

INSTITUTO FEDERAL

Goiano

Campus Rio Verde

ENGENHARIA CIVIL

**COMPARATIVO DE CUSTO E PROCESSO CONSTRUTIVO
DOS SISTEMAS DE VEDAÇÃO CONVENCIONAL E
PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO***

RAFAEL RODRIGUES ALVES

Rio Verde, GO.

2019

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
ENGENHARIA CIVIL**

**COMPARATIVO DE CUSTO E PROCESSO CONSTRUTIVO DOS
SISTEMAS DE VEDAÇÃO CONVENCIONAL E PAREDES DE
CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO***

RAFAEL RODRIGUES ALVES

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Ma. Bruna Oliveira Campos

Rio Verde - GO

Agosto, 2019

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

AAL474
c Alves, Rafael Rodrigues
COMPARATIVO DE CUSTO E PROCESSO CONSTRUTIVO DOS
SISTEMAS DE VEDAÇÃO CONVENCIONAL E PAREDES DE
CONCRETO MOLDADAS IN LOCO / Rafael Rodrigues
Alves;orientadora Bruna Oliveira Campos Campos. --
Rio Verde, 2019.
62 p.

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

1. construção racionalizada. 2. viabilidade
econômica. 3. viabilidade técnica. I. Campos, Bruna
Oliveira Campos, orient. II. Título.



INSTITUTO FEDERAL
Goiano

Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF Goiano
Sistema Integrado de Bibliotecas

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e | Educacional - Tipo: |

Nome Completo do Autor: Rafael Rodrigues Alves
Matrícula: 2015102200840584

Título do Trabalho: Comparativo de custo e processo construtivo dos sistemas de vedação convencional e paredes de concreto moldadas *in loco*

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 09/08/2019

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não
O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, GO
Local

09/08/2019
Data

Rafael Rodrigues Alves

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Bruna Oliveira Campos

Assinatura do(a) orientador(a)

RAFAEL RODRIGUES ALVES

**COMPARATIVO DE CUSTO E PROCESSO CONSTRUTIVO DOS
SISTEMAS DE VEDAÇÃO CONVENCIONAL E PAREDES DE
CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO***

Trabalho de curso DEFENDIDO e APROVADO em 01 de agosto de 2019, pela Banca
examinadora constituída pelos membros:

Bruna Oliveira Campos

Prof(a). Ma. Bruna Oliveira Campos

Lorena Araújo Silva

Prof(a). Ma. Lorena Araújo Silva

Bruna Vilela Buiatte Silva

Prof(a). Bruna Vilela Buiatte Silva

Rio Verde – GO

Janeiro, 2019

AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, por ter me protegido durante os inúmeros deslocamentos de Rio Verde para Goiânia, ter me guiado durante toda a graduação e colocado pessoas maravilhosas em meu caminho.

Aos meus pais, Valdir e Elisângela, que mesmo sofrendo com a ausência do filho mais novo, me apoiaram durante esse 4 anos e meio. Agradeço pela educação que recebi, por sempre me incentivarem a estudar. A vocês minha eterna gratidão.

A minha professora orientadora, Ma. Bruna Oliveira, pela disponibilidade e disposição em me orientar. Agradeço por todo conhecimento transmitido durante o período de orientação e também no decorrer de toda a graduação, em suas matérias ministradas.

As grandes amigas que fiz no decorrer da graduação e que compartilharam comigo momentos bons e ruins. Desde momentos de festejos e alegrias, até momentos em que houve necessidade de passar noites em claro para estudar, fazer trabalhos, esperar ansiosamente por notas de provas. Minha gratidão a vocês: Priscila, Matheus Henrique, Gabriel Alves, José Antônio, Matheus Martins, Pedro Bonifácio, Lucas Carreira, Guilherme Cabral, Gilmar, Carol, Hanna, Alice e Kaique.

RESUMO

ALVES, Rafael Rodrigues. **Comparativo de custo e processo construtivo dos sistemas de vedação convencional e paredes de concreto moldadas *in loco***. 2019. 64 p. Monografia (Curso de Bacharelado de Engenharia Civil). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2019.

As empresas têm buscado métodos construtivos racionalizados, com maior produtividade e sustentabilidade, diante da demanda habitacional. O sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* é uma alternativa em detrimento ao sistema de vedação convencional, entretanto para essa decisão é necessário o estudo de viabilidade econômica. O presente trabalho visa verificar qual o sistema construtivo, vedação convencional ou paredes de concreto moldadas *in loco*, é mais viável para aplicação em obras. Para tanto realizou-se um estudo de caso em obras residenciais, sendo uma predial de 8 e 9 pavimentos e uma térrea, que utilizaram o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*, e comparou com a obra de sistema de vedação convencional. Os custos analisados foram obtidos mediante a relação entre os valores dos serviços de cada etapa e a área construída das edificações. Concluiu-se que o valor da construção pela área do sistema de parede de concreto moldado *in loco* foi 23% menor comparado a vedação convencional.

Palavras-chave: construção racionalizada, viabilidade econômica, viabilidade técnica.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Execução do assentamento da primeira fiada. | 20 |
| Figura 2 - Amarração das fiadas da parede de meia vez. | 20 |
| Figura 3 - Amarração das fiadas da parede de uma vez. | 21 |
| Figura 4 - Amarração das fiadas em junções “T”, em paredes de meia vez. | 21 |
| Figura 5 - Amarração das fiadas em cruzamento, em paredes de meia vez. | 21 |
| Figura 6 - Amarração das fiadas em parede de meia vez com parede de uma vez. | 22 |
| Figura 7 – Ligação entre alvenaria e pilar de concreto armado. | 22 |
| Figura 8 - Travamento entre alvenaria e estrutura realizado por argamassa com expansor.... | 23 |
| Figura 9 - Travamento entre alvenaria e estrutura com cunhas de concreto pré-fabricadas. ... | 23 |
| Figura 10 - Travamento entre alvenaria e estrutura com cunhas de concreto pré-fabricadas. ... | 24 |
| Figura 11- Formas metálicas em alumínio. | 28 |
| Figura 12 - Formas metálicas com compensado. | 29 |
| Figura 13 - Formas plásticas. | 29 |
| Figura 14 – Utilização da tela soldada para estruturação das paredes e barras de aço para reforço das aberturas. | 31 |
| Figura 15 – Recomendação para aumento da laje radier..... | 33 |
| Figura 16 – Marcação para posicionamento das telas soldadas e formas. | 34 |
| Figura 17 – Montagem das telas soldadas e barras de reforço. | 34 |
| Figura 18 – Espaçador plástico fixado em tela soldada. | 35 |
| Figura 19 – Instalações hidráulicas e elétricas fixadas nas armações. | 36 |
| Figura 20 -.Aplicação de desmoldante nas formas metálicas..... | 37 |
| Figura 21 – Montagem das formas da laje com auxílio de escoras. | 38 |
| Figura 22 – Exemplificação do teste de abatimento do tronco de cone (<i>Slump test</i>). | 39 |
| Figura 23 - Exemplificação do teste de espalhamento (<i>Slump Flow</i>). | 40 |
| Figura 24 – Exemplo de plano de concretagem para edificações térreas. | 40 |
| Figura 25 – Fluxograma metodológico. | 43 |
| Figura 26 –Viga baldrame apoiada em estacas hélices contínua. | 44 |
| Figura 27 – Instalações elétricas numeradas e fixadas nas telas. | 44 |
| Figura 28 - Montagem das formas metálicas | 45 |
| Figura 29 - Componentes do sistema de travamento de forma metálica..... | 45 |
| Figura 30 - Componentes do sistema de travamento de forma metálica..... | 46 |

| | |
|--|----|
| Figura 31- Embutimento das instalações hidráulicas da área de serviço. | 47 |
| Figura 32 – Passagem das tubulações de esgoto embutidas no radier | 48 |
| Figura 33 – Radier antes da concretagem..... | 48 |
| Figura 34 – Montagem dos painéis metálicos do sistema de formas. | 49 |
| Figura 35 – Tratamento de fachada com argamassa. | 49 |
| Figura 36 –Instalações fixadas nas telas soldadas..... | 50 |
| Figura 37 – Custo (R\$) por m ² x Etapas..... | 52 |
| Figura 38 – Porcentagem (%) do custo total do m ² x Etapas. | 54 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação..... | 17 |
| Tabela 2 – Especificação quanto à resistência mínima, absorção d'água e geometria..... | 18 |
| Tabela 3 – Resumo das tipologias de concreto utilizadas no sistema de paredes de concreto. | 25 |
| Tabela 4 – Resumo dos custos e participações das etapas por m ² dos sistemas..... | 52 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Vantagens e desvantagens entre os sistemas de cofragem..... | 30 |
|---|----|

LISTA DE ABREVIACOES, SIGLAS OU SIMBOLOS

| | |
|---------------------|---|
| ABCP | Associação Brasileira de Cimento Portland |
| ABESC | Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem |
| ABRAINCC | Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias |
| BNH | Banco Nacional da Habitação |
| Cm | Centímetros |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IBTS | Instituto Brasileiro de Telas Soldadas |
| Kgf/cm ² | Quilograma-força por centímetro quadrado |
| M ² | Metro quadrado |
| MCMV | Minha Casa Minha vida |
| MPa | Megapascal |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| UH | Unidade Habitacional |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 1.1 | Objetivos..... | 15 |
| 1.2.1 | Objetivo geral | 15 |
| 1.2.2 | Objetivos específicos..... | 15 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA | 16 |
| 2.1 | VEDAÇÃO CONVENCIONAL..... | 16 |
| 2.1.1 | Materiais | 16 |
| 2.1.2 | Processo Executivo..... | 19 |
| 2.2 | PAREDE DE CONCRETO MOLDADA <i>IN LOCO</i> | 24 |
| 2.2.1 | Materiais | 25 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 41 |
| 3.1 | Áreas de estudo..... | 41 |
| 3.2 | Métodos | 41 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 43 |
| 4.1 | Estudo de Caso 1 | 43 |
| 4.2 | Estudo de Caso 2 | 47 |
| 4.3 | Estudo de Caso 3 | 50 |
| 4.4 | Análises Comparativas | 51 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 56 |
| 6 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 57 |
| 7 | ANEXOS..... | 59 |

1 INTRODUÇÃO

A busca por processos construtivos não convencionais e conseqüentemente a importação de novas tecnologias, no Brasil, intensificou-se na década dos anos 80, após o fim do Banco Nacional da Habitação (BNH) e redirecionamento da política de habitação brasileira. Entre os sistemas advindos desse período, destacam-se o Gethal e Outinord, caracterizados pela racionalização da construção, com a utilização de paredes de concreto moldadas *in loco*, entretanto não tiveram sucesso no mercado brasileiro devido ao alto investimento inicial e limitações do sistema de financiamento da época (SACHT; ROSSIGNOLO; BUENO, 2014). A modernização do setor da construção e aprimoramento do sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* proporcionou a volta desse método construtivo ao Brasil, que aos poucos foi ganhando espaço na construção de habitações. Tendo em vista o avanço da quantidade de obras utilizando o sistema, surgiu a necessidade de normatizar o mesmo, e então, em 2012 surgiu a NBR 16055 (ABNT, 2012) que fixou os procedimentos e requisitos construtivos para utilização do sistema de paredes de concreto moldadas no local.

A indústria da construção civil é uma das engrenagens mais importantes para a movimentação das atividades imobiliárias e da economia brasileira. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), a participação da mesma conjugado aos serviços imobiliários chegou a 14,4% do Produto Interno Bruto (PIB) do país, sendo parte desse valor devido ao programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), que proporciona financiamento de unidades habitacionais com condições mais atrativas e acessíveis. Essa facilidade de crédito, aliado ao déficit habitacional brasileiro, de aproximadamente 7,77 milhões de unidades (FGV, 2018), têm despertado a busca por métodos construtivos mais produtivos.

No Brasil, a maioria das obras civis ainda são realizadas utilizando o sistema construtivo convencional, com utilização de blocos cerâmicos para a vedação e o concreto armado para função estrutural, sendo caracterizado pela baixa produtividade e alta geração de resíduos que contribuí para o desperdício. Diante dessa grande demanda habitacional e da busca por métodos mais produtivos e sustentáveis, algumas empresas vêm adotando o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*, entretanto ainda há receio em relação a esse sistema devido ao desconhecimento de suas vantagens, sendo necessário maior conscientização dos construtores quanto às técnicas aplicadas nesse sistema e lucros que podem ser obtidos por meio dele.

1.1 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Compreender a viabilidade econômica e técnica da aplicação do sistema de parede de concreto moldadas *in loco* em obras habitacionais.

1.2.2 Objetivos específicos

Apresentar o processo executivo de obras que utilizam o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*;

Identificar os custos por área das etapas de construção dos sistemas de vedações convencional e paredes de concreto moldadas *in loco*, das obras analisadas.

Comparar os custos por área entre as etapas semelhantes dos sistemas de vedações convencional e paredes de concreto moldadas *in loco*;

Identificar a etapa que gera maior custo nas obras dos sistemas de vedações convencional e paredes de concreto moldadas *in loco*;

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo serão apresentados as definições e informações necessárias para a melhor compreensão sobre os sistemas de vedações convencional e paredes de concreto moldadas *in loco*, bem como os seus processos executivos.

2.1 VEDAÇÃO CONVENCIONAL

Azeredo (1997, p. 125) define alvenaria como “toda obra constituída de pedras naturais, tijolos ou blocos de concreto ligados ou não por meio de argamassas, e que comumente deve oferecer condições de resistência, durabilidade e impermeabilidade”. No sistema de vedação convencional, as propriedades de resistência e durabilidade da alvenaria são garantidas pela aplicação de blocos cerâmicos, enquanto a impermeabilização é obtida utilizando impermeabilizantes na argamassa de assentamento. Esse sistema de vedação deve promover a divisão dos ambientes em compartimentos, proteger as instalações e criar condições de habitabilidade na edificação (SACHT; ROSSIGNOLO; BUENO, 2014), entretanto se caracteriza por possuir um processo executivo antigo e ultrapassado, que gera muitos resíduos de construção devido sobras de argamassa e quebras de blocos.

2.1.1 Materiais

Comumente são empregados poucos materiais para execução do sistema vedação convencional, sendo os principais, o bloco cerâmico e argamassa convencional ou polimérica. Segundo a NBR 15270-1 (ABNT, 2017), o bloco cerâmico de vedação deve ser fabricado por conformação plástica de matéria-prima argilosa, contendo ou não aditivos, e queimado a altas temperaturas. Essa conformação plástica baseia-se na mistura da argila com água a fim de homogeneizar a massa para que atinja característica deformável para moldagem do bloco cerâmico. A NBR 15270-1 (ABNT, 2017) determina os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos exigíveis para aceitação desse material em obra, conforme Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação.

| Dimensões modulares $L \times H \times C$ Módulo dimensional $M = 10 \text{ cm}$ | Dimensões nominais cm | | | |
|---|--------------------------|---------------|--------------------|-----------|
| | Largura L | Altura H | Comprimento C | |
| | | | Bloco principal | 1/2 bloco |
| $(1) M \times (1) M \times (2) M$ | 9 | 9 | 19 | 9 |
| $(1) M \times (1) M \times (5/2) M$ | | | 24 | 11,5 |
| $(1) M \times (3/2) M \times (2) M$ | | | 19 | 9 |
| $(1) M \times (3/2) M \times (5/2) M$ | | 14 | 24 | 11,5 |
| $(1) M \times (3/2) M \times (3) M$ | | | 29 | 14 |
| $(1) M \times (2) M \times (2) M$ | | | 19 | 9 |
| $(1) M \times (2) M \times (5/2) M$ | | 19 | 24 | 11,5 |
| $(1) M \times (2) M \times (3) M$ | | | 29 | 14 |
| $(1) M \times (2) M \times (4) M$ | | | 39 | 19 |
| $(5/4) M \times (5/4) M \times (5/2) M$ | 11,5 | | 11,5 | 24 |
| $(5/4) M \times (3/2) M \times (5/2) M$ | | 14 | 24 | 11,5 |
| $(5/4) M \times (2) M \times (2) M$ | | 19 | 19 | 9 |
| $(5/4) M \times (2) M \times (5/2) M$ | | | 24 | 11,5 |
| $(5/4) M \times (2) M \times (3) M$ | | | 29 | 14 |
| $(5/4) M \times (2) M \times (4) M$ | | | 39 | 19 |
| $(3/2) M \times (1) M \times (5/2) M$ | 14 | 09 | 24 | 11,5 |
| $(3/2) M \times (1) M \times (3) M$ | | | 29 | 14 |
| $(3/2) M \times (2) M \times (2) M$ | | | 19 | 9 |
| $(3/2) M \times (2) M \times (5/2) M$ | | 19 | 24 | 11,5 |
| $(3/2) M \times (2) M \times (3) M$ | | | 29 | 14 |
| $(3/2) M \times (2) M \times (4) M$ | | | 39 | 19 |
| $(2) M \times (2) M \times (2) M$ | 19 | 19 | 19 | 9 |
| $(2) M \times (2) M \times (5/2) M$ | | | 24 | 11,5 |
| $(2) M \times (2) M \times (3) M$ | | | 29 | 14 |
| $(2) M \times (2) M \times (4) M$ | | | 39 | 19 |
| $(5/2) M \times (5/2) M \times (5/2) M$ | 24 | 24 | 24 | 11,5 |
| $(5/2) M \times (5/2) M \times (3) M$ | | | 29 | 14 |
| $(5/2) M \times (5/2) M \times (4) M$ | | | 39 | 19 |

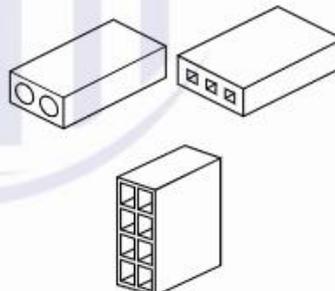
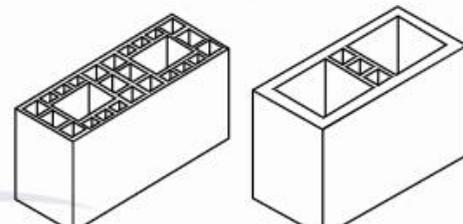
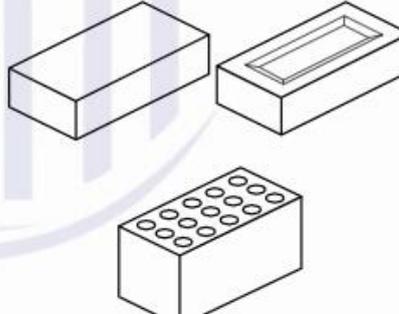
NOTA Os blocos com largura de 7,0 cm e altura de 19 cm são admitidos excepcionalmente, somente em funções secundárias (como em "shafts" ou pequenos enchimentos) e respaldados por projeto com identificação do responsável técnico.

Fonte: NBR 15270-1 (ABNT, 2017).

A modulação facilita a identificação das dimensões de fabricação dos blocos cerâmicos sem ter a necessidade de expô-las e, conforme análise da tabela verifica-se que as dimensões reais desses são obtidas pelo produto entre os coeficientes e a dimensão modular, subtraídos de 1 cm. Além de expor as medidas dos blocos inteiros, a tabela indica os valores para

comprimentos do ½ bloco, que facilita a amarração entre os blocos e proporciona agilidade no assentamento.

Tabela 2 – Especificação quanto à resistência mínima, absorção d’água e geometria

| Bloco ou tijolo de vedação em parede vazada com furos ou vazados horizontais | | | | | |
|--|------------------------|-------------------------|--|---------|--|
| Classe | f_b mínimo MPa | Absorção d’água % | Geometria | | |
| | | |  | | Soma mínima das paredes em um mesmo corte transversal [externas e interna(s)] mm |
| | | | Externa | Interna | |
| VED15 | 1,5 | 8 a 25 | 7 | Não há | 20 |
| Bloco para alvenaria racionalizada em parede vazada com vazados verticais | | | | | |
| Classe | f_b mínimo MPa | Absorção d’água % | Geometria | | |
| | | |  | | Espessura mínima das paredes do bloco mm |
| | | | Externa | Interna | |
| VED30 | 3,0 | 8 a 21 | 7 | 6 | |
| Tijolo maciço ou perfurado para vedação | | | | | |
| Classe | f_b mínimo MPa | Absorção d’água % | Geometria | | |
| | | |  | | |
| VED40 | 4,0 | 8 a 25 | | | |

Fonte: NBR 15270-1 (ABNT, 2017).

A denominação “VED” na classe indica a função do bloco, que é de vedação, enquanto que os números “15, 30, 40” que o acompanham, indicam a resistência característica mínima do bloco ou tijolo expressas em quilograma-força por centímetro quadrado (Kgf/cm²), sendo que 1 Kgf/cm² é aproximadamente igual a 0,1 MPa. As resistências apresentadas variam de acordo com o tipo de bloco e, sua escolha depende das exigências de cada aplicação. Outra informação importante é o teor de absorção, pois este influencia em manifestações patológicas na vedação geradas pela incorporação da água da argamassa de assentamento no bloco, prejudicando sua aderência e gerando fissuração na junta de argamassa.

2.1.2 Processo Executivo

Com o intuito de melhorar a eficiência e qualidade da execução da alvenaria de vedação, a NBR 8545 (ABNT, 1984) fixou as condicionantes para execução e fiscalização de alvenaria sem função estrutural de componentes cerâmicos. O processo executivo divide-se nas seguintes etapas: locação, assentamento e encunhamento.

A locação deve ser verificada antes do início do levantamento da alvenaria e comprovada após erguida, devendo estar de acordo com as dimensões do projeto específico. Essa verificação pode ser auxiliada por instrumentos de precisão, como a trena e esquadros.

O assentamento inicia-se na primeira fiada e deve ser executada pelos cantos principais ou pelas ligações com quaisquer outros componentes e elementos da edificação. Após o levantamento dos cantos, deve-se utilizar uma linha esticada entre os mesmos como guia, fiada por fiada, para garantir a verticalidade, através da conferência pelo prumo, e a horizontalidade, conforme a Figura 1.

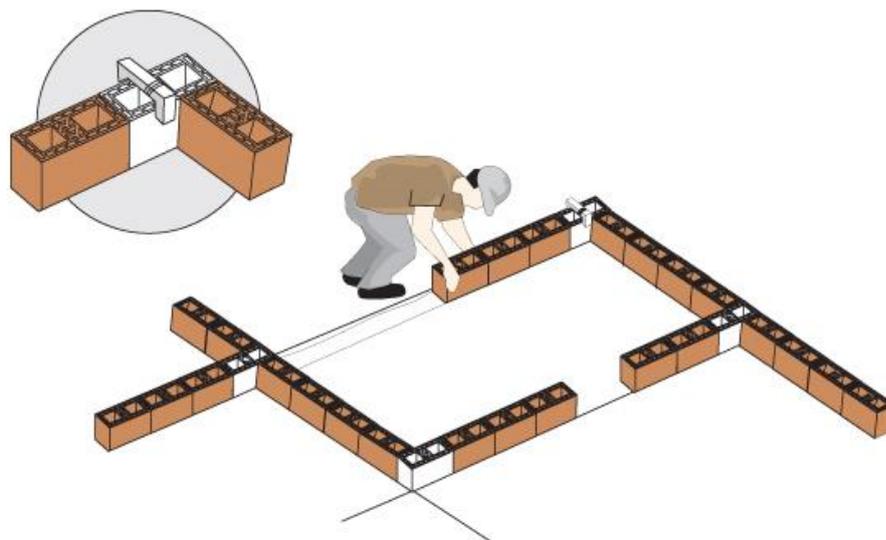


Figura 1 – Execução do assentamento da primeira fiada.

Fonte: Selecta Blocos¹.

Terminada a primeira fiada, deve-se proceder com as sucessivas fiadas seguindo as amarrações recomendadas para cada tipo de disposição de blocos. No caso da parede de meia vez, a amarração deverá ser realizada conforme a Figura 2, cujo assentamento ocorre com os blocos cerâmicos na vertical, ou seja, a largura dos blocos coincidindo com a espessura da parede.

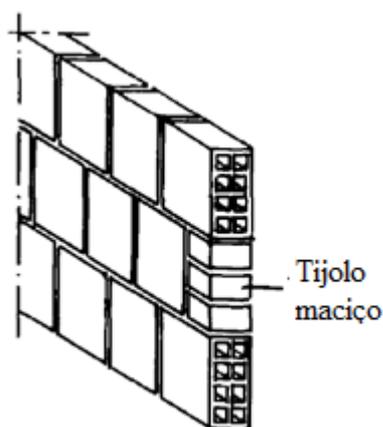


Figura 2 - Amarração das fiadas da parede de meia vez.

Fonte: ABNT, 1984, p.4.

No caso da parede de uma vez, a amarração deve ocorrer conforme a Figura 3, onde o assentamento deve ser realizado com os blocos na horizontal, ou seja, a altura dos blocos coincide com a espessura da parede.

¹ SELECTA BLOCOS. **Detalhes Construtivos.** Disponível em: <http://www.selectabloco.com.br/alvenaria_estrutural_detalhes_construtivos_22.html>. Acesso em: mai. 2019.

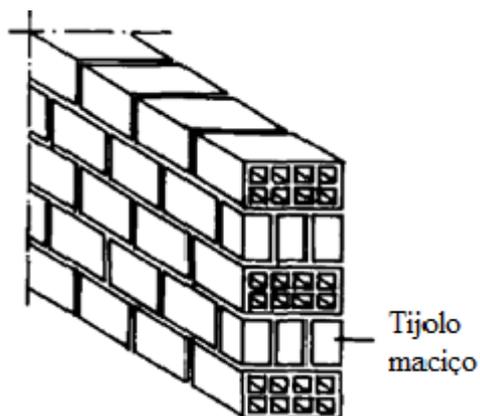


Figura 3 - Amarração das fiadas da parede de uma vez.
 Fonte: ABNT, 1984, p.4.

No encontro de paredes, deve-se proceder a amarração através do entrelaçamento entre os blocos, conforme as Figuras 4, 5 e 6.

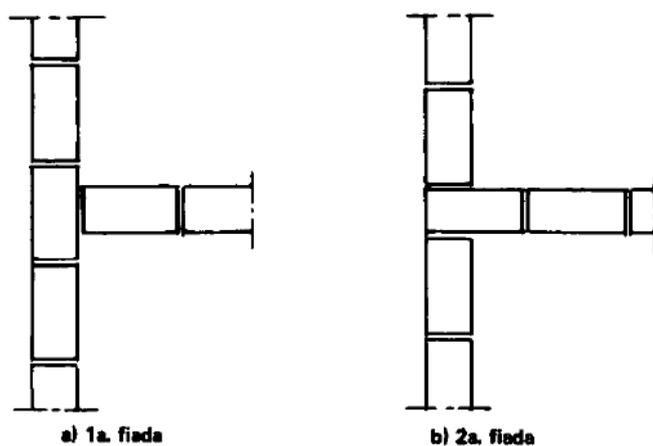


Figura 4 - Amarração das fiadas em junções "T", em paredes de meia vez.
 Fonte: ABNT, 1984, p.5.

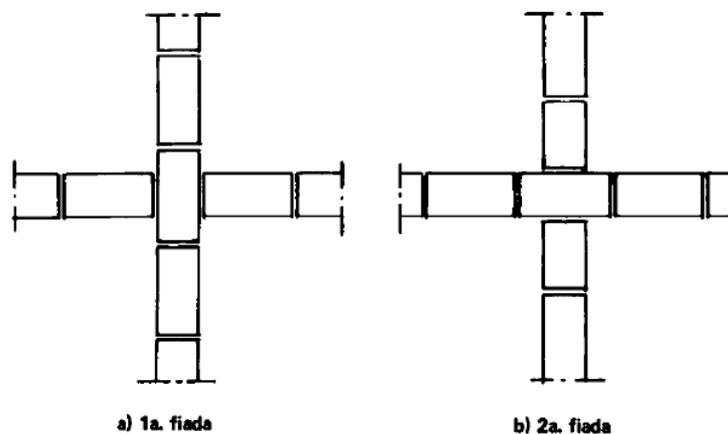


Figura 5 - Amarração das fiadas em cruzamento, em paredes de meia vez.
 Fonte: ABNT, 1984, p.5.

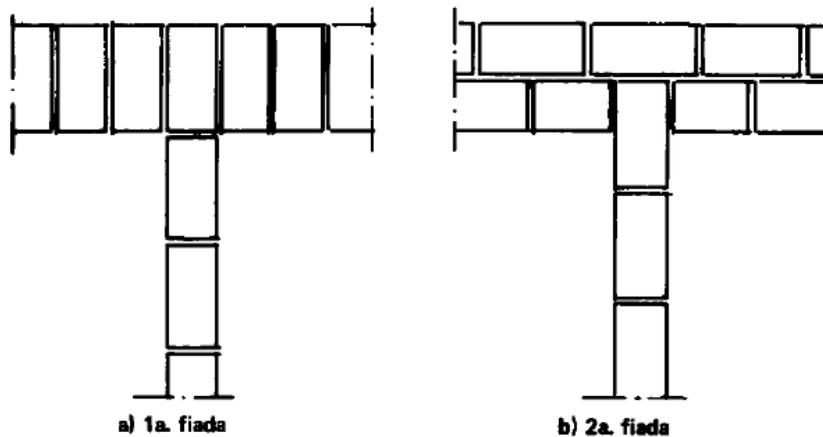


Figura 6 - Amarração das fiadas em parede de meia vez com parede de uma vez.
 Fonte: ABNT, 1984, p.5.

Face ao exposto, verifica-se que a amarração deve ser realizada com as juntas verticais descontínuas, entretanto caso haja a necessidade de se ter as juntas a prumo, a NBR 8545 (ABNT, 1984) determina a obrigatoriedade de usar armaduras longitudinais na argamassa de assentamento. A alvenaria deve ser assentada sobre a viga baldrame, somente após 24 horas, no mínimo, da impermeabilização desta.

Para garantir a interação entre a alvenaria e os pilares de concreto armado, a NBR 8545 (ABNT, 1984) ressalta a possibilidade de empregar barras de aço de diâmetros entre 5 a 10 mm, distanciadas de cerca de 60 cm e comprimento da ordem de 60 cm, conforme a Figura 7.

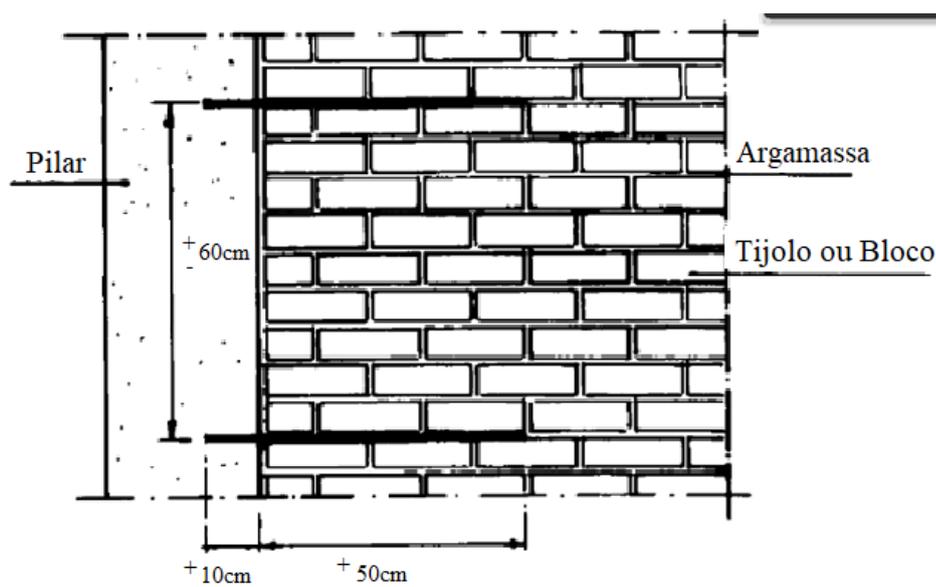


Figura 7 – Ligação entre alvenaria e pilar de concreto armado.
 Fonte: ABNT, 1984.

A última etapa do processo executivo é o encunhamento, que consiste no travamento entre a alvenaria e a estrutura. De acordo com NBR 8545 (1984), a alvenaria não pode servir de apoio direto pra lajes, sendo assim é necessário prever uma cinta de amarração em concreto armado para receber as cargas provenientes das lajes. A alvenaria deve ser interrompida antes de vigas ou lajes, e após 7 dias, esse espaço deve ser preenchido com cunhas de concreto pré-fabricadas, argamassa com expansor ou tijolo maciço, conforme Figuras 8, 9 e 10.

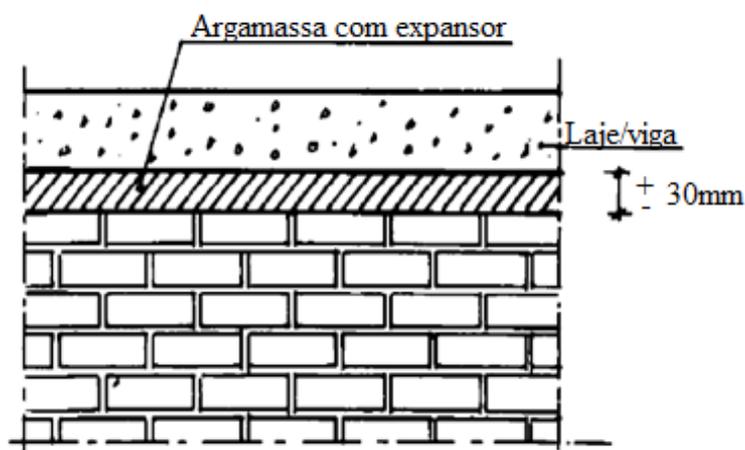


Figura 8 - Travamento entre alvenaria e estrutura realizado por argamassa com expansor.
Fonte: ABNT, 1984, p.8.

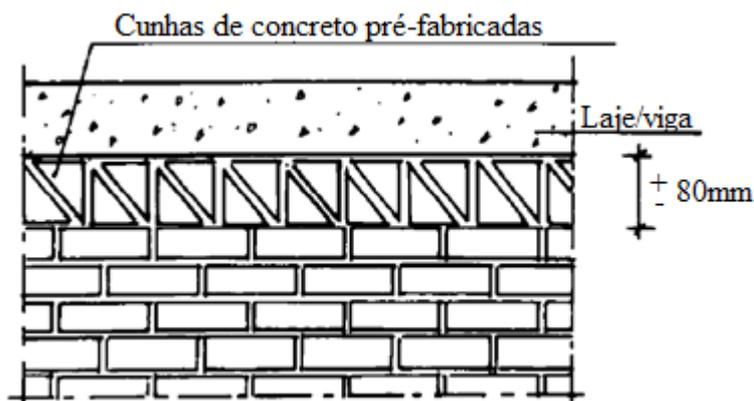


Figura 9 - Travamento entre alvenaria e estrutura com cunhas de concreto pré-fabricadas.
Fonte: ABNT, 1984, p.8.

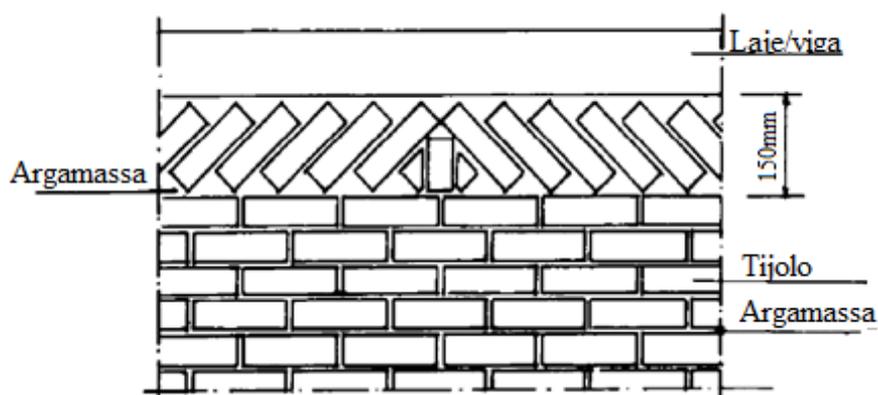


Figura 10 - Travamento entre alvenaria e estrutura com cunhas de concreto pré-fabricadas.
Fonte: ABNT, 1984, p.8.

2.2 PAREDE DE CONCRETO MOLDADA *IN LOCO*

Em 2007, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem (ABESC) e Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS) introduziram debates sobre as edificações feitas com parede de concreto moldada *in loco*, no movimento Comunidade da Construção. De acordo com Comunidade da construção (2008), esses debates tinham como objetivo introduzir esse sistema racionalizado de construção no país e para isso, essas instituições técnicas convidaram algumas construtoras para visitar obras que utilizam esse sistema na Colômbia e no Chile. Posterior à essas visitas, criaram-se um grupo de trabalho composto por construtoras e fornecedores interessados no sistema e traçaram linhas de ações que foram abordados em 14 ativos, com temas que variam desde os materiais empregados no sistema até sugestões para normatização do mesmo.

Após as publicações dos ativos e seus esclarecimentos sobre o funcionamento do sistema, criou-se a NBR 16055 (ABNT, 2012) que estabeleceu os requisitos para utilização dessa metodologia construtiva no Brasil e que, recentemente vem se destacando dentre as metodologias construtivas utilizadas para suprir o déficit habitacional brasileiro.

Segundo a NBR 16055 (ABNT, 2012), o sistema de parede de concreto moldada *in loco* é composto por elementos estruturais autoportantes, moldados no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e com capacidade de suportar cargas no mesmo plano da parede. Esse sistema possibilita alcançar altas produtividades em curtos prazos e, geralmente é aplicado em obras residenciais térreas e prediais, sem restrições quanto ao número de pavimentos e área construída, com altos índices de repetições. Isso ocorre devido ao custo inicial elevado mediante aquisição ou aluguel das formas, entretanto elas podem ser reutilizadas

diversas vezes, segundo Forsa (2019), para formas metálicas, esse número pode chegar à 1500 reutilizações, proporcionando viabilidade para casos onde há um maior número de unidades. Para a execução desse sistema, alguns materiais são essenciais, como: concreto, formas e armações.

2.2.1 Materiais

a) Concreto

O concreto é o principal componente do sistema de parede de concreto moldada *in loco* e é feito através da junção entre os seguintes materiais: água, cimento (aglomerante), areia (agregado miúdo) e brita (agregado graúdo). Segundo a NBR 16055 (ABNT, 2012), esse material pode ser preparado pelo executante da obra ou por empresa de serviço de concretagem, entretanto quem prepará-lo deve assumir a responsabilidade pelo serviço e cumprir as prescrições descritas na NBR 12655 (ABNT, 2015) relativas às etapas de preparo, controle, recebimento e aceitação do concreto e NBR 7212 (ABNT, 2012), que regulamenta o procedimento de execução do concreto dosado em central.

Dentre as diversas tipologias de concreto existentes, a Comunidade da construção (2008) afirma que 4 tipos são recomendados para aplicação nesse sistema e podem ser resumidas conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Resumo das tipologias de concreto utilizadas no sistema de paredes de concreto.

| Tipo | Concreto | Massa Específica (Kg/m³) | Resistência mínima a compressão (Mpa) | Tipologia usualmente utilizada |
|-------------|---------------------------------|--|--|---------------------------------------|
| L1 | Celular | 1500 - 1600 | 4 | Casa até 2 pavimentos |
| L2 | Com agregado leve | 1500 - 1800 | 20 | Qualquer Tipologia |
| M | Com alto teor de ar incorporado | 1900 - 2000 | 6 | Casa até 2 pavimentos |
| N | Convencional ou Auto Adensável | 2000 - 2800 | 20 | Qualquer Tipologia |

Fonte: Comunidade da construção (2008).

De acordo com Neville (2016, p.739), o concreto celular (Tipo L1) apresenta alta fluidez, facilitando o seu bombeamento e lançamento, dispensando a necessidade de adensamento. A produção desse material consiste na introdução de bolhas de gás geradas pela junção entre o agente espumante e a mistura de cimento, água e agregado miúdo ou por inserção de espuma previamente produzida na betoneira com os demais materiais. Geralmente é adicionado o pó de alumínio finamente moído como agente espumante que, em contato com os álcalis do cimento, proporciona uma reação que libera gás hidrogênio, causando a expansão da pasta de cimento ou argamassa e conseqüentemente, a diminuição da sua massa específica e resistência a compressão.

Há questionamentos diante da denominação “concreto” para esse material, pois o agregado graúdo não se faz presente na mistura, entretanto seu uso é permitido no sistema de parede de concreto moldada *in loco* e os procedimentos para execução seguem a NBR 12645 (ABNT, 1992).

O concreto com agregado leve (Tipo L2) abrange uma ampla faixa de massa específica com correspondente variação de resistência, ambas, vinculadas à escolha do agregado e de seu formato. Segundo a Comunidade da Construção (2008), para atender as condições de resistência exigidas no sistema de parede de concreto, deve-se utilizar apenas a argila expandida como agregado graúdo dessa tipologia.

De acordo com a Comunidade da construção (2008), o concreto com alto teor de ar incorporado (Tipo M) possui características mecânicas, térmicas e acústicas semelhantes ao concreto celular, entretanto seu teor de ar incorporado é limitado em 9%.

O “tipo N” abrange duas categorias de concreto, o convencional e o autoadensável. De acordo com Neville (2016, p.250), para o concreto ser considerado autoadensável, ele deve possuir fluidez, capacidade de passagem por armaduras com espaçamento reduzido e resistência à segregação. De acordo com a Comunidade da Construção (2008), essas características são importantes para aplicação no sistema de parede de concreto moldada *in loco* e podem ser obtidas através do uso de aditivos superplastificantes.

Neville e Brooks (2013, p 154) declara que os superplastificantes são aditivos redutores de água e podem produzir dois tipos de concreto: concreto com a trabalhabilidade muito elevada e concreto com resistência muito alta. A escolha entre ambos tipos está associada com a relação água/cimento e quantidade de água utilizadas. Segundo a Comunidade da Construção (2008), para aplicação no sistema de parede de concreto, é mais recomendado o concreto com a trabalhabilidade muito elevada (concreto autoadensável), entretanto, é possível também usar o

concreto convencional, desde que este tenha a trabalhabilidade adequada com o método de transporte, a espessura das paredes e laje e que se evite segregações nas partes inferiores das formas verticais. Para a obtenção do concreto alto adensável, Neville e Brooks (2013, p. 409) afirma que deve-se usar maior quantidade de finos, menores que 600 micrômetros, relação água/cimento aproximada de 0,4, uso de superplastificante e menor quantidade de agregados graúdos (50% do volume de todos os sólidos), porém agregados de boa forma e textura.

De acordo com Neville (2016, p.216-217) a segregação nas partes inferiores das formas é comumente chamada de “ninho” de concretagem e pode ser definida como a separação dos constituintes do concreto, de modo que suas distribuições não sejam mais uniformes. Um caso especial de segregação é a exsudação que, consiste na migração da água da mistura para a superfície do concreto recém-lançado, ocasionando o carreamento de partículas mais finas do cimento, que pode proporcionar uma superfície porosa e de menor resistência.

Concretos que possuem facilidade em se obter o adensamento total possuem tendência a não ter segregação, entretanto qualquer tipologia de concreto adotada irá sofrer com a fluência e retração. De acordo com Neville (2016, p.429), a fluência é o aumento da deformação enquanto a carga, ou parte dela, está atuando no decorrer da vida útil da estrutura, enquanto que a retração é a contração do concreto que ocorre no processo de secagem e independe do carregamento a qual a estrutura está sendo submetida. Para diminuir os efeitos da retração, recomenda-se o uso de fibras no concreto, segundo a Comunidade da Construção (2008).

Para o concreto atender as especificações quanto à resistência e trabalhabilidade exigidas em projeto, deverão ser realizados ensaios recomendados pela NBR 16055 (ABNT, 2012). A verificação da trabalhabilidade é realizada com o concreto no estado fresco, e para sua realização, precisa-se fazer o ensaio para determinar o abatimento do tronco de cone (*Slump Test*), prescrito na NBR NM 67 (ABNT, 1998), e caso haja uso de aditivo superplastificante, também deverá ser feito o ensaio de determinação do espalhamento do concreto (*Slump Flow*), conforme NBR 15823-2 (ABNT, 2017). Para verificar a resistência característica do concreto, deverá ser realizado o ensaio de compressão axial conforme orientação da NBR 5739 (ABNT, 2018).

b) Formas

Segundo a Comunidade da Construção (2008), as formas utilizadas no sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* são dispositivos provisórios responsáveis por moldar o

concreto fresco para se obter a estrutura projetada. Essas formas devem ser estanques e capazes de resistir todas as pressões provenientes do lançamento e adensamento do concreto, mantendo a geometria das peças que estão sendo moldadas. A Comunidade da Construção (2008) afirma também que os tipos de formas mais utilizadas são:

- Formas metálicas: utilizam quadros e chapas metálicas tanto para estruturação de seus painéis como para dar acabamento à peça concretada. O material predominante nesse tipo de forma é o alumínio, por ser mais leve e resistente, mas também se encontra formas metálicas em aço. Essa tipologia é exemplificada na Figura 11.



Figura 11- Formas metálicas em alumínio.

Fonte: FORSA, 2019.

- Formas metálicas com compensados: compostas por quadros em peças metálicas (aço ou alumínio) e utilizam chapas de madeira compensada ou material sintético para dar o acabamento na peça concretada. Ou seja, as chapas são a parte da forma que mantêm contato com o concreto. (Figura 12).



Figura 12 - Formas metálicas com compensado.

Fonte: Coletânea de ativos (Comunidade da Construção, 2008), p.78.

- Formas plásticas: compostas por quadros e chapas feitas de plástico reciclável, tanto para estruturação de seus painéis como dar acabamento na peça concretada, com contraventamento em estrutura metálica. (Figura 13).



Figura 13- Formas plásticas.

Fonte: METRO MODULAR².

² METRO MODULAR. **Formas para fazer paredes de concreto.** Disponível em: <<http://www.metromodular.com.br/formas-fazer-paredes-concreto>>. Acesso em: mai 2019.

Para escolher o tipo de forma a ser empregado, deve-se verificar a produtividade do sistema escolhido diante das características do empreendimento. Segundo Nakamura (2014), essa análise deve considerar a tipologia da edificação, ou seja, se é uma obra térrea, sobrado ou prédio, a quantidade de unidades, a disposição do canteiro e a disponibilidade de equipamentos para auxiliarem a montagem das formas. Diante dessa análise, deve-se verificar qual o tipo de forma a ser adotado considerando os seguintes fatores: peso dos painéis modulares, produtividade média (homem hora por metro quadrado), solução para oitões, durabilidade e reutilização, modulação vertical e horizontal, grau de adaptabilidade do sistema e opções de comercialização (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2008). A comparação entre os sistemas de cofragem pode ser verificada no Quadro 1.

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens entre os sistemas de cofragem.

| Tipologia | Vantagens | Desvantagens |
|--|--|---|
| Formas de alumínio | <ul style="list-style-type: none"> • Leves • Ótimo acabamento • Alta durabilidade • Boa estanqueidade | <ul style="list-style-type: none"> • Alto custo para aquisição |
| Formas Plásticas | <ul style="list-style-type: none"> • Mais leves que as formas de alumínio • Possibilidade de modelação • Disponibilidade para locação | <ul style="list-style-type: none"> • Menor durabilidade • Acabamento de menor qualidade • Poucos fornecedores |
| Formas Metálicas com compensado | <ul style="list-style-type: none"> • Grande disponibilidade no mercado • Bom acabamento superficial | <ul style="list-style-type: none"> • Menor durabilidade • Painéis mais pesados • Troca frequente de chapas de compensado |

Fonte: NAKAMURA (2014).

Além de considerar os fatores para escolha do tipo de forma citados, devem-se relacioná-los com os custos do conjunto de formas e decidir a tipologia a ser adotada. Para exemplificar a ordem de grandeza desses custos, em um estudo comparativo realizado por

Santos (2013) utilizou-se conjunto de formas metálicas para habitações térreas de 40,79 m². Esse empreendimento contou com 460 unidade habitacionais padronizadas, na qual foram adquiridos 3 conjuntos de formas, com cada um custando em torno de R\$165.000.

c) Armações

De acordo com Comunidade da Construção (2008), a armação utilizada no sistema de parede de concreto moldada *in loco* deve atender 3 requisitos básicos, a saber: resistir esforços de flexo-torção, controlar a retração do concreto e servir de suporte de fixação estruturação das instalações elétricas e hidráulicas. Dentre as tipologias das armaduras utilizadas nesse sistema estão: telas soldadas, barras e treliças de aço. Um exemplo da aplicação de barras associadas a telas soldadas pode ser verificado na Figura 14.



Figura 14 – Utilização da tela soldada para estruturação das paredes e barras de aço para reforço das aberturas.
Fonte: Autor (2019).

Segundo a NBR 16055 (ABNT, 2012), a seção horizontal da parede de concreto pode conter uma ou duas telas soldadas. Para casos em que a parede de concreto apresente apenas uma tela soldada disposta longitudinalmente, esta deverá ser locada próximo ao centro geométrico da seção. O uso da tela soldada para as duas faces da parede deverá ocorrer nas seguintes situações: quando a espessura da parede for superior a 15 cm, em paredes térreas de

edificações que podem estar sujeitas a colisões de veículos e paredes que engastam marquises ou terraços em balanços.

A NBR 16055 (ABNT, 2012) também afirma que é obrigatório realizar o reforço com armaduras horizontais, nas partes superior e inferior de aberturas com vãos iguais ou superiores a 40 centímetros (cm), para que assim se comporte semelhante a verga e contra-verga do sistema convencional, evitando-se trincas nesses locais.

De acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2012), toda a armadura utilizada deve: obedecer às especificações de projeto e toda alteração só pode ser realizada após aprovação do projetista, ser identificadas para evitar trocas involuntárias, ser estocadas sem contato direto com o solo. A norma ainda menciona que o processo de ancoragem dos componentes da armadura por aderência ou por meio de dispositivos mecânicos devem obedecer ao estabelecido em projeto.

2.2.2 Processo Executivo

a) Serviços preliminares

Antes de iniciar as particularidades do sistema de parede de concreto moldada *in loco*, devem ser realizados os serviços de limpeza do terreno, terraplenagem, e posteriormente executar a fundação da edificação. De acordo com a Comunidade da Construção (2008), não há restrição quanto ao tipo de fundação a ser adotado e a sua escolha depende das condições locais do terreno do empreendimento, em especial a resistência mecânica do solo. Após definir o sistema de fundação, deve-se atentar para as instalações hidráulicas embutidas, o nivelamento da fundação, pois isso irá influenciar na montagem das formas, e para casos em que a fundação escolhida for do tipo radier, recomenda-se o aumento do mesmo para permitir que os painéis externos se apoiem e fiquem no mesmo nível dos painéis internos, conforme Figura 15.

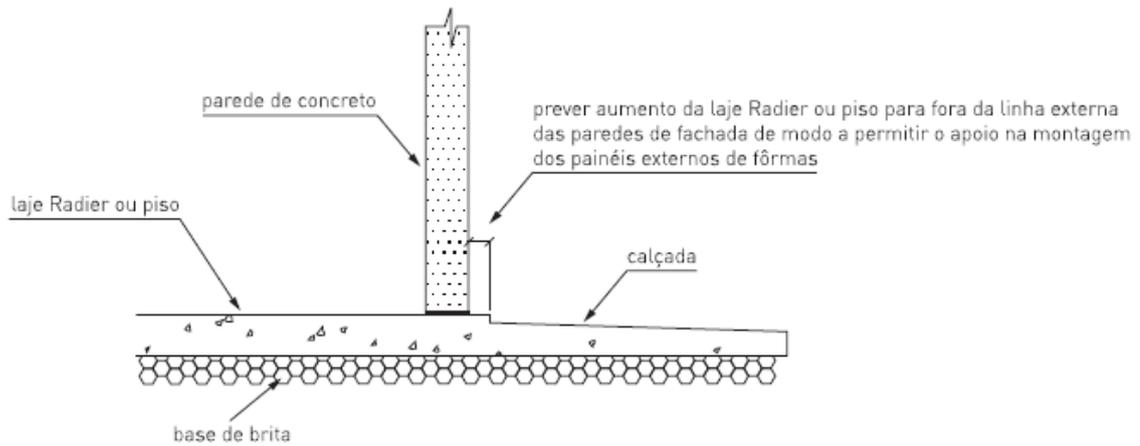


Figura 15 – Recomendação para aumento da laje radier.
 Fonte: Comunidade da Construção (2008).

Para as tipologias mais usuais, a Comunidade da Construção (2008) recomenda algumas observações:

- Para fundações diretas deve-se tomar precauções para evitar que a umidade existente no nível do solo migre para dentro da edificação ou paredes;
- Para fundações em laje tipo radier deve-se realizar a cura úmida do concreto por um período mínimo de 7 dias;
- A concretagem das fundações tipo radier (ou de pisos) deve ser feita de forma convencional, diretamente do caminhão betoneira, sobre uma lona plástica que cobre uma camada nivelada de brita 1 com espessura mínima de 3 cm.

b) Montagem das armações

Após o nivelamento da base, faz-se a marcação no eixo das paredes com arranques de aço fixados no contrapiso, viga baldrame ou laje, para delimitar o posicionamento do local onde serão locadas as telas soldadas e posteriormente, executa-se a marcação das faces externas e, caso necessário, utilizar espaçador para auxiliar no correto posicionamento da forma, conforme **Figura 16**. (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2008),



Figura 16 – Marcação para posicionamento das telas soldadas e formas.
Fonte: Realiza (2019).

Segundo a Comunidade da Construção (2008), após a marcação do posicionamento das paredes, segue a montagem das telas soldadas (armadura principal) das paredes e posteriormente faz-se os reforços nas áreas de abertura e cintas de amarração, conforme Figura 17.



Figura 17 – Montagem das telas soldadas e barras de reforço.
Fonte: Realiza (2019).

Após montagem das armações deve-se fixar os espaçadores plásticos em quantidade suficientes nas telas para garantir o cobrimento da ferragem pelo concreto e o posicionamento da armadura em relação as formas, conforme Figura 18.

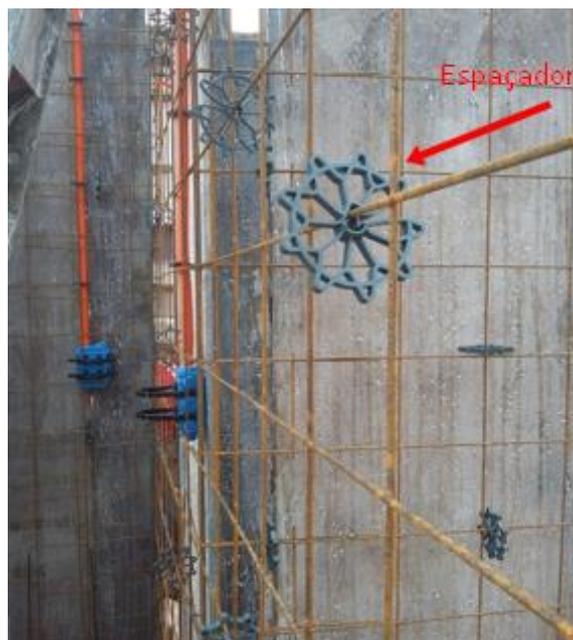


Figura 18 – Espaçador plástico fixado em tela soldada.
Fonte: Realiza (2019).

FORSA (2019) menciona que nas edificações com laje, após terminada a montagem das formas das paredes, deve-se instalar as formas da laje para posteriormente fazer a armação da laje.

c) Fixação das instalações

Como o sistema de parede de concreto moldada *in loco* já possui, simultaneamente, funções estruturais e de vedação, a passagem das instalações deve ocorrer antes da concretagem para não ter necessidade de, após a desforma, quebrar e prejudicar a estrutura.

Após estruturação das telas, realiza-se a fixação das instalações elétricas e hidráulicas que serão embutidas, conforme **Figura 19**, de maneira que o espaçamento entre as amarrações seja suficiente para evitar o deslocamento dessas durante a concretagem.



Figura 19 – Instalações hidráulicas e elétricas fixadas nas armações.
Fonte: ITA AÇU³.

A decisão quanto ao embutimento ou não das instalações nas paredes deve ser do projetista estrutural, de forma a não comprometer o sistema construtivo. Além disso, tal decisão deve considerar as exigências de manutenibilidade das instalações hidrossanitárias e elétricas ao longo da vida útil da edificação e respeitar as recomendações da norma. Segundo a NBR 16055 (ABNT, 2012), as instalações dispostas na vertical só podem ser embutidas caso obedeçam, simultaneamente, as seguintes condições:

- Diferença de temperatura entre o concreto e a tubulação não ultrapassar 15°C;
- Pressão interna na tubulação for menor que 0,3 MPa;
- Diâmetro máximo da tubulação for de 50 milímetros (mm);
- Diâmetro da tubulação não ultrapassar 50% da espessura da parede, sobrando espaço suficiente para cobertura adotado e armadura de reforço, sendo admitidas tubulações com diâmetro até 66% da espessura da parede e com cobrimentos mínimos, desde que existam telas dos dois lados da tubulação com comprimento mínimo de 50 cm para cada lado;

³ ITA AÇU. Sistema Construtivo Parede de Concreto. Disponível em: <<https://sites.google.com/a/todoimoveis.com/www-todonatal-com/sistema-construtivo-parede-de-concreto>>. Acesso em: Jun 2019.

- Tubulações metálicas sem contato com as armaduras para se evitar corrosão galvânica.

A NBR 16055 (ABNT, 2012) também afirma que tubulações horizontais não podem ser embutidas nas paredes, exceto em trechos considerados não estruturais, cujo comprimento seja de até um terço do comprimento da parede, não ultrapassando 1 metro de extensão. A norma ainda afirma que “em hipótese nenhuma são permitidas tubulações, verticais ou horizontais, nos encontros de paredes” (NBR 16055, ABNT, 2012).

d) Montagem das formas

A realização da montagem das formas deve ocorrer conforme projeto, sendo importante numerar os painéis para facilitar a identificação nas etapas de montagem e desmontagem. Antes de iniciar a montagem, deve-se aplicar o desmoldante adequado para o tipo de forma utilizado, conforme exemplificado na **Figura 20**.



Figura 20 -.Aplicação de desmoldante nas formas metálicas
Fonte: Realiza (2019).

Segundo a Comunidade da Construção (2008), pode-se realizar a montagem conjunta dos painéis internos e externos das paredes ou montar primeiro os painéis internos e posteriormente os externos. No primeiro caso, todas as armaduras e instalações são previamente montadas e posteriormente executa-se a montagem das esquadrias e dos painéis, já no segundo

caso, instala-se apenas um lado da forma e posteriormente faz a montagem das armaduras, reforços, instalações, esquadrias e por último, fecha-se o outro lado da forma. Em ambas metodologias de montagem, deve-se atentar quanto ao travamento adequado para os tipos variados de forma, posicionamento das escoras prumadoras e também para o nivelamento e alinhamento dos painéis.

Após montagem dos painéis das paredes, faz-se a montagem das formas da laje com o posicionamento das escoras definidos em projeto, conforme exemplificado na **Figura 21**.



Figura 21 – Montagem das formas da laje com auxílio de escoras.
Fonte: FORSA (2019).

De acordo com a Comunidade da Construção (2008), após finalizar a montagem das formas da laje, deve-se realizar a verificação do nivelamento da mesma antes de proceder com a concretagem.

e) Concretagem

A concretagem e todas as ações anteriores são fundamentais para que a estrutura executada esteja de acordo com o projeto estrutural, garantindo sua durabilidade e qualidade. Segundo a Comunidade da Construção (2008), uma das produções de concreto mais eficientes ocorre a partir de dosagens em centrais e fornecimento ao canteiro através de caminhões

betoneira. Essas condições possibilita um melhor controle de qualidade de agregados, medidas em peso, precisão de volumes e além disso, a concreteira se responsabiliza pelo desempenho do concreto recebido.

De acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2012), o transporte do concreto do local de dosagem até o local da concretagem deve ocorrer em tempo compatível com o lançamento do concreto, sendo este contabilizado após a primeira adição de água da mistura. Esse tempo é limitado em 90 minutos para a entrega do concreto e 150 minutos para sua aplicação, a partir da primeira adição de água. De acordo com Comunidade da Construção (2008), para o caso do concreto autoadensável (Tipo N), a aplicação deve ocorrer em, no máximo, 40 minutos após a colocação do aditivo superplastificante e, para o concreto celular (Tipo L1), deve-se aplicá-lo em até 30 minutos após concluído o processo de mistura da espuma.

Para a realização do controle tecnológico, a NBR 16055 (ABNT, 2012) recomenda que, antes de iniciar a descarga do concreto, deve-se conferir a nota fiscal de entrega para confirmar se o concreto atende as exigências do que foi solicitado e checar o lacre da bica de descarga do caminhão betoneira. A norma também recomenda não realizar o lançamento do concreto antes de: moldar os corpos de prova para posteriormente conferir a resistência do concreto, conferir a dimensão máxima do agregado graúdo, checar se o concreto possui a trabalhabilidade especificada, checar se o concreto ultrapassou os limites de abatimento a partir do *Slump Test* (**Figura 22**) e, no caso de adição de superplastificantes, verificar os limites de espalhamento a partir do *Slump Flow*, conforme Figura 23.



Figura 22 – Exemplificação do teste de abatimento do tronco de cone (*Slump test*).

Fonte: AMPLUS CONSTRUTORA⁴.

⁴ AMPLUS CONSTRUTORA. **Importância dos testes de *Slump* e resistência do concreto.** Disponível em: <<https://www.amplusconstrutora.com.br/blog/importancia-dos-testes-de-slump-e-resistencia-do-concreto/>>. Acesso em: Jun 2019.



Figura 23 - Exemplificação do teste de espalhamento (*Slump Flow*).
Fonte: TÉCHNE PINI⁵.

De acordo com a Comunidade da Construção (2008), o concreto deve ser lançado o mais próximo possível da sua posição final, sendo preferível iniciar pelos cantos da edificação. No caso de edificações térreas, recomenda-se seguir o plano de concretagem exemplificado na **Figura 24**.

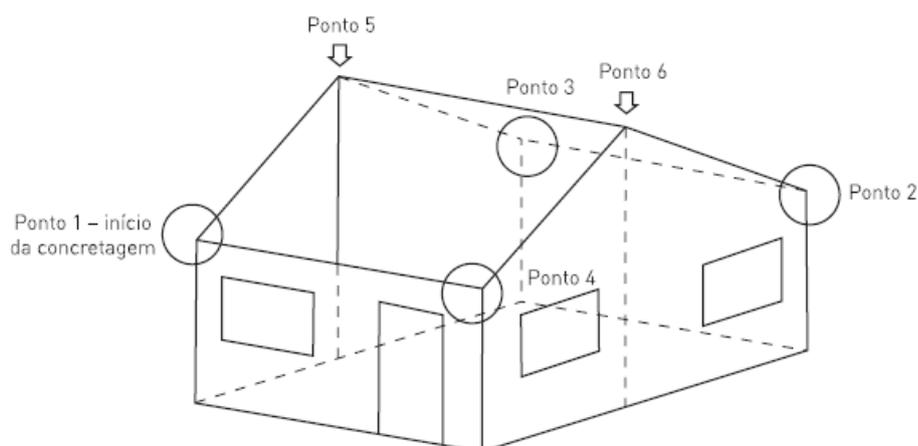


Figura 24 – Exemplo de plano de concretagem para edificações térreas.
Fonte: Comunidade da Construção (2008).

Durante o lançamento e imediatamente depois, deve-se realizar o adensamento manual ou mecânico (vibradores) com cuidado, para evitar o contato com as armaduras e o deslocamento das instalações embutidas da forma, garantindo que o concreto preencha todos os espaços e não prejudique a aderência das armaduras.

⁵ TÉCHNE PINI. **Controle, recebimento e aplicação de concreto autoadensável em canteiro de obras**, n. 193, 2013. Disponível em < <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/193/artigo287003-3.aspx>>. Acesso em: Jun 2019.

f) Desforma e limpeza

A desforma deve ocorrer somente após o concreto atingir uma resistência mínima definida em projeto e, para essa verificação, geralmente faz-se o rompimento do corpo de prova moldado antes do lançamento, 12 horas após a concretagem. De acordo com a Comunidade da Construção (2008), a retirada das formas deve ser cuidadosa, evitando-se choques e preservando a vida útil das formas. Após sua retirada, deve-se realizar a limpeza e posteriormente aplicar o desmoldante para não comprometer a aderência ao revestimento final, no caso de utilização sem limpeza, e garantir um maior número de reutilizações.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Áreas de estudo

Os locais escolhidos para a realização do trabalho foram duas obras residenciais que utilizam o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* (estudo de caso 1 e 2), executadas pela mesma empresa, e uma obra residencial térrea que utiliza o sistema de vedação convencional.

A primeira obra, estudo de caso 1, é um conjunto habitacional verticalizado composto por 5 torres de 8 pavimentos e uma torre de 9 pavimentos. O empreendimento está localizado no município de Anápolis-GO e possui área construída de 24.572,03 m², sendo 8 apartamentos de 52 m² em cada pavimento, totalizando 392 unidades. A segunda obra, estudo de caso 2, é um conjunto habitacional térreo, com 246 unidades, sendo 166 casas de 2 quartos com área de 51,60 m² e 80 casas de 3 quartos de 62,55 m², não geminadas em um bairro planejado localizado no município de Rio Verde – GO. A terceira obra, estudo de caso 3, é uma residência térrea de 2 quartos com 61,92 m², localizada no município de Rio Verde – GO.

3.2 Métodos

Para a realização deste trabalho foi feito um levantamento bibliográfico em conjunto com 3 estudos de caso, sendo dois em obras que utilizam o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* (estudo de caso 1 e 2) e um em obra que utiliza o sistema de vedação convencional (estudo de caso 3).

O estudo de caso 1 foi realizado para esclarecer as particularidades da aplicação do sistema de paredes de concreto em obras prediais, enquanto que os estudos de caso 2 e 3 foram feitos para realizar a comparação de custos entre os sistemas. Essa análise comparativa foi realizada para essas obras (estudo de caso 2 e 3), pois ambas são obras de baixo padrão, com áreas construídas semelhantes e estão localizadas no mesmo município (Rio Verde – GO), sendo assim os serviços e materiais orçados não teriam tanta variação de preço.

Para a análise orçamentária utilizou-se planilhas (Anexos 1 e 2) e projetos (Anexos 3 e 4), fornecidos pelos engenheiros executantes das obras dos estudos de caso 2 (parede de concreto) e 3 (vedação convencional) e, com auxílio dos softwares AutoCAD e Excel, foram feitas as análises comparativas entre os sistemas, vedação convencional e paredes de concreto moldadas *in loco*. Ambas planilhas orçamentárias foram feitas com base em composições executivas de cada empresa e custos regionais de insumos e mão de obra obtidos no município de Rio Verde – GO.

Para utilizar o orçamento da obra do estudo de caso 2, considerou-se apenas os custos das UH de 2 quartos, sendo assim, foram desconsiderados todos os custos provenientes dos serviços de infraestrutura do bairro e das UH de 3 quartos.

Como ambas as obras já possuem acabamentos particulares e já definidos em projeto e memoriais, para uma análise mais realista, foram considerados apenas os custos referentes à serviços compatíveis entre os sistemas, sendo esses: infraestrutura, supraestrutura, paredes e painéis, revestimentos argamassados (reboco), contrapisos, forros, instalações elétricas e hidráulicas.

O comparativo entre os sistemas foi realizado considerando os custos dos serviços por metro quadro de área construída, sendo assim foi necessário fazer a correção dos custos e de unidades de serviços utilizando a Equação (1).

$$\text{Custo do serviço (R\$/m}^2\text{)} = \frac{\text{Custo total do serviço (R\)}}{n^{\circ} \text{ de unidades} \times \text{área da unidade (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

Ao relacionar os custos dos serviços e a área construída, foi possível realizar as análises comparativas entre os sistemas. Todo o processo descrito para realização desse trabalho pode ser resumido pelo fluxograma apresentado na Figura 25.

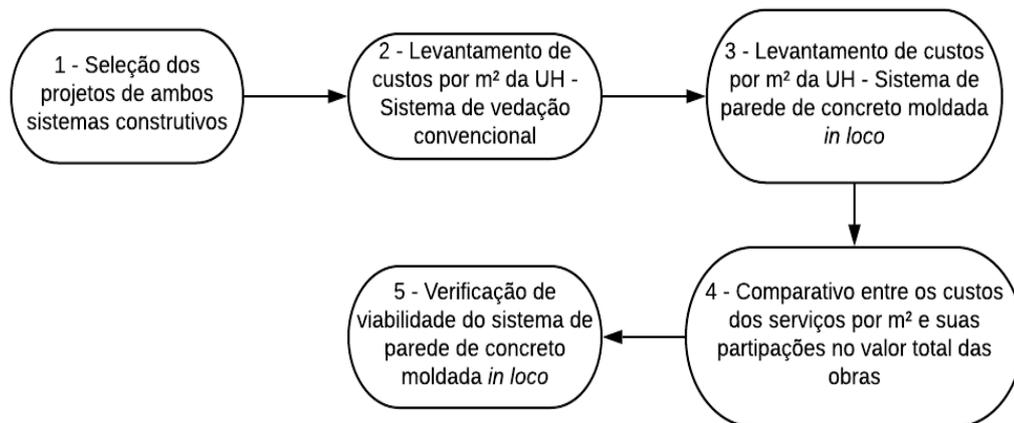


Figura 25 – Fluxograma metodológico.

Fonte: Autor (2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa etapa serão apresentadas as particularidades do sistema executivo de cada obra dos estudos de casos, diferenciando-as do padrão geral exposto na revisão literária, e a comparação entre os custos dos sistemas de vedação convencional e parede de concreto moldada *in loco*.

4.1 Estudo de Caso 1

A fundação de todas as torres foi do tipo estaca hélice contínua, que segundo a NBR 6122 (ABNT, 2010) é uma fundação profunda, na qual ocorre a inserção, mediante rotação, do trado helicoidal contínuo no terreno e injeção do concreto pela própria haste central do trado e, posteriormente, insere-se a armação. Sobre as estacas, associou-se a viga baldrame e, em seu eixo, foram inseridos os arranques para auxiliar a amarração e o posicionamento das telas soldadas, conforme **Figura 26**.



Figura 26 –Viga baldrame apoiada em estacas hélices contínua.
Fonte: Autor (2019).

Para se evitar confusões, desperdícios de material, economizar tempo e facilitar a execução, as instalações elétricas foram previamente montadas e separadas por circuito, conforme exposto na **Figura 27**.



Figura 27 – Instalações elétricas numeradas e fixadas nas telas.
Fonte: Autor (2019).

As formas utilizadas para moldar as paredes e lajes foram metálicas, conforme **Figura 28**, sendo sua montagem realizada após aplicação de desmoldante com base em óleo vegetal.



Figura 28 - Montagem das formas metálicas
Fonte: Autor (2019).

O sistema de travamento dos painéis foi realizado com o conjunto metálico de pinos e cunhas associado às faquetas metálicas e suas camisas protetivas (**Figura 29**), sendo que esta última possibilita evitar o contato direto entre o concreto e o sistema de travamento. Ademais após concretagem, facilita a retirada da faqueta na desforma, permitindo seu reaproveitamento.

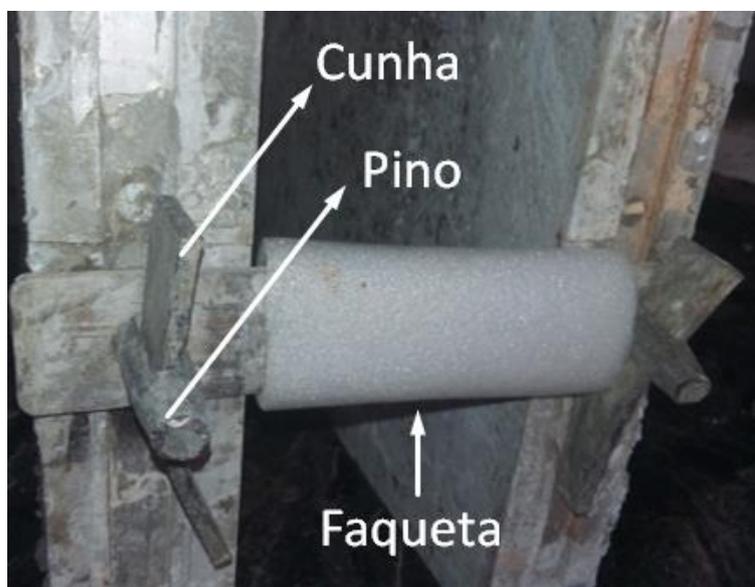


Figura 29 - Componentes do sistema de travamento de forma metálica.
Fonte: Autor (2019).

A resistência característica exigida do concreto varia de acordo com o pavimento em que se realizou a concretagem, sendo que no térreo e 1º pavimento foi de 35 MPa, 30 MPa no 2º pavimento e 25 MPa nos demais pavimentos. Todo concreto utilizado nas paredes e lajes

foram fornecidos e dosados por central de concretagem e, ao chegar no local da obra, realizava-se o *Slump Test*. Posteriormente, adicionava-se o superplastificante para tornar o concreto autoadensável e depois procedia com *Slump Flow* e moldagem dos corpos de prova.

A liberação do concreto só ocorria caso o abatimento fosse de 12 cm e o espalhamento de 65 cm, sendo ambos aceitáveis caso a variação estivesse entre mais ou menos 2 cm.

Geralmente, eram necessários 2 dias para a concretagem de cada pavimento, que ocorria no final da tarde. Usualmente, a desforma ocorria cerca de 12 horas após a concretagem mediante liberação do laboratorista. Essa liberação só ocorria caso atingisse a resistência de 1 MPa para as paredes e 3 MPa para a laje, conforme recomendações do projetista estrutural.

No ato da concretagem da laje, eram inseridos isopores em locais de descidas de prumadas e, nos locais de assentamento do vaso sanitário e caixas sifonadas, deixavam as passagens das tubulações verticais para evitar quebrar o concreto após desforma, conforme Figura 30.



Figura 30 - Componentes do sistema de travamento de forma metálica.
Fonte: Autor (2019).

As instalações hidráulicas de água fria e esgoto de todos os apartamentos e de seus acessos não foram embutidas nas paredes devido ao diâmetro das tubulações, disposições e

dificuldade de realizar manutenção. Diante disso, optou-se por embuti-las utilizando placas de gesso acartonado, conforme **Figura 31**.



Figura 31- Embutimento das instalações hidráulicas da área de serviço.
Fonte: Autor (2019).

As placas de gesso ST ou *Standard* foram aplicadas em forros e paredes que não tinham contato direto com a umidade, enquanto as paredes que tinham o contato direto com a umidade receberam placas de gesso RU (Resistente à umidade).

4.2 Estudo de Caso 2

A fundação realizada para todas as unidades habitacionais foi o radier, que é uma fundação superficial responsável por absorver as cargas da edificação e, através de sua base, transmiti-las diretamente para o solo. Inicialmente, para sua execução, fez-se o platô, que consiste na regularização e compactação do terreno, e, na região dos banheiros, realizou-se o embutimento das tubulações de esgoto, conforme **Figura 32**.



Figura 32 – Passagem das tubulações de esgoto embutidas no radier .
Fonte: Autor (2019).

Para o nivelamento fino utilizou-se pó de brita e depois se aplicou uma lona plástica para auxiliar na impermeabilização e evitar que a nata do concreto seja absorvida pelo pó, posteriormente, colocou-se a forma metálica, para limitar o espalhamento do concreto e a espessura da laje, e realizou-se a armação do radier com telas soldadas, conforme **Figura 33**



Figura 33 – Radier antes da concretagem.
Fonte: Autor (2019).

Os sistemas de formas e travamento entre painéis foram metálicos e semelhantes ao sistema utilizado na obra do estudo de caso 1, porém, com particularidades de edificações térreas, como o oitão exemplificado na **Figura 34**.



Figura 34 – Montagem dos painéis metálicos do sistema de formas.
Fonte: Autor (2019).

Após retirada das faquetas, realizou-se o preenchimento do rasgo com argamassa (estucamento), conforme exemplificado na **Figura 35**.



Figura 35 – Tratamento de fachada com argamassa.
Fonte: Autor (2019).

Devido às tubulações das instalações serem de pequeno diâmetro, essas foram embutidas nas paredes, conforme **Figura 36**.



Figura 36 –Instalações fixadas nas telas soldadas.
Fonte: Autor (2019).

O concreto utilizado nas unidades habitacionais é de 20 MPa e foi fornecido por central de concretagem. Após o caminhão de concreto chegar na obra, foram adicionados superplastificante e fibras de polipropileno para tornar o concreto autoadensável e diminuir os seus efeitos de retração, respectivamente.

Por se tratar da mesma empresa do estudo de caso 1, os procedimentos de concretagem e controle tecnológico eram padronizados, seguindo o mesmo processo executivo descrito no primeiro estudo.

4.3 Estudo de Caso 3

O sistema de fundação executado foi de estacas tipo broca, em concreto armado e moldadas no local, associadas à blocos de coroamento. Acima dos blocos fez-se a viga baldrame que, posteriormente, foi impermeabilizada e serviu de apoio para o assentamento da alvenaria em tijolo cerâmico.

A alvenaria de vedação foi executada de meia vez com blocos cerâmicos, ou seja, com o tijolo em pé, e para o assentamento utilizou-se argamassa mista de areia, cimento e aditivo ligante.

Toda supraestrutura foi executada em concreto armado, sendo o concreto feito na própria obra com auxílio de betoneira, exceto o concreto da laje, que foi usinado de 20 MPa com fornecimento realizado por central de concreto.

A laje da residência foi do tipo treliçada com preenchimento em isopor, sendo a capa de concreto de 5 cm e todas instalações elétricas previamente embutidas na laje. Já as instalações elétricas e hidráulicas das paredes, foram embutidas por rasgos na alvenaria.

4.4 Análises Comparativas

Durante as análises do orçamento do estudo de caso 2 (parede de concreto), verificou-se incompatibilidade entre o sistema de formas usado na execução das UH de 2 quartos com o sistema orçado. O orçamento contemplou o uso de formas plásticas locadas, entretanto, ao iniciar a execução das 80 UH de 3 quartos com as formas, verificou-se que era inviável economicamente, custear os painéis quebrados devido ao descuido e desqualificação da mão de obra. Diante desse problema, a administração fez um estudo de viabilidade econômica e técnica que concluiu que os custos para a aquisição das formas metálicas eram próximos dos custos da locação das formas plásticas, sendo assim optou-se pela aquisição das formas metálicas para a execução das 166 UH de 2 quartos devido à maior durabilidade e possibilidade de posterior uso em outras obras da empresa.

Após os ajustes nos orçamentos para considerar apenas os serviços compatíveis, resumiu-se, na Tabela 4, os custos de cada etapa por área e suas participações em porcentagens diante do custo total da obra de cada sistema.

Tabela 4 – Resumo dos custos e participações das etapas por m² dos sistemas.

| Etapa da obra | Vedação convencional | | Parede de concreto moldada in loco | | Diferença de custos entre os sistemas | Economia entre os sistemas (%) |
|---|----------------------|-------------|------------------------------------|-------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| | Custo/m ² | % | Custo/m ² | % | | |
| 1 - Infraestrutura | R\$59,33 | 11,57% | R\$52,04 | 13,18% | R\$ 7,29 | 12,29% |
| 2 - Supraestrutura | R\$125,26 | 24,43% | R\$0,00 | 0,00% | R\$ 125,26 | 100,00% |
| 3 - Paredes e Painéis | R\$110,00 | 21,45% | R\$229,88 | 58,21% | R\$ 119,88 | 52,15% |
| 4 - Revestimentos Argamassado | R\$99,52 | 19,41% | R\$20,97 | 5,31% | R\$ 78,55 | 78,93% |
| 5 - Forros | R\$7,49 | 1,46% | R\$1,44 | 0,36% | R\$ 6,05 | 80,77% |
| 6 - Contrapisos | R\$16,55 | 3,23% | R\$2,23 | 0,56% | R\$ 14,32 | 86,53% |
| 7 - Instalações Elétricas e Telefônicas | R\$36,63 | 7,14% | R\$48,88 | 12,38% | R\$ 12,25 | 25,06% |
| 8 - Instalações Hidráulicas | R\$57,94 | 11,30% | R\$39,47 | 9,99% | R\$ 18,47 | 31,88% |
| Total | R\$512,72 | 100% | R\$394,91 | 100% | R\$ 117,81 | 22,98% |

Fonte: Autor (2019).

A Figura 37 apresenta o comparativo dos custos por área de cada etapa da obra dos sistemas de vedações convencional e paredes de concreto moldadas *in loco*.

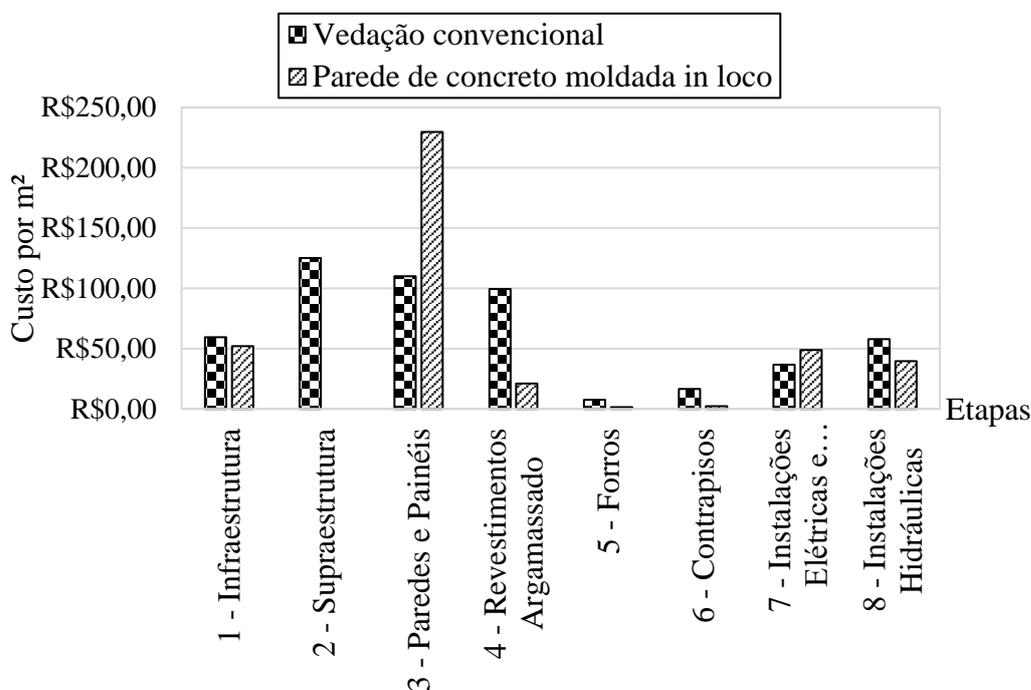


Figura 37 – Custo (R\$) por m² x Etapas.

Fonte: Autor (2019).

A partir desse gráfico, verifica-se que, entre os sistemas de vedação, convencional e paredes de concreto moldadas *in loco*, há grande variação nos custos de etapas iguais, sendo mais evidentes as etapas 2 (supraestrutura), 3 (paredes e painéis), 4 (revestimentos argamassados) e 6 (contrapisos). Ao analisar a etapa 2, verifica-se que o sistema de parede de concreto não apresenta custos, sendo assim, para esta etapa, o sistema convencional apresentou custo maior comparado ao sistema de parede de concreto. No entanto, para etapa 3, verifica-se que o sistema convencional apresenta menor custo para execução das paredes comparado ao sistema de parede de concreto moldada *in loco*. Isso ocorre devido a parede de concreto apresentar tanto a função estrutural, quanto a de vedação dos ambientes, sendo assim, é necessário considerar os custos das etapas 2 e 3 do sistema convencional para equivaler ao custo da etapa 3 do sistema de parede de concreto. Realizando isso verifica-se que, para o sistema de parede de concreto, o custo do m² dessas etapas é cerca de 2,3% inferior que o custo dessas para o sistema convencional

Outra etapa que gera economia do sistema de parede de concreto moldadas *in loco* em relação ao convencional é o serviço de revestimento argamassado. Isso ocorre devido ao bom acabamento das paredes de concreto, que dispensam o chapisco e o reboco, e recebem apenas o tratamento com argamassa nos rasgos das faquetas do sistema de travamento das formas. Para essa etapa, a economia do sistema de parede de concreto chegou a, aproximadamente, 79% comparado ao custo do m² dessa etapa do sistema convencional.

A outra diferença de custo relevante, é a etapa de pisos. Verifica-se que a quantia gasta para realização do piso no sistema de parede de concreto foi bem menor comparado ao sistema convencional, totalizando uma economia de cerca de 86%. Justifica-se isso pela fundação escolhida na obra do estudo de caso 2, que foi o radier e, para deixá-lo apto a receber o revestimento cerâmico, foi necessário fazer apenas a regularização, enquanto que no sistema convencional, foi feito o contrapiso.

A Figura 38 apresenta o comparativo dos custos do m² das etapas dos sistemas de vedações convencional e paredes de concreto moldadas *in loco* perante o custo da área total de cada obra (estudo de caso 2 e 3).

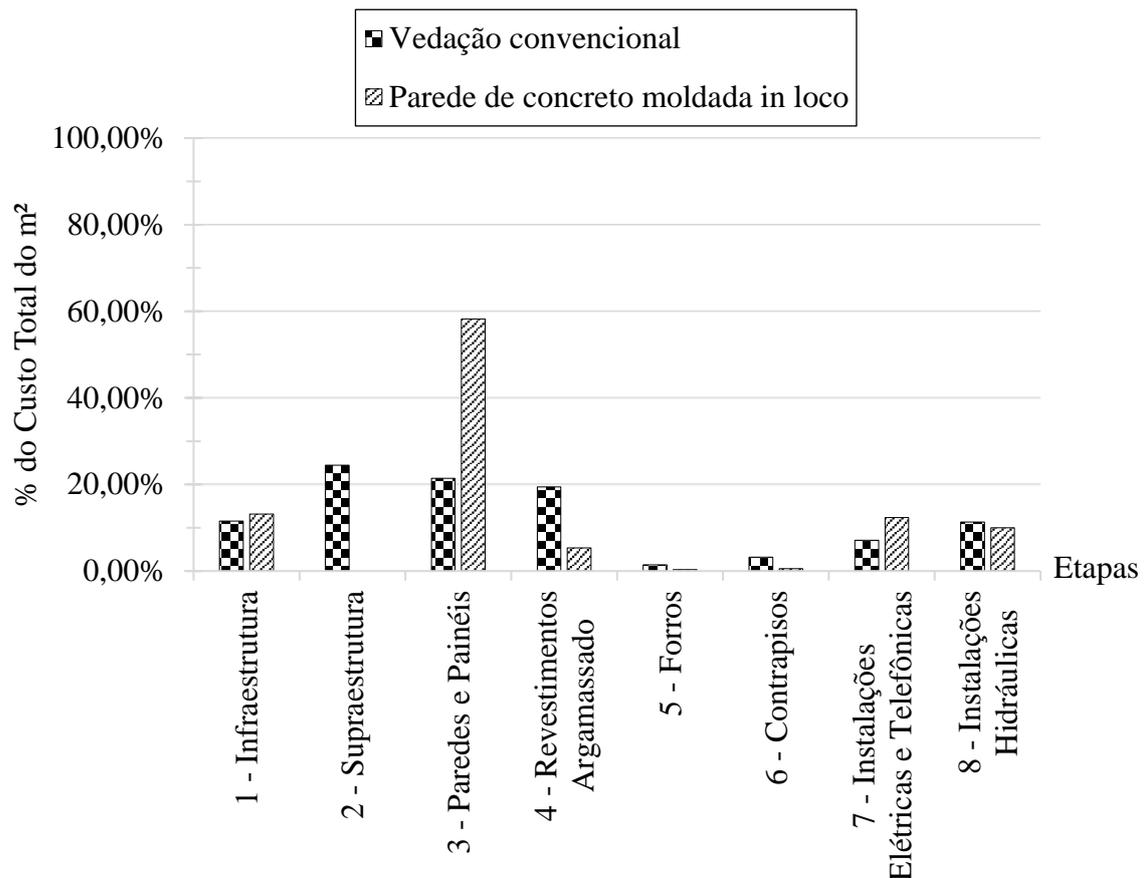


Figura 38– Porcentagem (%) do custo total do m² x Etapas.
 Fonte: Autor (2019).

Analisando o Figura 38, verifica-se que as participações das etapas do sistema convencional, no custo total do m², tem menor variação comparadas ao sistema de parede de concreto. Essa variação torna-se representativa na etapa 3 do sistema de parede de concreto, que representa, cerca de 58% do custo total do m² desse sistema. Isso ocorre devido ao alto custo do concreto autoadensável, do alto volume de concreto exigido nas paredes e lajes e também devido ao gasto com o sistema de formas.

Diante das análises apresentadas, visualiza-se que, para uma mesma metragem quadrada, a utilização do sistema de parede de concreto é cerca de 23% mais econômico que o sistema convencional, entretanto isso não garante a viabilidade da sua aplicação para pequena área construída. Geralmente, para aquisição ou locação das formas necessita-se de alto investimento, exemplo disso é o orçamento do estudo de caso 2, onde o custo total de locação de 2 kits de formas plásticas para as UH de 2 quartos totalizou investimento de R\$162.000,00, se assemelhando ao custo de R\$165.000,00 obtido por estudo realizado por Santos (2013), exposto na revisão de literatura (item Formas). Ambos são altos custos, entretanto ao compará-

los com a quantidade de unidades executadas, 166 UH para o estudo de caso 2 e 420 UH para o estudo de Santos (2013), verifica-se que o sistema de parede de concreto moldada *in loco* torna-se cada vez mais viável para casos em que há grandes quantidades de unidades padronizadas, para que haja o máximo reaproveitamento do sistema de formas e seu custo seja diluído na metragem quadrada das obras.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para suprir o déficit habitacional brasileiro é necessário construir considerável quantidade de unidades habitacionais e, para isso, as empresas têm buscado métodos construtivos alternativos que visam a produtividade, racionalização da construção, prazos menores e custos acessíveis. Com base nisso, tem-se ao aumentado a quantidade de obras que utilizam o sistema de parede de concreto moldada *in loco*.

Com base nas análises apresentadas, conclui-se que, para os estudos de caso realizados, o sistema de parede de concreto apresentou-se mais viável economicamente que o sistema convencional, gerando uma economia de aproximadamente 23% no custo do metro quadrado, no entanto essa economia foi atingida devido à aplicação desse sistema em obras padronizadas e com alto índice de repetição.

Por fim, para decidir quanto a aplicação do sistema de parede de concreto em detrimento do sistema convencional deve-se realizar, inicialmente, um estudo de viabilidade considerando não apenas a metragem de área construída, mas também a quantidade total de unidades, a padronização dessas e o sistema de formas a ser adotado.

Fica como sugestão para trabalhos futuros, o comparativo de custos totais e prazos para execução de um mesmo empreendimento utilizando os sistemas de vedação convencional e parede de concreto moldada *in loco*. Essa indicação é interessante pois possibilitaria a comparação de edificações com acabamentos iguais, sendo assim poderia considerar todas as etapas da obra para participar do custo total, permitindo verificar o sistema mais econômico em tempo e custo diante de uma mesma quantidade de unidades habitacionais e, conseqüentemente, mesma quantidade de área construída.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8545**: Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos. Rio de Janeiro, 1984.

_____. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 16055**: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 16590-1**: Composto polimérico para assentamento de alvenaria de vedação – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 12645**: Execução de paredes de concreto celular espumoso moldadas no local - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 7212**: Execução de concreto dosado em central — Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR NM 67**: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 15823-2**: Concreto autoadensável Parte 2: Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual - Método do cone de. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.

AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura**. São Paulo: Edgard Blücher, 2ª ed, p. 182, 1997.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, **Coletânea de Ativos em Paredes de Concreto (2007/2008)**. 2008. Disponível em <

<https://www.abcp.org.br/cms/download/?search=Parede%20de%20Concreto>>. Acesso em: Mai 2019.

FORSA. **Catálogo forma metálicas**. Disponível em: <

https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/formaplan/catalogo_forma.pdf>. Acesso em: mai 2019.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, FGV, **Análise das necessidades habitacionais: tendências para os próximos dez anos**. 2018. Disponível em

<<https://www.abrainc.org.br/setor/2019/01/28/necessidades-habitacionais-tendencias-para-os-proximos-dez-anos/?hilito=%27analise%27%2C%27das%27%2C%27necessidade%27>>. Acesso em: Abr 2019.

NAKAMURA, **Formas paredes de concreto**. 2014. Disponível em <

<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/202/artigo304347-2.aspx>>. Acesso em: Abr 2019.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. Porto Alegre: Bookman, 5^a ed, p. 888, 2016.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. Porto Alegre: Bookman, 2^a ed, p. 448, 2013.

SACHT, H. M.; ROSSIGNOLO, J. A.; BUENO, C. Cast-in-place concrete walls: thermal comfort evaluation of one-storey housing in São Paulo State. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 4, n. 1, p. 31–48, 2014.

SANTOS, E. B. **Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares**. p. 49, 2013.

7 ANEXOS

Anexo 1 – Planilha Orçamentária da UH de 2 quartos do estudo de caso 2.

| Planilha Orçamentária | | | | | |
|--|--|--------|---------|---------------|---------------|
| Unidades habitacionais de 2 quartos - Sistema de paredes de concreto moldadas <i>in loco</i> | | | | | |
| Obs: Custos dos serviços retirados de orçamento executivo da construtora | | | | | |
| Código | Item | Quant. | Unidade | Total (R\$) | % |
| 1 | INFRAESTRUTURA | | | 52,04 | 13,18% |
| 1.1 | PATAMARIZAÇÃO | | | 5,93 | 1,50% |
| 1.1.1 | EXECUÇÃO DE PLATÔ com reaproveitamento de terra da abertura de rua - (equipamentos locados com operadores, suprimento de combustível pela contratante) | 1,0000 | R\$/m2 | 5,93 | 1,50% |
| 1.2 | FUNDAÇÃO | | | 46,11 | 11,68% |
| 1.2.1 | KIT FÔRMA METÁLICA pré-fabricada para fundação radier | 1,0000 | R\$/m2 | 0,42 | 0,11% |
| 1.2.2 | FUNDAÇÃO TIPO RADIER em concreto usinado 20 MPa, brita 1, usinado | 1,0000 | R\$/m2 | 44,12 | 11,17% |
| 1.2.3 | IMPERMEABILIZAÇÃO de fundação (perímetro das paredes), com cimento polimérico, duas demãos - (mão de obra empreitada) | 1,0000 | R\$/m2 | 1,57 | 0,40% |
| 2 | SUPRAESTRUTURA | | | 0,00 | 0,00% |
| | | | | | 0,00% |
| 3 | PAREDES E PAINES | | | 229,88 | 58,21% |
| 3.1 | LOCAÇÃO FÔRMA PLÁSTICA modulada para paredes e laje | 1,0000 | R\$/m2 | 28,66 | 7,26% |
| 3.2 | PAINEL MOLDADO IN LOCO em metodologia de fôrmas moduladas, com concreto auto adensável, armado com tela, espessura acabada de 10 cm - (mão de obra empreitada) | 1,0000 | R\$/m2 | 199,30 | 50,47% |
| 3.3 | IMPERMEABILIZAÇÃO de parede externas com cimento polimérico, com duas demãos - (mão de obra empreitada) | 1,0000 | R\$/m2 | 1,92 | 0,49% |
| 4 | REVESTIMENTOS | | | 20,97 | 5,31% |
| 4.1 | REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS | | | 20,97 | 5,31% |
| 4.1.1 | GESSO aplicado em parede interna - desempenado - (serviço empreitado) - CASA 2 QUARTOS | 1,0000 | R\$/m2 | 18,19 | 4,61% |
| 4.1.2 | ESTUCAMENTO DE PAREDE DE CONCRETO com argamassa de cimento colante AC III - (mão de obra empreitada) - CASA 2 QUARTOS | 1,0000 | R\$/m2 | 2,78 | 0,70% |
| 5 | FORROS | | | 1,44 | 0,36% |
| 5.1 | FORRO DE GESSO | | | 1,44 | 0,36% |
| 5.1.1 | GESSO aplicado em teto - desempenado - (serviço empreitado) | 1,0000 | R\$/m2 | 1,44 | 0,36% |
| 6 | PISOS | | | 2,23 | 0,56% |
| 6.1 | PISOS DE CONCRETO/ ARGAMASSADOS | | | 2,23 | 0,56% |
| 6.1.1 | REGULARIZAÇÃO SARRAFEADA para revestimento de piso com argamassa de cimento e areia peneirada traço 1:3, e=2 cm - (mão de obra empreitada) | 1,0000 | R\$/m2 | 2,23 | 0,56% |

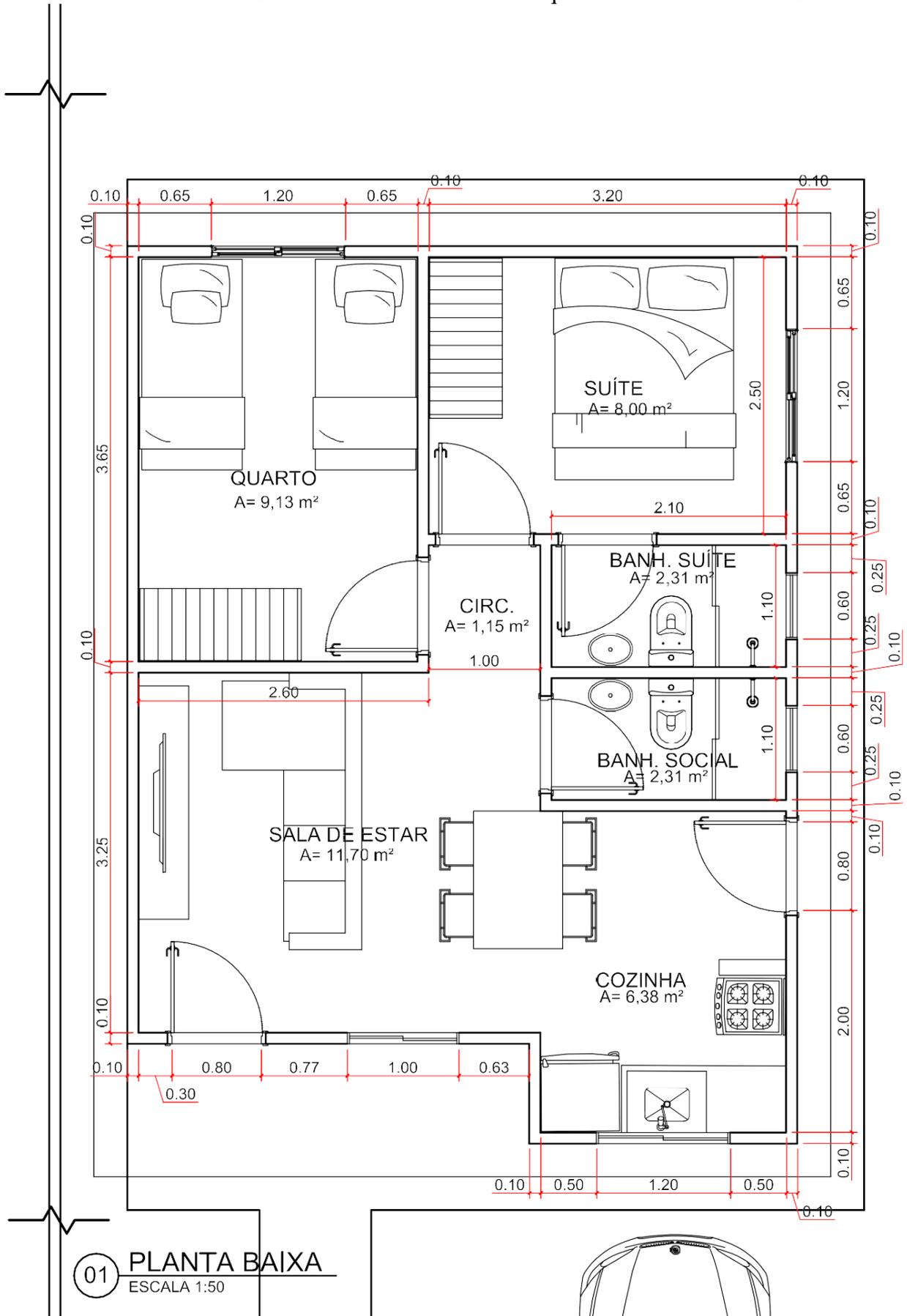
| | | | | | |
|--------------|--|--------|---------------|---------------|----------------|
| 7 | INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E TELEFÔNICAS | | | 48,88 | 12,38% |
| 7.1 | MÃO DE OBRA empreitada para instalações elétricas - (serviço empreitado por etapas de tubulação e caixas, enfição, tomadas e acabamentos / mão de obra de instalação de ramal de entrada está incluso no serviço de poste integrado com quadro de medição) | 1,0000 | R\$/m2 | 4,65 | 1,18% |
| 7.2 | ENTRADA DE ENERGIA em poste galvanizado, com 1 quadro de medição - CONTRA A REDE - (mão de obra empreitada) | 1,0000 | R\$/m2 | 14,32 | 3,63% |
| 7.3 | TUBULAÇÃO para condutores - (somente materiais) | 1,0000 | R\$/m2 | 3,19 | 0,81% |
| 7.4 | CAIXA DE LIGAÇÃO PVC, retangular para instalações elétricas - (somente materiais) | 1,0000 | R\$/m2 | 2,92 | 0,74% |
| 7.5 | QUADRO de distribuição de luz em PVC de embutir - (somente materiais) | 1,0000 | R\$/m2 | 1,79 | 0,45% |
| 7.6 | CONDUTORES: fios, cabos e acessórios - (somente materiais) | 1,0000 | R\$/m2 | 9,02 | 2,28% |
| 7.7 | TOMADA interruptores e acabamento - (somente materiais) | 1,0000 | R\$/m2 | 2,97 | 0,75% |
| 7.8 | DISPOSITIVOS de proteção elétrica: disjuntores, interruptores diferenciais, etc - (somente materiais) - CASA 2 QUARTOS | 1,0000 | R\$/m2 | 7,77 | 1,97% |
| 7.9 | EQUIPAMENTOS e acessórios - (somente materiais) - CASA 2 QUARTOS | 1,0000 | R\$/m2 | 2,24 | 0,57% |
| 8 | INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS | | R\$/m2 | 39,47 | 9,99% |
| 8.1 | RAMAIS EXTERNOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (mão de obra empreitada) | 1,0000 | R\$/m2 | 1,33 | 0,34% |
| 8.2 | MÃO DE OBRA empreitada para instalações hidráulicas - (serviços empreitados por etapas de tubulação, kit barrilete e de metais e acabamentos / mão de obra de esgoto incluso no serviço de radier) | 1,0000 | R\$/m2 | 3,10 | 0,79% |
| 8.3 | TUBULAÇÕES E CONEXÕES de PVC para rede de água fria - (somente materiais) | 1,0000 | R\$/m2 | 2,81 | 0,71% |
| 8.4 | KIT RESERVATÓRIO d'água de polietileno cilíndrico, capacidade 500 litros - (incluso materiais para sua instalação) | 1,0000 | R\$/m2 | 3,21 | 0,81% |
| 8.5 | KIT Acessórios para instalações de água fria: registros, válvulas, torneiras, etc - (somente materiais) | 1,0000 | R\$/m2 | 6,92 | 1,75% |
| 8.6 | FÔRMA METÁLICA pré-fabricada para caixa de passagem | 1,0000 | R\$/m2 | 0,14 | 0,04% |
| 8.7 | HIDRÔMETRO / RAMAL DE ENTRADA de água potável (mão de obra empreitada) | 1,0000 | R\$/m2 | 5,70 | 1,44% |
| 8.8 | CAIXA DE INSPEÇÃO em concreto 15 MPa rodado em obra - (mão de obra empreitada) | 1,0000 | R\$/m2 | 6,22 | 1,58% |
| 8.9 | RAMAIS DE ESGOTO EXTERNO tubulação 100 mm - (mão de obra empreitada) | 1,0000 | R\$/m2 | 3,76 | 0,95% |
| 8.10 | TUBULAÇÕES E CONEXÕES de PVC para rede de esgoto - (somente materiais) | 1,0000 | R\$/m2 | 6,27 | 1,59% |
| Total | | - | - | 394,91 | 100,00% |

Anexo 2 – Planilha Orçamentária da UH de 2 quartos do estudo de caso 3.

| Planilha Orçamentária | | | | | |
|---|--|---------------|----------------|--------------------|---------------|
| Unidade habitacional de 2 quartos - Sistema Convencional | | | | | |
| Obs: Custos dos serviços retirados de orçamento executivo da construtora | | | | | |
| Código | Item | Quant. | Unidade | Total (R\$) | % |
| 1 | INFRAESTRUTURA | | R\$/m2 | 59,33 | 11,57% |
| 1.1 | FUNDAÇÃO | | R\$/m2 | 59,33 | 11,57% |
| 1.1.1 | RV - Bloco de coroamento 50x50x30 | 1,0000 | R\$/m2 | 1,99 | 0,39% |
| 1.1.2 | RV - Viga Baldrame (10x25cm) 8mm | 1,0000 | R\$/m2 | 21,05 | 4,11% |
| 1.1.3 | RV- Bloco de coroamento 30x30x30 | 1,0000 | R\$/m2 | 1,54 | 0,30% |
| 1.1.4 | RV-Aluguel de Perfuratriz | 1,0000 | R\$/m2 | 3,98 | 0,78% |
| 1.1.5 | RV-Aluguel Vibrador de imersão elétrico | 1,0000 | R\$/m2 | 2,42 | 0,47% |
| 1.1.6 | RV-Concretagem das estacas 3 m (Coluna 7x14cm - 5/16") | 1,0000 | R\$/m2 | 13,59 | 2,65% |
| 1.1.7 | RV-Ferragem Estaca | 1,0000 | R\$/m2 | 5,07 | 0,99% |
| 1.1.8 | RV-Perfuração das estacas | 1,0000 | R\$/m2 | 3,24 | 0,63% |
| 1.1.9 | RV-Materiais Extras (Básico) | 1,0000 | R\$/m2 | 6,45 | 1,26% |
| 2 | SUPRAESTRUTURA | | R\$/m2 | 125,26 | 24,43% |
| 2.1 | LAJE | | R\$/m2 | 80,76 | 15,75% |
| 2.1.1 | RV-Armadura negativa para laje | 1,0000 | R\$/m2 | 0,92 | 0,18% |
| 2.1.2 | RV-Instalação de caixas de teto | 1,0000 | R\$/m2 | 0,46 | 0,09% |
| 2.1.3 | RV-Nervura de Travamento | 1,0000 | R\$/m2 | 0,24 | 0,05% |
| 2.1.4 | RV-Passagem de conduítes na laje | 1,0000 | R\$/m2 | 0,54 | 0,11% |
| 2.1.5 | RV-Prumadas Hidráulicas (25mm) | 1,0000 | R\$/m2 | 0,08 | 0,02% |
| 2.1.6 | RV - Laje treliçada | 1,0000 | R\$/m2 | 77,58 | 15,13% |
| 2.1.7 | RV-Treliça laje | 1,0000 | R\$/m2 | 0,95 | 0,18% |
| 2.2 | PILAR/ VIGA/ CINTA | | R\$/m2 | 44,50 | 8,68% |
| 2.2.1 | RV-Pilar (Coluna 7x14cm - 5/16") | 1,0000 | R\$/m2 | 18,06 | 3,52% |
| 2.2.2 | RV-Viga Platibanda 9x15 | 1,0000 | R\$/m2 | 5,16 | 1,01% |
| 2.2.3 | RV-Viga Superior C/Laje 10 mm | 1,0000 | R\$/m2 | 3,83 | 0,75% |
| 2.2.4 | RV-Viga superior C/Laje 8mm | 1,0000 | R\$/m2 | 15,01 | 2,93% |
| 2.2.5 | RV-Reforço viga | 1,0000 | R\$/m2 | 2,44 | 0,48% |
| 3 | PAREDES E PAINEIS | | R\$/m2 | 110,00 | 21,45% |
| 3.1 | ALVENARIA EM TIJOLO CERAMICO 9x19x29 | | R\$/m2 | 106,41 | 20,75% |
| 3.1.1 | RV - Alvenaria | 1,0000 | R\$/m2 | 101,10 | 19,72% |
| 3.1.2 | RV-Aluguel do andaime | 1,0000 | R\$/m2 | 5,31 | 1,04% |
| 3.2 | VERGAS/ CONTRA VERGAS | | R\$/m2 | 3,59 | 0,70% |
| 3.2.1 | RV-Verga e Contraverga | 1,0000 | R\$/m2 | 3,59 | 0,70% |

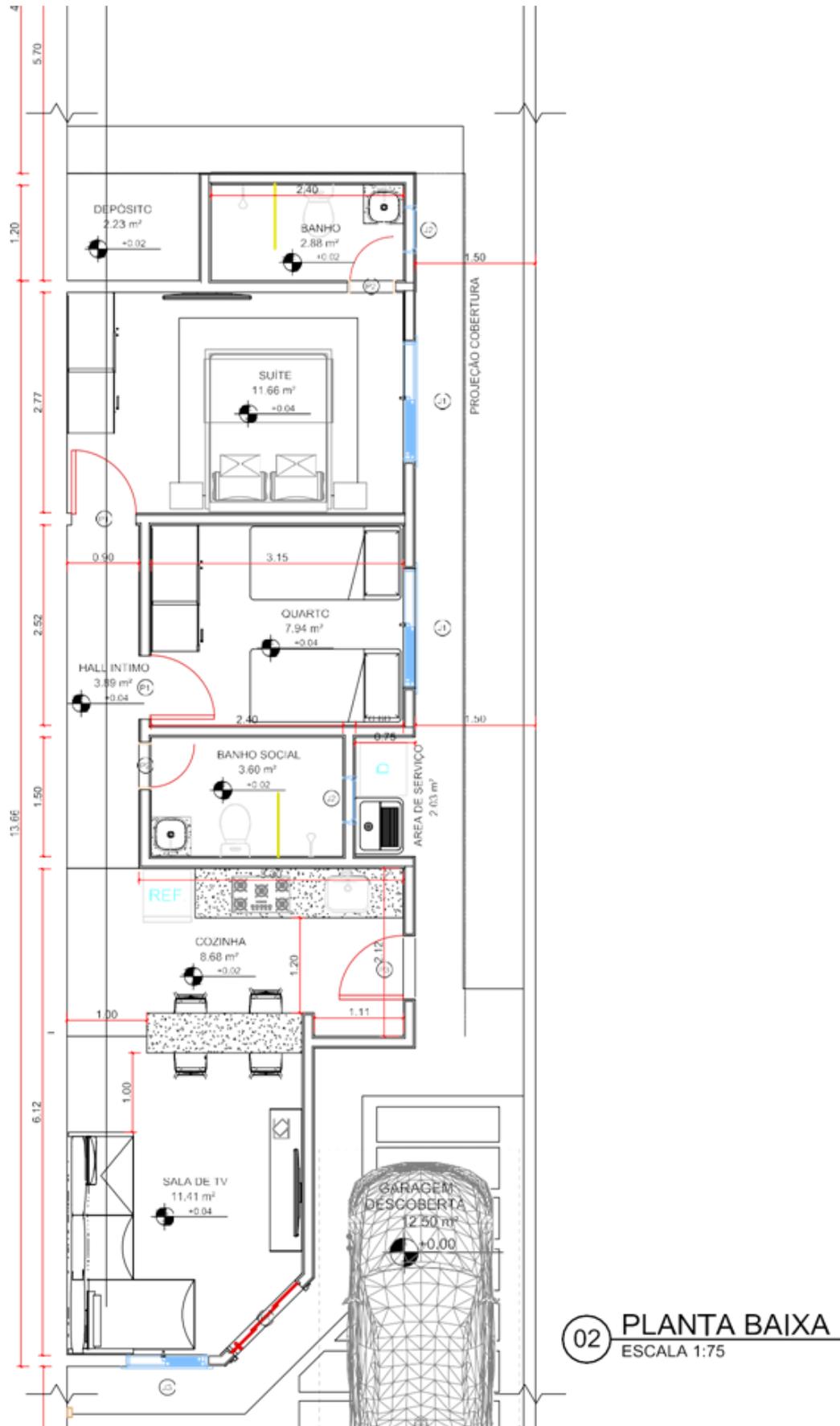
| | | | | | |
|--------------|--|--------|---------------|---------------|----------------|
| 4 | REVESTIMENTOS INTERNOS | | R\$/m2 | 99,52 | 19,41% |
| 4.1 | REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS | | R\$/m2 | 99,52 | 19,41% |
| 4.1.1 | RV - Chapisco | 1,0000 | R\$/m2 | 0,52 | 0,10% |
| 4.1.2 | RV-Reboco paulista (à partir de 1,5m) | 1,0000 | R\$/m2 | 51,53 | 10,05% |
| 4.1.3 | RV-Reboco paulista (até 1,5m) | 1,0000 | R\$/m2 | 47,48 | 9,26% |
| 5 | FORROS | | R\$/m2 | 7,49 | 1,46% |
| 5.1 | FORRO DE GESSO | | R\$/m2 | 7,49 | 1,46% |
| 5.1.1 | RV-Gesso corrido | 1,0000 | R\$/m2 | 7,49 | 1,46% |
| 6 | PISOS | | R\$/m2 | 16,55 | 3,23% |
| 6.1 | PISOS DE CONCRETO/ ARGAMASSADOS | | R\$/m2 | 16,55 | 3,23% |
| 6.1.1 | RV-Contrapiso 5 cm | 1,0000 | R\$/m2 | 16,55 | 3,23% |
| 7 | INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E TELEFÔNICAS | | R\$/m2 | 36,63 | 7,14% |
| 7.1 | RV - Enfição + Quadro de distribuição | 1,0000 | R\$/m2 | 18,09 | 3,53% |
| 7.2 | RV - Instalações de caixas de parede + Conduítes | 1,0000 | R\$/m2 | 2,39 | 0,47% |
| 7.3 | RV- Dispositivos elétricos | 1,0000 | R\$/m2 | 8,08 | 1,58% |
| 7.4 | RV- Montagem das instalações elétricas | 1,0000 | R\$/m2 | 8,07 | 1,57% |
| 8 | INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS | | R\$/m2 | 57,94 | 11,30% |
| 8.1 | RV-Kit Área de Serviço | 1,0000 | R\$/m2 | 1,73 | 0,34% |
| 8.2 | RV-Kit Cozinha | 1,0000 | R\$/m2 | 3,29 | 0,64% |
| 8.3 | RV-Montagem Kit Banheiro (caixa acoplada) | 1,0000 | R\$/m2 | 5,26 | 1,03% |
| 8.4 | RV-Kit ligação externa alimentação | 1,0000 | R\$/m2 | 2,19 | 0,43% |
| 8.5 | RV-Montagem kit caixa d'agua | 1,0000 | R\$/m2 | 7,17 | 1,40% |
| 8.6 | RV - Kit Torneira de Jardim | 1,0000 | R\$/m2 | 0,23 | 0,05% |
| 8.7 | RV- Montagem Kit água fria | 1,0000 | R\$/m2 | 4,04 | 0,79% |
| 9.1 | RV- Montagem dos Kits de esgoto | 1,0000 | R\$/m2 | 4,44 | 0,87% |
| 9.2 | RV-Montagem água pluvial | 1,0000 | R\$/m2 | 2,42 | 0,47% |
| 9.3 | RV- Kit Esgoto Área de Serviço | 1,0000 | R\$/m2 | 0,53 | 0,10% |
| 9.4 | RV- Kit Esgoto banheiro | 1,0000 | R\$/m2 | 11,68 | 2,28% |
| 9.5 | RV-Kit de esgoto Cozinha | 1,0000 | R\$/m2 | 3,08 | 0,60% |
| 9.6 | RV-Kit ligação de esgoto externa | 1,0000 | R\$/m2 | 5,01 | 0,98% |
| 9.7 | RV-Kit ligação externa água pluvial | 1,0000 | R\$/m2 | 6,87 | 1,34% |
| Total | | - | - | 512,73 | 100,00% |

Anexo 3 - Planta Baixa da obra residencial de 2 quartos do estudo de caso 2.



01 PLANTA BAIXA
ESCALA 1:50

Anexo 3 - Planta Baixa da obra residencial de 2 quartos do estudo de caso 3.



02 PLANTA BAIXA
ESCALA 1:75