

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

PEDRO AUGUSTO TONELI GOES MACIEL

**PARAMETRIZAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDE DE
CONCRETO MOLDADO *IN LOCO* COM FÔRMAS METÁLICAS**

APUCARANA
2021

PEDRO AUGUSTO TONELI GOES MACIEL

**PARAMETRIZAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDE DE CONCRETO
MOLDADO IN LOCO COM FÔRMAS METÁLICAS**

**Parameterization of the constructive system for concrete walls molded in loco
with metallic forms**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil do Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Macedo Patriota Faganello

APUCARANA

2021



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

PEDRO AUGUSTO TONELI GOES MACIEL

**PARAMETRIZAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDE DE CONCRETO
MOLDADO IN LOCO COM FÔRMAS METÁLICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 07/dezembro/2021

Adriana Macedo Patriota Faganello
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Apucarana

Andrea Sartori Jabur
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Apucarana

Sarah Honorato Lopes da Silva
Mestrado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Apucarana

APUCARANA
2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu pai por toda sabedoria e conhecimento repassado, o melhor professor que poderia ter.

Agradeço a minha mãe por viver e vencer comigo, me ensinando a ser a minha melhor versão a cada dia.

Agradeço aos meus amigos da vida, pelas experiências compartilhadas e vividas.

Agradeço a minha professora orientadora, que me deu todo suporte necessário para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a UTFPR, especificamente o campus de Apucarana pelos profissionais sempre interessados no desenvolvimento pessoal e profissional de cada aluno.

RESUMO

O déficit habitacional é um problema social no Brasil, que como alternativa para solucionar essa questão, o Programa Casa Verde e Amarela incentiva à construção de mais moradias promovendo o desenvolvimento do setor de habitação e estimulando a modernização através da inovação tecnológica. Portanto, na construção civil, faz-se necessário aderir a novas tecnologias e sistemas que atendam de forma mais eficiente e escalável a execução dessas residências. Com isso, o sistema parede de concreto vem se tornando cada vez mais usual e eficaz no território brasileiro. O presente trabalho teve como estudo uma obra localizada na cidade de Londrina, no Paraná, executada através do sistema parede de concreto com utilização de fôrmas metálicas, com objetivo de realizar uma parametrização, para as atividades desse sistema, bem como a abordagem de todas as etapas de processo realizadas neste sistema construtivo com base nos documentos da empresa responsável pela obra e nas observações *in loco* do autor. Para isso, foi realizado um orçamento por meio da tabela SINAPI com base no orçamento real e já realizado do estudo de caso. O sistema também teve seu sequenciamento de etapas bem definido, desde a marcação do alinhamento das paredes até a concretagem. Por meio da análise dos orçamentos, o valor parametrizado para este sistema construtivo envolvendo custo, prazo e produtividade foram de R\$ 346,71/m² para o estudo de caso e R\$ 541,98/m² para a SINAPI, representando uma distorção de 48,53%. Este sistema construtivo, considerado uma possível solução para o problema de habitação em massa de todo mundo, apresentou vantagens evidentes, como a velocidade de execução e a redução dos resíduos em canteiro, trazendo maior cumprimento do prazo e organização para a obra.

Palavras-chave: parede de concreto; fôrmas metálicas; unidade habitacional.

ABSTRACT

The housing deficit is a social problem in Brazil, and as an alternative to solve this issue, the Casa Verde e Amarela Program encourages the construction of more houses, promoting the development of the housing sector and stimulating modernization through technological innovation. Therefore, in civil construction, it is necessary to adhere to new technologies and systems that serve the execution of these homes in a more efficient and scalable way. With this, the concrete wall system is becoming more and more common and effective in the Brazilian territory. The present work will study a work located in the city of Londrina, Paraná, executed through a concrete wall system with the use of metallic formwork, with the objective of performing a parameterization for the activities of this system, as well as the approach of all process steps carried out in this construction system based on documents from the company responsible for the work and on the author's on-site observations. For this, a budget was made using the SINAPI table based on the actual budget and already carried out in the case study. The system also had its sequence of steps well defined, from marking the alignment of the walls to concreting. Through the analysis of budgets, the parameterized value for this construction system involving cost, deadline and productivity was R\$ 346.71/m² for the case study and R\$ 541.98/m² for SINAPI, representing a distortion of 48.53%. This construction system, considered a possible solution to the problem of mass housing around the world, had obvious advantages, such as the speed of execution and the reduction of waste on the construction site, bringing greater compliance with deadlines and organization for the work.

Palavras-chave: concrete wall; metal formwork; housing unit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Construção em parede de concreto	11
Figura 2 - Avanço da parede de concreto no Programa Minha Casa Minha Vida	13
Figura 3 - Sistema de fôrma Gethal	16
Figura 4 - Sistema de fôrmas Outinord	16
Figura 5 - Teste flow do concreto auto adensável	18
Figura 6 - Armaduras da parede de concreto	19
Figura 7 - Sistema de fôrmas metálicas montado	24
Figura 8 - Especificação do concreto “parede-laje”	25
Figura 9 - Sequência de lançamento de concreto	26
Figura 10 - Custo de uma unidade habitacional em alvenaria de blocos cerâmicos e parede de concreto.....	27
Figura 11 - Custo de 460 unidades habitacionais em alvenaria de blocos cerâmicos e parede de concreto.....	27
Figura 12 - Planta baixa do apartamento tipo	28
Figura 13 - Custo por metro quadrado de ambos os sistemas construtivos.....	29
Figura 14 - Comparativo de custos entre os métodos construtivos	29
Figura 15 - Comparativo de custos entre os métodos construtivos	30
Figura 16 - Comparativo de ciclo de execução de paredes e lajes em diferentes sistemas construtivos	31
Figura 17 – Transmitância térmica em diferentes sistemas construtivos.....	32
Figura 18 - Capacidade térmica em três tipos de alvenarias.....	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipologia de fôrmas e suas características	20
Quadro 2 - Acessórios para fôrmas metálicas	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação do custo para execução de um bloco em parede de concreto (custos referentes a março de 2021)	53
Tabela 2 – Porcentagem do total do custo do Bloco para cada serviço	55
Tabela 3 – Comparação da estrutura do sistema parede de concreto	55
Tabela 4 – Distorção dos itens hidrossanitário	56

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABCP	Associação Brasileira Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAA	Concreto Auto Adensável
COHAB	Companhia de Habitação Popular
DATec	Documento de Avaliação Técnica
FVS	Ficha de Verificação de Serviço
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MPa	Mega Pascal
NBR	Norma Brasileira
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PES	Procedimento de Execução de Serviço
PEX	Polietileno Reticulado Flexível
PIB	Produto Interno Bruto
PVC	Policloreto de Vinila
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices
SINAT	Sistema Nacional de Aprovações Técnicas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Justificativa	12
1.2	Objetivo geral	14
1.3	Objetivos específicos	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	Sistema construtivo de parede de concreto moldadas <i>in loco</i>	15
2.1.1	Histórico	15
2.1.2	Materiais	17
<u>2.1.2.1</u>	<u>Concreto</u>	<u>17</u>
<u>2.1.2.2</u>	<u>Armação</u>	<u>18</u>
<u>2.1.2.3</u>	<u>Fôrmas</u>	<u>19</u>
<u>2.1.2.4</u>	<u>Acessórios de fôrmas metálicas</u>	<u>21</u>
2.1.3	Processo Executivo de Fôrmas Metálicas	22
<u>2.1.3.1</u>	<u>Montagem</u>	<u>23</u>
<u>2.1.3.2</u>	<u>Concretagem</u>	<u>24</u>
2.1.4	Mão de Obra	27
2.1.5	Comparação de Custos.....	27
2.1.6	Comparação de Prazos	30
2.1.7	Comparação de conforto térmico	31
2.2	Ferramentas de controle	33
3	METODOLOGIA	35
3.1	Empreendimento analisado no estudo de caso	35
3.2	Coleta de dados	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1	Etapas do processo	41
4.2	Parametrização e comparação dos orçamentos	52
4.3	Vantagens e desvantagens	56
4.3.1	Análise das vantagens	57
4.3.2	Análise das desvantagens.....	58
5	CONCLUSÕES	60
5.1	Sugestões para trabalhos futuros	60
	REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil, considerada o 'termômetro da economia' por Frois (2017), vem enfrentando dificuldades de se reerguer frente aos efeitos adversos da pandemia, desde a redução das demandas de construções até a retomada com novos empreendimentos (ARCELORMITTAL, 2021).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), a performance da atividade Construção foi negativa, com queda de 7,0% do Produto Interno Bruto (PIB) do país em 2020.

Em confronto com esse cenário, tem-se o atual Programa Casa Verde e Amarela desenvolvido em 2009 com o nome de Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) visando solucionar a questão do déficit habitacional brasileiro. Nos últimos 10 anos foram construídos mais de 5,5 milhões de unidades habitacionais, porém este déficit continua sendo um sério problema social no Brasil (CUNHA, 2020).

Visto esta necessidade de produção de novas habitações, os profissionais da construção são levados a analisar os métodos utilizados na construção civil em busca de um processo que considere a qualidade do habitat e a modernização produtiva, gerando assim uma melhoria no setor da construção.

Para isso, sistemas construtivos não convencionais estão sendo implementados por empresas no ramo da construção para garantir esses aspectos, dentre eles o sistema construtivo de parede de concreto moldado *in loco* (Figura 1) merece destaque, visto que com o crescimento do mercado imobiliário brasileiro e as contínuas medidas públicas para ampliar a oferta de moradias, o sistema parede de concreto representa uma solução factível para produção em escala (MASSUDA; MISURELLI, 2009).

Figura 1 - Construção em parede de concreto



Fonte: SINDUSCON-BA (2019)

Conforme a utilização deste sistema foi se disseminando, surgiu então a necessidade de estabelecer normas e procedimentos para a execução de parede de concreto moldada *in loco*. Sendo assim, em 2012 foi publicada a NBR 16055: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos (ABNT, 2012).

Esta norma surgiu com o objetivo de popularizar esta tecnologia. Antes dessa norma, as empresas que empregavam este tipo de sistema necessitavam submeter suas diretrizes ao Sistema Nacional de Aprovações Técnicas (Sinat) para obter o Documento de Avaliação Técnica (DATec). Com a publicação da norma NBR 16055 (ABNT, 2012), tornou-se dispensável e este sistema construtivo passou a ser considerado igual aos outros sistemas convencionais.

Devido ao aumento do índice na utilização desse sistema construtivo, surge a necessidade de mais estudos na área e um conhecimento mais aprofundado da técnica (MACHADO; GOMES, 2019).

Portanto, o presente trabalho pretende apresentar suas características e um estudo da parametrização desse sistema por intermédio de um estudo de caso.

1.1 Justificativa

Baseando-se no déficit habitacional brasileiro e nos incentivos governamentais em programas habitacionais apontados por Cunha (2020), faz-se necessário, empresas do ramo da construção civil adaptarem-se às novas tecnologias que atendam de maneira produtiva e lucrativa às construções de unidades habitacionais em larga escala e com alta replicabilidade, como condomínios e edifícios residenciais.

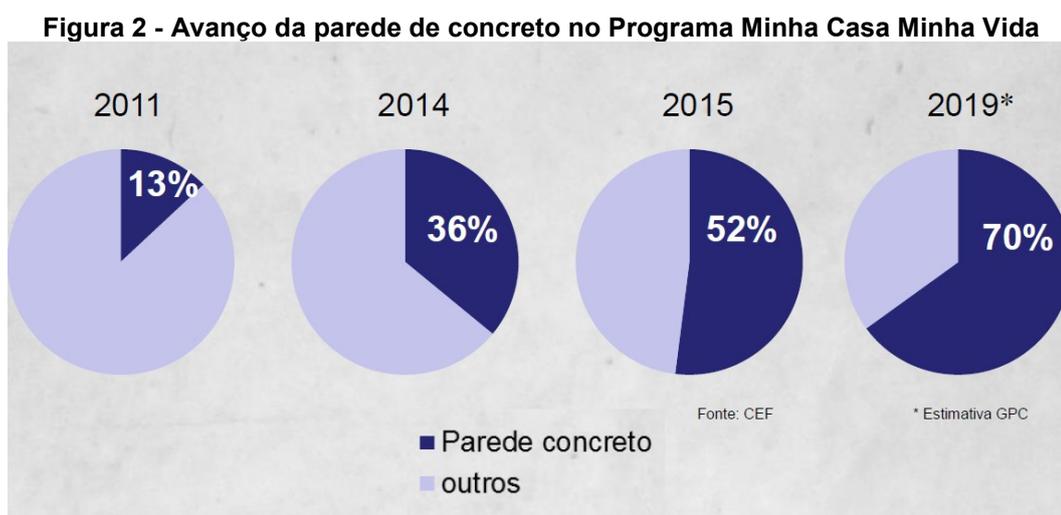
A necessidade das construtoras de produzir em escala é refletida na meta do Programa Casa Verde e Amarela de atender 1,6 milhão de famílias de baixa renda até 2024 (BRASIL, 2021). Sendo assim, modificações e melhorias de processos são fundamentais para garantir uma maior competitividade no mercado, cumprindo com os requisitos de desempenho e qualidade, através da NBR 15575 (ABNT, 2013) e possuindo certificação pelo PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade de Habitat), respectivamente.

Portanto, como alternativa ao método construtivo convencional, empresas vêm adotando a utilização de fôrmas metálicas para execução do sistema

construtivo constituído de parede de concreto. Este sistema possui uma competitividade evidente em uma perspectiva de alta repetição de construção, visto que as fôrmas de alumínio podem ser utilizadas de 500 até 2.000 vezes, amortizando o valor de construção por metro quadrado (CORZINI, 2011).

Segundo Thiyagarajan (2017), as empresas da construção civil em todo mundo têm demorado a implementar as inovações e mudanças, pois é necessário tempo para analisar profundamente o problema e encontrar soluções eficazes. Para melhor adesão de novas inovações, surge a necessidade da produção de estudos a respeito do tema, principalmente quando se trata de uma ferramenta considerada eficiente para resolver os problemas de habitação em massa em todo o mundo.

O sistema de parede de concreto apresenta diferenciais significativos na construção civil. A velocidade de execução, o maior controle de qualidade e a qualificação da mão de obra neste sistema melhoram os indicadores de produtividade e aumentam as margens do empreendimento quando utilizado este sistema (ABCP, 2007). Em 2019 a estimativa para do uso de parede de concreto no Programa Minha Casa Minha Vida é de 70% dos empreendimentos totais, se tornando o processo predominante para este programa do governo (MONGE, 2020). A Figura 2 representa a evolução do sistema parede de concreto.



Fonte: Monge (2020)

No Brasil, com base em um levantamento feito com 488 construtoras pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), o sistema construtivo em

questão é o que possui maior intenção de uso por partes das empresas devido as suas vantagens e ao Programa Casa Verde e Amarela (IMS, 2018).

Segundo Machado e Gomes (2019), o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco* é uma interessante opção no que se diz respeito à velocidade de execução e “facilidade de implementação em empreendimentos para fins habitacionais que possuam um projeto arquitetônico que seja comum entre as unidades”.

Para que o sistema construtivo fique cada vez mais conhecido devido suas vantagens relacionadas a custo e agilidade de execução, a pesquisa busca atingir os profissionais da construção civil de modo que passem a ter maior conhecimento sobre o sistema construtivo assim como seu desempenho.

Analisando a relevância desta nova tecnologia, o estudo do sistema de parede de concreto moldadas *in loco* permite conhecer as características executivas, bem como indicadores de custos, prazo e produção, podendo ser utilizado como base para construtoras que buscam maior otimização e eficiência no processo de construção de unidades habitacionais.

1.2 Objetivo geral

Desenvolver indicadores de produção, prazo e custo através de uma planilha de parametrização para o sistema construtivo de parede de concreto moldado *in loco* com utilização de fôrmas metálicas em um estudo de caso na cidade de Londrina, Paraná.

1.3 Objetivos específicos

- Examinar as etapas necessárias para execução de uma obra da Construtora γ , que utiliza o sistema construtivo de parede de concreto moldado *in loco* com fôrmas metálicas.
- Analisar o sistema e suas particularidades utilizando como referência as normas técnicas aplicáveis a este método.
- Avaliar as vantagens e desvantagens deste método construtivo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentadas as informações e definições necessárias para melhor compreensão sobre o sistema construtivo de parede de concreto moldado *in loco*.

2.1 Sistema construtivo de parede de concreto moldadas *in loco*

Pela definição da NBR 16055 (ABNT, 2012), parede de concreto é um “Elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede”.

Este sistema tem por característica principal a moldagem *in loco* da estrutura e a vedação da edificação, podendo ser empregado em diferentes tipos de construções (ABCP, 2007). Conforme Wendler (2020) a atual norma não estipula um limite à tipologia das edificações neste sistema construtivo.

De acordo com Lorenceto (2019) as fôrmas destes sistemas perfazem todas as paredes e as lajes de uma ou mais unidades habitacionais, onde posteriormente serão concretadas todas de uma só vez. Esta estrutura é caracterizada como uma estrutura de concreto armado monolítica, onde após a concretagem o conjunto é capaz de distribuir os esforços sobre toda a área de solicitação, uma vez que não apresentam juntas aparentes (GOES, 2013).

Segundo a Coletânea de Ativos 2007-2008 (ABCP, 2007) este sistema construtivo tem a particularidade de que as paredes contenham embutidos em seu interior os elementos previstos em projeto, como caixilhos de portas e janelas, tubulações elétricas e hidráulicas, entre outros, além da grande redução da espessura de camadas de revestimento para o acabamento.

2.1.1 Histórico

A tecnologia de utilização de fôrmas teve seu início no final da década de 60, tendo como precursor o Engenheiro Toshio Ueno que criou o sistema de fôrma com

base nas teorias da engenharia civil em conjunto com teorias de produção com objetivo principal de otimizar os custos por meio do aprimoramento da produtividade e da diminuição do consumo de materiais através do número de reutilização do mesmo (ASSAHI, 2005).

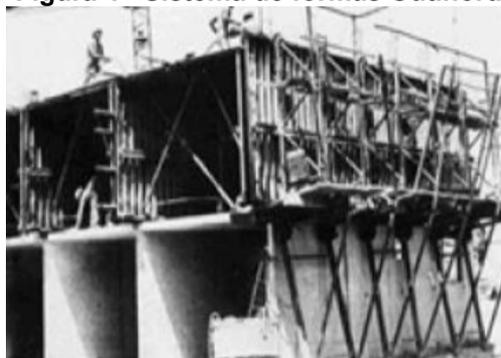
Estreitando-se para o sistema de parede de concreto, a inspiração deste foi baseada em experiências consagradas e bem-sucedidas de construções industrializadas em concreto celular (sistema Gethal) e concreto convencional (sistema Outinord), conhecidas mundialmente nas décadas de 70 e 80, porém essa tecnologia não foi consolidada no mercado brasileiro devido à falta de escala de obras nesses padrões para época (MASSUDA; MISURELLI, 2009). Os sistemas citados estão representados pela **Figura 3** e **Figura 4**.

Figura 3 - Sistema de fôrma Gethal



Fonte: Gethal (2020)

Figura 4 - Sistema de fôrmas Outinord



Fonte: Braguim (2013)

De acordo com Singh (2020), em 1990 na Malásia, a empresa Mivan Company deu início a fabricação do sistema de fôrmas metálicas de alumínio, conhecido também como Mivan Technology, esta tecnologia tem sido amplamente utilizada na Europa, Ásia, países do Golfo e outras partes do globo terrestre.

Todavia, o primeiro registro da utilização deste sistema com fôrmas metálicas no Brasil foi em 1979 na construção da Companhia de Habitação Popular (COHAB) em Santa Luzia - Minas Gerais, onde foram executadas 46 unidades habitacionais (SACHT, 2008).

2.1.2 Materiais

No sistema construtivo de parede de concreto os três materiais fundamentais são: concreto, telas soldadas e a conjunto das fôrmas escolhidas. Neste subcapítulo serão apresentadas as possíveis tipologias para estes materiais.

2.1.2.1 Concreto

Segundo a ABCP (2007), o concreto é visto como elemento vital para o sistema de parede de concreto, devendo possuir como propriedade fundamental uma boa trabalhabilidade, para garantir o preenchimento completo das fôrmas, sem que haja segregações, resultando em um bom acabamento da superfície.

A NBR 16055 (ABNT, 2012) específica para parede de concreto moldada *in loco*, sugere que para análise de tensões de retração, preparação do concreto e melhor controle na qualidade dos componentes do concreto são necessários observar as recomendações das normas NBR 6118 (ABNT, 2014), NBR 8953 (ABNT, 2015) e NBR 12655 (ABNT, 2015), respectivamente, de acordo com a classe de agressividade ambiental a qual a estrutura está exposta.

No Brasil, os quatro tipos de concretos recomendados para este sistema são: concreto celular, concreto com elevado teor de ar incorporado (até 9%), concreto com agregados leves ou com baixa massa específica, concreto convencional ou concreto adensável (MASSUDA; MISURELLI, 2009). Porém de acordo com especialistas, o concreto auto adensável é o tipo mais utilizado para execução de paredes de concreto, visto que 46% das construtoras optam por este tipo. A característica deste concreto é a condição de espalhamento maior ou igual a 65 cm (ABCP, 2013).

O concreto auto adensável (CAA), que está normalizado pela NBR 15823 (ABNT, 2017), permite bombeamento a grandes distâncias horizontais e verticais,

otimização de mão de obra, maior rapidez na execução, facilidade no nivelamento de lajes e um excelente acabamento superficial (MAYOR, 2021). Para verificar se a fluidez do concreto corresponde ao que foi especificado pela concreteira, realiza-se o teste de flow e slump, como mostrado na Figura 5.

Figura 5 - Teste flow do concreto auto adensável



Fonte: Autoria própria (2021).

Adjuntas ao CAA podem ser inseridas fibras com o objetivo de evitar fissuras nas paredes. O material mais utilizado pelas construtoras é a fibra de polipropileno. Além disto, aditivos químicos de diversos tipos são adicionados ao concreto para atender aos diferentes requisitos exigidos pela obra, sendo normalizado pela NBR 11768 (ABCP, 2013).

2.1.2.2 Armação

Segundo Wendler (2012), a armadura no sistema de parede de concreto é utilizada em todas as ligações entre os elementos estruturais, conectando parede com parede, parede com laje e parede com fundação.

As armaduras utilizadas nas paredes e lajes são telas soldadas que podem ser posicionadas nos eixos das paredes ou nas duas faces, condicionadas ao dimensionamento do projetista. Em pontos específicos, como cinta superior nas paredes, vergas, contravergas são utilizadas barras de reforço. Os requisitos que devem ser atendidos por esses elementos envolvem resistir a esforços de flexo-

torção nas paredes, controlar a retração do concreto e estruturar e fixar as tubulações de elétrica, hidráulica e gás (ABCP, 2007).

Seguindo a recomendação da NBR 16055 (ABNT, 2012) a tela soldada e a barra de aço devem atender aos itens da NBR 7481 (ABNT, 1990) e NBR 7480 (ABNT, 2007), respectivamente. Esses elementos são representados na **Figura 6**.

Figura 6 - Armaduras da parede de concreto



Fonte: Autoria própria (2021)

Para garantir o cobrimento do concreto, espaçadores são utilizados tanto para as telas da parede quanto para as telas da laje.

2.1.2.3 Fôrmas

De acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2012) “o sistema de fôrmas é composto de estruturas provisórias, cujo objetivo é moldar o concreto fresco”. Estas fôrmas devem ser estanques e devem favorecer a geometria das peças das paredes estruturais, para que resistam às pressões do lançamento do concreto até sua solidificação (MISSURELLI; MASSUDA, 2009).

A correta escolha do tipo da fôrma potencializa os ganhos deste sistema. As tipologias mais utilizadas no sistema de parede de concreto são: metálicas, mistas, plásticas e trepantes. Neves (2021) apresenta as principais características destas tipologias (Quadro 1):

Quadro 1 - Tipologia de fôrmas e suas características

Tipologia	Características	Exemplo
Fôrmas metálicas	Utilizam alumínio para fabricação. Boa qualidade superficial, alta produtividade da construção, moldes recicláveis e leves.	
Fôrmas mistas	Utilizam quadros metálicos e chapas de madeira compensada ou material sintético. Este tipo possibilita a flexibilização das medidas, adaptando-se a diferentes projetos, painéis mais pesados e exigem trocas das chapas de compensado.	
Fôrmas plásticas	Constituído de quadros e chapas fabricado de plástico reciclável. A sustentação é realizada com contraventamentos metálico.	
Fôrmas trepantes	Utilizadas em construções de múltiplos pavimentos. As peças são transportadas todas de uma vez só, aumentando significativamente a produtividade, porém exige uma grua para realizar a movimentação.	

Fonte: Adaptado Neves (2021) e Comunidade da Construção (2008)

Esta escolha deve levar em conta diversos fatores, como por exemplo: produtividade peso das peças, número de peças, durabilidade, modulação dos painéis, flexibilidade do sistema e análise econômica (ABCP, 2009).

2.1.2.4 Acessórios de fôrmas metálicas

Para que o conjunto de fôrmas atendam a característica de estanqueidade e a geometria desejada das peças, acessórios de travamento são utilizados. No caso das fôrmas metálicas os acessórios também são metálicos, sendo utilizados pela mão de obra capacitada para montagem. Estes acessórios usados são representados pelo **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Quadro 2 - Acessórios para fôrmas metálicas

Item	Descrição	Exemplo
Pino ou passador	Serve para fixação de painéis de parede entre si, com painéis angulares, cantoneiras, bem como fixação básica para painéis de laje	
Cunha	Trabalha em conjunto com os passadores. Objeto curvo que permite inseri-la facilmente, diminuindo os riscos de danos à fôrma.	
Amarradores, Faqueta ou gravada	Acessório utilizado para separar e fixar as fôrmas, determinando a espessura das paredes.	
Camisinha colaminada	Evita o contato direto da faqueta com o concreto, facilitando a remoção.	

Grapa	Permite a fixação entre painéis sem a necessidade de acessórios adicionais, o que diminui a perda de elementos em obra.	
Alinhador	Sua função é garantir a verticalidade das peças	
Escoras	O sistema de laje necessita, para suporte e escoramento que os elementos trabalhem conjuntamente para o bom desempenho da laje durante a concretagem	
Tensor de vão de portar	Garante a precisa dimensão dos vãos de portas e janelas	

Fonte: Adaptado de Forsa (2008)

2.1.3 Processo Executivo de Fôrmas Metálicas

Segundo a Comunidade da Construção (2012), este sistema construtivo é fundamentado em conceitos de industrialização de materiais e equipamentos, mecanização, modulação, controle tecnológico, multifuncionalidade e qualificação da mão de obra, sendo estes os aspectos responsáveis pelos ganhos de qualidade, produtividade e prazo.

A execução deste sistema pode variar conforme os processos executivos utilizados por diferentes construtoras (VENTURINI, 2011).

2.1.3.1 Montagem

De acordo com Vieira e Silva (2019), a etapa de montagem da fôrma é o item que diferencia este sistema construtivo dos demais métodos, sabendo que cada peça é indispensável para o sucesso da estrutura.

Para a fundação deste sistema construtivo a Comunidade da Construção (2008), não estabelece restrições quanto ao tipo a ser adotado, podendo ser utilizado sapata corrida, radier, blocos de travamento para estacas ou tubulões.

Com o tipo de fundação determinado inicia-se do processo de montagem dos painéis de fôrmas, sendo preciso marcar no piso de apoio as linhas das faces das paredes para que o posicionamento dos painéis seja melhor orientado (ABCP, 2007).

Segundo Arêas (2013), esta marcação é feita com uso de barbante e “pó xadrez”. Com uso de uma pistola chumbadora, espaçadores de plástico são fixados no piso de apoio para realizar o espaçamento entre os painéis da fôrma.

Para que a montagem das fôrmas se inicie, serviços precedentes de execução da armação das paredes, instalações elétricas e hidrossanitárias devem estar concluídos, assim como a aplicação do desmoldante. Para Cadium (2020), o desmoldante é um lubrificante líquido que quando é aplicado sobre as fôrmas metálicas melhora o acabamento das peças, reduzindo a formação de fissuras no processo de retirada das fôrmas.

Conforme Macedo (2016), é extremamente importância que os painéis estejam numerados e indicados conforme a numeração de projeto, acarretando em uma identificação mais fácil e uma montagem mais sistematizada.

A Comunidade da Construção (2008) indica que a montagem dos painéis normalmente se inicia pela parede hidráulica, colocando primeiramente os painéis do canto e depois os painéis da face interna. Pode-se realizar a montagem de duas maneiras: painéis internos primeiro e depois os externos, e painéis internos e externos juntos. A diferença é de que no primeiro, atividades de armaduras, reforço, instalações elétricas e instalações hidrossanitárias podem ser feitas em paralelo a montagem, já no segundo caso estas atividades devem estar previamente concluídas.

Com a montagem finalizada como representado na **Figura 7**, a NBR 16055 (ABNT, 2012) chama atenção para a conferência das posições e condições dos escoramentos, aprumadores e alinhadores horizontais, para que assegure que as dimensões, posições e prumo das fôrmas estejam de acordo com o projeto e garantir que pessoas e equipamentos trafeguem de forma segura na operação de concretagem.

Figura 7 - Sistema de fôrmas metálicas montado



Fonte: Forsa Brasil (2017)

2.1.3.2 Concretagem

Para assegurar a qualidade da peça a ser concretada, é necessário elaborar um planejamento detalhado considerando diversos condicionante e prevendo os seus comportamentos na concretagem, este planejamento é chamado de plano de concretagem (LIMA; LIMA, 2012).

A NBR 14931 (ABNT, 2004) aponta que um plano de concretagem bem elaborado deve garantir o fornecimento da quantidade adequada de concreto com as características necessárias à estrutura. Além disso, deve-se atender os itens estabelecidos pela NBR 12655 (ABNT, 2015), onde são estabelecidos padrões de preparo, controle, recebimento e aceitação do concreto de cimento Portland.

Segundo Wendler e Monge (2018), a concretagem requer um controle tecnológico rígido, realizando os ensaios necessários no estado fresco:

- Abatimento (Slump), conforme a NBR NM 67 (ABNT, 1996);

- Espalhamento (Slump flow), conforme a NBR 15823-2 (ABNT, 2017);
- Massa específica do concreto, conforme a NBR 9833 (ABNT, 2008);
- Moldagens de corpos de prova, conforme a NBR 5738 (ABNT, 2015).

Para o estado endurecido é realizado o teste de análise de corpos de prova, de acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015). Na concretagem é necessário que o concreto seja suficientemente plástico, com função de que preencha todos os vazios da fôrma e impedir que haja segregação. A Figura 8 é um exemplo de especificação do concreto “parede-laje”.

Figura 8 - Especificação do concreto “parede-laje”

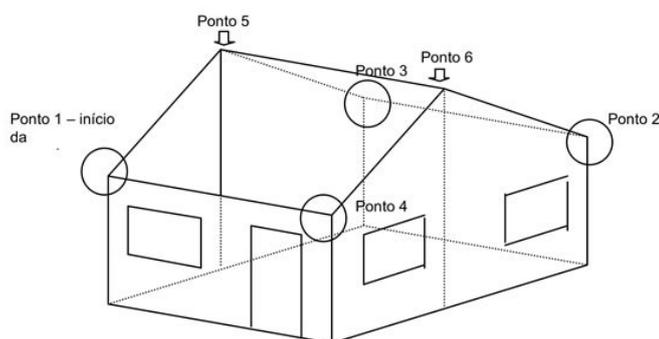
Classe de agressividade II
Resistência característica $f_{ck}=25$ MPa
Coeficiente de retração menor que 0,035%, curado nas mesmas condições da obra, segundo a norma ASTM C 157
Resistência de desforma $f_{ck}=3$ MPa
Espalhamento (<i>Slump-flow</i>) 600 ± 50 mm
Relação Água-Cimento $a/c \leq 0,60$
Consumo mínimo de cimento + filer inerte = 370 kg/m^3
Sendo filer o material inerte com finura entre 0,075 mm (peneira 200) e 0,106 mm (peneira 150)
Utilizar o compensador de retração e/ou fibras têxteis para evitar retração (mínimo 300 g/m^3)
Material: polipropileno – tipo: multifilamento
Massa específica: $0,90 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$
Comprimento mínimo: 20 mm
Dimensão máxima do agregado: 12,5 mm

Fonte: Adaptado de Wendler e Monge (2018)

De acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2004), ao lançar o concreto, esta atividade deve ocorrer de forma contínua, de maneira que, uma vez iniciada não sofra nenhuma interrupção até que o volume previsto no plano de concretagem tenha sido completado (ABNT, 2014).

Segundo a Comunidade da Construção (2008), o lançamento deve ser iniciado por um dos cantos da edificação, em seguida é deslocado para o canto oposto até que se conclua o rodízio dos cantos da estrutura, finalizando a concretagem na linha mais elevada, como representado pela Figura 9.

Figura 9 - Sequência de lançamento de concreto



Fonte: Comunidade da Construção (2018)

Segundo Missurelli e Massuda (2009), devido as características do sistema parede de concreto, onde as fôrmas são estreitas e altas, é de suma importância um adensamento eficiente. Com utilização do concreto auto adensável ou celular, não há a necessidade de vibração e a alta viscosidade destes concretos evita a segregação dos materiais.

Para os outros tipos de concreto, o adensamento deve começar logo após o lançamento do concreto, sendo vibrado com equipamento adequado para atingir a trabalhabilidade (ABCP, 2007).

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004), enquanto não for atingido o endurecimento satisfatório, o concreto deve ser curado e protegido contra agentes prejudiciais. Curti (2014) recomenda a cura química para ser utilizado no sistema de parede de concreto.

Quando o concreto se encontrar suficientemente endurecido conforme o especificado pelo projetista, pode-se realizar a desforma, de forma que essa retirada aconteça sem choques e obedeça a um programa elaborado de acordo com a estrutura (ABCP, 2007).

Segundo Lorenceto (2019), a desforma já é possível ocorrer em 12 horas e iniciar a montagem da fôrma para a próxima unidade habitacional.

Em seguida, os pontos onde as gravatas estavam inseridas devem ser tampados com utilização de argamassa, processo denominado calafetagem. As eventuais falhas, originadas normalmente nas regiões de ligação entre os painéis devem ser realizadas antes do acabamento (VENTURINI 2011).

2.1.4 Mão de Obra

Segundo a ABCP (2009), equipe de mão de obra do sistema de parede de concreto é definida como “montadores”, existindo um “puxador” para que lidere, organize e motive a equipe. Para manuseamento das fôrmas é fundamental que a equipe receba treinamento específico para os serviços de montagem.

A ABCP (2009) traz alguns valores de referência de produtividade da mão de obra:

- Montagem de fôrmas = 18 a 25 m²/dia/homem (por face de fôrma)
- Armação = 60 m² de parede/dia/homem
- Instalações elétricas = 80 m² de parede/dia/homem

2.1.5 Comparação de Custos

Outros autores simularam os custos de diferentes construções comparando o sistema de parede de concreto com outros sistemas construtivos.

Santos (2013) simulou os custos de um conjunto habitacional de 460 unidades de padrão popular térreas de 40,79 m² entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto. As Figuras 10 e 11 representam o preço total por metro quadrado calculados para 460 unidades e para 1 (uma) unidade habitacional.

Figura 10 - Custo de uma unidade habitacional em alvenaria de blocos cerâmicos e parede de concreto

MÉTODO EXECUTIVO	UH	M ²
UH em alvenaria de blocos cerâmicos	51.571,42	1.264,31
UH em paredes de concreto	212.977,28	5.221,31

Fonte: Adaptado de Santos (2013)

Figura 11 - Custo de 460 unidades habitacionais em alvenaria de blocos cerâmicos e parede de concreto

MÉTODO EXECUTIVO	PREÇO TOTAL	UH	M ²	PREÇO TOTAL/M ²
UH em alvenaria de blocos cerâmicos	23.584.868,15	51.571,45	40,79	1.264,31
UH em paredes de concreto	23.295.655,04	50.642,72	40,79	1.241,54

Fonte: Adaptado de Santos (2013)

Foi constatada uma economia de 1,80% quando executado com utilização de parede de concreto, sendo este sistema mais viável para o conjunto em questão, visto que esta comparação foi realizada para os custos com mão de obra e materiais apenas, não levando em consideração o prazo e a produtividade de cada sistema.

Lara e Pilonetto (2016) realizaram uma comparação entre o sistema de alvenaria estrutural e parede de concreto para a construção de 14 blocos de quatro pavimentos, com quatro apartamentos por andar, de 45,19 m² de área privativa cada, no padrão Minha Casa Minha Vida, conforme a Figura 12.

Figura 12 - Planta baixa do apartamento tipo



Fonte: LARA; PILONETTO (2016)

Lara e Pilonetto (2016) elaboraram uma tabela com o custo por metro quadrado de ambos o sistema conforme a quantidade de blocos, representada pela Figura 13.

Figura 13 - Custo por metro quadrado de ambos os sistemas construtivos

Nº de blocos	Alvenaria estrutural	Parede de concreto
1	R\$ 1.328,63	R\$ 1.764,57
2	R\$ 1.182,86	R\$ 1.293,52
3	R\$ 1.128,78	R\$ 1.139,87
4	R\$ 1.114,77	R\$ 1.073,81
5	R\$ 1.108,20	R\$ 1.040,30
6	R\$ 1.097,06	R\$ 1.006,39
7	R\$ 1.093,37	R\$ 989,26
8	R\$ 1.082,41	R\$ 969,87
9	R\$ 1.077,85	R\$ 955,26
10	R\$ 1.077,19	R\$ 948,39
11	R\$ 1.071,10	R\$ 940,14
12	R\$ 1.068,88	R\$ 931,28
13	R\$ 1.067,37	R\$ 927,02
14	R\$ 1.064,37	R\$ 920,49

Fonte: LARA; PILONETTO (2016)

Por meio dos dados dispostos, foi concluído que a partir de 4 blocos o sistema construtivo de parede de concreto se torna mais viável financeiramente.

Queiroz (2019) realizou um estudo comparativo entre alvenaria estrutural e parede de concreto para o empreendimento Residencial Cajazeiras I, com 300 apartamentos de 43,68 m² área construída, considerando um BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) de 20,34%. Os resultados alcançados estão representados na Figura 14.

Figura 14 - Comparativo de custos entre os métodos construtivos

MÉTODO EXECUTIVO	PREÇO TOTAL	UH	M ²	PREÇO TOTAL/M ²
Paredes de Concreto	15.677.566,94	52.258,56	43,68	1.196,40
Alvenaria Estrutural	16.911.973,07	56.373,12	43,68	1.290,59

Fonte: Adaptado de QUEIROZ (2019)

Assim, o sistema parede de concreto apresentou ser 7,30% mais barato que a alvenaria estrutural neste caso, com uma diferença de R\$ 1.234.370,13 para as 300 unidades habitacionais, representando uma economia considerável em relação a alvenaria estrutural.

Considerando a vida útil das fôrmas de alumínio, Queiroz (2019) inferiu que a utilização de dois conjuntos de fôrmas produziria aproximadamente 13 empreendimentos. Dessa forma, realizou-se um comparativo de custos considerando a vida útil das fôrmas (Figura 15), onde foi observada uma economia de R\$ 35.246.811,69, representado 16,03% do valor total dos 13 empreendimentos em alvenaria estrutural.

Figura 15 - Comparativo de custos entre os métodos construtivos

Nº de Empreendimentos	Valor do Custo Alvenaria Estrutural (RS)	Valor do Custo Parede de Concreto (RS)	Diferença de Custos (RS)	Diferença de Custos Acumulados (RS)
1	16.911.937,07	15.677.566,94	1.234.370,13	1.234.370,13
2	16.911.937,07	14.077.566,94	2.834.370,13	4.068.740,26
3	16.911.937,07	14.077.566,94	2.834.370,13	6.903.110,39
4	16.911.937,07	14.077.566,94	2.834.370,13	9.737.480,52
5	16.911.937,07	14.077.566,94	2.834.370,13	12.571.850,65
6	16.911.937,07	14.077.566,94	2.834.370,13	15.406.220,78
7	16.911.937,07	14.077.566,94	2.834.370,13	18.240.590,91
8	16.911.937,07	14.077.566,94	2.834.370,13	21.074.961,04
9	16.911.937,07	14.077.566,94	2.834.370,13	23.909.331,17
10	16.911.937,07	14.077.566,94	2.834.370,13	26.743.701,30
11	16.911.937,07	14.077.566,94	2.834.370,13	29.578.071,43
12	16.911.937,07	14.077.566,94	2.834.370,13	32.412.441,56
13	16.911.937,07	14.077.566,94	2.834.370,13	35.246.811,69

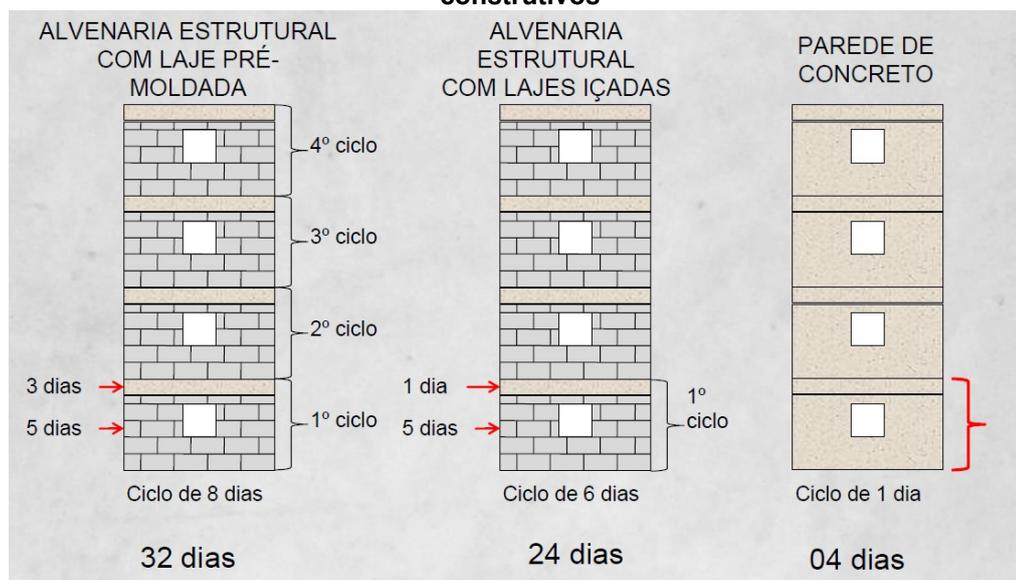
Fonte: Queiroz (2019)

Portanto, com os estudos apresentados fica evidente a vantagem financeira que o sistema parede de concreto possui quando utilizado em larga escala, como indicado pela ABCP (2012).

2.1.6 Comparação de Prazos

A parede de concreto possui a característica de realizar a moldagem *in loco* dos elementos de estrutura e vedação em uma única etapa (ABCP, 2012), esta vantagem competitiva em relação aos outros sistemas construtivos é representada pela Figura 16, onde é possível observar uma comparação da parede de concreto com a alvenaria estrutural com lajes pré-moldada e alvenaria estrutural com lajes içadas.

Figura 16 - Comparativo de ciclo de execução de paredes e lajes em diferentes sistemas construtivos



Fonte: ABCP (2012)

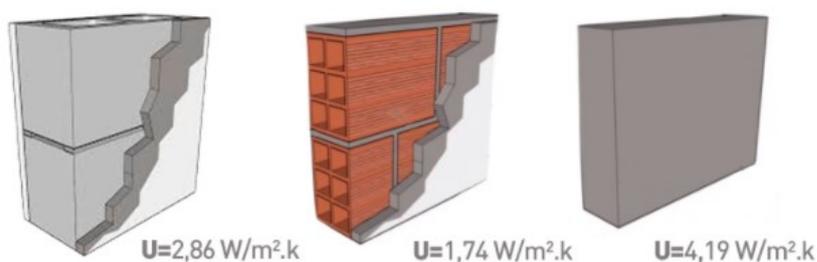
No estudo já citado de Lara e Pilonetto (2016), foi também realizado a comparação de prazo do sistema de parede de concreto e a alvenaria estrutural, onde foi concluído que para o estudo em questão um bloco executado por parede de concreto exige 73% do prazo necessário para a execução de um bloco em alvenaria estrutural. Vale ressaltar que esta discrepância aumenta conforme a quantidade de unidades habitacionais.

2.1.7 Comparação de conforto térmico

O grupo CA2 (2015) realizou um estudo comparativo de três tipos de sistemas construtivos: bloco de concreto com espessura de 9 cm e revestimento em argamassa, blocos cerâmicos com espessura de 9 cm e parede de concreto maciço de 12 cm de espessura.

A transmitância térmica, representada pela letra U ($W/m^2.K$) mede o fluxo de transferência de calor da face mais quente para a face mais fria. Os resultados obtidos pelo grupo estão apresentados na **Figura 17**.

Figura 17 – Transmitância térmica em diferentes sistemas construtivos



Fonte: CA2 (2015)

Pode-se observar um maior valor de transmitância térmica no sistema parede de concreto, sendo assim um o pior isolante dos três.

Outro dado levantado pelo CA2 é a capacidade térmica representada por C ($\text{kJ/m}^2\cdot\text{K}$). Essa propriedade mede a quantidade de calor que deve ser absorvida ou cedida por um corpo para que haja a variação de 1°C . Os resultados obtidos da capacidade térmica dos três tipos de sistemas construtivos estão apresentados na Figura 18.

Figura 18 - Capacidade térmica em três tipos de alvenarias



Fonte: CA2 (2015)

Sendo assim, o sistema parede de concreto possui maior capacidade de armazenar o calor do ambiente em sua estrutura, reduzindo a temperatura do ar que o circunda.

Baltokoski (2015) realizou um estudo comparativo de desempenho acústico entre o sistema de alvenaria convencional e parede de concreto moldada no local. Foi realizado um estudo de caso em um edifício residencial com quatro pavimentos e dois apartamentos por andar executado em alvenaria convencional com tijolos de 6 furos de largura 9 cm e um executado em parede de concreto com 8 cm de espessura e um revestimento de argamassa de 1,5 cm.

Os resultados obtidos indicam que a alvenaria padrão é um melhor isolante acústico que a parede de concreto, onde a alvenaria convencional possui um

$D_{2m,nT,w}$ de 50 dB e a parede de concreto de 46 dB. Ambos sistemas construtivos atendem à norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013).

2.2 Ferramentas de controle

Este capítulo refere-se às ferramentas utilizadas para registro das informações de planejamento e controle de execução.

2.2.1 Fichas de Verificação de Serviço (FVS)

Segundo Silva (2015), as Fichas de Verificação de Serviço se tratam de documentos de conferência de serviços para a construção de um empreendimento, verificando se os padrões de qualidade definidos pelas normas técnicas estão sendo atendidos.

2.2.2 Procedimento de Execução de Serviço (PES)

De acordo com Gehbauer (2002), o PES tem como função descrever a forma de como as principais atividades que ocorrem dentro do processo da construção devem ser executadas, podendo ser feito através de textos, checklists, tabelas, desenhos ou fotos.

Santos e Filho (2015) que este instrumento pode se tornar importante na busca da redução da variabilidade na qualidade das construções e na capacitação da mão de obra, evitando despesas e retrabalhos.

2.2.3 Linha de balanço

Losekann (2020), conceitua linha de balanço como uma técnica de planejamento e controle de prazo, que tem como objetivo organizar e planejar os locais da obra no tempo. Esta técnica possibilita que o engenheiro tenha uma visão ampla e simples do que está sendo realizado e o que ainda está faltando realizar.

Utilizada para o nível de planejamento de longo prazo, a linha de balanço deve possuir uma estratégia de sequenciamento da obra, para que as equipes realizem seus trabalhos de forma harmônica (RIBEIRO, 2020).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho teve abordagem quantitativa, com objetivo de gerar informações para aplicação prática no sistema de parede de concreto moldado *in loco* através da parametrização do sistema com desenvolvimento de indicadores de prazo e custo, e também qualitativa analisando as particularidades do sistema e avaliando as vantagens e desvantagens através de um estudo de caso.

A parametrização foi um processo de definição e dos parâmetros necessários para a especificação completa e relevante do sistema de parede de concreto moldado *in loco* com fôrmas metálicas.

Para contemplar os objetivos, a pesquisa foi exploratória tendo em vista que foi realizada uma análise de dados e um diagnóstico do sistema através do estudo de caso, a fim de tornar o tema mais explícito.

Para os procedimentos da pesquisa, foi realizada uma correlação entre a revisão bibliográfica e o estudo de caso. O levantamento do estudo teórico teve como objetivo definir o sistema construtivo em questão e familiarizar o leitor com o tema.

3.1 Empreendimento analisado no estudo de caso

Para o estudo de caso, foi abordado um bloco (Figura 19) de um condomínio residencial em execução situado na cidade de Londrina (580.870 habitantes), no norte do Paraná. Londrina ocupa a 25ª posição na categoria construção civil no *ranking* das “melhores cidades para fazer negócio”.

Figura 19 – Execução do sistema no estudo de caso



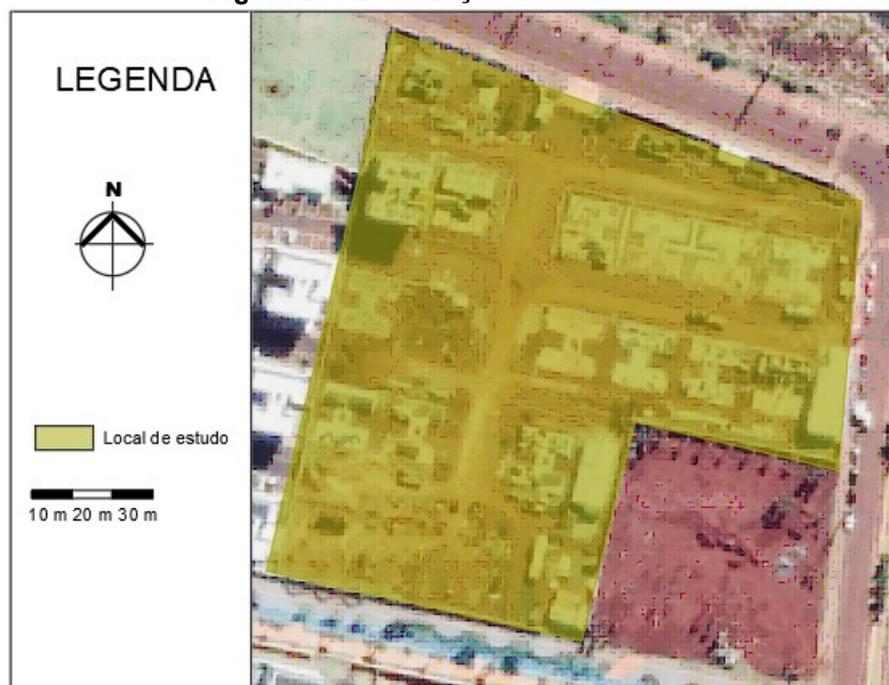
Fonte: Autoria própria (2021)

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2021), Londrina possui um déficit habitacional de 7,5 mil unidades. Com base nos dados da Companhia de Habitação de Londrina (Cohab-LD), existem atualmente com cerca de 55 mil pessoas com inscrição ativa na Companhia. Um estudo realizado com 22 construtoras e incorporadoras da região, prevê a construção de 18 mil unidades habitacionais populares.

A construtora, mencionada como Construtora γ , possui experiência a mais de 40 anos na construção civil e mais de uma década utilizando o sistema de parede de concreto, fazendo parte do grupo parede de concreto da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). A obra se encontra em fase de execução com entrega prevista para março de 2022.

O estudo de caso em questão foi realizado em um condomínio residencial fechado, financiado pelo programa Minha Casa Verde e Amarela, contendo 288 unidades, distribuídas em 18 blocos de 4 andares com 4 apartamentos por andar, com 39,60 m² cada apartamento, localizada conforme a Figura 20. A planta baixa do pavimento térreo, do pavimento tipo e da implantação do condomínio se encontram no Anexo 1. A visualização 3D do empreendimento executado é representada pela Figura 21.

Figura 20 - Localização do condomínio



Fonte: Google Earth (2021)

Figura 21 - Visualização 3D do empreendimento analisado



Fonte: Construtora y

O presente estudo levou como base a experiência do autor, que acompanhou o processo de execução, conferência e controle do sistema parede de concreto com utilização de fôrmas metálicas, em conjunto com uma equipe com 36 montadores de fôrmas metálicas e 14 membros administrativos.

3.2 Coleta de dados

Os dados e informações necessárias para execução deste trabalho foram obtidos pelos documentos de controle e qualidade elaborados pela Construtora y. Estes documentos são: o Procedimento de Execução de Serviço (PES), as Fichas de Verificação de Serviços (FVS), a planilha orçamentária e a linha de balanço do bloco.

Os PES's (Figura 22) são documentos que estabelecem padrões de como o serviço deve ser desenvolvido, indicando quais são os documentos de referência, materiais e equipamentos necessários para realização da atividade e detalhando as etapas de cada serviço.

As FVS's (Figura 23) são utilizadas para inspecionar as etapas do serviço realizado, sendo classificado como aprovado, reprovado ou não se aplica, tendo também o registro de data de abertura. Este documento possui fins de acompanhamento e anotações em campo, não sendo utilizado como base para determinação da produtividade.

Figura 22 - Procedimento de Execução de Serviço (PES)

PROCEDIMENTO DE EXECUÇÃO DE SERVIÇO PAREDE DE CONCRETO ESTRUTURA	IDENTIFICAÇÃO	PES 45A
	REVISÃO	10
	DATA	21/06/2021
	PÁGINA	1/41

SUMÁRIO

1	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	1
2	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS.....	2
3	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS:.....	2
4	LOCAÇÃO DA PAREDE.....	3
4.1	Condições de Início de Serviço.....	3
4.2	Método Executivo.....	4
4.2.1	Marcação de.....	4
4.2.2	Armação (para paredes e lajes).....	11
5	MONTAGEM DAS FORMAS.....	16
5.1	Condições de Início de Serviço.....	16
5.2	Método Executivo.....	17
5.2.1	Aplicação do Desmoldante.....	17
5.2.2	Montagem das Formas.....	17
5.2.3	Juntas de Dilatação.....	24
5.2.4	Nivelamento da Laje.....	25
5.2.5	Prumo, nivelamento e esquadro da forma.....	26

Fonte: Construtora y

Figura 23 - Ficha de Verificação de Serviço (FVS)

IMAGEM	PES	ATIVIDADE	INSPEÇÃO		
			A	R	NA
	45A	VI: Montagem da fôrma iniciada pelas paredes internas.			

Fonte: Construtora y

A planilha orçamentária (Figura 24) descreve todos os itens inclusos no orçamento e previstos para a execução da obra, detalhando e quantificando cada processo, resultando em um valor em reais.

A linha de balanço fornecida pela construtora (Figura 25) é utilizada como ferramenta de planejamento e controle do prazo e foi utilizada para obterem-se as horas trabalhadas pelos prestadores de serviços.

Em conjunto com a planilha orçamentária foi analisada a linha de balanço elaborada pela Construtora y para execução de um bloco construído em parede de concreto, de acordo com os processos internos da empresa.

Figura 24 - Planilha orçamentária de composições abertas para um bloco

Item	Cod. Material	Und.	Qtde.	Valor Unitário	Preço Total
ALVENARIA, ESCADA, MURO PRIVATIVO					198.750,99
ALVENARIA / PAREDE CONCRETO					175.899,76
TELA SOLDADA 100X100MM FIO 4,2MM Q138	1000044	M2	588,00	7,15	4.204,20
TELA SOLDADA 100X100MM FIO 5,0MM Q196	1000046	M2	29,40	10,11	297,23
TELA SOLDADA 150X150MM FIO 4,2MM Q92	1008039	M2	382,20	4,81	1.838,38
TELA SOLDADA 150X150MM FIO 4,2MM Q92	1008039	M2	2.748,90	4,81	13.222,21
TELA SOLDADA 150X150MM FIO 4,2MM Q92	1008039	M2	147,00	4,81	707,07
TELA SOLDADA 150X150MM FIO 4,2MM Q92	1008039	M2	209,89	4,81	1.009,57
TELA SOLDADA 100X100MM FIO 3,8MM Q113	1010275	M2	867,30	5,85	5.073,71
DESMOLDANTE LIQ. - ALUM/CONCRETO 200L	1021172	TMB	0,80	998	795,41
DESMOLDANTE LIQ. - ALUM/CONCRETO 200L	1021172	TMB	1,73	998	1.724,54

Fonte: Construtora y

Figura 25 – Linha de balanço



Fonte: Construtora y

Com base no orçamento da obra, foi realizado outro orçamento através da tabela da SINAPI com a data de março de 2021, similar à data do orçamento da obra, para região de Curitiba/PR, pois a tabela fornece preços de insumos e mão de obra, para todas as capitais do país. Assim, foi realizada uma análise de comparação de custos entre ambos orçamentos.

Com os orçamentos foi elaborada uma parametrização a fim de obter-se um custo por metro quadrado para o sistema parede de concreto com utilização de fôrmas metálicas. Foi realizada uma comparação entre os dois orçamentos, além de uma curva ABC para identificar os materiais com custos mais impactantes no orçamento e analisada suas divergências.

No orçamento foram consideradas as atividades principais para executar o sistema analisado, sendo estas: concretagem e fôrma, armação, instalações elétricas e instalações hidrossanitárias.

Através do PES e das FVS foi elaborado um esquema de sequenciamento retratando cada etapa necessária para execução do sistema de parede de concreto com as práticas estabelecidas pela construtora γ .

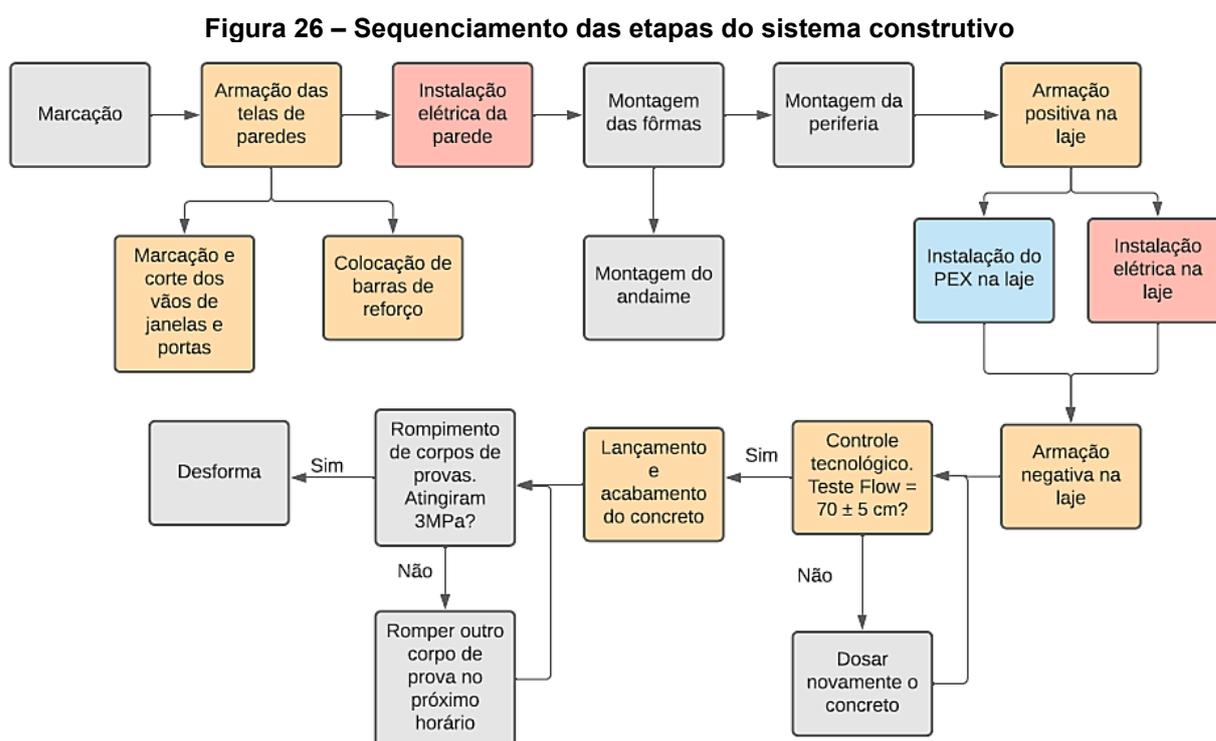
Por último foi realizada uma análise de todo o processo verificando os principais pontos encontrados de vantagens e desvantagens por meio da revisão bibliográfica e da experiência do autor neste sistema construtivo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentadas todas as ferramentas e considerações para realização da parametrização do sistema de parede de concreto, a comparação com o orçamento realizado através da SINAPI e a descrição das etapas deste método construtivo.

4.1 Etapas do processo

Para melhor compreensão do sequenciamento de atividades a serem executadas no sistema parede de concreto no estudo de caso em questão, foi elaborado a Figura 26 e detalhado a seguir conforme os documentos de referência da Construtora γ .



Fonte: Autoria própria (2021)

No estudo de caso em questão, os blocos construídos possuem como fundação estacas com radier, onde são realizados furos e os arranques são colados com adesivo estrutural à base de resina epóxi. Estes arranques fazem a ligação parede/fundação, como apresentado na Figura 27.

Figura 27 - Arranques de ligação parede e fundação

Fonte: Autoria própria (2021)

Em seguida é realizada a marcação com utilização de uma pistola finca-pinos a gás, distanciadores plásticos e giz de linha, os distanciadores possuem o diâmetro igual a espessura da parede (10 cm), de forma que a parte inferior das placas que serão postas futuramente, estejam separadas por esta distância. Dessa forma o item 13.1 da NBR 16055 (ABNT, 2012) de espessura mínima de 10 cm das paredes com altura de até 3 m está sendo respeitado.

É importante que a marcação das paredes fique com uma folga de pelo menos 5 cm de todo perímetro do lajão (radier), para que seja possível apoiar a base das fôrmas metálicas no mesmo.

A **Figura 28** representa como resulta a marcação das paredes.

Figura 28 - Marcação das paredes

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 30 - Armação e elétrica da parede

Fonte: Autoria própria (2021)

Após a montagem é realizada a conexão dos conduítes da parede com os pontos de luz e conduítes da laje.

Com a instalação elétrica realizada, o apartamento encontra-se pronto para que as fôrmas sejam montadas. Os montadores de fôrmas metálicas são divididos em equipe, de forma que cada um fica responsável por um cômodo e uma dupla responsável pelas as paredes externas de cada apartamento, constituindo 10 funcionários para a interna do apartamento, 4 para a parte externa do apartamento e 2 para a montagem do hall.

Então, as placas são transportadas do apartamento que recebeu a última concretagem até o local onde o montador é responsável.

Primeiramente, é utilizado um desmoldante passado com um rolo na face da placa da parede que estará em contato direto com o concreto que será lançado. O tipo utilizado foi desmoldante vegetal Lifemold Acqua, que rende 0,25 ml/m² e não é removido da placa em caso de chuva, tendo como base de consumo 19 litros por apartamento.

A montagem das placas é iniciada pelas placas de parede que variam de 10 a 60 cm de largura por 2,17 m, começando pelos cantos dos cômodos. Nesta etapa são utilizados todos os acessórios citados no Quadro 2. Em seguida é realizada a montagem do o teto dos cômodos, como representado na Figura 31.

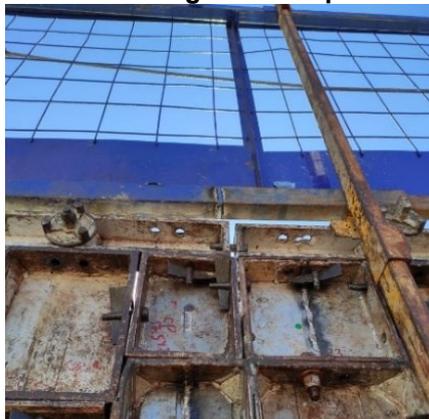
Figura 31 - Montagem dos cômodos

Fonte: Aatoria própria (2021)

As fôrmas utilizadas, são em sua maioria peças adaptadas, seja através de cortes, furos ou emendas, que são realizadas através de uma equipe de serralheria que presta serviço para empresa. Para isso, o item 18.2.2 da NBR 16055 (ABNT, 2012) alarma sobre o reaproveitamento de fôrmas, visto que em um processo de utilização sucessiva, as características e a capacidade resistente da fôrma devem ser verificadas.

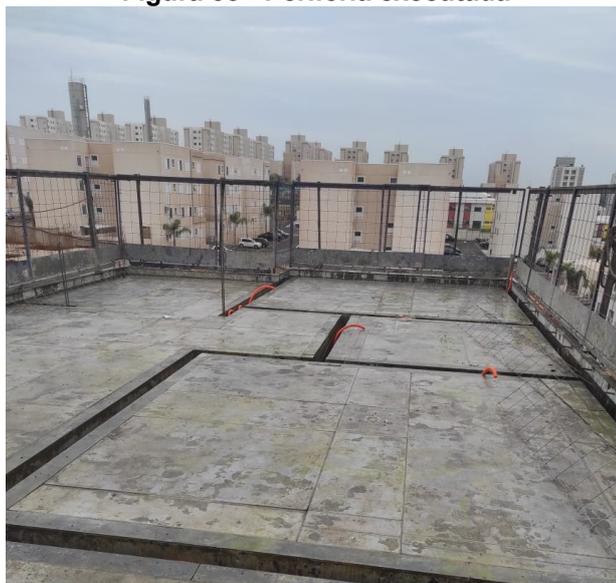
Com as fôrmas montadas, os montadores iniciam a montagem das estruturas de segurança: periferia e andaime.

A periferia é montada através de peças metálicas com objetivo de cercar todo perímetro do apartamento com guarda-corpos que são apoiados em estruturas fixadas nas placas, como indica a Figura 32 e Figura 33.

Figura 32 - Poste guarda-corpo instalado

Fonte: Aatoria própria (2021)

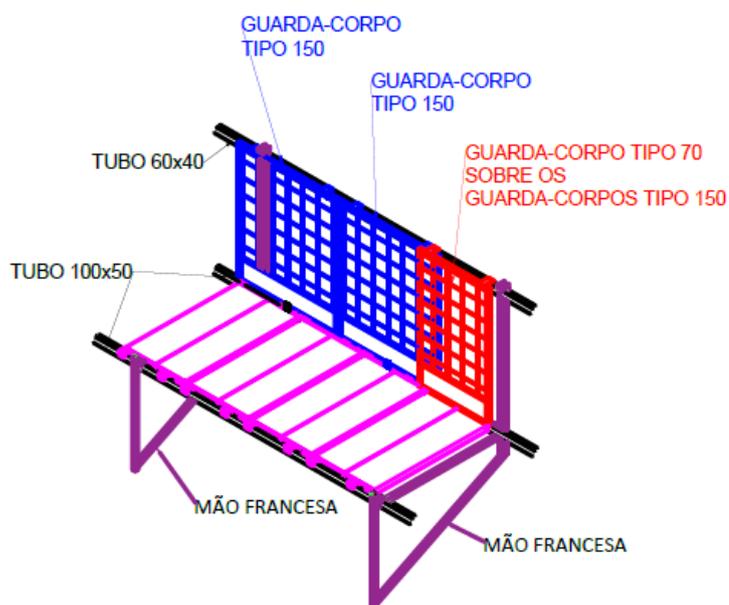
Figura 33 - Periferia executada



Fonte: Aatoria própria (2021)

O andaime é montado também com peças metálicas ao redor do apartamento que será o próximo a ser montado, de forma que fique pronto para a utilização tanto de armadores quanto dos próprios montadores. O andaime é um conjunto de mão francesa com tubos de apoio, sustentado as plataformas e os guarda-corpos, como representado pela Figura 34.

Figura 34 - Montagem do andaime



Fonte: Construtora γ (2021)

Em conjunto ao andaime são colocados os postes de sustentação da linha de vida, também em todo o perímetro do apartamento.

Com as estruturas de segurança prontas, é aplicado o mesmo desmoldante na face das placas da laje, como representado na Figura 35.

Com esta etapa realizada, é iniciada a execução da armadura positiva da laje (Figura 35) onde são colocadas telas e barras de reforço conforme indicado no projeto. Para garantir o cobrimento do concreto na laje é colocado espaçadores do tipo centopeia.

Figura 35 - Aplicação do desmoldante na laje e Execução da armadura positiva



Fonte: Autoria própria (2021)

Com a armadura positiva posta, a laje está preparada para receber os eletricitistas e os encanadores para executar as passagens pela laje.

Os eletricitistas instalam caixa de luz e seus conduítes onde estão previstos os pontos de iluminação, conectando os conduítes da laje com os conduítes da parede.

Já os encanadores executam a passagem de água fria e água quente através do sistema PEX (polietileno reticulado flexível), que são tubos flexíveis que não sofrem corrosão.

Encerrada as instalações na laje, a mesma se encontra na situação representada pela Figura 36.

Figura 36 - Instalações elétricas e hidráulicas na laje

Fonte: A autoria própria (2021)

Acima dos conduítes são colocadas armaduras negativas onde existem paredes, de forma que resistam ao momento negativo causado. Além disso, são colocados arranques para o próximo pavimento, assim como executado na fundação.

Com o conjunto de fôrmas montado é realizado um fechamento na base da fôrma para conter o escoamento do concreto através do uso de lonas ou de EVA. A Figura 37 representa a laje pronta para o início da concretagem.

Figura 37 - Laje executada

Fonte: A autoria própria (2021)

O concreto utilizado para parede de concreto é produzido em uma usina localizada a 22 km da obra, sendo o volume de três a quatro caminhões betoneira para cada concretagem (24 m³ para dois apartamentos e 32 m³ para dois apartamentos mais o hall).

Antes de iniciar a concretagem é realizado o controle tecnológico do concreto por uma empresa terceirizada alocada dentro da própria obra. Primeiramente, o concreto é recebido, e é realizado o teste de *slump*, conforme indica a Figura 38a.

Verificado o *slump* do concreto, o motorista do caminhão betoneira dosa o concreto adicionando um galão de 21L de aditivo específico e rotaciona a betoneira por cerca de 8 minutos, com objetivo de tornar o concreto auto-adensável com um espalhamento de 70 ± 5 cm. A Figura 38b representa o resultado final do concreto.

Figura 38a - Realização do teste de slump



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 38b - Realização do teste de flow



Fonte: Autoria própria (2021)

São coletados 10 corpos de prova por caminhão, e imersos em um recipiente com água de forma que sejam rompidos da seguinte maneira:

- 2 rompimentos após 12 horas;
- 2 rompimentos após 3 dias;
- 1 rompimento após 7 dias;
- 2 rompimentos após 14 dias;
- 2 rompimentos após 28 dias;
- 1 rompimento após 63 dias.

Desta forma, o caminhão betoneira se dirige ao local da concretagem onde a bomba de concreto já está patolada. O ideal é que após a dosagem do concreto, não tenha um grande intervalo de tempo até o início da concretagem, visto que este concreto pode atingir seu vencimento e perder sua qualidade.

Assim, inicia-se a concretagem, onde um funcionário fica responsável pelo direcionamento do concreto e outro pelo acabamento da laje com utilização de uma régua, iniciando o lançamento no encontro de 4 paredes (centro do bloco entre os apartamentos).

Executado o conjunto parede-laje de concreto, deve-se aguardar que o concreto adquira resistência mínima de 3 MPa para que permita a remoção das placas metálicas sem causar danificações estruturais. O tempo para atingir essa resistência é especificado pela concreteira de 12 horas após o lançamento.

Esta resistência é avaliada a partir do rompimento dos corpos de provas coletados dos caminhões da respectiva concretagem. O ensaio é realizado dentro do canteiro através de uma prensa hidráulica identificada pela Figura 39.

Figura 39 - Prensa hidráulica



Fonte: Autoria própria (2021)

Ao atingir 3 MPa os pinos e acessórios de travamentos são retirados, é realizada também a limpeza das placas, tirando o excesso e resquícios de concreto através de uma espátula. Todas as placas são removidas com exceção da placa e a escora central da laje de cada cômodo (Figura 40). Esta pode ser removida quando o concreto atingir resistência de 15 MPa, normalmente ocorre após 14 dias.

Figura 40 - Escoramento central

Fonte: Autoria própria (2021)

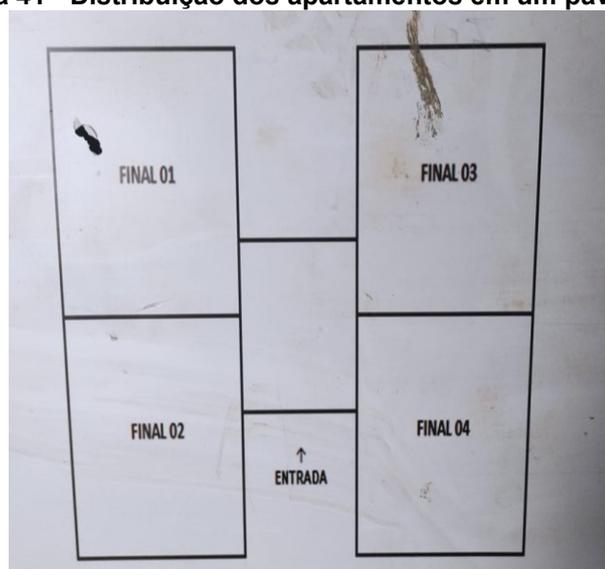
Mesmo com a utilização de desmoldantes, sempre ficam resíduos de concreto fixados nas fôrmas. Dessa maneira, sempre, antes de iniciar a nova montagem, deverá ser utilizadas espátulas em todas as fôrmas para a retirada do concreto. A não retirada dos resíduos acarreta no aumento das dimensões das paredes. Quanto mais cedo for retirado o resíduo, mais fácil será sua remoção.

Após a desforma, as paredes devem apresentar uma superfície uniforme, sem armaduras ou conduítes expostos e concretos desagregados. No caso de ferragem exposta, devem ser tratadas com uma tinta anticorrosiva e preencher com graute estrutural industrializado.

O item 20 da NBR 16055 (ABNT, 2012) exige a execução da cura do concreto, logo após a desforma das paredes de forma que evite a secagem prematura e possibilite a resistência e durabilidade adequada. Já no estudo de caso em questão não foi observado em nenhum momento a etapa de cura do concreto, confrontando a norma vigente.

Então, é iniciada a montagem da próxima estrutura. As estruturas têm sua sequência de montagem dividida em duas etapas: a primeira é realizada nos apartamentos com final 01 e 02 e hall, e a segunda é executada nos apartamentos com final 03 e 04 (Figura 41).

Figura 41 - Distribuição dos apartamentos em um pavimento



Fonte: Construtora γ (2021)

Por último, são sacadas todas as faquetas e camisinhas, e os espaços que elas ocupavam são preenchidos com ACII ou ACIII.

4.2 Parametrização e comparação dos orçamentos

Com base nos documentos fornecidos pela construtora, nas análises *in loco*, e os parâmetros utilizados pela SINAPI, observou-se que para realizar a parametrização foi necessário realizar alterações para que os itens do estudo de caso e da SINAPI ficassem compatíveis entre si.

A mão de obra da empresa é, em sua maioria, terceirizada, exceto os montadores de fôrmas metálicas. O pagamento do serviço para o empreiteiro é considerado por apartamento, e para a SINAPI a mão de obra é considerada por hora trabalhada.

Dessa forma, com base na linha de balanço da obra, foram calculadas quantas horas os terceirizados (armadores, eletricitas e encanadores) levariam para executar 16 apartamentos, equivalente a um bloco.

Outra consideração realizada para compatibilidade dos dados foi não considerar o custo das fôrmas metálicas, visto que no orçamento da Construtora γ este item não está incluso, uma vez que é uma aquisição permanente da empresa, e não do custo de apenas uma obra. Desta maneira, os custos das fôrmas metálicas foram removidos das composições de montagem de fôrmas no orçamento da

SINAPI. Esta questão também se estende as peças metálicas da estrutura de segurança.

No estudo de caso em questão, os montadores de fôrmas metálicas não possuem a ajuda de um servente, alterando mais uma vez as composições de montagem de fôrmas (SINAPI – 90997, 90998 e 91000).

Para o orçamento da SINAPI foi adicionado o insumo de aditivo acelerador de pega e endurecimento (SINAPI – 124), como o utilizado no estudo de caso.

Outra conversão foi realizada para as telas de aço, onde no orçamento do estudo de caso, os custos das telas foram calculados por valor de unidade, já a SINAPI utiliza em sua composição a unidade de quilogramas de material.

A parametrização base do estudo de caso e a parametrização executada por meio da SINAPI encontram-se no Apêndice A. Onde está discriminado cada item, com sua quantidade, custo unitário e custo final.

Os resultados obtidos através da parametrização do orçamento do estudo de caso e do orçamento realizado da SINAPI estão representados pela Tabela 1.

Tabela 1 – Comparação do custo para execução de um bloco em parede de concreto (custos referentes a março de 2021)

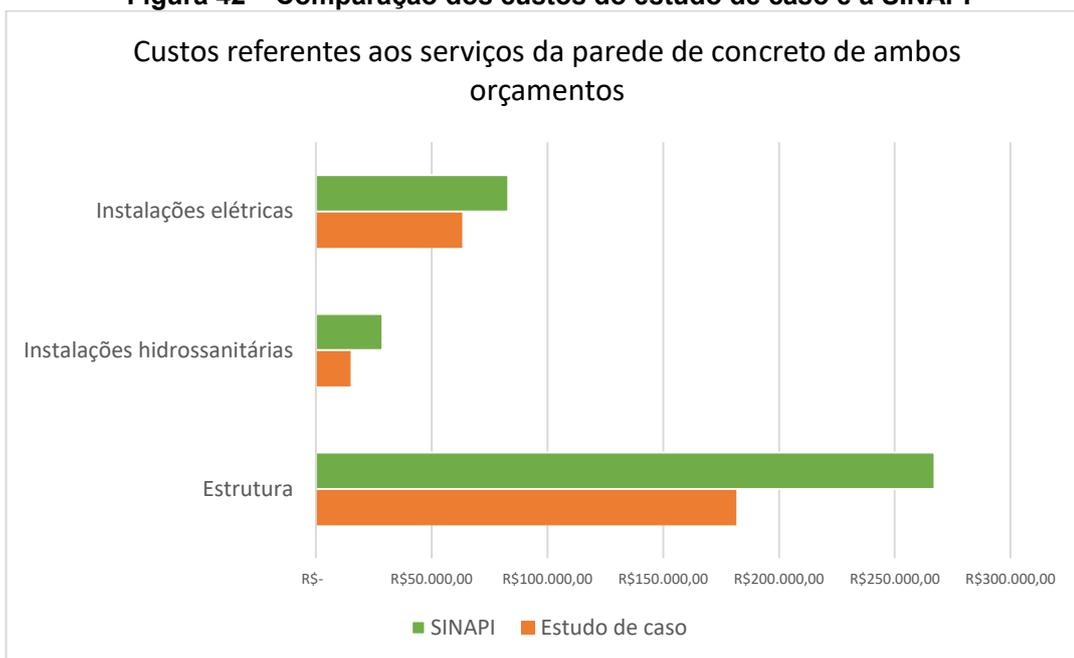
	Estudo de caso		SINAPI		Distorção
Estrutura	R\$	181.553,40	R\$	273.995,81	50,92%
Instalações hidrossanitárias	R\$	14.937,78	R\$	28.706,11	92,17%
Instalações elétricas	R\$	63.201,18	R\$	83.028,87	31,37%
Custo total	R\$	259.692,37	R\$	385.730,79	
Custo unitário (R\$/m²)	R\$	346,71	R\$	514,98	48,53%

Fonte: Autoria própria (2021)

Quando comparado os valores, observa-se uma distorção de 48,53% superior ao orçamento realizado pela SINAPI em relação ao custo orçado da obra.

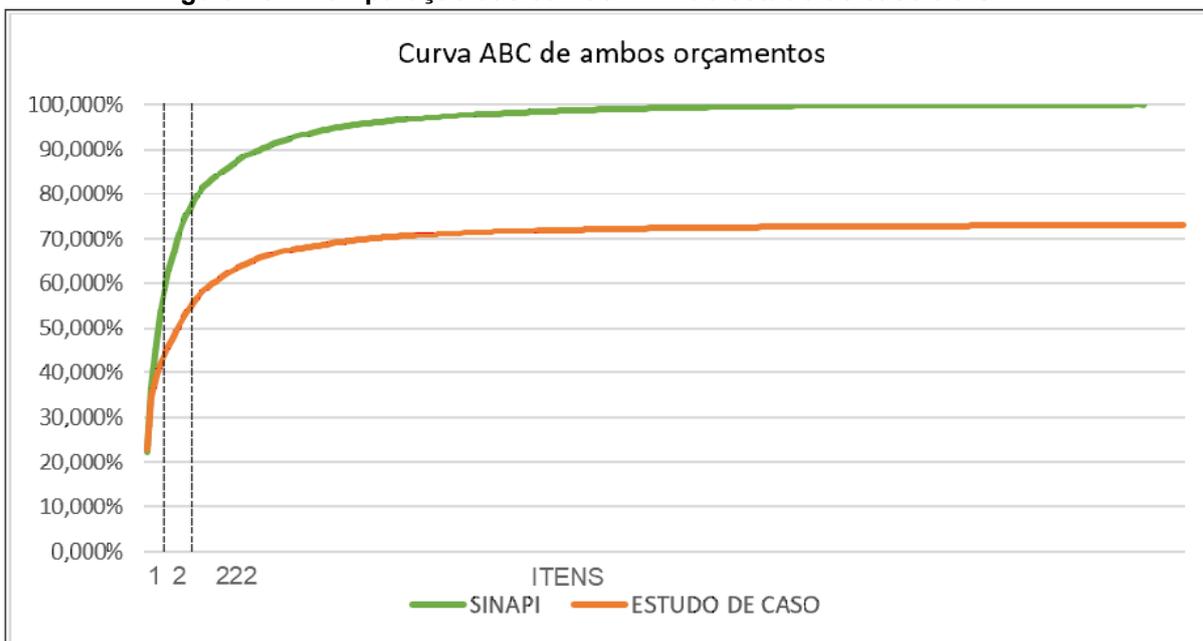
A comparação realizada através de gráficos e da curva ABC apresentou resultados proporcionais entre os orçamentos comparados, indicando que foram realizadas as mesmas considerações em relação ao levantamento de dados, como indicado na Figura 42 e Figura 43.

Figura 42 – Comparação dos custos do estudo de caso e a SINAPI



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 43 – Comparação das curvas ABC do estudo de caso e a SINAPI



Fonte: Autoria própria (2021)

Para melhor análise de como estão distribuídos os custos de cada serviço para um bloco do sistema construtivo em questão, elaborou-se a Tabela 2.

Tabela 2 – Porcentagem do total do custo do Bloco para cada serviço

	Estudo de caso	SINAPI
Estrutura	69,91%	71,03%
Instalações hidrossanitárias	5,75%	7,44%
Instalações elétricas	24,34%	21,53%
TOTAL	R\$ 259.692,37	R\$ 385.730,79

Fonte: Autoria própria (2021)

Para melhor compreensão deste resultado, analisou-se o item de maior custo (estrutura) e o de maior distorção (instalações hidrossanitárias).

Em ambos os orçamentos os serviços do item estrutura correspondem a aproximadamente 70% do custo total do orçamento do bloco. A distorção maior se encontra no valor da armação, aproximadamente duas vezes e meia maior que o orçado no estudo de caso, com uma diferença significativa de R\$ 68.322,57, apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação da estrutura do sistema parede de concreto

	Estudo de caso		SINAPI		Diferença	Distorção
Concretagem e forma	R\$	135.532,54	R\$	159.652,38	R\$ 24.119,84	17,8%
Armação	R\$	46.020,86	R\$	114.343,43	R\$ 68.322,57	148,5%

Fonte: Autoria própria (2021)

Um dos fatores que causam esta diferença proporcional é a dimensão da empresa no mercado da construção, sendo um nome forte em todo território nacional, conseguindo atingir custos extremamente competitivos devido ao volume de insumos que é negociado.

A tabela da SINAPI utilizada tem como referência a cotação de custos na construção civil da cidade de Curitiba, no Paraná. Portanto, para o estudo de caso em Londrina, os valores estão sujeitos a divergências devido a variação de preços regionais.

Através de uma curva ABC para os itens de instalações hidrossanitárias, foi elaborada a Tabela 4 a fim de identificar os itens que estão causando a maior distorção dos serviços do sistema, de 92,17%.

Tabela 4 – Distorção dos itens hidrossanitário

DESCRIÇÃO	Estudo de caso	SINAPI	Distorção
TUBO ESG 6M 100MM (NORMAL)	R\$ 654,71	R\$ 1.703,04	584%
TUBO ESG 6M 50MM (NORMAL)	R\$ 248,95	R\$ 631,68	291%
TUBO ESG 6M 75MM (NORMAL)	R\$ 1.119,19	R\$ 2.184,84	234%
CONEXAO MOVEL PEX 25MMX3/4"	R\$ 161,40	R\$ 479,88	197%
CONEXAO MOVEL PEX 20MMX3/4"	R\$ 327,96	R\$ 708,40	195%
TUBO PEX 20MM	R\$ 1.390,09	R\$ 3.458,07	149%
TUBO ESG 6M 40MM (NORMAL)	R\$ 424,90	R\$ 936,62	120%
TUBO SOLD 6M 20MM	R\$ 558,14	R\$ 1.211,52	116%
ADESIVO RESINA AZ PVC 850G	R\$ 549,22	R\$ 999,04	82%
SOLUCAO LIMPEZA PREPARADORA 1000ML	R\$ 561,48	R\$ 1.382,40	24%
SERVIÇO DE EXECUÇÃO	R\$ 5.048,96	R\$ 5.656,32	12%
CAP PVC, SERIE R, DN 150 MM, PARA ESGOTO OU AGUAS PLUVIAIS PREDIAIS	-	R\$ 442,83	-
RALO FOFO COM REQUADRO, QUADRADO 300 X 300 MM	-	R\$ 469,32	-
JUNCAO SIMPLES, PVC SERIE R, DN 100 X 100 MM, PARA ESGOTO OU AGUAS PLUVIAIS	-	R\$ 463,60	-
ANEL BORRACHA PARA TUBO ESGOTO PREDIAL, DN 100 MM (NBR 5688)	-	R\$ 453,60	-
LUVA SIMPLES, PVC, SOLDAVEL, DN 100 MM, SERIE NORMAL, PARA ESGOTO PREDIAL	-	R\$ 413,19	-
BASE REGISTRO GAVETA 25MM	R\$ 161,76	-	-
PASTA LUBRIFICANTE PVC - 1KG	R\$ 240,46	-	-
TOTAL	R\$ 11.447,22	R\$ 21.594,35	88,64%

Fonte: Autoria própria (2021)

Foram analisados os itens que correspondem a 80% do custo total das instalações hidrossanitárias, e observou-se uma maior distorção nos valores das tubulações PEX e suas conexões e para os tubos de PVC para esgoto de 50 mm, 75 mm e 100 mm. Reforçando assim, os custos competitivos de materiais alcançados pela construtora.

A menor distorção ocorre na mão de obra, o item mais elevado dos orçamentos. Esta distorção de 12% é justificada pelo fato de que o volume de serviços negociados não faz com que a mão de obra seja significativamente mais barata, tendo um comportamento diferente dos outros insumos.

Outro motivo que explica está distorção é de que, por atuar em diferentes cidades e regiões, a empresa não tem condições de trabalhar com apenas uma equipe, necessitando contratar mão de obra local e utilizando custos regionais.

4.3 Vantagens e desvantagens

As vantagens e desvantagens observadas ao longo do estudo foram representadas para melhor concepção do sistema construtivo em questão.

4.3.1 Análise das vantagens

Visto como vantagem principal e direta deste método construtivo tem-se a velocidade de execução. Com uma execução rápida existe a maior garantia do cumprimento do prazo estipulado, um prazo mais curto e uma redução de custos indiretos.

O planejamento ideal é de que todo dia a equipe consiga concretar as paredes e lajes de dois apartamentos ou dois apartamentos mais o hall. Levando assim 8 dias úteis para execução de um bloco de apartamentos. Porém, na prática diversos fatores podem interferir no desempenho do planejamento, como por exemplo:

- Atraso de qualquer etapa anterior a montagem (marcação, armação, elétrica e hidrossanitária);
- Dias com chuva intensa;
- Dias de baixas temperaturas ($<13^{\circ}$) fazendo com que o concreto não atinja a resistência de 3 MPa solicitada;
- Dias em que a concretagem ocorre tarde (após as 18h00) e o concreto não atinge resistência prevista em 12 horas no outro dia de manhã.

No estudo em questão, a parede de concreto se iniciou no dia 30/04/2021 e com 135 dias trabalhados foram executados 14 blocos, aproximadamente um bloco a cada 10 dias úteis.

A maneira como foi acordado o pagamento e as possíveis bonificações para os montadores de fôrmas metálicas, trazem para o trabalhador uma satisfação financeira melhor e o motiva ao trabalho em equipe e a produtividade. Existem duas possíveis formas de recompensas: produção acima da média e zero faltas durante o mês. Está primeira, fica acordado com a administração que a partir de 14 concretagens os funcionários recebem o valor por cada produção a mais. A segunda forma estimula o funcionário a não faltar, recompensando-o em R\$200,00 ao final do mês caso não tenha nenhuma falta.

Outra vantagem deste sistema é uma diminuição de resíduos dentro do canteiro, tendo assim um canteiro mais limpo e otimizado, como representado pela Figura 44a e Figura 44b.

Figura 44a - Rua do canteiro



Fonte: Autorial própria (2021)

Figura 44b – Caminho seguro no canteiro



Fonte: Autorial própria (2021)

O acabamento após a concretagem também é visto como uma vantagem pelo fato de não necessitar de argamassa para parede, encurtando o processo. O sequenciamento após a concretagem é a realização do pós-parede, onde são calafetados os pontos de faqueta para início da pintura do apartamento.

4.3.2 Análise das desvantagens

Através do estudo feito pelo grupo CA2 (2015), o sistema de parede de concreto, possui uma transmitância térmica (U) superior ao sistema convencional e de alvenaria estrutural, sendo o pior isolante térmico dos três.

Além disso, o grupo CA2 (2015) também aponta que o sistema parede de concreto possui um isolamento acústico inferior ao sistema convencional, estando mais sujeitas a ruídos e vibrações, porém segue atendendo aos parâmetros da NBR 15575 (ABNT, 2013). Vale ressaltar que não foi realizado nenhum estudo sobre esse assunto no estudo de caso, baseando-se apenas na revisão de literatura.

Outra desvantagem que existe neste sistema é a necessidade de equipamento para movimentação de carga no canteiro de obra, como um *munky*, empilhadeira ou grua, operando para o transporte das peças metálicas.

Existe também uma limitação ao morador do apartamento, não podendo realizar alterações em paredes internas visto que todas paredes têm função estrutural.

Vale ressaltar que o investimento inicial para este sistema é muito alto, visto que as peças para este sistema são das mais complexas possíveis e sob medida. A título de consideração, o custo de aquisição destas peças para uma estrutura como a analisada no estudo de caso, varia entre R\$1.800,00 a R\$2.000,00 o metro quadrado da fôrma metálica. De forma que para uma primeira obra, o valor de construção seria de R\$ 2.246,71/m².

5 CONCLUSÕES

Conforme a evolução das empresas no ramo da construção e das novas tecnologias adaptar-se a novos métodos construtivos faz parte do processo. A popularidade do sistema de parede de concreto vem crescendo a cada ano que passa, de forma que se torna cada vez mais importante a produção de conteúdo sobre este assunto.

A parede de concreto traz um modelo de produção na construção civil mais industrializado que os demais, visto a velocidade, eficácia da produção e qualidade. A barreira de entrada para as construtoras é o investimento inicial para aquisição das fôrmas, porém depois de adquirido, esse valor se amortizará conforme a reutilização das peças.

Por meio da análise dos orçamentos, o valor parametrizado para este sistema construtivo envolvendo custo, prazo e produtividade foram de R\$ 346,71/m² para o estudo de caso e R\$ 541,98/m² para a SINAPI, representando uma distorção de 48,53%.

Considerando que essas peças seriam reutilizadas em até 500 vezes, o valor seria de R\$ 350,51/m² para o estudo de caso e R\$ 545,78/m² para a SINAPI.

Portanto, conclui-se que esta tecnologia está sendo cada vez mais implementada na construção civil, devido a sua velocidade de produção, a amortização do custo inicial e a alta replicabilidade, resultando assim em uma obra mais eficiente e sustentável, onde o construtor e o cliente recebem benefícios.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

O presente estudo possibilita trabalhos futuros referentes ao sistema parede concreto, como:

- Comparação de orçamentos de parede de concreto com a tabela da TCPO, para analisar se a distorção encontrada seria quão diferente em relação a tabela da SINAPI;
- Analisar as propriedades de conforto térmico referente ao sistema parede de concreto e compará-la com outros sistemas construtivos;

- Desenvolver um orçamento envolvendo os serviços de acabamento do sistema;
- Realizar um estudo da produtividade da mão de obra deste sistema construtivo;

REFERÊNCIAS

ARÉAS, D. M. **Descrição do Processo Construtivo de Parede de Concreto para Obra de Baixo Padrão**. Projeto de Graduação – UFRJ/Escola Politécnica/Curso de Engenharia Civil, 2012.

ARCELORMITTAL. **Quais são os desafios e as oportunidades gerados pela Covid-19 no setor da construção civil**. 1 de abril de 2021. Disponível em: <https://blog.arcelormittal.com.br/setor-da-construcao-civil/>. Acesso em 28 de setembro de 2021.

ASSAHI, P. N. **Sistema de Fôrma para estrutura de concreto**. 2005. Disponível em: http://www.deecc.ufc.br/Download/TB736_construcao%20de%20edificios/Estruturas%20de%20Concreto%20Armado_agosto%20de%202005/Texto%20Paulo%20Assahi%20-%20SISTEMAS%20DE%20F%C3%94RMAS.pdf. Acesso em: 31 de julho de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Parede de concreto: coletânea de ativos, 2007-2008**. Disponível em: <https://abcp.org.br/coletanea-de-ativos-em-paredes-de-concreto-2009-2010/>. Acesso em: 31 de julho de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Parede de concreto: coletânea de ativos, 2009-2010**. Disponível em: <https://abcp.org.br/coletanea-de-ativos-em-paredes-de-concreto-2008-2009/>. Acesso em: 31 de julho de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11768**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575 - Edificações habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15823-1**: Concreto auto-adensável. Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15823-2**: Concreto auto-adensável. Parte 2: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento - Método do cone de Abrams. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16055 - Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações - Requisitos e procedimentos**. Rio de Janeiro, 35 páginas, 2012.

BALTOKOSKI, P. L. C. **Comparativo térmico e acústico entre os métodos construtivos, alvenaria convencional e parede de concreto moldada no local**. TCC, Universidade Tecnológica Federal do Paraná/Curso de Engenharia Civil - Campus Pato Branco, 2015.

BRAGUIM, T. C. **Utilização de Modelos de Cálculo para Projeto de Edifícios de Paredes de Concreto Armado Moldadas no Local**. 2013. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

BRASIL, Governo do. **Programa Casa Verde e Amarela agora é lei**. 14 de janeiro de 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/assistencia-social/2021/01/programa-casa-verde-e-amarela-agora-e-lei>. Acesso em: 31 de julho de 2021.

CA2. CONCEITOS BÁSICOS DE CONFORTO AMBIENTAL. Disponível em: <https://ca-2.com/conceitos-basicos-de-conforto-ambiental/>. Acesso em: 12 de outubro de 2021.

CADIUM. **Desmoldante de concreto em Altamira**. 1 de dezembro de 2020. Disponível em: <https://cadium.com.br/desmoldante-de-concreto-em-altamira/>. Acesso em: 31 de julho de 2021.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Parede de concreto**, 2012. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/parede-de-concreto/>. Acesso em: 31 de julho de 2021.

CORSINI, R. Paredes normatizadas. **Téchne**, São Paulo, n. 183, dezembro 2011.

CUNHA, G. A. C. Déficit habitacional: o tamanho da desigualdade social no Brasil. **Boletim Economia Empírica**. ISSN: 2675-3391. Vol. 1, n. 1, 2020.

FROIS, M. **Engenharia civil: o termômetro da economia brasileira**. Toledo Prudente, 19 de maio de 2017. Disponível em: <http://hs.toledoprudente.edu.br/blog-de-engenharia-civil/engenharia-civil-o-term%C3%B4metro-da-economia-brasileira>. Acesso em: 31 de julho de 2021.

GEHBAUER, F. **Planejamento e gestão de obras**. Um resultado prático da cooperação técnica Brasil – Alemanha. 2ª edição. Curitiba: CEFET – PR. 2002.

GÓES, B. P. **Paredes de Concreto Moldadas “in loco”, Estudo do Sistema Adotado em Habitações Populares**. 2013. 47 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PIB cai 4,1% em 2020 e fecha o ano em R\$ 7,4 trilhões**, 2021. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/30165-pib-cai-4-1-em-2020-e-fecha-o-ano-em-r-7-4-trilhoes>. Acesso em: 31 de julho de 2021.

IMS, Construtora. **Parede de concreto cresce entre opções de sistema construtivo para habitação popular**. Maio de 2018. Disponível em: <http://www.imsconstrutora.com.br/?p=6616>. Acesso em: 31 de julho de 2021.

LARA, B. S.; PILONETTO, C. V. **Comparação entre os sistemas construtivos de alvenaria estrutural e paredes de concreto monolíticas moldadas in loco**. TCC,

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Curitiba/Curso de Engenharia Civil, 2016.

LIMA, L. L.; LIMA, L. S. **Como é um Plano de Concretagem**. 2012. Disponível em: <http://www.clubedoconcreto.com.br/2015/03/como-e-um-plano-de-concretagem.html>. Acesso em: 26 de novembro de 2021.

LORENCETO, D.. **Sistemas construtivos: TUDO o que você precisa saber sobre paredes de concreto *in loco***. Engenharia 360, 28 de fevereiro de 2018. Disponível em: <https://engenharia360.com/sistemas-construtivos-tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-paredes-de-concreto-moldadas-in-loco/>. Acesso em: 31 de julho de 2021.

LOSEKANN, G. **O que é linha de Balanço**, 17 de julho de 2020. Disponível em: <https://www.prevision.com.br/linha-de-balanco-o-que-e/>. Acesso em: 26 de setembro de 2021.

MACÊDO, J. S. de. **Um estudo sobre o sistema construtivo formado por paredes de concreto moldadas no local**. TCC, Universidade Federal da Paraíba/Curso de Engenharia Civil, 2016.

MACHADO, G. de O.; GOMES, M. H. A.. **Análise de desempenho termoacústico do sistema construtivo de paredes de concreto**. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 59 p. 2019.

MAYOR, A. V. **O concreto e o sistema parede de concreto**. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/artigos/o-concreto-e-o-sistema-paredesdeconcreto>>. Acesso em: 31 de julho de 2021.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. Paredes de concreto. **Téchne**, São Paulo, n. 147, Junho 2009.

MONGE, R.; **ABCP. Parede de concreto. 2020**. Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2020/09/Paredes_de_Concreto_Rubens_Monge.pdf. Acesso em: 01 de agosto de 2021.

NEVES, A.. **Quais são as formas para paredes de concreto mais usadas?** Block, 7 de fevereiro de 2021. Disponível em: <https://www.blok.com.br/blog/formas-para-paredes-de-concreto>. Acesso em: 31 de julho de 2021.

QUEIROZ, F. W. de. **Estudo comparativo de viabilidade financeira entre o sistema construtivo alvenaria estrutural e o de parede de concreto moldada *in loco*, para um empreendimento residencial**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – Campus Cajazeiras, 2019.

RIBEIRO, L. **Cronograma linha de balanço: O que é, e qual sua aplicabilidade**. 19 de junho de 2020. Disponível em: <https://tecplaner.com.br/cronograma-linha-de-balanco/>. Acesso em: 26 de setembro de 2021.

SACHT, H. M. **Painéis de vedação de concreto moldado *in loco*: avaliação do desempenho térmico e desenvolvimento de concretos**. Dissertação de Mestrado,

Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2008.

SANTOS, E. B. **Estudo comparativo de viabilidade dentre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares**. TCC, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campo Mourão/Curso de Engenharia Civil, 2013.

SANTOS, A. J. B.; FILHO, C. V. M. Procedimentos de execução de serviços para a construção de edifícios. **Téchne**, São Paulo, n. 223, outubro 2015.

SILVA, L. **Confira tudo o que deve constar nas suas fichas de verificação de serviços**. 14 de outubro de 2015. Disponível em: <https://blog-pt.checklistfacil.com/o-que-deve-conter-na-ficha-de-verificacao-de-servicos-em-obras/>. Acesso em: 26 de setembro de 2021.

SINDUSCON-BA. **"Paredes de Concreto" é tema de evento no Sinduscon/BA. 25 de setembro de 2019**. Disponível em: <https://www.sinduscon-ba.com.br/noticias/paredes-de-concreto-e-tema-de-evento-no-sinduscon-ba/index.html>. Acesso em 23 de agosto de 2021.

SINGH, P. **What is Mivan technology and what are its uses**. 28 de fevereiro de 2020. Disponível em: <https://www.commonfloor.com/guide/what-is-mivan-technology-and-its-uses-55974>. Acesso em: 31 de julho de 2021.

Thiyagarajan, R; Panneerselvam V; Nagamani, K. Aluminium formwork system using in highrise buildings construction. **International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology**, ISSN: 0976-6499, Vol. 8, novembro de 2017.

VENTURINI, J. **Casas com paredes de concreto**. Disponível em: <https://docplayer.com.br/1991443-Casas-com-paredes-de-concreto-reportagem-jamila-venturini.html> . Acesso em: 3 de agosto de 2021.

VIEIRA, G. L. R.; SILVA, L. F. **Estudo comparativo entre os métodos construtivos: parede de concreto e alvenaria estrutural**. TCC, UNIEVANGÉLICA/Curso de Engenharia Civil, 2017.

WENDLER, A. **NBR 16055 – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações** – Requisitos e procedimentos. Núcleo parede de concreto, 2020. Disponível em: <https://nucleoparededeconcreto.com.br/nbr16055-parede-de-concreto-moldada-no-local-para-a-construcao-de-edificacoes-requisitos-e-procedimentos/>. Acesso em: 31 de julho de 2021.

WENDLER, A. **Um olhar para a nova norma de parede de concreto. Núcleo parede de concreto**. Abril de 2020. Disponível em: https://nucleoparededeconcreto.com.br/wp-content/uploads/2020/04/Norma_16055_ebook__revisao_2020.pdf. Acesso em: 31 de julho de 2021.