



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

MARIANA DOS SANTOS REIS

**SISTEMA CONSTRUTIVO DE PARADE DE CONCRETO MOLDADA IN LOCO:
ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA RESIDENCIAL EM SÃO LUÍS-MA**

São Luís – MA

2019

MARIANA DOS SANTOS REIS

**SISTEMA CONSTRUTIVO DE PARADE DE CONCRETO MOLDADA IN LOCO:
ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA RESIDENCIAL EM SÃO LUÍS-MA**

Trabalho de Graduação de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Rachid Santos Maluf

São Luís – MA

2019

Monografia de autoria de _____,
intitulada _____, apresentada como requisito para
obtenção do grau de _____, em ___/___/___, defendida e
aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Rachid Santos Maluf

Orientador

Fábio Dieguez Barreiro Mafra

1º Examinador

Josélia Siqueira Machado Fiterman

2º Examinador

São Luís–MA

2019

Dedico à minha mãe, Mara Rúbia Carvalho dos Santos, que é a minha fonte de inspiração e principal incentivadora de cada conquista na minha vida.

AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo a Deus, por nunca me abandonar nos momentos mais difíceis. Por se fazer presente diariamente na minha caminhada estudantil e por ter me permitido a oportunidade de ter ingressado neste curso e de ser feliz com a escolha feita.

À minha mãe, Mara, meu espelho de mulher e guerreira, que me inspira a cada dia, e que subiu cada degrau junto a mim em direção ao tão esperado diploma. Agradeço ao meu irmão Francisco pelo apoio e incentivo ao longo da graduação. A minha prima Luciana, que me emprestou seu notebook, visto que o meu apresentou defeitos ao longo desta pesquisa, que foi de essencial importância para que eu chegasse até aqui.

Agradeço aos amigos que a universidade me deu, pelo dia a dia e por todos os momentos vividos dentro e fora da vida acadêmica, na certeza de que serão amizades levadas para o resto da vida. Aos meus professores, a todos que me lecionaram durante o curso, de formas diferentes, cada um teve sua marca e contribuição essencial na minha formação. Em especial ao Professor Esp. Rachid Santos Maluf pela orientação fornecida.

Por fim, agradeço também a pessoas que de forma direta ou indireta fizeram parte deste trabalho, e foram fonte de força e incentivo para a conclusão.

RESUMO

A grande necessidade por habitações de interesse social forçou o mercado da construção civil a investir nos chamados sistemas inovadores, que apresentam processos construtivos racionalizados, que buscam um menor consumo de mão de obra, otimização do tempo de execução e que atendam às atuais tendências de sustentabilidade. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo uma análise do sistema construtivo paredes de concreto moldadas in loco com base na literatura técnica disponível, bem como um estudo de caso da execução utilizando este sistema e uma avaliação de seu desempenho. A fim de atingir esses objetivos, é realizado um estudo de caso em uma obra de condomínio residencial em São Luís por meio de uma análise com apoio de um checklist para o registro das informações. Será apresentado todo o acompanhamento realizado a obra, além de toda análise do processo construtivo, bem como todos os problemas encontrados utilizando esse sistema. Por fim, serão dadas sugestões que proporcionem melhorias para o método construtivo, contribuindo para que no fim, o resultado seja satisfatório.

Palavras-chave: Paredes de concreto. Sistema construtivo.

ABSTRACT

The great need for social housing has forced the construction market to invest in the so-called innovative systems, which present streamlined construction processes, that seek a lower labor consumption, optimization of the execution time and that meet current sustainability trends. In this context, the present work aims to analyze the construction system of concrete walls cast in situ based on the available technical literature, as well as a case study of the execution using this system and an evaluation of its performance. In order to achieve these objectives, a case study is carried out in a residential condominium construction site in São Luís by means of an analysis with the support of a checklist for the registration of information. It will be presented all the accompaniment accomplished the work, besides all analysis of the constructive process, as well as all the problems found using this system. Finally, suggestions will be given to provide improvements to the construction method, contributing to so that in the end, the result will be satisfactory.

Keywords: Concrete walls. Construction system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vedação e estrutura composta como um único elemento.....	14
Figura 2 – Casas térreas construídas com sistemas de paredes de concreto	15
Figura 3 – Edifício residencial em Bogotá na Colômbia com mais de 5 pavimentos.	15
Figura 4 – Fôrmas utilizadas nas paredes de concreto.....	19
Figura 5 – Armaduras com fixação das tubulações elétrica e hidráulica.....	20
Figura 6 – Fundação tipo radier	22
Figura 7 – Montagem das fôrmas.....	23
Figura 8 – Montagem pareada e colocação dos espaçadores.....	24
Figura 9 – Fixação dos eletrodutos e cais elétricas.....	24
Figura 10 – Colocação dos gabaritos.....	25
Figura 11 – Colocação dos pinos com bucha.....	26
Figura 12 – Concretagem com auxílio de bomba-lança	28
Figura 13 – Adensamento do concreto com vibrador de mangote	28
Figura 14 – Limpeza dos painéis.....	29
Figura 15 – Vista da obra em estudo	34
Figura 16 – Checklist de serviço de parede de concreto.....	35
Figura 17 – Radier finalizado.....	37
Figura 18 – Distanciadores de plástico.....	38
Figura 19 – Tela montada com vergalhões de apoio e instalações elétricas	38
Figura 20 – Peças utilizadas para travamento das fôrmas.....	39
Figura 21 – Armação da laje e suas instalações	40
Figura 22 – Instalações mal posicionadas e obstruídas.....	42
Figura 23 – Espaçadores do tipo circulares e “caranguejos”.....	43
Figura 24 – Aparência após a desfôrma.....	44
Figura 25 – Saliências e parede desnivelada.....	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classes de concreto.....	17
Quadro 2 – Comparativo dos sistemas de fôrmas.....	19

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Percentual de reprovações.....	41
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Justificativa	12
1.2 Objetivos	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
2 PAREDE DE CONCRETO MOLDADA “IN LOCO”	14
2.1 Histórico	14
2.2 Características do Sistema	14
2.3 Materiais Empregados	16
2.3.1 Concreto.....	16
2.3.2 Fôrmas	18
2.3.3 Armaduras.....	20
2.4 Etapas de Execução	21
2.4.1 Fundações.....	21
2.4.2 Montagem dos Painéis e Armaduras.....	23
2.4.3 Colocação das Tubulações e Esquadrias	24
2.4.4 Fechamento das Fôrmas.....	26
2.4.5 Concretagem.....	26
2.4.6 Desfôrma e Limpeza das Fôrmas.....	28
2.3.7 Cura.....	29
2.4.8 Acabamento	30
2.5 Desempenhos Térmico e Acústico	31
2.5 Vantagens e Desvantagens	32
3 ESTUDO DE CASO	34

3.1 Descrição da Obra Objeto de Estudo	34
3.2 Metodologia do Estudo de Caso	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1 Processo Construtivo do Sistema Parede de Concreto	37
4.2 Problemas Encontrados no Processo Construtivo	40
4.2.1 Instalações	41
4.2.2 Malha de Aço	42
4.2.3 Montagem de Fôrma	43
5 CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

A grande necessidade por habitações de interesse social forçou o mercado a investir nos chamados sistemas inovadores, que apresentam processos construtivos racionalizados, que buscam um menor consumo de mão de obra e otimização do tempo de execução através do aumento do uso de produtos e processos industrializados (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013).

A busca por edificações mais industrializadas, melhores planejadas e com redução de erros ou modificações desencadeia a utilização de sistemas pré-fabricados. Esta nova tendência faz com que o setor desenvolva novas tecnologias e sistemas para serem empregados na construção civil, visto que a tendência é o déficit habitacional crescer se continuarmos a usar sistemas construtivos tradicionais, com baixo grau de industrialização e rapidez. Por conta disto, o sistema construtivo parede de concreto moldada “in loco” passa a ter destaque e projeção como uma boa alternativa para a execução das obras futuras.

Utiliza-se no sistema de parede de concreto um jogo de fôrma, tela de aço e concreto que irá construir a parede e a laje, que constituem a estrutura da obra. O elemento destinado à vedação e a estrutura da edificação é constituída por esse único elemento, onde as paredes são moldadas “in loco”, tendo embutidas as demais instalações elétricas, hidráulicas e esquadrias. Este sistema é indicado para obras de grande escala, usado basicamente, em obras residenciais de padrão econômico. Tem como principais características agilidade de execução, maior organização do canteiro, menos desperdício dos insumos, otimização do tempo e maior controle dos custos. Além de possuir uma maior facilidade de contratação de mão de obra, aquisição de materiais e execução. Todo sistema é normatizado pela Norma Parede de Concreto moldada no local para a construção de edificações - ABNT NBR 16055:2012. Esta define limites, já amplamente estudados, para se garantir a segurança e o conforto da construção. Entretanto, para este sistema ainda há poucas informações e dados que possibilitam referência para obtenção de estudos.

Portanto, diante de tal cenário, as empresas têm a necessidade de voltar suas atenções para novos métodos construtivos, como o caso do sistema de paredes de concreto, buscando estudar melhor essa tecnologia pouco aplicada no mercado brasileiro e ampliando seu conhecimento técnico sobre o assunto. A prática e o uso

do sistema ao longo dos anos permitirão ajustes em busca de sua maior eficiência. A integração dos agentes e a melhor gestão do processo ao longo da obra consolidarão cada vez mais a decisão e confiança na utilização do sistema, tornando suas escolhas mais assertivas e rentáveis.

1.1 Justificativa

Atualmente, o cenário brasileiro possui um déficit habitacional muito grande, mesmo depois de lançado o programa Minha Casa Minha Vida. O déficit habitacional continua sendo um problema comum a todas as regiões do Brasil, sobretudo nas grandes metrópoles do Sudeste, do Sul e do Nordeste. O Brasil registrou um déficit habitacional de 7,770 milhões de domicílios em 2017, o que representa um crescimento de 3,1% em relação a 2016, refletindo o ambiente de crise econômica no País e deterioração da renda das famílias, de acordo com estudo divulgado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) em parceria com o Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo (Sinduscon-SP).

As construtoras financiadas pelo governo federal para construir um grande volume de unidades habitacionais e de baixo custo, estão sempre à procura por métodos de construção que promovam agilidade e qualidade em sua execução. Em meio a este cenário que necessita de uma demanda de construções de qualidade em grande quantidade realizada no menor tempo possível, tem-se como alternativa a construção com parede de concreto para atender a defasagem com habitações no âmbito brasileiro.

Portanto, justifica-se esta pesquisa devida a necessidade de uma maior análise do sistema construtivo de paredes de concreto, incluindo procedimentos, etapas de execução, controle tecnológico e até mesmo parâmetros e considerações de cálculo para ampliar o conhecimento técnico, com objetivo de avaliar o desempenho e buscar a melhor maneira de atendê-la, para que no fim da construção, o resultado apresentado seja satisfatório.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar o sistema construtivo de paredes de concreto moldada in loco com base na literatura técnica disponível.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar o sistema construtivo de parede de concreto;
- Analisar um estudo de caso da execução de uma construção utilizando parede de concreto;
- Avaliar o comportamento do sistema construtivo a suas exigências de desempenho;
- Propor possíveis contribuições que podem ajudar as empresas a desenvolver melhor o sistema.

2 PAREDE DE CONCRETO MOLDADA “IN LOCO”

2.1 Histórico

De acordo com Cement (2014), a tecnologia de parede de concreto moldada “in loco” reporta-se desde antes de 1850, não muito após a criação da patente do cimento Portland. O uso predominante de fôrmas removíveis era para habitações unifamiliares de baixo custo. Um dos primeiros a reconhecer o potencial do método para edificações de alto valor agregado e a fazer projetos demonstrativos de habitações unifamiliares feitas inteiramente de concreto foi Thomas Edison.

No entanto, nos dias atuais, o método parede de concreto moldada no local encontra-se em processo de expansão no Brasil, porém em alguns países da América do Sul como Chile e Colômbia, o modelo é disseminado de forma mais sólida dentro do mercado.

Desde então muitos avanços ocorreram e estudos foram iniciados para fazer da parede de concreto um método construtivo eficiente e principalmente viável diante dos métodos convencionais.

2.2 Características do Sistema

O sistema construtivo de paredes de concreto é um método de construção racionalizado que oferece produtividade, qualidade e economia de escala quando o desafio é a redução do déficit habitacional. Neste método a vedação e a estrutura são compostas como um único elemento (Figura 1), sendo moldadas no local e podendo ter embutidas os demais sistemas de instalações prediais, assim como marcos e esquadrias (MISURELI e MASSUDA, 2009).

Figura 1 – Vedação e estrutura composta como um único elemento



Fonte: Pinho (2010)

Segundo a ABNT NBR 16055:2012, p.3, define parede de concreto como “elemento estrutural autoportante, moldado no local com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede”. A norma também diz que todas as paredes são moldadas em uma única etapa de concretagem, permitindo que após a desfôrma, as paredes já contenham os vãos para as esquadrias. Já as instalações elétricas e hidráulicas podem ou não ser embutidas.

No Brasil este sistema é amplamente utilizado em edificações de baixo custo de caráter social, como programas sociais do governo, Minha Casa Minha Vida, sendo estes edifícios tanto unifamiliares como multifamiliares, térreos, ou de mais pavimentos. A norma prevê apenas edificações de até cinco pavimentos, porém existem construções com mais de cinco pavimentos (Figura 3) utilizando este sistema (BALTOKOSKI, 2015).

Figura 2 - Casas térreas construídas com sistemas de paredes de concreto



Fonte: Misureli e Massuda (2009)

Figura 3 - Edifício residencial em Bogotá na Colômbia com mais de 5 pavimentos



Fonte: Ponzoni (2013)

2.3 Materiais Empregados

2.3.1 Concreto

O concreto é o principal componente do sistema de parede de concreto, este material é que irá garantir a durabilidade e a segurança do sistema estrutural, o segundo, em conjunto com a armadura. Portanto, devido à grande importância deste material deve-se ter um bom controle de qualidade, tanto de produção do concreto quanto da logística até o local da execução e o controle de recebimento do mesmo (BALTOKOSKI, 2015).

Segundo ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland, 2007), no Brasil, quatro tipos de concreto são recomendados para o sistema:

- ✓ Concreto Celular (Tipo L1)

O concreto celular é feito por agregados convencionais (areia e brita), cimento Portland, água e minúsculas bolhas de ar distribuídas uniformemente em sua massa. Por conta das bolhas de ar, adquire propriedades como baixa massa específica e o bom desempenho térmico e acústico. É usualmente utilizado para estruturas de até dois pavimentos, considerando que a resistência especificada seja igual à resistência mínima de 4Mpa (ABCP, 2007).

- ✓ Concreto com elevado teor de ar incorporado - até 9% (Tipo M)

Possuem características mecânicas, térmicas e acústicas parecidas às do concreto celular, é usualmente utilizado em residências térreas e assobradadas, considerando que a resistência especificada seja igual à resistência mínima de 6Mpa (ABCP, 2007).

- ✓ Concreto com agregados leves ou baixa massa específica (Tipo L2)

Composto com agregados leves, este concreto possui bom desempenho térmico e acústico, mas levemente inferior aos concretos Tipos L1 e M. É usado em qualquer estrutura que careça de resistência de até 25Mpa (ABCP, 2007).

- ✓ Concreto convencional ou auto adensável (tipo N)

Esse concreto possui aplicação muito rápida, feita por bombeamento, e a mistura é extremamente plástica, dispensando o uso de vibradores. Analisadas estas características, podemos considerá-lo uma ótima alternativa para o sistema

construtivo parede de concreto (ABCP, 2007). Utilizando um concreto auto adensável as paredes dispõem de boas condições de acabamento minimizando operações de retrabalho.

Para efeitos de execução das paredes estruturais consideram-se as classes de concreto conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Classes de concreto

Tipo	Descrição	Massa específica (kg/m³)	Resistência à compressão mínima (mpa)
L1	Concreto celular	1.500 a 1.600	4
L2	Concreto com agregado leve	1.500 a 1.800	20
M	Concreto com ar incorporado	1.900 a 2.000	6
N	Concreto normal	2.000 a 2.800	20

Fonte: Adaptada pela autora (2019)

Conforme a NBR 16055 (ABNT, 2012), que se refere dos requisitos e procedimentos das paredes de concreto moldadas in loco para a construção de edificações, é recomendado que sejam respeitadas as normas: NBR 6118 (ABNT, 2014), NBR 8953 (ABNT, 2015) e a NBR 12655 (ABNT, 2015) que tratam dos aspectos que devem ser analisados quanto ao concreto, projeto, propriedades do concreto para fins estruturais, procedimentos de controle do concreto e demais cuidados para com este método construtivo. Acrescenta ainda que o concreto a ser utilizado deve ser devidamente adensado para o total preenchimento da fôrma e pleno contorno dos elementos que estão dentro dela.

Portanto, é necessário um estudo de viabilidade econômica e tecnológica por parte da construtora, para assim determinar qual é o concreto mais recomendado para cada tipo de construção.

2.3.2 Fôrmas

As fôrmas são estruturas provisórias cujo objetivo é moldar o concreto fresco, compondo-se assim as paredes estruturais. Devem resistir a todas as pressões do lançamento do concreto até que adquira resistência suficiente para a desfôrma. Para isso, as fôrmas devem ser estanques e favorecer rigorosamente a geometria das peças que estão sendo moldadas (MISURELI e MASSUDA, 2009).

Nakamura (2014) explica que é evidente que as fôrmas possuem uma grande relevância, sendo elementos construtivos provisórios nem sempre recebem a devida atenção. O autor afirma que elas desempenham importantes funções, tais como:

- Garantir a geometria do projeto arquitetônico, dimensões e formatos;
- Junto com o cimbramento garante o posicionamento da armadura;
- Manter a conformação do concreto fresco;
- Proteção do concreto não curado;
- Evitar a fuga de finos como a nata do cimento, devendo ser estanques;
- Limitar a perda de água do concreto fresco.

Os tipos de fôrmas mais utilizados no sistema parede de concreto, segundo ABCP (2007), são:

✓ Fôrmas Metálicas

São fôrmas que usam quadros e chapas metálicas tanto para estruturação de seus painéis como para dar acabamento à peça concretada (ABCP, 2007).

✓ Fôrmas Metálicas + Compensado

São feitas por quadros em peças metálicas (aço ou alumínio) e utilizam chapas de madeira compensada ou material sintético para dar o acabamento na peça concretada (ABCP, 2007).

✓ Fôrmas Plásticas

São fôrmas que utilizam quadros e chapas feitas em plástico reciclável, tanto para estruturação de seus painéis como para dar acabamento à peça concretada, sendo contraventadas por estruturas metálicas (ABCP, 2007).

Na Figura 4 estão ilustrados os três tipos de fôrmas utilizadas nas paredes de concreto.

Figura 4 – Fôrmas utilizadas nas paredes de concreto



Fonte: ABCP (2007)

O Quadro 2 apresenta as principais vantagens e desvantagens dos tipos de fôrma.

Quadro 2 – Comparativo dos sistemas de fôrmas

Sistema	Vantagens	Desvantagens
Fôrmas Plásticas	<ul style="list-style-type: none"> Painéis leves Baixo custo de aquisição Possibilidade de modelação Disponibilidade de locação 	<ul style="list-style-type: none"> Dificuldades com prumo e alinhamento Acabamento superficial ruim Menor durabilidade Poucos fornecedores
Fôrmas convencionais (metálicas e chapas de compensado)	<ul style="list-style-type: none"> Equipamentos nacionais, tendo um custo menor Maior durabilidade Montagem fácil Bom acabamento superficial Grande disponibilidade no mercado 	<ul style="list-style-type: none"> Painéis mais pesados Necessidade de troca frequente das chapas Dificuldade de modulação Grande quantidade de peças soltas
Fôrmas de alumínio	<ul style="list-style-type: none"> Painéis duráveis Equipamento leve Qualidade no prumo e alinhamento Bom acabamento superficial Rapidez na montagem dos painéis Boa estanqueidade 	<ul style="list-style-type: none"> Alto custo para aquisição Pouca disponibilidade no mercado nacional Dificuldade de modulação Necessidade de captação de mão de obra

Fonte: Adaptada pela autora (2019)

O conjunto de fôrmas deve vir acompanhado de seu projeto, que é imprescindível para o início dos serviços, pois apresenta o posicionamento de cada painel e detalhes da montagem. O engenheiro responsável pela obra deve proceder a uma rigorosa análise crítica do projeto, para eliminação de quaisquer dúvidas ou discordâncias (ABPC, 2007).

2.3.3 Armaduras

As armaduras também são componentes importantes para o sistema de paredes de concreto. Estas devem atender a três requisitos básicos: resistir a esforços de flexo-torção nas paredes, controlar a retração do concreto e estruturar e fixar as tubulações elétrica, hidráulica (Figura 5) e gás (MISURELI e MASSUDA, 2009).

Figura 5 – Armaduras com fixação das tubulações elétrica e hidráulica



Fonte: Ferreira (2012)

Além disso, adota como armação a tela soldada, um material que requer orientação para dimensionamento e uso. Utilizam-se telas posicionadas no eixo das paredes ou nas duas faces, dependendo do dimensionamento do projetista, além de barras em pontos específicos, tais como cinta superior nas paredes, vergas, contra-vergas entre outros (ABCP, 2007).

2.4 Etapas de Execução

Venturini (2011) diz que a execução de paredes de concreto varia de acordo com os processos construtivos adotados por cada empresa de construção. O material das fôrmas e seu fechamento, assim como o tipo de concreto utilizado, são itens que podem mudar de empresa para empresa.

As principais etapas de execução do sistema de paredes de concreto moldada no local seguem a seguinte ordem:

- Fundação;
- Montagem dos painéis e armaduras;
- Colocação das tubulações e gabaritos das esquadrias;
- Fechamento das fôrmas;
- Concretagem;
- Desfôrma;
- Cura e acabamento.

2.4.1 Fundações

Neste sistema construtivo não há restrições quanto ao tipo de fundação a ser executada. A escolha do tipo de fundação depende das condições locais a ser construído o empreendimento, especialmente da resistência mecânica do solo, deve contemplar os aspectos de segurança, estabilidade e durabilidade da fundação, que são parâmetros de ordem geral, e a questão do alinhamento e nivelamento necessários para a produção das paredes, que são parâmetros específicos do sistema construtivo (ABCP, 2007).

Para Misureli e Massuda (2009), independente da escolha, deve ser executada com nivelamento rigoroso para não interferir nas outras etapas. O tipo de fundação mais utilizado em casas é o radier (Figura 6), que deve ser construído excedendo as dimensões iguais à espessura dos painéis externos das fôrmas, permitindo o apoio e facilitando a sua montagem.

Figura 6 – Fundação tipo radier



Fonte: Misureli e Massuda (2009)

De acordo com a ABCP (2007), a partir do detalhamento definido em projeto, as fundações são construídas contendo embutidas as tubulações de águas/esgoto e outros pontos de conexão. Portanto, devem-se posicionar as tubulações com uso de gabarito específico, conforme projetos de instalações.

Ainda conforme o autor alguns cuidados devem ser observados nesta etapa, tais como:

- A locação e o nivelamento das fundações devem estar de acordo com os projetos arquitetônico e de fôrmas.
- Para a fundação direta, devem-se tomar todas as precauções para evitar que a umidade do solo migre para dentro da edificação ou das paredes.
- Recomenda-se a cura úmida do concreto por um período mínimo de 7 dias para as fundações em laje tipo radier.
- A concretagem das fundações tipo radier (ou de pisos) é 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.

2.4.2 Montagem dos Painéis e Armaduras

Para a montagem dos painéis (Figura 7) todo o conjunto de fôrma deve vir acompanhado com o projeto de montagem e de todas as peças que o compõem. Os painéis e seus componentes devem ser armazenados corretamente de acordo com as recomendações do fornecedor (SANTOS, 2013).

Nesta etapa, conforme Venturini (2011), antes da fixação dos painéis é necessário à aplicação do desmoldante, um líquido oleoso que impedirá que o concreto grude nos painéis. Portanto, montam-se os painéis internos das paredes, as treliças que foram previamente montadas, são encostadas e fixadas nas fôrmas.

O autor frisa que o uso de espaçadores é obrigatório, pois garantem o cobrimento das armaduras. Nas armaduras verticais, ele sugere o uso de dois espaçadores menores justapostos para facilitar o deslizamento do concreto dentro das fôrmas.

Figura 7 – Montagem das fôrmas



Fonte: Fonseca Junior e Barella Filho (2008)

A Figura 8 mostra uma montagem pareada (painéis internos e externos simultaneamente) e a colocação dos grampos de fixação entres painéis (espaçadores).

Figura 8 – Montagem pareada e colocação dos espaçadores



Fonte: Misureli e Massuda (2009)

2.4.3 Colocação das Tubulações e Esquadrias

Após a montagem dos painéis e fixação da armadura inicia-se a passagem das tubulações hidráulica, gás, os eletrodutos, as caixas elétricas e os quadros de distribuição. A determinação desses pontos deve seguir rigorosamente os projetos específicos para haver um perfeito encaixe nos moldes e estarem perfeitamente fixados para evitar deslocamentos na concretagem (SANTOS, 2013). A Figura 9 apresenta a fixação dos eletrodutos e das caixas elétricas.

Figura 9 – Fixação dos eletrodutos e caixas elétricas



Fonte: Santos (2013)

Segundo a NBR 16055 (2012, p.10), algumas condições devem ser atendidas caso as tubulações verticais sejam embutidas nas paredes de concreto, como:

Quando a diferença de temperatura no contato entre a tubulação e o concreto não ultrapassar 15°C; quando a pressão interna na tubulação for menor que 0,3 MPa; quando o diâmetro máximo for de 50 mm; quando o diâmetro da tubulação não ultrapassar 50 % da espessura da parede, restando espaço suficiente para, no mínimo, o cobrimento nominal adotado e a armadura de reforço. Admite-se tubulação com diâmetro até 66 % da espessura da parede e com cobrimentos mínimos, desde que existam telas nos dois lados da tubulação com comprimento mínimo de 50 cm para cada lado; tubos metálicos não encostem nas armaduras para evitar corrosão galvânica. (NBR 16055, 2012, p.10).

Há diversas condições que devem ser respeitadas para que a instalação da tubulação seja feita dentro das paredes, por isso é comum se optar por passar a tubulação por fora das paredes. Os tubos horizontais podem ficar “escondidos” através do sistema de rebaixamento das lajes, já os verticais, por dentro de shafts (aberturas verticais para a passagem de tubulações). Caso ocorra algum problema, como por exemplo, uma infiltração, este tipo de processo torna mais fácil uma futura manutenção (ARÊAS, 2013).

Quanto aos gabaritos das esquadrias (Figura 10), eles são colocados nas fôrmas com folga de 1 centímetro para que seja garantido o vão na parede após a concretagem e seja possível instalar as portas e janelas (VENTURINI, 2011).

Figura 10 – Colocação dos gabaritos



Fonte: Venturini (2011)

2.4.4 Fechamento das Fôrmas

Após serem colocados os gabaritos de esquadrias, que é para garantir o vão previsto em projeto, são fechadas as fôrmas. Para Venturini (2011), as fôrmas só estão prontas para serem fechadas pelos painéis quando a colocação dos pinos com bucha for feita nos furos dos painéis (Figura 11). Esses pinos devem ser encaixados corretamente, porque são eles que garantem a espessura especificada no projeto. Com os pinos bem posicionados, as fôrmas ficam bem alinhadas depois de fechadas. O autor ainda ressalta que os pinos também tem a função de fixar as régua alinhadoras, necessárias no travamento de estruturas metálicas.

Figura 11 – Colocação dos pinos com bucha



Fonte: Venturini (2011)

2.4.5 Concretagem

A concretagem é fundamental para que a estrutura garanta a qualidade e eficiência exigidas no projeto estrutural. O concreto pode ser produzido tanto em canteiros de obras, quanto dosados em centrais fornecidas por meio de caminhão – betoneira. No entanto, aconselha-se a dosagem em centrais, pois resulta em um concreto com maior controle de qualidade dos agregados, precisão de volume e garantia de resistência (SANTOS, 2013).

✓ Preparo, Lançamento e Adensamento

De acordo com ABNT NBR 14931 (2004, p.18) a concretagem dos elementos estruturais devem ser realizadas de acordo com um plano previamente estabelecido,

devendo este assegurar o fornecimento da quantidade adequada de concreto, prevendo: áreas ou o volume concretados em função do tempo de trabalho; relação entre lançamento, adensamento e acabamento; as juntas de concretagem, quando necessárias; acabamento final a ser obtido. A capacidade de lançamento deve permitir que o concreto se mantenha plástico e livre de juntas não previstas durante a concretagem, possibilitando o transporte do concreto até o ponto mais distante a ser concretado sem sofrer segregação.

Como já citado os concretos usinados são preferíveis, por serem compatíveis com o sistema e permitir um maior controle tecnológico. A adição de aditivos superplastificantes e fibras podem ser feitos no caminhão betoneira quando este já estiver chegado ao local de aplicação. O uso da fibra é importante quando o painel for muito grande e o efeito da retração tenha que ser amenizado. Recomenda-se o uso de concreto com fibras ou outros materiais que diminuam os efeitos da retração (WENDLER FILHO, 2008).

Geralmente, o lançamento do concreto nas fôrmas é feito utilizando caçambas içadas por guindastes ou utilizando bombeamento (SACHT, 2008). No entanto, para a ABCP (2007), deve-se utilizar preferencialmente bomba (Figura12) para o lançamento do concreto nas fôrmas. Devido o tempo de operação, redução de perdas e garantia da trabalhabilidade do material.

Além do mais, devem ser tomadas precauções para manter a homogeneidade do concreto. No lançamento convencional, os caminhos não podem ter inclinação excessiva, de forma a evitar a segregação decorrente do transporte. Deve-se preencher o molde da fôrma de maneira uniforme, evitando o lançamento em pontos concentrados, que possa provocar deformações no sistema de fôrmas (ABNT NBR 16055, 2012, p.32).

No decorrer do lançamento e imediatamente após essa fase, o concreto deve ser vibrado com equipamento adequado. O adensamento deve ser cuidadoso (Figura13), para que a mistura preencha todos os espaços da fôrma. Neste processo, o executor deve tomar as precauções necessárias para impedir a formação de ninhos ou segregação dos materiais e para não danificar os painéis das fôrmas (MISURELI E MASSUDA, 2009).

Figura 12 - Concretagem com auxílio de bomba-lança



Fonte: Misurelli e Massuda (2009)

Figura 13 - Adensamento do concreto com vibrador de mangote



Fonte: Misurelli e Massuda (2009)

2.4.6 Desfôrma e Limpeza das Fôrmas

Após o concreto atingir a resistência prevista no projeto, deve ser retirada toda a estrutura provisória sem nenhum impacto e evitando o aparecimento de fissuras (MISURELI E MASSUDA, 2009). A ABNT NBR 16055 (2012) também acrescenta que nessa etapa:

Nenhuma carga deve ser imposta e nenhum escoramento removido de qualquer parte da estrutura enquanto não houver certeza de que os elementos estruturais e o sistema de escoramento têm resistência suficiente para suportar com segurança as ações a que estarão sujeitos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012, p. 24).

Depois da desmontagem, os painéis devem ser postos no chão e passar por uma limpeza completa, que consiste na remoção da película de argamassa que impregna a superfície do painel, fortemente aderida ao revestimento. Esse processo de remoção deve ser feita de forma cuidadosa, de modo a garantir a vida útil das fôrmas. (ABCP, 2007). A limpeza pode ser feita por meio de jatos de água com pressão controlada para não danificar a estrutura dos painéis ou realizar a retirada da crosta com a aplicação de espátulas plásticas e escovas com água (Figura 14). Após a limpeza deve-se aplicar desmoldante nos painéis (SANTOS, 2013). Recomenda-se que no decorrer da desmontagem os painéis sejam posicionados perto da próxima edificação a ser montada a fim de facilitar o processo.

Devido a grande variedade dos tipos de materiais que compõem as fôrmas, o desmoldante deve ser escolhido tal qual a superfície de aplicação, a indicação do fabricante das fôrmas é de grande valia para que haja eficiência na desfôrma e consequentemente na qualidade do acabamento das paredes (VENTURINI, 2011).

Figura 14 – Limpeza dos painéis



Fonte: Venturini (2011)

2.3.7 Cura

Até que se alcance o endurecimento satisfatório, o concreto deve ser curado e protegido contra os agentes prejudiciais como mudanças bruscas de temperatura, vento, águas torrenciais, agentes químicos, choques e vibrações excessivas, entre outros, de modo a evitar a perda de água pela superfície exposta, assegurar uma

superfície com resistência adequada, e a formação de uma camada superficial durável (ABNT NBR 16055, 2012, p. 35).

A cura do concreto deve sempre ser executada e seu início deve ocorrer logo após a desfôrma, evitando-se assim a secagem prematura do concreto. Quanto mais cedo for feita a cura, menor a possibilidade de surgirem fissuras superficiais, principalmente em lajes (ABCP, 2007).

Segundo Associação Brasileira de Cimento Portland (2007), existem dois métodos principais de cura: cura por molhagem e cura por membrana (películas impermeáveis/agentes de cura). O primeiro método consiste em umedecer o concreto com água, e para isso é necessário que a superfície do concreto esteja continuamente em contato com água durante um período de tempo estabelecido (um mínimo de três dias, molhando 5 vezes ao dia). O segundo utiliza-se de uma membrana impermeável, também chamada de agente de cura, que consiste no processo de passar uma fina camada de produto químico com características impermeáveis, evitando que o concreto perca a água de hidratação. O principal inconveniente desse processo é a necessidade de remoção dessa película, por meio de escovação ou lavagem das paredes com água quente, para garantir a aderência do revestimento final.

É importante ressaltar que elementos estruturais de superfície devem ser curados segundo indicado na ABNT NBR 14931, no caso de utilização de água, esta deve satisfazer as exigências da ABNT NBR 15900-1 (ABNT NBR 16055, 2012, p. 35).

2.4.8 Acabamento

Logo depois de feita toda desmontagem as paredes passam por uma vistoria de qualidade onde deverão ser reparados os eventuais defeitos. Alguns procedimentos são tomados para correção dessas patologias. Nas falhas decorrentes do processo de execução é aplicado graute, nos furos dos pinos de ancoragem aplica-se argamassa de cimento e areia e nas regiões das junções dos painéis as rebarbas devem ser retiradas com a aplicação de espátulas. As falhas decorrentes a entrada de ar e falhas devido à heterogeneidade do concreto podem ser corrigidas com feltragem (MISURELLI E MASSUDA, 2009).

Arêas (2013) aponta a importância de uma correta execução de formas e lançamento do concreto para que seja possível um bom acabamento do concreto

após a desfôrma das paredes e laje, e este resultado se dá devido a uma concretagem dentro dos padrões estabelecidos. Com consistência, lançamento e adensamento do concreto, o resultado esperado é de um concreto homogêneo, isento de vazios e posteriormente de retrabalhos.

Segundo Misurelli e Massuda (2009) não existe restrição a nenhum tipo de revestimento, apenas que sejam seguidas as recomendações do fornecedor do material. Os principais revestimentos utilizados são: massa corrida, revestimento cerâmico, textura e argamassas industrializadas, sendo estas desnecessárias a etapa de feltragem.

2.5 Desempenhos Térmico e Acústico

De acordo como explica Arêas (2013), a NBR 16055:2012 Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações, não faz menção ao uso de materiais específicos de tratamento térmico e acústico. Tal desempenho ficará a cargo do tipo de concreto escolhido.

No entanto, para atender as exigências de desempenho térmico, deve-se lembrar de que o resultado é reflexo de uma combinação entre o comportamento da fachada, piso e cobertura. Alguns fatores devem ser analisados, como, fatores regionais e características bioclimáticas, para que se obtenha um resultado satisfatório (WENDLER, 2009).

Conforme Macêdo (2016), para efeito de avaliação técnica, admite-se que as edificações com paredes estruturais de concreto armado no âmbito habitacional e com determinadas características que atendem ao nível mínimo exigido, referente ao desempenho térmico, são:

- Pé direito mínimo de 2,5;
- Espessura mínima das paredes de 10 cm;
- Espessura mínima das lajes de 10 cm (de forro e de piso);
- Telhado de telhas de fibrocimento (espessura mínima de 6,0mm), ou telhas de concreto (espessura mínima de 11mm) ou telhas cerâmicas;
- Presença de ático entre a laje horizontal e o telhado (altura mínima de 50cm);
- Faces externas das paredes externas em cores de tonalidades médias ou claras para as zonas bioclimáticas Z1 a Z7 e tonalidades claras para a zona bioclimática Z8.

A NBR 16055:2012, considera para efeito de avaliação técnica, que as lajes de concreto armado destinadas a unidades habitacionais, com emprego de concreto comum e espessura de 10 cm atendem ao critério relativo ao desempenho acústico e a isolamento de ruídos aéreos entre unidades habitacionais.

2.5 Vantagens e Desvantagens

Se tratando de produção habitacional em larga escala, a utilização do sistema de paredes de concreto moldadas in loco pode ser uma importante aliada. O sistema é altamente industrializado e assegura condições técnicas ideais para a construção de conjuntos habitacionais de grande e médio porte. É recomendado para construções que exigem prazos de entrega curtos, menor consumo de mão de obra e otimização do tempo de execução.

Portanto, o sistema construtivo de parede de concreto é um processo que vem conquistando o mercado devido à constatação das enormes vantagens na produção de unidades habitacionais em larga escala. De acordo com Comunidade da Construção (2012) entre as principais vantagens do sistema estão:

- Velocidade de execução;
- Garantia do cumprimento de prazos;
- Industrialização do processo;
- Maior controle da qualidade – Evita os desperdícios, um sistema muito mais limpo que o tradicional e resulta num canteiro de obras organizado, sem desperdícios desnecessários;
- Minimização da geração de resíduos;
- Qualificação da mão de obra.

Outras vantagens se apresentam no gerenciamento da obra e no resultado final do empreendimento. Como, por exemplo, a qualidade final da obra que é garantida pelo uso de: fôrmas com grande precisão dimensional, materiais com produção controlada (concreto, aço e tela) e atividades planejadas e não artesanais, potencializando a produção dentro dos requisitos de qualidade estabelecidos. Além disso, possui resistência ao fogo, abertura exata de vãos e conforto térmico e acústico, graças ao concreto celular ou autoadensável (Comunidade da Construção, 2012).

Entretanto, Corrêa (2012) apresenta algumas desvantagens do sistema, como:

- Baixa flexibilidade arquitetônica;
- Necessidade de mão de obra qualificada;
- Dificuldade de manutenção das instalações hidráulicas e elétricas (embutidas na parede);
- Antieconômica para empreendimentos de baixa repetitividade ou de grande complexidade arquitetônica;
- Mais suscetível à retração do que as estruturas convencionais.

Podemos acrescentar também como outra desvantagem a ser analisada, é a questão arquitetônica das obras de parede de concreto. Já que uma vez construído, não há como fazer mudanças internas na organização das paredes. Como neste sistema construtivo cada parede faz parte da estrutura da edificação, não é permitido, por exemplo, retirar paredes, abrir portas e janelas fora do projeto ou, ainda, executar uma abertura na parede divisória entre a sala e a cozinha para que haja uma comunicação entre ambos. No entanto, esta limitação arquitetônica não é peculiaridade do processo construtivo de parede de concreto, mas também é do seu principal concorrente nas obras de baixo padrão, a construção de alvenaria estrutural (ARÉAS, 2013).

3 ESTUDO DE CASO

O presente estudo de caso teve como foco analisar a execução do sistema construtivo de parede de concreto, avaliando seu comportamento e desempenho de uma obra residencial. Ele divide-se em 02 etapas: descrição da obra objeto de estudo e metodologia do estudo de caso.

3.1 Descrição da Obra Objeto de Estudo

A obra utilizada para o estudo consiste em um condomínio residencial comunidades habitacionais em apartamentos, constituído de 07 blocos, cada apartamento é composto por: varanda, dois quartos, sendo 1 suíte, sala de estar/jantar, hall, banheiro, cozinha americana e área de serviço. Cada bloco contém 5 pavimentos tipos, com elevadores e oito unidades habitacionais por pavimento, totalizando 280 unidades. Foram realizadas duas visitas ao longo dos meses. Na Figura 15, a seguir, observamos a vista da obra em estudo.

Figura 15 – Vista da obra em estudo



Fonte: A autora (2019)

3.2 Metodologia do Estudo de Caso

Como forma de apoio à pesquisa foi utilizada um checklist adaptado com base em Moraes (2017) para registro das informações. O checklist contempla os serviços de execução da estrutura de parede de concreto. Segue abaixo o checklist (Figura 16).

Figura 16 – Checklist de serviço de parede de concreto

ATIVIDADES	Nº	ITENS	TOLERÂNCIAS	
ESTRUTURA	Instalações	1	Distribuição das caixas elétricas	± 50 mm
		2	Fixação das caixas elétricas	Devem estar bem travadas nas armações
		3	Distribuição das mangueiras elétricas	± 50 mm
		4	Fixação das mangueiras elétricas	Devem estar bem travadas nas armações
		5	Passagens hidráulicas e ralos	± 5 mm nos eixos
	Malha de aço	6	Diâmetro (bitola)	Conforme projeto
		7	Espaçamentos	Conforme projeto
		8	Espaçadores	Conforme projeto
		9	Encontro de telas e reforços	± 5 mm
		10	Posicionamento	± 5 mm por metro
	Montagem de fôrma	11	Posição dos vãos	± 5 mm por vão
		12	Dimensões dos vãos	± 5 mm por vão
		13	Desmoldante	Todas as peças devem estar com desmoldante
		14	Prumo	± 5 mm por pé direito
		15	Alinhamento	± 5 mm por metro
		16	Nivelamento	± 5 mm na extensão da Asa
		17	Esquadro (da fôrma)	± 3 mm em 40 cm
		18	Travamento	Todas as fôrmas não devem apresentar mobilidade
		19	Escoramento	Todas devem estar fixas
	Concreto	20	Espessura do concreto	Conforme projeto
		21	Cura do concreto	Visualmente
		22	Conferência da resistência do concreto na Nota Fiscal	Conforme projeto
Desfôrma			≥ 3 MPa com 12 horas para desfôrma	
Estucagem dos orifícios após retirada das gravatas			Todos os orifícios devem estar preenchidos	

Fonte: Moraes (2017)

Para realização desse trabalho pesquisou-se e analisou-se especificações técnicas, para um maior entendimento do processo de execução do sistema construtivo parede de concreto. O estudo foi feito por meio de uma visita à obra com registros de fotos e preenchimento do checklist, visando analisar e verificar as etapas de construção das unidades seguindo esse sistema para, só então, descrever os processos construtivos do mesmo.

Foi utilizado como amostra um bloco residencial, cada item do checklist foi avaliado de apartamento por apartamento, totalizando 24 apartamentos avaliados. Os itens eram inspecionados e informados, quanto, à aprovação ou reprovação. Em caso de reprovação ou não conformidade, era descrito o problema e a correção proposta.

O engenheiro responsável pela obra fez todo o acompanhamento da visita com apresentação da obra e explicações sobre os processos construtivos.

Além do checklist, a coleta de dados se deu, através do levantamento dos procedimentos utilizado pela empresa, desde a aquisição de materiais, à execução do sistema construtivo e o seu controle, seguido de um acompanhamento em campo da concretagem de um pavimento do empreendimento, desde a montagem da armação e das instalações, até a desfôrma do pavimento, a fim de entender qual a sistemática adotada pela empresa.

Posteriormente, com os dados obtidos e fotos registradas foi realizada a análise para o completo preenchimento do checklist.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta etapa do presente trabalho, será apresentado todo o acompanhamento realizado a obra. Além de toda análise do processo construtivo, bem como todos os problemas encontrados utilizando esse sistema.

4.1 Processo Construtivo do Sistema Parede de Concreto

A primeira coisa a se fazer é a fundação. Nela, é feito o nivelamento do terreno e em seguida, é construído o radier utilizando os mesmos procedimentos da NBR 16055:2012. Ao fazer a fundação já devem estar ajustadas todas as tubulações e conexões definidas em projeto. Deve haver um perfeito nivelamento da fundação, de forma a possibilitar que as fôrmas sejam estruturadas facilmente e evitando que sejam montadas de forma desigual. Depois de finalizado o radier começa a montagem das armaduras, tubulações e sistema de fôrmas. Na figura 17, observa-se radier finalizado esperando para construção.

Figura 17 – Radier finalizado



Fonte: A autora (2019)

Passado a etapa de fundação, é feito a execução das linhas de marcação, com uso de linha de pedreiro (nylon) e pó xadrez de cor destacável. A partir dessas linhas, são colocados distanciadores para fôrma, faceando a marcação, os quais irão guiar a montagem da fôrma. A Figura 18 ilustra o uso dos distanciadores de plástico.

Figura 18 – Distanciadores de plástico



Fonte: A autora (2019)

A próxima etapa é a montagem das armações das paredes, centralizando as telas, conforme especificação de projeto. Na laje do pavimento inferior são deixadas pontas de vergalhões sobressalentes com o objetivo de auxiliar a montagem da armadura do pavimento superior. Dessa forma, as telas são “amarradas” ao vergalhão para manter-se na posição adequada (vertical e sobre o eixo). Após a colocação das telas, são colocados os espaçadores de parede, cuja função é a de manter a armação no eixo da parede após a concretagem. As telas são colocadas sem recortes de vãos, estes são feitos em outra etapa.

Na Figura 19 pode se observar a tela montada e os vergalhões de apoio da armação. É também nesta etapa que são fixadas, nas próprias telas de aço, as mangueiras e caixas elétricas.

Figura 19 – Tela montada com vergalhões de apoio e instalações elétricas



Fonte: A autora (2019)

Depois de posicionadas as telas, é feita a montagem das fôrmas. Para a junção das fôrmas são utilizados elementos chamados de “gravatas”, fixados com pinos e cunhas. As gravatas são cobertas com um material feito de polietileno expandido, que facilita a retirada das peças após a concretagem. Em seguida, é feita a montagem das fôrmas das lajes, que são apoiadas por escoras metálicas. Para o travamento das fôrmas são utilizadas peças, como: tensores de portas, escoras, alinhadores e esquadros. Tanto internamente, quanto externamente. A Figura 20 exemplifica o uso de algumas peças utilizadas para o travamento.

Figura 20 – Peças utilizadas para travamento das fôrmas



Fonte: A autora (2019)

É importante salientar que antes das fôrmas serem montadas é aplicado o desmoldante. Com as fôrmas de lajes devidamente montadas, é feita a armação da laje, juntamente com suas instalações (Figura 21). O sistema é conferido e, então, liberado para concretagem.

Figura 21 – Armação da laje e suas instalações



Fonte: A autora (2019)

A concretagem inicia-se pelo centro da laje e, enquanto um caminhão descarrega, o próximo é dosado e testado. O ciclo de concretagem é realizado a cada 48 horas, sempre as segundas, quartas e sextas, devido à disponibilidade de apenas um bloco de fôrma. Portanto, enquanto é concretado um pavimento, é montada a armação do próximo pavimento a ser concretado. O horário e sequência da concretagem devem ser muito bem alinhados junto à concreteira, com o objetivo de eliminar a possibilidade de ocorrência de junta fria.

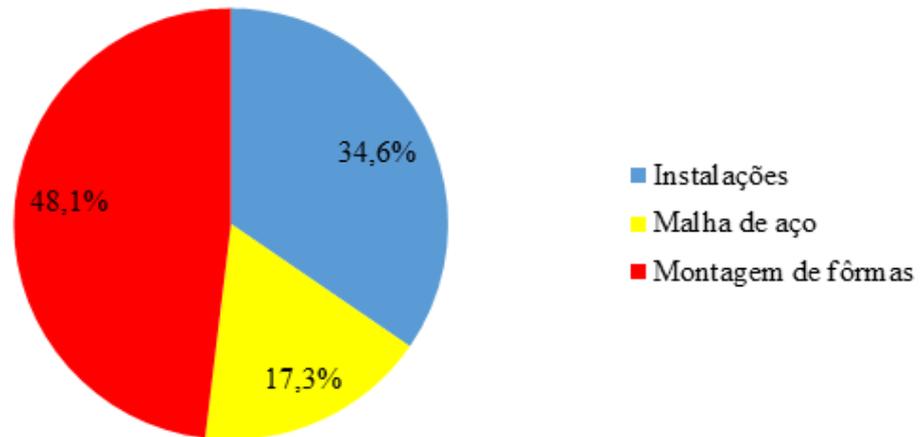
A desfôrma ocorre no dia seguinte à concretagem. Após a retirada das peças, elas devem ser limpas antes de iniciar a montagem de fôrmas do próximo pavimento a ser concretado.

4.2 Problemas Encontrados no Processo Construtivo

Nesse sistema, mesmo seguindo os procedimentos da NBR 16055:2012, podem ocasionar alguns problemas nas etapas do processo construtivo. Sendo assim, reunindo informações sobre os resultados de conformidades (aprovações) e não conformidades (reprovações) no checklist, verificou-se que 3 itens possuem mais problemas, com maiores índices de reprovações (Gráfico 1):

- Instalações – 34,6%
- Malha de aço – 17,3%
- Montagem de fôrmas – 48,1%

Gráfico 1 – Percentual de reprovações



Fonte: A autora (2019)

4.2.1 Instalações

Os itens de instalações abrangem o correto posicionamento e fixação de caixas elétricas de embutir, mangueiras elétricas, passagens hidráulicas e ralos. A falha na fixação, itens que possuíram maiores índices de reprovação (em caixas elétricas e mangueiras elétricas), compromete a estanqueidade da fôrma, permitindo o vazamento da nata do cimento, além de um mau posicionamento destes elementos.

No caso de as caixas de embutir ficarem com posicionamento incorreto, se faz necessário quebrar o local para ajuste e preencher a abertura formada com graute, esses retrabalhos podem gerar perda de tempo no processo construtivo, além de ocorrências de problemas futuros com a aderência em relação ao concreto da parede.

Em caixas que apresentem orifícios por onde possa entrar o concreto (ou “vazar”), devem ser feitos preenchimentos com papel ou pó de serra, impedindo assim que o concreto obstrua os orifícios dos dutos elétricos. Porém, no caso de ocorrer o vazamento da nata de cimento, será necessário o serviço não planejado de raspagem do local a fim de eliminar esta irregularidade da superfície.

Na Figura 22, observamos instalações posicionadas de forma errada na parede e que sofrerão processos de raspagem por obstrução dos orifícios dos dutos elétricos.

Figura 22 – Instalações mal posicionadas e obstruídas



Fonte: A autora (2019)

4.2.2 Malha de Aço

Neste item são analisados diâmetro, espaçamento, uso de espaçadores, encontro de telas e reforços e posicionamento da armadura. Nesse caso, a maior reprovação foi no posicionamento dos espaçadores nas lajes, que devido à movimentação dos trabalhadores sobre a fôrma no momento da concretagem podem se deslocar.

São fixados espaçadores circulares nas paredes, respeitando espaçamento indicado no projeto por toda a extensão da malha, esses espaçadores têm como principal função evitar que as placas não respeitem a distância mínima da parede. Além de facilitar na montagem, tendo em vista que como os mesmos delimitam o espaçamento mínimo, fazendo com que o funcionário não perca tempo medindo as mesmas constantemente com uma trena. Nas lajes são utilizados “caranguejos” ou espaçadores plásticos apoiados nas placas de teto da forma, para que possa ser respeitado o cobrimento mínimo da ferragem e evitar que a mesma fique exposta no teto do andar inferior.

A Figura 23 demonstra os dois tipos de espaçadores mencionados.

Figura 23 – Espaçadores do tipo circulares e “caranguejos”



Fonte: A autora (2019)

No entanto, com a inspeção do encarregado/técnico acompanhado pela equipe de montagem das fôrmas e armação propicia a correção imediata destas falhas, quando identificadas. O que não permitiu a identificação de problemas que se relacionassem à armação, ainda assim, não deve ser excluída a possibilidade do surgimento de anomalias a médio e longo prazo.

4.2.3 Montagem de Fôrma

Na parte de “montagem de fôrma” avaliamos a posição dos vãos, dimensão dos vãos, aplicação de desmoldante, prumo, alinhamento, nivelamento, esquadro, travamento e escoramento do jogo de fôrmas montado. Na obra em estudo foi utilizado fôrma do tipo metálica. Essa etapa foi que apresentou maior número de reprovações, com 48,1%.

Em consequência do próprio sistema construtivo e uso das fôrmas metálicas feitas sob medida para o pavimento tipo da edificação, itens como dimensão dos vãos, prumo e nivelamento das fôrmas são menos passíveis de falhas, visto que o próprio jogo de fôrmas garante estes itens.

Para os resultados de posição dos vãos, mostra-se que o treinamento da equipe para a repetitividade de montagem das fôrmas nos pavimentos é essencial para eliminar esta falha. Quando não identificada, pode ocasionar a concretagem

dos vãos do pavimento fora dos locais estabelecidos em projeto, o que comprometeria não somente a segurança estrutural, como o uso a que foi destinado o cômodo, ou até mesmo o apartamento. Porém, não foi encontrado nenhum local na obra em que este erro não tivesse sido corrigido antes da concretagem.

Já a aplicação do desmoldante, foi um dos fatores que teve índices de reprovações altos, o que reflete terem sido encontradas paredes com má aparência após a retirada das fôrmas, com o aparecimento de pequenas bolhas (Figura 24). Sendo assim, foi necessária a estucagem para fechamento dos pequenos vazios deixados pela desfôrma.

Figura 24 – Aparência após a desfôrma



Fonte: A autora (2019)

Nesse processo, a forma mais simples de reduzir as bolhas no concreto é utilizar um desmoldante adequado para o tipo de peça e de boa qualidade. Já que os mesmos são produtos utilizados com o objetivo de formar uma fina camada entre a fôrma e o concreto, impedindo a aderência entre ambos. Caso a camada formada seja muito espessa, pode haver o surgimento das bolhas na superfície do concreto. Além disso, durante o processo de vibração de concreto, o desmoldante deve facilitar a liberação das bolhas na superfície, garantindo assim uma peça com um bom aspecto superficial. Portanto, o tipo de desmoldante escolhido é essencial e influencia diretamente no resultado obtido.

No caso dos itens de alinhamento, esquadro, travamento e escoramento que são processos mais manuais e por isso mais suscetíveis à erros, também apresentaram maiores índices de não conformidades, especialmente nas cunhas e pinos de fixação por serem peças específicas e menores.

Dessa maneira, a falta de alinhamento, esquadro e travamento da fôrma podem comprometer a estanqueidade da mesma, bem como permitir a formação de saliências e paredes desniveladas (Figura 25) que mais tarde necessitarão ser corrigidas na fase de acabamento.

Figura 25 – Saliências e parede desnivelada



Fonte: A autora (2019)

Na etapa de escoramento, cuja função é amparar a estrutura enquanto o concreto não atinge sua resistência e módulo de elasticidade para se sustentar sozinho, não foi encontrada nenhuma manifestação patológica que pudesse comprometer a estrutura. Já que a falta de um escoramento adequado poderia gerar a formação de flechas nas lajes e fissuração da peça.

Portanto, com muitas ocorrências de problemas nas etapas de alinhamento, esquadro e travamento, a maneira mais eficaz de mitigar essas ocorrências de erros é com treinamento da equipe e vistoria criteriosa da utilização adequada das peças do jogo de fôrmas.

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise do sistema construtivo paredes de concreto moldada in loco, em uma edificação habitacional em São Luís. Visto que, chegou ao mercado da construção civil como um verdadeiro impulsionador de obras rápidas e racionalizadas. É um sistema que possui diversas vantagens, como, maior rapidez na execução, as etapas estão interligadas entre si fazendo com que os projetos e etapas estejam em sintonia, menor desperdício de materiais, o canteiro de obras fica mais organizado e limpo, maior interligação com questão ambiental entre outros fatores positivos.

Observa-se que esse método consegue inserir nas obras um novo parâmetro de industrialização e sistematização da produção de maneira simples e organizada, levando uma alta produtividade por onde tem passado, no que se refere a obras com alta repetitividade e alto número de unidades habitacionais.

A partir da análise teórica de vários autores foi possível avaliar o comportamento do sistema construtivo a suas exigências de desempenho. Atrrelado a isso, procurou-se mostrar todo estudo de caso da execução de uma construção, em São Luís, utilizando o sistema paredes de concreto. E, por meio de visitas a obra, foram obtidos os resultados quanto ao sistema.

Apesar de a obra estudada ter obtido algumas falhas, ajustes podem ser feitos no planejamento da execução da estrutura, no procedimento de execução e na conferência do serviço, a fim de corrigir as falhas identificadas e obter melhorias no processo. Também se faz necessário de um grande investimento em treinamento contínuo das equipes, que é peça chave para que haja resultado no sistema de paredes de concreto. E como apoio, pode-se utilizar do checklist, de modo que se torne uma ferramenta eficiente e prática no controle e fiscalização dos serviços garantindo a qualidade do produto final.

Portanto, conclui-se que um planejamento detalhado da execução de todas as etapas das estruturas seria capaz de evitar as possíveis falhas durante o processo, alinhando e adaptando as técnicas existentes nas normas vigentes e na literatura à prática, sem prejuízos à alta velocidade da produção e racionalização, características que fazem do sistema de parede de concreto uma alternativa tão competitiva em edificações residenciais de baixo e médio padrão.

REFERÊNCIAS

- ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. **Coletânea de ativos – Parede de concreto**. São Paulo, 2007/2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055:2012: Parede de Concreto Moldada no Local Para a Construção de Edificações – Requisitos e Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931:2004: Execução de estruturas de concreto – Procedimento - Elaboração**. Rio de Janeiro, 2004.
- ARÊAS, D. M. **Descrição do Processo Construtivo de Parede de Concreto Para Obra de Baixo Padrão**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- BALTOKOSKI, P. L. C. **Comparativo Térmico e Acústico entre os Métodos Construtivos, Alvenaria Convencional e Parede de Concreto Moldada no local**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **ABNT publica Norma de Desempenho 15.575 – Desempenho de Edificações Habitacionais**. Disponível em: < <https://cbic.org.br/abnt-publica-norma-de-desempenho-15-575-desempenho-de-edificacoes-habitacionais/>>. Acesso em: 17 de dezembro de 2018.
- CARVALHO, C. H. R. **Estudo de concreto com poliestireno expandido reciclado**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.
- CEMENT. **Removlabe Forms (Cast- In Place) – The Portland Cement Association**. Disponível em: <[https://www.cement.org/cement-concrete-applications/paving/buildings-structures/concrete-homes/building-systems-for-every-need/removable-forms-\(cast-in-place\)](https://www.cement.org/cement-concrete-applications/paving/buildings-structures/concrete-homes/building-systems-for-every-need/removable-forms-(cast-in-place))>. Acesso em: 28 de novembro de 2018.
- COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Parede de Concreto**. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemasconstrutivos/2/vantagens/viabilidade/20/vantagens.html>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2018.
- CORRÊA, J. M. **Considerações Sobre Projeto e Execução de Edifícios em Paredes de Concreto Moldados In Loco**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.
- FERREIRA, R. Economia Concreta. **Revista Equipe de obra**, São Paulo, n. 47, mai. 2012. Disponível em: <<http://equipedeobra17.pini.com.br/construcao-reforma/47/economia-concreta-ao-optar-por-paredes-de-concreto-em-257752-1.aspx>>. Acesso em: 05 de dezembro de 2018.
- FONSECA JUNIOR, A.; BARELLA FILHO, R. Paredes de concreto. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 16, n. 140, nov. 2008. Disponível em:

<<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/140/paredes-de-concreto-287594-1.aspx>>. Acesso em: 21 de novembro de 2018.

ISTOÉ. Déficit habitacional cresceu 3,1% em 2017, revelam FGV e SindusCon-SP. Disponível em: <<https://istoe.com.br/deficit-habitacional-cresceu-31-em-2017-revelam-fgv-e-sinduscon-sp/>>. Acesso em: 21 de novembro de 2018.

MACÊDO, J. S. Um estudo sobre o sistema construtivo formado por paredes de concreto moldadas no local. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. Paredes de concreto. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 147, jun. 2009. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/147/paredes-de-concreto-285766-1.aspx>>. Acesso em: 02 de dezembro de 2018.

MORAIS, G. M. Planejamento da Execução de Paredes de Concreto Armado: Um Estudo de Caso. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

NAKAMURA, J. Escolha de fôrmas para paredes de concreto deve considerar critérios técnicos e econômicos. **Revista Técnica**, n. 202, jan. 2014. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/202/escolha-de-formas-para-paredes-de-concreto-deve-considerar-criterios-304347-1.aspx>>. Acesso em: 22 de novembro de 2018.

PINHO, D. T. P. Sistema Construtivo Parede de Concreto – Um Estudo de Caso. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

PONZONI, J. Parede de Concreto Moldadas in loco: verificação do atendimento às recomendações da norma NBR 16055/2012 nos procedimentos executivos em obra de um edifício residencial. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SACHT, H. M. Painéis de vedação de concreto moldados in loco: avaliação de desempenho térmico e desenvolvimento de concretos. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

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. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

VENTURINI, J. Casas com paredes de concreto. **Revista Equipe de obra**, São Paulo, n. 37, jul. 2011. Disponível em: <<http://equipedebra17.pini.com.br/construcao-reforma/37/casas-com-paredes-de-concreto-220698-1.aspx>>. Acesso em: 05 de dezembro de 2018.

WENDLER FILHO, A. A. Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE). **Paredes de Concreto: Cálculo para Construções Econômicas**. 2008. Disponível em: < <https://site.abece.com.br/download/pdf/Eventos-Palestra-Wendler.pdf> >. Acesso em: 05 de dezembro de 2018.

WENDLER FILHO, A. A. Sistema Construtivo em Paredes de concreto: um sistema com bom desempenho - mitos e verdades. In: CONCRETE SHOW. 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Parede de Concreto – velocidade com qualidade. 2009.