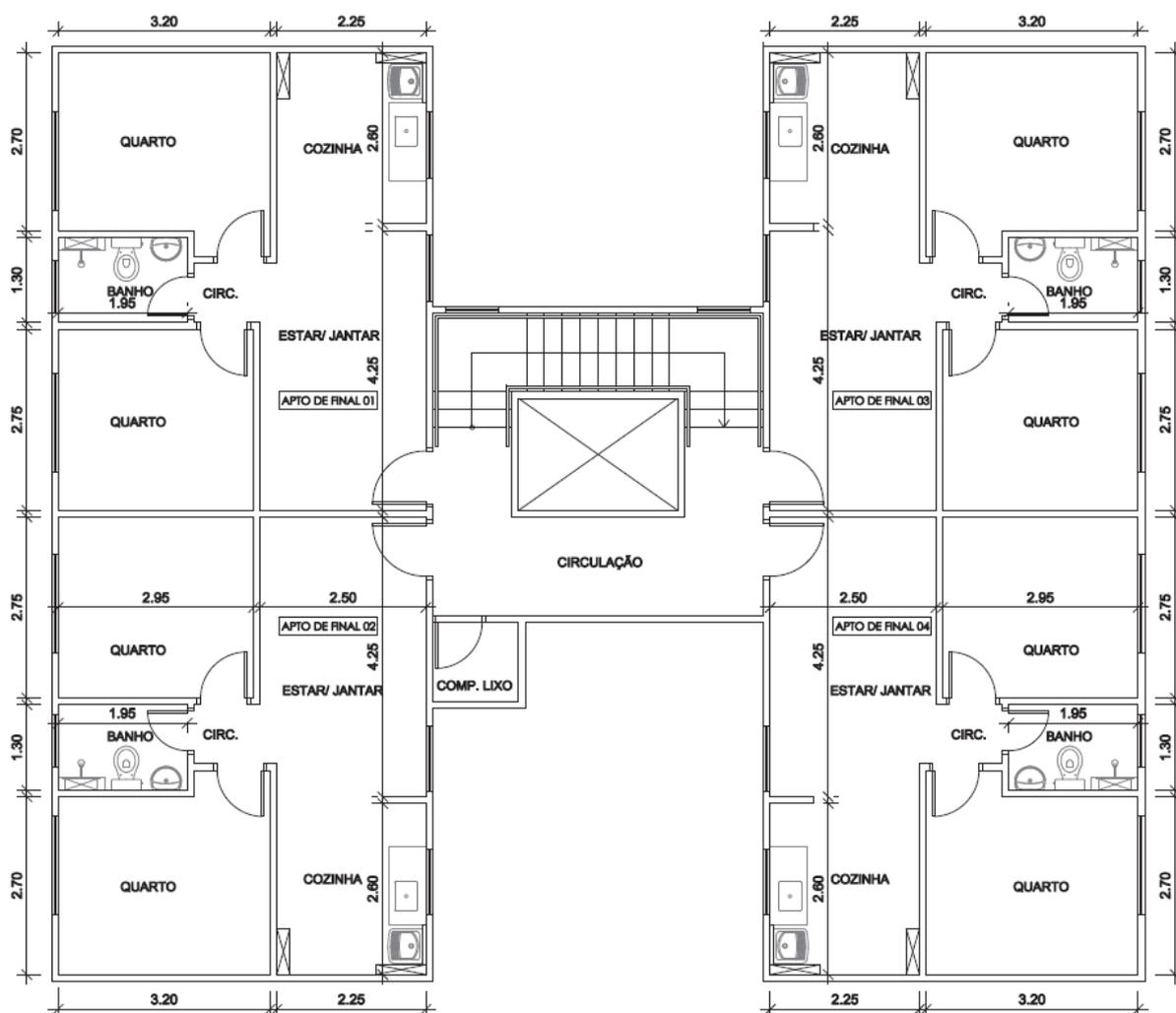
**Fonte:** MRV Engenharia LTDA (2021).



**Figura 78** - Projeto de implantação do empreendimento.

**Fonte:** MRV Engenharia LTDA (2021).

Na Figura 79 é apresentada a planta do pavimento térreo, no qual a área útil de cada apartamento é 37,23 m<sup>2</sup>. Sendo assim, tem-se, para cada unidade habitacional, uma sala, uma cozinha, dois quartos e um banheiro. Alguns apartamentos no térreo possuem área privativa, estas variam de 9,35 m<sup>2</sup> à 39,33 m<sup>2</sup>.



**Figura 79** - Planta do Pavimento Térreo.

**Fonte:** MRV Engenharia LTDA (2021).

O estudo realizou uma descrição dos principais insumos utilizados, seus quantitativos, dimensionamento da mão de obra e o ciclo temporal necessário para realizar a estrutura em Parede de Concreto, com base na Linha de Balanço.

No tópico seguinte, foi visitado outro empreendimento da mesma construtora. Este, está em execução e possui mesmas características (Prédio Popular – Padrão Baixo), porém construído em Alvenaria Estrutural. Localizado no município de Rio das Ostras/RJ, são 16 apartamentos distribuídos em um único edifício. Por fim, com base nos dados coletados *in loco* e no *Manual Básico de Indicados de Produtividade na Construção Civil, Vol. 01 – 2017*, será apresentado um comparativo entre os dois sistemas construtivos. O objetivo principal é

apresentar o tempo necessário para ambos realizarem a execução da estrutura de 288 apartamentos, e através desses resultados realizar uma discussão.

#### 4.4 Sistema Construtivo Parede de Concreto

As fôrmas aplicadas na análise comparativa foram de alumínio, a armação em telas, barras retas em reforços e aplicação do concreto auto adensável por meio de bombeamento. Os tópicos abaixo apresentam um resumo com os quantitativos dos materiais para execução do prédio da Figura 77. Todos os insumos abaixo apresentados têm seus quantitativos iguais aos executados *in loco*.

##### 4.4.1 Insumos

##### 4.4.1.1 Armação

Através dos projetos estruturais, foram extraídos a armação para as esperas do térreo, paredes, lajes (Figura 80), escada e platibanda. Separando em barras e telas (Quadro 1), obtemos:

Quadro Resumo por Bloco		
Barras		
Descrição	Quantidade	Unidade
5 mm	43	kg
6,3 mm	186	kg
8 mm	1054	kg
10 mm	588	kg
12,5 mm	74	kg

Telas - (2,45 x 6) m			
Descrição	Quantidade	Unidade	Peso (Kg)
Tela Q92	173	un.	3764,5
Tela Q246	12	un.	689,8
Tela Q138	62	un.	2005,1
Tela Q196	4	un.	182,9
Tela Q283	5	un.	329,3
Tela T138	12	un.	262,3
Tela T196	4	un.	124,1

**Peso Total (Kg) = 9302,9**

**Quadro 1.** Resumo dos quantitativos de aço para a construção de um bloco.

**Fonte:** Autoria Própria (2021).



**Figura 80** - Armação da laje finalizada.

**Fonte:** Aatoria Própria (2021).

#### 4.4.1.2 Concreto

O concreto utilizado no empreendimento foi o auto adensável (Figura 81), apresentando as seguintes propriedades:

- Resistência característica à compressão ( $f_{ck}$ ) igual a 20 Mpa;
- Areia média;
- Cimento CPV ARI, responsável pela alta resistência inicial;
- Brita 0;
- Fator água/cimento menor ou igual a 0,6;
- *Slump Flow* 70 +- 5 cm;
- Fibra de polipropileno, que auxilia no controle da fissuração por retração;
- Aditivo superplastificante, responsável por reduzir a retração plástica do concreto e aumentando a fluidez.

Nesse sentido, conforme citado no tópico 2.9, são realizadas duas concretagens por pavimento. No Quadro 2 é possível observar o ciclo de concretagem completo de um bloco, apresentando o volume de concreto real utilizado:

Ciclo da Concretagem	
Local	Volume (m <sup>3</sup> )
Apt 101,102 e Hall	35
Apt 103 e 104	24
Apt 201,202 e Hall	35
Apt 203 e 204	24
Apt 301,302 e Hall	35
Apt 303 e 304	24
Apt 401,402 e Hall	35
Apt 403 e 404	24
Platibanda	14
<b>Total por Bloco</b>	<b>250</b>

**Quadro 2.** Resumo dos quantitativos de concreto para a construção de um bloco.

**Fonte:** Autoria Própria (2021).



**Figura 81** - Lançamento de concreto.

**Fonte:** Autoria Própria (2021).

#### 4.4.1.3 Fôrma

A fôrma utilizada foi a de alumínio (Figura 82), uma excelente opção devido a sua grande durabilidade, permitindo um número maior de repetições. Utilizou-se apenas um jogo de fôrmas para todo o empreendimento, sendo este capaz de estruturar 2 apartamentos, hall e meia platibanda. Foi realizado um levantamento (Quadro 3) *in loco* e através dos projetos da fabricante para obter-se o quantitativo necessário para executar-se o ciclo da concretagem apresentado no Quadro 2.

Fôrma de Alumínio		
Descrição	Quantidade	Unidade
Fôrma Externa	95	m <sup>2</sup>
Fôrma Interna - Paredes - 2 Apartamentos	228	m <sup>2</sup>
Fôrma Laje - 2 Apartamentos	64,5	m <sup>2</sup>
Fôrma Paredes - Hall	76,5	m <sup>2</sup>
Fôrma Laje - Hall	8,9	m <sup>2</sup>
Fôrma Paredes - Lixeira	11,5	m <sup>2</sup>
Fôrma Laje - Lixeira	1,5	m <sup>2</sup>
<b>Total de Fôrmas para 2 Apartamentos e Hall</b>	<b>485,9</b>	<b>m<sup>2</sup></b>

Fôrma de Alumínio		
Descrição	Quantidade	Unidade
Fôrma para Platibanda (Meio Bloco)	94,7	m <sup>2</sup>

**Quadro 3.** Resumo dos quantitativos de fôrmas.

**Fonte:** Autoria Própria (2021).



**Figura 82 -** Fôrma em fase de montagem.

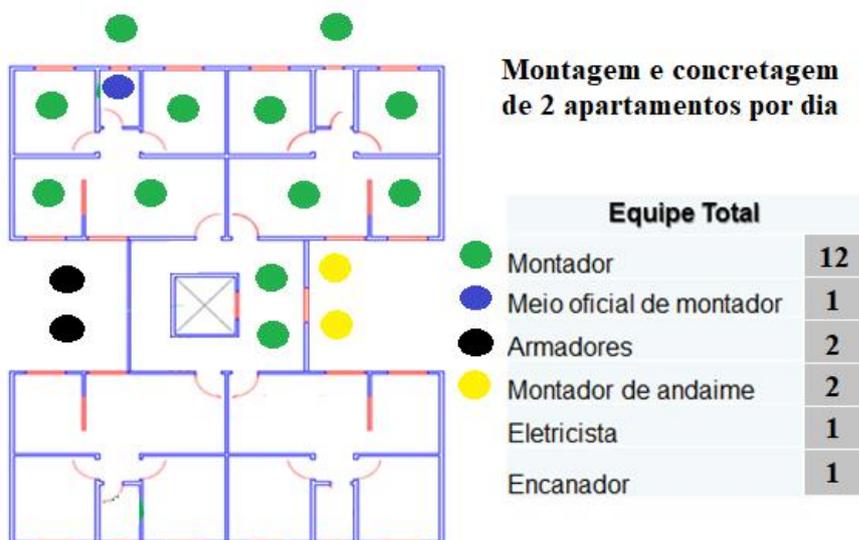
**Fonte:** Autoria Própria (2021).

#### 4.4.2 Dimensionamento de Mão de Obra – Parede de Concreto

O dimensionamento de uma equipe gera impacto no resultado da produtividade. A produtividade está ligada a relação entre recursos e produtos, que estimados corretamente agregam eficiência na execução do serviço (Manual Básico de Indicados de Produtividade na Construção Civil, Vol. 01 – 2017, SINAPI - Versão 03 - 2017).

A equipe apresentada abaixo (Figura 83), foi montada para realizar a concretagem de 2 apartamentos por dia, fazendo uso de fôrmas de alumínio. Dessa forma, temos, no total, 19 colaboradores, que se apresenta da seguinte maneira:

- Montadores: 1 para cada quarto, sala e cozinha. Além disso, 2 para o hall e 2 para a fachada;
- Meio oficial de montador: 1 que monta os banheiros e realiza a estucagem, conforme visto no item 3.11;
- Armador e Montador de andaime: 2 colaboradores para cada.
- Instalações: 1 eletricista e 1 encanador



Total de Colaboradores	19
------------------------	----

**Figura 83** - Apresentação de equipe de montagem e concretagem.

**Fonte:** Autoria Própria (2021).

#### 4.4.3 Ciclo da Parede de Concreto

A execução da Parede de Concreto exige uma equipe bem dimensionada e capacitada ao sistema de montagem das fôrmas de alumínio. Com a equipe formada e o jogo de fôrmas completo, tem-se uma concretagem por dia. Entretanto, para que o ciclo possa ser completo, é necessário seguir à risca um cronograma diário (Quadro 4).

Cômodo/Horário	07:00	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30
Quartos				MP							ML		RE	
Banheiros			MP				ML							
Circulação										MP		ML	RE	
Cozinha			MP					ML			RE			
Sala			MP				ML			RE				
Área externa				MP								RE		

Considerando:

MP – Montagem das paredes

ML – Montagem da laje

RE – Revisão : Término dos fechamentos, tensores, alinhadores, esquadros e revisão geral do cômodo

A equipe que monta o banheiro será a mesma que montará a área de circulação.

**Quadro 4** - Cronograma diário do Ciclo de Montagem e Concretagem.

**Fonte:** MRV Engenharia SPE LTDA (2019).

#### 4.4.4 Tempo de Execução – Parede de Concreto

A obra utilizada na análise comparativa possui 18 (dezoito) blocos de apartamentos. Cada bloco é composto de 4 (quatro) pavimentos com 4 (quatro) apartamentos cada, além da platibanda. Ao realizar o ciclo de uma concretagem por dia, pode-se concluir que:

- Um ciclo de concretagem representa 2 aptos por dia;
- Dessa forma, para fazer a estrutura de um bloco, são necessários  $16/2 = 8$  dias + 1 dia para a concretagem da platibanda. Totalizando um ciclo de 9 dias por bloco. Vale ressaltar que, no dia da concretagem da platibanda, também é concretado o térreo do bloco seguinte, por serem de fôrmas distintas;
- Considerando que são 18 blocos, temos  $8 \text{ dias} \times 18 = 144 + 1 \text{ dia da platibanda} = \mathbf{145 \text{ dias}}$

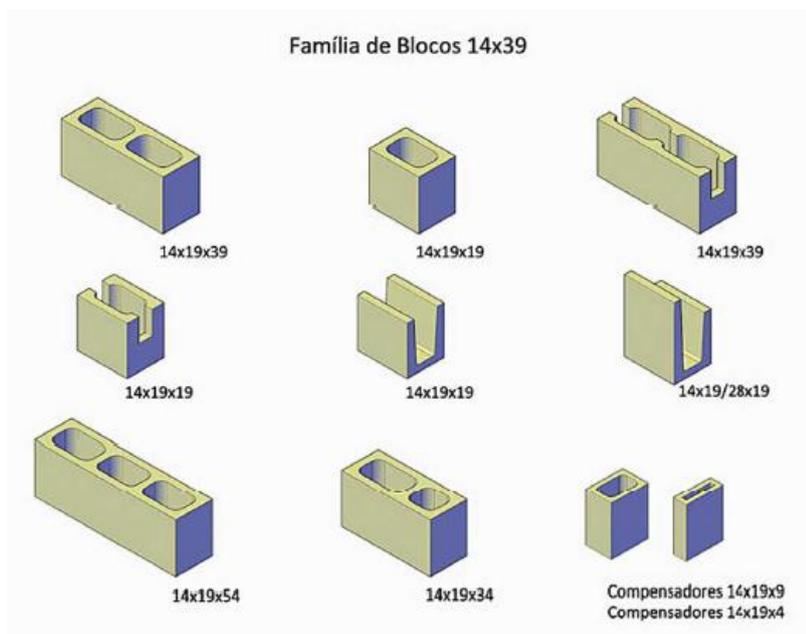
No exemplo abaixo (Figura 84), temos a Linha de Balanço, ferramenta fornecida pelo *Lean Construction*, conforme apresentada no item 4.2. Neste modelo, tem-se que ela foi utilizada para o serviço de estrutura, na qual a equipe que atua é a apresentada na Figura 83. Os colaboradores estão representados pela cor amarela. A figura da página seguinte é apresentada em melhor resolução no Anexo A. Tem-se que, em 145 dias, é concluída a estrutura de uma obra de 288 (duzentos e oitenta e oito) apartamentos.



#### 4.5 Sistema Construtivo Alvenaria Estrutural

Considerando o mesmo modelo de edifício apresentado no item 4.2, ou seja, a mesma planta baixa e características técnicas, será demonstrado o quantitativo de insumos, dimensionamento de equipes e tempo de execução para uma obra de 288 apartamentos, distribuídos em 18 blocos, executados em Alvenaria Estrutural. As figuras apresentadas são referentes a um empreendimento da mesma construtora, no qual as dimensões dos prédios são as mesmas, portanto com áreas úteis equivalentes e submetidos as mesmas sobrecargas acidentais.

A família de blocos utilizada pela construtora para realizar a alvenaria foi a 39, em concreto (Figura 85). A escolha por ela levou em consideração dois fatores primordiais: a alta disponibilidade no mercado e maior rendimento, pois, cada unidade assentada cobre uma área quadrada maior do que famílias com dimensões inferiores.



**Figura 85** - Apresentação dos blocos de concreto da Família 14x39.

**Fonte:** Taul e Nese (2010).

#### 4.5.1 Insumos

De acordo com os projetos estruturais do empreendimento, foi possível realizar um resumo dos quantitativos dos principais insumos utilizados para a construção de um edifício como o da Figura 77. Além disso, foram feitas as seguintes considerações através dos projetos:

- Resistência característica do Graute ( $f_{gk}$ ) = 15 MPa
- Resistência da Argamassa ( $f_a$ ) = 3 MPa
- Resistência dos Blocos de concreto ( $f_{bk}$ ):
  - 1º pavimento = 4,5 MPa
  - 2º pavimento = 4 MPa
  - 3º, 4º e Platibanda = 3 MPa

Com relação ao consumo de materiais, temos que para o pavimento térreo, pavimento tipo e platibanda, foram utilizados (Quadro 5):

Pavimento Térreo		Pavimento Tipo		Platibanda	
Descrição	Quantidade	Descrição	Quantidade	Descrição	Quantidade
Bloco inteiro 39x14x19	3490	Bloco inteiro 39x14x19	3488	Bloco inteiro 39x14x19	789
Meio Bloco 19x14x19	322	Meio Bloco 19x14x19	318	Bloco L 34x14x19	229
Bloco T 54x14x19	190	Bloco T 54x14x19	190	Bloco Canaleta 19x14x19	395
Bloco L 34x14x19	658	Bloco L 34x14x19	682	Armação (kg)	83,2
Compensador 4x14x19	292	Compensador 4x14x19	292	Argamassa (m <sup>3</sup> )	1,2
Compensador 9x14x19	10	Compensador 9x14x19	10	Graute (m <sup>3</sup> )	1,4
Bloco Canaleta 19x14x19	1152	Bloco Canaleta 19x14x19	1162		
Armação (kg)	1461,5	Armação (kg)	1544,7		
Argamassa (m <sup>3</sup> )	4,504	Argamassa (m <sup>3</sup> )	4,504		
Graute (m <sup>3</sup> )	4,75	Graute (m <sup>3</sup> )	4,808		

**Quadro 5** – Consumo de materiais no edifício.

**Fonte:** Autoria Própria (2021).

Vale salientar que o bloco mais utilizado é o 39, presente na maior parte das paredes. Já o bloco 34 (L) é utilizado junto dele para realizar a amarração das fiadas. Por fim, temos que o bloco 54 (T) é usado junto do bloco 34 nos encontros de paredes em forma de “T”.

É importante ressaltar que, neste estudo, foram consideradas lajes pré-moldadas do tipo cômodo com espessura final. Estas são fabricadas previamente e devem ser içadas após a conclusão do grauteamento da alvenaria. No Quadro 6 temos o resumo dos materiais necessários para executar o edifício da Figura 77:

Quadro Resumo por Bloco		
Descrição	Quantidade	Unidade
Área de Alvenaria	1597,12	m <sup>2</sup>
Armação das Paredes	1592,2	kg
Armação das Lajes	4586,2	kg
Volume de Groute	20,58	m <sup>3</sup>
Volume de Concreto na Laje	65,4	m <sup>3</sup>

**Quadro 6** - Apresentação da composição de materiais da Alvenaria Estrutural para um bloco.

**Fonte:** Autoria Própria (2021).

#### 4.5.2 Dimensionamento de Mão de Obra – Alvenaria Estrutural

De forma a realizar o dimensionamento das equipes (Quadro 7), foram feitas algumas ponderações. No cálculo da produtividade, assim como no sistema Parede de Concreto, foram adotados dados coletados *in loco*, referências padronizadas pela construtora e pelo *Manual Básico de Indicados de Produtividade na Construção Civil, Vol. 01 – 2017*. Portanto, para o cálculo do tempo de execução da Alvenaria Estrutural devemos ressaltar os seguintes pontos:

- A produtividade de um pedreiro/bloqueiro é de 20 m<sup>2</sup>/dia;
- A equipe de armadores será a mesma que aplica o grauteamento acima de 1,20 m, pois, abaixo desta medida, o graute é realizado pelos ajudantes dos pedreiros;

- Os eletricitas e encanadores realizam o acompanhamento da alvenaria e são responsáveis pela crimpagem da laje;
- A montagem do guarda corpo de segurança para liberação do segundo pavimento é executada por dois montadores;
- O içamento das lajes é realizado por um guindaste com o auxílio de dois operários;
- No dimensionamento da equipe de alvenaria não será apresentado a equipe de execução da laje pré-moldada, pois as lajes devem ser executadas e armazenadas antes de iniciar a estrutura.

Serviço	Quantidade	Produtividade/Colaborador/Dia	Colaboradores Profissionais	Tempo (dias)
Alvenaria - 4 Apt. e Hall	377,84 m <sup>2</sup>	20 m <sup>2</sup>	5	4 dias
Armação - 4 Apt. e Hall	587,09 kg	2 Apt.	2	
Grauteamento	4,8 m <sup>3</sup>	2 Apt.	2	1
Içamento das Lajes	4 Apt.	4 Apt.	2	1
Montagem do Guarda Corpo de Segurança	73,3 m	2 Apt.	2	1
Crimpagem	4 Apt.	2 Apt.	2	1

**Quadro 7 - Produtividade das equipes de Alvenaria Estrutural.**

**Fonte:** Autoria Própria (2021).

É importante ressaltar que ela foi dimensionada de maneira que tenha aproximadamente o mesmo número de trabalhadores do que o sistema construtivo Parede de Concreto, dessa forma a comparação se faz coerente, como pode ser visto no Quadro 8:

Equipe de Alvenaria Estrutural		
Função	Quantidade	Descrição
Pedreiro	5	1 por Apt. e 1 para Hall
Ajudante de Pedreiro	5	1 por Pedreiro
Armador	2	1 para 2 Apt.
Ajudante de Armador	2	1 por Armador
Eletricista	1	1 para 4 Apt.
Ajudante de Eletricista	1	1 para 4 Apt.
Encanador	1	1 para 4 Apt.
Ajudante de Encanador	1	1 para 4 Apt.
Montador	2	1 para 2 Apt.
Ajudante de Montador	1	1 para 2 Montadores
Içamento da Laje	2	2 Operários

Total de Colaboradores	23
------------------------	----

**Quadro 8** - Descrição da equipe de Alvenaria Estrutural.

**Fonte:** Autoria Própria (2021).

Diferentemente do modelo construtivo anterior, onde a sequência de concretagem segue no mesmo bloco sucessivamente, nesse modelo isso não é possível. Pois, a laje deve ser içada. Visando maior produtividade, ao finalizar-se um pavimento (Figura 86), segue-se para iniciar a alvenaria em outro bloco. Dessa forma, serviços como içamento das lajes, montagem do guarda corpo de segurança e a crimpagem ocorrem, liberando o pavimento superior para a volta da equipe da alvenaria.



**Figura 86** - Prédio em execução.

**Fonte:** Aatoria Própria (2021).

#### **4.5.3 Ciclo e Tempo de Execução da Alvenaria Estrutural**

O ciclo construtivo adotado pela construtora consistiu em executar as seguintes etapas na ordem abaixo:

- Marcação da primeira fiada com auxílio da linha de referência;
- Fixação da armação dentro do bloco;
- Elevação da alvenaria na altura de 1,20 m (Figura 87), de forma a iniciar o primeiro grauteamento incluindo a contra-verga da janela (Figura 88);



**Figura 87** - Alvenaria em execução.

**Fonte:** Autoria Própria (2021).



**Figura 88** - Contra-verga de janela.

**Fonte:** Autoria Própria (2021).

- Montagem dos andaimes para elevação da segunda etapa da alvenaria;
- Elevação da parede até a altura especificada em projeto;
- Última fiada deve ser executada com o bloco calha para colocação das armações de travamento;
- Colocação da armação na última fiada de bloco calha;

- Grauteamento da última fiada, verga das janelas e portas, e complemento dos pontos de graute;
- Içamento das lajes;
- Montagem do guarda corpo de segurança para liberação do 2º pavimento (Figura 89);



**Figura 89** - Guarda Corpo montado.

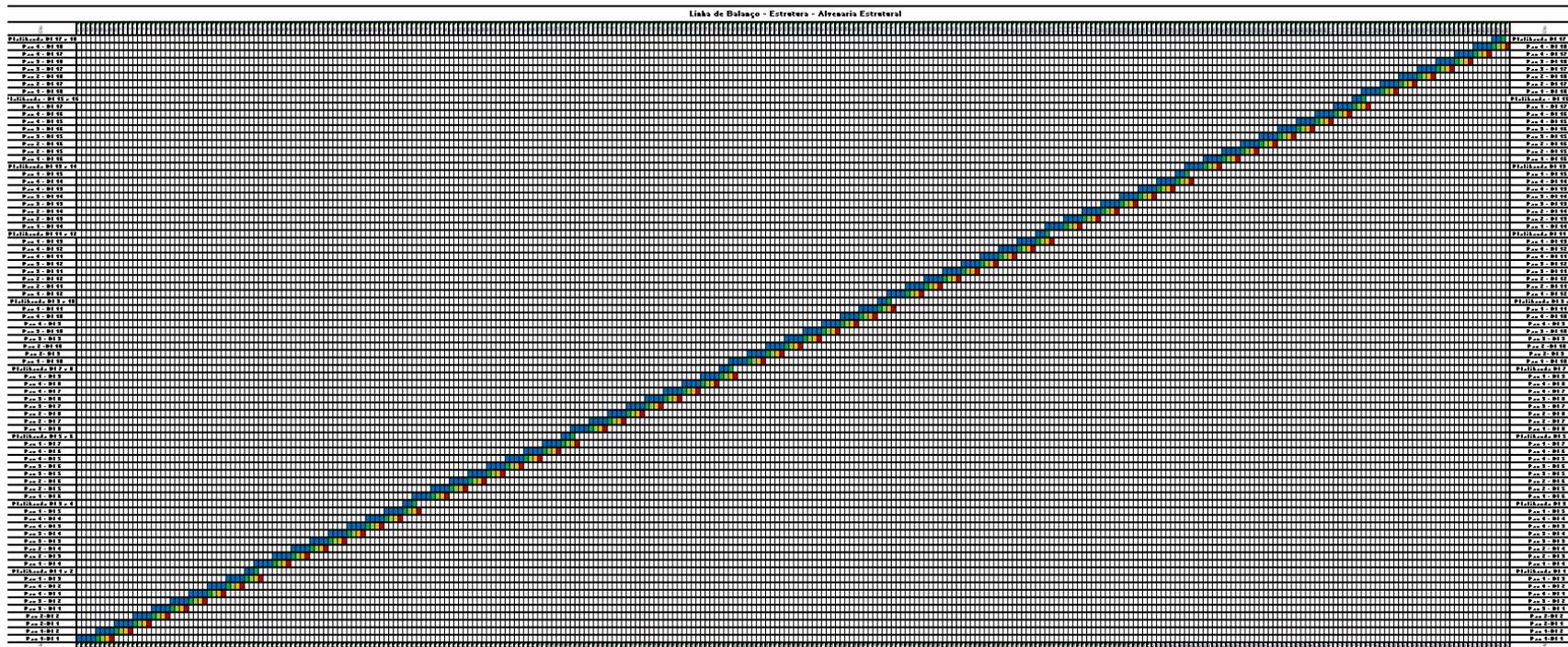
**Fonte:** Autoria Própria (2021).

- Crimpagem das lajes: ligação dos conduítes elétricos entre as lajes;
- Grauteamento dos pequenos vãos entre as lajes após crimpagem das lajes.

Somente após tal sequência o 2º pavimento estará liberado para iniciar o ciclo de alvenaria novamente.

Analogamente como foi realizado com a estrutura da Parede de Concreto, temos na página seguinte a Linha de Balanço para a estrutura da Alvenaria Estrutural (Figura 90). Tal figura também está presente numa resolução superior nos Anexos B, C e D. As equipes foram divididas de acordo com a coloração apresentada na legenda.

Uma obra de 288 apartamentos com 18 blocos sendo executada pelo método de Alvenaria Estrutural, seguindo as produtividades e equipes demonstradas nos quadros 7 e 8, será concluída em 309 dias.

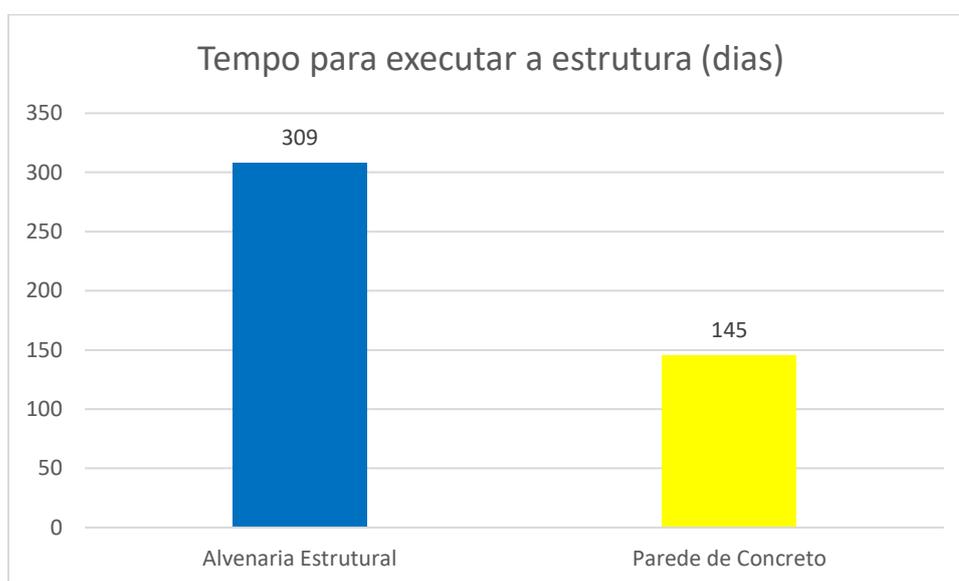


**Figura 90** - Linha de Balanço da Alvenaria Estrutural.

Fonte: Autoria Própria (2021).

#### 4.6 Discussão dos Resultados

Comparando os métodos construtivos (Gráfico 1) para a execução da estrutura de um total de 288 apartamentos, através da Alvenaria Estrutural, a obra será concluída em 309 dias, com um efetivo de 23 colaboradores. Fazendo uso do método Parede de Concreto, uma obra com mesmo padrão e características técnicas seria concluída em 145 dias, com uma equipe de 19 pessoas. Nesse sentido, a Parede de Concreto é 2,13 vezes mais rápida do que a Alvenaria Estrutural.



**Gráfico 1.** Comparativo entre Métodos Construtivos (Total de 288 apartamentos)

Fonte: Autoria Própria (2021)

A análise comparativa foi realizada com o objetivo de demonstrar que a escolha do método construtivo influenciará diretamente no tempo de execução da obra (Gráfico 1). A Parede de concreto mostra ter uma viabilidade maior em cumprir os prazos, liberando frente para execução dos acabamentos mesmo trabalhando com apenas uma equipe em um bloco por vez. Já na Alvenaria Estrutural, para obter um prazo similar na conclusão da estrutura da obra, é necessário trabalhar com pelo menos duas equipes, alocadas em dois blocos distintos simultaneamente.

Nesse sentido, a Alvenaria Estrutural, comparada a Parede de Concreto, necessita de um número consideravelmente maior de funcionários para que a obra tenha velocidade e produtividade nos demais serviços. Entretanto, em relação ao consumo de armadura, ela consumiu 6178,4 kg por bloco, enquanto que a Parede de Concreto utilizou 9302,9 kg, cerca de 50,6% mais. Tem-se que, fazendo uso do sistema de fôrmas, otimiza-se a mão-de-obra e obtém-se maior velocidade, reduzindo os custos fixos no longo prazo. Ou seja, uma obra mais rápida acarreta em custos mais enxutos na manutenção do canteiro de obras, sejam eles diretos ou indiretos. Como, por exemplo, os valores gastos com administração da obra, despesas legais, deslocamentos da equipe, entre outros. Além disso, um prazo menor de obras atrai mais investidores, afinal o *payback* será mais rápido.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 Conclusão

Este trabalho tratou sobre os métodos construtivos Parede de Concreto e Alvenaria Estrutural, visando apresentar os elementos que os compõem, as sequências executivas e o tempo de execução das estruturas.

Realizando uma comparação temporal para executar-se a estrutura de ambos os sistemas construtivos, pode-se verificar uma maior velocidade na Parede de Concreto, considerando equipes de contingente similar. Nesse sentido, é possível obter uma grande redução no prazo da obra quando aplicado em larga escala.

Em geral, um empreendimento antes de ser lançado já possui datas de início e término. Sendo assim, o planejamento da obra deve conter todos os imprevistos possíveis para que os prazos sejam respeitados. Dessa forma, é fundamental o uso de modelos construtivos que aperfeiçoam o tempo da construção, reduzem possibilidade de atrasos e trabalham com mão-de-obra mais enxuta.

Entretanto, destaca-se na Alvenaria Estrutural o menor consumo de aço - em que em alguns casos pode chegar à mais da metade do sistema Parede de Concreto – e a necessidade de uma mão de obra menos especializada. Atualmente, existe uma disponibilidade maior de “bloqueiros” do que de montadores de fôrma, facilitando o recrutamento da equipe. Além disso, não existem as despesas com os painéis de fôrmas, que representam um custo considerável.

Pode-se concluir que ambos os métodos são alternativas que vêm ganhando espaço no mercado da construção civil. De maneira inovadora e com sistemas padronizados, eles são a esperança de milhões de brasileiros de baixa renda que não possuem uma casa própria. Através do *Casa Verde e Amarela*, visando reduzir o déficit habitacional, a tendência é um aumento dos empreendimentos em larga escala. Sendo assim, ambos se apresentam como excelentes opções e inauguram o começo de uma era inovadora na construção civil.

## **5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros**

O estudo realizado priorizou destacar os contrastes construtivos, enfatizando materiais, distribuição de equipes e cronogramas para a execução de cada modelo. Um trabalho no qual analise a viabilidade econômica de cada sistema construtivo seria de grande valia. Através dos quantitativos de colaboradores necessários, produtividade média, consumo de materiais e número de unidades habitacionais, é possível realizar um orçamento, e dessa maneira optar pelo sistema ideal para cada caso específico.

Outro trabalho relevante seria, com base na norma de desempenho NBR 15575:2013 – Parte 1, através de visitas em empreendimentos concluídos de ambos os modelos construtivos, analisar se a vida útil de projeto é atendida de forma igualitária nos dois sistemas. Sendo assim, pode-se realizar um paralelo entre os dois modelos e verificar se as edificações comportam-se de maneira similar no longo prazo, dando ênfase no pós-obra e nas adversidades encontradas pelos moradores. Nesse sentido, pode-se propor soluções e melhorias no processo construtivo de maneira que menos inconvenientes sejam gerados no futuro.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARDITI, D.; ALBULAK, Z. Line-of-balance scheduling in pavement construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, 1986.

AMORIM, L. F. **Estudo do processo de planejamento da execução no sistema de alvenaria estrutural em obras de múltiplos pavimentos**. Trabalho de Diplomação. Departamento de Engenharia Civil. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

A lógica econômica da habitação e o passado persistente no déficit habitacional. **Comunicação Casa**, Rio de Janeiro, 11 de Abril de 2018. Disponível em: <<https://casafluminense.org.br/tribunarioporinteiro-logica-economica-deficit-habitacional/>> Acesso em: 14 de Abril de 2021.

Alvenaria Estrutural. **Construindo Casas**. Disponível em: <<https://construindocasas.com.br/blog/construcao/alvenaria-estrutural/>>. Acesso em: 17 de Mar. de 2021

ARÊAS, Daniel Moraes. **Descrição do Processo Construtivo de Parede de Concreto para Obra de Baixo Padrão**. 2013. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

ARS EDIFICATIVA. **ENSAIOS MECÂNICOS DO CONCRETO: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE**. Disponível em: <<https://www.arsaedificativa.com/2018/06/ensaios-mecanicos-do-concreto.html>> . Acesso em 9 de Jul. de 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM – ABESC. **Tecnologia do Concreto Armado, Sistema Construtivo Parede de Concreto Apresenta Caminhos para Superar Déficit Habitacional**, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Sistemas Construtivos Racionalizados Permitem Obras Mais Rápidas E Eficientes**. 2012. Disponível em <<http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/sistemas-construtivos-rationalizados-permitem-obras-mais-rapidas-e-eficientes>>, Acesso em: 15 mar. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Parede de Concreto: Coletânea de Ativos 2007/2008**. São Paulo, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Parede de Concreto: Coletânea de Ativos 2008/2009**. São Paulo, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: 7481 – **Tela de aço soldada - Armadura para concreto** – 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: 6118 – **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento** – 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: 14931 – **Execução de estruturas de concreto - Procedimento** – 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: 15823-1 – **Concreto autoadensável - Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco** – 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: 5739 – **Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos** – 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: 12721 – **Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios** – 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: 15575 – **Norma de Desempenho relacionada ao Sistema Construtivo de Parede de Concreto** – 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: 16055 - **Paredes de Concreto Moldada no Local para Construção de Edificações – Requisitos e Procedimentos** – 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: 16868 - **Alvenaria estrutural Parte 1: Projeto** – 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: 6136 - **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos** – 2016.

BOCCARDO, F.J. **Treinamento de correções e anomalias recorrentes no sistema construtivo de paredes de concreto para edificações**. Guarulhos, 2014.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Emenda constitucional nº 26, de 14 de fevereiro de 2000. Disponível em [http://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988\\_16.04.2015/art\\_6\\_.asp](http://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988_16.04.2015/art_6_.asp), Acesso em: 4 de fev. de 2020.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC. **Manual Básico de Indicados de Produtividade na Construção Civil**, Vol. 01 – 2017. Disponível em: [https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Manual\\_Basico\\_de\\_Indicadores\\_de\\_Produtividade\\_na\\_Construcao\\_Civil\\_2017.pdf](https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Manual_Basico_de_Indicadores_de_Produtividade_na_Construcao_Civil_2017.pdf), Acesso em: 20 out. 2020.

CASA VERDE E AMARELA. **Caixa**, Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/casa-verde-e-amarela/urbana/Paginas/default.aspx>, Acesso em 4 de Mar. de 2021.

CASTRO, A. L.; SANTOS, R. F. C. dos; ARAÚJO, G. S. de. **Dosagem de Concreto Auto-Adensável para Aplicação em Paredes de Concreto Moldadas na Obra**, Instituto De Pesquisa e Tecnologia, 2012.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Sistemas Construtivos - Parede de Concreto e Alvenaria Estrutural**. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos>>, Acesso em: 2 fev. 2020.

COM QUEDA DE JUROS, PORTABILIDADE DE CRÉDITO IMOBILIÁRIO DISPARA 175%. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, 20 de jan. de 2020. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,com-queda-de-juro-migracao-de-credito-imobiliario-cresce-175-em-um-ano,70003165353>>, Acesso em: 15 mar. de 2020.

DÉFICIT HABITACIONAL É RECORDE NO PAÍS. **UOL**, São Paulo, 7 de jan. de 2019. Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/noticias/estadao-conteudo/2019/01/07/deficit-habitacional-e-recorde-no-pais.htm>>, Acesso em: 10 fev. de 2020.

DEPEXE, M. D.; MELO, M. C. de; DORNELES, J. B.; KEMMER, S. L.; HEINECK, L. F. **M. Aplicação das práticas da Linha de Balanço segundo os princípios da Lean Construction**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Florianópolis, 2006.

DEZ ANOS DE MINHA CASA, MINHA VIDA E SUA IMPORTÂNCIA PARA A ECONOMIA. **CBIC**, 20 de mar. de 2019. Disponível em <<https://cbic.org.br/dez-anos-de-minha-casa-minha-vida-e-sua-importancia-para-a-economia/>>, Acesso em: 04 ago. 2020.

Fôrma em Alumínio, **Forsa Brasil**. Disponível em: <<http://www.forsabrasil.com.br/construcao-de-habitacoes/forma-em-aluminio-forsa-alum/>>, Acesso em: 19 de Fev. de 2021 .

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Fundação João Pinheiro divulga primeiros resultados do Déficit Habitacional no Brasil relativos a 2015**. Disponível em: <[http://fjp.mg.gov.br/v1/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3930:fundacao-joao-pinheiro-divulga-primeiros-resultados-do-deficit-habitacional-no-brasil-relativos-a-2015&catid=36&Itemid=349&lang=pt](http://fjp.mg.gov.br/v1/index.php?option=com_content&view=article&id=3930:fundacao-joao-pinheiro-divulga-primeiros-resultados-do-deficit-habitacional-no-brasil-relativos-a-2015&catid=36&Itemid=349&lang=pt)>, Acesso em 7 de Jul. de 2021

GOVERNO PUBLICA REGRAS DO PROGRAMA CASA VERDE E AMARELA. **G1**, São Paulo, 15 de jan. de 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/01/15/governo-publica-regras-do-programa-casa-verde-e-amarela.ghtml>>, Acesso em: 2 de fev. de 2021.

HEINECK, L. F. M.; ROCHA, F. E. M. da; PEREIRA, P. E.; LEITE, M. O. **Introdução aos Conceitos Lean: Visão Geral do Assunto**. V. 1. Fortaleza: Expressão. Gráfica Editora, 2009.

MANZIONE, L. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. 2ª ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2007.

MISURELLI, H. **Como Construir em Paredes de Concreto**, São Paulo, Jun. de 2009. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/1653308-Como-construir-paredes-de-concreto.html>> , Acessado em 15 de Mar. de 2020.

KAEFER, L.F. **A Evolução do Concreto Armado**. São Paulo, Dezembro de 1998.

LAJE TRELIÇADA. **Painel Curitiba**. Disponível em :< <https://lajescuritiba.net.br/>>, Acesso em 5 de Abril de 2021

LORENCETO, Danilo de Matos. **Workshop presencial Parede de Concreto**. Macaé, Maio de 2019.

MRV ENGENHARIA. **Método Construtivo Inovador MRV Engenharia: Parede de Concreto**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=DDiqCQgsCWY>>, Acesso em: 5 Fev. 2020.

MRV ENGENHARIA. **Procedimento de Execução de Serviço (PES 45A)**, março/2021, Rio de Janeiro, RJ. 2021.

PASSO A PASSO PAREDES DE CONCRETO – DESFORMA E LIMPEZA DAS FORMAS. **NEOFORMAS**. Disponível em: < <https://www.neoformas.com.br/passos-a-passos-paredes-de-concreto-desforma-e-limpeza-das-formas>>, Acesso em: 9 de Jul. de 2021

MENDES JR., R.; HEINECK, L. F. M. **Towards production control on multi-story Building construction sites**. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION. Berkeley, 1999.

RITMO ATUAL REQUER 29 ANOS PARA DEBELAR DÉFICIT HABITACIONAL. **ABECIP**, 20 de set. de 2019. Disponível em: <<http://www.abecip.org.br/imprensa/noticias/ritmo-atual-requer-29-anos-para-debelar-deficit-habitacional>>, Acesso em: 3 de Fev. de 2020.

RKS ENGENHARIA DE ESTRUTURAS LTDA. **Projetos Estruturais – Parede de Concreto e Alvenaria Estrutural**, 29 de Out. de 2015.

SARRAJ, Z. M. A. Formal Development of Line-of-Balance Technique. **Journal of Construction Engineering and Management**, 1990.

SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL APOSTA EM CRESCIMENTO E GERAÇÃO DE EMPREGOS COM MUDANÇAS NO MCMV. **Planalto**, Brasília, 26 de fev. de 2018. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/mandatomicheltemer/acompanhe-planalto/noticias/2017/02/setor-da-construcao-civil-aposta-em-crescimento-e-geracao-de-empregos-com-mudancas-no-mcmv>>, Acesso em: 15 jun. de 2020

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: PINI, 2010.

TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. **Dosagem dos Concretos de Cimento Portland**, 2011.

VENTURINI, Jamila. **Casas Com Paredes de Concreto**. Revista Equipe de Obra, São Paulo, v. VII, n. 37, julho. 2011. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/37/casas-com-paredes-de-concreto-220698-1.aspx>>, Acesso em: 04 ago. 2019.

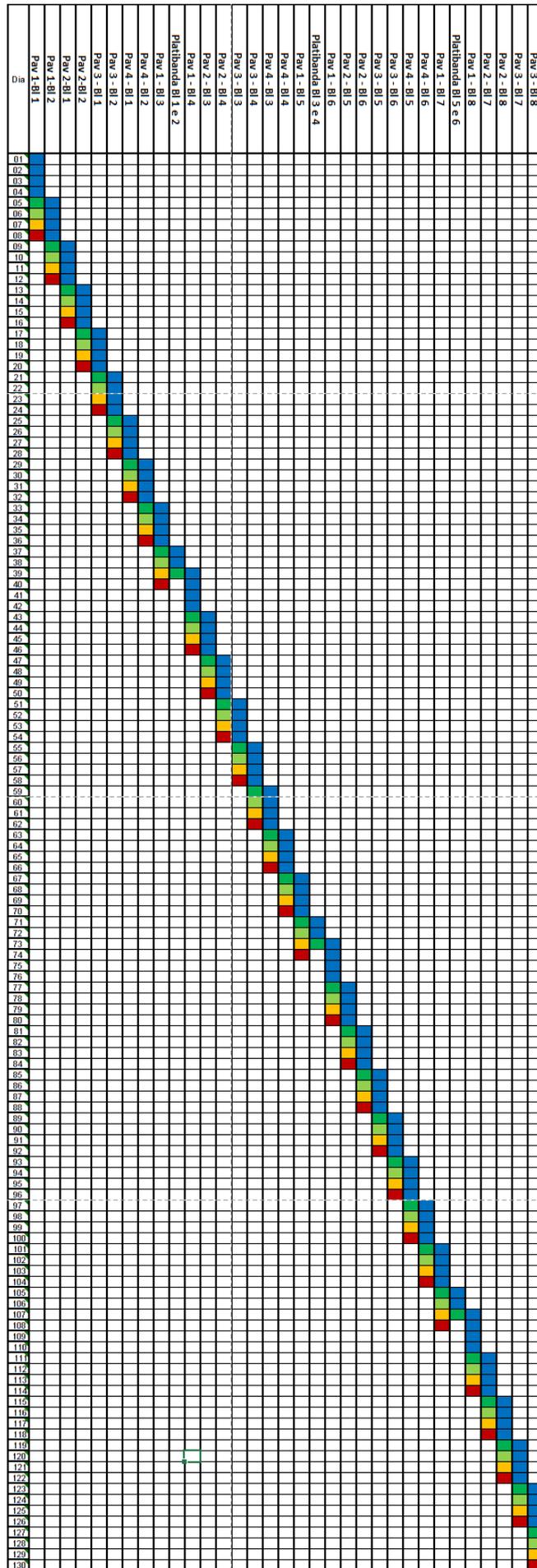
WENDLER, A.F. **A importância do projeto de paredes de concreto para os projetistas estruturais**. São Paulo, 2012

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro, 1992.



## ANEXO B

### LINHA DE BALANÇO – ALVENARIA ESTRUTURAL – PARTE 1



**ANEXO C**  
**LINHA DE BALANÇO – ALVENARIA ESTRUTURAL – PARTE 2**

