



**YAN WYNDSON ANTENOR DE SOUZA**

**ESTUDO COMPARATIVO FÍSICO FINANCEIRO ENTRE OS  
SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE PAREDE DE CONCRETO E  
ALVENARIA ESTRUTURAL PARA HABITAÇÃO SOCIAL**

**LAVRAS - MG  
2023**

**YAN WYNDSON ANTENOR DE SOUZA**

**ESTUDO COMPARATIVO FÍSICO FINANCEIRO ENTRE OS SISTEMAS  
CONSTRUTIVOS DE PAREDE DE CONCRETO E ALVENARIA ESTRUTURAL  
PARA HABITAÇÃO SOCIAL**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Rafael Santos de Moraes  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2023**

**YAN WYNDSON ANTENOR DE SOUZA**

**ESTUDO COMPARATIVO FÍSICO FINANCEIRO ENTRE OS SISTEMAS  
CONSTRUTIVOS DE PAREDE DE CONCRETO E ALVENARIA ESTRUTURAL  
PARA HABITAÇÃO SOCIAL**

**COMPARATIVE PHYSICAL AND FINANCIAL STUDY OF CONCRETE WALL  
AND STRUCTURAL MASONRY CONSTRUCTION SYSTEMS FOR SOCIAL  
HOUSING**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 14 de dezembro de 2023.

Dr. Rafael Santos de Moraes UFLA

Dr. Andre Luiz Zangiacomo UFLA

Dra. Andrea Aparecida Ribeiro Correa UFLA

Prof. Dr. Rafael Santos de Moraes  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2023**

*Dedico este trabalho a todos os meus familiares e amigos, que vivenciaram e me apoiaram em cada segundo no decorrer de toda graduação.*

*Meu mais singelo agradecimento a todos os docentes desta instituição.*

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por todas as graças e bênçãos recebidas em todo o período da graduação, que me mantiveram empenhado em todos os momentos. Gostaria de agradecer também aos meus pais, Léa e Ivan, que não cessaram seus esforços para me apoiar e incentivar na realização deste sonho. Meus agradecimentos também a minha noiva Sabrina por todo apoio e companheirismo em todos os momentos. Agradeço a todos os docentes desta Instituição (Universidade Federal de Lavras), por todos os ensinamentos e paciência. Sem vocês esta conquista não seria possível.

Meu muito obrigado a todos os meus amigos e familiares que em algum momento fizeram parte desta trajetória, todos vocês foram de suma importância na concretização deste sonho.

## RESUMO

Com a finalidade de responder às demandas relacionadas ao crescimento populacional e ao déficit habitacional, diversos sistemas construtivos vêm sendo aplicados nas construções populares brasileiras, mais especificamente no programa governamental Minha Casa Minha Vida (PMCMV), onde cada vez mais é necessário acelerar a execução das unidades habitacionais. Logo no início do programa o sistema construtivo em alvenaria estrutural foi o mais implantado entre todos os empreendimentos vinculados ao PMCMV, devido principalmente a rápida execução e ao excelente custo benefício, porém com o alto déficit habitacional, tentou-se implementar sistemas construtivos distintos aos já aplicados no cenário nacional, dentre eles o sistema monolítico em parede de concreto armado. Este sistema consiste na execução das edificações com a utilização de forma, aço e concreto, otimizando ainda mais o processo de execução das estruturas, sendo possível a execução de dois apartamentos por dia. O presente trabalho visa realizar um comparativo financeiro entre os dois sistemas citados, a partir de um projeto real em parede de concreto armado, o qual foi compatibilizado para o sistema em alvenaria estrutural, com o auxílio da tabela SINAPI, a qual apresenta os custos para execução dos serviços da construção civil, possibilitando assim um comparativo real entre os dois sistemas.

Palavras-Chave: Sistema monolítico. Minha casa minha vida. Custo. Prazo. Habitação. Construção civil. Quantitativo.

## **ABSTRACT**

In order to respond to demands related to population growth and housing deficit, several buildings systems have been applied in Brazilian popular buildings, more specifically in the government program called “Minha Casa Minha Vida”, since at the current time, it is necessary to speed up the process of Building new housing units. At the beginning of the Program the alternative structural masonry was the most used among all undertakings, due mainly to the speed of execution and an excellent value for money but the high housing déficit have applied innovative construction systems at the national level among them the monolithic system using concrete wall. This system consists of assembling buildings using wood or steel formwork, steel and concrete, increasingly optimizing the work execution process, enabling the construction of two apartments per day. The present work focuses on comparing the two systems financially by analyzing a real project using concrete wall that has been compatible with structural masonry. The methodology used was to consult the SINAPI (National Cost and Construction Index Research System) table which presents the costs for the execution of the construction services, thus enabling a real comparison between the cost of the two systems.

Keywords: Monolithic system. Minha casa minha vida. Cost. Deadline. Housing. Construction. Quantitative.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Amarração direta entre paredes.....   | 8  |
| Figura 2 – Amarração direta no plano da parede.....  | 9  |
| Figura 3 – Amarração indireta com malha metálica.....  | 9  |
| Figura 4 – Amarração indireta com grampo metálico.....   | 10 |
| Figura 5 – Limites máximos para o desaprumo e desalinhamentos das paredes e desnível da fiada de respaldo..... | 12 |
| Figura 6 – Escalonamento entre as fiadas.....  | 12 |
| Figura 7 – Modelo de ficha de verificação de serviços – Parede de concreto moldada no local.....               | 14 |
| Figura 8 – Etapa construtiva parede de concreto – armação em tela soldada.....                                 | 15 |
| Figura 9 – Etapa construtiva parede de concreto – montagem das formas.....                                     | 15 |
| Figura 10 – Planta baixa do edifício analisado.....  | 18 |
| Figura 11 – Planta de locação das lajes.....   | 20 |
| Figura 12 – Projeto de 1ª fiada – modulação.....   | 23 |
| Figura 13 – Projeto da 1ª fiada – representação dos grupos de parede.....                                      | 26 |



## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Tabela de Bares para dimensionamento de laje – momento fletor.....   | 21 |
| Tabela 2 – Dimensionamento das lajes maciças para alvenaria estrutural.....   | 21 |
| Tabela 3 – Dimensionamento das lajes maciças pré moldadas para alvenaria estrutural.....  | 22 |
| Tabela 4 – Dimensionamento da alvenaria estrutural – grupo de paredes.....  | 24 |
| Tabela 5 – Recomendação para especificação dos materiais da alvenaria estrutural.....   | 25 |
| Tabela 6 – Quantitativo de materiais para o sistema construtivo parede de concreto.....   | 26 |
| Tabela 7 – Levantamento de materiais para o sistema construtivo alvenaria estrutural.....   | 27 |
| Tabela 8 – Composição de custo para execução de um m <sup>2</sup> de alvenaria de bloco de concreto estrutural $f_{bk}=4,5$ MPa (código 89432)..... | 28 |
| Tabela 9– Composição de custos para execução do sistema construtivo alvenaria estrutural $f_{bk} = 4,5$ MPa.....                                    | 29 |
| Tabela 10 – Composição de custo para execução da parede de concreto moldada no local....  | 30 |
| Tabela 11 – Custo final para implantação do sistema em alvenaria estrutural.....  | 32 |
| Tabela 12 – Custo final para implantação do sistema em parede de concreto.....  | 33 |

## LISTA DE SIGLAS

|        |  |
|--------|--|
| ABCP   | Associação Brasileira de Cimento Portland                            |
| ABNT   | Associação Brasileira de Normas Técnicas                             |
| ABESC  | Associação Brasileira de Serviço de Concretagem                      |
| CADMUT | Cadastro Nacional de Mutuários                                       |
| FAR    | Fundo de Arrendamento Residencial                                    |
| FGTS   | Fundo de Garantia por Tempo de Serviço                               |
| FVS    | Formulário de Verificação de Serviços                                |
| IBTS   | Instituto Brasileiro de Telas Soldadas                               |
| MP     | Medida Provisória  |
| OPR    | Oferta Pública de Recursos   |
| PBQP-H | Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat          |
| PCVA   | Programa Casa Verde e Amarela  |
| PMCMV  | Programa Nacional Minha Casa Minha Vida                              |
| SINAPI | Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil |
| SIACI  | Sistema Integrado de Administração de Carteiras Imobiliárias         |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO.....   | 1  |
| 1.1 Objetivos.....  | 2  |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO.....  | 3  |
| 2.1 Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV).....                               | 3  |
| 2.2 Programa Casa Verde e Amarela (PCVA) .....                                | 4  |
| 2.3 Programa Minha Casa Minha Vida – 2023 (Atual).....                        | 5  |
| 2.4 Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H)..... | 6  |
| 2.5 Alvenaria estrutural .....  | 6  |
| 2.5.1 Conceito histórico.....   | 6  |
| 2.5.2 Materiais e métodos construtivos .....                                  | 7  |
| 2.6 Parede de concreto moldada no local .....                                 | 13 |
| 2.6.1 Conceito histórico.....   | 13 |
| 2.6.2 Materiais e métodos construtivos .....                                  | 14 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS.....  | 18 |
| 3.1 Projeto arquitetônico .....   | 18 |
| 3.2 Projeto estrutural .....  | 19 |
| 3.2.1 Alvenaria estrutural .....  | 22 |
| 3.3 Comparativo de materiais.....   | 26 |
| 3.4 Comparativos de custos e prazos.....                                      | 27 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 31 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....  | 34 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 35 |

## 1 INTRODUÇÃO

Com o propósito de reduzir o déficit habitacional da população brasileira, em 2009 foi criado o Programa Nacional Minha Casa Minha Vida (PMCMV), o qual tinha o objetivo de prover moradia digna à população de baixa renda, com renda entre 0 e 3 salários mínimos. Os investimentos do programa eram provenientes de recursos do Fundo de Arrendamento Residencial (FAR) e Oferta Pública de Recursos (OPR).

Segundo dados da Fundação João Pinheiro (2012, p. 33), o déficit habitacional em todo o território nacional, no ano de 2009, era de 5,998 milhões de domicílios. Diante disso, houve a necessidade de promover uma maior aceleração na execução das unidades habitacionais, de forma a aumentar a produção e conseqüentemente uma maior renda as construtoras.

Nesse contexto, as principais construtoras nacionais buscaram sistemas construtivos mais eficazes e rápidos para a execução, mantendo sempre um padrão de qualidade, de forma a reduzir o tempo e também a mão de obra.

Após o início do PMCMV, (Santos, 2015) o sistema construtivo mais utilizado foi a alvenaria estrutural, que comparada à estrutura convencional em concreto armado e alvenaria de vedação é um processo mais rápido, com menos geração de resíduos, e na maioria dos casos, com uma melhor relação custo/benefício.

À partir de 2012, devido a implementação da NBR 16055, (Santos, 2016) um novo sistema começou a ser empregado com maior frequência nos empreendimentos vinculados ao PMCMV, o sistema monolítico constituído por paredes de concreto moldadas no local, o qual otimiza ainda mais o processo construtivo, pois além de ser possível a execução de uma unidade habitacional por dia, ainda reduz diversos processos que antecedem à fase de acabamento fino, como o chapisco, o emboço, o reboco e ainda as instalações elétricas, as quais são instaladas e realizadas junto à execução e montagem das formas. Ou seja, após a fundação pronta, em apenas um dia a estrutura (lajes e paredes), instalações elétricas (eletrodutos e instalação das caixas), instalações hidráulicas (esgoto e água fria passante pelo solo) já se encontram prontas, faltando apenas o assentamento de esquadrias e realização do acabamento fino (gesso, pintura, piso, revestimento, louças, metais, acabamento elétricos e hidráulicos).

Embora o sistema construtivo com paredes de concreto seja mais rápido de executar, ele exige um alto investimento inicial para adquirir as formas.

Nesse contexto, neste trabalho é estudado, para um empreendimento real, qual é o sistema construtivo mais vantajoso do ponto de vista financeiro: alvenaria estrutural ou parede de concreto.

## **1.1 Objetivos**

Este trabalho tem o objetivo de realizar um estudo comparativo físico/financeiro entre os sistemas construtivos alvenaria estrutural e parede de concreto moldada no local (sistema monolítico) em habitações do Programa Nacional Habitacional (atualmente o Programa Minha Casa Minha Vida, antigo Programa Casa Verde e Amarela), de maneira a identificar o sistema construtivo mais viável levando em consideração o prazo e custo indireto.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico são apresentados os conceitos históricos, bem como as características de execução de cada sistema. Ainda, são abordados os programas governamentais PMCMV e PCVA e sua importância frente ao déficit habitacional no Brasil.

### 2.1 Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV)

O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) teve início no ano de 2009, com a finalidade de reduzir o déficit habitacional do país. Foi uma iniciativa do Governo Federal, que proporcionava à população de baixa renda condições de financiamento mais favoráveis, beneficiando as famílias com renda familiar bruta inferior a R\$9.000,00 (nove mil reais) mensais (Minha Casa Minha Vida, 2023).

As habitações eram realizadas em parceria com entidades sem fins lucrativos, estados, municípios e empresas. Além de promover moradia digna à população, também proporcionou alta taxa de geração de empregos em todas as regiões do país.

De maneira a proporcionar melhores condições de pagamento para a população conforme a renda familiar, até 2020 (último ano do Programa) o financiamento era dividido em 4 faixas, variando a taxa de juros, o valor do subsídio e as condições de financiamento, sendo eles (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2020):

**Faixa 1:** Abrange as famílias com renda familiar bruta inferior a R\$1.800,00 mensais, com subsídio de até 90% do valor do imóvel e o pagamento podendo ser feito em até 120 parcelas (10 anos), com prestações inferiores a R\$270,00 por mês, proporcional a 15% da renda familiar. Exclusivamente para essa faixa, é necessário que o cadastro seja realizado na Prefeitura do Município ou em uma entidade organizadora para iniciar o processo de seleção.

Obs: Para as demais faixas, o cadastro também poderia ser realizado em uma entidade organizadora ou de forma individual, sendo necessário apenas realizar a simulação para saber o valor concedido para o investimento e a entrega da documentação solicitada.

**Faixa 1,5:** Engloba as famílias com renda familiar bruta entre R\$ 1.800,00 (um mil e oitocentos reais) e R\$2.600,00 (dois mil e seiscentos reais) mensais, sendo possível um subsídio de até R\$47.500,00 (quarenta e sete mil e quinhentos reais), com o número de parcelas e o seu valor variando de acordo com a renda familiar. Diferente da faixa 1, prevê o pagamento de juros de 5% ao ano.

**Faixa 2:** Compreende as famílias com renda familiar bruta entre R\$2.600,00 (dois mil e seiscentos reais) e R\$4.000,00 (quatro mil reais) por mês, subsídio de até R\$29.000,00 (vinte e nove mil reais) e a quantidade de parcelas e o seu valor variando de acordo com a renda familiar, com juros entre 6 e 7%.

**Faixa 3:** Contempla as famílias com renda familiar bruta entre R\$4.000,00 (quatro mil reais) e R\$9.000,00 (nove mil reais) mensais, sem a liberação de subsídios, com a quantidade e o valor das parcelas variando de acordo com a renda, com juros de 8,16% ao ano. Embora para a faixa 3 não seja prevista a liberação de subsídio, as condições de financiamento aplicadas nesta faixa são mais atrativas do que as praticadas no mercado.

Para que o cidadão estivesse apto a fazer parte do PMCMV, era necessário atender a alguns requisitos, sendo eles:

- Não ter propriedade ou financiamento de imóvel em seu nome;
- Não ter recebido nenhum tipo de benefício de outro programa habitacional do governo;
- Não estar cadastrado no Sistema Integrado de Administração de Carteiras Imobiliárias (SIACI) e/ou Cadastro Nacional de Mutuários (CADMUT);
- Não ter débitos com o governo federal;
- Ser cidadão brasileiro ou naturalizado;
- Ter no mínimo 18 anos de idade.

## 2.2 Programa Casa Verde e Amarela (PCVA)

O Programa Casa Verde e Amarela, que teve início a partir de agosto de 2020 deu continuidade ao PMCMV. Tanto o PMCMV quanto o PCVA possuem os mesmos princípios, reduzir o déficit habitacional e promover moradia digna à população de baixa renda. Contudo, com a alteração do programa, foram feitas algumas mudanças em relação ao programa anterior, o qual instituiu que até 2024 seriam atendidas 1,6 milhão de famílias pelo programa (Brasil, 2020).

Com a nova política habitacional, algumas mudanças foram implementadas, entre elas a extinção da antiga faixa 1 do PMCMV, que era a faixa que não possuía juros e com o maior índice de subsídios. Uma outra mudança significativa foi a diferença entre as taxas aplicadas no norte e nordeste do país em comparação com as demais regiões, visto que nessas regiões o déficit habitacional é ainda mais alarmante.

O PCVA foi dividido nas seguintes faixas:

**Urbano 1:** Engloba as famílias com renda familiar bruta inferior a R\$2.400,00 (dois mil e quatrocentos reais) e prevê um subsídio de até R\$47.500,00 (quarenta e sete mil e quinhentos reais), com taxa de juros de 4,25% para as regiões norte e nordeste e cotistas do FGTS (Fundo de Garantia por Tempo de Serviço), 4,75% para região norte e nordeste e, não cotistas, e para as demais regiões a taxa de juros é de 4,5% e 5% para cotistas e não cotistas, respectivamente.

**Urbano 2:** Faixa que inclui as famílias com renda bruta entre R\$ 2.400,00 (dois mil e quatrocentos reais) e R\$ 4.400,00 (quatro mil e quatrocentos reais), subsídio de até R\$ 29.000,00 (vinte e nove mil reais), taxa de juros entre 4,5 e 5%, para cotistas e não cotistas do FGTS, respectivamente, e residentes nas regiões norte e nordeste. Para as demais regiões, a taxa de juros varia entre 4,75 e 5,5% para cotistas e não cotistas do FGTS, respectivamente.

**Urbano 3:** Abrange as famílias com renda bruta entre R\$ 4.440,00 (quatro mil e quatrocentos reais) e R\$ 8.000,00 (oito mil reais), sem subsídio e uma taxa de juros variando entre 7,16 e 7,66% para todas as regiões, sendo a menor taxa aplicada para cotistas do FGTS.

De modo geral, pode-se dizer que a grande diferença entre os dois programas governamentais habitacionais, até fevereiro de 2023, foi a extinção da faixa 1 do PMCMV, a qual era destinada as famílias mais carentes, com o maior subsídio e as parcelas limitadas a 15% da renda, o que facilitava, a aquisição de moradia pelas famílias com rendas mais baixa. Além dessa diferença, o PCVA reduziu a taxa de juros para aquisição de moradias nas regiões norte e nordeste, que possui uma taxa de juros inferior às demais localidades.

### **2.3 Programa Minha Casa Minha Vida – 2023 (Atual)**

Com a mudança de governo, em fevereiro de 2023, houve uma alteração no programa governamental, retornando ao PMCMV, sendo implementadas as seguintes alterações em relação ao PCVA, conforme demonstrado pela Medida Provisória (MP) nº 1.162, de 14 de fevereiro de 2023.

**Faixa Urbano 1:** Engloba as famílias com renda familiar mensal bruta inferior a R\$2.640,00 (dois mil e seiscentos e quarenta reais) e prevê um subsídio de até R\$55.000,00 (cinquenta e cinco mil reais), com taxa de juros variando entre 4,00% e 4,75% ao ano.

**Faixa Urbano 2:** Abrange as famílias com renda familiar mensal bruta entre R\$2.640,00 (dois mil e seiscentos e quarenta reais) e R\$ 4.400,00 (quatro mil e quatrocentos reais), com subsídio de até R\$55.000,00 (cinquenta e cinco mil reais), com taxa de juros variando entre 4,75% e 7% ao ano.

**Faixa Urbano 3:** Se enquadra às famílias com renda familiar mensal bruta entre R\$ 4.400,00 (quatro mil e quatrocentos reais) e R\$ 8.000,00 (oito mil), sem subsídio do governo, com taxa de juros variando entre 7,66% e 8,16% ao ano.

Comparando o atual programa habitacional do governo (PMCMV) com seu antecessor (PCVA), pode-se notar que ocorreram pequenas alterações, principalmente nas taxas de juros anuais, havendo uma redução das taxas nas faixas 1 e 2, enquanto para a faixa 3 houve um aumento nas taxas de juros anuais.



Ainda sobre os programas habitacionais do país, de maneira a manter o padrão de qualidade e produtividade dos empreendimentos foi criado o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H).

## **2.4 Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H)**

Com o intuito de fornecer moradia digna à população mais carente, é necessário a colaboração de todos os membros envolvidos na execução do empreendimento, projetos, fornecedores de materiais e construtores, a fim de se obter produtos com qualidade. Diante disso, o governo federal criou o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), o qual tem a finalidade de induzir as construtoras, que possuem qualquer empreendimento pertencentes ao PCVA e PMCMV, a manter a qualidade e produtividade da unidade habitacional.

O PBQP-H é uma forma encontrada pelo governo federal de garantir que a produtividade e qualidade estejam em conformidade, visto que em alguns casos, esses dois requisitos não se complementam. Assim sendo, o PBQP-H obriga que a construtora fiscalize e acompanhe todas as etapas do empreendimento, garantindo que todo o processo esteja em conformidade com o previsto em projeto, garantindo conforto e segurança aos futuros proprietários. Todos os colaboradores precisam passar por treinamento de todas as atividades que irão exercer, ou seja, antes de iniciar qualquer atividade, a equipe de obra deverá passar por treinamento de como deve ser exercida cada atividade.

## **2.5 Alvenaria estrutural**

Este sistema é um dos mais antigos empregados no Brasil e no mundo, tem como característica sua rápida execução e também a baixa geração de resíduos. Nos tópicos a seguir, é apresentado o conceito histórico bem como são demonstrados os insumos necessários para sua execução, de acordo com as diretrizes da NBR 16868-1 (2020).

### **2.5.1 Conceito histórico**

Se trata da forma de construção mais antiga da história, havendo relatos do seu emprego já na Pré-História, há cerca de 10 mil anos. As primeiras construções em alvenaria foram realizadas com o empilhamento de pedras, as quais eram previamente selecionadas e na maioria das vezes sem a utilização de argamassa. A primeira construção realizada em território brasileiro ocorreu por volta do século XVI, sendo possível nos dias atuais encontrar edifícios construídos com mais de 200 anos (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2014).

Alvenaria estrutural é um sistema construtivo autoportante, visto que é a alvenaria em si que garante a estabilidade da estrutura, não sendo necessário pilares ou vigas nesta concepção.

É necessário ainda, que o projeto estrutural esteja compatibilizado com o hidrossanitário e elétrico, visto que nesse sistema não é recomendado danificar a estrutura dos blocos para passagem de tubulação e dessa forma deve ser prevista a passagem de todos os tubos e mangueiras dentro do vazio dos blocos, sendo essa verificação feita ainda na etapa de projeto.

Recentemente, em 2020, houve uma unificação das normas técnicas de alvenaria estrutural, pois até então existiam documentos distintos (de concreto e de blocos cerâmicos). A norma técnica unificada NBR 16868:2020 – Alvenaria Estrutural é dividida em três partes, sendo a parte 1 para projetos, a parte 2 para a execução e o controle de obras e a parte 3 destinada para os métodos de ensaios.

A respeito da norma, Parsekian (2020) explica que:

“Foram definidos critérios para melhor consideração da esbeltez, com condição especial para edificação térrea com blocos de 9 cm, possibilidade de considerar travamentos laterais, possibilidade de paredes armadas muito esbeltas. Foram incluídas especificações para Alvenaria Estrutural com tijolos cerâmicos”.

Além disso, o autor relata que alguns projetistas cometiam um erro bastante frequente para a definição da resistência da argamassa e do graute, problema que o atual documento normativo solucionou, com a resistência definida de acordo com a resistência de prisma, bem como do tipo de bloco adotado.

Desde o início do programa habitacional do governo brasileiro, Programa Minha Casa Minha Vida, a Alvenaria Estrutural sempre foi muito utilizada, principalmente pela agilidade do processo executivo, baixo desperdício de material, além de baixo consumo de formas durante todo o processo. Até o ano de 2015, a Alvenaria Estrutural foi o método mais utilizado dentro do PMCMV, perdendo seu posto para a parede de concreto a partir do segundo semestre deste mesmo ano.

### **2.5.2 Materiais e métodos construtivos**

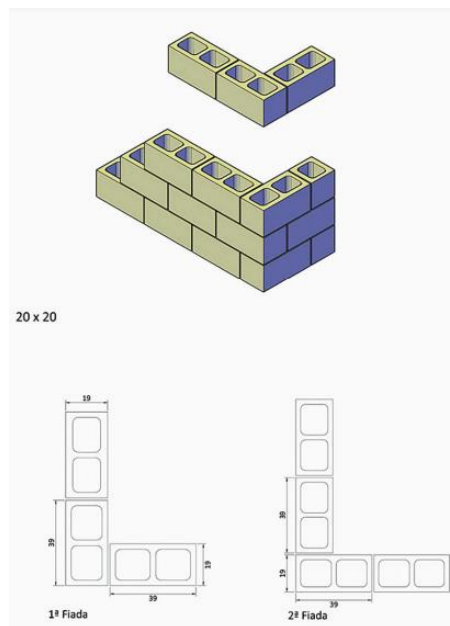
Para que a alvenaria seja considerada estrutural é necessário que a parede seja construída com junta amarrada, caso contrário, a mesma é considerada como não estrutural, salvo se existir comprovação experimental de sua eficiência (NBR 16868-1:2020). Essa amarração pode ser realizada de 3 formas distintas:

- Amarração direta de paredes, (NBR-16868-1:2020) “padrão de ligação de paredes por intertravamento de blocos ou tijolos, respeitando a superposição em todas a espessura” de maneira que o comprimento de superposição seja de no mínimo 9 cm ou  $\frac{1}{4}$  do

comprimento do bloco. Ainda, a “amarração direta de paredes é obtida com a interpenetração alternada de 50% das fiadas de uma parede na outra ao longo das interfaces comuns” (NBR 16868-1:2020).

Na Figura 1 é ilustrado esse tipo de amarração.

Figura 1 – Amarração direta entre paredes.

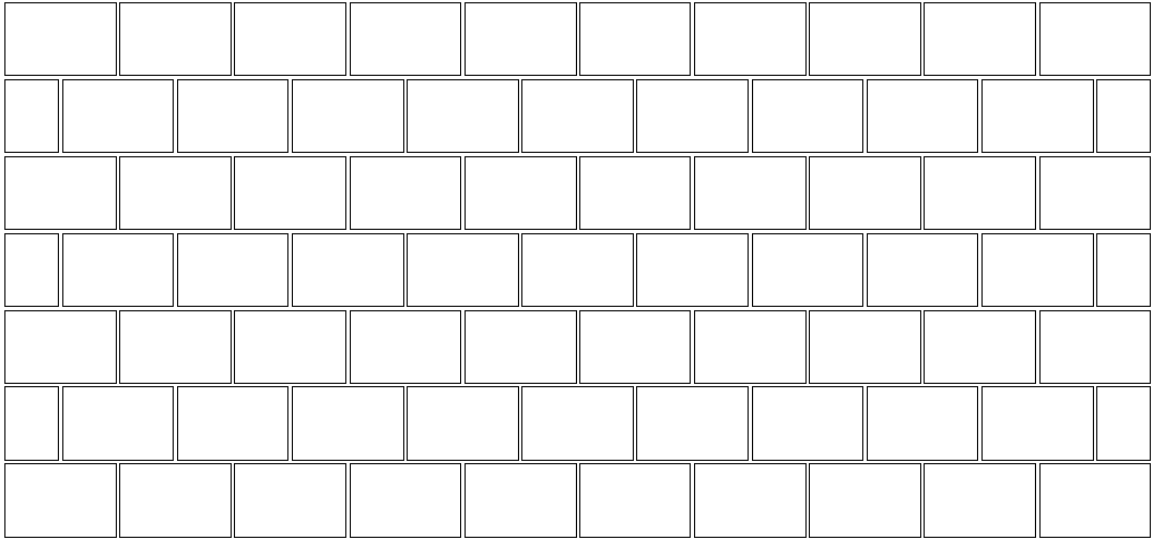


Fonte: Tauil e Nese (2010, p.95).

- Amarração direta no plano da parede, “padrão de distribuição dos blocos ou tijolos no plano da parede, no qual as juntas verticais se defasam em no mínimo 9 cm ou  $\frac{1}{4}$  do comprimento dos blocos” (NBR 16868-1:2020).

Na Figura 2 é ilustrado esse tipo de amarração.

Figura 2 – Amarração direta no plano da parede.

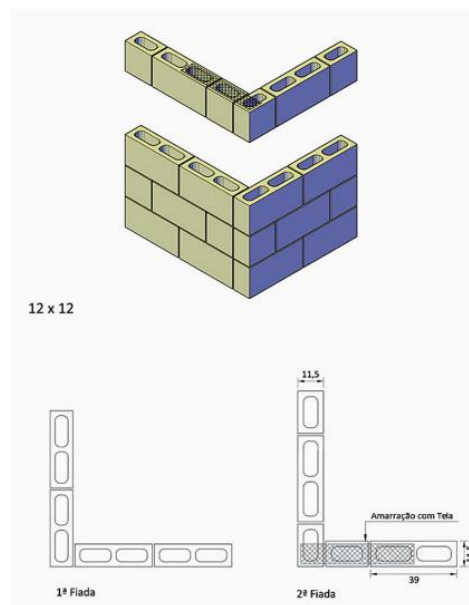


Fonte: Do autor (2023).

- Amarração indireta de paredes, “padrão de ligação de paredes com junta vertical a prumo, em que o plano da interface comum é atravessado por armaduras normalmente constituídas por grampos metálicos devidamente ancorados em furos verticais adjacentes grauteados ou por telas metálicas ancoradas em juntas de assentamento” (NBR 16868-1:2020).

A Figura 3 ilustra a amarração indireta com malha metálica.

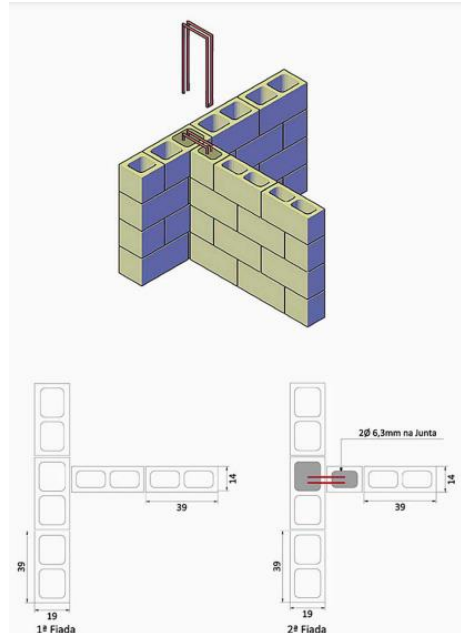
Figura 3 – Amarração indireta com malha metálica.



Fonte: Tauli e Nese (2010, p.99).

A Figura 4 ilustra uma segunda opção para execução da amarração indireta, com a utilização do grampo metálico.

Figura 4 – Amarração indireta com grampo metálico.



Fonte: Tauli e Nese (2010, p.98).

O sistema construtivo em alvenaria estrutural possui 4 componentes: bloco, argamassa, aço e graute.

- Bloco: a NBR 16868-1 (2020) apresenta que as especificações do bloco de concreto devem seguir as prescrições da NBR 6136:2016, a qual indica que os blocos “devem ser fabricados, curados, transportados e identificados pelo fabricante, segundo os seus lotes, procedência e classe de resistência, de forma a garantir as exigências desta norma.” Além disso, os blocos devem apresentar aspecto homogêneo, compacto, possuir arestas vivas e ser livres de trincas e outras imperfeições. A resistência à compressão dos blocos deve seguir aos valores previstos na Tabela 3 desta mesma norma, com valor mínimo de 3 MPa;

- Argamassa: assim como para os blocos estruturais, a NBR 16868-1:2020 indica que a argamassa para assentamento de bloco para alvenaria estrutural deve seguir as prescrições apresentadas na NBR 13281-2:2023 – Argamassas para assentamento e argamassas para fixação de alvenaria. A argamassa de assentamento é o elemento responsável pela união dos blocos, solidarizando e distribuindo as tensões uniformemente, além de cumprir funções não estruturais, como compensar as irregularidades presentes nos blocos e laje, bem como evitar a entrada de água e vento entre as juntas (FREITAS JR., 2013).

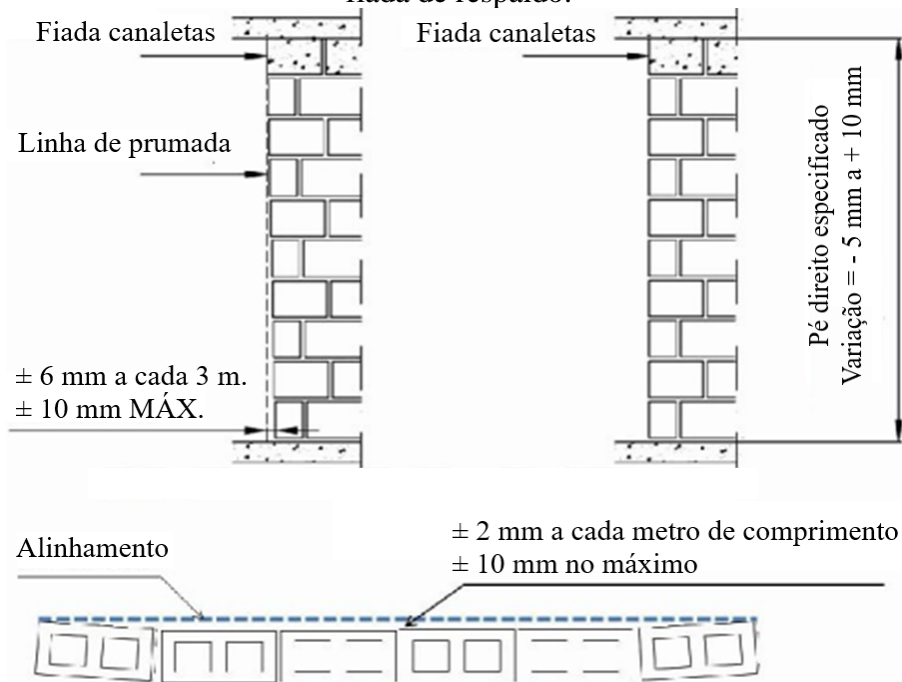
A argamassa de assentamento geralmente é composta por cimento, areia, água e cal, cujo o prazo máximo para utilização da mistura é em torno de 2 horas e 30 minutos, sendo em alguns casos adicionado aditivo retardador de pega para aumentar o seu prazo de utilização (NBR 16868-2:2020).

- Aço: a NBR 16868-1:2020 indica que a armação deve seguir as prescrições apresentadas na NBR 7480:2022. É o elemento responsável pela resistência aos esforços de flexão e tração, sendo empregado na execução das vergas, contravergas e cintas de amarração, cujo o quantitativo e layout de aplicação deve ser previsto em projeto. Em alguns casos é necessário a utilização de armação vertical passiva ou protendida, sendo necessário verificar na fase da elaboração de projeto

- Graute: é um microconcreto que possui alta resistência e alta fluidez, o que possibilita o melhor preenchimento dos vazados dos blocos, sem a necessidade de vibradores para adensamento. Tem “a finalidade de solidarizar armaduras à alvenaria ou aumentar a sua capacidade resistente” (NBR 16868-1:2020). Possui resistência à compressão mínima de 15 MPa.

A NBR 16868-2:2020 apresenta os critérios e requisitos para a execução desse sistema construtivo. Inicialmente, realiza-se a limpeza da área, na sequência os blocos devem ser locados (ainda sem a utilização de argamassa), de maneira a conferir a modulação/comprimento, esquadro e nivelamento da base, bem como posicionar as tubulações hidráulicas, elétricas e armação conforme previsto nos projetos. Após a conferência da modulação, deve-se realizar o assentamento da alvenaria. Durante a elevação da alvenaria deve-se verificar o prumo e alinhamento das paredes, bem como assegurar o esquadro entre as alvenarias, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Limites máximos para o desaprumo e desalinhamentos das paredes e desnível da fiada de respaldo.

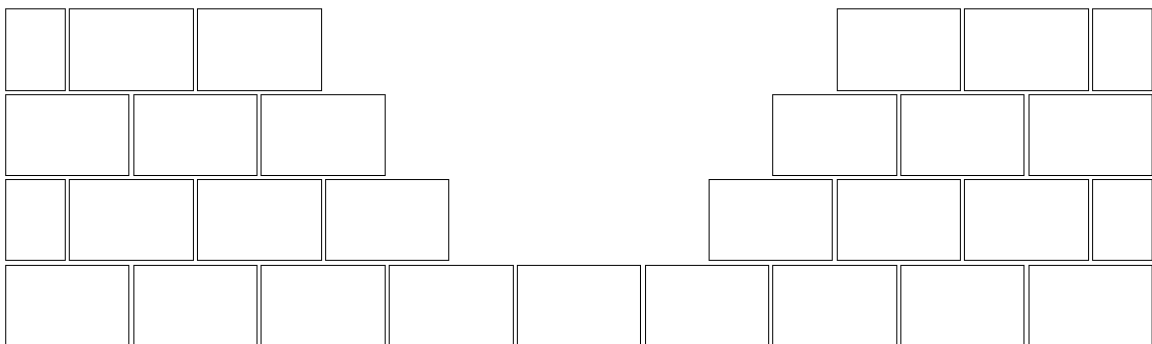


Fonte: NBR 16868-2 (2020).

Quando existir a indicação de grauteamento, o mesmo deve ser executado a uma altura limite de até 1,6 metros, exceto se o graute for devidamente aditivado, garantindo a coesão sem segregação. Antes da execução do grauteamento, é obrigatório a conferência de não obstrução dos vazados dos blocos.

Deve-se evitar junta a prumo nas paradas de um dia para o outro, onde é recomendado a utilização do escalonamento entre as fiadas, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Escalonamento entre as fiadas



Fonte: Do autor (2023).

## **2.6 Parede de concreto moldada no local**

Trata-se de um sistema construtivo que está ganhando cada vez mais espaço no mercado da construção civil, principalmente por conta da sua rápida execução e também por ser um processo industrializado. Nos tópicos a seguir são apresentados o conceito histórico e também as características desse sistema construtivo.

### **2.6.1 Conceito histórico**

Com o alto crescimento da demanda de edificações e com o surgimento do PMCMV o qual facilitou o acesso ao crédito para a população brasileira adquirir suas moradias, diversas construtoras buscaram realizar projetos cada vez mais rápidos e eficientes, de maneira a aumentar a produtividade. Com essa demanda, diversas instituições brasileiras (Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), Associação Brasileira de Serviço de Concretagem (ABESC) e Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS)) se uniram para buscar metodologias eficientes, seguras e de qualidade para atender ao aumento dessas demandas. A partir dessa união, foi iniciado o processo de discussão e debates referente ao sistema construtivo parede de concreto moldada no local, visando dar início à construção industrializada de edificações em larga escala, buscando condições técnicas e financeiras para sua produção (Parede de concreto: Coletânea de Ativos:2007-2008, 2008).

Esta pesquisa, para encontrar um método mais eficiente para edificações de larga escala, teve início no ano de 2007, com as instituições fazendo visitas técnicas em diversos locais no mundo, como na Colômbia e Chile (onde esse sistema era bastante empregado), para acompanhar o procedimento e a execução de edifícios com essa metodologia construtiva. Após 5 anos, em 10 de maio de 2012, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) apresentou a primeira norma referente à utilização desse sistema construtivo, a NBR 16.055:2012 – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – requisitos e procedimentos, proporcionando ainda mais confiabilidade e segurança para aplicação desse sistema.

Uma das vantagens mais significativas da utilização desse sistema construtivo é o pouco uso de recursos naturais, sendo utilizados materiais reaproveitáveis para as formas, podendo ser reutilizadas, além da baixa geração de resíduos, por se tratar de um processo racionalizado.

O sistema parede de concreto moldada no local, é recomendado para empreendimentos com alta repetitividade, nos quais se consegue aplicar as formas de maneira contínua e padronizada. Além disso é importante seguir as especificações de projeto, no qual as formas apresentam uma numeração sequencial para sua instalação, bem como seguir a sequência de execução de maneira a reduzir a possibilidade de erros.



## 2.6.2 Materiais e métodos construtivos

Conforme é mencionado em Parede de concreto: coletânea de ativos 2011-2013 (2013), a execução deste sistema construtivo exige um padrão e controle muito alto, visto que, em caso de retrabalho, a atividade será extremamente complexa e de alto custo. Para isto, sugere que seja definido um controle das atividades, de forma que sempre haja conferência dos serviços realizados para que posteriormente a próxima etapa seja liberada, ou seja, antes de realizar a concretagem, todas as etapas anteriores deverão estar conferidas e aprovadas pelo responsável. Para tal, essa coletânea sugere que seja realizado e preenchido o Formulário de Verificação de Serviços (FVS), cujo modelo pode ser observado na figura 7.

O PBQP-H determina que o formulário seja preenchido para cada etapa do empreendimento, conforme modelo disponibilizado pela publicação Parede de concreto: coletânea de ativos 2011-2013 (2013).

Figura 7 – Modelo de ficha de verificação de serviços – Parede de concreto moldada no local.

| Empresa Construtora                 | FVS – Ficha de Verificação de Serviço   |  | Serviço: Armação e montagem de fôrmas |    |    |     |    |
|-------------------------------------|---|--|---------------------------------------|----|----|-----|----|
|                                     |   |  | Local                                 |    |    |     |    |
| Item de Verificação                 | Método  | Critério   | A1                                    | A2 | A3 | ... | An |
| Armação da parede                   | Verificar visualmente<br>▲ Tipo<br>▲ Posicionamento<br>▲ Reforços nos vãos e tranpasses                                       | Atendimento ao projeto de armação                          | A                                     | A  | A  | A   | A  |
| Amarrações e espaçadores            | Verificar visualmente a presença e o posicionamento das amarrações e espaçadores  | Atendimento ao projeto / PO.03                             | A                                     | R1 | A  | A   | A  |
| Tubulações elétricas                | Verificar:<br>▲ Visualmente a presença das tubulações elétricas<br>▲ Posicionamento das caixinhas com uso de trena            | Atendimento ao projeto de instalações elétricas            | A                                     | A  | A  | A   | A  |
| Aplicação do desmoldante            | Verificar visualmente a presença de desmoldante nas fôrmas  | -  |                                       |    |    |     |    |
| Posicionamento dos painéis          | Verificar:<br>▲ Prumo (prumo de centro)<br>▲ Esquadro (esquadro de alumínio)<br>▲ Atendimento a numeração prevista no projeto | Atendimento ao projeto de formas                           |                                       |    |    |     |    |
| Prumo dos vãos de janelas e portas  | Verificar:<br>▲ A colocação de todos os pinos e alinhadores dos vãos de portas e janelas                                      | Atendimento ao projeto de fôrmas                           |                                       |    |    |     |    |
| RNC – Relatório de Não-Conformidade |   |  |                                       |    |    |     |    |
| Descrição do problema               | Local   | Tratamento   |                                       |    |    |     |    |
| R1 – Ausência de Espaçadores        | A1 – parede 2   | Posicionar espaçadores conforme orientação do procedimento |                                       |    |    |     |    |
| Inspecionado por:                   | Aprovado por:   | Data da abertura da FVS:                                   | Data de fechamento da FVS:            |    |    |     |    |
|                                     |   | 20/08/2012   | ___/___/___                           |    |    |     |    |

Fonte: Parede de concreto: coletânea de ativos 2011-2013 (2013).

Para esse sistema construtivo apenas três materiais são utilizados para confeccionar a estrutura da edificação, sendo eles: concreto, armação em tela soldada e forma. A Figura 8 apresenta a execução desse sistema na etapa de montagem da armação.

Figura 8 – Etapa construtiva parede de concreto – armação em tela soldada.



Fonte: Neoformas (2023).

Após a execução da montagem das armaduras é iniciado o processo de montagem das formas, conforme pode ser observado na Figura 9.

Figura 9 – Etapa construtiva parede de concreto – montagem das formas.



Fonte: Neoformas (2023).

O concreto autoadensável é o mais utilizado atualmente nesse sistema construtivo, pois possui um maior abatimento, conseguindo percorrer por todos os espaços vazios entre as formas.

Além do concreto autoadensável, a Parede de concreto: coletânea de ativos 2011-2013 (2013) apresenta outros três tipos de concreto empregados pelas construtoras em seus empreendimentos, sendo o concreto superfluido, concreto celular com alto teor de ar incorporado e o concreto convencional, sendo este último não recomendado pelos especialistas.

Todos os tipos de concreto empregados nesse sistema são denominados como especiais, pois em todos eles são necessários a utilização de aditivos para atender as premissas do sistema construtivo. Como a desforma para a parede de concreto deve ocorrer o mais rápido possível, de maneira a manter o processo cíclico, na maioria dos casos é utilizado um  $f_{ck}$  superior ao necessário, para que o mesmo possa atingir a resistência mínima para desforma dentro do menor prazo possível. Isso é verificado por meio do ensaio à compressão.

Como é necessário verificar a resistência do concreto antes da desforma, a maioria dos empreendimentos de grande escala que utilizam esse sistema possui um laboratório de análise na obra, visto que é necessário um alto padrão de qualidade e assertividade nos resultados do ensaio e também porque os ensaios precisam ser realizados pouco tempo após a concretagem para verificação da resistência para desforma.

A ABESC (2022) menciona que o consumo de concreto para esse método é algo entre 50 e 100 m<sup>3</sup> diariamente, onde em alguns casos pode ser viável a construção de uma usina de concreto no empreendimento, a fim de atender a demanda diária de concreto.

A NBR 16055:2012 apresenta que as formas devem ser projetadas e construídas de modo a obter resistência às ações que possam ser submetidas durante o processo construtivo, rigidez suficiente para assegurar as tolerâncias especificadas em projeto, estanqueidade e conformidade com a geometria das peças que estão sendo moldadas.

O material a ser escolhido para aplicação deve seguir tais premissas, além de buscar maior durabilidade, visto que neste sistema construtivo as formas são reutilizadas. A Parede de concreto: coletânea de ativos 2007-2008 (2008) apresenta alguns dos materiais mais empregados para as formas, sendo eles:

- Formas metálicas: utilizam quadros e chapas metálicas, tanto para a estruturação de seus painéis como para dar acabamento à peça concretada;
- Formas metálicas + compensados: compostas por peças metálicas, em aço ou alumínio, e utilizam chapa de madeira compensada ou material sintético para dar acabamento na peça concretada;

- Formas plásticas: utilizam-se quadros e chapas feitos em plástico reciclável, para a estruturação e o acabamento, além de utilizar contraventamento com estruturas metálicas.

A mencionada publicação ainda ressalta que é de suma importância o desenvolvimento e o detalhamento das plantas de formas de maneira a facilitar a execução da mesma no canteiro de obras, sendo necessário apresentar o detalhamento e posicionamento dos painéis, detalhamento dos equipamentos auxiliares e peças de travamento e aprumo, detalhamento do escoramento e também a sequência executiva de montagem e desmontagem.

Além disso, uma das premissas do Sistema Construtivo Parede de Concreto é a realização das ligações elétricas e hidráulicas junto à montagem das formas, de maneira a otimizar uma das etapas do empreendimento. Ou seja, durante a montagem das formas e armaduras (antes da concretagem), todas as tubulações elétricas e hidráulicas devem estar devidamente passadas antes de realizar a concretagem. Para isso é necessário compatibilizar os projetos hidráulico, elétrico e estrutural.

Sugere-se que seja realizada a conferência das formas ainda no pátio do fabricante (antes do transporte), bem como realizar a montagem das formas assim que a mesma chegar ao canteiro de obras, seja para conferência ou para o treinamento da equipe para a sequência de produção antes do início do empreendimento.

Para a armação em tela soldada, a mesma deve seguir as orientações e premissas previstas na NBR 16055:2012, considerando também o reforço nas quinas e junções entre formas, bem como nas proximidades das esquadrias.

Para obter maior êxito na construção desse sistema, a Parede de concreto: coletânea de ativos 2011-2013 (2013), apresenta uma sequência executiva a fim de padronizar o processo, evitando-se assim eventuais erros. A seguir, é apresentada a sequência de execução.

1. Nivelamento das fundações e/ou contrapisos;
2. Sistema de marcação das paredes nas bases;
3. Aplicação de desmoldante nas formas;
4. Montagem das formas;
5. Alinhamento e prumo das formas;
6. Armação, esperas e espaçadores;
7. Instalações elétricas – infraestrutura embutida;
8. Instalações hidrossanitárias – infraestrutura embutida;
9. Concretagem e cura;
10. Desforma e limpeza das formas para a próxima concretagem, e
11. Estucagem, que consiste no preenchimento dos poros/vazios da superfície de concreto.

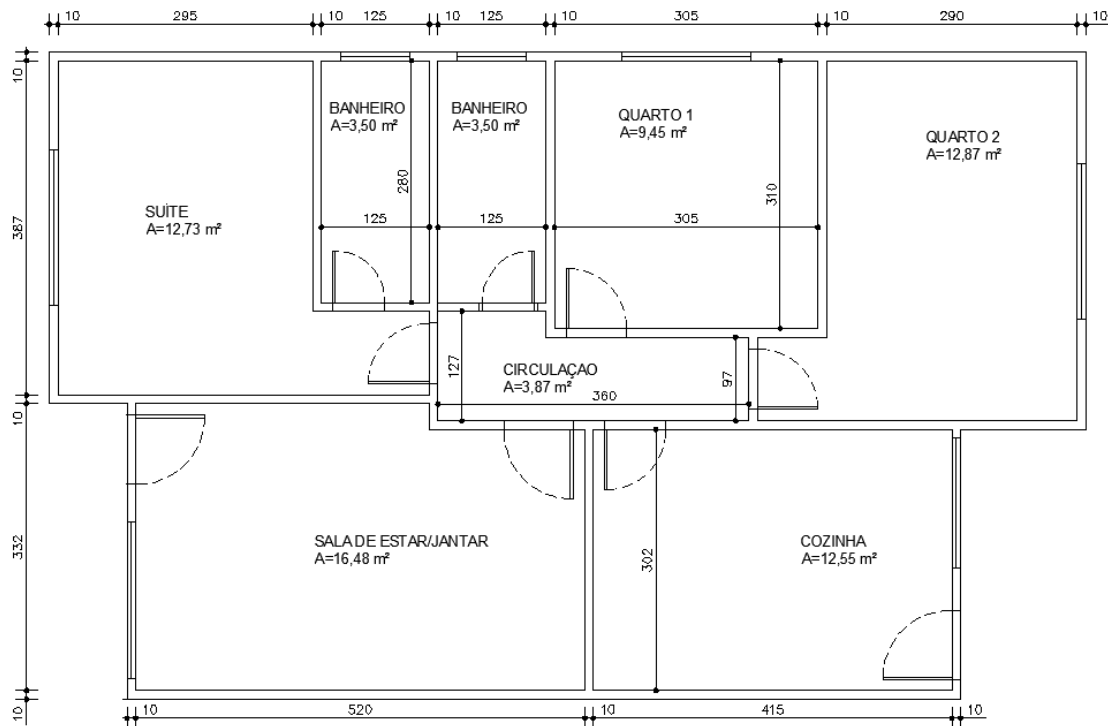
### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste tópico é apresentado o projeto arquitetônico que deu origem a esse comparativo e são demonstradas as diretrizes e os cálculos realizados para compatibilizar o projeto em parede de concreto moldado no local e alvenaria estrutural. São apresentados também os custos para implantação dos dois sistemas, de maneira a realizar um comparativo financeiro.

#### 3.1 Projeto arquitetônico

Para este trabalho, considerou-se um projeto estrutural no sistema monolítico de parede de concreto moldada no local (Figura 10) de uma residência térrea de aproximadamente 80 m<sup>2</sup>, sendo 2 dormitórios, 1 suíte, 1 banheiro social, 1 sala de estar/jantar e 1 cozinha. O projeto em questão foi gentilmente fornecido por uma construtora.

Figura 10 – Planta baixa do edifício analisado.



Fonte: Do autor (2023).

Para o acabamento dessa residência, foi considerado revestimento interno das paredes e tetos em gesso, com exceção das áreas molhadas, onde foram feitos chapisco e emboço com espessura de 2 cm e revestimento cerâmico nas quatro paredes do banheiro e em duas na sala de jantar. Para o lado externo, foram considerados chapisco e reboco com espessura de 2 cm com pintura texturizada.

Entre os dois sistemas construtivos adotados neste trabalho, houve uma pequena diferença no pé direito, pois no caso do projeto em parede de concreto o pé direito adotado foi com altura de 2,70 metros, e como o sistema em alvenaria estrutural é modulado de acordo com as especificações do bloco, que possui altura de 20 cm (incluindo a altura da argamassa de 1 cm), foi necessária a utilização do bloco de cintamento tipo J, com 12 cm de altura, totalizando assim 2,72 metros de pé direito.

Uma outra alteração necessária no projeto arquitetônico entre os dois sistemas foi a espessura da alvenaria, já que na parede de concreto foi utilizada espessura de 10 cm. Devido à dificuldade de se obter na região bloco de concreto estrutural com 9 cm de espessura, optou-se pela utilização do bloco de concreto estrutural com dimensões de 14 x 19 cm.

### 3.2 Projeto estrutural

Conforme mencionado, tanto o projeto estrutural quanto o arquitetônico do sistema parede de concreto foram disponibilizados por uma empresa parceira. Já em relação ao sistema em alvenaria estrutural, foi necessário realizar o dimensionamento.

Para as lajes, buscando sempre maior agilidade e o melhor custo, optou-se pelo uso de laje pré-moldada, sendo realizado o processo de montagem e concretagem no canteiro de obras, sendo necessário, posteriormente, o içamento das mesmas e posicionamento em seu lugar. Sendo assim, cada laje foi calculada isolada (simplesmente apoiadas).

Pesos específicos adotados:

- Concreto armado  $\rightarrow \gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ ;
- Gesso  $\rightarrow \gamma = 12,5 \text{ kN/m}^3$ .

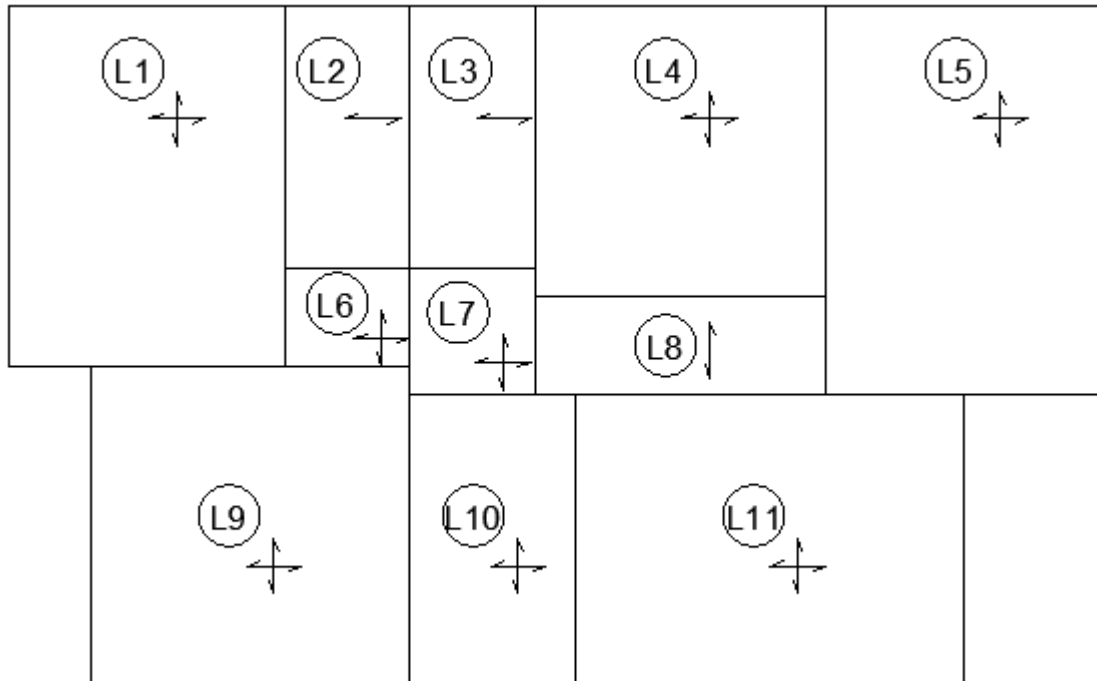
Considerações para dimensionamento:

- Carga de utilização  $\rightarrow$  Terraços sem acesso ao público  $\rightarrow q = 2,0 \text{ kN/m}^2$ ;
- Concreto C20;
- $h_{\text{laje}} = 8 \text{ cm}$ ;
- $e_{\text{gesso}} = 0,5 \text{ cm}$  ( $g_{\text{gesso}} = 0,0625 \text{ kN/m}^2$ );
- Aço CA60;
- $\phi_t = 5 \text{ mm}$ ;
- $c = 2,5 \text{ cm}$ ;
- $\phi_l = 5,0 \text{ mm}$ ;
- $D_{\text{máx,agregado}} = 19 \text{ mm}$ .

Como todas as lajes foram analisadas separadamente, pois serão executadas de maneira independente, todos os bordos são considerados apoiados e conseqüentemente se enquadram na laje tipo 1.

A Figura 11 apresenta a localização de todas as lajes.

Figura 11 – Planta de locação das lajes.

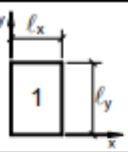
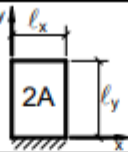
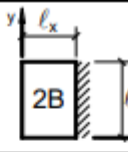


Fonte: Do autor (2023).

O dimensionamento das lajes foi feito considerando a tabela de Bares, conforme apresentado na Tabela 1.



Tabela 1 – Tabela de Bares para dimensionamento de laje – momento fletor.

| Tabela A-8                                    |   |         |   |         |          |  |          |         |                             |
|---|---|---------|---|---------|----------|--|----------|---------|-----------------------------|
| MOMENTOS FLETORES EM LAJES COM CARGA UNIFORME |   |         |   |         |          |  |          |         |                             |
| Tipo  |  |         |  |         |          |  |          |         | Tipo                        |
| $\lambda = \frac{l_y}{l_x}$                   | $\mu_x$   | $\mu_y$ | $\mu_x$   | $\mu_y$ | $\mu'_y$ | $\mu_x$  | $\mu'_x$ | $\mu_y$ | $\lambda = \frac{l_y}{l_x}$ |
| 1,00  | 4,23  | 4,23    | 2,91  | 3,54    | 8,40     | 3,54   | 8,40     | 2,91    | 1,00                        |
| 1,05  | 4,62  | 4,25    | 3,26  | 3,64    | 8,79     | 3,77   | 8,79     | 2,84    | 1,05                        |
| 1,10  | 5,00  | 4,27    | 3,61  | 3,74    | 9,18     | 3,99   | 9,17     | 2,76    | 1,10                        |
| 1,15  | 5,38  | 4,25    | 3,98  | 3,80    | 9,53     | 4,19   | 9,49     | 2,68    | 1,15                        |
| 1,20  | 5,75  | 4,22    | 4,35  | 3,86    | 9,88     | 4,38   | 9,80     | 2,59    | 1,20                        |
| 1,25  | 6,10  | 4,17    | 4,72  | 3,89    | 10,16    | 4,55   | 10,06    | 2,51    | 1,25                        |
| 1,30  | 6,44  | 4,12    | 5,09  | 3,92    | 10,41    | 4,71   | 10,32    | 2,42    | 1,30                        |
| 1,35  | 6,77  | 4,06    | 5,44  | 3,93    | 10,64    | 4,86   | 10,54    | 2,34    | 1,35                        |
| 1,40  | 7,10  | 4,00    | 5,79  | 3,94    | 10,86    | 5,00   | 10,75    | 2,25    | 1,40                        |
| 1,45  | 7,41  | 3,95    | 6,12  | 3,91    | 11,05    | 5,12   | 10,92    | 2,19    | 1,45                        |
| 1,50  | 7,72  | 3,89    | 6,45  | 3,88    | 11,23    | 5,24   | 11,09    | 2,12    | 1,50                        |
| 1,55  | 7,99  | 3,82    | 6,76  | 3,85    | 11,39    | 5,34   | 11,23    | 2,04    | 1,55                        |
| 1,60  | 8,26  | 3,74    | 7,07  | 3,81    | 11,55    | 5,44   | 11,36    | 1,95    | 1,60                        |
| 1,65  | 8,50  | 3,66    | 7,28  | 3,78    | 11,67    | 5,53   | 11,48    | 1,87    | 1,65                        |
| 1,70  | 8,74  | 3,58    | 7,49  | 3,74    | 11,79    | 5,61   | 11,60    | 1,79    | 1,70                        |
| 1,75  | 8,95  | 3,53    | 7,53  | 3,69    | 11,88    | 5,68   | 11,72    | 1,74    | 1,75                        |
| 1,80  | 9,16  | 3,47    | 7,56  | 3,63    | 11,96    | 5,75   | 11,84    | 1,68    | 1,80                        |
| 1,85  | 9,35  | 3,38    | 8,10  | 3,58    | 12,05    | 5,81   | 11,94    | 1,67    | 1,85                        |
| 1,90  | 9,54  | 3,29    | 8,63  | 3,53    | 12,14    | 5,86   | 12,03    | 1,59    | 1,90                        |
| 1,95  | 9,73  | 3,23    | 8,86  | 3,45    | 12,17    | 5,90   | 12,08    | 1,54    | 1,95                        |
| 2,00  | 9,91  | 3,16    | 9,08  | 3,36    | 12,20    | 5,94   | 12,13    | 1,48    | 2,00                        |
| > 2,00  | 12,50   | 3,16    | 12,50   | 3,36    | 12,20    | 7,03   | 12,50    | 1,48    | > 2,00                      |

Valores extraídos de BARES e adaptada por PINHEIRO (1994).

$M = \mu \frac{p l_x^2}{100}$       p = carga uniforme       $l_x$  = menor vão

Fonte: Bastos (2023).

Para o dimensionamento das lajes foram utilizadas as tabelas de  $K_c$  e  $K_s$  e cujo o resultado é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Dimensionamento das lajes maciças para alvenaria estrutural.

| Dimensionamento - LAJE |              |              |                            |                        |         |         |                    |                               |                  |                  |       |       |                 |                 |
|------------------------|--------------|--------------|----------------------------|------------------------|---------|---------|--------------------|-------------------------------|------------------|------------------|-------|-------|-----------------|-----------------|
| Laje                   | $l_x$<br>(m) | $l_y$<br>(m) | $\lambda$<br>( $l_y/l_x$ ) | A<br>(m <sup>2</sup> ) | $\mu_x$ | $\mu_y$ | $h_{adot}$<br>(cm) | $q_d$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | $m_x$<br>(kNm/m) | $m_y$<br>(kNm/m) | $v_x$ | $v_y$ | $r_x$<br>(kN/m) | $r_y$<br>(kN/m) |
| 1                      | 3            | 3,9          | 1,30                       | 11,70                  | 6,44    | 4,12    | 8                  | 4,06                          | 2,35             | 1,51             | 3,08  | 2,5   | 3,75            | 3,05            |
| 2                      | 1,35         | 2,85         | 2,11                       | 3,85                   | 12,5    | 3,16    | 8                  | 5,06                          | 1,15             | 0,29             | 5     | 2,5   | 3,42            | 1,71            |
| 3                      | 1,35         | 2,85         | 2,11                       | 3,85                   | 12,5    | 3,16    | 8                  | 5,06                          | 1,15             | 0,29             | 5     | 2,5   | 3,42            | 1,71            |
| 4                      | 3,15         | 3,15         | 1,00                       | 9,92                   | 4,23    | 4,23    | 8                  | 4,06                          | 1,70             | 1,70             | 2,5   | 2,5   | 3,20            | 3,20            |
| 5                      | 3            | 4,2          | 1,40                       | 12,60                  | 7,1     | 4       | 8                  | 4,06                          | 2,59             | 1,46             | 3,21  | 2,5   | 3,91            | 3,05            |
| 6                      | 1,05         | 1,35         | 1,29                       | 1,42                   | 6,44    | 4,12    | 8                  | 4,06                          | 0,29             | 0,18             | 3,08  | 2,5   | 1,31            | 1,07            |
| 7                      | 1,35         | 1,35         | 1,00                       | 1,82                   | 4,23    | 4,23    | 8                  | 4,06                          | 0,31             | 0,31             | 2,5   | 2,5   | 1,37            | 1,37            |
| 8                      | 1,05         | 3,15         | 3,00                       | 3,31                   | 12,5    | 3,16    | 8                  | 4,06                          | 0,56             | 0,14             | 5     | 2,5   | 2,13            | 1,07            |
| 9                      | 3,45         | 3,45         | 1,00                       | 11,90                  | 4,23    | 4,23    | 8                  | 4,06                          | 2,04             | 2,04             | 2,5   | 2,5   | 3,50            | 3,50            |
| 10                     | 1,8          | 3,15         | 1,75                       | 5,67                   | 8,95    | 3,53    | 8                  | 4,06                          | 1,18             | 0,46             | 3,57  | 2,5   | 2,61            | 1,83            |
| 11                     | 3,15         | 4,2          | 1,33                       | 13,23                  | 6,77    | 4,06    | 8                  | 4,06                          | 2,73             | 1,64             | 3,15  | 2,5   | 4,03            | 3,20            |

Fonte: Do autor (2023).



Após a determinação do momento e cortante, foi calculado a taxa de armadura, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Dimensionamento das lajes maciças pré moldadas para alvenaria estrutural.

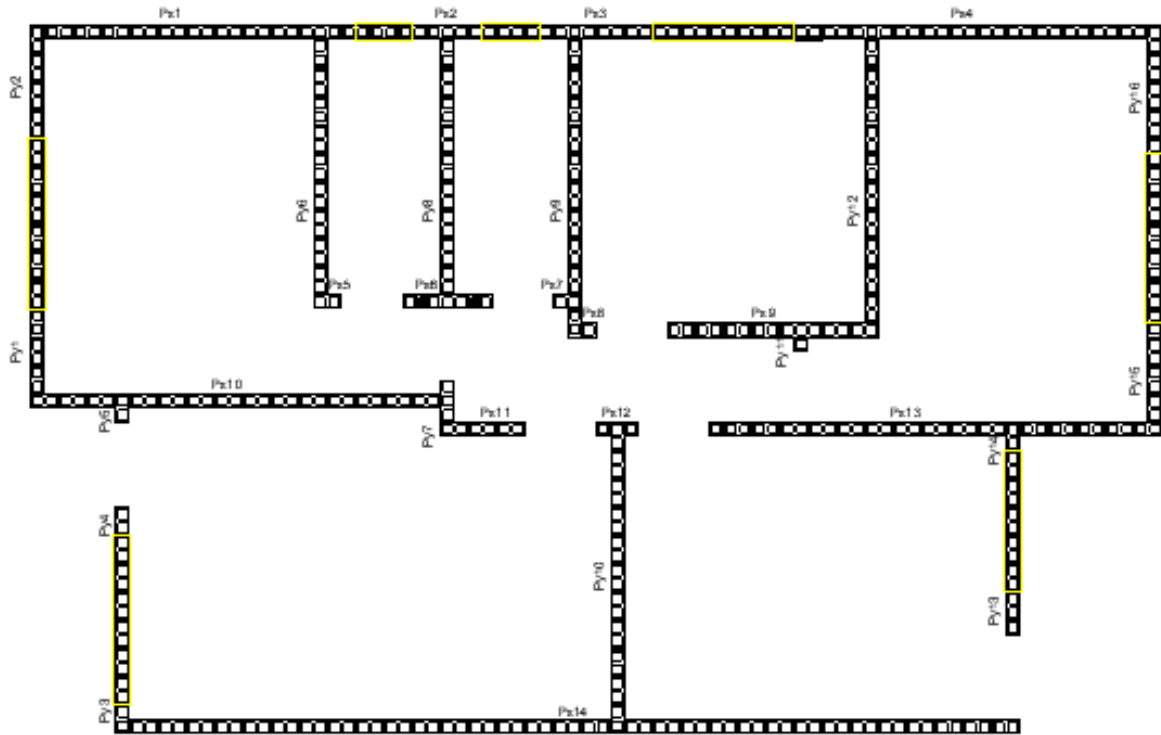
| Local   | $\phi_{adot}$ | Aço | As calc              | As min               | As adot              | smax | smin | s adot | As,ef                | Nome | Nomenclatura    |
|---------|---------------|-----|----------------------|----------------------|----------------------|------|------|--------|----------------------|------|-----------------|
|         | (cm)          | CA  | (cm <sup>2</sup> /m) | (cm <sup>2</sup> /m) | (cm <sup>2</sup> /m) | (cm) | (cm) | (cm)   | (cm <sup>2</sup> /m) |      |                 |
| L1 - x  | 0,5           | 60  | 0,896                | 0,80                 | 0,90                 | 16   | 2,28 | 16     | 1,23                 | N1   | ø 5 mm c/ 16 cm |
| L1 - y  | 0,5           | 60  | 0,634                | 0,80                 | 0,80                 | 16   | 2,28 | 16     | 1,23                 | N2   | ø 5 mm c/ 16 cm |
| L2 - x  | 0,5           | 60  | 0,417                | 1,20                 | 1,20                 | 16   | 2,28 | 16     | 1,23                 | N3   | ø 5 mm c/ 16 cm |
| L2 - y  | 0,5           | 60  | 0,117                | 0,90                 | 0,90                 | 33   | 2,28 | 20     | 0,98                 | N4   | ø 5 mm c/ 20 cm |
| L3 - x  | 0,5           | 60  | 0,417                | 1,20                 | 1,20                 | 16   | 2,28 | 16     | 1,23                 | N5   | ø 5 mm c/ 16 cm |
| L3 - y  | 0,5           | 60  | 0,117                | 0,90                 | 0,90                 | 33   | 2,28 | 20     | 0,98                 | N6   | ø 5 mm c/ 20 cm |
| L4 - x  | 0,5           | 60  | 0,649                | 0,80                 | 0,80                 | 16   | 2,28 | 16     | 1,23                 | N7   | ø 5 mm c/ 16 cm |
| L4 - y  | 0,5           | 60  | 0,718                | 0,80                 | 0,80                 | 16   | 2,28 | 16     | 1,23                 | N8   | ø 5 mm c/ 16 cm |
| L5 - x  | 0,5           | 60  | 0,988                | 0,80                 | 0,99                 | 16   | 2,28 | 16     | 1,23                 | N9   | ø 5 mm c/ 16 cm |
| L5 - y  | 0,5           | 60  | 0,615                | 0,80                 | 0,80                 | 16   | 2,28 | 16     | 1,23                 | N10  | ø 5 mm c/ 16 cm |
| L6 - x  | 0,5           | 60  | 0,104                | 0,80                 | 0,80                 | 16   | 2,28 | 16     | 1,23                 | N11  | ø 5 mm c/ 16 cm |
| L6 - y  | 0,5           | 60  | 0,074                | 0,80                 | 0,80                 | 16   | 2,28 | 16     | 1,23                 | N12  | ø 5 mm c/ 16 cm |
| L7 - x  | 0,5           | 60  | 0,113                | 0,80                 | 0,80                 | 16   | 2,28 | 16     | 1,23                 | N13  | ø 5 mm c/ 16 cm |
| L7 - y  | 0,5           | 60  | 0,125                | 0,80                 | 0,80                 | 16   | 2,28 | 16     | 1,23                 | N14  | ø 5 mm c/ 16 cm |
| L8 - x  | 0,5           | 60  | 0,202                | 1,20                 | 1,20                 | 16   | 2,28 | 16     | 1,23                 | N15  | ø 5 mm c/ 16 cm |
| L8 - y  | 0,5           | 60  | 0,057                | 0,90                 | 0,90                 | 33   | 2,28 | 20     | 0,98                 | N16  | ø 5 mm c/ 20 cm |
| L9 - x  | 0,5           | 60  | 0,779                | 0,80                 | 0,80                 | 16   | 2,28 | 16     | 1,23                 | N17  | ø 5 mm c/ 16 cm |
| L9 - y  | 0,5           | 60  | 0,861                | 0,80                 | 0,86                 | 16   | 2,28 | 16     | 1,23                 | N18  | ø 5 mm c/ 16 cm |
| L10 - x | 0,5           | 60  | 0,449                | 0,80                 | 0,80                 | 16   | 2,28 | 16     | 1,23                 | N19  | ø 5 mm c/ 16 cm |
| L10 - y | 0,5           | 60  | 0,186                | 0,80                 | 0,80                 | 16   | 2,28 | 16     | 1,23                 | N20  | ø 5 mm c/ 16 cm |
| L11 - x | 0,5           | 60  | 1,039                | 0,80                 | 1,04                 | 16   | 2,28 | 16     | 1,23                 | N21  | ø 5 mm c/ 16 cm |
| L11 - y | 0,5           | 60  | 0,689                | 0,80                 | 0,80                 | 16   | 2,28 | 16     | 1,23                 | N22  | ø 5 mm c/ 16 cm |

Fonte: Do autor (2023).

### 3.2.1 Alvenaria estrutural

Para o dimensionamento desse projeto, foi considerado bloco de concreto estrutural com altura de 190 mm, espessura da argamassa de 10 mm e assentamento com argamassamento total, ou seja, argamassa horizontal disposta sobre as paredes longitudinais e transversais do bloco. A Figura 12 apresenta a modulação de primeira fiada.

Figura 12 – Projeto de 1ª fiada – modulação.



Fonte: Do autor (2023).

Para a determinação dos pesos específicos, utilizou-se a NBR 6120: 2019:

- $\gamma_{\text{gesso}} \rightarrow 12,5 \text{ kN/m}^3$ ;
- $\gamma_{\text{reboco}} \rightarrow 19 \text{ kN/m}^3$ ;
- $\gamma_{\text{bloco}} \rightarrow 14 \text{ kN/m}^3$ .

Ainda pela NBR 6120: 2019, é considerado para o revestimento cerâmico a carga de  $g_{\text{rev}} = 1 \text{ kN/m}^2$ .

Para o dimensionamento à compressão simples considerou-se para a distribuição das ações verticais o procedimento de grupos isolados de parede, o qual consiste em considerar as paredes interligadas como pertencentes a um mesmo grupo.

Neste trabalho foi realizado somente o dimensionamento à compressão simples, visto que a maior resistência de prisma necessária foi 20% menor do que a resistência de prisma proporcionada pelo bloco de concreto de menor resistência ( $f_{bk} = 3,0 \text{ MPa}$  e  $f_{pk} = 2,4 \text{ MPa}$ ). Sendo assim, considerou-se a utilização do bloco de concreto de 3 MPa.

A Tabela 4 contém os valores obtidos para resistência à compressão pelo grupo de paredes.




Tabela 4 – Dimensionamento da alvenaria estrutural – grupo de paredes.

| Grupo de Paredes | Paredes | Comprimento efetivo (m) | Platibanda (m) | Platibanda | Alvenaria | Carregamento |            | Carregamento |           | Térreo   |         |                       |  |
|------------------|---------|-------------------------|----------------|------------|-----------|--------------|------------|--------------|-----------|----------|---------|-----------------------|--|
|                  |         |                         |                | gplat (kN) | gpar (kN) | glaje (kN)   | qlaje (kN) | gtot (kN)    | qtot (kN) | G (kN/m) | Q (N/m) | f <sub>pk</sub> (MPa) |  |
| 1                | Px1     | 3,37                    |                |            | 25,70     |              |            |              |           |          |         |                       |  |
|                  | Px5     | 0,22                    | 5,69           | 13,3146    | 2,70      | 21,03        | 19,52      | 99,70        | 19,52     | 13,19    | 2,58    | 0,51                  |  |
|                  | Py2     | 1,12                    |                |            | 10,58     |              |            |              |           |          |         |                       |  |
| 2                | Py6     | 2,85                    |                |            | 26,38     |              |            |              |           |          |         |                       |  |
|                  | Px2     | 0,74                    | 1,34           | 3,1356     | 12,88     | 11,87        | 9,58       | 75,40        | 9,58      | 16,65    | 2,11    | 0,61                  |  |
|                  | Py8     | 2,85                    |                |            | 37,50     |              |            |              |           |          |         |                       |  |
| 3                | Px3     | 1,19                    |                |            | 13,10     |              |            |              |           |          |         |                       |  |
|                  | Px7     | 0,22                    | 2,24           | 5,2416     | 2,70      | 14,40        | 13,08      | 66,24        | 13,08     | 13,86    | 2,74    | 0,54                  |  |
|                  | Px8     | 0,22                    |                |            | 1,65      |              |            |              |           |          |         |                       |  |
| 4                | Py9     | 3,15                    |                |            | 29,15     |              |            |              |           |          |         |                       |  |
|                  | Px4     | 3,82                    |                |            | 25,58     |              |            |              |           |          |         |                       |  |
|                  | Px9     | 2,17                    | 6,74           | 15,7716    | 12,71     | 32,28        | 31,34      | 117,42       | 31,34     | 11,05    | 2,95    | 0,45                  |  |
| 5                | Py11    | 0,22                    |                |            | 1,65      |              |            |              |           |          |         |                       |  |
|                  | Py12    | 3,15                    |                |            | 17,86     |              |            |              |           |          |         |                       |  |
|                  | Py16    | 1,27                    |                |            | 11,56     |              |            |              |           |          |         |                       |  |
| 6                | Px10    | 4,35                    |                |            | 5,88      |              |            |              |           |          |         |                       |  |
|                  | Px11    | 0,82                    | 3,31           | 7,7454     | 5,05      | 24,97        | 24,24      | 60,98        | 24,24     | 8,86     | 3,52    | 0,40                  |  |
|                  | Py1     | 0,97                    |                |            | 9,60      |              |            |              |           |          |         |                       |  |
| 7                | Py5     | 0,22                    |                |            | 4,38      |              |            |              |           |          |         |                       |  |
|                  | Py7     | 0,52                    |                |            | 3,35      |              |            |              |           |          |         |                       |  |
|                  | Px12    | 0,44                    | 10,96          | 25,6464    | 3,30      | 34,20        | 33,20      | 163,30       | 33,20     | 12,31    | 2,50    | 0,48                  |  |
| 8                | Px14    | 9,45                    |                |            | 77,53     |              |            |              |           |          |         |                       |  |
|                  | Py3     | 0,23                    |                |            | 4,77      |              |            |              |           |          |         |                       |  |
|                  | Py10    | 3,15                    |                |            | 17,86     |              |            |              |           |          |         |                       |  |
| 9                | Px13    | 4,72                    |                |            | 28,60     |              |            |              |           |          |         |                       |  |
|                  | Py14    | 0,22                    | 4,49           | 10,5066    | 4,16      | 20,27        | 19,68      | 74,12        | 19,68     | 12,23    | 3,25    | 0,50                  |  |
|                  | Py15    | 1,12                    |                |            | 10,58     |              |            |              |           |          |         |                       |  |
| 8                | Py4     | 0,39                    | 1,74           | 4,07       | 6,36      | 4,35         | 4,22       | 14,78        | 4,22      | 37,91    | 10,82   | 1,57                  |  |
| 9                | Py13    | 0,44                    | 1,64           | 3,84       | 6,15      | 3,85         | 3,74       | 13,84        | 3,74      | 31,45    | 8,50    | 1,29                  |  |

Fonte: Do autor (2023).

Comparando os valores de  $f_{pk}$  obtidos na Tabela 4 com a resistência de prisma do bloco de concreto de 3,0 MPa indicada na Tabela 5, constata-se que as resistências necessárias foram menores do que a resistência de prisma do bloco (2,4 MPa).

Tabela 5 – Recomendação para especificação dos materiais da alvenaria estrutural.

| Tipo de bloco  |   | $f_{bk}$ | $f_a$ | $f_{gk}$ | $f_{pk}/f_{bk}$ | $f_{pk}^*/f_{pk}$ | $f_{pk}$ |      | Espessura mínima de parede do bloco mm |
|--|---|----------|-------|----------|-----------------|-------------------|----------|------|--|
|  |   | MPa      |       |          |                 |                   | MPa      |      |  |
| Bloco vazado de concreto, conforme a ABNT NBR 6136 (ref. 14 × 39 cm)           |    | 3,0      | 4,0   | 15,0     | 0,80            | 2,00              | 2,4      | 4,8  | 25                                     |
|  |   | 4,0      | 4,0   | 15,0     | 0,80            | 2,00              | 3,2      | 6,4  | 25                                     |
|  |   | 6,0      | 6,0   | 15,0     | 0,75            | 1,75              | 4,5      | 7,9  | 25                                     |
|  |   | 8,0      | 6,0   | 20,0     | 0,75            | 1,75              | 6,0      | 10,5 | 25                                     |
|  |   | 10,0     | 8,0   | 20,0     | 0,70            | 1,75              | 7,0      | 12,3 | 25                                     |
|  |   | 12,0     | 8,0   | 25,0     | 0,70            | 1,60              | 8,4      | 13,4 | 25                                     |
|  |   | 14,0     | 12,0  | 25,0     | 0,70            | 1,60              | 9,8      | 15,7 | 25                                     |
|  |   | 16,0     | 12,0  | 30,0     | 0,65            | 1,60              | 10,4     | 16,6 | 25                                     |
|  |   | 18,0     | 14,0  | 30,0     | 0,65            | 1,60              | 11,7     | 18,7 | 25                                     |
|  |   | 20,0     | 14,0  | 35,0     | 0,60            | 1,60              | 12,0     | 19,2 | 25                                     |
|  |   | 22,0     | 18,0  | 35,0     | 0,55            | 1,60              | 12,1     | 19,4 | 25                                     |
|  |   | 24,0     | 18,0  | 40,0     | 0,55            | 1,60              | 13,2     | 21,1 | 25                                     |
| Bloco cerâmico de parede vazada, conforme a ABNT NBR 15270-1 (ref. 14 × 29 cm) |    | 4,0      | 4,0   | 15,0     | 0,50            | 1,60              | 2,0      | 3,2  | 8                                      |
|  |   | 6,0      | 6,0   | 15,0     | 0,50            | 1,60              | 3,0      | 4,8  | 8                                      |
|  |   | 8,0      | 6,0   | 20,0     | 0,50            | 1,60              | 4,0      | 6,4  | 8                                      |
|  |   | 10,0     | 8,0   | 25,0     | 0,45            | 1,60              | 4,5      | 7,2  | 8                                      |
|  |   | 12,0     | 8,0   | 25,0     | 0,45            | 1,60              | 5,4      | 8,6  | 8                                      |
| Bloco cerâmico de parede maciça, conforme a ABNT NBR 15270-1 (ref. 14 × 29 cm) |  | 10,0     | 8,0   | 20,0     | 0,60            | 1,60              | 6,0      | 9,6  | 22                                     |
|  |   | 14,0     | 12,0  | 25,0     | 0,60            | 1,60              | 8,4      | 13,4 | 25                                     |
|  |   | 18,0     | 15,0  | 30,0     | 0,60            | 1,60              | 10,8     | 17,3 | 30                                     |

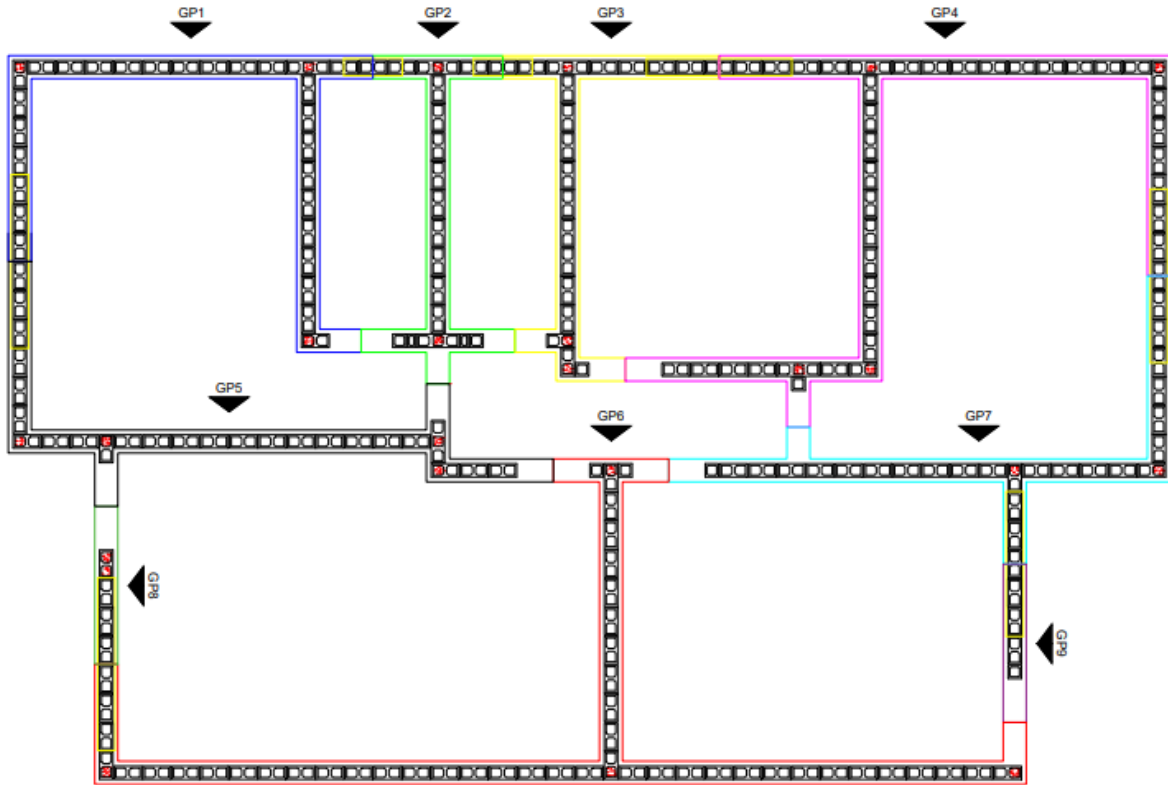
$f_{pk}^*$  = resistência de prisma cheio.

Fonte: NBR 16868-1 (2020).

Como pode-se notar, ao dividir o valor dos esforços pela resistência do bloco, encontra-se um percentual de aproximadamente 25%, com exceção do grupo de parede 8, onde grauteando esta parede encontra-se um percentual de 33%. Nota-se que os esforços estão consideravelmente abaixo da resistência do bloco de concreto de 3 MPa. Dessa forma foi utilizado o bloco de concreto estrutural de 3 MPa para execução dessa edificação.

A Figura 13 apresenta a modulação da primeira fiada com a representação dos grupos de paredes utilizado para o dimensionamento da alvenaria estrutural.

Figura 13 – Projeto da 1ª fiada – representação dos grupos de parede.



Fonte: Do autor (2023).

O dimensionamento à compressão simples foi feito de acordo com as prescrições da NBR 16868-1:2020 e conforme o roteiro apresentado nas notas de aula de Moraes (2023).

### 3.3 Comparativo de materiais

Para o sistema de parede de concreto armado, o projeto disponibilizado contemplava o quantitativo de materiais. Diante disso, o mesmo foi utilizado para realizar a comparação entre os sistemas, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Quantitativo de materiais para o sistema construtivo parede de concreto moldada no local.

| Parede de concreto moldada no local                  |                |            |
|--|----------------|------------|
| Insumo   | Unidade        | Quantidade |
| Concreto C25 autoadensável – bombeável               | m <sup>3</sup> | 26,80      |
| Aço CA50 ø 6,3 mm                                    | kg             | 29,97      |
| Aço CA50 ø 8 mm                                      | kg             | 120,75     |
| Tela Q-138 para armação da laje maciça               | kg             | 226,38     |
| Forma p/ laje maciça                                 | m <sup>2</sup> | 82,3       |
| Tela soldada Q-61 para armação da parede de concreto | kg             | 256,66     |
| Forma p/ parede de concreto                          | m <sup>2</sup> | 368,66     |

Fonte: Do autor (2023).

Para alvenaria estrutural, os quantitativos foram obtidos considerando bloco de concreto estrutural 3 MPa, argamassamento total com espessura de 1 cm, armação vertical com aço CA50 e  $\phi 10$  mm nos encontros de paredes. Nas armaduras das vergas, contravergas e cinta foram empregados aço CA50  $\phi 8$  mm. Dessa forma, os quantitativos foram obtidos e encontram-se apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Quantitativo de materiais para o sistema construtivo alvenaria estrutural.

| <b>Alvenaria Estrutural</b>                  | <b>Unidade</b> | <b>Quantidade</b> |
|--|----------------|-------------------|
| Concreto C20                                 | m <sup>3</sup> | 7,00              |
| Aço CA60 $\phi$ 5 mm                         | kg             | 168,17            |
| Armação de verga e contraverga $\phi$ 8 mm   | kg             | 99,54             |
| Armação vertical $\phi$ 10 mm                | kg             | 59,23             |
| Argamassa de assentamento 4 MPa              | m <sup>3</sup> | 1,50              |
| Grauteamento vertical                        | m <sup>3</sup> | 2,60              |
| Bloco de concreto estrutural 14x19x29        | Unit           | 2.461,00          |
| Bloco de concreto estrutural 14x19x14        | Unit           | 120,00            |
| Bloco de concreto estrutural 14x19x44        | Unit           | 77,00             |
| Bloco de concreto estrutural U 14x19x14      | Unit           | 273,00            |
| Bloco de concreto estrutural J 14x(11+19)x19 | Unit           | 449,00            |
| Bloco de concreto estrutural U 14x11x14      | Unit           | 221,00            |
| Bloco de concreto estrutural 19x19x09        | Unit           | 22,00             |
| Locação de guindaste                         | h              | 4,00              |

Fonte: Do autor (2023).

### 3.4 Comparativos de custos e prazos

De maneira a padronizar e determinar um preço médio para cada material ou serviço, a CAIXA disponibiliza uma planilha denominada por SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), na qual são apresentados os custos unitários para cada região, de cada item aplicado no âmbito da construção civil.

Dessa forma, foi utilizada essa planilha referenciada para o estado de Minas Gerais, cujo mês de referência é maio de 2023. Ainda, optou-se pela utilização da tabela SINAPI de custo de composições analítico, a qual apresenta o custo global para realização de cada serviço da construção civil, considerando-se material, equipamento e mão de obra.

Para exemplificar, a Tabela 8 apresenta a composição de custo para a realização de alvenaria de blocos de concreto estrutural 14x19x29 cm,  $f_{bk} = 4,5$  MPa e com o assentamento sendo feito com o uso de palheta.

Tabela 8 – Composição de custo para execução de um m<sup>2</sup> de alvenaria de bloco de concreto estrutural  $f_{bk} = 4,5$  MPa (Código 89432).

| <b>Alvenaria de blocos de concreto estrutural<br/>14x19x29 cm. <math>f_{bk} = 4,5</math> MPa, utilizando palheta</b>              |            | <b>Custo para execução de um m<sup>2</sup></b> |                         | <b>R\$ 101,04</b>    |
|---|------------|--|-------------------------|----------------------|
| Descrição   | Tipo       | Quantidade                                     | Preço unitário<br>(R\$) | Preço total<br>(R\$) |
| Meio bloco de concreto estrutural<br>14x19x14 cm, $f_{bk}$ 4,5 MPa  | Insumo     | 1,55 unid                                      | 2,12                    | 3,28                 |
| Bloco de concreto estrutural<br>14x19x29 cm, $f_{bk}$ 4,5 MPa   | Insumo     | 15,51 unid                                     | 3,52                    | 54,59                |
| Canaleta de concreto estrutural<br>14x19x29 cm, $f_{bk}$ 4,5 MPa  | Insumo     | 1,29 unid                                      | 4,36                    | 5,62                 |
| Pedreiro com encargos<br>complementares   | Composição | 0,74 hora                                      | 24,43                   | 18,07                |
| Servente com encargos<br>complementares   | Composição | 0,74 hora                                      | 17,77                   | 13,14                |
| Argamassa traço 1:2:9 para<br>emboço/massa única/assentamento de<br>alvenaria de vedação, preparo<br>mecânico com betoneira 400 L | Composição | 0,0125 m <sup>3</sup>                          | 507,38                  | 6,34                 |

Fonte: SINAPI – Tabela de composição de custos analíticos MG (05/2023).

Seguindo a composição de custos apresentados na tabela SINAPI, foi realizado o custo previsto para execução do sistema construtivo em alvenaria estrutural, conforme pode ser observado na Tabela 9.

Tabela 9 – Composição de custos para execução do sistema construtivo alvenaria estrutural  
 $f_{bk} = 4,5 \text{ MPa}$ .

| Código | Descrição  | Unidade        | Quantidade | Preço Unitário composição (R\$) | Preço Total (R\$) |
|--------|--|----------------|------------|---------------------------------|-------------------|
| 103913 | Execução de piso industrial de concreto armado, $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ , espessura de 12,0 cm                       | m <sup>2</sup> | 82,3       | 109,95                          | 9.048,89          |
| 89999  | Armação de verga e contraverga de alvenaria estrutural, diâmetro de 8,0 mm   | kg             | 99,54      | 15,57                           | 1.549,84          |
| 89996  | Armação vertical de alvenaria estrutural diâmetro de 10,0 mm   | kg             | 59,23      | 10,77                           | 637,93            |
| 89462  | Grauteamento vertical em alvenaria estrutural  | m <sup>3</sup> | 0,70       | 972,55                          | 680,79            |
| 89995  | Grauteamento de cinta superior ou de verga em alvenaria estrutural   | m <sup>3</sup> | 1,90       | 940,54                          | 1.787,03          |
| 89462  | Alvenaria de blocos de concreto estrutural 14x19x29 cm, $f_{bk}=4,5 \text{ MPa}$ , utilizando palheta                  | m <sup>2</sup> | 201,06     | 101,04                          | 20.315,34         |
| 88296  | Operador de guindaste com encargos complementares  | h              | 4,00       | 20,54                           | 82,16             |
| 89272  | Guindaste hidráulico autopropelido com lança telescópica 28,80 m, capacidade máxima 30 ton, potência 97 kW, tração 4x4 | h              | 4,00       | 192,47                          | 769,88            |
|        |  |                |            | <b>Total</b>                    | <b>34.871,85</b>  |

Fonte: Do autor (2023).

Conforme se observa na Tabela 9, a descrição do item “Execução de piso industrial de concreto armado,  $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ , espessura de 12,0 cm”, se refere à execução da laje. Embora esteja indicado espessura de 12 cm, esse valor foi readequado, considerando espessura da laje de 8 cm.

Para tal, realizou-se a proporcionalidade do concreto, onde o custo unitário desse insumo é R\$550,00. Para execução de 1 m<sup>2</sup> de laje seria necessário 0,127 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, realizando a correção para laje com espessura de 8 cm obteve o quantitativo de 0,085 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, impactando assim numa diferença de R\$23,31 por m<sup>2</sup> de laje executado.

Ainda referente à execução da laje, de maneira a reduzir o prazo de execução, bem como a não utilização de escoras, considerou-se a execução da laje no canteiro de obras (no solo), para posteriormente posicioná-la em seu local definitivo, com o auxílio de guindaste.

A mesma metodologia utilizada para o sistema em alvenaria estrutural, foi aplicada também ao sistema em parede de concreto armado, conforme pode-se observar na Tabela 10.



Tabela 10 – Composição de custo para execução da parede de concreto moldada no local.

| <b>Código</b> | <b>Descrição</b>  | <b>Unidade</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Preço Unitário (R\$)</b> | <b>Preço Total (R\$)</b> |
|---------------|---|----------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 99235         | Concretagem de edificações (paredes e lajes) feitas com sistema de formas manuseáveis, com concreto usinado autoadensável $f_{ck}$ 25 MPa – Lançamento e acabamento | m <sup>3</sup> | 26,80             | 723,31                      | 19.384,71                |
| 91601         | Armação do sistema de paredes de concreto executada como reforço, vergalhão de 6,3 mm de diâmetro   | kg             | 29,97             | 12,61                       | 377,96                   |
| 91602         | Armação do sistema de paredes de concreto, executada como reforço, vergalhão de 8,0 mm de diâmetro  | kg             | 120,75            | 11,73                       | 1.416,45                 |
| 91596         | Armação do sistema de paredes de concreto, executada como armadura positiva de lajes, tela Q-138  | kg             | 226,38            | 12,26                       | 2.775,42                 |
| 92538         | Montagem e desmontagem de forma de laje maciça, pé direito simples, em chapa de madeira compensada plastificada, 18 utilizações                                     | m <sup>2</sup> | 82,3              | 36,29                       | 2.986,67                 |
| 91595         | Armação do sistema de paredes de concreto, executada em paredes de edificações térreas, tela Q-61   | kg             | 256,66            | 12,99                       | 3.334,01                 |
| 92443         | Montagem e desmontagem de forma de pilares retangulares e estruturas similares, pé direito simples, em chapa de madeira compensada plastificada, 18 utilizações     | m <sup>2</sup> | 368,66            | 44,19                       | 16.291,09                |
|               |   |                |                   | <b>Total</b>                | <b>46.566,30</b>         |

Fonte: Do autor (2023).

Conforme se observa na Tabela 10, o item de “Montagem e desmontagem de forma”, não é específico para o sistema construtivo em parede de concreto armado, porém, dentre os serviços previstos na tabela SINAPI, este é o que mais se aproxima do serviço específico para este método construtivo.

Percebe-se ainda, que não está previsto o item para fabricação da forma, visto que tal serviço está contemplado e diluído dentro do item “Montagem e desmontagem de forma de pilares retangulares e estruturas similares, pé direito simples, em chapa de madeira compensada plastificada, 18 utilizações”. Dessa forma, não será necessário apresentar o custo específico para fabricação das formas em madeira compensada.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar as Tabelas 9 e 10, de composição de custo para os sistemas construtivos em alvenaria estrutural e parede de concreto para uma unidade habitacional, respectivamente, o sistema em alvenaria estrutural foi mais vantajoso do que o sistema em parede de concreto, em aproximadamente 25%.

Porém, quando considerado o prazo de execução e conseqüentemente o custo indireto da obra essa análise se torna um pouco mais complexa.

Considerando o prazo de execução do sistema em alvenaria estrutural de 10 dias úteis, visto que para execução de um m<sup>2</sup> de alvenaria estrutural é necessária 0,74 hora de um pedreiro e um servente, de acordo com a Tabela SINAPI. Para execução desse projeto, foi considerada a mão de obra de dois pedreiros e dois serventes, além do acréscimo de um dia para o posicionamento das lajes.

Para esse caso, foi considerado que todas as lajes estarão efetivamente concluídas anteriormente à execução da alvenaria, não causando qualquer impacto no prazo de execução desse método construtivo. Dessa forma o prazo para execução em alvenaria estrutural será de 10 dias úteis.

Para o sistema construtivo em parede de concreto, considerando que a tabela SINAPI prevê 0,6 h/m<sup>2</sup> de carpinteiro para montagem e desmontagem das formas, o tempo previsto para a execução desse sistema é de aproximadamente 5 dias, considerando o efetivo de 6 carpinteiros, somando 1 dia para concretagem, totalizando 6 dias úteis. Para essa afirmação, considerou-se que as formas estão prontas, sendo necessário apenas a montagem e desmontagem, bem como a utilização do concreto estrutural CP V – ARI, permitindo a desforma no dia posterior à concretagem.

Dessa forma, existe uma diferença executiva entre os dois sistemas construtivos de quatro dias úteis, ou seja, o sistema construtivo em parede de concreto armado é 40% mais rápido do que o sistema em alvenaria estrutural.

Considerando a presença de um engenheiro civil júnior, cujo custo apresentado na tabela SINAPI é de R\$ 17.341,86 por mês com encargos complementares, e um mês com 22 dias trabalhados, o custo diário do engenheiro civil é de R\$762,81.

Além da presença de 1 engenheiro civil, será considerado também a presença de 1 auxiliar de escritório (R\$ 3.691,24 por mês), 1 encarregado geral (R\$ 8.818,85 por mês), 1 almoxarife (R\$ 4.397,11 por mês) e também de 1 servente para limpeza e manutenção do canteiro (R\$ 3.190,44). Sendo assim, o custo para manutenção da equipe indireta seria de R\$ 1.701,80 por dia, considerando-se todos os encargos conforme apresentados na tabela SINAPI (05/2023).

A Tabela 11 apresenta o custo final para implantação de uma unidade habitacional para o sistema em alvenaria estrutural.

Tabela 11 – Custo final para implantação do sistema em alvenaria estrutural.

| <b>Custo total para o sistema construtivo em alvenaria estrutural</b> |   |                |                   |  |   |
|---|---|----------------|-------------------|--|---|
| <b>Código</b>   | <b>Descrição</b>  | <b>Unidade</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Preço unitário composição (R\$)</b> | <b>Preço total para uma unidade (R\$)</b> |
| NA  | Custo direto para implantação (Tabela 8)                    | vb             | 1                 | 34.871,85                              | 34.871,85                                 |
| 93565   | Engenheiro civil de obra júnior com encargos complementares | dias           | 10                | 788,27                                 | 7.882,66                                  |
| 93566   | Auxiliar de escritório com encargos complementares          | dias           | 10                | 167,78                                 | 1.677,84                                  |
| 93572   | Encarregado geral de obras com encargos complementares      | dias           | 10                | 400,86                                 | 4.008,57                                  |
| 93563   | Almoxarife com encargos complementares                      | dias           | 10                | 199,87                                 | 1.998,69                                  |
| 101452  | Servente de obras com encargos complementares               | dias           | 10                | 145,02                                 | 1.450,20                                  |
|   |   |                |                   | <b>Total</b>                           | <b>51.889,80</b>                          |

Fonte: Do autor (2023).

A Tabela 12 apresenta o custo final para implantação do sistema em parede de concreto moldada no local, levando em consideração o custo indireto.

Tabela 12 – Custo final para implantação do sistema em parede de concreto.

| <b>Custo total para o sistema construtivo em parede de concreto moldada no local</b> |  |         |            |                                    |                                       |
|--|--|---------|------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Código   | Descrição  | Unidade | Quantidade | Preço unitário<br>composição (R\$) | Preço total para<br>uma unidade (R\$) |
| NA   | Custo direto para implantação<br>(Tabela 9)                    | vb      | 1          | 46.566,30                          | 46.566,30                             |
| 93565  | Engenheiro civil de obra júnior<br>com encargos complementares | dias    | 6          | 788,27                             | 4.729,60                              |
| 93566  | Auxiliar de escritório com<br>encargos complementares          | dias    | 6          | 167,78                             | 1.006,70                              |
| 93572  | Encarregado geral de obras<br>com encargos complementares      | dias    | 6          | 400,86                             | 2.405,14                              |
| 93563  | Almoxarife com encargos<br>complementares                      | dias    | 6          | 199,87                             | 1.199,21                              |
| 101452   | Servente de obras com<br>encargos complementares               | dias    | 6          | 145,02                             | 870,12                                |
|  |  |         |            | <b>Total</b>                       | <b>56.777,07</b>                      |

Fonte: Do autor (2023).

Realizando um comparativo final entre os dois sistemas construtivos, conforme apresentado nas Tabelas 11 e 12, nota-se que a diferença financeira é inferior a R\$ 5.000,00, sendo o sistema em alvenaria estrutural mais vantajoso em 8,61%. Essa pequena diferença pode variar de acordo com o custo indireto do empreendimento, de acordo com a equipe presente nas atividades

Contudo o sistema em parede de concreto armado possui um prazo de execução inferior ao da alvenaria estrutural e, devido a pequena diferença financeira entre ambos, a definição do sistema construtivo mais vantajoso se dará de acordo com a equipe indireta.

Essa realidade hipotética pode variar de acordo com a região do empreendimento implantado, visto que a tabela SINAPI apresenta custos médios para cada item em seu respectivo estado.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando as informações apresentadas, nota-se que o custo direto para a execução dos dois sistemas construtivos é bastante destoante, sendo que o sistema em alvenaria estrutural é aproximadamente 25% mais vantajoso que a parede de concreto armado.

Embora o sistema construtivo em parede de concreto seja mais ágil e levando em consideração o impacto do custo indireto da obra, visto que o acréscimo diário da equipe indireta é R\$ 1.701,80, ainda assim o sistema em alvenaria estrutural continua sendo mais vantajoso financeiramente, sendo essa diferença de R\$ 4.887,27 por unidade habitacional, ou seja, 8,61%.

Embora os valores apresentados neste trabalho sejam bem próximos da realidade adotada, é importante ressaltar que para elaboração de uma análise mais assertiva, sugere-se realizar o levantamento de custo para cada região, visto que os preços adotados podem variar bruscamente a depender do local de implantação.

Diante do exposto neste trabalho, sugere-se para estudos futuros que seja realizado o comparativo físico/financeiro para empreendimentos verticais, levando em consideração duas edificações similares, construídas em parede de concreto armado e alvenaria estrutural, preferencialmente em edificações reais localizadas em regiões próximas, de maneira que o custo de implantação de cada sistema seja o real para determinada região.

Ainda, sugere-se que nos próximos estudos sejam apresentadas mais opções de sistemas construtivos, visando analisar sistemas não convencionais, de maneira a buscar maior sustentabilidade e ainda realizar estudos para proporcionar maior conforto térmico e acústico do ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP. **Alvenaria estrutural em pauta**. 2013. Disponível em: <https://abcp.org.br/alvenaria-estrutural-em-pauta/>. Acesso em: 07 de jan. 2023.

ABESC. **Paredes de concreto**. 2023. Disponível em: <https://abesc.org.br/paredes-de-concreto/>. Acesso em: 08 jun. 2023.

AGÊNCIA CBIC. **Normas de Alvenaria Estrutural em Consulta Nacional na ABNT**. 2020. Disponível em: <https://cbic.org.br/normas-de-alvenaria-estrutural-em-consulta-nacional-na-abnt/#:~:text=Foram%20definidos%20crit%C3%A9rios%20para%20melhor,alvenaria%20estrutural%20com%20tijolos%20cer%C3%A2micos>. Acesso em 08 de ago.2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6136:2016. **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria- requisitos**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13281-2:2023. **Argamassas inorgânicas — Requisitos e métodos de ensaios Parte 2: Argamassas para assentamento e argamassas para fixação de alvenaria**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 16.055. **Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos**. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 16868-1. **Alvenaria estrutural**. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 16868-2. **Alvenaria estrutural Parte 2: Execução e controle da obra**.

BASTOS, P. S. **Lajes de concreto armado**. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual Paulista- Bauru, São Paulo, 2023.

BRASIL, Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Casa Verde e Amarela vai financiar 1,6 mil imóveis, regularizar 2 milhões de moradias e reformar 400 mil até 2024**. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/casa-verde-e-amarela-vai-financiar-1-6-mil-imoveis-regularizar-2-milhoes-de-moradias-e-reformar-400-mil-ate-2024>. Acesso em 8 de ago.2023.

COLETÂNEA DE ATIVOS, 2007/2008. Disponível em: [Coletânea de Ativos em Paredes de Concreto \(2007 / 2008\) - PORTAL ABCP](#). Acesso em: 21 de jan.2023.

COLETÂNEA DE ATIVOS, 2013. Disponível em: [Coletânea de Ativos em Paredes de Concreto \(2011 / 2013\) - PORTAL ABCP](#). Acesso em: 21 de jan.2023.

FREITAS JR., J. A. **Materiais de construção**. Curitiba: José de Almendra Freitas Jr., 2013. 93 slides, color. Disponível em: [http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/1/15/TC031\\_Aditivos\\_.pdf](http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/1/15/TC031_Aditivos_.pdf). Acesso em: 24 de jan.2023.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit Habitacional no Brasil**. 2012, p.33. Disponível em: <https://fjp.mg.gov.br/deficit-habitacional-no-brasil/>. Acesso em 08 de ago.2023.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2020. Disponível em: [Ministério do Desenvolvimento Regional — Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional \(www.gov.br\)](http://www.gov.br/ministerio-do-desenvolvimento-regional). Acesso em 24 de jan.2023.

MINHA CASA, MINHA VIDA. **Minha Casa Minha Vida-Habitação Urbana-Recursos FGTS**. 2023. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana/Paginas/default.aspx>. Acesso em 07 de jan. 2023.

MORAES, R. **Alvenaria estrutural**. Universidade Federal de Lavras Departamento de Engenharia-Engenharia Civil. Lavras, 2023.

NEOFORMAS PARA CONCRETO. **Passo a Passo Paredes de Concreto – Estrutura 2**. 2023. Disponível em: <https://www.neoformas.com.br/passo-a-passo-paredes-de-concreto-estrutura-2>. Acesso em 08 de ago.2023.

NEOFORMAS PARA CONCRETO. **Obra em andamento – Solar de Hamburgo**. 2023. Disponível em: <https://www.neoformas.com.br/obra-em-andamento-solar-de-hamburgo>. Acesso em 08 de ago.2023.

PARSEKIAN, G. *et al.* **Comportamento e Dimensionamento de Alvenaria Estrutural**. 2 ed. São Carlos: Edufscar, 2014.

SANTOS, A. **Minha Casa Minha Vida põe sustentabilidade à prova**. Portal Itambé. 2015. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/minha-casa-minha-vida-sustentabilidade/>. Acesso em: 16 de abr de 2023.

SANTOS, A. **Paredes de concreto já dominam Minha Casa Minha Vida**. Portal Itambé. 2016. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/paredes-de-concreto-minha-casa-minha>. Acesso em 18 de Abr de 2023

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Composição de custos analíticos 05/2023. 2023. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default.aspx>. Acesso em 08 de Ago.2023.

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