

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Marcos Feronatto Mesomo

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UNIDADES
HABITACIONAIS CONSTRUÍDAS COM PAREDES DE
CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO* COM FÔRMAS
METÁLICAS: ANÁLISE DAS FALHAS OBSERVADAS NA
ETAPA DE EXECUÇÃO**

Avaliador:
Defesa: dia __/__/2018 às _____ horas
Local: UFRGS / Engenharia Nova Osvaldo Aranha, 99, sala 304
Anotações com sugestões para qualificar o trabalho são bem- vindas. O aluno fará as correções e lhe passará a versão final do trabalho, se for de seu interesse.

Porto Alegre

Julho/2018

MARCOS FERONATTO MESOMO

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UNIDADES
HABITACIONAIS CONSTRUÍDAS COM PAREDES DE
CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO* COM FÔRMAS
METÁLICAS: ANÁLISE DAS FALHAS OBSERVADAS NA
ETAPA DE EXECUÇÃO**

Trabalho de Diplomação apresentado à Comissão de
Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de
Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
como parte dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Civil

Orientadora: Cristiane Sardin Padilla de Oliveira

Porto Alegre

Julho/2018

MARCOS FERONATTO MESOMO

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UNIDADES
HABITACIONAIS CONSTRUÍDAS COM PAREDES DE
CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO* COM FÔRMAS
METÁLICAS: ANÁLISE DAS FALHAS OBSERVADAS NA
ETAPA DE EXECUÇÃO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pelo Relator deste trabalho de diplomação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, Julho de 2018

Profa. Cristiane Sardin Padilla de Oliveira
Dra. pela PPGEC/UFRGS
Orientadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Cristiane Sardin Padilla de Oliveira
(UFRGS)
Dra. Pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Prof. João Ricardo Masuero
(UFRGS)
Dr. Pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Eng. Nei Ricardo Vaske
(UFRGS)
Dr. Pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Os hipócritas são aqueles que aplicam aos outros os padrões que se recusam a aceitar para si mesmos.

Noam Chomsky

AGRADECIMENTOS

À Professora Cristiane Sardin Padilla de Oliveira, orientadora deste trabalho, pela orientação e, principalmente, pela serenidade que soube passar a este orientando em momentos de dificuldade.

Ao Professor João Ricardo Masuero, relator deste trabalho, pela constante disposição em ajudar seus alunos acima de tudo.

Aos meus pais, Valdemar e Neura, e à minha irmã, Juliana, que me acompanharam por toda a minha jornada de graduação.

À Taís Henneman Machado, minha companheira para todas as horas, que soube ser paciente comigo neste período.

RESUMO

Este trabalho tem como tema a avaliação das manifestações patológicas apresentadas no sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco* com a utilização de fôrmas metálicas. O objetivo é relacionar as manifestações patológicas relatadas pelos usuários das edificações com as falhas observadas na etapa de execução. A partir de uma revisão bibliográfica demonstrando as boas práticas e a normalização deste método no Brasil, largamente utilizado para construção de conjuntos habitacionais do Programa Minha Casa Minha Vida, do governo federal, partiu-se para a coleta de dados de uma grande construtora brasileira, especializada em empreendimentos construídos com o método estudado. Os dados foram coletados em duas etapas. Na primeira, a partir de relatórios disponibilizados pela construtora, foram levantadas as patologias relatadas pelos usuários à assistência técnica, onde pôde ser verificado que, da totalidade das ocorrências registradas pela empresa, ao menos 25% têm relação, ou são de sistemas que fazem interface com as paredes de concreto. Na segunda etapa, realizou-se uma vistoria a obra, utilizando como amostra duas edificações (40 unidades habitacionais) que representavam uma amostragem total de 20 concretagens, a fim de se buscar as principais falhas de execução cometidas pela construtora. Nesta vistoria verificou-se uma grande incidência de segregação do concreto das paredes, bem como uma superfície não-uniforme, causada pelo mau lançamento e má vibração do concreto. Pode ser concluído, ao final, que a adoção de processos alternativos aos utilizados pela construtora, como a utilização de concreto auto adensável ou o lançamento em camadas, podem diminuir ou até evitar as patologias com interface com as paredes de concreto. Outras medidas como adoção de processo de cura e melhor manutenção das fôrmas metálicas também surgem como elementos importantes na mitigação dos efeitos indesejáveis causados pela execução inadequada das paredes de concreto. Os eventuais aumentos nos custos de produção são justificados pela diminuição das intervenções posteriores pela assistência técnica, bem como uma melhor reputação da construtora no mercado.

Palavras-chave: paredes de concreto, fôrmas metálicas, patologias, falhas de execução.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da realização da pesquisa.....	13
Figura 2 – Fôrma de madeira com estruturação metálica.....	16
Figura 3 – Fôrmas de plástico para moldagem de paredes de concreto.....	17
Figura 4 – Esquema das peças e acessórios componentes das fôrmas metálicas.....	19
Figura 5 – Caixas elétricas para paredes.....	24
Figura 6 – Caixa elétrica para lajes.....	25
Figura 7 – Quadro de distribuição.....	25
Figura 8 - Atividades relacionadas à execução de paredes de concreto moldadas in loco.....	26
Figura 9 - Demarcação das linhas das paredes.....	27
Figura 10 - Recorte da tela para vão de porta.....	27
Figura 11 - Tubulação de elétrica fixada na armadura por meio de espaçador específico	29
Figura 12 - Sistema de armaduras e instalações embutidas para paredes de concreto moldadas in loco.....	30
Figura 13 - Tolerância geométrica para o comprimento das paredes.....	32
Figura 14 - Tolerância geométrica para o desalinhamento horizontal das paredes.....	32
Figura 15 - Tolerância geométrica para o desalinhamento vertical das paredes.....	33
Figura 16 - Zonas bioclimáticas brasileiras.....	39
Figura 17 - Pavimento Tipo e Layout das unidades padrão dos empreendimentos estudados.....	53
Figura 18 – Infiltração na esquadria da sala.....	55
Figura 19 – Detalhe de infiltração na esquadria da unidade.....	56
Figura 20 – Fissura na parede partindo da caixa elétrica.....	57
Figura 21 – Fissura na parede acompanhando tubulação de incêndio.....	57
Figura 22 – Fissura entre o vão da janela e abertura para instalação de ar condicionado.	58
Figura 23 – Descolamento do revestimento cerâmico.....	59
Figura 24 – Implantação do Empreendimento 1 – Baviera.....	60
Figura 25 – Implantação do Empreendimento 2 – Campos.....	62
Figura 26 – Implantação do Empreendimento 3 – Província.....	63
Figura 27 – Implantação do Empreendimento 4 – Amada.....	64
Figura 28 – Implantação do Empreendimento 5 – Gaúcha.....	66
Figura 29 – Implantação do Empreendimento 6 – Sarandi.....	67
Figura 30 – Implantação do Empreendimento 7 – Germânica.....	68

Figura 31 – Fissura formando ângulo com abertura de porta.....	71
Figura 32 – Fissura a 90° entre vão da janela e abertura para instalação de ar- condicionado.....	72
Figura 33 – Fissura em parede sem abertura próxima.....	73
Figura 34 – Parede com superfície porosa e áspera.....	74
Figura 35 – Segregação no entorno da junta entre fôrmas.....	75
Figura 36 – Segregação “A” até 1,2 metros do piso.....	76
Figura 37 – Segregação “B” entre 1,2 e 2,0 metros do piso.....	76
Figura 38 – Segregação “C” acima de 2,0 metros do piso.....	77
Figura 39 – Armadura exposta na superfície do concreto.....	77
Figura 40 – Eletroduto exposto na superfície do concreto.....	78
Figura 41 – Falha de concretagem do contramarco de janela.....	78
Figura 42 – Junta fria observada na obra estudada.....	79
Figura 43 – Defeito geométrico causado pela abertura entre placas.....	80
Figura 44 – Fuga de nata ocasionada por abertura entre placas.....	80
Figura 45 – Relação de falhas de execução que causam defeitos nos vãos das esquadrias.....	84
Figura 46 – Relação de falhas de execução que causam defeitos na estrutura das paredes de concreto.....	85
Figura 47 - Relação de falhas de execução que causam defeitos nos revestimentos das paredes de concreto.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo das tipologias de utilização de cada concreto.....	23
Tabela 2 - Déficit Habitacional Brasileiro.....	42
Tabela 3 - Déficit Habitacional Brasileiro por faixa de renda média familiar.....	43
Tabela 4 – Incidência de patologias empreendimento 1 – Baviera.....	61
Tabela 5 - Incidência de patologias empreendimento 2 – Campos.....	62
Tabela 6 - Incidência de patologias empreendimento 3 – Província.....	64
Tabela 7 - Incidência de patologias empreendimento 4 – Amada.....	65
Tabela 8 – Incidência de patologias empreendimento 5 – Gaúcha.....	66
Tabela 9 – Incidência de patologias empreendimento 6 – Sarandi.....	67
Tabela 10 – Incidência de patologias empreendimento 7 – Germânica.....	69
Tabela 11 – Resultados consolidados das manifestações patológicas.....	70
Tabela 12 – Falhas de execução observadas nas concretagens da torre 22.....	81
Tabela 13 - Falhas de execução observadas nas concretagens da torre 23.....	82
Tabela 14 – Incidência das falhas de execução nas 20 concretagens.....	82

LISTA DE SIGLAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABESC – Associação Brasileira de Empresas de Serviço de Concretagem

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CEI – Centro de Estatística e Informações

CGU – Controladoria Geral da União

DIREI – Diretoria de Estatística e Informações

FJP – Fundação João Pinheiro

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MCMV – Minha Casa Minha Vida

NBR – Norma Brasileira

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	10
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	10
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	10
2.2.1 Objetivos Principais	10
2.2.2 Objetivos Secundários	10
2.3 PRESSUPOSTO.....	11
2.4 PREMISA.....	11
2.5 DELIMITAÇÃO.....	11
2.6 LIMITAÇÕES.....	12
2.7 DELINEAMENTO.....	12
3 SISTEMA CONSTRUTIVO: PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO	14
3.1 COMPONENTES EMPREGADOS.....	15
3.1.1 Fôrmas	15
3.1.1.1 Fôrmas de Madeira com Estrutura Metálica.....	16
3.1.1.2 Fôrmas Plásticas.....	17
3.1.1.3 Fôrmas Metálicas.....	18
3.1.2 Armadura	20
3.1.3 Concreto	22
3.1.4 Sistemas Embutidos	24
3.2 METODOLOGIA CONSTRUTIVA.....	25
3.2.1 Armação	26
3.2.2 Sistemas Embutidos	28
3.2.3 Montagem das Fôrmas	30
3.2.4 Concretagem	33
3.2.5 Desforma e Estucamento das Passagens	35
3.3 PRODUTIVIDADE.....	36
3.4 QUALIDADE E DESEMPENHO.....	37
4 O SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO APLICADO A CONJUNTOS HABITACIONAIS DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA	41
4.1 PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA.....	44

4.2 HABITAÇÕES DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA CONSTRUÍDAS COM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS <i>IN LOCO</i>	44
5 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS <i>IN LOCO</i>.....	46
5.1 MANIFESTAÇÃO DE TRINCAS E FISSURAS.....	47
5.2 JUNTAS FRIAS DE CONCRETAGEM NÃO PREVISTAS.....	48
5.3 VAZIOS E NICHOS DE CONCRETAGEM.....	48
5.4 CAUSAS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DURANTE A EXECUÇÃO.....	48
5.4.1 Fôrmas e Escoramentos.....	49
5.4.2 Deficiências na Armadura.....	49
5.4.3 Falhas na Concretagem.....	50
6 ESTUDO DE CASO – LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	51
6.1 MÉTODO DE CONSTRUÇÃO DA EMPRESA.....	51
6.1.1 Fôrmas.....	52
6.1.2 Armaduras.....	52
6.1.3 Concreto.....	52
6.1.4 Sistemas Embutidos.....	52
6.1.5 Concretagem.....	52
6.1.6 Revestimentos das paredes.....	54
6.1.6.1 Interno.....	54
6.1.6.2 Externo.....	54
6.2 EMPREENDIMENTOS ENTREGUES.....	54
6.2.1 Empreendimento 1 – Baviera.....	60
6.2.2 Empreendimento 2 – Campos.....	61
6.2.3 Empreendimento 3 – Província.....	63
6.2.4 Empreendimento 4 – Amada.....	64
6.2.5 Empreendimento 5 – Gaúcha.....	65
6.2.6 Empreendimento 6 – Sarandi fases 1 e 2.....	67
6.2.7 Empreendimento 7 – Germânica fase 1.....	68
6.2.8 Resultados.....	69
6.3 FALHAS DE EXECUÇÃO.....	70
6.3.1 Identificação das falhas observadas.....	71
6.3.2 Resultados.....	81

6.4 RELAÇÃO ENTRE AS PATOLOGIAS E FALHAS DE EXECUÇÃO E SUAS MEDIDAS MITIGADORAS.....	83
6.4.1 Defeitos nos vãos das esquadrias.....	83
6.4.2 Defeitos na estrutura.....	84
6.4.3 Defeitos nos revestimentos das paredes.....	85
6.4.4 Medidas mitigadoras e ações de controle.....	86
7 CONCLUSÃO.....	88
REFERÊNCIAS.....	90

1 INTRODUÇÃO

Há alguns anos uma nova tecnologia de construção vem se apresentando como uma alternativa viável a uma parcela do mercado brasileiro de habitação. As paredes de concreto moldadas *in loco* vêm sendo implantadas como novo sistema construtivo principalmente em obras de edificações de produção em larga escala. Modelos de empreendimentos com alta repetitividade adaptam-se muito bem a este sistema, que busca padronização e agilidade na execução, bem como um retorno significativo na velocidade de entrega das unidades habitacionais.

Enquadradas nas características citadas, construtoras especializadas em empreendimentos do programa Minha Casa Minha Vida vêm aderindo de forma crescente a este método construtivo. O programa Minha Casa Minha Vida é uma iniciativa do governo federal brasileiro, iniciado em 2009, que incentiva o financiamento de habitações de interesse social.

Em agosto de 2017 o Ministério da Transparência e Controladoria Geral da União (CGU) divulgou o resultado da avaliação de execução do Programa Minha Casa Minha Vida, com dados levantados em 2015. Em uma amostra de aproximadamente 1,4 mil unidades habitacionais de mais de 70 empreendimentos espalhados pelo Brasil, foi constatado que 56,4% dos imóveis apresentavam defeitos de construção dentro do prazo de garantia. Dentre os defeitos observados e citados, os principais foram: infiltrações, falta de prumo (verticalidade de paredes e pilares) e de esquadros (se os planos medidos estão com ângulo reto).

Portanto, devido ao público/usuário do programa MCMV ocupar, em grande parte, uma posição de vulnerabilidade econômica na sociedade, as operações de manutenção e correção de futuras patologias que possam vir a se manifestar nos apartamentos são dificultadas, nascendo então a necessidade de um controle de qualidade rigoroso na execução dos mesmos.

Observa-se, portanto, a importância da identificação e atuação direta nas falhas de execução dos sistemas construtivos deste tipo de empreendimento. A correção de problemas em nível de projeto e procedimento construtivo tem enorme repercussão nas unidades produzidas dali em diante. Um problema identificado e não corrigido se replica

em todas as unidades produzidas. Por se tratarem de produções em larga escala, o nível de incidência de prestação de serviço por parte da empresa no que diz respeito a reparos e assistência técnica ao consumidor pode se tornar altíssimo, acarretando em aumento de custos indesejáveis, bem como insatisfação do cliente/usuário.

Outro ponto a ser levado em consideração é o atendimento do método construtivo à Norma NBR 15575 que estabelece os parâmetros de desempenho em relação a diversos aspectos, tais como: desempenho térmico, desempenho acústico, resistência a impacto, permeabilidade da superfície, entre outros.

Atentando-se a estes pontos (entre tantos outros), as paredes de concreto moldadas in loco tiveram seus parâmetros de projeto e execução normalizados em 2012 pela NBR 16055:2012 – Parede de Concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos. Portanto, eventuais patologias encontradas em edificações de parede de concreto, provavelmente são oriundas de falhas ou vícios construtivos, ou então de falhas de projetos, que não atendem parcial ou completamente a respectiva norma de execução, ou mesmo aos procedimentos e requisitos da norma que podem não se provarem suficientes para garantir o desempenho.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

A fim de se obter uma pesquisa concisa e clara, foram definidas as suas diretrizes, conforme os itens abaixo.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

Define-se como questão da pesquisa a que segue: quais são as principais manifestações patológicas e suas prováveis causas oriundas da etapa de execução do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco*?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

A pesquisa possui definidos seus objetivos principais e secundários, conforme os itens abaixo.

2.2.1 Objetivos Principais

O objetivo principal desta pesquisa visa a identificação das principais manifestações patológicas – e suas prováveis causas – em unidades habitacionais do programa Minha Casa Minha Vida construídas pelo método de paredes de concreto moldadas *in loco*, oriundas da etapa de execução, e oferecer, ao final, possíveis soluções para os vícios de construção apresentados.

2.2.2 Objetivos Secundários

Como objetivos secundários deste trabalho, tem-se a elaboração de uma lista de todas as manifestações patológicas registradas nos empreendimentos entregues pela construtora estudada, e o registro das etapas de execução das paredes de concreto nas obras desta mesma construtora. Espera-se assim ser possível uma análise crítica a respeito das melhorias necessárias para um melhor aproveitamento do sistema construtivo pela empresa utilizada como amostra.

2.3 PRESSUPOSTO

Parte-se do pressuposto que falhas no processo executivo do sistema de construção estudado representam uma grande parcela das causas das principais manifestações patológicas registradas, gerando retrabalho e/ou reclamações e desconfortos por parte do usuário.

2.4 PREMISSA

Tem-se como premissa que, se respeitados os parâmetros normalizados do processo construtivo, bem como os detalhamentos de projeto e as boas práticas de construção, as manifestações patológicas podem ser mitigadas, ou ao menos controladas, a ponto de não representarem grandes custos aos construtores e usuários, bem como desconfortos ou até mesmo riscos ao bem estar dos moradores.

2.5 DELIMITAÇÃO

O estudo delimita-se a análise do método de execução de paredes de concreto moldadas in loco para edificações habitacionais de empreendimentos do programa Minha Casa Minha Vida de uma única empresa que atua em Porto Alegre.

Também somente serão abordadas as etapas do processo que têm interfaces inerentes à execução das paredes de concreto, como:

- Locação das esquadrias;
- Distribuição da rede elétrica;
- Mistura/Usinagem do concreto;
- Colocação e retirada das fôrmas;
- Escoramento;
- Concretagem;

Instalações Hidráulicas, Impermeabilização, assentamento de cerâmicas, revestimentos (pintura), entre outros procedimentos que podem vir a ser causas de patologias nas edificações, não serão identificados.

2.6 LIMITAÇÕES

Tem-se como limitação deste trabalho incorporações imobiliárias residenciais padronizadas do programa Minha Casa Minha Vida, onde há um processo com especificações técnicas definidas pela empresa construtora. Processos executivos de outras construtoras podem vir a diferir e, portanto, não poderão se basear nos resultados mostrados ao final da pesquisa.

2.7 DELINEAMENTO

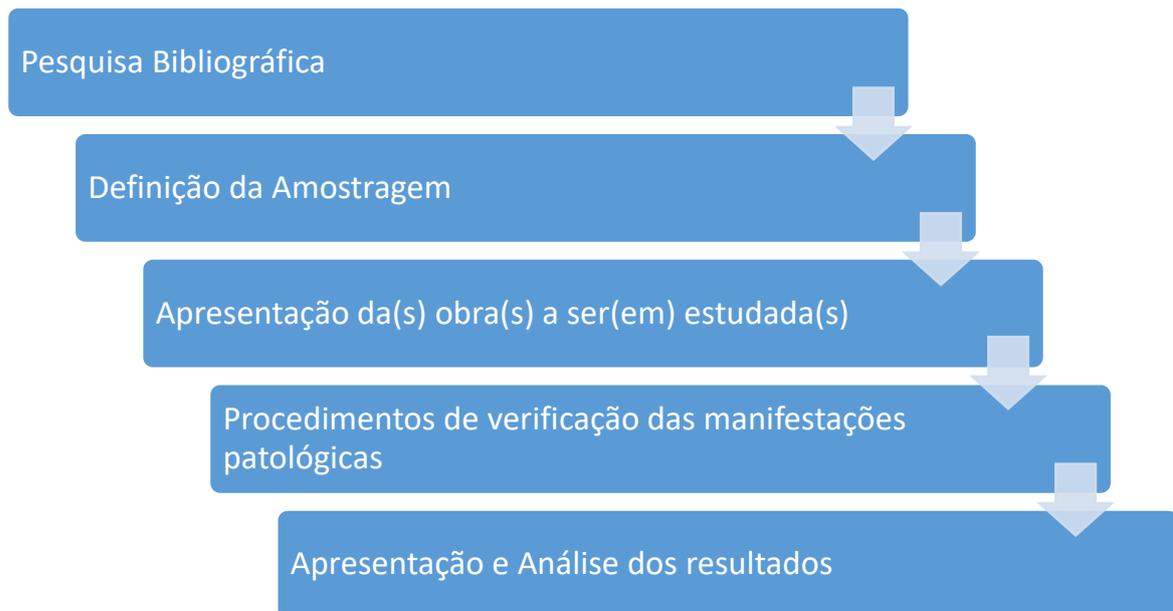
O trabalho compreendeu, em sua primeira parte, de uma revisão bibliográfica e apresentação do método construtivo baseado na NBR 16055:2012 – Parede de Concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos e outras fontes, como a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), que, juntamente com a Associação Brasileira de Empresas de Serviço de Concretagem (ABESC) e outras associações setoriais, institutos de pesquisa e empresas privadas envolvidos com o desenvolvimento e implementação desse sistema construtivo no Brasil, criaram a Comissão de Estudos responsável pela elaboração do texto base que serviu para a normalização do método. A revisão bibliográfica também abordará a importância desse sistema construtivo para os conjuntos habitacionais de baixa renda no cenário atual, focando em empreendimentos do Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV).

Em sua segunda parte, foi realizado um levantamento de dados, , das principais manifestações patológicas em unidades habitacionais de empreendimentos de uma grande construtora que já atua há 3 anos em Porto Alegre com edificações executadas com o sistema de paredes de concreto moldadas no local. Será realizado também um acompanhamento da execução das paredes de concreto nas obras da referida construtora, a fim de identificar as prováveis causas das patologias levantadas na etapa anterior.

Ao final, será elaborada uma listagem com as principais patologias e como estas se relacionam com os vícios/falhas de execução identificadas no processo. Processo este, normalizado e descrito na primeira parte do trabalho.

Em ordem, a pesquisa se dará da seguinte forma, conforme Figura 1:

Figura 1 – Fluxograma da realização da pesquisa



Fonte: o autor.

3 SISTEMA CONSTRUTIVO: PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO

Inspirado em sistemas que fizeram história ainda nas décadas de 1970 e 1980, como os sistemas em Concreto Celular Estrutural e o sistema Outinord (MISURELLI e MASUDA, 2009), o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco busca incorporar o conceito de industrialização na construção civil.

Normalizado no Brasil a partir de 2012 pela NBR 16055:2012 – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos, é um sistema de construção em que o produto final apresenta estrutura e vedação formadas por um único elemento. Seus elementos de instalações (elétricas, hidráulicas, etc.), bem como marcos e esquadrias, normalmente são embutidos no momento da moldagem. (MISURELLI e MASUDA, 2009).

As principais vantagens apresentadas pelo sistema são o aumento da produtividade e a diminuição na utilização da mão de obra, observada nos casos de utilização de concreto auto adensável (BRITTEZ, et al., 2015). Isto pode representar um aumento significativo na viabilidade econômica do empreendimento.

Seguindo a mesma lógica de ganhos econômicos, porém relacionando com a diminuição de custos, Brittez et al. (2015) faz referência ao processo de execução do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco:

“[...] a aplicação deste sistema pode permitir a eliminação de até dez etapas executivas (arremates de esquadrias, produção de argamassa de assentamento, transporte de materiais, entre outras) quando comparada à utilização de sistemas convencionais (FERREIRA, 2012)”

Percebe-se que a recepção a este método construtivo vem sendo positiva pelas construtoras no país, pois representa muitos ganhos econômicos. Mas, para que esta tecnologia chegasse a este patamar de aceitação e se consolidasse como um sistema construtivo confiável e disseminado pelas diversas regiões do país, seus mais diversos parâmetros foram estudados e desenvolvidos para melhor se adaptarem à nossa realidade de construção (MISURELLI e MASUDA, 2009). Para isto, requisitos gerais para a qualidade da parede foram estabelecidos pela norma ABNT NBR 16055:2012, como

critérios de dimensionamento, materiais, procedimentos, entre outros (ABCP et al., 2013).

Serão apresentados a seguir os materiais e ferramentas necessários para execução de paredes de concreto. Dar-se-á mais ênfase aos materiais e métodos que serão analisados na segunda parte do trabalho, quando será realizado o levantamento das patologias observadas em obras de parede de concreto em decorrência de falhas no momento da execução, por uma empresa do segmento de construção de conjuntos habitacionais do programa federal Minha Casa Minha Vida. Ou seja, as técnicas e os materiais aplicados por esta empresa serão mais a fundo revistos e apresentados, a fim de tornar o presente trabalho mais objetivo e direto.

3.1 COMPONENTES EMPREGADOS

Os componentes empregados na moldagem das paredes de concreto são, basicamente, as fôrmas, armaduras de aço e o concreto, além dos acessórios necessários para a montagem dos elementos (CORSINI, 2011).

3.1.1 Fôrmas

Segundo a NBR 16055, as fôrmas utilizadas para a moldagem do concreto devem ter, como requisito básico, a resistência necessária às ações as quais são submetidas durante o processo de construção, bem como rigidez para assegurar as tolerâncias geométricas impostas pela mesma Norma e estanqueidade e conformidade com a geometria das peças a serem moldadas.

Para o caso do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco, utilizam-se, normalmente, três tipos de materiais para montagem das fôrmas. Sendo eles (NEMER, 2016):

- a) Fôrmas de madeira compensada com estrutura metálica;
- b) Fôrmas de plástico;
- c) Fôrmas metálicas;

Pode ser ainda utilizado um sistema composto, proveniente da união de dois ou mais materiais de fôrmas conforme mencionado acima.

Diversas situações demandam diversas soluções construtivas. Este conceito aplica-se na escolha do tipo de fôrma a ser utilizado. As vantagens e desvantagens de cada material para moldagem das paredes de concreto devem ser levadas em consideração.

3.1.1.1 Fôrmas de Madeira com Estrutura Metálica

Segundo NEMER (2016) as fôrmas de madeira representam o sistema de fôrmas mais difundido no Brasil. Para a moldagem das paredes de concreto, as fôrmas de madeira são compostas por chapas de madeira compensadas nas dimensões 2,20x1,10m e 2,44x1,22m em espessuras que podem variar entre 6 e 21mm. Apresentam versatilidade e relativa facilidade no manejo e transporte em canteiro de obra. Por ser extremamente difundido no país, a mão de obra disponível no mercado está vastamente familiarizada com os materiais utilizados para a montagem das fôrmas.

São utilizados elementos metálicos (aço ou alumínio) para estruturação das fôrmas, ficando as chapas de compensado como face para o concreto (NAKAMURA, 2014).

Quando bem conservadas, estas fôrmas podem durar até 30 usos (NAKAMURA, 2014), resultando em grande quantidade de resíduos e entulho na obra, quando comparadas às compostas por outros materiais.

Na Figura 2 abaixo, pode-se observar a aplicação de fôrmas de madeira para moldagem de paredes de concreto.

Figura 2 – Fôrma de madeira com estruturação metálica.



Fonte: Nakamura, 2014.

3.1.1.2 Fôrmas Plásticas

Utilizadas para se obter uma utilização racionalizada, as fôrmas plásticas são compostas por quadros e chapas de plástico reciclável que possuem um ciclo de reutilização alto (NEMER, 2016). Segundo informações de fornecedores de fôrmas plásticas, a quantidade de reutilizações das fôrmas plásticas pode variar de 50 a 200 vezes (SILVA, 2010). Possuem, também, um peso reduzido em comparação com outros materiais (NAKAMURA, 2014) resultando em maior facilidade de transporte dos componentes no canteiro de obra.

Além disso, as fôrmas podem ser recicladas após o fim de sua vida útil, diminuindo consideravelmente seu impacto ambiental e geração de resíduos (NEMER, 2016)

Entre suas desvantagens, destacam-se, segundo Nemer (2016):

“[...] limitações em elementos estruturais com elevadas dimensões, seguido de dificuldades com prumo e alinhamento, o sistema é limitado quanto a sua adaptabilidade no canteiro de obras, e a pouca familiaridade da mão-de-obra com este método construtivo pode resultar em baixa produtividade do sistema (NAKAMURA, 2007).”

Um exemplo de fôrmas de plástico sendo utilizado na moldagem de paredes de concreto pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 – Fôrmas de plástico para moldagem de paredes de concreto



Fonte: Silva, 2010.

3.1.1.3 Fôrmas Metálicas

Hoje em dia, pela utilização do método construtivo de paredes de concreto moldadas in loco se dar principalmente em construções do Programa Minha Casa Minha Vida (CORSINI, 2011), em condomínios onde a repetitividade e alta escala de produção exigem uma continuidade na utilização das fôrmas, as fôrmas que mais apresentam e oferecem as características de industrialização que se busca na utilização do método construtivo são as metálicas (NAKAMURA, 2013).

Segundo Nakamura (2013), referindo-se às fôrmas metálicas:

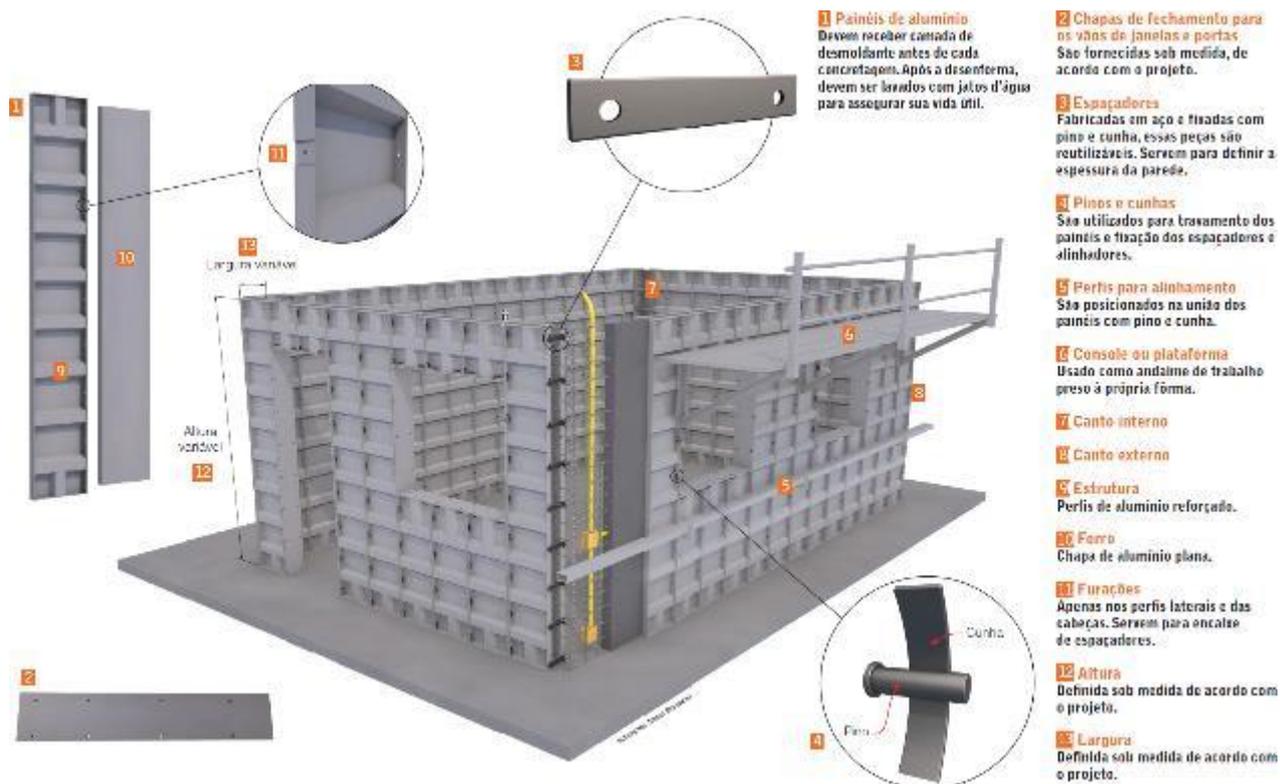
“Recomendado para uso em empreendimentos com alto grau de repetição, sobretudo para conjuntos habitacionais, esse tipo de fôrma é composto por painéis de chapas planas estruturados por perfis metálicos e montados com a ajuda de conectores.”

Não obstante, justamente por isto que, atualmente, o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco é frequentemente associado a fôrmas metálicas (NEMER, 2016).

Composto por painéis metálicos de aço ou alumínio, segundo Nakamura (2013) o sistema, geralmente, não apresenta furações para passagem de ancoragens, rebites ou marcas na face do concreto, garantindo, desta maneira, melhor acabamento superficial da parede.

Além dos painéis, são utilizados acessórios diversos para montagem das fôrmas, bem como desmoldante, aplicado antes de cada montagem. Os principais acessórios podem ser observados na Figura 4 a seguir.

Figura 4 – Esquema das peças e acessórios componentes das fôrmas metálicas



Fonte: Nakamura, 2013. Ilustrações: Daniel Beneventi.

Como acessórios, tem-se os listados abaixo como componentes usuais da montagem das fôrmas e suas funções (SANTOS, 2011):

- a) Gravatas (corbatas): responsáveis por resistir às tensões exercidas pelo concreto fresco nas faces dos painéis;
- b) Grapas: conexões dos painéis de fôrmas metálicas;
- c) Cunhas: auxilia no travamento dos painéis;
- d) Pinos: travamento das gravatas e grapas;
- e) Bainhas protetoras (camisinhas): utilizadas para o reaproveitamento das gravatas. Garante estanqueidade nos pontos de utilização de corbatas;
- f) Escoras: escoramento das fôrmas;
- g) Alinhadores metálicos: alinhamento dos painéis e transferência deste alinhamento para o conjunto;

h) Tensores: garantir as dimensões dos vãos das portas e janelas;

Adequado, portanto, para o processo de industrialização, com grande repetitividade e produção em larga escala, apresenta também uma grande vantagem que se soma às já citadas: com um ciclo de vida útil que pode variar entre 500 e 1000 utilizações (CORSINI, 2011), gera menos entulho e reduz os passivos ambientais com sua utilização.

Sua principal desvantagem poderia ser apontada como sendo o seu alto custo de aquisição (NEMER, 2016), devendo ser realizado um minucioso estudo de viabilidade econômica acerca da utilização da fôrma metálica, levando em consideração sua aplicação a longo prazo.

3.1.2 Armadura

A NBR 16055 (2012) define os materiais das armaduras como telas soldadas, barras e treliças de aço conforme as normas que as regem.

Para o sistema de paredes de concreto moldadas in loco, são utilizadas como armadura principal telas de aço soldadas posicionadas no eixo vertical das paredes. A utilização da armadura central deve-se, principalmente, para absorver as solicitações de flexo-compressão devidas as ações horizontais do vento e do desaprumo. Nos vãos de portas e janelas, ou em esperas para ar condicionado, são utilizadas barras de aço como reforço ao redor de suas aberturas. Nos cantos, onde ocorrem encontros “parede x parede”, utilizam-se telas de aço dobradas em “L” (MISURELLI e MASUDA, 2009, p. 5). Segundo Nemer (2016, p. 28):

“Outros tipos de armaduras como as em formatos treliçados também podem ser utilizadas na execução do sistema, sendo estas também posicionadas centralmente ao eixo dos painéis e possuem mesma necessidade de reforços em vãos de portas e janelas”

Para as barras de aço, devem ser respeitadas as propriedades estabelecidas na NBR 7480 (2007) – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação. Conforme a mesma “As barras e os fios de aço destinados a armadura para concreto armado devem apresentar homogeneidade quanto às suas características geométricas” (ABNT, 2007, p. 2).

Para as telas soldadas, devem ser seguidas as especificações da NBR 7481 (1990) – Tela de aço soldada – Armadura para concreto. Esta define como sendo “Tela de aço soldada” (pg. 1):

“Armadura pré-fabricada, destinada a armar concreto, em forma de rede de malhas retangulares, constituída de fios de aço longitudinais e transversais, sobrepostos e soldados em todos os pontos de contato (nós), por resistência elétrica (caldeamento)”

Os fios, ainda conforme a NBR 7481 (1990), são classificados segundo suas propriedades mecânicas na seguintes categoria:

- a) CA-60: resistência característica de escoamento mínima $f_{yk} = 600$ MPa;

Os critérios de utilização dos fios para as telas de aço soldadas e das barras para armações de reforço são especificados nas seções de dimensionamento da NBR 16055 (2012), de onde são definidas suas seções e resistência mecânica, bem como a densidade da malha. As seções mínimas de aço, conforme a NBR 16055 (2012), devem corresponder, para aço CA-60, a 0,09% da seção de concreto para as armaduras verticais e 0,15% da seção de concreto para armaduras horizontais.

3.1.3 Concreto

Componente principal do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco, o concreto, segundo a ABCP et al. em sua Coletânea de Ativos em Paredes de Concreto (2009/2010, p. 147), é fundamental que possua boa trabalhabilidade para completo preenchimento das fôrmas, a fim de evitar segregações e garantir um bom acabamento da superfície.

Assim, portanto, estabelecem-se quatro tipos de concreto recomendáveis para aplicação em paredes de concreto. São eles (ABCP et al., 2009, p. 147):

- a) Concreto celular: baixa massa específica; deve ser utilizada para edificações com no máximo 2 pavimentos;
- b) Concreto com alto teor de ar incorporado até 9%: igualmente deve ser utilizado para edificações com no máximo 2 pavimentos;
- c) Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica: utilizado especialmente para edificações que necessitem resistências de no máximo 25 MPa;
- d) Concreto convencional e auto adensável: utilizado para qualquer tipologia, utiliza-se de aditivo superplastificante para seu auto adensamento;

A Tabela 1 apresenta um resumo das tipologias em que podem ser utilizados cada tipo de concreto, segundo ABCP et al. (2010, pg 192).

Tabela 1 – Resumo das tipologias de utilização de cada concreto

TABELA RESUMO DAS TIPOLOGIAS DE CONCRETO				
Tipo	Concreto	Massa específica [kg/m ³]	Resistência mínima à compressão (MPa)	Tipologia usualmente utilizada
L1	Celular	1500 - 1600	4	Casa até 2 pavimentos
L2	Com agregado leve	1500 - 1800	20	Qualquer tipologia
M	Com alto teor de ar incorporado	1900 - 2000	6	Casa até 2 pavimentos
N	Convencional ou Auto-adensável	2000 - 2800	20	Qualquer tipologia

Fonte: ABCP et al., 2010.

Sendo o material mais empregado quando da utilização de sistemas de paredes de concreto (NEMER, 2016 – p. 27), o concreto auto adensável faz uso de aditivos superplastificantes, que conferem uma alta plasticidade ao concreto fresco, dispensando o uso de vibradores para adensamento do concreto (TUTIKIAN, 2007, pg 25). Desta maneira, o concreto auto adensável se adapta melhor ao ritmo de industrialização que se tenta buscar na implantação do sistema de paredes de concreto, justificando, portanto, sua maior utilização em detrimento dos outros tipos de concreto.

Britez et al. (2015 – p. 4), referindo-se às vantagens da utilização do concreto auto adensável para obras em paredes de concreto, adiciona:

“O uso do concreto auto adensável pode ainda minimizar a necessidade de desempenho em superfícies horizontais e de acabamento nas superfícies verticais, bem como acelerar o tempo de concretagem e reduzir a intensidade de ruído emitida (NUNES, 2001), além de reduzir os danos causados às fôrmas, visto que dispensa o uso de vibradores de imersão.”

Como ponto de atenção à utilização do concreto auto adensável, está o efeito do aditivo superplastificante, que dura aproximadamente 40 minutos, contados a partir de sua adição ao concreto na obra. Alguns cuidados devem ser tomados quando da utilização do concreto auto adensável, como, por exemplo, a utilização de uma granulometria o mais contínua possível e atenção ao diâmetro máximo e densidade do agregado, garantindo, assim, a capacidade de resistência à segregação do concreto, segundo Tutikian (2007, p. 64).

3.1.4 Sistemas Embutidos

Uma das características mais importantes e vantajosas do sistema de paredes de concreto é a que permite que as paredes contenham, embutidos em seu interior após a desforma, todos os elementos previstos em projeto, destacando-se as tubulações de rede elétrica e furações para passagem da rede hidráulica (ABCP et al., 2009, p. 205).

A possibilidade de distribuição da tubulação de rede elétrica representa um ganho de produtividade muito alto, com a utilização de *kits* elétricos, onde pode ser alcançado um nível industrial de fornecimento destes materiais. Há, também, a possibilidade de toda a fiação de distribuição elétrica das unidades já virem embutida nos eletrodutos, eliminando assim a etapa de passagem da fiação nos apartamentos.

As caixas elétricas para paredes, onde serão instaladas as tomadas e interruptores, bem como os eletrodutos para passagem da fiação e os quadros de distribuição, são feitos de PVC. As figuras 5, 6 e 7 abaixo mostram estes sistemas, juntamente com o eletroduto corrugado laranja.

Figura 5 – Caixas elétricas para paredes.



Fonte: Catálogo Astra, site AECWeb.

Figura 6 – Caixa elétrica para lajes.



Fonte: Catálogo Astra, site AECWeb.

Figura 7 – Quadro de distribuição.



Fonte: Catálogo Astra, site AECWeb.

Estas caixas e eletrodutos de PVC devem, além de garantir a passagem desobstruída dos fios e colocação das tomadas, evitar a entrada de nata de concreto durante o processo de concretagem. São também utilizadas alças fixadoras de PVC para evitar o deslocamento das caixas e eletrodutos no lançamento do concreto.

3.2 METODOLOGIA CONSTRUTIVA

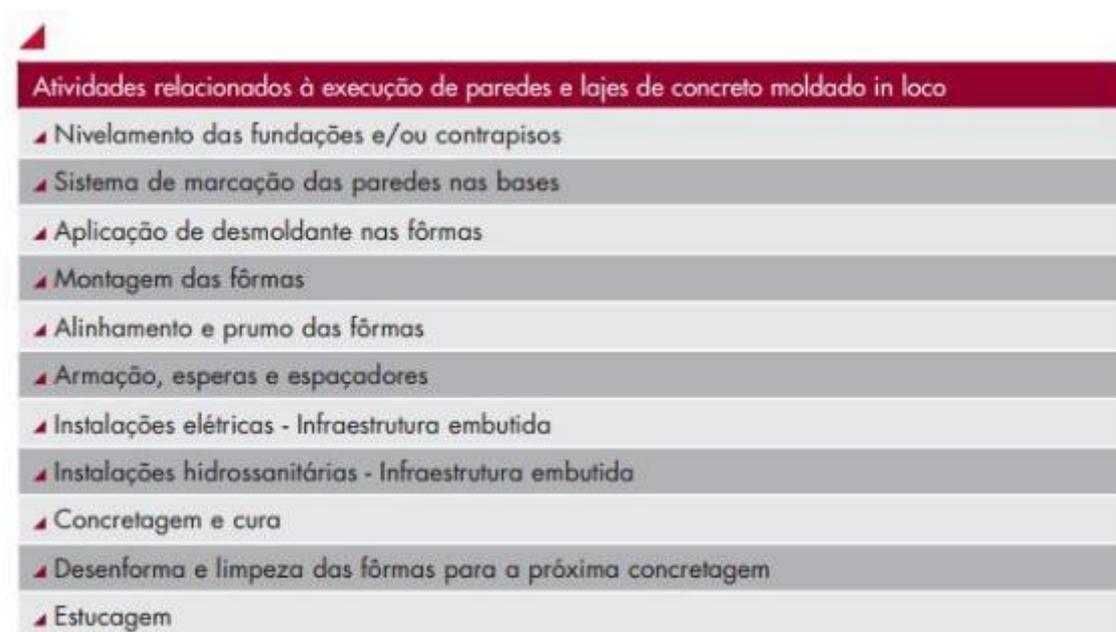
A metodologia construtiva das paredes de concreto engloba muitos serviços anteriores e posteriores à concretagem das paredes. Podem ser listados como os processos usuais para montagem das estruturas de paredes de concreto a armação e o embutimento de sistemas, a montagem das fôrmas, a concretagem e a posterior desforma.

Estes processos adotam diversos conceitos que são considerados boas práticas na construção de habitações de paredes de concreto. Britez et al. (2015, p. 13) observa, ao fazer sua conclusão de análise das “Boas práticas envolvendo sistemas construtivos em paredes de concreto – Caso Jardim Novo Horizonte (Jundiaí-SP)”:

“Evidencia-se, assim, que procedimentos simples e condizentes com as normas e boas práticas de execução, combinados ao uso de um material adequado e previamente estudado, são suficientes para proporcionar um resultado final satisfatório frente às exigências de projeto de modo geral.”

Na Figura 8, segundo ABCP et al. (2013, p. 22), encontram-se as “atividades que devem estar incluídas em um ou mais padrões da empresa” que irá executar as paredes de concreto moldadas in loco.

Figura 8 – Atividades relacionadas à execução de paredes de concreto moldadas in loco.



Fonte: ABCP et al., 2013 p. 22.

Percebe-se, portanto, a importância de estabelecer boas práticas de execução para as paredes de concreto. Importante salientar, também, que ao serem padronizados os processos de construção a nível industrial, como se deseja com a utilização do método de paredes de concreto moldadas in loco, a incorporação destas boas práticas acaba acontecendo naturalmente, aumentando a tendência de aperfeiçoamento do método a cada ciclo de execução.

3.2.1 Armação

A armação da parede se desenvolve conjuntamente à montagem das fôrmas e dos sistemas embutidos, pois suas etapas muitas vezes ocorrem paralelamente ou de forma concomitante.

O primeiro passo a ser executado, que antecede o posicionamento das armaduras, é a marcação das linhas dos eixos das paredes e fôrmas (Figura 9). Neste momento é de extrema importância a conferência do eixo, pois, a partir deste que serão demarcadas as linhas de posicionamento das fôrmas. A partir desta marcação será possível o posicionamento das telas soldadas na posição vertical e a colocação dos espaçadores plásticos. Nesta etapa, as telas serão recortadas nos locais onde estarão os vãos das janelas e portas, conforme mostra a Figura 10 abaixo.

Figura 9 – Demarcação das linhas das paredes



Fonte: Manual Técnico da empresa estudada

Figura 10 – Recorte da tela para vão de porta.



Fonte: Manual técnico da empresa estudada

Normalmente são posicionadas primeiramente as telas de canto de paredes, para após serem colocados os painéis planos de tela soldada a partir das cantoneiras. Os espaçadores plásticos são fixados com pistolas “finca pinos” na laje ou radier, para evitar deslocamentos da parte inferior da tela.

Após o posicionamento de toda armadura vertical, são fixadas as armaduras de reforço no entorno das aberturas de vãos de janelas e portas, bem como em quinas de paredes (NEMER, 2016, p. 33). Estas são compostas de vergalhões com diâmetro previsto em projeto. Deve ser garantido o cobrimento e a centralização destas armaduras de reforço, bem como da tela soldada (armadura principal), no eixo da parede, utilizando espaçadores plásticos distribuídos por toda área da mesma (ABCP et al., 2010, p. 53).

A NBR 16055:2012 estabelece tolerâncias geométricas para o posicionamento das armaduras. Segundo a mesma (p. 30):

“As telas centradas devem ser colocadas com um número suficiente de espaçadores para garantir o seu posicionamento. É permitida uma tolerância de 2 cm em pontos isolados, desde que o cobrimento especificado não seja comprometido.

No caso da utilização de tela dupla a tolerância é de 1 cm, desde que nunca comprometa o cobrimento especificado.”

Para as lajes, são utilizadas também as telas de aço para as armaduras positivas e negativas, com os espaçadores plásticos horizontais garantindo o cobrimento das telas positivas (ABCP et al., 2010, p. 53).

3.2.2 Sistemas Embutidos

Os sistemas embutidos são uma característica do método de paredes de concreto, que apresentam como resultados a padronização do sistema, facilidade na montagem e melhor qualidade do produto final (ABCP et al., 2010, p. 71).

A NBR 16055:2012 (p.24), afirma que “qualquer componente embutido deve preservar o seu formato durante a operação de concretagem e resistir a contaminações que possam afetar sua integridade, a do concreto ou a da armadura”.

A ABCP et al., em sua coletânea de ativos dos anos de 2007 e 2008 para paredes de concreto, recomenda para as instalações embutidas (p. 60):

“As tubulações verticais podem ser embutidas nas paredes de concreto apenas nas seguintes condições:

- a) quando a diferença de temperatura no contato entre a tubulação e o concreto não ultrapassar 15°C;
- b) quando a pressão interna na tubulação for menor que 0,3 MPa;
- c) quando o diâmetro máximo for de 50 mm
- d) quando o diâmetro da tubulação não ultrapassar 50% da largura da parede, restando espaço suficiente para, no mínimo, o cobrimento adotado e a armadura de reforço. Admite-se tubulação com diâmetro até 66% da largura da parede e com cobrimentos mínimos de 15 mm desde que existam telas nos dois lados da tubulação com comprimento mínimo de 50 cm.”

As tubulações devem ser fixadas nas armaduras a fim de conter o deslocamento das mesmas no momento de lançamento do concreto, e devem conter espaçadores plásticos que garantam o cobrimento destes sistemas, conforme demonstra a Figura 11. Para o caso das caixas elétricas, onde serão instalados os interruptores e tomadas da habitação, devem ser utilizados espaçadores para garantir a exposição da face frontal da caixa, ficando aparente após a desenforma. Normalmente estas caixas elétricas já vêm de fábrica com espaçadores e fixadores embutidos.

Figura 11 – Tubulação de elétrica fixada na armadura por meio de espaçador específico.



Fonte: ABCP et al., 2010, p. 72.

A Figura 12 mostra como geralmente ficam as armaduras e os sistemas embutidos de paredes de concreto moldadas in loco após o posicionamento correto dos elementos conforme descrito acima.

Figura 12 – Sistema de armaduras e instalações embutidas para paredes de concreto moldadas in loco.



Fonte: MENESES, 2014.

3.2.3 Montagem das Fôrmas

Anteriormente à montagem das fôrmas, o local deve ser preparado. Deve ser realizada a limpeza do local, e, caso haja desníveis no piso onde serão posicionadas as fôrmas, o mesmo deve ser regularizado (SANTOS, 2011), evitando, assim, o desnivelamento do topo das paredes.

Algumas etapas já devem ter sido realizadas anteriormente ao posicionamento das fôrmas, como:

- a) a marcação das linhas das paredes deve ter sido realizada ainda na etapa anterior, de montagem da armadura;
- b) os espaçadores já estarão no local, para garantirem a espessura de projeto das paredes;

- c) a limpeza das faces internas das fôrmas e aplicação de desmoldante, a fim de facilitar a desenforma e limpeza posterior, evitando que o concreto fique aderido aos painéis;

Tendo estas etapas sido realizadas e conferidas, pode-se passar para o posicionamento dos painéis da fôrma das paredes. É de boa prática e recomendado pela ABCP et al. (2010, p. 37) facilitar toda forma de identificação das peças necessárias para montagem das fôrmas, bem como a própria identificação dos painéis e seus posicionamentos.

O posicionamento e montagem das fôrmas pode ser realizado de duas maneiras distintas (NEMER, 2016, p. 35). Na primeira, os painéis das faces internas das paredes são posicionados primeiro, para somente após ter a sua armadura e sistemas embutidos posicionados e na sequência os painéis das faces externas são colocados e fecha-se a parede. Na segunda, as armaduras e sistemas embutidos são montados primeiro, conforme visto nos itens *3.2.1 Armação* e *3.2.2 Sistemas Embutidos*, e os painéis das faces internas e externas das fôrmas são posicionados de maneira conjunta.

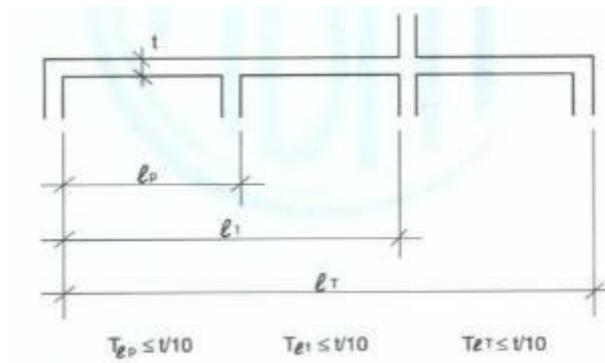
O travamento e alinhamento das fôrmas é então realizado com a utilização dos elementos já apresentados e especificados anteriormente no item *3.1.1.3 Fôrmas Metálicas*, bem como o escoramento das paredes e aplicação dos tensores em vãos de portas e janelas.

Posteriormente é realizada a montagem das fôrmas da escada e da laje superior, que são seguidos da armação destes elementos e posicionamento dos sistemas embutidos em laje.

A Norma Brasileira 16055 (2012), estabelece as tolerâncias geométricas do posicionamento das fôrmas:

- a) para espessura das paredes, tem-se uma tolerância de $\pm 5\text{mm}$ (ABNT NBR 16055, 2012, p. 28);
- b) para o comprimento das paredes (entre quinas), a tolerância, individual ou conjunta, é de 1/10 de sua espessura (Figura 13);

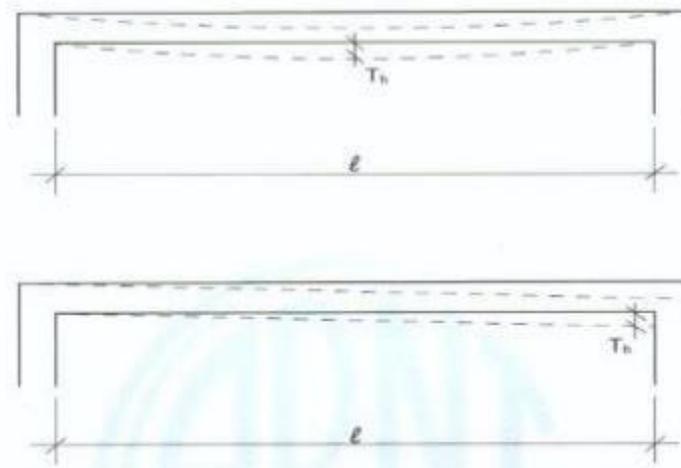
Figura 13 – Tolerância geométrica para o comprimento das paredes (Tl).



Fonte: ABNT NBR 16055, 2012 (p. 28)

- c) para o desalinhamento horizontal das paredes, a tolerância é de 1/500 de seu comprimento ou de 5 mm, adotando-se o menor valor (Figura 14);

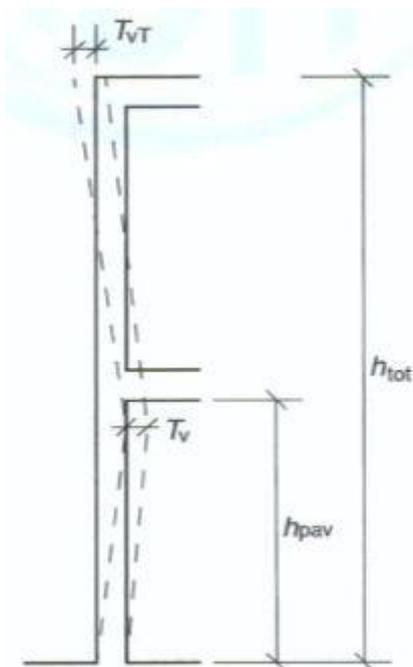
Figura 14 – Tolerância geométrica para o desalinhamento horizontal das paredes (Th)



Fonte: ABNT NBR 16055, 2012 (p. 29)

- d) para o desalinhamento vertical, a tolerância individual é o menor entre 1/500 da altura ou 5 mm. A tolerância cumulativa não deve ser maior que 10 mm (Figura 15);

Figura 15 – Tolerância geométrica para o desalinhamento vertical das paredes (T_v).



Fonte: ABNT NBR 16055, 2012 (p. 29)

3.2.4 Concretagem

A NBR 16055 (2012) especifica diversos pontos de atenção ao processo de concretagem. Deve ser estabelecido um plano de concretagem, que assegure o fornecimento da quantidade adequada de concreto, respeitando as características estabelecidas em projeto, que são necessárias à estrutura (NBR 16055, 2012, p. 30). A norma também comenta que o transporte do concreto é um ponto a ser acompanhado e verificado junto ao fornecedor devendo ser respeitado os tempos limites entre o início da mistura e a entrega em canteiro, não devendo ultrapassar 90 minutos. A dosagem final do concreto pode ser realizada no local da obra nos casos de adição de aditivos superplastificantes em concretos auto adensáveis (NBR 16055, 2012, p. 31)

Durante o lançamento, é importante estar atento para eventuais pontos onde possam ocorrer vazamento de nata de concreto entre os painéis ou movimentação das fôrmas (ABCP et al., 2010, p. 56). O mesmo autor recomenda, preferencialmente, o uso de sistema de bombeamento de concreto, o que assegura rapidez e evita perda de trabalhabilidade do material.

Deve ser assegurado o completo preenchimento das fôrmas, com atenção especial, segundo ABCP et al. (2010, p. 56) “...em regiões ‘confinadas’ (sob janelas, por

exemplo)”. Toda armadura e elementos embutidos devem ser envolvidos pela massa de concreto, de maneira uniforme (NBR 16055, 2012, p. 32).

Para reduzir a segregação entre os componentes do concreto, devem ser tomados cuidados com a altura de lançamento do concreto. Segundo a NBR 16055 (2012, p. 32), estes cuidados devem ser majorados quando a altura de lançamento ultrapassar os 2 metros de altura. Para minimizar estes possíveis danos, a norma recomenda a utilização de concreto auto adensável, com alta trabalhabilidade e coesão, e o uso de dispositivos que auxiliem na condução do concreto, como funis, calhas e trombas.

Muitas vezes difícil de utilizar estes dispositivos em sistemas de paredes de concreto, onde o acesso à base das paredes é dificultado pelas dimensões dos painéis, a altura do pé direito das edificações e a pequena espessura das paredes de concreto se tornam fatores desfavoráveis, potencializando o surgimento de bolhas superficiais e falhas de concretagem (Britez et al., 2015, p. 9). O autor, portanto, apresenta a solução utilizada no caso estudado, com o emprego de bomba com válvula Rock (dispositivo que reduz a velocidade de lançamento do concreto), realizando o lançamento do concreto em plataformas horizontais de madeira plastificada, para então ser empurrado com o auxílio de rodos e enxadas para dentro das fôrmas. Desta maneira, segundo o mesmo autor, o concreto não é lançado de maneira abrupta, podendo minimizar o surgimento de bolhas superficiais, segregação do concreto e formação de juntas frias.

A NBR 14931 (ABNT, 2004), que estabelece os procedimentos para execução de estruturas de concreto, indica que o adensamento com o uso de vibradores de imersão deve ser realizado por camadas, de no máximo 50 centímetros de altura, de modo a facilitar a saída das bolhas de ar e evitar a segregação do concreto.

Devem ser tomados cuidados para o não deslocamento das fôrmas, armaduras e sistemas embutidos nas paredes. A utilização de concreto auto adensável elimina a necessidade do uso de vibradores de imersão onde, para o caso das paredes de concreto, devido à pequena espessura das mesmas, a sua utilização seria desfavorável para a fixação dos elementos internos das paredes.

Após o lançamento e, no caso da não utilização de concreto auto adensável, o adensamento do concreto, o mesmo deve passar pelo processo de cura até o atingimento

de endurecimento satisfatório. A NBR 16055:2012 (p. 35) aponta como principais funções da cura:

- a) evitar a perda de água pela superfície exposta;
- b) assegurar uma superfície com resistência adequada;
- c) assegurar a formação de uma capa superficial durável;

A recomendação é de que a cura seja realizada por no mínimo 7 dias (ABCP et al., 2009, p. 77). O autor apresenta também dois métodos principais para a realização da cura: cura por molhagem e cura por membrana.

O método de cura por molhagem consiste em manter o concreto umedecido por meio de espalhamento de água com mangueira ou baldes, a partir do momento que o concreto não seja mais danificado pelo contato com a água (ABCP et al., 2009, p. 89)

A utilização de membranas impermeáveis consiste na aplicação de camadas finas de produtos químicos impermeáveis, que evitam a perda de água do concreto. Este método necessita de escovação e lavagem do concreto para a remoção da película após a cura, para garantir a aderência dos revestimentos que serão utilizados (ABCP et al., 2009, p. 89).

Uma cura realizada de forma correta, segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (2009, p. 182), evita a retração hidráulica e a perda de água de hidratação do concreto, que ocasionariam a aparição de fissuras e diminuiriam a resistência e a durabilidade do material.

3.2.5 Desforma e Estucamento das Passagens

Ao ser terminada a etapa de concretagem e passado o tempo especificado em projeto, verifica-se a resistência do concreto endurecido na idade definida (por meio de realizações de ensaios de ruptura de corpos de prova à compressão) e, estando de acordo, devem ser retiradas as fôrmas para iniciar sua montagem para a próxima utilização (ABCP et al., 2013, p. 20). Esta retirada deve ser realizada de modo a evitar fissuras no concreto, ou seja, com o menor número de impactos na estrutura (MISURELLI e MASSUDA, 2009, p. 9).

De acordo com ABCP et al. (2009, p. 187),

(...) todos estes cuidados na retirada da fôrma, são tomados a fim de que o concreto possa “resistir às ações que atuarem sobre ele e estas não conduzirem a deformações inaceitáveis, conforme o especificado pelo projetista.

Após a retirada das fôrmas, as mesmas são posicionadas nos locais da nova montagem, onde deverão ser limpas, preferencialmente com jatos fortes de água (com pressão regulada a fim de não danificar o acabamento da fôrma), para remoção da película de argamassa que fica aderida à superfície (ABCP et al., 2009, p. 82). O mesmo autor recomenda também, porém observa que o processo é mais demorado, a remoção da película de argamassa com água, escova e/ou espátula, o que evitaria danos à superfície da fôrma. Após, aplica-se o desmoldante, que deve ser escolhido de acordo com o tipo de fôrma utilizado, sendo adequado para cada superfície, e o conjunto de fôrmas está pronto para ser utilizado em uma nova montagem.

Deve-se ter o cuidado de deixar o escoramento residual das lajes, que deve possuir um projeto específico. Estas escoras devem estar identificadas de acordo com o seu posicionamento, e sua ordem e sequência de retirada também devem ser de acordo com o projeto (ABCP et al., 2010, p. 47).

Para a finalização do processo de execução da estrutura das paredes de concreto moldadas in loco, realiza-se o estucamento dos vazios deixados pelas gravatas (corbatas) e suas respectivas bainhas protetoras (“camisinhas”) com argamassa de cimento e areia (SILVA, 2010) e a retirada de rebarbas da superfície da parede, tanto internas quanto externas.

Desta maneira, a estrutura da parede de concreto está completa, pronta para que se iniciem as etapas de execução de revestimento, instalação das esquadrias, impermeabilização, e todos os demais processos construtivos para finalização da construção.

3.3 PRODUTIVIDADE

Um dos principais parâmetros levados em consideração na viabilização do método construtivo das paredes de concreto moldadas in loco é a produtividade que pode ser alcançada. Baseado na alta repetitividade, a opção pela padronização do produto final oferece uma mecanização das atividades e das conferências, além de uma redução significativa de falhas na execução ao longo do tempo.

Desta maneira, configura-se como uma das maiores exigências ao se implantar o método, a realização de uma gestão do processo de forma industrial. Segundo ABCP et al. (2013, p. 13) é recomendada para cada tipo de tipologia (casa, prédio, pavimento, etc.) a definição de um ciclo de produção.

O ciclo de produção deste método de execução é, usualmente, o período entre a retirada do jogo de fôrmas (desforma) e a conclusão da próxima concretagem. Ou seja, todas as etapas descritas anteriormente neste trabalho. Em obras onde são realizadas concretagens todos os dias, estes ciclos podem chegar a durar 10 horas, com desforma do concreto com idade entre 12 e 14 horas.

Portanto, é de extrema importância uma boa gestão de prazos e um grande domínio da técnica construtiva, para que se evitem atrasos e decisões em obra que podem acarretar em falhas de execução e uma perda da qualidade final do produto. Como aponta a Coletânea de Ativos sobre Paredes de Concreto da Associação Brasileira de Cimento Portland (2013), “um eventual atraso no ciclo não é recuperado facilmente como em metodologias construtivas tradicionais, uma vez que a produtividade está limitada ao jogo de fôrma e sua concretagem” (ABCP et al., 2013, p. 13).

Devem ser tomados os devidos cuidados para que não sejam puladas etapas da execução, ou que estas não sejam realizadas de maneira rápida e sem a atenção necessária, a fim de serem cumpridos prazos que não foram bem concebidos e que almejam apenas atender cada vez mais a alta demanda por produtividade, sem atendimento aos requisitos mínimos de qualidade.

3.4 QUALIDADE E DESEMPENHO

A NBR 16055 (ABNT, 2012) estabelece, em relação à qualidade final da parede de concreto, que a mesma:

- resista a todas as ações que sobre ela produzam efeitos significativos tanto na sua construção quanto durante a sua vida útil;
- sob as condições ambientais previstas na época de projeto e quando utilizada conforme preconizado em projeto, conserve sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil;

- contemple detalhes construtivos que possibilitem manter a estabilidade pelo tempo necessário à evacuação quando da ocorrência de ações excepcionais localizadas previsíveis, conforme a ABNT NBR 6118:2007 (ABNT, 2012, p. 4).

Segundo Wendler (2017), o simples cumprimento dos requisitos apresentados pela NBR 16055 (ABNT, 2012), garante os requisitos estruturais, os limites de tensões e deformações, além da vida útil mínima de 50 anos, estabelecida na NBR 15575 (ABNT, 2013).

De acordo com esta norma (NBR 15575), independente da solução utilizada, um sistema construtivo deve atender às exigências mínimas de desempenho para os seguintes requisitos: segurança (estrutural, contra incêndio e pânico, no uso e na operação), habitabilidade (estanqueidade, desempenho térmico, desempenho acústico, desempenho lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionabilidade e acessibilidade, conforto tátil antropodinâmico) e sustentabilidade (durabilidade, manutenibilidade, impacto ambiental) (ABNT, 2013).

Conforme comentado anteriormente, o desempenho estrutural está assegurado pelo cumprimento dos requisitos da NBR 16055 (ABNT, 2012). Para as outras exigências de desempenho, a interface entre as paredes de concreto com os demais sistemas empregados na construção da unidade habitacional deve ser levada em consideração. Por exemplo: a estanqueidade da parede de concreto é considerada boa, porém, dependendo das esquadrias utilizadas, pode apresentar vazamentos entre lâminas e trilhos ou entre o concreto e a própria esquadria (WENDLER, 2017).

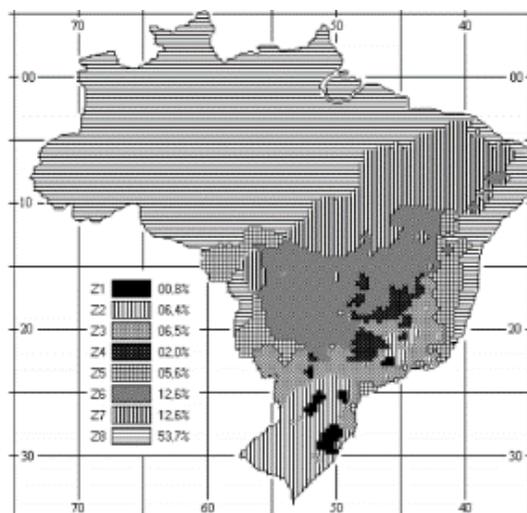
Ainda segundo Wendler (2017), o desempenho térmico das paredes de concreto deve atender às 8 Zonas Bioclimáticas definidas na NBR 15220-3 (ABNT, 2005). Para garantir o atendimento ao desempenho térmico, a interface com o tipo de pintura e o tipo de cobertura da estrutura se torna muito importante. A Caixa Econômica Federal (2016), em seu Código de Práticas (Anexo VIII do Programa De Olho na Qualidade) especifica em seu subitem 7.3.1.2, para atendimento de desempenho térmico das unidades financiadas pelo banco construídas com paredes de concreto moldadas in loco, da seguinte maneira:

Será apresentada comprovação de atendimento de desempenho térmico através de relatório de ensaio, somente dispensável quando ocorram as seguintes condições simultaneamente:

- a) pé-direito mínimo (piso a teto) de 2,50 m
- b) espessura mínima das paredes e da laje = 10 cm;
- c) telhado com telhas de fibrocimento (esp. ≥ 6 mm), telhas de concreto (esp. ≥ 11 mm) ou telhas cerâmicas;
- d) presença de ático entre a laje horizontal e o telhado com altura mínima de 50 cm;
- e) faces externas das paredes pintadas com tonalidades médias ou claras para as zonas bioclimáticas Z1 a Z7 e tonalidades claras com emprego de produto isolante térmico na cobertura para a zona bioclimática Z8;
- f) as UH deverão ter sua individualização garantida, em loteamento ou condomínios de casas e sobrados, mesmo no caso de geminação. (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2016, p. 6).

As zonas bioclimáticas que o Código de Práticas faz menção são representadas na Figura 16.

Figura 16 – Zonas bioclimáticas brasileiras



Fonte: ABNT (2005)

Este Código de Práticas tem por objetivo, segundo a própria Caixa Econômica Federal (2016), “[...] padronizar as orientações relativas às boas práticas consagradas na construção civil a serem repassadas aos clientes que atuam no âmbito dos programas de produção habitacional operados pela CAIXA” (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2016, p. 1).

Para requisitos de desempenho acústico, a especificação das paredes deve atender o conforto em diferentes classes de ruídos externos. Segundo Wendler (2017), “quanto mais barulhento for o exterior maior será o requisito para as paredes. Este valor varia também dependendo do tipo de ambiente, sendo mais rigoroso para os dormitórios que para as salas.”.

4 O SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO APLICADO A CONJUNTOS HABITACIONAIS DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA

Segundo dados de 2016, cerca de 26,7 milhões de famílias brasileiras estavam cadastradas no CadÚnico, instrumento do governo federal utilizado para identificar e caracterizar as famílias de baixa de renda (renda mensal de meio salário mínimo per capita) (DATASEBRAE, 2016).

Em parceria realizada pela Fundação João Pinheiro, Ministério das Cidades, Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), foram divulgados, em 2015, dados sobre o déficit habitacional brasileiro. Os dados, compilados na Tabela 2, mostram que no Brasil temos um déficit de cerca de 6,2 milhões de residências.

Ainda, segundo a Tabela 3, cerca de 83,9% do déficit habitacional brasileiro está concentrado em famílias com renda mensal de até 3 salários mínimos e 93,6% em famílias com renda mensal de até 5 salários mínimos.

Tabela 2 – Déficit Habitacional Brasileiro

DÉFICIT HABITACIONAL TOTAL E COMPONENTES
BRASIL, GRANDES REGIÕES, UF E REGIÕES METROPOLITANAS
2015

Especificação	Déficit habitacional				
	Total absoluto	Componentes			
		Precários	Coabitação	Ônus	Adensamento
Região Norte	627.376	156.875	253.814	179.586	37.101
Rondônia	48.906	15.402	7.297	22.966	3.241
Acre	26.567	1.926	16.232	7.183	1.226
Amazonas	147.860	18.227	71.702	44.911	13.020
Roraima	21.877	5.162	6.181	8.674	1.860
Pará	306.553	98.607	126.577	68.239	13.130
<i>RM Belém</i>	99.620	2.241	62.379	30.114	4.886
Amapá	28.955	2.103	17.654	7.359	1.839
Tocantins	46.658	15.448	8.171	20.254	2.785
Região Nordeste	1.924.333	492.789	619.768	754.200	57.576
Maranhão	388.898	241.278	89.742	52.615	5.263
Piauí	93.907	23.075	50.570	17.448	2.814
Ceará	300.752	71.798	72.100	142.449	14.405
<i>RM Fortaleza</i>	141.969	11.674	37.236	85.985	7.074
Rio Grande do Norte	113.308	9.890	44.084	52.270	7.064
Paraíba	117.495	11.637	41.862	62.057	1.939
Pernambuco	286.890	33.857	77.401	163.158	12.474
<i>RM Recife</i>	130.590	3.854	41.115	83.145	2.476
Alagoas	95.342	12.583	31.792	47.192	3.775
Sergipe	75.860	6.599	27.829	38.866	2.566
Bahia	451.881	82.072	184.388	178.145	7.276
<i>RM Salvador</i>	133.324	6.047	50.004	73.913	3.360
Região Sudeste	2.430.336	109.292	599.895	1.540.013	181.136
Minas Gerais	552.046	16.925	189.132	331.436	14.553
<i>RM Belo Horizonte</i>	153.069	4.537	56.502	88.317	3.713
Espírito Santo	103.631	6.595	20.270	70.168	6.598
Rio de Janeiro	468.292	12.820	96.937	326.049	32.486
<i>RM Rio de Janeiro</i>	351.443	9.531	82.705	229.352	29.855
São Paulo	1.306.367	72.952	293.556	812.360	127.499
<i>RM São Paulo</i>	623.653	24.734	135.485	379.559	83.875
Região Sul	697.636	117.610	157.854	410.451	11.721
Paraná	276.709	35.515	51.061	183.124	7.009
<i>RM Curitiba</i>	69.754	12.005	10.684	46.104	961
Santa Catarina	184.623	45.142	26.983	111.782	716
Rio Grande do Sul	236.304	36.953	79.810	115.545	3.996
<i>RM Porto Alegre</i>	93.678	15.680	27.424	48.046	2.528
Região Centro-Oeste	506.822	48.246	126.485	304.809	27.282
Mato Grosso do Sul	85.788	9.280	32.763	39.767	3.978
Mato Grosso	85.167	10.074	17.736	48.161	9.196
Goiás	204.876	25.320	43.014	127.952	8.590
Distrito Federal	130.992	3.572	32.973	88.929	5.518
BRASIL	6.186.503	924.812	1.757.816	3.189.059	314.816
<i>Total das RMs</i>	1.797.098	90.303	503.532	1.064.535	138.728
<i>Demais áreas</i>	4.389.405	834.509	1.254.284	2.124.524	176.088

Fonte: CBIC DADOS. Fornecedores dos dados básicos: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) 2015. Elaboração: Fundação João Pinheiro (FJP), Diretoria de Estatística e Informações (DIREI).

Tabela 3 – Déficit Habitacional Brasileiro por faixa de renda média familiar

**DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DO DÉFICIT HABITACIONAL URBANO
POR FAIXAS DE RENDA MÉDIA FAMILIAR MENSAL**
BRASIL, GRANDES REGIÕES, UF E REGIÕES METROPOLITANAS
2014

Especificação	Faixas de renda mensal familiar (em salários mínimos)			
	até 3	mais de 3 a 5	mais de 5 a 10	mais de 10
Região Norte	79,5	11,8	6,5	2,2
Rondônia	88,8	4,6	3,3	3,3
Acre	87,6	5,4	6,2	0,8
Amazonas	77,7	13,3	6,9	2,1
Roraima	82,2	14,3	3,6	-
Pará	78,8	12,0	6,8	2,4
<i>RM Belém</i>	79,5	10,3	6,3	4,0
Amapá	65,5	22,7	9,1	2,7
Tocantins	86,9	5,4	6,2	1,5
Região Nordeste	88,2	7,0	3,5	1,2
Maranhão	90,5	5,4	4,1	-
Piauí	83,9	10,7	5,4	-
Ceará	89,2	7,2	2,8	0,8
<i>RM Fortaleza</i>	87,2	7,3	4,2	1,4
Rio Grande do Norte	82,9	10,3	3,4	3,4
Paraíba	83,2	8,4	5,3	3,2
Pernambuco	90,6	5,4	3,3	0,7
<i>RM Recife</i>	87,0	7,3	4,5	1,3
Alagoas	94,7	4,7	0,6	-
Sergipe	91,3	5,3	3,3	-
Bahia	86,3	7,8	4,0	1,9
<i>RM Salvador</i>	88,3	5,9	4,0	1,9
Região Sudeste	83,7	10,0	5,2	1,0
Minas Gerais	86,0	7,8	4,7	1,5
<i>RM Belo Horizonte</i>	82,6	8,2	6,4	2,8
Espírito Santo	83,1	8,4	6,7	1,7
Rio de Janeiro	89,7	6,4	3,0	1,0
<i>RM Rio de Janeiro</i>	87,7	7,9	3,2	1,2
São Paulo	80,8	12,3	6,1	0,8
<i>RM São Paulo</i>	80,2	12,5	6,7	0,7
Região Sul	78,2	13,1	6,4	2,3
Paraná	78,7	12,4	7,9	0,9
<i>RM Curitiba</i>	74,6	12,4	11,9	1,1
Santa Catarina	76,1	14,1	5,9	3,9
Rio Grande do Sul	79,1	13,1	5,0	2,7
<i>RM Porto Alegre</i>	77,5	13,8	5,1	3,5
Região Centro-Oeste	83,9	8,8	5,0	2,4
Mato Grosso do Sul	76,7	14,5	6,9	1,9
Mato Grosso	84,7	6,7	7,3	1,3
Goiás	87,5	8,2	2,7	1,6
Distrito Federal	81,4	7,7	6,4	4,5
BRASIL	83,9	9,7	5,0	1,4
<i>Total das RMs</i>	82,9	10,0	5,6	1,5
<i>Demais áreas</i>	84,4	9,5	4,7	1,4

Fonte: CBIC DADOS. Fornecedores dos dados básicos: Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD)-IBGE, v.34, 2014. Elaboração: Fundação João Pinheiro (FJP), Centro de Estatística e Informações (CEI).

Em conjunto com programas sociais como o Programa Minha Casa Minha Vida do governo federal, sistemas construtivos industrializados contribuem para a diminuição deste déficit habitacional, que afeta muitas famílias de baixa renda no Brasil. O sistema de paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas oferece habitação de

qualidade com custos consideravelmente menores e tempo de construção reduzido, aumentando a oferta por moradia a estas famílias.

4.1 PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA

O Programa Minha Casa Minha Vida é uma iniciativa do governo federal brasileiro que oferece condições de financiamento da casa própria para famílias com renda de até 10 salários mínimos (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL).

O programa conta hoje com 4 faixas de enquadramento de renda, as faixas 1, 1.5, 2 e 3 (sendo a faixa 1 com as rendas familiares mais baixas e a faixa 3 mais altas) cada uma com diferentes benefícios e condições de financiamento para o requerente, sendo estas condições mais atrativas para as faixas mais baixas do programa (CAIXA ECONOMICA FEDERAL).

Soma-se aos benefícios gerados para as famílias de baixa renda na aquisição do imóvel próprio os avanços econômicos alavancados pelo programa no setor da construção civil. Lembrando que o programa foi lançado no ano de 2009, após a crise de 2008, ano em que uma grande crise econômica mundial afetou o Brasil, deixando muitas empresas da construção civil ociosas que, devido ao crescimento imobiliário dos anos anteriores, haviam aumentado suas capacidades de construção (LOUREIRO, MACÁRIO E GUERRA, 2013). O programa até hoje investe em parcerias público-privada na construção de habitações, gerando empregos e impulsionando o setor da construção civil a desenvolver métodos inovadores e ágeis para mitigar o déficit habitacional brasileiro.

4.2 HABITAÇÕES DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA CONSTRUÍDAS COM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO*

O sistema construtivo aqui apresentado adapta-se muito bem às demandas por habitação citadas anteriormente. A agilidade na entrega, a industrialização que o método proporciona e os custos mais baixos na produção fazem das paredes de concreto moldadas no local uma alternativa extremamente viável às empresas do ramo que buscam a construção de conjuntos habitacionais voltados ao Programa Minha Casa Minha Vida.

O sistema vem aumentando gradativamente sua aparição nos conjuntos habitacionais do programa do governo federal e suas vantagens e desvantagens vêm se tornando cada vez mais claras para o setor da construção civil.

Hoje em dia a utilização do método para novas construções do programa Minha Casa Minha Vida já chega a 52% das obras financiadas pelo governo, sendo que em 2014 representava 36% (SANTOS, 2016). Isto demonstra a crescente aderência do mercado ao método construtivo

As exigências quanto à qualidade do produto são, como deveriam, altas e acompanhadas de perto pelos órgãos reguladores do programa e financiadores. Por se tratarem de empreendimentos de baixo padrão, cria-se a falsa impressão de que a qualidade da execução e dos materiais pode ser relativizada com maior facilidade. Porém, isto não deveria ocorrer e o controle do processo deve ser rigoroso e evitar ao máximo a quantidade de retrabalho.

5 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO*

O concreto, por ser um material constituído de vários elementos que interagem uns com os outros (cimento, areia, brita, água, aditivos e adições) e com o meio externo (ácidos, bases, sais, gases, micro-organismos, etc.), sofre alterações ao longo do tempo. Destas interações podem surgir anomalias que prejudicam a estrutura ou causam desconforto ao usuário (PIANCASTELLI, 2017).

As patologias do concreto muitas vezes são oriundas da etapa de execução da estrutura. Diversos são os fatores que contribuem para o aparecimento de manifestações patológicas no concreto em razão das falhas de execução. Mão de obra não qualificada, falta de controle de qualidade dos materiais, processos e atenção aos detalhes construtivos podem resultar em manifestações patológicas que podem ser observadas imediatamente ou ao longo do tempo da vida útil da habitação. Exemplos podem ser tais como escoramento, fôrmas, travamento, posicionamento das armaduras e sistemas embutidos (TAKATA, 2009, p. 83-84).

Com dados levantados em 2015, o Ministério da Transparência e Controladoria Geral da União (CGU) divulgou, em 2017, os resultados da avaliação de execução do Programa Minha Casa Minha Vida. Da amostra de 1,4 mil habitações em 70 empreendimentos de diversas regiões do Brasil, 56,4% dos imóveis apresentavam defeitos de construção dentro do prazo de garantia, sendo os mais citados as infiltrações, falta de prumo e de esquadros.

A aparição destes defeitos pode ser evitada com a correta execução dos processos executivos de construção, previstos nas normas e regulamentações brasileiras.

Os casos abaixo podem ser interpretados como sinais de falhas na execução e construção das estruturas de concreto que representam ou podem ocasionar futuras patologias no sistema.

5.1 MANIFESTAÇÃO DE TRINCAS E FISSURAS

As trincas e fissuras podem ter suas origens por falhas na execução tanto na etapa de lançamento e adensamento do concreto fresco (plástico) quanto após, já endurecido. Segundo Campagnolo (NÃO PUBLICADO, p. 141):

As fissuras no concreto fresco (não endurecido) podem ser decorrentes: de assentamentos diferenciais dentro da massa do concreto – *assentamento plástico*, de retração da superfície causada pela rápida evaporação da água – *dessecação superficial* ou ainda pela *movimentação das fôrmas*.

O aparecimento de trincas e fissuras logo na fase de execução de obra é um fator preocupante. São pontos de possível infiltração de agentes agressivos e muito possivelmente ocorra carbonatação do concreto no local, que pode despassivar as armaduras. A despassivação das armaduras é o primeiro passo para o início da corrosão das mesmas, outra manifestação patológica que prejudica a estrutura e que pode ocasionar em fissuras ainda maiores, paralelas à armadura corroída, por causa do descolamento causado pela redução da seção do aço (CAMPAGNOLO, NÃO PUBLICADO)

Locais com sistemas embutidos nas paredes (eletrodutos, caixas elétricas, etc.) devem ter seus espaçadores bem posicionados, a fim de evitar regiões sem o devido cobrimento de concreto, que podem ocasionar fissuras paralelas a estes sistemas. Estas fissuras, por mais que não representem perigos estruturais à parede, são regiões que podem ocasionar carbonatação e conseqüente despassivação da armadura do sistema.

5.2 JUNTAS FRIAS DE CONCRETAGEM NÃO PREVISTAS

As juntas frias de concretagem são originadas quando há a interrupção do lançamento do concreto e o mesmo entra em processo de pega antes da continuação do lançamento. Quando esta situação não está prevista em projeto, pode causar grandes problemas para a estrutura de concreto. Deve ser assegurada a aderência entre o novo concreto e o existente (MEDEIROS, 2010).

Para isto, o concreto existente deve passar por um tratamento que envolve: apicoamento, escovação com escova de aço, jateamento de areia ou outros processos que proporcionem a formação de uma superfície de aderência; limpeza desta superfície para retirada de materiais pulverulentos, nata de cimento, etc.; adensamento cuidadoso na região de encontro do concreto novo com o existente. Podem ser empregados, também, adesivos estruturais na face de encontro do concreto existente com o a ser lançado, a fim de garantir a aderência (MEDEIROS, 2010).

No caso das paredes de concreto, é usual o lixamento ou escovação com escova de aço na superfície da laje no perímetro das paredes para garantir a aderência entre a laje e a parede do próximo pavimento.

5.3 VAZIOS E NICHOS DE CONCRETAGEM

Também conhecidos como bicheiras, podem afetar a durabilidade e resistência do concreto. Estes vazios devem ser completamente preenchidos, com graute ou concreto, dependendo do tamanho do mesmo. Apenas o cobrimento com argamassa não garante a reparação do vazio e podem mascarar problemas futuros, como a corrosão da armadura (FIGUEROLA, 2006, p. 2).

Ainda segundo Figuerola (2006, p. 3), o uso de concreto auto adensável ajuda na eliminação de bicheiras nas estruturas, bem como o correto lançamento do concreto.

5.4 CAUSAS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DURANTE A EXECUÇÃO

Segundo Takata (2009) há cinco causas de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado diretamente ligadas à execução. São elas: deficiência nas fôrmas e escoramentos, deficiência na execução de elementos estruturais, juntas nas fôrmas, deficiências nas armaduras e erros na concretagem.

5.4.1 Fôrmas e Escoramentos

Defeitos nas fôrmas e/ou escoramentos da estrutura podem ocasionar diversos efeitos indesejáveis. Segundo Cánovas (1988), citado por Takata (2009, p. 92), alguns destes efeitos podem ser:

- a) vazios ou nichos (bicheiras), devido à segregação ou fuga de nata por meio das juntas da fôrma;
- b) destacamentos do concreto por aderência à forma;
- c) Deficiência no alinhamento por movimento das fôrmas (mau escoramento);
- d) Deformação da fôrma pela carga do concreto fresco;
- e) Abertura da fôrma durante a concretagem.

A má limpeza das fôrmas e a não utilização de desmoldante podem ser também causas de manifestações patológicas, bem como o travamento incorreto que pode causar desalinhamento e falta de prumo das paredes de concreto.

Segundo ABCP et al. (2008, p. 82), sobre a desforma das paredes de concreto, “A retirada das fôrmas e do escoramento deve ser feita sem choques, evitando assim o aparecimento de fissuras por ações mecânicas.”.

5.4.2 Deficiências na Armadura

As armaduras exercem um importante papel no comportamento estrutural das paredes de concreto. Equívocos e falhas de execução na colocação da armadura podem acarretar em problemas sérios para a estrutura, além de manifestações patológicas que causam desconforto ao usuário.

A má interpretação do projeto, com o posicionamento incorreto da armadura, pode ocasionar zonas com insuficiência de armadura, que comprometem a capacidade de resistência da peça. As emendas entre as armaduras e o cobrimento de concreto são de

extrema importância para a não aparição de patologias relacionadas às armaduras (TAKATA, 2009).

O uso de espaçadores deve obedecer ao projeto disponibilizado. Para o caso das paredes de concreto, a correta utilização dos espaçadores nas paredes garante que a armadura ficará posicionada exatamente no eixo da parede. Como os sistemas de distribuição de rede elétrica e, eventualmente de rede hidráulica, estão embutidos nas paredes de concreto, estes são fixados na malha de aço das paredes e é essencial que estes sistemas não fiquem aparentes. Também por este motivo, torna-se necessário que as malhas de aço não se movam, salientando a importância da correta utilização dos espaçadores e fixadores.

5.4.3 Falhas na Concretagem

Conforme Takata (2009, p. 104), “A maior parte dos erros e descuidos no concreto corresponde às fases de aplicação e de cura do mesmo”. Ou seja, o lançamento e posterior cura do concreto devem ter cuidados especiais, a fim de evitar manifestações patológicas.

No lançamento do concreto, deve-se ter cuidado especial quando a altura do lançamento for maior que 2 metros (ABNT NBR 16055, 2012). Isto pode ocasionar segregação do concreto e criação de bicheiras.

Com relação ao adensamento do concreto, a correta vibração faz com que o concreto se acomode de maneira uniforme em todos os espaços da peça. Desta maneira, evita segregações no interior do concreto e expulsa as bolhas de ar incorporadas no lançamento (TAKATA, 2009).

Após o lançamento do concreto, deve ser realizada a cura do mesmo. Segundo Dias (1990), citado por Takata (2009, p. 108), “a cura tem como objetivo manter a água de mistura do concreto no seu interior, até a completa hidratação do cimento”. Ou seja, para um bom concreto, é necessária uma boa cura.

A NBR 16055 (2012, p. 35) aponta que a correta cura das paredes de concreto serve para evitar a perda de água na superfície das peças, que pode gerar regiões com alta porosidade, suscetíveis a posteriores infiltrações e entrada de agentes agressivos, afirmação reforçada por NEVILLE (2013, p. 83).

6 ESTUDO DE CASO – LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Neste capítulo foram utilizados dados obtidos pelo autor junto a uma construtora, que atua em diversos estados do Brasil, especializada na construção de conjuntos residenciais enquadrados no Programa Minha Casa Minha Vida, com a utilização do método construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco* com fôrmas metálicas.

A empresa já atua em Porto Alegre e região metropolitana há cerca de 10 anos, porém, apenas desde 2015 vem aplicando exclusivamente o método de paredes de concreto em seus empreendimentos e focando a totalidade de suas incorporações em conjuntos habitacionais do Minha Casa Minha Vida.

A busca pela padronização e industrialização de suas construções pode ser percebida em seus canteiros de obra pela repetição e modulação dos layouts das unidades e blocos construídos. O emprego das paredes de concreto moldadas *in loco* auxilia neste processo e possibilita velocidade na construção dos empreendimentos.

A seguir será apresentado o padrão construtivo da empresa, que é repetido (com pequenos ajustes de região para região) para todos os seus empreendimentos desde que adotada a utilização de paredes de concreto moldadas *in loco*. Após, serão apresentados 7 empreendimentos que já foram entregues pela construtora (com habite-se) que o autor teve acesso aos relatórios de assistência técnica, para entendimento de como as manifestações patológicas relacionadas à utilização de paredes de concreto afetam o usuário final da edificação.

Logo após será apresentado um empreendimento, da mesma empresa, em construção, onde foram buscadas falhas de execução em duas torres com a estrutura recém pronta, sem revestimentos.

6.1 MÉTODO DE CONSTRUÇÃO DA EMPRESA

As informações apresentadas nesta etapa foram obtidas pelo autor dos manuais técnicos e entrevistas com os engenheiros de obra da empresa em questão. Outras informações

foram obtidas em obra, durante visitas técnicas para levantamento de dados das manifestações patológicas.

6.1.1 Fôrmas

São utilizadas fôrmas metálicas modulares, que são utilizadas em concretagens diárias. Elas são reutilizadas em todas as obras da empresa e, quando necessário, passam por reparos pontuais. Ao serem terminadas as estruturas de concreto de um empreendimento, as fôrmas são alocadas para o próximo. A espessura final das paredes é de 10 centímetros.

6.1.2 Armaduras

As armaduras são telas soldadas de aço CA-60. São utilizados espaçadores para garantir a centralidade das mesmas.

6.1.3 Concreto

O concreto utilizado é misturado em usina, não é auto adensável e as suas especificações são as seguintes:

- resistência característica: 25 MPa aos 28 dias;
- módulo de elasticidade: 24 GPa;
- slump: 22 ± 3 cm;
- aditivo: superplastificante;

6.1.4 Sistemas Embutidos

O sistema embutido às paredes de concreto é o elétrico, sendo utilizado eletrodutos corrugados (cor laranja), caixas elétricas (cor azul) e quadros de distribuição (cor preta), todos de PVC. A fixação é realizada por fixadores amarrados à armadura e espaçadores para garantir a centralidade dos eletrodutos e espaçamento das caixas à face oposta das paredes.

6.1.5 Concretagem

A concretagem é realizada todos os dias de obra, ou seja, de segunda a sábado. O ciclo de concretagem é de 1 dia. Ao ser descarregado o concreto, são moldados 7 corpos de prova por caminhão. Destes 7 CPs, 3 são rompidos após 14 horas, 2 após 7 dias e 2 aos

28 dias. Para cada ciclo de concretagem é moldado um corpo de prova para ser rompido aos 28 dias para determinação do módulo de elasticidade.

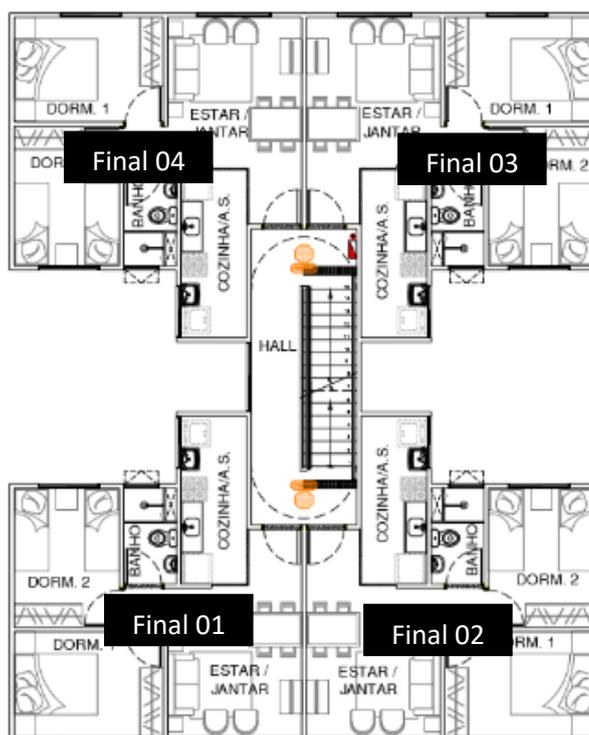
Caso, após 14 horas, o ensaio confirme que o concreto apresente resistência de 3 MPa ou superior, é realizada a desforma e posterior montagem das mesmas para a próxima concretagem.

A cada concretagem são moldadas duas unidades habitacionais. Conforme o layout das torres, demonstrado na Figura 17, são 4 apartamentos por pavimento. Cada torre conta com 5 pavimentos (térreo mais 4 pavimentos). Para cada pavimento são considerados dois lados de concretagem, o lado A e o lado B, divididos por uma junta de dilatação. Considerando este ritmo, a estrutura de uma torre é erguida em 10 dias.

O lado A é composto pelos apartamentos de final 1 e 4. Este lado consome em média 22,5 m³ a cada concretagem.

O lado B é composto pelos apartamentos de final 2 e 3, hall e escada. Consome em média 33,5 m³ por concretagem.

Figura 17 – Pavimento Tipo e Layout das unidades padrão dos empreendimentos estudados.



Fonte: construtora estudada

O concreto não é auto adensável, portanto, após o lançamento completo do concreto é realizada a vibração. A vibração das paredes não é realizada por camada, ou seja, o mangote de vibração é inserido até o pé da parede e retirado em movimento lento até a superfície. Este processo é repetido a cada 60 cm, em média, pela extensão da parede.

O concreto chega, normalmente, ao canteiro com Slump de 18 cm e o aditivo superplastificante é adicionado até obter-se o valor de 22 ± 3 cm.

O escoramento é retirado parcialmente após 3 ciclos de concretagem (3 dias) e retirado totalmente após a estrutura da torre estar finalizada.

6.1.6 Revestimentos das paredes

6.1.6.1 Interno

Os revestimentos internos das paredes são apenas dois. São utilizadas placas cerâmicas para o revestimento dos banheiros, parte da cozinha e área de serviço. Já para o restante do apartamento (dormitórios, sala, corredor e parte da cozinha e área de serviço) é realizada uma projeção de massa e posterior pintura.

A colocação das placas cerâmicas é realizada com argamassa de assentamento, sem preparação prévia da superfície da parede, sendo assentada diretamente no concreto.

As paredes pintadas são preparadas com um fundo preparador, de argamassa branca, para aumentar a coesão das partículas. Após isso, é utilizada uma argamassa projetada com mineralite branco, que dará a textura das paredes internas. Ao final, paredes são pintadas com duas demãos de tinta látex.

6.1.6.2 Externo

Para o revestimento das paredes externas das torres, é aplicado um fundo selador acrílico branco para depois ser utilizada uma textura acrílica pigmentada, aplicada com um rolo.

6.2 EMPREENDIMENTOS ENTREGUES

Com o auxílio da área de assistência técnica da empresa, que faz o recebimento dos empreendimentos antes da entrega e que atende às reclamações e solicitações de reparos dos usuários finais durante o período de garantia, que é de 5 anos a contar do recebimento

pelo condomínio, foram fornecidos os relatórios de ocorrências de 7 empreendimentos entregues pela construtora.

Estes relatórios consideram as ocorrências e necessidades de reparos em 12 categorias, sendo elas:

- alvenaria estrutural: trincas e fissuras nas alvenarias estruturais utilizadas para construção dos anexos do condomínio, irrelevante para o estudo da estrutura dos blocos;
- equipamentos: funcionamento dos interfones, portão de entrada, etc. Irrelevante para o estudo em questão;
- esquadrias: divididas em duas categorias, de alumínio (janelas) e de madeira (portas), algumas destas ocorrências podem ser em função da má execução dos vãos de janela, principalmente em casos de infiltração no contramarco, e serão contabilizadas como tendo relação com as paredes de concreto. As figuras 18 e 19 mostram casos onde a infiltração ocorre por falhas na execução dos vãos das esquadrias, pelo aparecimento de fissuras causadas pela não uniformidade do concreto ou pela geometria não regularizada do vão, atreladas a uma vedação falha na colocação da esquadria;

Figura 18 – Infiltração na esquadria da sala (imagem contrastada para melhor visualização)



Fonte: acervo da construtora

Figura 19 – Detalhe de infiltração na esquadria da unidade (imagem contrastada para melhor visualização)



Fonte: acervo da construtora

- estrutura vertical: ocorrência de trincas e fissuras na estrutura das paredes. A Figura 20 mostra uma fissura em um dos dormitórios, partindo da abertura de uma caixa elétrica, enquanto a Figura 21 mostra uma fissura vertical, que aparentemente acompanha a prumada da tubulação de combate a incêndio da torre, que gerou uma região de fragilidade. Na Figura 22, pode ser vista uma fissura que ocorre no vão da janela, próxima à abertura para instalação de ar condicionado, posicionada logo abaixo;

Figura 20 – Fissura na parede partindo da caixa elétrica



Fonte: acervo da construtora

Figura 21 – Fissura na parede acompanhando tubulação de incêndio



Fonte: acervo da construtora

Figura 22 – Fissura entre o vão da janela e abertura para instalação de ar condicionado



Fonte: acervo da construtora

- Estrutura horizontal: trincas e fissuras na estrutura das lajes. Não serão contabilizadas como tendo relação com as paredes de concreto;
- Impermeabilização: relacionadas a falhas de execução da impermeabilização das áreas molhadas, não serão contabilizadas como tendo relação com as paredes de concreto;
- Instalações hidráulicas: vazamentos, entupimentos, mau funcionamento, defeitos nas louças e tubulações. Não serão contabilizadas como tendo relação com as paredes de concreto;
- Instalações elétricas: em casos de eletrodutos obstruídos por entrada de nata de concreto, serão considerados como tendo relação com as paredes de concreto;
- Revestimento piso. Não serão contabilizadas como tendo relação com as paredes de concreto;
- Revestimento teto. Não serão contabilizadas como tendo relação com as paredes de concreto;
- Revestimento parede: descolamento, manchas ou emboloramento dos revestimentos das paredes. Serão contabilizados como tendo relação com as paredes de concreto. Na Figura 23 pode ser visto o descolamento do revestimento

cerâmico em uma das unidades, que pode ser ocasionado pela falta de aderência entre o concreto e o produto utilizado para fixação das cerâmicas;

Figura 23 – Descolamento do revestimento cerâmico



Fonte: acervo da construtora

- telhados: fixação do telhado. Não serão contabilizadas como tendo relação com as paredes de concreto.

Os resumos apresentados mostrarão a incidência de ocorrências relacionadas às paredes de concreto dos empreendimentos.

Em dois casos ocorreram entrega parcial das unidades. Como tratam-se de empreendimentos com muitas unidades habitacionais, muitas vezes a empresa realiza as obras em fases, entregando apenas parcialmente o empreendimento, enquanto ainda realiza as obras dos outros blocos. A obra em que foi realizado o levantamento das falhas de execução, mostrado mais adiante neste trabalho, é um destes casos.

A fim de não utilizar os verdadeiros nomes dos condomínios, por solicitação da empresa, serão utilizados nomes fantasias que fazem referência aos mesmos.

6.2.1 Empreendimento 1 – Baviera

O empreendimento Baviera localiza-se na cidade de Canoas, Rio Grande do Sul. Tem sua implantação representada na Figura 24. São 240 unidades divididas em 12 torres.

Figura 24 – Implantação do Empreendimento 1 - Baviera



Fonte: acervo da construtora

A Tabela 4 resume a incidência de patologias observadas nas paredes de concreto do empreendimento, segundo relatório fornecido pela área responsável.

Tabela 4 – Incidência de patologias empreendimento 1 - Baviera

Empreendimento 1 - Baviera		
Localização		Canoas
Nº de unidades		240
Nº de unidades entregues		240
Item	OCORRÊNCIAS	nº ocorrências
1	Alvenaria Estrutural	2
2	Equipamentos	27
3	Esquadrias	
3.1	<i>Defeitos esquadria</i>	9
3.2	<i>Defeitos vão</i>	1
4	Estrutura vertical	10
5	Estrutura horizontal	15
6	Impermeabilização	3
7	Instalações hidráulicas	30
8	Instalações elétricas	
8.1	<i>Defeitos elétricos</i>	43
8.2	<i>Defeitos eletrodutos</i>	0
9	Revestimento piso	3
10	Revestimento teto	0
11	Revestimento parede	1
12	Telhados	2
	Total	146
	Total com relação paredes de concreto	12
		8,22%

Fonte: o autor

6.2.2 Empreendimento 2 – Campos

Este empreendimento é localizado na zona sul de Porto Alegre, no bairro Cavallhada. Sua implantação, mostrada na Figura 25 apresenta 560 unidades divididas em 28 torres.

Figura 25 – Implantação do Empreendimento 2 - Campos



Fonte: acervo da construtora

Na Tabela 5 vemos a incidência das manifestações patológicas do empreendimento.

Tabela 5 - Incidência de patologias empreendimento 2 - Campos

Empreendimento 2 - Campos		
	Localização	POA-ZS
	Nº de unidades	560
	Nº de unidades entregues	560
Item	OCORRÊNCIAS	nº ocorrências
1	Alvenaria Estrutural	19
2	Equipamentos	68
3	Esquadrias	
3.1	Defeitos esquadria	20
3.2	Defeitos vão	21
4	Estrutura vertical	49
5	Estrutura horizontal	18
6	Impermeabilização	6
7	Instalações hidráulicas	54
8	Instalações elétricas	
8.1	Defeitos elétricos	126
8.2	Defeitos eletrodutos	1
9	Revestimento piso	45
10	Revestimento teto	5
11	Revestimento parede	8
12	Telhados	5
	Total	445
	Total com relação paredes de concreto	79
		17,75%

Fonte: o autor

6.2.3 Empreendimento 3 – Província

Na Figura 26 tem-se a implantação do empreendimento Província, localizado também na zona sul de Porto Alegre. Possui 520 unidades distribuídas em 26 torres.

Figura 26 – Implantação do Empreendimento 3 - Província



Fonte: acervo da construtora

Vemos na Tabela 6 a identificação das ocorrências no empreendimento, relacionando às ocorrências que tem relação e interface com as paredes de concreto.

Tabela 6 - Incidência de patologias empreendimento 3 - Província

Empreendimento 3 - Província		
	Localização	POA-ZS
	Nº de unidades	520
	Nº de unidades entregues	520
Item	OCORRÊNCIAS	nº ocorrências
1	Alvenaria Estrutural	14
2	Equipamentos	41
3	Esquadrias	
3.1	Defeitos esquadria	21
3.2	Defeitos vão	11
4	Estrutura vertical	67
5	Estrutura horizontal	6
6	Impermeabilização	2
7	Instalações hidráulicas	68
8	Instalações elétricas	
8.1	Defeitos elétricos	92
8.2	Defeitos eletrodutos	0
9	Revestimento piso	36
10	Revestimento teto	4
11	Revestimento parede	24
12	Telhados	0
	Total	386
	Total com relação paredes de concreto	102
		26,42%

Fonte: o autor

6.2.4 Empreendimento 4 – Amada

O empreendimento Amada localiza-se na zona norte de Porto Alegre, no bairro Alto Petrópolis, e possui 140 unidades habitacionais distribuídas em 7 torres. Sua implantação pode ser conferida na Figura 27.

Figura 27 – Implantação do Empreendimento 4 - Amada



Fonte: acervo da construtora

As manifestações identificadas pela área de assistência técnica no empreendimento constam na Tabela 7.

Tabela 7 - Incidência de patologias empreendimento 4 – Amada

Empreendimento 4 - Amada		
<i>Localização</i>		<i>POA-ZN</i>
<i>Nº de unidades</i>		<i>140</i>
<i>Nº de unidades entregues</i>		<i>140</i>
Item	OCORRÊNCIAS	nº ocorrências
1	Alvenaria Estrutural	5
2	Equipamentos	7
3	Esquadrias	
3.1	<i>Defeitos esquadria</i>	5
3.2	<i>Defeitos vão</i>	34
4	Estrutura vertical	22
5	Estrutura horizontal	1
6	Impermeabilização	7
7	Instalações hidráulicas	40
8	Instalações elétricas	
8.1	<i>Defeitos elétricos</i>	43
8.2	<i>Defeitos eletrodutos</i>	
9	Revestimento piso	17
10	Revestimento teto	15
11	Revestimento parede	5
12	Telhados	2
	Total	203
	Total com relação paredes de concreto	61
		30,05%

Fonte: o autor

6.2.5 Empreendimento 5 – Gaúcha

O próximo empreendimento, denominado Gaúcha, localiza-se ao lado do empreendimento anterior, o Amada, na zona norte de Porto Alegre, bairro Alto Petrópolis. São, também, 140 unidades distribuídas em 7 torres, conforme implantação mostrada na Figura 28.

Figura 28 – Implantação do Empreendimento 5 – Gaúcha



Fonte: acervo da construtora

A Tabela 8 mostra as incidências das ocorrências observadas pela equipe de assistência técnica no empreendimento.

Tabela 8 – Incidência de patologias empreendimento 5 – Gaúcha

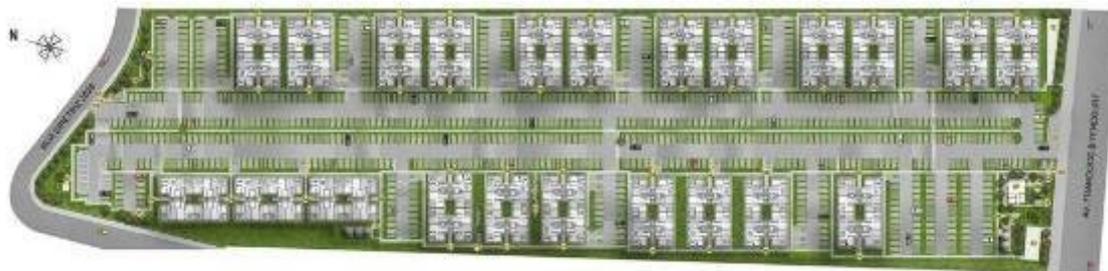
Empreendimento 5 - Gaúcha		
	Localização	POA-ZN
	Nº de unidades	140
	Nº de unidades entregues	140
Item	OCORRÊNCIAS	nº ocorrências
1	Alvenaria Estrutural	3
2	Equipamentos	32
3	Esquadrias	
3.1	Defeitos esquadria	5
3.2	Defeitos vão	34
4	Estrutura vertical	11
5	Estrutura horizontal	3
6	Impermeabilização	7
7	Instalações hidráulicas	26
8	Instalações elétricas	
8.1	Defeitos elétricos	67
8.2	Defeitos eletrodutos	0
9	Revestimento piso	8
10	Revestimento teto	3
11	Revestimento parede	0
12	Telhados	0
	Total	199
	Total com relação paredes de concreto	45
		22,61%

Fonte: o autor

6.2.6 Empreendimento 6 – Sarandi fases 1 e 2

O empreendimento Sarandi é composto, em sua totalidade, de 880 unidades divididas em 44 torres. Destas, 640 já foram entregues, nas fases 1 e 2, e as 240 restantes encontram-se em obra na fase 3 do condomínio. Localiza-se no bairro Sarandi, zona norte de Porto Alegre. A implantação pode ser vista na Figura 29.

Figura 29– Implantação do Empreendimento 6 – Sarandi



Fonte: acervo da construtora

Na Tabela 9 são apresentadas as ocorrências levantadas nas fases 1 e 2 entregues.

Tabela 9 – Incidência de patologias empreendimento 6 – Sarandi

Empreendimento 6 - Sarandi		
	Localização	POA-ZN
	Nº de unidades	880
	Nº de unidades entregues	640
Item	OCORRÊNCIAS	nº ocorrências
1	Alvenaria Estrutural	9
2	Equipamentos	7
3	Esquadrias	
3.1	Defeitos esquadria	104
3.2	Defeitos vão	23
4	Estrutura vertical	168
5	Estrutura horizontal	11
6	Impermeabilização	34
7	Instalações hidráulicas	112
8	Instalações elétricas	
8.1	Defeitos elétricos	111
8.2	Defeitos eletrodutos	
9	Revestimento piso	26
10	Revestimento teto	35
11	Revestimento parede	39
12	Telhados	6
	Total	685
	Total com relação paredes de concreto	230
		33,58%

Fonte: o autor

As duas fases deste empreendimento foram as primeiras obras entregues, com o sistema construtivo de paredes de concreto, pela empresa no Rio Grande do Sul. Percebe-se um alto número de ocorrências para este condomínio e uma alta incidência (33,58%) de problemas que têm interface com as paredes de concreto.

6.2.7 Empreendimento 7 – Germânica fase 1

Da mesma forma que o empreendimento anterior, o Germânica possui sua execução dividida em fases. Serão 860 unidades ao todo, divididas em 43 torres, sendo que apenas 300 unidades foram entregues na fase 1 do empreendimento. As 560 unidades restantes serão construídas em mais 2 fases. O acompanhamento de obra detalhado na próxima etapa do trabalho foi realizado na segunda fase deste empreendimento, que se encontra em execução.

Localizado em São Leopoldo, a implantação do empreendimento pode ser conferida na Figura 30.

Figura 30 – Implantação do Empreendimento 7 - Germânica



Fonte: acervo da construtora

Na Tabela 10 podem ser verificadas as ocorrências sinalizadas na fase 1 do empreendimento.

Tabela 10 – Incidência de patologias empreendimento 7 – Germânica

Empreendimento 7 - Germânica		
Localização		São Leop.
Nº de unidades		860
Nº de unidades entregues		300
Item	OCORRÊNCIAS	nº ocorrências
1	Alvenaria Estrutural	0
2	Equipamentos	36
3	Esquadrias	
3.1	Defeitos esquadria	3
3.2	Defeitos vão	21
4	Estrutura vertical	27
5	Estrutura horizontal	33
6	Impermeabilização	3
7	Instalações hidráulicas	16
8	Instalações elétricas	
8.1	Defeitos elétricos	28
8.2	Defeitos eletrodutos	2
9	Revestimento piso	6
10	Revestimento teto	1
11	Revestimento parede	0
12	Telhados	8
Total		184
Total com relação paredes de concreto		50
		27,17%

Fonte: o autor

6.2.8 Resultados

Na Tabela 11 é mostrado o resultado do somatório das ocorrências dos empreendimentos mostrados anteriormente, consolidando o resultado total das patologias que têm relação com as paredes de concreto. É possível constatar que pelo menos 25% das manifestações patológicas (579 em um total de 2.248) relatadas pelos moradores têm interface com as paredes de concreto das construções, com a seguinte composição (valores em relação ao total de manifestações relatadas, relacionadas com as paredes de concreto):

- 145 (6,45%) foram referentes à defeitos nos vãos das esquadrias, ocasionando infiltrações;
- 354 (15,75%) foram por defeitos na estrutura das paredes, ou seja, fissuras, defeitos geométricos ou outros defeitos visíveis na estrutura vertical;
- 3 (apenas 0,13%) são de eletrodutos entupidos e mau funcionamento da rede elétrica devido à entrada de nata de concreto nos mesmos;

- 77 (3,43%) referentes a defeitos nos revestimentos das paredes, como descolamento das placas cerâmicas ou destacamento da textura de revestimento;

Tabela 11 – Resultados consolidados das manifestações patológicas

CONSOLIDADO			
Nº de unidades		3340	
Nº de unidades entregues		2540	
Item	OCORRÊNCIAS	nº ocorrências	
1	Alvenaria Estrutural	52	
2	Equipamentos	218	
3	Esquadrias		
3.1	<i>Defeitos esquadria</i>	167	
3.2	Defeitos vão	145	6,45%
4	Estrutura vertical	354	15,75%
5	Estrutura horizontal	87	
6	Impermeabilização	62	
7	Instalações hidráulicas	346	
8	Instalações elétricas		
8.1	<i>Defeitos elétricos</i>	510	
8.2	Defeitos eletrodutos	3	0,13%
9	Revestimento piso	141	
10	Revestimento teto	63	
11	Revestimento parede	77	3,43%
12	Telhados	23	
Total		2248	
Total com relação paredes de concreto		579	
		25,76%	

Fonte: o autor

6.3 FALHAS DE EXECUÇÃO

Serão apresentadas, nesta etapa, as falhas de execução observadas em canteiro de obra da construtora, que foi visitada com o intuito de investigar quais falhas de execução do método construtivo estudado são as causas, ou de certa maneira contribuem para intensificar, as manifestações patológicas apresentadas na etapa anterior.

A identificação das falhas foi realizada com o auxílio da equipe técnica da construtora e por inspeção visual do autor em duas torres em construção, do empreendimento previamente apresentado como *Germânica* na etapa anterior. Trata-se da segunda fase de

execução deste empreendimento, que entregará outras 160 unidades divididas em 8 torres. As torres inspecionadas são as de número 22 e 23 do condomínio. A estrutura de cada uma foi construída em 10 dias, no total de 10 concretagens. As visitas ocorreram dois dias após finalizada cada torre. Ao total, a amostragem será de 20 concretagens e 40 unidades habitacionais.

Primeiramente, será apresentado cada item inspecionado, ilustrados com imagens tiradas do local pelo autor. Após, será apresentada a quantificação de cada falha observada na construção das duas torres.

6.3.1 Identificação das falhas observadas

As principais falhas observadas em obra foram inspecionadas em cada unidade habitacional das duas torres apresentadas previamente. Ao todo, foram 11 tipos de falhas detectadas e quantificadas, sendo que, no caso da segregação, foram divididas em três categorias considerando o pé direito total de 2,5 metros: até 1,2 metros do piso, entre 1,2 e 2 metros e acima de 2 metros do piso.

1. Fissuras 45°: fissuras partindo dos vãos das esquadrias, formando ângulo de 45° com a horizontal. São causadas, normalmente, por falta ou mau posicionamento da armadura de reforço no entorno destes vãos. Exemplo pode ser visto na Figura 31.

Figura 31 – Fissura formando ângulo com abertura de porta



Fonte: o autor

2. Fissuras 90°: fissuras que aparecem entre os vão da janela e da abertura para instalação do ar-condicionado, localizados na sala das unidades habitacionais. Sendo uma região de fragilidade, também são causados pela falta ou mau posicionamento das armaduras de reforço. Na Figura 32 pode ser visto um exemplo deste tipo de fissura.

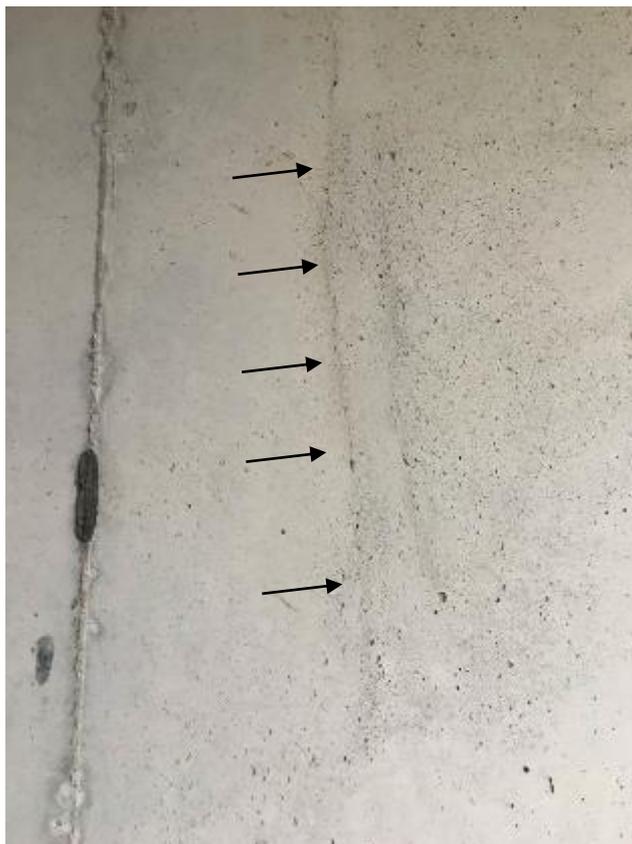
Figura 32 – Fissura a 90° entre vão da janela e abertura para instalação de ar-condicionado



Fonte: o autor

3. Fissuras sem aberturas: fissuras em pontos sem aberturas próximas nas paredes. Na construção estudada, aparecem principalmente nas paredes que apresentam uma porosidade superficial, que também foram identificadas separadamente. Estas fissuras podem ser oriundas da falta de cura apropriada e exsudação do concreto pela superfície porosa. Na Figura 33 pode ser observado um exemplo.

Figura 33 – Fissura em parede sem abertura próxima



Fonte: o autor

4. Defeitos superficiais: porosidade identificada nas superfícies das paredes, apresentando uma não uniformidade no concreto, ocasionando uma superfície áspera. Deve-se à pequena espessura da parede e altura de lançamento do concreto, que torna uma vibração adequada de difícil execução, fato que dificulta a saída das bolhas de ar pela superfície livre. Uma das paredes que apresentou este defeito pode ser vista na Figura 34.

Figura 34 – Parede com superfície porosa e áspera



Fonte: o autor

5. Falhas de concretagem na região das juntas das fôrmas: identificada de forma independente, uma segregação por acúmulo na região das juntas das fôrmas, ocasionada pela saída de nata devido à má vedação das fôrmas. A Figura 35 mostra um dos casos observados.

Figura 35 – Segregação no entorno da junta entre fôrmas.



Fonte: o autor

6. Segregação: identificada de forma separada em três categorias para demonstrar que a má vibração pode acarretar em concreto segregado em diversos pontos da estrutura, não apenas na parte mais baixa. Foram identificadas as segregações que ocorreram até 1,2 metros do piso (Figura 36), entre 1,2 e 2,0 metros do piso (Figura 37) e acima de 2,0 metros do piso (Figura 38).

Figura 36 – Segregação “A” até 1,2 metros do piso



Fonte: o autor

Figura 37 – Segregação “B” entre 1,2 e 2,0 metros do piso



Fonte: o autor

Figura 38 – Segregação “C” acima de 2,0 metros do piso



Fonte: o autor

7. Armadura exposta: armadura aparente na superfície da parede. Pode ser causado por mau posicionamento dos espaçadores ou excesso de vibração do local, deslocando a armadura, conforme pode ser visto na Figura 39;

Figura 39 – Armadura exposta na superfície do concreto



Fonte: o autor

8. Falha de cobertura dos eletrodutos: eletrodutos expostos na superfície do concreto, que também são causados pelo mau posicionamento dos espaçadores ou excesso de vibração no local, movimento os eletrodutos e diminuindo o seu cobertura. Um exemplo pode ser observado na Figura 40;

Figura 40 – Eletroduto exposto na superfície do concreto



Fonte: o autor

9. Falhas de concretagem do contramarco de janelas: falhas de concretagem observadas abaixo do vão das janelas, ocasionadas pela dificuldade de adensamento na região, pois é um local confinado, sem acesso ao mangote vibratório. O resultado é um concreto poroso, visivelmente não uniforme no local, como pode ser visto na Figura 41;

Figura 41 – Falha de concretagem do contramarco de janela



Fonte: o autor

10. Junta fria: as juntas frias são causadas quando há a interrupção não prevista da concretagem por um pequeno período de tempo e o concreto começa a endurecer antes da continuidade no lançamento. A Figura 42 mostra uma das juntas frias encontradas na obra visitada;

Figura 42 – Junta fria observada na obra estudada



Fonte: o autor

11. Abertura entre placas da forma metálica: a abertura entre placas ocasiona um defeito geométrico indesejado, afetando a espessura da parede e fuga de nata. Na Figura 43 pode ser visto um aumento na espessura da parede e na Figura 44 uma fuga de nata de concreto ocasionada pela abertura entre placas;

Figura 43 – Defeito geométrico causado pela abertura entre placas



Fonte: o autor

Figura 44 – Fuga de nata ocasionada por abertura entre placas



Fonte: o autor

6.3.2 Resultados

Os resultados serão apresentados por pavimento e concretagem. Primeiramente, na Tabela 12, consta a incidência de cada falha observada nas concretagens da torre 22. Pode ser constatado que os defeitos superficiais e não uniformidade do concreto, que resulta em paredes porosas e ásperas, foram observados em todas as concretagens da torre 22.

Se analisada a segregação como um todo, pode-se afirmar que esta falha de execução também está presente em todas as concretagens e, analisadas separadamente, os três tipos de segregação são observados em alto número: em 80% das concretagens para o tipo “B” e em 90% das concretagens para os tipos “A” e “C”.

As aberturas de placas foram observadas em 9 das 10 concretagens. Já as falhas de cobertura dos eletrodutos foram vistas em 8 das 10 concretagens. Ainda sobre os defeitos com incidência maior que 50%, as falhas de concretagem abaixo dos vãos das janelas foram observadas em 8 das 10 concretagens.

Tabela 12 – Falhas de execução observadas nas concretagens da torre 22

TORRE 22											
PAVIMENTO	1º (TÉRREO)		2º		3º		4º		5º		
CONCRETAGEM	1ª (101 e 104)	2ª (102 e 103)	3ª (201 e 204)	4ª (202 e 203)	5ª (301 e 304)	6ª (302 e 303)	7ª (401 e 404)	8ª (402 e 403)	9ª (501 e 504)	10ª (502 e 503)	Incidência
DEFEITO DE EXECUÇÃO											
Fissuras 45°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	10%
Fissuras 90°	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10%
Fissuras sem aberturas	-	-	X	X	-	-	-	X	-	X	40%
Defeitos superficiais (porosidade)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100%
Junta das fôrmas	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	20%
Segregação "A" (até 1,2m)	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	90%
Segregação "B" (1,2 a 2,0m)	X	X	X	X	-	-	X	X	X	X	80%
Segregação "C" (acima 2,0m)	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	90%
Armadura Exposta	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	20%
Falha cobertura (eletroduto)	X	X	X	X	X	-	-	X	X	X	80%
Contramarco	-	X	X	X	X	X	-	X	X	X	80%
Junta Fria	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	20%
Abertura placas	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	90%

Fonte: o autor

Na Tabela 13 estão os resultados da inspeção na torre 23. Com pequenas melhoras em alguns defeitos, como o não aparecimento de fissuras em 45° e 90° nas aberturas e diminuição na incidência em outras 7 falhas de execução, demonstra que erros cometidos anteriormente podem estar sendo mapeados e mitigados, mas ainda apresentam valores não satisfatórios.

A segregação, se analisada como um todo, ainda está presente em todas as concretagens e apresentou melhora significativa apenas no tipo “C”, com 40% de incidência. A

porosidade e superfície áspera também continuou sendo observada em 100% das concretagens.

Tabela 13 - Falhas de execução observadas nas concretagens da torre 23

TORRE 23											
PAVIMENTO	1ª (TÉRREO)		2ª		3ª		4ª		5ª		
CONCRETAGEM	11ª (101 e 104)	12ª (102 e 103)	13ª (201 e 204)	14ª (202 e 203)	15ª (301 e 304)	16ª (302 e 303)	17ª (401 e 404)	18ª (402 e 403)	19ª (501 e 504)	20ª (502 e 503)	Incidência
DEFEITO DE EXECUÇÃO											
Fissuras 45°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Fissuras 90°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Fissuras sem aberturas	-	-	X	-	X	-	-	X	-	-	30%
Defeitos superficiais (porosidade)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100%
Junta das fôrmas	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10%
Segregação "A" (até 1,2m)	X	X	-	X	X	X	-	X	X	X	80%
Segregação "B" (1,2 a 2,0m)	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	90%
Segregação "C" (acima 2,0m)	X	-	-	X	-	-	X	X	-	-	40%
Armadura Exposta	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	20%
Falha cobrimento (eletroduto)	-	X	-	-	X	X	X	-	X	X	60%
Contramarco	X	X	X	-	X	X	-	X	X	X	80%
Junta Fria	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	10%
Abertura placas	X	X	X	-	-	X	-	X	X	X	70%

Fonte: o autor

Na Tabela 14 são apresentados os resultados considerando todas as 20 concretagens, com as falhas de execução ordenadas de forma decrescente pela sua incidência.

Tabela 14 – Incidência das falhas de execução nas 20 concretagens

CONCRETAGEM	Incidência
DEFEITO DE EXECUÇÃO	
Defeitos superficiais (porosidade)	100%
Segregação "A" (até 1,2m)	85%
Segregação "B" (1,2 a 2,0m)	85%
Contramarco	80%
Abertura placas	80%
Falha cobrimento (eletroduto)	70%
Segregação "C" (acima 2,0m)	65%
Fissuras sem aberturas	35%
Armadura Exposta	20%
Junta das fôrmas	15%
Junta Fria	15%
Fissuras 45°	5%
Fissuras 90°	5%

Fonte: o autor

6.4 RELAÇÃO ENTRE AS PATOLOGIAS E FALHAS DE EXECUÇÃO E SUAS MEDIDAS MITIGADORAS

Pretende-se, nesta etapa, relacionar as falhas de execução observadas na etapa 6.3 com as manifestações patológicas relatadas pelos usuários, apresentadas na etapa 6.2.

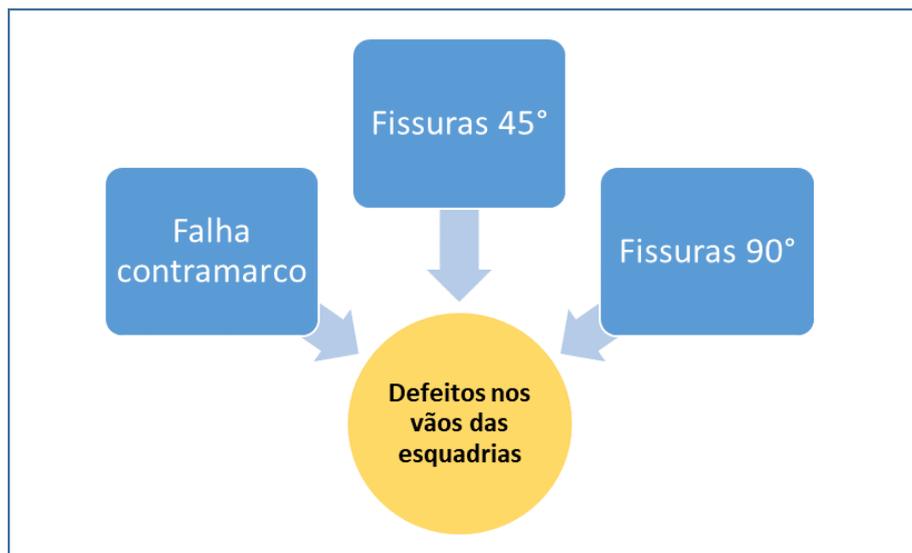
Conforme visto na Tabela 11, no item 6.2.8, as manifestações patológicas que têm interface com as paredes de concreto e que suas causas provêm de falhas de execução destas paredes, representam 25,76% dos defeitos relatados pelos usuários. Destes, 6,45% foram relacionados à defeitos nos vãos das esquadrias, causando mau posicionamento dos caixilhos e infiltração, 15,75% foram defeitos na estrutura, como o aparecimento de fissuras, apenas 0,13% foram eletrodutos entupidos por nata de cimento e 3,43% referentes a defeitos nos revestimentos das paredes.

6.4.1 Defeitos nos vãos das esquadrias

Os vãos das esquadrias com defeitos relatados pelos usuários, em sua grande maioria apresentam infiltrações na região inferior central do vão. As falhas de concretagem do contramarco observadas, com um concreto mal adensado e, por sua vez, com aspecto poroso é uma das principais razões para a manifestação patológica em questão. Atrelado à movimentação nos reforços utilizados ao redor dos vãos na etapa de vibração do concreto, que acaba criando uma região de deficiência de armadura, ficando propícia a manifestação de fissuras, uma zona de infiltração de umidade é criada, que, pela repetição do processo construtivo em todas unidades, é comum em diversos apartamentos entregues pela construtora.

Na Figura 45 está ilustrada essa relação entre as falhas executivas que levam à manifestação dos defeitos relatados pelos usuários.

Figura 45 – Relação de falhas de execução que causam defeitos nos vãos das esquadrias



Fonte: o autor

Estes defeitos na concretagem do contramarco foram observados em 80% dos ciclos de concretagem analisados. Pode-se também dizer que, devido a este concreto não adequado, as fissuras que aparecem abaixo do contramarco devem-se a fragilidade do concreto desta região.

6.4.2 Defeitos na estrutura

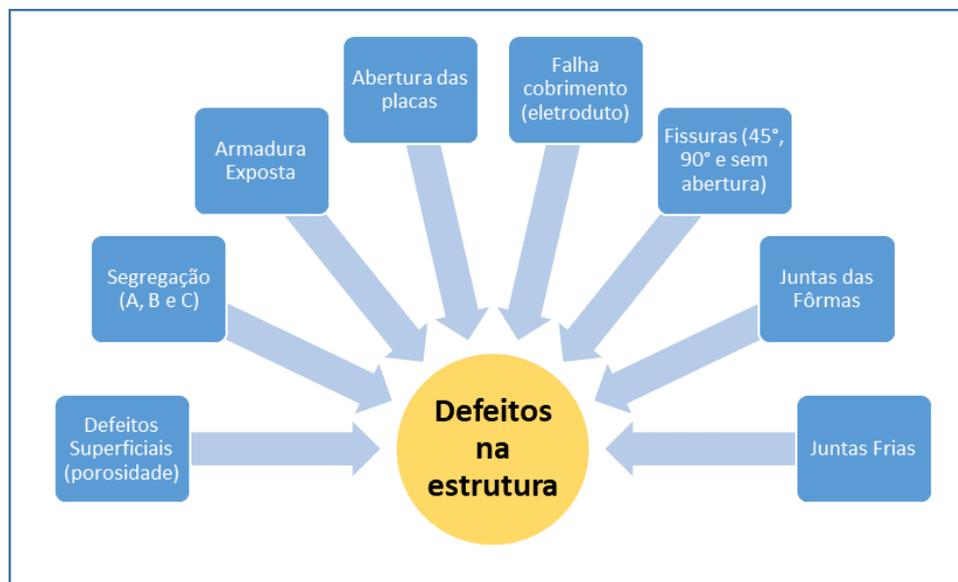
Fissuras que aparecem na estrutura das paredes de concreto têm suas causas variadas, mas que de certa forma ocorrem concomitantemente. Os defeitos superficiais, causados pela dificuldade de expulsar as bolhas de ar pela vibração dos elementos altos, ocorreu em todas as concretagens observadas. Os três tipos de segregação do concreto, se analisadas juntamente, também estão presentes em todas as concretagens. Portanto, tem-se um concreto de menor qualidade e não uniforme em boa parte da estrutura. Somam-se a isto alguns outros erros de execução, como a falta de cura do concreto, má fixação das placas das fôrmas e juntas frias de concretagem, e se obtém as condições para aparição das fissuras e outras falhas na estrutura.

Na Figura 46 estão relacionadas as falhas de execução que contribuem para as manifestações patológicas na estrutura das paredes, posteriormente.

Pode se destacar, também, que os empreendimentos entregues analisados ainda são relativamente novos, sendo o primeiro deles entregue há menos de 2 anos. Sendo assim,

é possível afirmar que estas fissuras se devem, principalmente, às falhas na etapa de execução da obra.

Figura 46 – Relação de falhas de execução que causam defeitos na estrutura das paredes de concreto



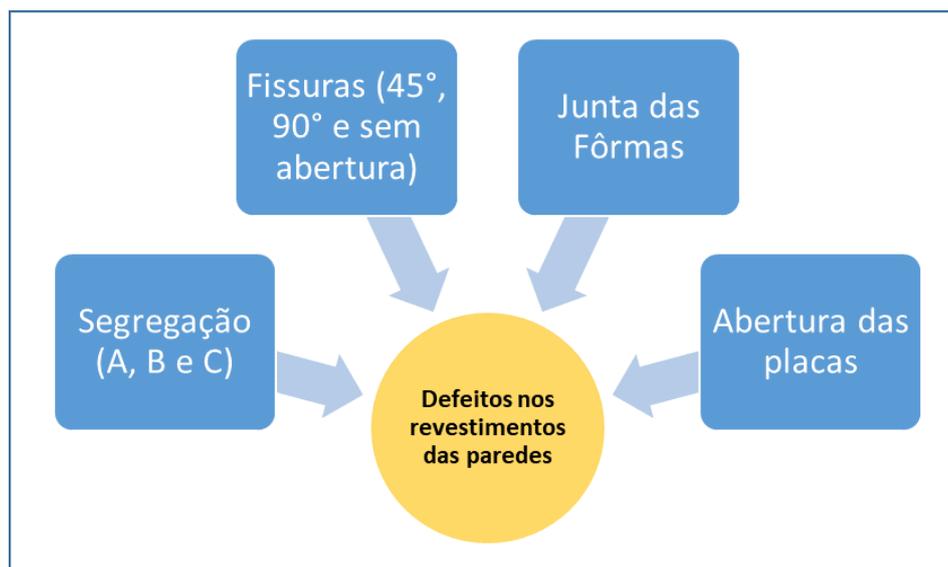
Fonte: o autor

6.4.3 Defeitos nos revestimentos das paredes

Uma das principais causas para as manifestações patológicas nos revestimentos das paredes é a segregação do concreto. Ao segregar, o concreto acaba ficando com duas regiões distintas na sua superfície: uma porosa, com excesso de agregados e falta de nata e outra lisa, praticamente impenetrável e com excesso de nata. De tal maneira que uma região apresenta uma boa aderência aos materiais utilizados para revestimento e a outra região não tem boas características para isso. Do mesmo modo, a não uniformidade do concreto próximo a junta das fôrmas, causa uma pequena segregação nesta região e contribui para uma superfície menos propícia para uma boa aderência aos revestimentos.

Na Figura 47 estão relacionadas as falhas de execução que causam posteriores defeitos nos revestimentos destas paredes.

Figura 47 - Relação de falhas de execução que causam defeitos nos revestimentos das paredes de concreto



Fonte: o autor

6.4.4 Medidas mitigadoras e ações de controle

A partir dos problemas apresentados anteriormente e das falhas executivas observadas nas obras da construtora, propõe-se uma série de medidas para mitigar, ou até mesmo eliminar, as falhas de execução nas obras da construtora.

- a) **Concreto auto adensável:** como mostrado no item anterior, a segregação, a não uniformidade do concreto e o concreto de má qualidade abaixo do contramarco são as principais falhas de execução encontradas nas obras, que se devem a um mau lançamento e vibração do concreto. A utilização de um concreto com características mais adequadas à aplicação em paredes de concreto poderia ser a solução. Como visto na primeira parte do estudo, o concreto autoadensável é o mais recomendado pelas associações responsáveis pelo estudo das paredes de concreto. Eliminar, também, a vibração do concreto, que pode ocasionar deslocamentos na armadura e falhas de cobrimento dos eletrodutos. O excesso de vibração pode causar segregação do concreto e deslocamento das armaduras de reforço, que por sua vez comprometem as regiões dos vãos das esquadrias, que são pontos de fragilidade da estrutura.
- b) **Lançamento em camadas:** caso ainda se utilize um concreto convencional, o lançamento do mesmo deve começar a ser realizado por camadas, de no máximo

50 centímetros, e posterior vibração. Desta maneira obtém-se um concreto uniforme e se garante a expulsão das bolhas de ar.

- c) **Cura do concreto:** deve ser adicionado ao processo executivo o procedimento de cura do concreto, que inexistente no momento. Podem ser utilizadas membranas impermeáveis específicas para cura. Com isto, evita-se a perda de água do concreto pela superfície, que causa porosidade no mesmo e posterior aparecimento de fissuras.
- d) **Montagem e manutenção das fôrmas:** alguns cuidados na montagem e travamento das fôrmas devem ser tomados, a fim de reduzir deformações e deslocamentos. A limpeza das fôrmas com regularidade evita o acúmulo de concreto, que prejudica o encaixe dos painéis, ocasionando fuga de nata do concreto e abertura entre as placas, resultando em defeitos geométricos. A manutenção das fôrmas deve ser realizada regularmente, pois elementos defeituosos replicam os mesmos defeitos geométricos para todas as unidades habitacionais produzidas de forma recorrente. A interação entre a equipe de montagem das fôrmas com a equipe de manutenção das mesmas deve ser estreitada a fim de criar uma consciência conjunta de bons cuidados e utilização das fôrmas metálicas.
- e) **Amarração das armaduras e elementos embutidos:** A amarração das armaduras deve ser feita de maneira que, quando da vibração do concreto, não sejam deslocadas do seu local. A identificação de pontos críticos e recorrências na movimentação das armaduras deve ser realizada, a fim de evitar a replicação dos erros em unidades futuras, levando em consideração a repetitividade do processo. Deve ser considerado, caso opte-se pela manutenção do concreto convencional adensado com vibrador, um novo método de amarração para as armaduras e elementos embutidos para eliminar os casos de armadura exposta, trincas e fissuras nos vãos das janelas e por falhas de cobrimento dos eletrodutos.

7 CONCLUSÃO

Ao buscar entender as principais manifestações patológicas no modelo construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco*, com a utilização de fôrmas metálicas, em empreendimentos do programa Minha Casa Minha Vida, percebeu-se que a principal falha na execução do método se apresenta justamente no lançamento e adensamento do seu mais notório componente: o concreto.

Ainda que o método seja relativamente novo na construtora estudada, e que processos de melhoria são incorporados ao longo do tempo e de acordo com a experiência dos gestores, algumas práticas de boa engenharia precisam ser ajustadas e inseridas no método.

A maioria dos defeitos reportados pelos usuários finais das edificações, que têm interface com a parede de concreto, poderiam ser evitados se alterados ou adicionados alguns procedimentos de execução e controle a mais. Por exemplo: a substituição do concreto convencional pelo autoadensável poderia evitar, de forma direta ou indireta, patologias como a infiltração em janelas, descolamento das placas cerâmicas nos banheiros e cozinhas e fissuras nas paredes. Obtém-se, além do lançamento e adensamento mais uniforme do concreto, a eliminação da vibração, que representa ganhos na produtividade e evita o deslocamento das armaduras e sistemas embutidos.

O eventual aumento do custo causado pela utilização de um concreto autoadensável se justificaria pela diminuição efetiva das patologias e gastos com retrabalho e assistência técnica, além de reforçar a imagem da construtora e do método construtivo perante o mercado imobiliário.

Da mesma forma, caso economicamente a utilização do concreto autoadensável não seja possível, o lançamento do concreto convencional em camadas se apresenta também como alternativa para mitigar as manifestações patológicas relatadas. Novamente pode se justificar o aumento do custo, pois a produtividade cairia substancialmente, com a diminuição de retrabalho e gastos com assistência técnica.

A não realização de cura do concreto é um fator preocupante, pois o produto final é um concreto poroso, suscetível à percolação da água, que pode resultar em ataques à armadura e posterior corrosão da mesma.

E ainda por último, mas não menos importante, o segundo elemento mais notório do processo: as fôrmas metálicas.

A limpeza e manutenção das fôrmas deve ser feita com periodicidade. Isto evita a defeitos geométricos e ajuda na vedação das fôrmas, evitando a fuga de nata de concreto e abertura entre placas.

Por tratar-se de um método que replica de forma industrial as unidades habitacionais que produz, a identificação das falhas executivas e de defeitos nos elementos constituintes torna-se uma etapa de extrema importância para as empresas que se propõem a utilizar-se do processo construtivo para construir seus conjuntos habitacionais. A identificação de uma falha executiva ainda no início evita o retrabalho e eventualmente serviços de assistência técnica em centenas de unidades que são, sistematicamente, replicadas através da repetitividade dos processos e reutilização das fôrmas metálicas no método construtivo.

A adoção destas ações de controle objetiva eliminar, ou de certa forma mitigar, o grande número de ocorrências observadas nos empreendimentos entregues, que possuem interface com as paredes de concreto, e a necessidade de correção posterior. Desta maneira diminuindo custos não previstos.

A quantificação das diferenças entre os custos da utilização de um concreto convencional e da utilização de um concreto auto adensável, bem como seus respectivos gastos com retrabalho e correções posteriores, necessitaria de futuros trabalhos de pesquisa, ficando a deixa para novas investigações.

Em busca de melhores resultados para os clientes finais, utilizar-se de boas práticas de engenharia pode resultar, também, em diminuição de gastos diretos. Ademais, a boa imagem repassada pela construtora, ao oferecer um produto final de qualidade e vida útil que atenda os desempenhos exigidos, fortalece a relação com o cliente e traz benefícios à companhia.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Parede de concreto**: coletânea de ativos 2007-2008. São Paulo: Comunidade da Construção, 2009. 216 p. Disponível em: http://www.abcp.org.br/cms/wp-content/files_mf/Parede_de_concreto_coletanea_ativos.pdf. Acesso em 9 de Dezembro de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Parede de concreto**: coletânea de ativos 2008-2009. São Paulo: Comunidade da Construção, 2010. 162 p. Disponível em: http://www.abcp.org.br/cms/wp-content/files_mf/Coletanea_Ativos_Parede_Concreto_2008-2009.pdf. Acesso em 9 de Dezembro de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Parede de concreto**: coletânea de ativos 2009-2010. São Paulo: Comunidade da Construção, 2011. 63 p. Disponível em: http://www.abcp.org.br/cms/wp-content/files_mf/Coletanea_Ativos_Parede_Concreto_2009-2010.pdf. Acesso em 9 de Dezembro de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Parede de concreto**: coletânea de ativos 2011-2013. São Paulo: Comunidade da Construção, 2013. 63 p. Disponível em: http://www.abcp.org.br/cms/wp-content/files_mf/Coletanea_PC2013.pdf. Acesso em 9 de Dezembro de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480**: aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7481**: Tela de aço soldada – Armadura para concreto. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto - Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social – Desempenho. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055**: parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

ASTRA S.A. INDÚSTRIA E COMÉRCIO. Catálogo de produtos. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/prod/cont/m/caixas-eletricas-astra_1845_19698_11876. Acesso em 14 de Janeiro de 2018.

BRITEZ, Carlos. et al. **Boas práticas envolvendo sistemas construtivos em paredes de concreto – Caso Jardim Novo Horizonte (Jundiaí-SP)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO. 57, 2015. Bonito-MS. Disponível em: <https://www.coplasparededeconcreto.com.br/boas-praticas-envolvendo-sistemas-c>. Acesso em 16 de Dezembro de 2017.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Minha Casa Minha Vida** - Habitação Urbana. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana/Paginas/default.aspx>. Acesso em 08 de Março de 2018.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Programa de Olho na Qualidade** - Código de Práticas CAIXA Programa Minha Casa Minha Vida – Entidades PMCMV-E. 2016. Disponível em: http://autogestao.unmp.org.br/wp-content/uploads/2017/11/CodPraticasCAIXA_MCMVEntidades_v002.pdf. Acesso em 05 de Fevereiro de 2018.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Déficit Habitacional no Brasil**. Dados disponíveis para download em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/deficit-habitacional/deficit-habitacional-no-brasil>. Acesso em 06 de Março de 2018.

CAMPAGNOLO, Luiz. **Apostila da disciplina ENG01160** – Patologia e instrumentação das construções, do curso de graduação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Não Publicado. 227 f..

CORSINI, Rodnei. Paredes normatizadas. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, n. 183, dezembro 2011. Não paginado. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/183/artigo287955-1.aspx>. Acesso em 12 de Dezembro de 2017.

DATASEBRAE. Programas Sociais. Dados disponibilizados em: <http://datasebrae.com.br/programas-sociais/#quem>. Acesso em 06 de Março de 2018.

FERREIRA, Romário. Planejamento – Economia concreta. **Revista Equipe de Obras**, São Paulo: Pini, n. 47, maio 2012. Não paginado. Disponível em: <http://equipedebrae17.pini.com.br/construcao-reforma/47/economia-concreta-ao-otpar-por-paredes-de-concreto-em-257752-1.aspx>. Acesso em 12 de Dezembro de 2017.

FIGUEROLA, Valentina. Vazios de concretagem. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, n. 109, abril 2006. Não paginado. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/109/artigo287074-2.aspx>. Acesso em 11 de Março de 2018.

LOUREIRO, Maria Rita; MACÁRIO, Vinicius; GUERRA, Pedro. **Democracia, arenas decisórias e políticas públicas**: O programa minha casa minha vida. Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), No. 1886. 2013. Brasília.

Disponível em: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/91325/1/776493698.pdf>. Acesso em 10 de Março de 2018.

MEDEIROS, Giovana. **Junta Fria**. 2010. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/junta-fria/>. Acesso em 11 de Março de 2018.

MENESES, Ronaldo. **Edificação com paredes em concreto armado foi tema de visita técnica**. Curso Técnico de Construção de Edifícios, UNIFACISA. 2014. Não paginado. Disponível em: <http://www.cesed.br/construcaoedificios/blog/?p=1504>. Acesso em 14 de Janeiro de 2018.

MINISTÉRIO DA TRANSPARÊNCIA E CONTROLADORIA GERAL DA UNIÃO. **Minha Casa Minha Vida: 56,4% dos imóveis avaliados apresentam defeitos na construção**. 2017. Disponível em: <http://www.cgu.gov.br/noticias/2017/08/minha-casa-minha-vida-56-4-dos-imoveis-avaliados-apresentam-defeitos-na-construcao>. Acesso em 15 de Dezembro de 2017.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. Paredes de Concreto. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, n. 147, p. 74-78, jun. 2009.

NAKAMURA, Juliana. Escolha de fôrmas para paredes de concreto deve considerar critérios técnicos e econômicos. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, n. 202, janeiro 2014. Não paginado. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/202/artigo304347-2.aspx>. Acesso em 17 de Dezembro de 2017.

NAKAMURA, Juliana. Fôrmas metálicas para parede de concreto: saiba como funciona. **Revista Equipe de Obras**, São Paulo: Pini, n. 63, setembro 2013. Não paginado. Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/63/formas-metalicas-para-paredes-de-concreto-saiba-como-funciona-294280-1.aspx>. Acesso em 11 de Dezembro de 2017.

NEMER, Pedro Curvello da Costa. **Avaliação do sistema construtivo paredes de concreto moldado no local a luz das normas técnicas vigentes**. 2016. 106f.. Dissertação (Curso de Especialização: Produção e Gestão do Ambiente Construído) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

NEVILLE, Adam M; BROOKS, J.J. **Tecnologia do concreto**. 3 ed. Bookman Editora, 2013.

PIANCASTELLI, Élvio Mosci. **Patologias do concreto**. 2017. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/patologias-do-concreto_6160_10_0. Acesso em 11 de Março de 2018.

SANTOS, Altair. Paredes de Concreto já dominam Minha Casa Minha Vida. **Massa Cinzenta**, Curitiba, 2016. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/paredes-de-concreto-minha-casa-minhavid>. Acesso em 01 de Julho de 2018.

SANTOS, Vinícius Farias. Paredes de concreto com fôrmas metálicas. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, n. 169, abril 2011. Não paginado. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/169/artigo286819-1.aspx>. Acesso em 04 de Janeiro de 2017.

SILVA, Fernando Benigno. Sistema de fôrmas plásticas para paredes de concreto. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, n. 165, dezembro 2010. Não paginado. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/165/sistema-de-formas-plasticas-para-paredes-de-concreto-287803-1.aspx>. Acesso em 17 de Dezembro de 2017.

TUTIKIAN, Bernardo Fonseca. **Proposição de um método de dosagem experimental para concretos auto-adensáveis**. 2007. 163 f.. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TAKATA, Leandro Teixeira. **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado**: estudo de caso. 2009. 152 f.. Dissertação (Pós Graduação em Construção Civil) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.

WENDLER, Arnaldo. **Desempenho das Paredes de Concreto** – Atendimento à NBR 15.575. 2017. Disponível em: <https://www.construliga.com.br/blog/desempenho-das-paredes-de-concreto/>. Acesso em 18 de Janeiro de 2018.