

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

João Marcos Kurtz da Costa

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES DE PAREDES DE
CONCRETO: UM ESTUDO DE CASO**

Santa Maria, RS
2021

João Marcos Kurtz da Costa

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES DE PAREDES DE
CONCRETO: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Civil**.

Orientador: Prof. Dr. André Lübeck

Santa Maria, RS
2021

João Marcos Kurtz da Costa

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES DE PAREDES DE
CONCRETO: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Civil**.

Aprovado em 27 de agosto de 2021

Prof. Dr. André Lübeck (UFSM)
(Orientador/Presidente)

Prof. Dr. Rogério Cattelan Antochaves de Lima (UFSM)

Eng. Henrique dos Santos Kramer (UFSM)

Santa Maria, RS
2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, devo agradecer aos meus pais, Paulo e Martha; pelo imensurável apoio em todas as escolhas que fiz ao longo desses 25 anos. Agradeço também as minhas irmãs, Mariana e Patrícia que são os meus exemplos e ponto de referência para tudo que desejo realizar.

Agradeço a minha namorada e melhor amiga, Amanda, que me acompanhou em toda trajetória acadêmica e em cada parágrafo escrito no presente trabalho, nos momentos bons e ruins sempre esteve ao meu lado.

Agradeço aos meus amigos, Gustavo, Jerônimo, Gabriel e Felipe pela parceria e amizade destes os tempos de colégio, ao meu primo Marcelo considerado um irmão pra mim.

Agradeço aos meus colegas da Lamb Construções e Engenharia que tanto me ensinaram durante meu período de estágio. Agradeço também aos colegas Felipe e Leonardo da Grammi Arquitetura e Engenharia por me despertarem o interesse nas áreas projetuais e por confiarem no meu potencial.

Agradeço ainda a meu orientador, Prof. André Lübeck, por sempre compartilhar seu conhecimento de forma tão acessível, pelo incentivo para escrever o presente estudo, bem como pela liberdade que me foi concedida para criá-lo.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que fizeram parte do meu caminho ao longo desses 6 anos.

Ter a disposição de se pagar o preço é fundamental para se entrar em um projeto, do contrário, é melhor nem começá-lo.

(Flávio Augusto)

RESUMO

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES DE PAREDES DE CONCRETO: UM ESTUDO DE CASO

AUTOR: João Marcos Kurtz da Costa
ORIENTADOR: André Lübeck

O presente trabalho tem como tema a inspeção e avaliação das manifestações patológicas observadas em um conjunto de edificações executadas pelo método paredes de concreto moldado *in loco*. O empreendimento composto por cinco torres de apartamentos residenciais idênticas, financiado pelo Programa Minha Casa Minha Vida na cidade de Santa Maria- RS. O estudo de caso consistiu na inspeção de todos os apartamentos de todas as cinco torres do empreendimento. Foram registradas e descritas todas as manifestações patológicas observadas. Além do registro das incidências, propôs-se discutir as causas e soluções corretivas, mitigadoras e preventivas dessas falhas no intuito de evitar desperdícios e custos indesejados. Percebeu-se pelos diagnósticos realizados que todos os cinco blocos do residencial apresentaram fissuras em vãos de esquadrias e em vãos da ventilação natural, como também houve um elevado registro de falhas por descuidos executivos. Por fim, o estudo buscou contribuir com o entendimento das principais manifestações patológicas observadas nesse sistema construtivo e evitar a reincidência dos mesmos defeitos em outras edificações.

Palavras chave: Paredes de Concreto, Patologias, Manifestações Patológicas.

ABSTRACT

PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN CONCRETE WALL BUILDINGS: A CASE STUDY

AUTHOR: João Marcos Kurtz da Costa

ADVISOR: André Lübeck

This paper has as a theme the inspection and evaluation of pathological manifestations observed in a set of buildings executed with the method of concrete walls molded "in loco". This enterprise is composed by five buildings, were all have equal apartments, financed by the program "Minha Casa, Minha Vida", in the city of Santa Maria - RS. This study consisted in the inspection off all apartments, on the five towers. Have been recorded and described all the pathological manifestations observed. Beyond the register of the events, proposed to discust the causes and right solutions off all pathologies in order to avoid waste and unwanted costs. By the diagnosis made, realized that all the five residential buildings presented cracks in window frames and natural ventilation frames, as also a high failure record due to executive carelessness. Finally, this study searched to contribute with the understanding of the main pathological manifestations observed in this construction method, and to avoid the relapse of the same defects in another constructions.

Keywords: Concrete Walls, Pathologies, Pathological Manifestations.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Edifício executado pelo método paredes de concreto em Santa Maria – RS.	19
Figura 2 – Comparativo entre os Processos Construtivos de Acabamentos.....	20
Figura 3 - Exemplificação do sistema de formas metálicas em uma Obra em Santa Maria – RS.	23
Figura 4 – Exemplificação do Sistema de Formas de Madeira Compensada com Estrutura Metálica.	24
Figura 5 – Exemplificação do Sistema de Formas de Plástico.....	25
Figura 6 – Representação da Utilização das Caixas Elétricas no Sistema Paredes de Concreto.....	26
Figura 7 – Representação de uma Caixa Elétrica para Pontos de Luz na Laje.	27
Figura 8 – Sequência Executiva do Sistema Paredes de Concreto Moldado in loco.	27
Figura 9 – Fechamento entre os Vãos das Vigas Baldrame para Posterior Execução do Piso/laje do Térreo em uma Obra em Santa Maria- RS.	28
Figura 10 – Demarcação da Laje de Base para Posterior Montagem das Formas. ...	29
Figura 11 – Armação Das Telas Soldadas Juntamente Com Os Reforços De Vergalhões Nos Cantos Da Janela.	30
Figura 12 - Sistema De Armaduras E Instalações Embutidas Para Paredes De Concreto Moldadas In Loco Em Uma Obra Em Santa Maria – RS.	32
Figura 13 - Montagem Das Formas Internas Do Empreendimento Residencial Hera – Santa Maria – RS.....	33
Figura 14 - Lançamento Do Concreto Para O 9º Andar Do Empreendimento Residencial Hera – Santa Maria - RS.....	35
Figura 15 - Paredes Estucadas Do Empreendimento Residencial Hera – Santa Maria – RS.	36
Figura 16 - Principais Causas Das Manifestações Patológicas No Brasil.	38
Figura 17 - Patologias Encontradas No Sistema Paredes De Concreto.	38
Figura 18 - Aparecimento De Fissura No Vão De Entrada Para O Apartamento Do Residencial Hera – Santa Maria - RS.....	40
Figura 19 - Segregação Do Concreto Localizado No Empreendimento Em Estudo Na Cidade De Santa Maria – RS.	41
Figura 20 - Deformação Da Parede Ocasionalada Pela Abertura Da Forma No Empreendimento Em Estudo Na Cidade De Santa Maria – RS.....	42
Figura 21 - Deslocamento Da Armadura Devido Ao Mau Posicionamento Ou A Falta De Espaçadores.....	43
Figura 22 - Imagem Área Do Residencial Hera, Santa Maria - RS.	45
Figura 23 - Layout Dos Pavimentos Tipo Das Unidades Padrão Do Empreendimento.	48
Figura 24 - Fissura Em 90° No Vão De Ventilação.	50
Figura 25 - Fissura Em 90° No Vão Da Porta De Entrada.	51

Figura 26 - Fissura Em 45° No Vão De Janela.....	52
Figura 27 - Fissura Em Aberturas De Caixa Elétrica.....	53
Figura 28 - Fissura Sem Abertura Tipo “A”.....	54
Figura 29 - Fissura Sem Abertura Tipo “B”.....	55
Figuras 30 e 31 - Fissuras Nas Lajes Da Cozinha Dos Apartamentos 903A E 602A Respectivamente.....	56
Figura 32 (a e b) - Defeitos geométricos ocasionado pela abertura entre placas no apartamento 104E – PDC.....	57
Figuras 33 e 34 - “Ondulações” ou “barrigamentos” das paredes dos apartamentos 501A e 503A respectivamente.....	58
Figura 35 - Armadura Exposta no apartamento 202E.....	59
Figura 36 - Tubulação aparente no apartamento 104D.....	60
Figura 37 - Defeito De Contramarco Localizado No Apartamento 101E.....	60
Figura 38 (a e b) - Desplacamento Cerâmico No Apartamento 702B.....	61
Figura 39 - Segregação do concreto localizada no apartamento 104D.....	62
Figura 40 - Segregação do concreto localizado no apartamento 503D.....	62
Figura 41 - Perda Da Caixa Elétrica Pelo Impacto Do Concreto No Seu Lançamento, Localizada No Apartamento 802E.....	63
Figura 42 - Gráfico Das Incidências Patológicas Do Bloco A.....	66
Figura 43 - Gráfico Das Incidências Patológicas Do Bloco B.....	68
Figura 44 - Gráfico Das Incidências Patológicas Do Bloco C.....	69
Figura 45 - Gráfico Das Incidências Patológicas Do Bloco D.....	71
Figura 46 - Gráfico Das Incidências Patológicas Do Bloco E.....	72
Figura 47 - Quantitativos Patológico do Residencial Hera.....	73
Figura 48 - Desforma Da Viga Do Apartamento 104D.....	78
Figura 49 - Corte Do Projeto Estrutural Da Parede Da Área De Serviço.....	81
Figura 50 - Conectores De Passagem De Ventilação Natural.....	82
Figura 51 - Incidência dos Vãos de Esquadrias que Manifestaram Fissuras.....	84
Figura 52 - Detalhe do Projeto Estrutural dos Vãos das Portas de Entrada.....	85
Figura 53 - Detalhe do Projeto Estrutural dos Vãos das Janelas dos Quartos.....	85
Figura 54 - Tratamento para as Fissuras de 45° e 90° em Vãos de Esquadrias.....	86
Figura 55 - Fissura Manifestada no Entorno da Região Tratada no Apartamento 802A.....	87
Figura 56 - Execução de Armaduras de Reforços em uma Obra em Santa Maria- RS.	88
Figura 57 - Gráfico de Locais de Incidências de Fissuras em Lajes.....	89
Figura 58 - Detalhe do Projeto de Armação das Lajes para os Pavimentos Tipo.....	90
Figura 59 - Pontos Manifestantes das Fissuras Distantes de Aberturas.....	92
Figura 60 - Execução de Armaduras Horizontais de Reforços em uma Obra em Santa Maria- RS.....	82
Figura 61 - Aplicação de Lâmpadas de Aquecimento no Auxilio da Cura do Concreto em uma Obra em Santa Maria – RS.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Incidências patológicas por empreendimento do Residencial Hera.	65
Tabela 2 – Incidências patológicas do Bloco A.	66
Tabela 3 - Incidências Patológicas do Bloco B.....	67
Tabela 4 - Incidências Patológicas do Bloco C.	69
Tabela 5 - Incidências Patológicas do Bloco D.	70
Tabela 6 - Incidências Patológicas do Bloco E.....	72
Tabela 7 – Quantitativos e incidências das Falhas de Menores Impactos.	75
Tabela 8 – Quantitativos e Incidências das Aberturas de Placas.....	77
Tabela 9 - Quantitativos e Incidências dos Defeitos de Contramarco.	79
Tabela 10 - Quantitativos e Incidências dos Desplacamento Cerâmico.....	81
Tabela 11 - Quantitativos e Incidências das Fissuras em 90° nos Vãos da Ventilação Natural.....	82
Tabela 12 - Quantitativos e Incidências das Fissuras em 90° e 45° nos Vãos de Esquadrias.	83
Tabela 13 - Quantitativos e Incidências das Fissuras nas Lajes.....	88
Tabela 14 - Quantitativos e Incidências das Fissuras nas Lajes.....	91

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 Objetivos gerais	15
1.1.1 Objetivos específicos	15
1.2 JUSTIFICATIVA	16
2. REVISÃO TEÓRICA	17
2.1 HISTÓRICO	17
2.2 FUNDAMENTOS E CARACTERÍSTICAS.....	18
2.3 ELEMENTOS CONSTITUINTES	21
2.3.1 Concreto	21
2.3.2 Sistema de Formas	22
2.3.2.1 Formas Metálicas	23
2.3.2.2 Formas de madeira compensada com estrutura metálica	23
2.3.2.3 Formas de plástico	24
2.3.3 Armadura	25
2.3.4 Sistemas Embutidos	26
2.4 PROCESSOS CONSTRUTIVOS	27
2.4.1 Fundação	27
2.4.2 Marcação da laje	28
2.4.3 Armação	29
2.4.4 Instalação dos Sistemas Embutidos	30
2.4.5 Montagem das Formas	32
2.4.6 Concretagem	34
2.4.7 Desforma e Cura	35
2.4.8 Estucamento e Acabamento Final	36
2.5 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DO SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO.....	37
2.5.1 Manifestações de fissuras	39
2.5.2 Falhas de Concretagem	40
2.5.3 Falhas Executivas	41
2.5.3.1 Formas e Escoramentos.....	42
2.5.3.2 Inconformidades na Armadura.....	43
2.5.4 Fundamentação Aplicada	43

2.5.4.1 Inspeção e Vistoria	44
2.5.4.2 Diagnóstico das Manifestações Patológicas.....	44
2.5.4.3 Definição de Conduta	44
3 METODOLOGIA	45
3.1 LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	46
3.2 A EMPRESA CONSTRUTORA.....	46
3.2.1 Padrões Construtivos Para o Sistema Paredes de Concreto da Empresa	47
3.2.1.1 Formas	47
3.2.1.2 Armaduras	47
3.2.1.3 Concreto	47
3.2.1.4 Sistema Embutidosr.....	48
3.2.1.5 Revestimento das Paredes.....	49
4 ESTUDO DE CASO: INSPEÇÃO, VISTORIA E INCIDÊNCIAS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	50
4.1 FALHAS OBSERVADAS NO EMPREENDIMENTO	50
4.1.1 Fissuras em Vãos e Aberturas	50
4.1.1.1 Fissuras Verticais no Vão da Ventilação Natural	50
4.1.1.2 Fissuras em Vãos de Esquadrias	51
4.1.2 Fissuras em Equipamentos Embutidos	52
4.1.3 Fissuras em Locais Distantes de Aberturas ou Vãos das Paredes	53
4.1.3.1 Fissuras Distantes de Abertura tipo “A”	54
4.1.3.2 Fissuras Distantes de Abertura tipo “B”	55
4.1.4 Fissuras em Lajes	55
4.1.5 Falhas Executivas	56
4.1.5.1 Aberturas de Placas da Forma Metálica	57
4.1.5.2 “Ondulações ou “Barrigamentos”	58
4.1.5.3 Armadura Exposta	59
4.1.5.4 Falhas de Cobrimento dos Eletrodutos.....	59
4.1.5.5 Defeitos de Contramarco	60
4.1.5.6 Deslocamento Cerâmico	61
4.1.6 Falhas de Concretagem	61
4.1.6.1 Segregação do Concreto.....	61
4.1.6.2 Deslocamento ou Entupimento de Caixas Elétricas	63
4.2 REGISTRO DAS INCIDÊNCIAS DO RESIDENCIAL HERA	64
4.2.1 Incidências Patológicas – Bloco A	65

4.2.2 Incidências Patológicas – Bloco B	67
4.2.3 Incidências Patológicas – Bloco C	68
4.2.4 Incidências Patológicas – Bloco D	70
4.2.5 Incidências Patológicas – Bloco E.....	71
4.2.6 Quantificação das Incidências	73
4.3 DIAGNÓSTICO, SOLUÇÕES E/OU MEDIDAS MITIGADORAS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	74
4.3.1 Falhas de Menor Gravidade e/ou Incidência.....	74
4.3.1.1 Medidas Corretivas	75
4.3.1.2 Medidas Preventivas	76
4.3.2 Falhas de Médias Gravidades e/ou Incidências	77
4.3.2.1 Abertura de Placas	77
4.3.2.2 Defeito de Contramarco.....	79
4.3.3 Fissuras em Vãos da Ventilação Natural.....	81
4.3.4 Fissuras em Vãos de Esquadrias	83
4.3.5 Fissuras nas Lajes	88
4.3.6 Fissuras Distantes de Aberturas	91
5 CONCLUSÃO	94
REFERÊNCIAS.....	95

INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico das técnicas construtivas aliadas à empregabilidade de novos materiais dentro da construção civil, a industrialização e racionalização dos processos construtivos têm se mostrado uma das áreas de mais intenso estudo. O sistema de paredes de concreto moldado *in loco* cresce dentro do mercado imobiliário por apresentar rápida execução, padronização e produtividade e, assim, acaba também tendo vantagens econômicas.

Historicamente, o sistema difundiu-se no Brasil nas décadas de 70 e 80, em experiências consagradas e bem-sucedidas do sistema Gethal (concreto celular) e sistema Outinor (concreto convencional), porém o método construtivo requer grande investimento inicial, que somado a falta de escala e de continuidade de obras nesses padrões e também pela escassez de financiamentos e programas habitacionais, essa tecnologia não se consolidou no mercado brasileiro (ABCP, 2007).

Devido ao grande incentivo governamental, somente a partir de 2007 criaram-se programas de financiamentos imobiliários, como o Minha Casa Minha Vida, com intuito de neutralizar o déficit habitacional brasileiro. O sistema de paredes de concreto surgiu como uma solução viável e eficaz para as construtoras que necessitavam de um sistema racionalizado e industrializado. Segundo Glécia Viera (2012), coordenadora da Comunidade da Construção e responsável pela área de edificações da ABCP, essa tem sido uma das principais alternativas das construtoras que estão no mercado de habitação popular, por permitir a produção repetitiva e em grande escala, de modo rápido e com redução da mão de obra.

Corsini (2012) resume que os materiais empregados nesse modelo construtivo empregam são basicamente um jogo de formas, telas metálicas eletrossoldadas, posicionadas no centro da parede, e o concreto que irá constitui-las. Além disso, a estrutura deste sistema é resistente, pois todas as paredes formam um único elemento estrutural monolítico, ocasionando distribuição das tensões de maneira praticamente uniforme na estrutura.

Entretanto as práticas e processos construtivos desta tecnologia só foram normatizadas em 2012 com a publicação da NBR 16055 (2012): “Parede de concreto moldada *in loco* para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos”. A recente padronização do sistema somadas ao grande incentivo econômico proporcionado pelo programa governamental “Minha Casa Minha Vida”, intensificou a

construção de imóveis de médio e baixo padrão e trouxe à tona a ineficácia destacada pela falta de planejamento e a má execução dos serviços de muitas construtoras perante a esta grande demanda imobiliária, fatores estes, que potencializam a ocorrência de manifestações patológicas nas obras desse sistema, os quais são reparados de forma superficial ou até mesmo ignorados, pois acarretam atrasos no cronograma, custos indesejados e até mesmo problemas judiciais no pós-obra.

Segundo dados publicados em agosto de 2017 pelo Ministério da Transparência e Controladoria Geral da União (2017), uma avaliação de execução do Programa Minha Casa Minha Vida, levantados até 2015, apresentaram amostras de aproximadamente 1,4 mil unidades habitacionais de mais de 70 empreendimentos espalhados pelo Brasil e constataram que 56,4% dos imóveis apontavam defeitos de construção dentro do prazo de garantia.

Desta forma, este trabalho busca descrever a natureza das manifestações patológicas dentro do sistema de paredes de concreto apresentadas por empreendimento residencial na cidade de Santa Maria/RS, com o intuito de analisar suas frequências e causas, além de apontar possíveis soluções e precauções, a fim de reduzir custos e proporcionar uma maior qualidade e segurança para este modelo construtivo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos gerais

O principal objetivo do presente trabalho é avaliar e mapear as manifestações patológicas do sistema construtivo paredes de concreto, moldado *in loco*, classificando e quantificando as manifestações patológicas em uma obra na cidade de Santa Maria- RS.

1.1.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Mapear e coletar dados sobre as manifestações patológicas na obra em estudo;
- Caracterizar os tipos de anomalias e definir o seu grau de incidência;

- Identificar as possíveis causas das anomalias observadas;
- Propor soluções ou correções;
- Propor, também, medidas preventivas para evitar ou até mesmo diminuir consideravelmente o aparecimento das anomalias.

1.2 JUSTIFICATIVA

O Brasil pretende construir cerca de 23,4 milhões de novas moradias para atender a formação de novas famílias com o principal objetivo de reduzir o déficit habitacional e erradicar as moradias precárias instauradas no país (FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, 2020). Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (2012) o sistema construtivo em paredes de concreto foi introduzido no mercado brasileiro para superar os desafios do setor, pois esse método racionalizado e com práticas industriais traz rapidez e agilidade para as construções, além de diminuir a escassez de mão de obra.

A grande inserção do método construtivo paredes de concreto no mercado imobiliário brasileiro, somada a recente disponibilização das normas técnicas referentes ao sistema e a baixa qualidade da mão de obra do país refletem em diversas falhas construtivas e manifestações patológicas, que acabam por justificar o presente trabalho.

2. REVISÃO TEÓRICA

2.1 HISTÓRICO

Na busca de racionalizar e industrializar os processos construtivos no Brasil, o sistema paredes de concreto moldado in loco, iniciou-se após as décadas de 70 e 80, inspirado nos sistemas em Concreto Celular Estrutural e o sistema Outinord (MISURELLI e MASUDA, 2009).

Segundo Sacht, Rossignolo e Bueno (2011), o ponto de partida para a busca de novas metodologias construtivas no país foi a extinção do Banco Nacional de Habitação (BNH), programa voltado para o financiamento e construção de empreendimentos imobiliários que impulsionou a análise de tecnologias construtivas que otimizassem as atividades e minimizasse os custos de execução.

Empresas internacionais como a Outinord, na década de 80, importou para o Brasil o sistema em formas metálicas no formato túnel que permitiam a concretagem das lajes e paredes ao mesmo tempo. Em paralelo, a empresa brasileira Gethal desenvolveu uma tecnologia de Paredes e Lajes em Concreto Celular, produto inovador que demonstrou ser melhor tecnicamente e de menor custo comparado ao concreto convencional e ao sistema tradicional de construção da época.

Entretanto, Corsini (2012) cita que o sistema vinha sendo utilizado por poucas construtoras e de forma pontual, pois precisavam utilizar de seus próprios conhecimentos e procedimentos construtivos. A inexistência de normas específicas, burocratizava ainda mais a aprovação dos empreendimentos, pois as construtoras necessitavam acionar o Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (Sinat), órgão certificador da época, somados também ao não incentivo econômico do governo inviabilizou o crescimento do sistema construtivo paredes de concreto no país.

Somente a partir de 2007 foram desenvolvidas ações de pesquisa para a aprimoração do sistema, encabeçada pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) em conjunto com Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem (ABESC) e o Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS), no intuito de pré-normalizar e estabelecer os adequados procedimentos construtivos e de cálculos estruturais. A primeira iniciativa das três instituições foi uma visita técnica em países em que o sistema paredes de concreto já estava consolidado e bem-sucedido, como a Colômbia e o Chile. (ABCP, 2007)

Segundo NUNES (2011), esses países aplicavam esse método construtivo por se tratar de um sistema estrutural monolítico, os quais se destacavam por atribuir maior estabilidade as edificações, característica necessária devido aos recorrentes abalos sísmicos destas áreas.

A criação do programa “Minha Casa Minha Vida” (MCMV) em 2009 pelo Governo Federal, teve o intuito de combater o déficit habitacional instaurado no país e impulsionou a procura de um método construtivo enxuto e industrializado, onde o sistema em paredes de concreto se encaixou perfeitamente, pois as construtoras necessitavam executar edificações em grande escala e em diferentes localidades do país, principalmente em um menor tempo.

O significativo aumento deste método construtivo ratificou a necessidade de sua normatização. Em 2012 entra em vigor a NBR 16.055:2012 (Norma Brasileira Regulamentadora – Parede de Concreto Moldada no Local para a Construção de Edificações – Requisitos e Procedimentos) que normatiza o dimensionamento e a execução desse sistema. Anauate (2012) explica que com a vigência da norma, o financiador de uma obra em paredes de concreto é capaz de cobrar qualidade e fiscalizar os serviços. Além disso, as empresas são obrigadas a cumprir as exigências e regulamentações apresentadas na norma, desde de sua etapa de projeto até a sua conclusão.

A Caixa Econômica Federal publicou em 2015 dados referentes ao programa “Minha Casa Minha Vida” em que 52% das obras financiadas até o momento foram executadas pelo sistema paredes de concreto, o que demonstram a intensificação no uso deste método, principalmente após a publicação da norma NBR 16.055:2012 e pelo grande incentivo econômico que o programa proporcionou ao mercado imobiliário brasileiro.

2.2 FUNDAMENTOS E CARACTERÍSTICAS

Segundo a NBR 16055:2012 paredes de concreto moldadas *in loco*, podem ser definidas como elementos estruturais autoportantes com o comprimento maior que dez vezes da sua espessura e capazes de suportar cargas no mesmo plano da parede.

Em termos didáticos, MISURELLI e MASSUDA (2009) citam que o sistema construtivo de parede de concreto, utiliza formas que são montadas no local da obra e depois preenchidas com concreto, já com as instalações elétricas e hidráulicas podendo ou não estarem embutidas. Citam também que a principal característica deste método é a vedação e estrutura, as quais constituem um único elemento. A Figura 1 apresenta uma edificação em paredes de concreto.

Figura 1 – Edifício executado pelo método paredes de concreto em Santa Maria – RS.



Fonte: Autor (2021)

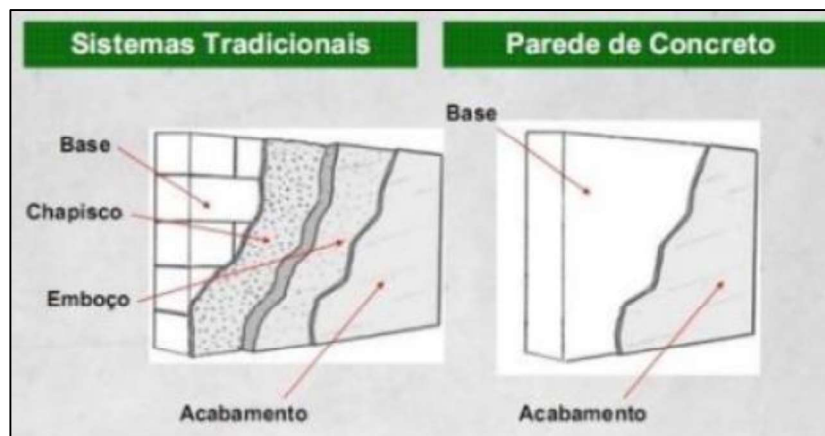
Conforme citado anteriormente, o sistema é recomendado para empreendimentos que apresentam alta repetitividade e podem ser empregados em obras de baixo, médio e alto padrão, devido a sua grande versatilidade. Os fatores determinantes para a escolha do sistema são realizados após uma sucinta análise de custos referentes inicialmente pela mão de obra pelo tempo de construção desejado. Além disso, a utilização deste método construtivo pode ser observada em edificações variadas, tais como casas térreas, sobrados e edifícios de até 30 pavimentos (ABCP,2007).

Segundo Brites (2015) a grande vantagem do sistema paredes de concreto é a sua alta produtividade e a mão de obra mais enxuta, destacada principalmente nos casos de utilização de concreto auto adensável. Prado (2013) destaca que essas vantagens permitem uma diminuição do tempo de construção em até 50% comparado aos métodos convencionais.

Fundamentado na padronização do produto final, Ferreira (2012) cita que o sistema elimina cerca de dez etapas em comparação com a alvenaria convencional, como a execução de acabamentos na parte elétrica, a produção de argamassa de assentamento de blocos e o transporte dos mesmos, arremates dos vãos de janelas, vergas e contra vergas.

O comparativo na fase de acabamentos com a alvenaria convencional também é de suma importância para a definição do método construtivo. Justus (2009) cita que no sistema tradicional, é necessária a aplicação do chapisco e reboco para posterior execução da pintura nas paredes. Já para os acabamentos do sistema paredes de concreto, após a desforma e a estucagem das paredes, desenvolvem-se apenas pela aplicação da pintura, devido as paredes terem uma maior planicidade, dispensando assim, a execução de revestimento argamassado. A Figura 2 exemplifica os processos de acabamentos dos Sistemas Tradicionais e da Parede de Concreto.

Figura 2 – Comparativo entre os Processos Construtivos de Acabamentos.



Fonte: Hesketh (2009)

Além da velocidade e economia de custos que a diminuição de etapas proporciona, o sistema também reduz drasticamente os desperdícios de materiais de

suas obras, o qual resulta em um canteiro organizado e limpo visto que não há necessidade de quebra das paredes para a instalação elétrica e hidráulica. Em relação a alvenaria convencional, o sistema paredes de concreto gera no mínimo 80% menos resíduos (D'AMBROSIO, 2009).

Entretanto, Nunes (2011) relata que as limitações do sistema estão no seu grande investimento inicial, devido principalmente a necessidade de aquisição do conjunto de formas e na elaboração dos projetos estruturais, que tendem a mobilizar um maior tempo e recursos dos calculistas por ser uma tecnologia ainda recente no mercado imobiliário. Segundo Faria (2009) os projetos tendem a ficar 20% a 30% mais caros em relação as estruturas aporticadas tradicionais.

Nunes (2011) cita também a dificuldade de reparos que modifiquem a disposição das paredes estruturais e de problemas como entupimento das tubulações elétricas ou hidráulicas ocasionadas após a concretagem, somadas a falta de estanqueidades das paredes que geram infiltrações, observadas sobretudo nos cantos dos vãos das esquadrias, podem atrasar significativamente o andamento da obra.

2.3 ELEMENTOS CONSTITUINTES

2.3.1 Concreto

O concreto é considerado o principal elemento empregado no sistema paredes de concreto. Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (2007) é essencial que o concreto destinado ao sistema possua boa trabalhabilidade para evitar segregações e garantir bom acabamento da superfície pelo seu preenchimento completo das formas.

Para tanto, a ABCP (2007) recomenda quatro tipos de concreto que possuem as características citadas acima:

- Concreto Celular (L1): Concreto produzido com a adição de um agente espumante que gera grande quantidade de bolhas de ar, o qual possui baixa massa específica e um bom desempenho acústico. É recomendada para edificações de até 2 pavimentos devido à baixa resistência mecânica;

- Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica: Concreto com características parecidas e inferiores ao L1, porém produzido com agregados leves (argilas expansivas) sendo utilizado para edificações que necessitem resistências de no máximo 25 Mpa;
- Concreto com alto teor de ar incorporado – até 9% (M): Concreto similar ao L1 e também indicado para edificações de até 2 pavimentos;
- Concreto Convencional ou auto adensável (N): Produzido com adição de superplastificantes. É considerado o concreto mais utilizado no mercado, sendo recomendado para qualquer tipologia construtiva.

O concreto auto adensável é a melhor alternativa para o sistema paredes de concreto pela sua velocidade de aplicação e excelente plasticidade que proporcionam o preenchimento rápido e pleno das formas, dispensando o uso de vibradores para o adensamento do concreto (TUTIKIAN,2007).

2.3.2 Sistema de Formas

O sistema de formas são estruturas provisórias, cuja a função é sustentar e moldar o concreto em estado fresco até a fase de cura das paredes. Além disso, são responsáveis pelo acabamento das faces das estruturas (MARANHÃO, 2000).

Segundo a NBR 16055 são exigidos requisitos básicos para a utilização das formas, dimensionadas a resistir as solicitações submetidas, obter uma rigidez suficiente para garantir as tolerâncias geométricas previstas na Norma e assegurar estanqueidade e conformidade com a simetria das peças.

Segundo Missurelli e Massuda (2009) os tipos de formas mais utilizados no sistema paredes de concreto são:

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

2.3.2.1 Formas Metálicas

Sistema de formas que se destaca pela característica industrial para a execução das paredes, principalmente em serviços que exigem alta repetitividade e escala de produção, muito utilizada na construção de empreendimentos no Programa Minha Casa Minha Vida (NAKAMURA, 2013).

São compostas por painéis de aço ou alumínio designados tanto para a sua estruturação quanto a dar acabamento na estrutura concretada (ABCP, 2007). Segundo Nakamura (2013), as formas não apresentam furações para passagens de ancoragens, rebites ou marcas na face do concreto. A Figura 3 apresenta o sistema de formas metálicas utilizadas na obra em estudo na cidade de Santa Maria - RS.

Figura 3 - Exemplificação do Sistema de Formas Metálicas em uma Obra em Santa Maria – RS.



Fonte: Autor (2020)

2.3.2.2 Formas de madeira compensada com estrutura metálica

Composta por chapas de compensado para a face de concreto e estruturada com aço ou alumínio. Suas principais características estão na empregabilidade das chapas de madeira que tornam possíveis modificações e flexibilidades em obra, porém não suporta muitas reutilizações, devido a deterioração e maior fragilidade da madeira (NAKAMURA 2003). A Figura 4 exemplifica o sistema de formas de madeira compensada com estrutura metálica.

Figura 4 - Exemplificação do Sistema de Formas de Madeira Compensada com Estrutura Metálica.



Fonte: Comunidade da Construção (2016)

2.3.2.3 Formas de plástico

Segundo Nemer (2016) os sistemas de formas plásticas são formados por peças de encaixe e painéis estruturais produzidos com plástico reciclável. Silva (2010) cita que a linha de montagem das formas começa a partir de uma série de módulos intercambiáveis de tamanhos variados que unidos, formam os painéis moldantes das paredes de concreto.

Caracterizado pelo alto ciclo de reutilizações podendo variar de 50 a 200 vezes, baixo peso específico que resultam em uma melhor mobilidade no canteiro e no transporte, além de ser um método sustentável comparado aos outros sistemas de formas (SILVA, 2010). A Figura 5 ilustra o sistema de formas de plástico aplicada em paredes de concreto.

Figura 5 – Exemplificação do Sistema de Formas de Plástico.



Fonte: Altair Santos (2016).

2.3.3 Armadura

A armação adotada no sistema parede de concreto é executada com telas eletrossoldadas, posicionadas no eixo vertical das paredes no intuito de absorver as solicitações de flexo-torção devido as ações horizontais do vento e do desaprumo. Além do mais, são utilizados reforços estruturais de vergalhões, em vãos de portas, janelas e em locais específicos de necessidade previstas em projetos (NEMER, 2016).

Segundo ABCP (2007) devem atingir três requisitos básicos: resistir a flexo-torção (citado acima), controlar a retração do concreto, estruturar e fixar as tubulações de elétrica, hidráulica e gás embutidas. Nemer (2016, p. 28) explica que as armaduras de reforço são responsáveis pela absorção e distribuição de esforços nas regiões com altas zonas de influência, na tentativa de evitar deformações e fissurações nestas regiões.

As propriedades exigidas para as armaduras em paredes de concreto, a NBR 16055 (2012) cita que devem ser seguidas as especificações da NBR 7481 (1990) – Tela de aço soldada – Armadura para concreto para as telas eletrossoldadas e a NBR 7480 (2007) – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação para os vergalhões de reforços estruturais.

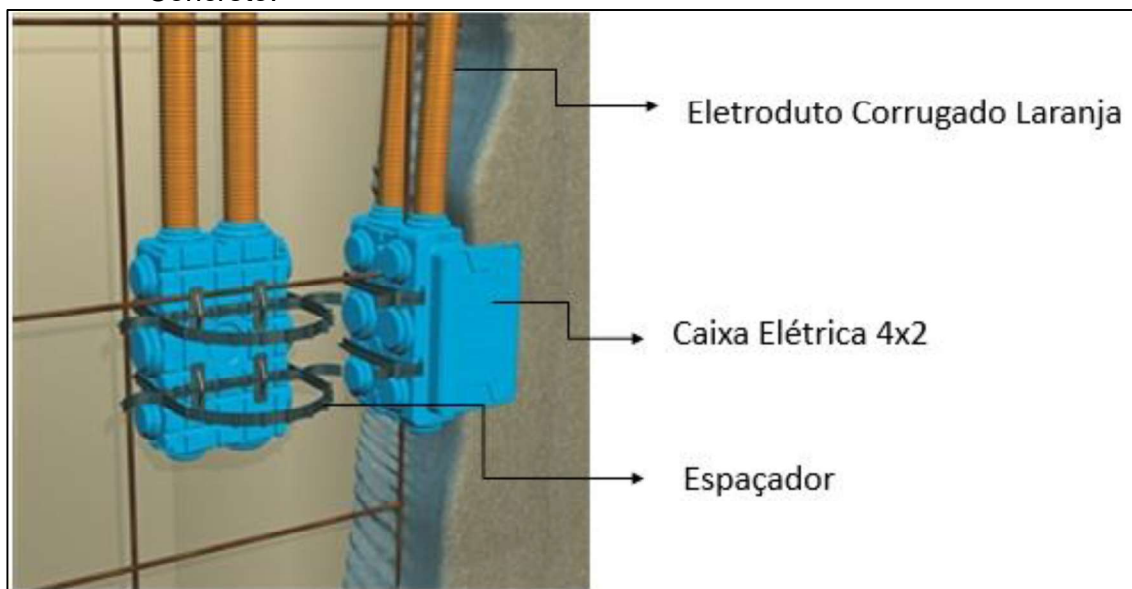
2.3.4 Sistemas Embutidos

O princípio da racionalização inserido no sistema paredes de concreto é caracterizado pela rapidez de execução com baixa produção de resíduos gerados, a definição de embutir os sistemas elétricos e/ou hidráulicos no sistema estrutural anteriormente a concretagem, como também, a utilização de *shafts* para passagem das tubulações hidráulicas favorecem esse princípio.

A possibilidade de distribuição da tubulação de rede elétrica por meio da criação de *kits* elétricos juntamente com a utilização de *shafts* hidráulicos para evitar furações e passagens indesejadas nas paredes, promovem um ganho de produtividade e economia (MESOMO, 2018).

O sistema elétrico nas paredes de concreto é formado por materiais de PVC, como os quadros de distribuição, os eletrodutos corrugados laranja para passagem dos fios, pelas caixas elétricas onde são instalados as tomadas, interruptores e os pontos de luz na laje, como também os espaçadores para garantir recobrimento. As Figuras 6 e 7 ilustram alguns modelos de caixas elétricas utilizadas no mercado, além da demonstração do eletroduto corrugado laranja e os espaçadores.

Figura 6 – Representação da Utilização das Caixas Elétricas no Sistema Paredes de Concreto.



Fonte: Adaptada do site Comunidade da Construção (2019).

Figura 7 – Representação de uma Caixa Elétrica para Pontos de Luz na Laje.



Fonte: Catálogo Polar, site AECWeb.

2.4 PROCESSOS CONSTRUTIVOS

As práticas executivas do sistema paredes de concreto variam de acordo com os métodos utilizados por cada construtora, desde a definição do material das formas, do tipo de concreto e até na ausência ou não de *shafts* para passagens das tubulações hidráulicas (VENTURINI, 2011). As principais etapas do processo construtivo do sistema são detalhadas na Figura 8.

Figura 8 – Sequência Executiva do Sistema Paredes de Concreto Moldado *in loco*.



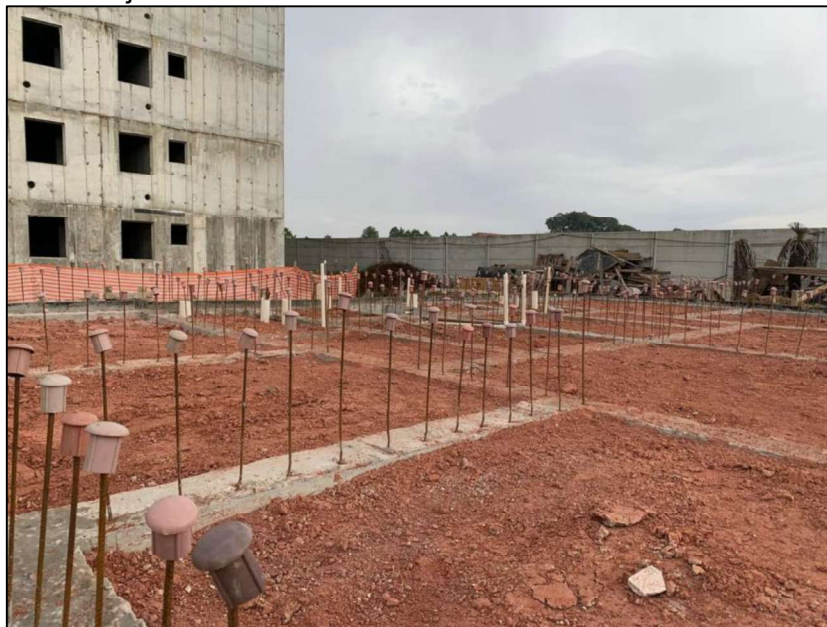
Fonte: Adaptado de Pimenta, 2007

2.4.1 Fundação

Segundo a ABCP, podem ser empregados diversos sistemas de fundações para a execução das paredes de concreto, definidas a partir da resistência mecânica do solo como a sapata corrida, laje de apoio (*radier*) e blocos de travamento para estacas ou tubulões conforme especificações de projeto.

Usualmente são indicadas fundações em *radier* para edificações de até 2 pavimentos, por atuar como uma laje de concreto armado ou protendido apoiada sobre o solo, garantindo uma base nivelada que facilita a montagem das formas (CORSINI, 2012). Já para edificações a partir de 3 pavimentos executadas em solos de menores resistências mecânicas, em que o radier não seja viável ou suficiente, a ABCP (2007) recomenda que após a realização da fundação, se execute uma laje/piso na cota do terreno para manter a base nivelada e não perder o apoio ao sistema de formas, impedindo o contato direto das mesmas com o solo. A Figura 9 ilustra o processo de finalização da fundação da obra em estudo na cidade de Santa Maria - RS.

Figura 9 – Fechamento entre os Vãos das Vigas Baldrames para Posterior Execução do Piso/laje do Térreo em uma Obra em Santa Maria- RS.



Fonte: Autor (2020)

2.4.2 Marcação da laje

Após a conclusão da laje/piso de base, se faz necessário a demarcação das linhas das faces internas e externas das paredes, a fim de nortear o posicionamento do sistema de formas. Além disso, são instalados espaçadores no chão de modo a manter o distanciamento correto das formas (ABCP, 2007). A Figura 10 ilustra a demarcação da laje do térreo.

Figura 10 – Demarcação da Laje de Base para Posterior Montagem das Formas.



Fonte: Sampaio (2012).

2.4.3 Armação

A execução da armação deve seguir obrigatoriamente as especificações do projeto estrutural, a fim de manter o alinhamento e espessura correta das paredes (NBR 16055, 2012). Missurelli e Massuda (2009) citam que a montagem se inicia pelas armaduras principais (telas eletrossoldadas), em seguida acrescentando os reforços, ancoragens de cantos e cintas inseridas.

É fundamental a utilização de espaçadores, os quais que devem ser uniformemente distribuídos para garantir o cobrimento especificado em projeto, fixados para que não sofram deslocamentos na concretagem e que podem causar fissuras futuras nas paredes (NBR 16055, 2012). Segundo Arêas (2013), “nos encontros de paredes, as telas são amarradas entre si e no encontro com o chão, não há nenhum tipo de chumbamento, as telas ficam apenas apoiadas na laje”. A Figura 11 ilustra a armação do sistema paredes de concreto já finalizadas e prontas para a instalação dos sistemas embutidos e dos espaçadores.

Figura 11 – Armação das Telas Soldadas juntamente com os Reforços de Vergalhões nos Cantos da Janela.



Fonte: Lorenceto (2018).

2.4.4 Instalação dos Sistemas Embutidos

As instalações embutidas são características reconhecidas do sistema paredes de concreto por apresentar uma rápida e eficiente execução (ABCP, 2010). Para tanto, a NBR 16055 (2012) destaca que devem ser seguidas algumas recomendações para preservação dos componentes embutidos:

“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."

Ainda segundo a NBR 16055 (2012), não é permitido passagens de tubulações nos encontros das paredes, além de não admitir tubulações horizontais ao longo da parede, a não ser em trechos de até um terço do comprimento da mesma, não ultrapassando 1 metro.

Os kits elétricos (caixas de interruptores, tomadas, luzes, etc) devem ser posicionados nas formas orientados pelo projeto, por meio de gabaritos. Os eletrodutos devem ser fixados com espaçadores a fim de garantir o recobrimento e evitar o deslocamento durante a concretagem (ABCP, 2008).

A definição de alocar as passagens hidráulicas por *shafts* proporciona uma melhor produtividade e economia, porém a ABCP (2008) orienta para as construtoras que optarem por embutir o sistema hidráulico, que antes da fixação dos "*kits*" é importante testá-los, evitando assim possíveis vazamentos, pois só seria possível a manutenção com a quebra das paredes, elementos estruturais deste método construtivo. A Figura 12 ilustra a armação das paredes de concreto juntamente com o sistema elétrico e os espaçadores instalados.

Figura 12 - Sistema de Armaduras e Instalações Embutidas para Paredes de Concreto Moldadas *in loco* em uma obra em Santa Maria – RS.



Fonte: Autor (2020)

2.4.5 Montagem das Formas

Antes das montagens das formas, a NBR 16055 (2012) destaca a importância de proceder um estudo detalhado dos projetos das formas, a fim de evitar quaisquer dúvidas ou discordâncias no momento da execução. Macedo (2016) cita também que para melhor produtividade e identificação das formas, as mesmas estejam numeradas e indicadas conforme projeto.

Posteriormente as conferências projetuais, é fundamental o uso prévio de desmoldante, aplicado para auxiliar no processo de desenforma do concreto, além de possibilitar o reaproveitamento das formas e qualificar o acabamento final do concreto (ABATTE, 2003).

Misurelli e Massuda (2009) afirmam que de modo geral existe um padrão sequencial das montagens das formas seguidos pelos construtores, onde:

- Posicionam os painéis;
- Realizam a montagem, começando de internos para os externos, com a possibilidade de montagem pareada;
- Instalam-se os caixilhos e os grampos de fixação;
- Posicionam as escoras e os prumos e;
- Colocam as ancoragens para fechar as formas.

Por último, Mesomo (2018, p.31) afirma que “é realizado a montagem das formas das escadas e da laje superior, que são seguidos da armação destes elementos e posicionamento dos sistemas embutidos em laje.”

A NBR 16055 (2012) ainda enfatiza que antes da concretagem é necessária a conferência dos escoramentos, aprumadores e alinhadores horizontais, para que seja possível garantir as dimensões e prumo das formas como o especificado em projeto. Ademais, deve ser verificada também a estanqueidade das formas evitando vazamento do concreto ou retrabalhos no processo. A Figura 13 apresenta a finalização da montagem das formas internas e de laje da obra em estudo na cidade de Santa Maria – RS.

Figura 13 - Montagem das Formas Internas do Empreendimento Residencial Hera – Santa Maria – RS.



2.4.6 Concretagem

O método de execução mais utilizado para a fabricação do concreto é através de centrais dosadoras de concreto que repassam para caminhões betoneiras e estes fazem o transporte até o local da obra (ABCP,2008). A NBR 16055 (2012) comenta que devem ser respeitados os tempos limites entre o início da mistura e a entrega no canteiro, não devendo ultrapassar 90 minutos. Para tanto, pode ser definido que a dosagem final seja realizada no local da obra principalmente nos casos de aplicação de aditivos superplastificantes em concretos autoadensáveis.

O recebimento do concreto é de suma importância e devem ser realizados ensaios de espalhamento (*slump flow*) estabelecidos na ABNT NBR 15823 (2010) para verificação dos valores característicos do concreto exigidos em projeto. Além disso, a fim de manter o controle da concretagem, são analisados os horários de chegada e saída do caminhão betoneira, averiguação do volume de concreto, sua resistência na nota fiscal e a definição ou não de adicionar mais água.

Misurelli e Massuda (2009) recomendam que anteriormente ao lançamento do concreto, seja realizado um planejamento detalhado com base na geometria das formas, do tipo de concreto utilizado, o *layout* do canteiro e as características do empreendimento. Os mesmos autores apontam um esquema a ser seguido, iniciando a concretagem pelos cantos da construção até as paredes próximas estarem completamente preenchidas, seguido pela execução do canto oposto e finalizados da mesma maneira para os outros dois pontos faltantes e que não devem haver interrupções com duração superior a 30 minutos.

A ABCP (2010) recomenda preferencialmente, a utilização de sistema de bombeamento de concreto por se tratar do método mais rápido e de melhor trabalhabilidade do material. Destaca-se também, a importância de estar atento durante o lançamento para eventuais pontos onde possam ocorrer vazamentos de nata de concreto entre os painéis ou movimentação das formas, que quando ocorridos geram reparos indesejáveis pós cura do concreto (ABCP, 2010, p.56). A Figura 14 ilustra um processo de concretagem do empreendimento em Santa Maria - RS.

Figura 14 - Lançamento do Concreto para o 9º andar do Empreendimento Residencial Hera – Santa Maria - RS.



Fonte: Autor (2020)

2.4.7 Desforma e Cura

Segundo Venturini (2011), a desforma se inicia usualmente em torno de 12 a 14 horas após o concreto adquirir resistência de 3Mpa. Primeiro são retiradas as cunhas de travamento, depois as régua alinhadoras, os pinos e finalmente, os painéis. Fonseca Junior e Barella Filho (2008, p.23) destacam que “o concreto deve ser desformado sem choques para evitar o aparecimento de fissuras por ações mecânicas”, além disso é fundamental a limpeza completa dos painéis, a fim de remover a película de argamassa que adere à superfície.

A NBR 16055 (2012) afirma que a cura do concreto é indispensável, e se realizada logo após a desforma, as possibilidades de fissuras superficiais ocasionadas pela grande área exposta são reduzidas.

2.4.8 Estucamento e Acabamento Final

Para finalizar o processo de execução estrutural das paredes de concreto moldadas *in loco*, realiza-se um controle de qualidade que irá identificar eventuais falhas executivas ocorridas principalmente no processo de lançamento e cura do concreto. A correção destes defeitos e também o preenchimento dos vazios deixados pelas gravatas (corbatas) e suas respectivas bainhas protetoras (“camisinhas”) é realizado através do estucamento das paredes com graute (SILVA, 2010).

Misurelli e Massuda (2009) concluem que não existem restrições a nenhum tipo de revestimento que possa ser aplicado as paredes de concreto e as únicas recomendações é que o acabamento comece apenas após a cura úmida e sejam seguidas as indicações do fornecedor do material quanto as boas práticas e cuidados do mesmo. A Figura 15 apresenta o processo final da estucagem das paredes de concreto.

Figura 15 - Paredes Estucadas do Empreendimento Residencial Hera, Santa Maria – RS.



2.5 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DO SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO

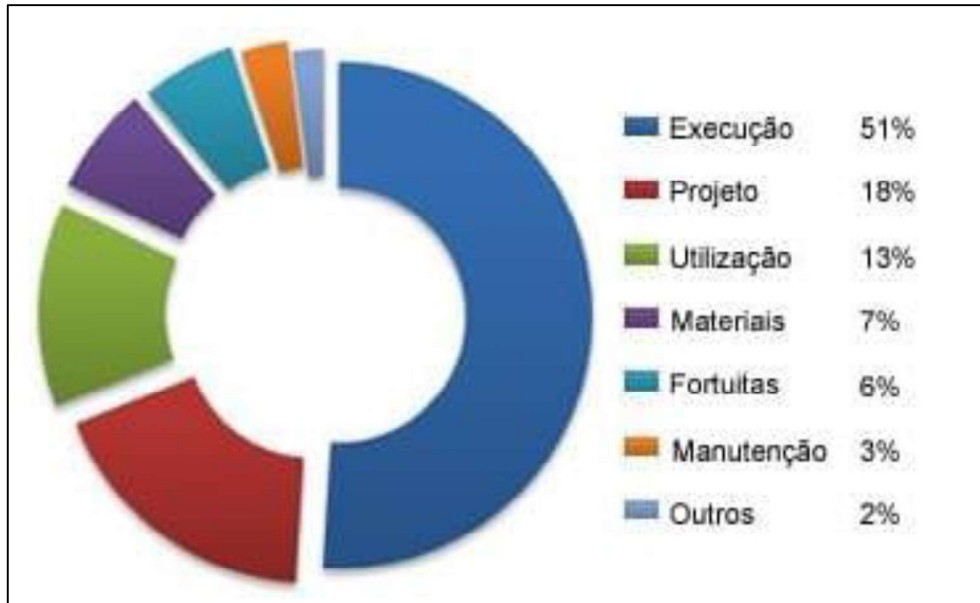
O termo patologia dentro da construção civil é análogo ao emprego deste mesmo termo na área da saúde, já que estuda as anomalias, formas de manifestação, origens e causas das enfermidades ou falhas que transcorrem nas edificações (SENA, 2020). As manifestações patológicas ocorridas no sistema paredes de concreto moldados *in loco*, agregam-se ao estudo da patologia do concreto armado por apresentar características, causas e origens semelhantes a esse tipo estrutural.

Nos últimos anos tem crescido o número de estruturas de concreto armado com manifestações patológicas, como resultado do envelhecimento precoce das construções existentes. Essas constatações, tanto no âmbito nacional quanto no âmbito internacional, demonstram que as exigências e recomendações existentes nas principais normas de projeto e execução de estruturas de concreto vigentes, até o final do século passado, eram insuficientes (HELENE, 1992).

Segundo Takata (2009, p. 83), os fatores que contribuem para o aparecimento de manifestações patológicas no concreto estão inseridos principalmente na etapa de execução, como a mão de obra desqualificada para o serviço, falta de controle de qualidade dos materiais, processos e aos detalhes construtivos vistos no escoramento das formas e no posicionamento das armaduras e sistemas embutidos.

Além disso, outro fator inerente ao surgimento de falhas é encontrado nas fases projetuais dos empreendimentos, devido a erros nos modelos estruturais, na definição da rigidez dos elementos, ausência de impermeabilização e na deficiência no detalhamento das armaduras que dificultam o entendimento do empreiteiro. A Figura 16 demonstra as principais causas das manifestações patológicas ocorridas nas edificações brasileiras de uma forma geral.

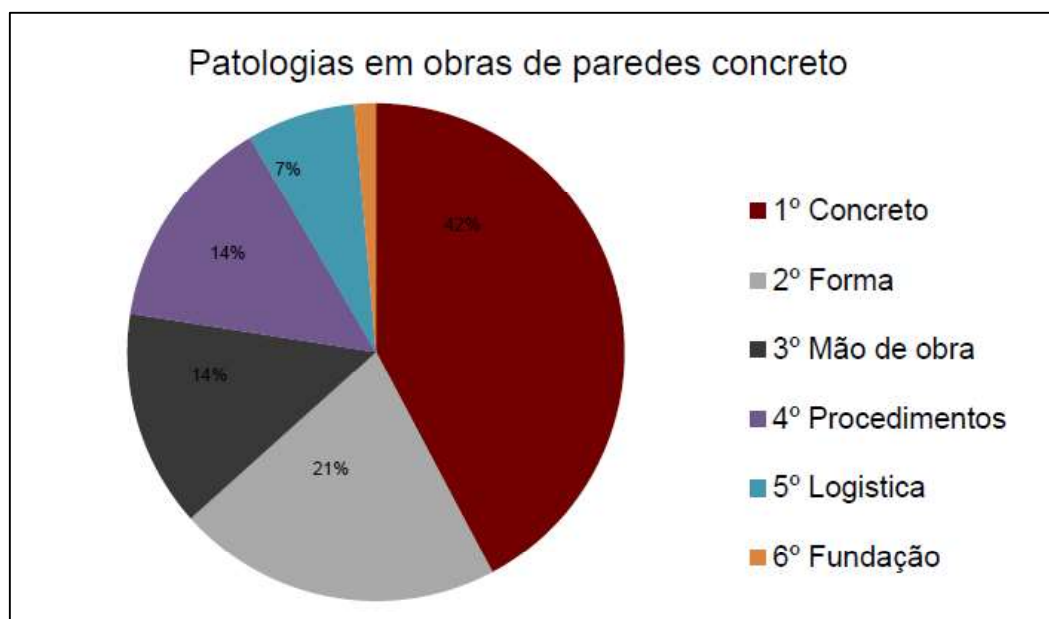
Figura 16 - Principais Causas das Manifestações Patológicas no Brasil.



Fonte: Piancastelli (Patologias do concreto – <http://www.aecweb.com.br>)

Já para o sistema construtivo paredes de concreto, Ferraz (2017) realizou uma pesquisa de monitoramento das manifestações patológicas em diversas obras do sistema, dentre os períodos de 2012 à 2014 e constatou os seguintes dados ilustrados na Figura 17.

Figura 17 - Patologias Encontradas no Sistema Paredes de Concreto.



Fonte: Ferraz (2017)

Os surgimentos desses defeitos podem ser evitados com a correta execução dos processos construtivos, previstos nas normas e regulamentações brasileiras (MESOMO, 2018, p.46). Na sequência serão apresentadas as principais ocorrências patológicas do sistema paredes de concreto.

2.5.1 Manifestações de fissuras

De acordo com Souza e Ripper (2009), as fissuras são manifestações patológicas resultantes do alívio das tensões entre as partes de um mesmo elemento ou entre dois elementos em contato. Segundo Silva (2011), as fissuras são aberturas que afetam a superfície do elemento estrutural de concreto armado, e que se tornam um caminho mais rápido para a entrada de agente agressivos à estrutura.

O aparecimento de fissuras logo após a execução ou até mesmo durante a vida útil das edificações de paredes de concreto tem sido recorrente. As fissuras são geralmente superficiais e não implicam necessariamente na diminuição da segurança de componentes estruturais (SAMPAIO, 2016).

A manifestação dessa patologia durante o processo de execução decorre possivelmente pela infiltração de agentes agressivos e posterior carbonatação do concreto no local, que pode despassar as armaduras, defeito este, considerado passo inicial para a corrosão das mesmas (MESOMO, 2018, p. 47). Locais como os vãos para esquadrias, portas e onde estão inseridos os sistemas embutidos (eletrodutos, caixas elétricas, etc.) são os pontos de maior incidência de fissuras devido principalmente a falta de armaduras e de cobertura das mesmas. A Figura 18 ilustra uma fissura verificada no empreendimento na cidade de Santa Maria – RS.

Figura 18 - Aparecimento de Fissura no vão de Entrada para o Apartamento do Residencial Hera – Santa Maria - RS.



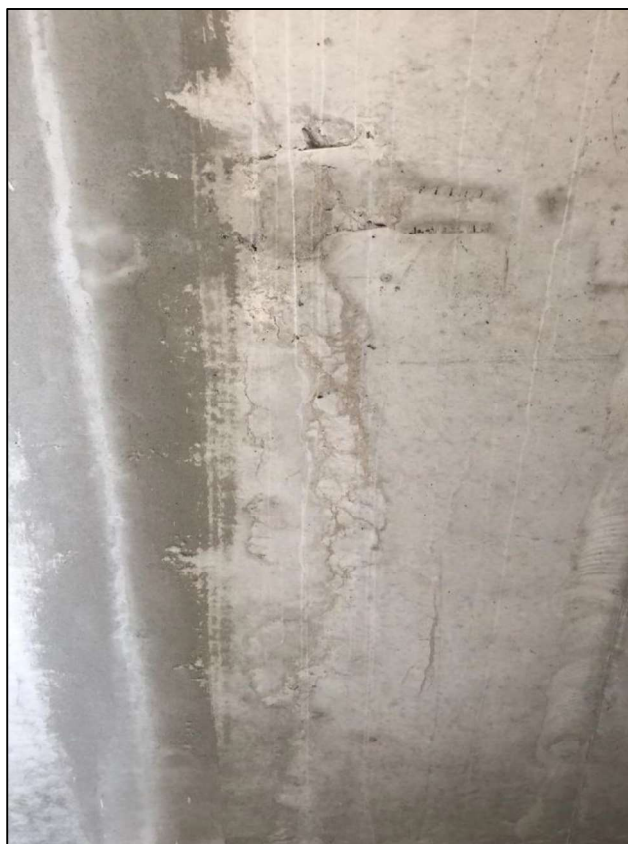
Fonte: Autor (2020)

2.5.2 Falhas de Concretagem

Segundo Corrêa (2012) a concretagem das paredes é de extrema importância, visto que qualquer inconformidade no que está previsto em projeto pode resultar em sérias consequências, como redução da qualidade do produto final e resistência estrutural das paredes. Takata (2009, p. 104) ainda reforça que a maior parte dos erros e descuidos com o concreto ocorre no seu lançamento e cura.

A NBR 16055 (2012) afirma que lançamentos do concreto em alturas acima de 2 metros somadas a incorreta ou até mesmo inexistente vibração o torna suscetível a segregação e o aparecimento de vazios e nichos (bicheiras). A norma também enfatiza a correta cura das paredes de concreto para evitar a perda de água na superfície das peças, que pode gerar regiões com alta porosidade e futuramente acarretar infiltrações no seu interior. A Figura 19 exemplifica uma das manifestações patológicas encontradas após o processo de concretagem.

Figura 19 - Segregação do Concreto Localizado no Empreendimento em Estudo na cidade de Santa Maria – RS.



Fonte: Autor (2020)

2.5.3 Falhas Executivas

As manifestações patológicas originadas por falhas na execução do sistema paredes de concreto, é lincada por quatro principais fatores: mão de obra desqualificada, formas de baixa qualidade e/ou de maiores complexidades, projetos mal detalhados e a falta de controle de qualidade da obra pelo responsável. Takata (2009) destaca os defeitos nas formas e nas armaduras como os mais comuns na fase executiva.

2.5.3.1 Formas e Escoramentos

Segundo Cánovas (1998), citado por Takata (2009, p. 92), os defeitos nas formas e/ou escoramentos podem ser:

- Bicheiras, devido à segregação ou fuga de nata por meio das juntas das formas;
- Destacamentos do concreto por aderência à forma;
- Deficiência no alinhamento por movimento das formas (mal escoramento);
- Deformação da forma pela carga do concreto fresco;
- Abertura da forma durante a concretagem.

A má limpeza das formas 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. A Figura 20 ilustra uma patologia ocasionada pela abertura da forma durante a concretagem.

Figura 20 - Deformação da parede ocasionada pela Abertura da Forma no Empreendimento em estudo na cidade de Santa Maria – RS.



2.5.3.2 Inconformidades na Armadura

Takata (2009) afirma que a má interpretação do projeto com o posicionamento incorreto da armadura, pode ocasionar zonas de insuficiência estrutural que comprometem a resistência da peça e conseqüentemente defeitos patológicos. As emendas entre as armaduras e o cobrimento do concreto devem ser vistoriadas de forma regular pelo responsável da obra.

Além disso, Mesomo (2018, p. 50) salienta a importância do uso correto dos espaçadores no sistema paredes de concreto para garantir que a armadura ficará posicionada exatamente no eixo da parede e mantenha os sistemas embutidos fixados a malha de aço e não aparentes após a concretagem. A Figura 21 ilustra uma deformação ocasionada pela má execução das armaduras.

Figura 21 - Deslocamento da Armadura abaixo do vão da Porta de Entrada.



Fonte: Autor (2020)

2.5.4 Fundamentação Aplicada

Para o estudo em questão tomou-se por base três fundamentos teóricos relacionado a pesquisa e o tratamento de manifestações patológicas construtivas, sendo elas:

2.5.4.1 Inspeção e Vistoria

A inspeção e vistoria no local consiste em examinar as manifestações patológicas, colhendo informações e realizando registros fotográficos (CARMO, 2003). Para Thomaz (1989), é imprescindível para esta etapa, realizar uma análise dos fatores determinantes que devem ser investigados, como por exemplo, a incidência e a localização da falha, a quantidade de ocorrências do mesmo problema em várias partes da obra e se já houve alguma tentativa de reparo do problema.

2.5.4.2 Diagnóstico das Manifestações Patológicas

Segundo Carmo (2003), o diagnóstico da situação está relacionado com o entendimento dos fenômenos que levaram ao aparecimento da manifestação patológica, ou seja, trata-se das várias relações de causa e efeito e o entendimento dos principais motivos de ocorrência, a partir de dados conhecidos no intuito de determinar a possível origem do problema.

2.5.4.3 Definição de Conduta

Para Lichtenstein (1986) recomenda-se realização após a etapa de diagnósticos das falhas registradas a elaboração de condutas de intervenção, levando em consideração três parâmetros:

- Relação custo-benefício;
- Grau de incerteza sobre os efeitos;
- Disponibilidade de tecnologia, para execução dos serviços propostos.

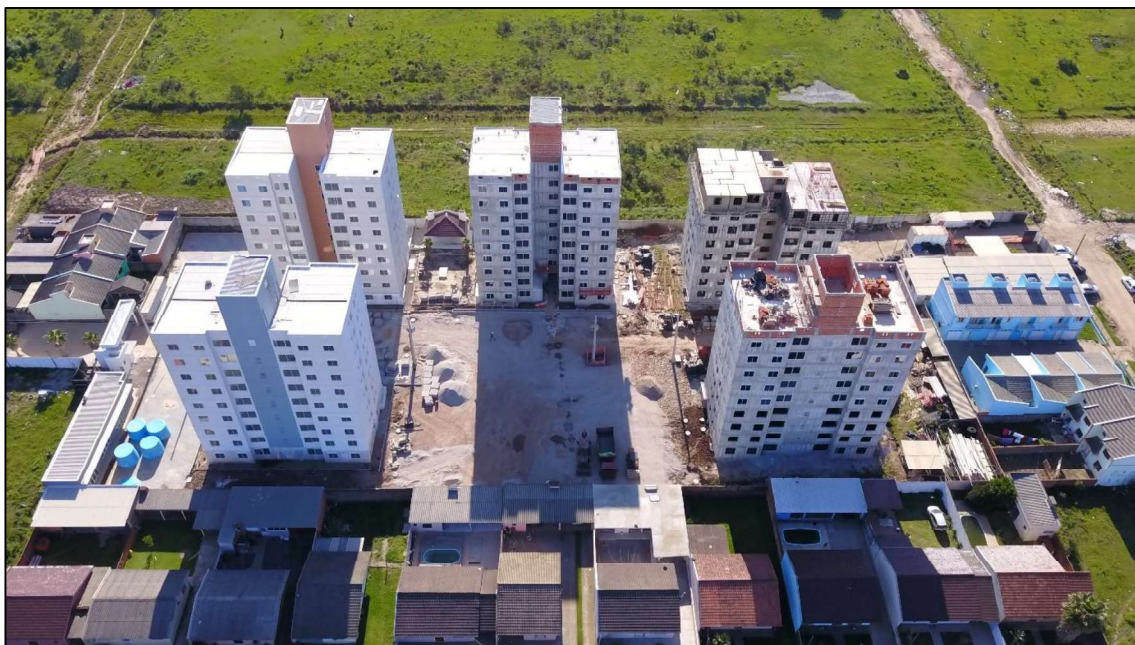
O autor ainda destaca que qualquer de decisão tomada envolverá um grau de incerteza quanto aos efeitos e eficiência dos resultados, dessa forma, é necessária a realização de um diagnóstico eficiente e completo para obter o menor grau de incerteza possível.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo foram utilizados dados levantados pelo autor em uma obra em execução com o método paredes de concreto moldado *in loco* com formas metálicas, localizada em Santa Maria – RS, o Residencial Hera é formado por 5 blocos residenciais (A, B, C, D e E) de 9 andares e 36 apartamentos cada, totalizando assim, 180 apartamentos financiados pela “Minha Casa Minha Vida”. Ressalta-se também, que cada bloco possui ao menos um apartamento destinado a Pessoas com Deficiência (PCD) no pavimento térreo e apenas o bloco A tem dois apartamentos PCD. A Figura 22 apresenta a imagem aérea do Residencial Hera.

Os apartamentos tipos contemplam uma cozinha e área de serviço integrada, um banheiro, sala de estar e jantar também integrada e dois dormitórios. Já os apartamentos PCD seguem os mesmos padrões, porém com apenas um dormitório.

Figura 22 - Imagem Aérea do Residencial Hera, Santa Maria - RS.



Fonte: Arquivo fornecido pela Construtora.

3.1 LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

O levantamento das manifestações patológicas encontradas no Residencial Hera, foram registradas por meio de uma série de inspeções visuais e registros fotográficos realizados pelo autor, com auxílio dos colaboradores da empresa, no intuito de investigar as incidências e suas possíveis causas.

A inspeção abrangeu todos os 180 apartamentos, divididos por concretagem, cada qual contemplava dois apartamentos por lançamento, totalizando assim, 90 concretagens divididas entre os cinco blocos, com 18 concretagens em cada.

Primeiramente, optou-se por apresentar todos os tipos de falhas observadas nas inspeções, registrando as incidências. Após o processo de levantamento de dados, foram discutidas as possíveis causas e soluções corretivas, mitigadoras ou preventivas para cada uma.

3.2 A EMPRESA CONSTRUTORA

A empresa gerenciadora da obra em questão atua no Rio Grande do Sul desde 1986 e tem sede em Canoas/RS, especializada em obras industriais, tornando assim, o Residencial Hera o primeiro empreendimento imobiliário focado em conjuntos habitacionais da construtora.

Com o objetivo de racionalizar e industrializar suas construções, definiu-se pelo método paredes de concreto moldado *in loco*, a fim de seguir um padrão construtivo utilizado para todos os cinco blocos. Para a execução das paredes de concreto optou-se por terceirizar o serviço para empresas especializadas no método construtivo, como também todos os projetos complementares da obra.

Vale ressaltar em que o período do estudo de caso esteve nas seguintes fases executivas da obra:

- Blocos A e B: Em fases de entrega e vistorias aos moradores;
- Bloco C: Início das execuções de revestimento cerâmico e pintura;
- Bloco E: Fase estrutural pronta, apenas serviços referentes a instalações hidrossanitárias em execução;
- Bloco D: Fase estrutural recém pronta, apenas serviços de estucagem das paredes.

3.2.1 Padrões Construtivos Para o Sistema Paredes de Concreto da Empresa

As informações abordadas nesta etapa foram obtidas pelo autor a partir dos manuais técnicos da empresa, pelo acompanhamento da obra no período de estágio e também durante o levantamento de dados do estudo em questão.

3.2.1.1 Formas

São empregadas formas metálicas seminovas da marca BKS, no intuito de serem reutilizadas para as obras futuras da empresa. Ao ser finalizada a estrutura de cada bloco, as formas são limpas e alocadas com o auxílio de um guindaste para o próximo bloco.

3.2.1.2 Armaduras

As armaduras empregadas na obra foram em telas soldadas de aço CA-60 e CA-50 e vergalhões para as fundações e reforços de vãos, também em aço CA-60 e CA-50. Além da utilização de espaçadores para garantir a fixação das telas.

3.2.1.3 Concreto

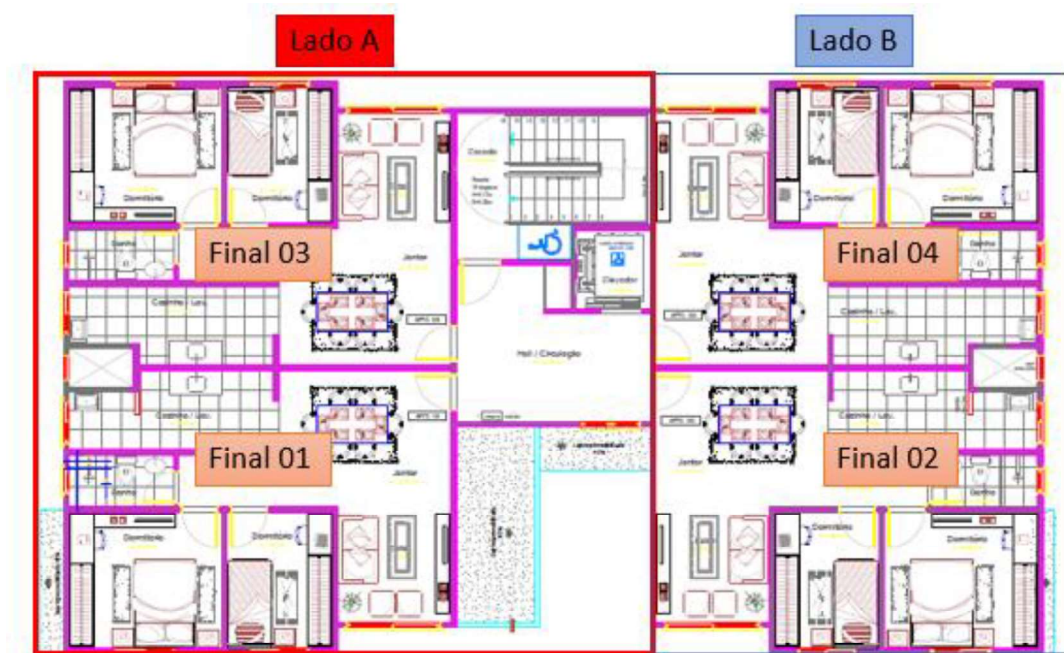
O concreto utilizado é o autoadensável, com resistência característica à compressão de 25 Mpa, aos 28 dias. O Flow Test definiu-se entre 60 +/- 5 cm, realizado para cada caminhão betoneira descarregado na obra.

A concretagem realizou-se de uma a duas vezes na semana. Ao ser descarregado o concreto, eram moldados 7 corpos de prova por caminhão, onde 3 eram rompidos após 14 horas, 2 após 7 dias e 2 aos 28 dias. Com a confirmação dos ensaios pelo laboratório que o concreto apresentasse resistência de 3 Mpa ou superior, era realizada a desforma e posterior início do próximo ciclo de montagem das formas.

Em cada concretagem são finalizadas duas unidades habitacionais, dividindo o pavimento em Lado A e Lado B, já que o layout dos blocos é definido em 4 apartamentos por pavimento, conforme apresentado na Figura 23.

O Lado A consome em média 44,20 m³ por concretagem e é composto pelos apartamentos com final 01 e 03, somados ao hall de entrada e escadaria. Já o Lado B consome 33,60 m³ por abordar apenas os apartamentos de final 02 e 03.

Figura 23 - Layout dos Pavimentos Tipo das Unidades Padrão do Empreendimento.



Fonte: Arquivo fornecido pela Construtora, adaptado pelo Autor (2021).

3.2.1.4 Sistema Embutidos

Apenas o sistema elétrico é embutido nas paredes de concreto, sendo utilizado eletrodutos corrugados de 25 e 32mm (cor laranja), caixas elétricas (cor azul) e quadros de distribuição (cor azul), todos em PVC, fixados à armadura com espaçadores para garantir a centralidade e o cobrimento correto do concreto.

Ressalta-se que o sistema hidráulico e de gás não era executado de forma embutida, e então optou-se pela criação de *shafts*, já com as esperas para posterior passagem das tubulações.

3.2.1.5 Revestimento das Paredes

a) Revestimentos Internos

Os revestimentos internos das paredes variam entre os blocos. Para os Blocos A e B utilizou-se a aplicação de duas demãos de massa cinza regularizadora somadas a aplicação de um fundo preparador de argamassa branca, para aumentar a coesão das partículas. Somente ao final desse processo as paredes foram pintadas com duas demãos de tinta látex.

Visto que esses processos demandaram mais tempo e custo para a obra, optou-se por otimizar os serviços de revestimentos internos para os Blocos C, D e E com a aplicação apenas da massa corrida PVA para regularização das paredes, e posterior emprego do acabamento final com duas demãos tinta látex.

Para as áreas molhadas de todos os blocos como a cozinha, área de serviço e banheiro, foram executados revestimento cerâmico com argamassa de assentamento (ACII), sem preparação prévia da superfície da parede, assentada diretamente no concreto.

b) Externo

Para o revestimento das paredes externas das torres aplicou-se um fundo selador acrílico branco e somente nas áreas com especificações diferentes utilizou-se tinta acrílica pigmentada, aplicada com rolo.

4 ESTUDO DE CASO: INSPEÇÃO, VISTORIA E INCIDÊNCIAS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Nesta etapa serão abordados os dados levantados no empreendimento em questão. Primeiramente, serão apresentadas as diferentes manifestações patológicas identificadas, ilustradas com imagens tiradas do local pelo autor para posterior registro de suas incidências patológicas e diagnósticos obtidos.

4.1 FALHAS OBSERVADAS NO EMPREENDIMENTO

4.1.1 Fissuras em Vãos e Aberturas

4.1.1.1 Fissuras Verticais no Vão da Ventilação Natural

Fissuras em 90° ocorridas no vão da ventilação natural. Exemplo pode ser visto na Figura 24.

Figura 24 - Fissura em 90° no Vão de Ventilação.



Fonte: Autor (2020)

4.1.1.2 Fissuras em Vãos de Esquadrias

Fissuras verticais em Vãos de Esquadrias: fissuras em 90° em vãos de portas e janelas. A Figura 25 ilustra esta patologia.

Figura 25 - Fissura em 90° no Vão da Porta de Entrada.



Fissuras 45° em Vãos de Esquadrias: fissuras em 45° com a horizontal em vãos de porta e janelas. A Figura 26 exemplifica esse fenômeno.

Figura 26 - Fissura em 45° no Vão de Janela.

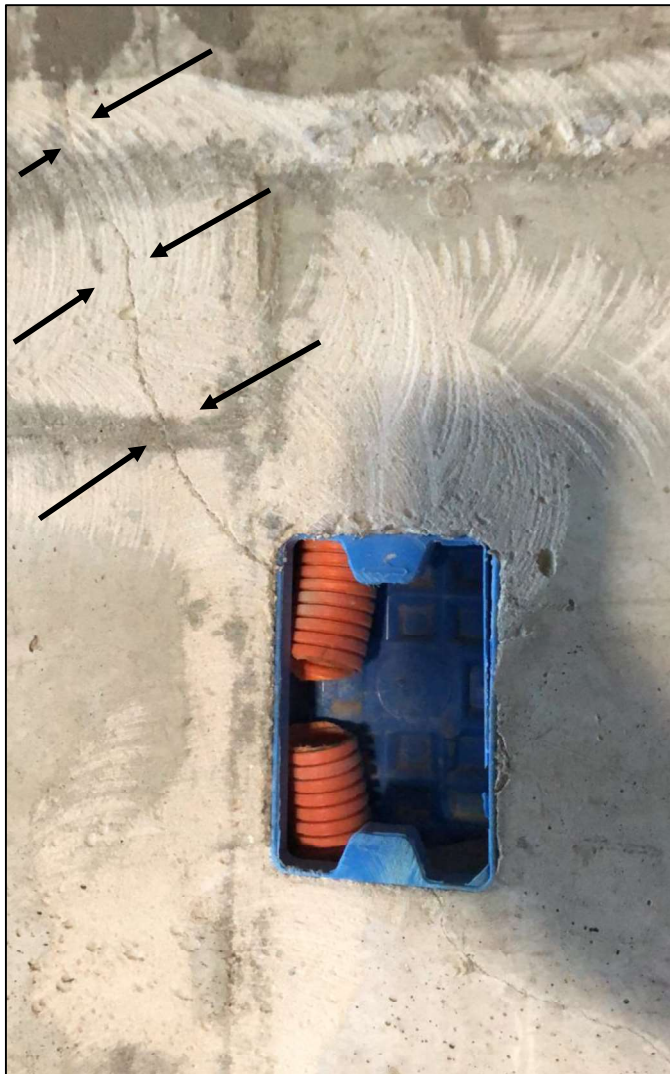


Fonte: Autor (2020)

4.1.2 Fissuras em Equipamentos Embutidos

Fissuras de ocorrência usual em caixas elétricas. Exemplo pode ser visto na Figura 27.

Figura 27 - Fissura em Aberturas de Caixa Elétrica.



Fonte: Autor (2020)

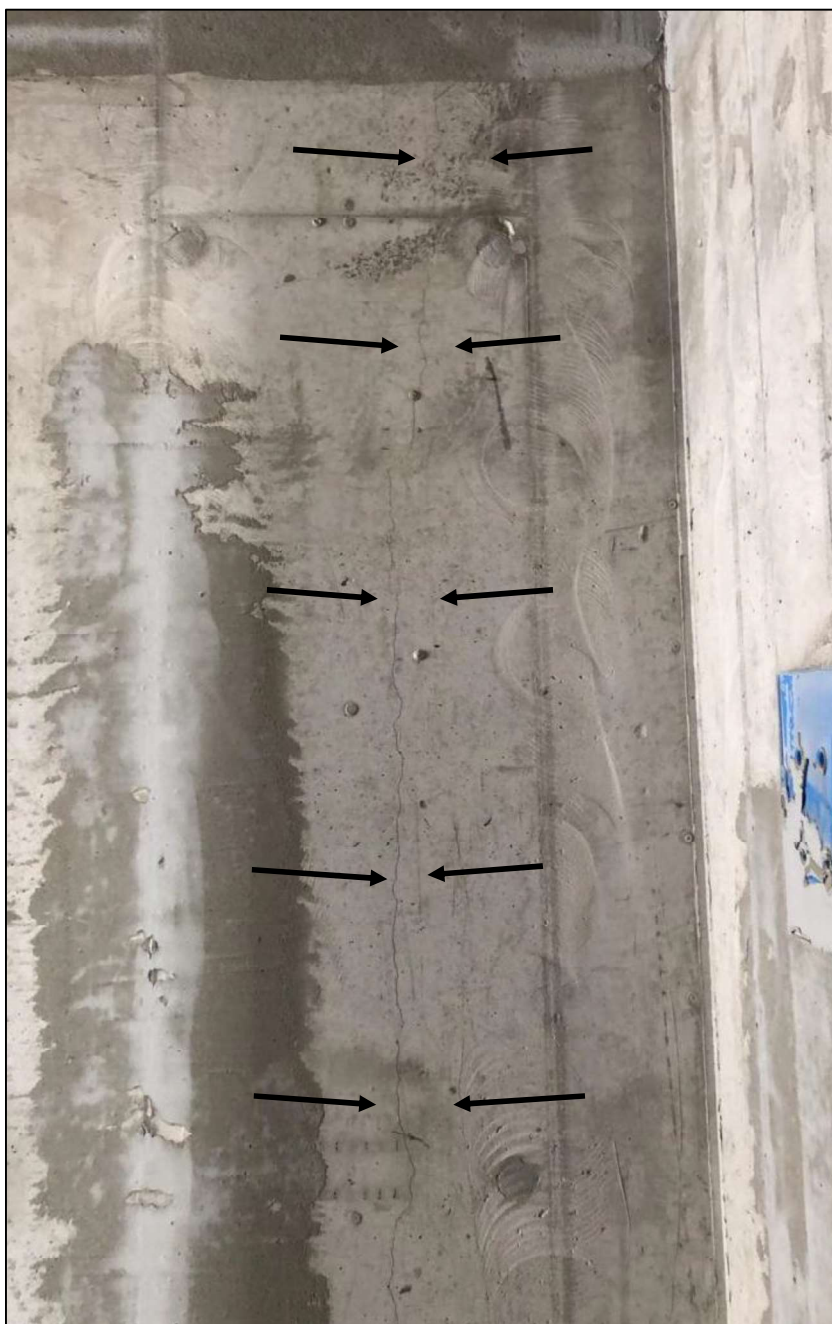
4.1.3 Fissuras em Locais Distantes de Aberturas ou Vãos das Paredes

São chamadas de fissuras distantes de aberturas por se manifestarem em locais distantes aos vãos das paredes. No presente estudo foram registrados dois tipos de fissuras com essas características, denominadas como:

4.1.3.1 Fissuras Distantes de Abertura tipo "A"

Fissuras em 90° localizadas principalmente nas paredes da sala e cozinha. A Figura 28 ilustra essa patologia.

Figura 28 - Fissura Distante de Abertura Tipo "A".

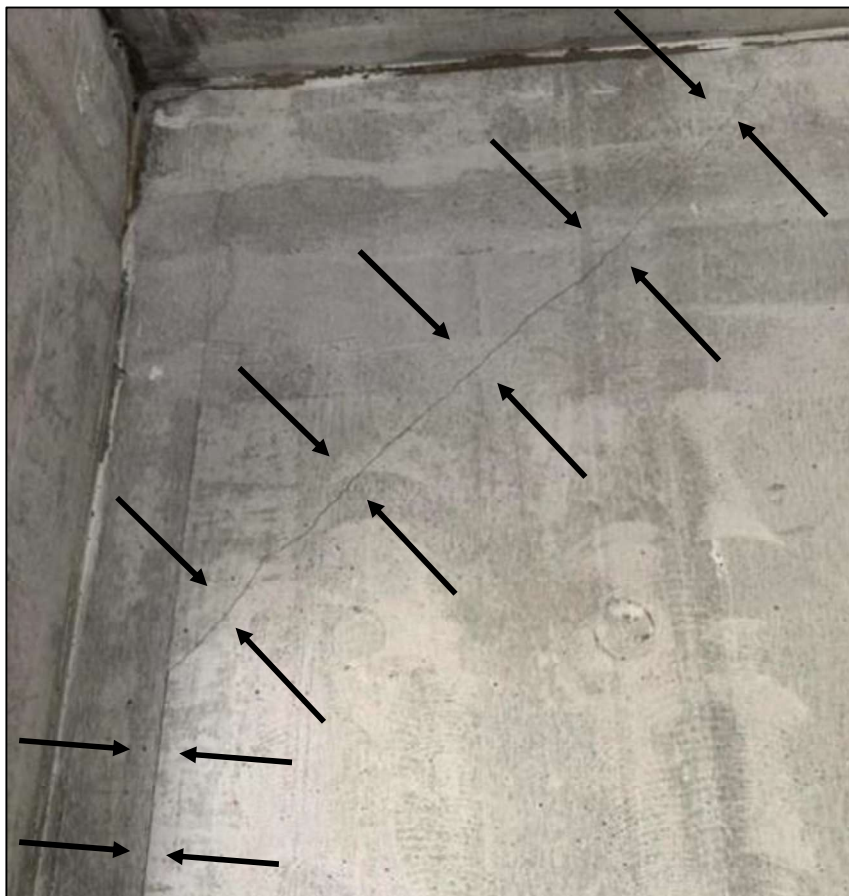


Fonte: Autor (2020)

4.1.3.2 Fissuras Distantes de Abertura tipo "B"

Fissuras que percorrem todo o pé direito da parede, iniciando-se com uma angulação de 45° para logo após se verticalizarem ao decorrer do caminho. A Figura 29 exemplifica esse fenômeno.

Figura 29 - Fissura Distante de Abertura Tipo "B".

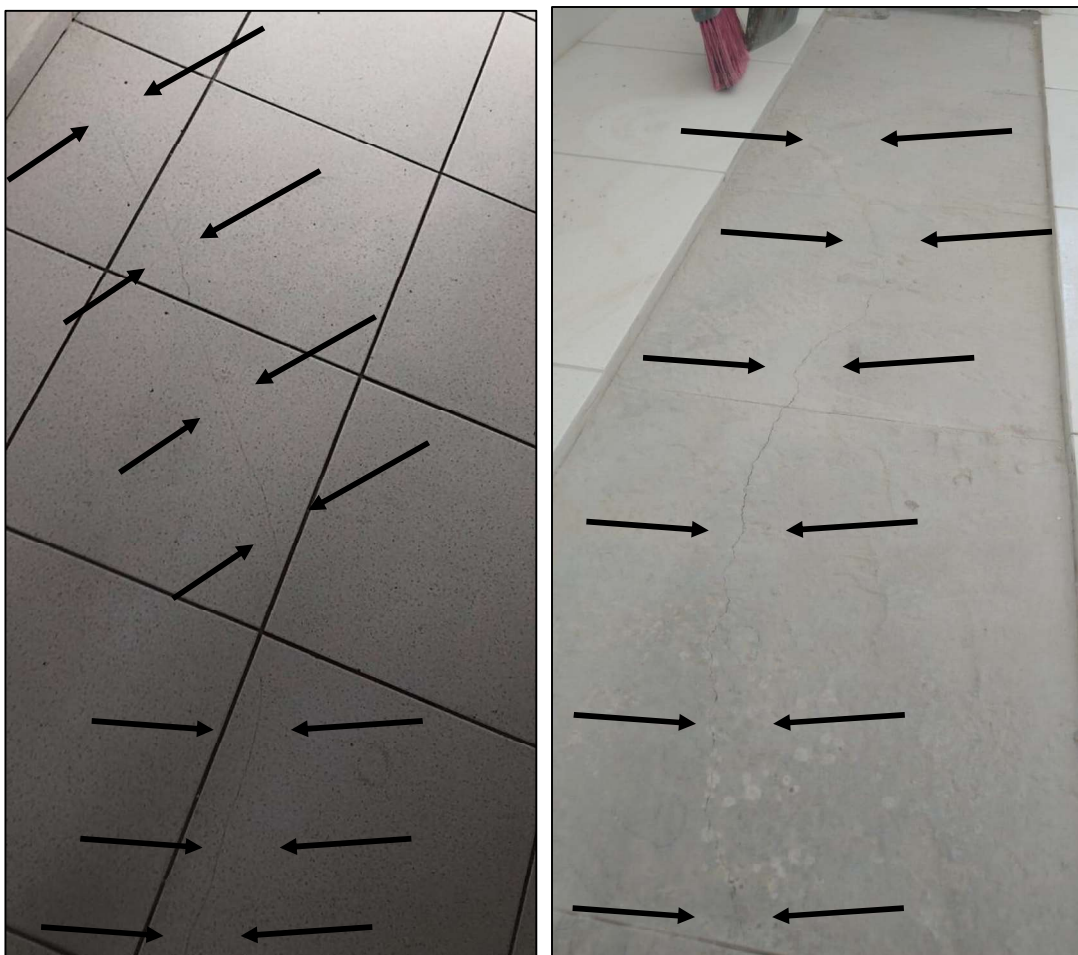


Fonte: Autor (2020)

4.1.4 Fissuras em Lajes

Fissuras que se manifestam nas superfícies das lajes dos apartamentos, localizadas principalmente nas áreas da cozinha e circulação. As Figuras 30 e 31 ilustram respectivamente, as falhas verificadas no piso cerâmico e na superfície da laje sem revestimento.

Figuras 30 e 31 - Fissuras nas Lajes da Cozinha dos Apartamentos 903A e 602A, respectivamente.



Fonte: Autor (2020)

4.1.5 Falhas Executivas

As falhas apresentadas a seguir são excepcionais devido a erros executivos em obra, causadas pelo não cumprimento das boas práticas construtivas por partes dos executores dos serviços propostos. Sendo elas:

4.1.5.1 Aberturas de Placas da Forma Metálica

A abertura entre placas provoca defeitos e deformações indesejados nas paredes de concreto, afetando a espessura e qualidade da mesma. As Figuras 32 (a e b) exemplificam esta falha executiva.

Figura 32 (a e b) - Defeitos Geométricos ocasionado pela Abertura entre Placas no Apartamento 104E – PDC.

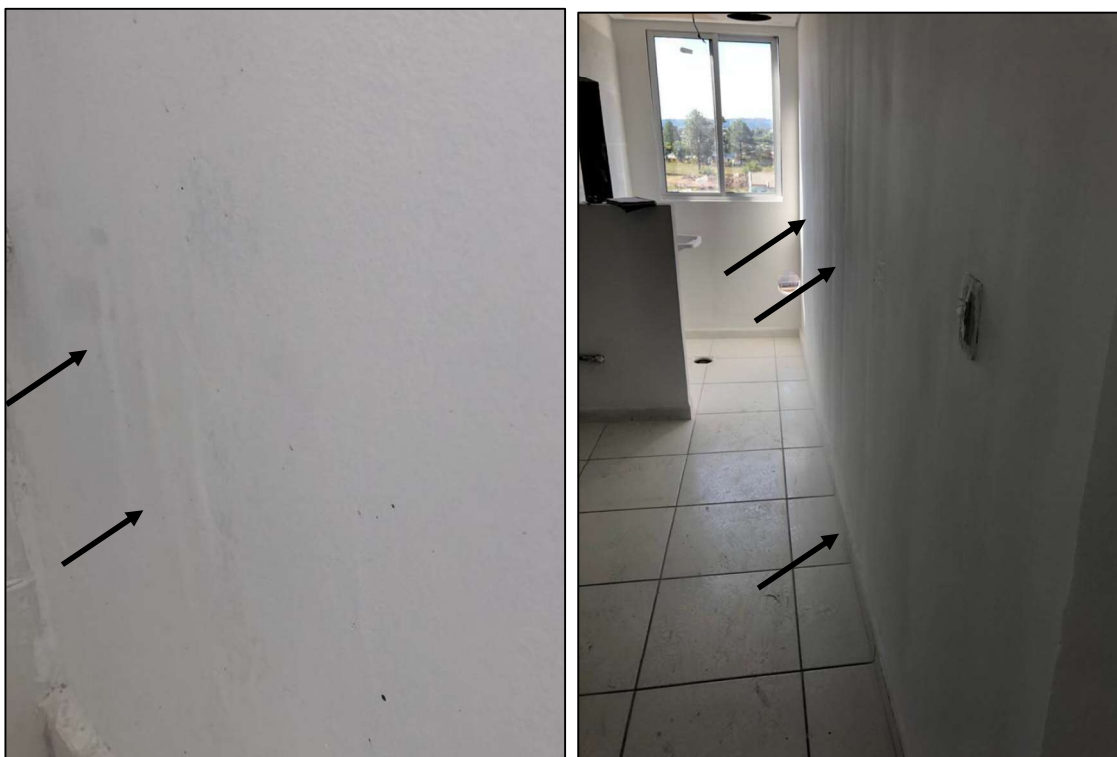


Fonte: Autor (2020)

4.1.5.2 “Ondulações ou “Barrigamentos”

Falhas construtivas de grau inferior, porém de características semelhantes ao item citado anteriormente. Ocasionalmente ocasionam defeitos visuais no resultado final da parede. As Figuras 33 e 34 exemplificam essas falhas executivas.

Figuras 33 e 34 - “Ondulações” Ou “Barrigamentos” das Paredes dos Apartamentos 501A e 503A, respectivamente.



Fonte: Autor (2020)

4.1.5.3 Armadura Exposta

Armadura aparente na superfície da parede. Essa patologia pode ser vista na Figura 35.

Figura 35 - Armadura Exposta no Apartamento 202E.



Fonte: Autor (2020)

4.1.5.4 Falhas de Cobrimento dos Eletrodutos

Eletrodutos expostos na superfície da parede de concreto. Patologia ilustrada conforme a Figura 36.

Figura 36 - Tubulação Aparente no Apartamento 104D.



Fonte: Autor (2020)

4.1.5.5 Defeitos de Contramarco

Rachaduras verificadas no entorno do contramarco superior dos vãos das janelas. A Figura 37 ilustra o defeito em questão.

Figura 37 - Defeito de Contramarco localizado no Apartamento 101E.



Fonte: Autor (2020)

4.1.5.6 Desplacamento Cerâmico

Esta falha pode ser observada quando existe um deslocamento da placa cerâmica com a superfície da laje ou do contrapiso. Além disso, revestimentos com sons cavos são indícios iniciais da falha. As Figuras 38 (a e b) ilustra esta patologia.

Figura 318 (a e b) - Desplacamento Cerâmico no Apartamento 702B.



Fonte: Autor (2020)

4.1.6 Falhas de Concretagem

4.1.6.1 Segregação do Concreto

Conhecidas como bicheira ou nicho, visualmente essas falhas apresentam vazios entre os agregados do concreto conforme ilustrado nas Figuras 39 e 40.

Figura 39 - Segregação do Concreto localizada no Apartamento 104D.



Fonte: Autor (2020)

Figura 40- Segregação do Concreto localizado no Apartamento 503D.



Fonte: Autor (2020)

4.1.6.2 Deslocamento ou Entupimento de Caixas Elétricas

O deslocamento ou até mesmo entupimento das caixas elétricas durante o lançamento do concreto. A Figura 41 exemplifica essa falha.

Figura 41 - Perda da Caixa Elétrica pelo Impacto do Concreto no seu Lançamento, Localizada No Apartamento 802E.



Fonte: Autor (2020)

4.2 REGISTRO DAS INCIDÊNCIAS DO RESIDENCIAL HERA

As incidências patológicas observadas no Residencial Hera foram quantificadas para identificar repetições. Na Tabela 1 apresentam-se as incidências por bloco, no intuito de abordar quais falhas foram mais incisivas em cada empreendimento. Após isso, serão apresentadas nas Tabelas 2 a 6, as manifestações patológicas individuais de cada bloco, divididas por concretagem. Conforme citado no item 3.2.1.3 *Concreto*, o lançamento do concreto por pavimento é executado em dois momentos, lados “A” e “B”, sendo assim, para fins de registros as concretagens são abordadas da seguinte forma:

- Concretagens de números ímpares (Lado “A”): apartamentos de final 01 e 03, por exemplo 101 e 103 equivalem a primeira concretagem, 201 e 203 para a terceira concretagem e assim sucessivamente.
- Concretagens de números pares (Lado “B”): apartamentos de final 02 e 04, por exemplo 102 e 104 equivalem para a segunda concretagem, 202 e 204 para quarta concretagem e assim sucessivamente.

Na Tabela 1 percebe-se que em todos os 5 blocos do residencial foram registradas fissuras localizadas em vãos e aberturas, o qual ratifica a dificuldade dos construtores do sistema parede de concreto em solucionar esta falha.

Na tabela também se identifica um alto índice das seguintes falhas: 80% para aberturas de placas, 100% para defeitos de contramarco e 60% para as fissuras a partir de caixas elétricas, “ondulações na parede”, fissuras nas lajes e falhas de cobrimento do eletroduto.

Tabela 1– Incidências Patológicas por Empreendimento do Residencial Hera.

Incidências patológicas por Bloco						
Manifestação Patológica	Bloco A	Bloco B	Bloco C	Bloco D	Bloco E	Incidência
Fissuras 90° - Ventilação	X	X	X	X	X	100%
Fissuras 90° - Esquadrias	X	X	X	X	X	100%
Fissuras 45° - Esquadrias	X	X	X	X	X	100%
Fissuras - Caixas elétricas	X	-	-	X	X	60%
Fissuras Sem Aberturas - "A"	X	-	-	X	-	40%
Fissuras Sem Aberturas - "B"	-	-	-	X	-	20%
Fissuras nas Lajes	X	X	-	X	-	60%
Abertura de placas	X	X	X	-	X	80%
'ondulações" na parede	X	X	X	-	-	60%
Segregação do concreto			-	X	X	40%
Defeito de Contramarco	X	X	X	X	X	100%
Armadura Exposta			-	X	X	40%
Falha de Cobrimento (eletroduto)			X	X	X	60%
Deslocamento Cerâmico	X	X				40%
Deslocamento da Caixa Elétrica			X	X	X	60%

Fonte: Autor (2021)

Salienta-se que as células hachuradas na Tabela 1 apresentam-se como as falhas com impossibilidade de obtenção de dados, primeiramente para células indicadas nas colunas dos blocos A e B, devido aos dois empreendimentos estarem em fases de entrega. Os revestimentos e pintura das paredes acobertam e inviabilizam a vistoria dessas anomalias superficiais, como a segregação do concreto, armadura exposta, falha de cobertura do eletroduto e deslocamento das caixas elétricas. Já para as falhas de deslocamento cerâmico dos blocos C, D e E se dá apenas pela não execução dos pisos cerâmicos.

4.2.1 Incidências Patológicas – Bloco A

Na Tabela 2 apresentam-se os resultados da inspeção do Bloco A. Manifestaram-se patologias em 15 das 18 concretagens (83%), enfatiza-se as fissuras em vãos de esquadrias em 90° e 45°, com 44% e 61%, respectivamente, de incidências. As fissuras em lajes foram registradas em 39% das concretagens, as quais denotam outra fragilidade desse bloco.

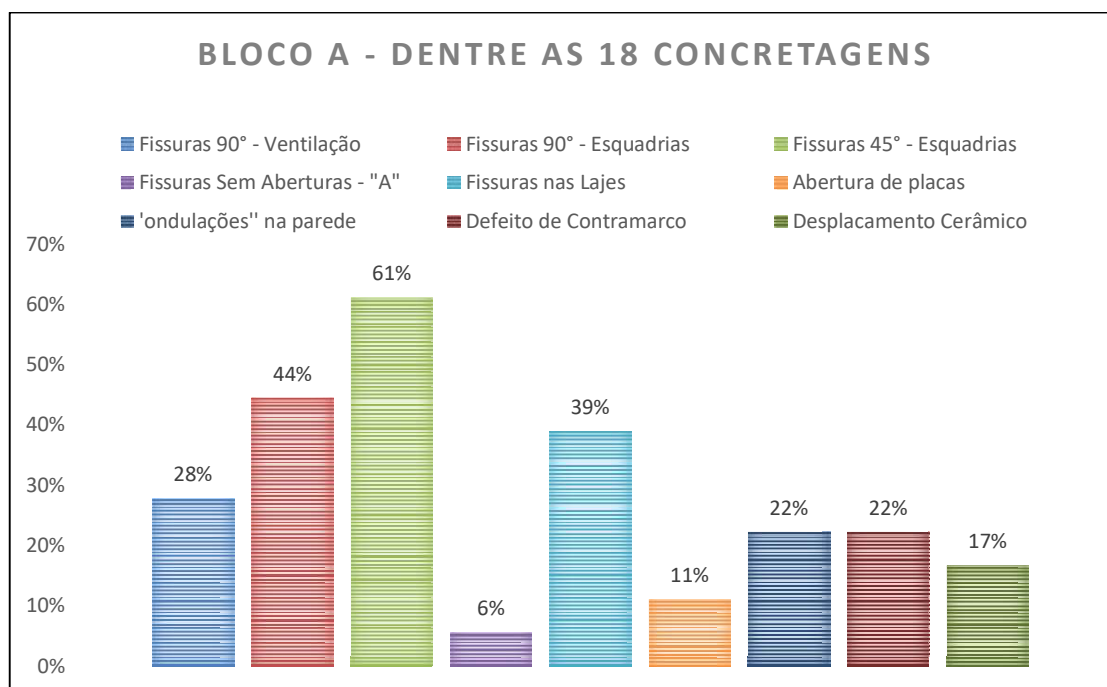
Tabela 2 – Incidências Patológicas do Bloco A.

BLOCO A																			
Concretagem	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º	16º	17º	18º	Incidência
Manifestação Patológica																			
Fissuras 90° - Ventilação	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	X	X	X	28%
Fissuras 90° - Esquadrias	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	-	X	-	-	44%
Fissuras 45° - Esquadrias	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	61%
Fissuras - Caixas elétricas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Fissuras Sem Aberturas - "A"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	6%
Fissuras Sem Aberturas - "B"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Fissuras nas Lajes	X	-	-	-	X	-	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-	X	X	39%
Abertura de placas	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	11%
'ondulações" na parede	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	X	22%
Segregação do concreto																			0%
Defeito de Contramarco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	22%
Armadura Exposta																			0%
Falha de Cobrimento (eletroduto)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Deslocamento Cerâmico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	X	-	17%
Deslocamento da Caixa Elétrica																			0%

Fonte: Autor (2021)

A Figura 42 ilustra detalhadamente as incidências apenas das falhas vistoriadas nas concretagens do Bloco A.

Figura 42 - Gráfico das Incidências Patológicas do Bloco A.



Fonte: Autor (2021)

4.2.2 Incidências Patológicas – Bloco B

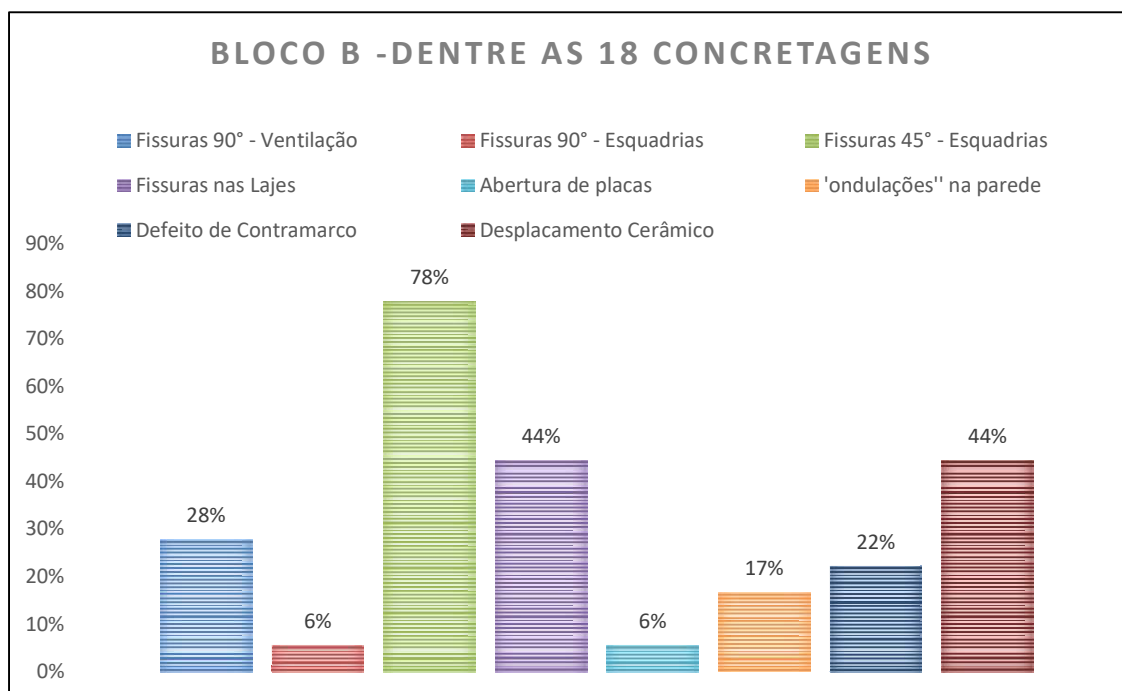
Para o Bloco B, foram registradas em 89% das concretagens manifestações patológicas, conforme ilustrado na Tabela 3 e detalhado na Figura 43. Houve uma diminuição em relação as diversidades das falhas abordadas no estudo em comparação ao Bloco A, porém as fissuras em 45° nos vãos de esquadrias (78%) e as fissuras nas lajes (44%) tiveram um pequeno aumento, e os defeitos de deslocamento cerâmico aparecem em 44% das concretagens demonstra um aumento significativo em relação ao bloco anterior.

Tabela 3 - Incidências Patológicas do Bloco B.

Concretagem	BLOCO B																		Incidência	
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º	16º	17º	18º		
Manifestação Patológica																				
Fissuras 90° - Ventilação	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	X	28%
Fissuras 90° - Esquadrias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	6%
Fissuras 45° - Esquadrias	X	X	X	X	X	X	X	-	X	-	-	X	X	X	-	X	X	X	X	78%
Fissuras - Caixas elétricas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Fissuras Sem Aberturas - "A"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Fissuras Sem Aberturas - "B"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Fissuras nas Lajes	-	-	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	44%
Abertura de placas	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
'ondulações" na parede	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	17%
Segregação do concreto																				0%
Defeito de Contramarco	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	22%
Armadura Exposta																				0%
Falha de Cobrimento (eletroduto)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Deslocamento Cerâmico	-	-	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	X	X	X	X	X	-	-	44%
Deslocamento da Caixa Elétrica																				0%

Fonte: Autor (2021)

Figura 43 - Gráfico das Incidências Patológicas do Bloco B.



Fonte: Autor (2021)

4.2.3 Incidências Patológicas – Bloco C

O Bloco C também apresentou manifestações patológicas em 89% das concretagens e apenas o terceiro pavimento que foi executado pela 5ª e 6ª concretagem não manifestou falhas. Em comparação aos blocos anteriores, verificou-se uma melhora significativa quanto a diversidade das manifestações patológicas, contemplando apenas 4 das 15 citadas no estudo.

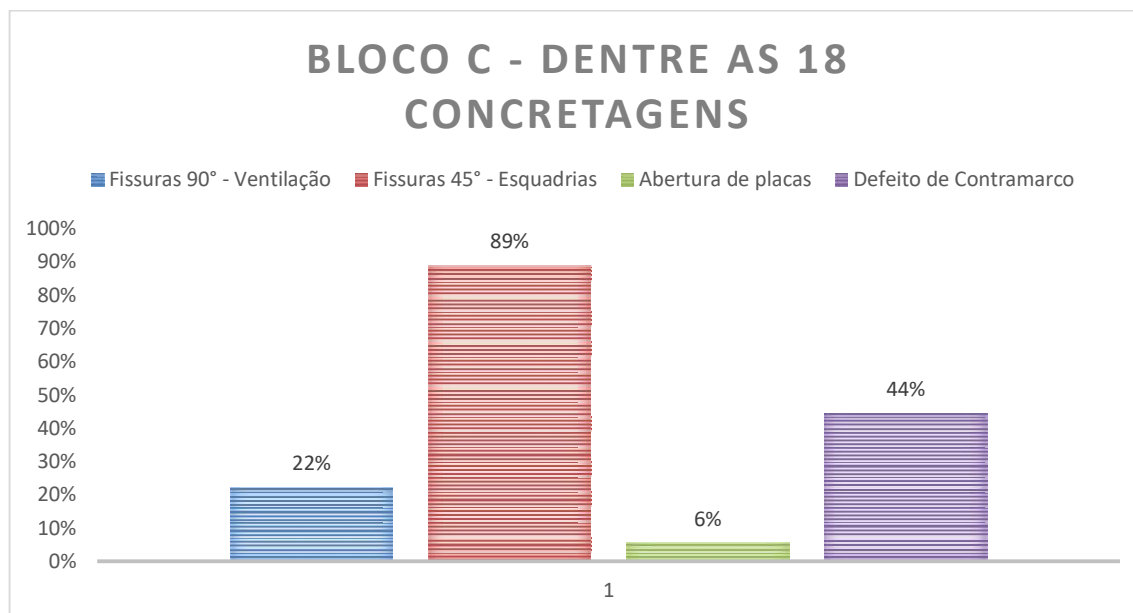
Em compensação, as fissuras em 45° manifestaram-se em todas as concretagens registradas com alguma falha. Além disso, dobrou a incidência de defeitos de contramarco para 44% neste bloco. A Tabela 4 e a Figura 44 apresentam os dados citados.

Tabela 4 - Incidências Patológicas do Bloco C.

Concretagem	BLOCO C																		Incidência
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º	16º	17º	18º	
Manifestação Patológica																			
Fissuras 90° - Ventilação	X	X	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22%
Fissuras 90° - Esquadrias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Fissuras 45° - Esquadrias	X	X	X	X	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	89%
Fissuras - Caixas elétricas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Fissuras Sem Aberturas - "A"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Fissuras Sem Aberturas - "B"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Fissuras nas Lajes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Abertura de placas	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
'ondulações' na parede	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Segregação do concreto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Defeito de Contramarco	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	-	X	X	-	X	-	44%
Armadura Exposta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Falha de Cobrimento (eletroduto)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Deslocamento Cerâmico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Deslocamento da Caixa Elétrica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%

Fonte: Autor (2021)

Figura 44 - Gráfico Das Incidências Patológicas Do Bloco C.



Fonte: Autor (2021)

4.2.4 Incidências Patológicas – Bloco D

Conforme a Tabela 5, verificou-se as maiores incidências de manifestações patológicas do residencial para este bloco, havendo falhas em todas as 18 concretagens. Diferentemente dos outros empreendimentos, o bloco D registrou grande diversidade de falhas, com 11 das 15 citadas no estudo.

Percebe-se um aumento expressivo para as manifestações de fissuras nos vãos de ventilação (72%), vãos em esquadrias a 90° (67%) e principalmente em vãos de esquadrias a 45° (100%) que além de serem observadas em todas as concretagens, apresentaram-se também em grandes quantidades. Além disso, o defeito de contramarco segue como uma patologia recorrente nos empreendimentos.

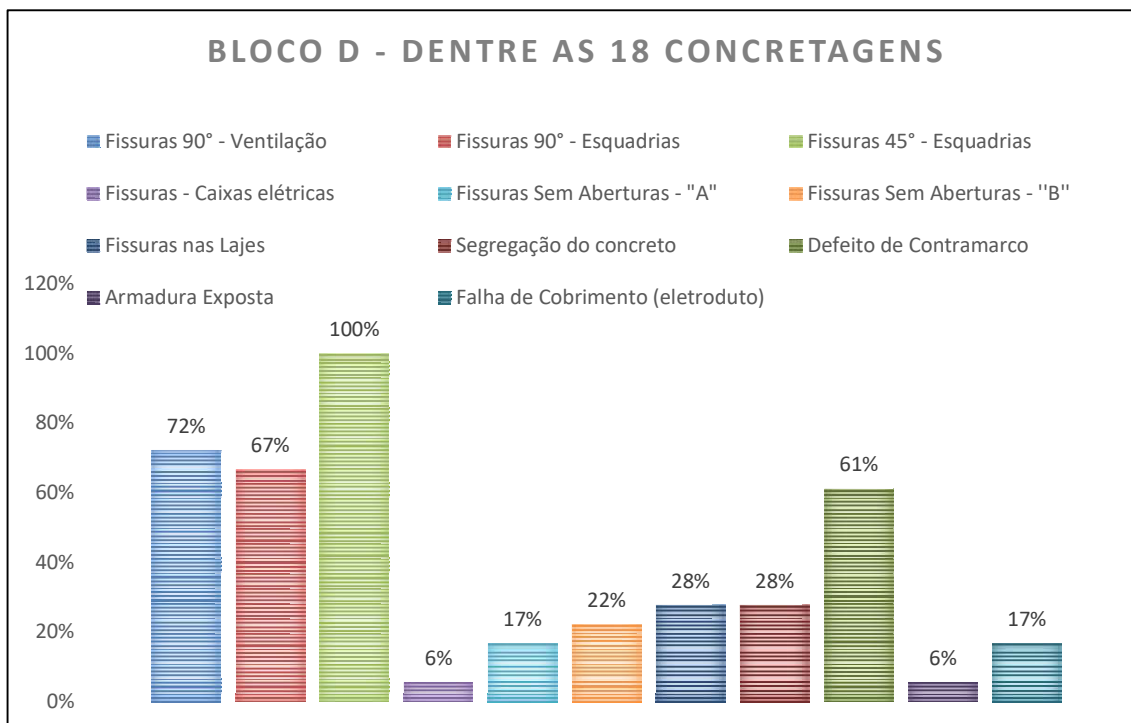
Nota-se também, o aparecimento significativo de fissuras distantes de aberturas nas paredes, denominadas de tipo “A” (17%) e tipo “B” (22%), sendo que as fissuras do tipo “B” foram exclusivas deste bloco e manifestada apenas nas concretagens finais dos apartamentos de final 02 e 04. A Figura 45 detalha graficamente as incidências patológicas do Bloco D.

Tabela 5 - Incidências Patológicas do Bloco D.

Concretagem	BLOCO D																		Incidência
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º	16º	17º	18º	
Manifestação Patológica																			
Fissuras 90° - Ventilação	X	X	X	X	-	X	X	X	-	X	X	X	X	-	-	X	X	-	72%
Fissuras 90° - Esquadrias	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	-	X	-	-	-	X	-	67%
Fissuras 45° - Esquadrias	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100%
Fissuras - Caixas elétricas	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6%
Fissuras Sem Aberturas - "A"	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	17%
Fissuras Sem Aberturas - "B"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	X	-	X	22%
Fissuras nas Lajes	-	X	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	28%
Abertura de placas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
'ondulações" na parede	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Segregação do concreto	-	X	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X	X	-	-	-	28%
Defeito de Contramarco	X	X	X	-	X	-	X	-	X	X	X	-	X	-	X	-	X	-	61%
Armadura Exposta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	6%
Falha de Cobrimento (eletroduto)	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	17%
Deslocamento Cerâmico																			0%
Deslocamento da Caixa Elétrica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%

Fonte: Autor (2021)

Figura 45 - Gráfico das Incidências Patológicas do Bloco D.



Fonte: Autor (2021)

4.2.5 Incidências Patológicas – Bloco E

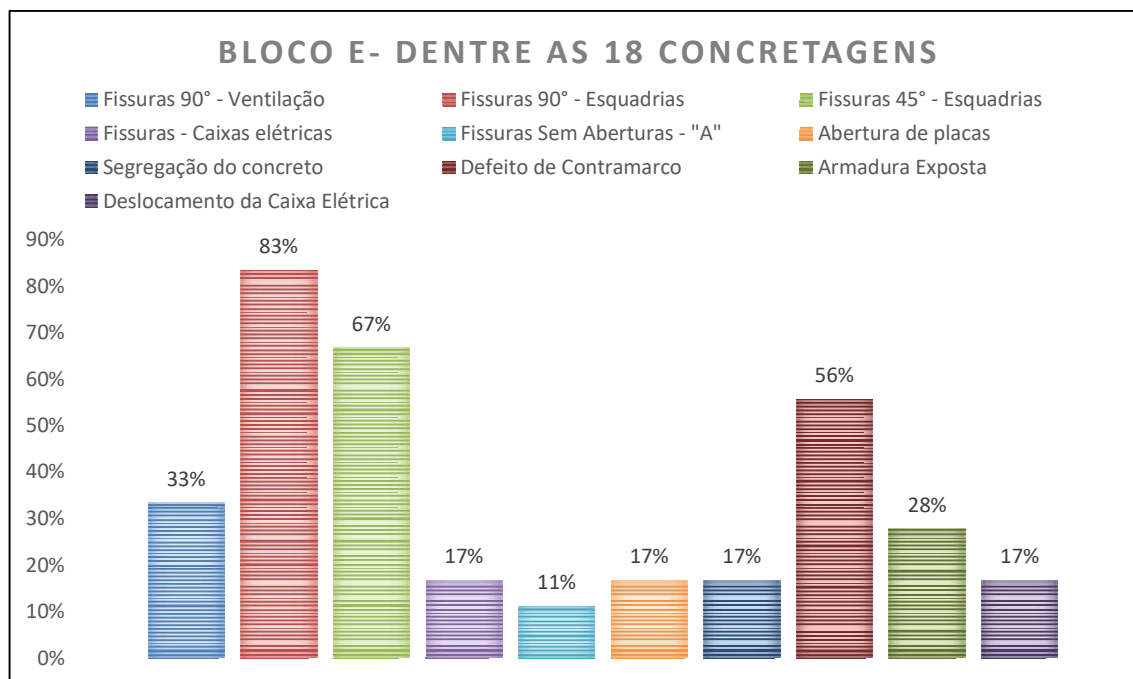
A Tabela 6 apresenta as manifestações patológicas encontradas no Bloco E. Observou-se falhas em todas as concretagens e que as fissuras em vãos e os defeitos de contramarco mantiveram um alto índice de incidência. Verificou-se também, um aumento de armaduras expostas (28%), além do surgimento de defeitos ocorridos no lançamento de concreto como a segregação (17%), aberturas de placas (17%) e deslocamento de caixas elétricas (17%). A Figura 46 ilustra graficamente as incidências patológicas deste bloco.

Tabela 6 - Incidências Patológicas do Bloco E.

Concretagem	BLOCO E																		Incidência
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º	16º	17º	18º	
Manifestação Patológica																			
Fissuras 90° - Ventilação	X	-	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33%
Fissuras 90° - Esquadrias	X	-	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	83%
Fissuras 45° - Esquadrias	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	67%
Fissuras - Caixas elétricas	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17%
Fissuras Sem Aberturas - "A"	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	11%
Fissuras Sem Aberturas - "B"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Fissuras nas Lajes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Abertura de placas	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	17%
'ondulações" na parede	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Segregação do concreto	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17%
Defeito de Contramarco	X	X	X	-	X	X	-	X	X	-	X	-	X	-	-	-	X	-	56%
Armadura Exposta	-	X	X	X	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	28%
Falha de Cobrimento (eletroduto)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Deslocamento Cerâmico	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0%
Deslocamento da Caixa Elétrica	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	17%

Fonte: Autor (2021)

Figura 46 - Gráfico das Incidências Patológicas do Bloco E.



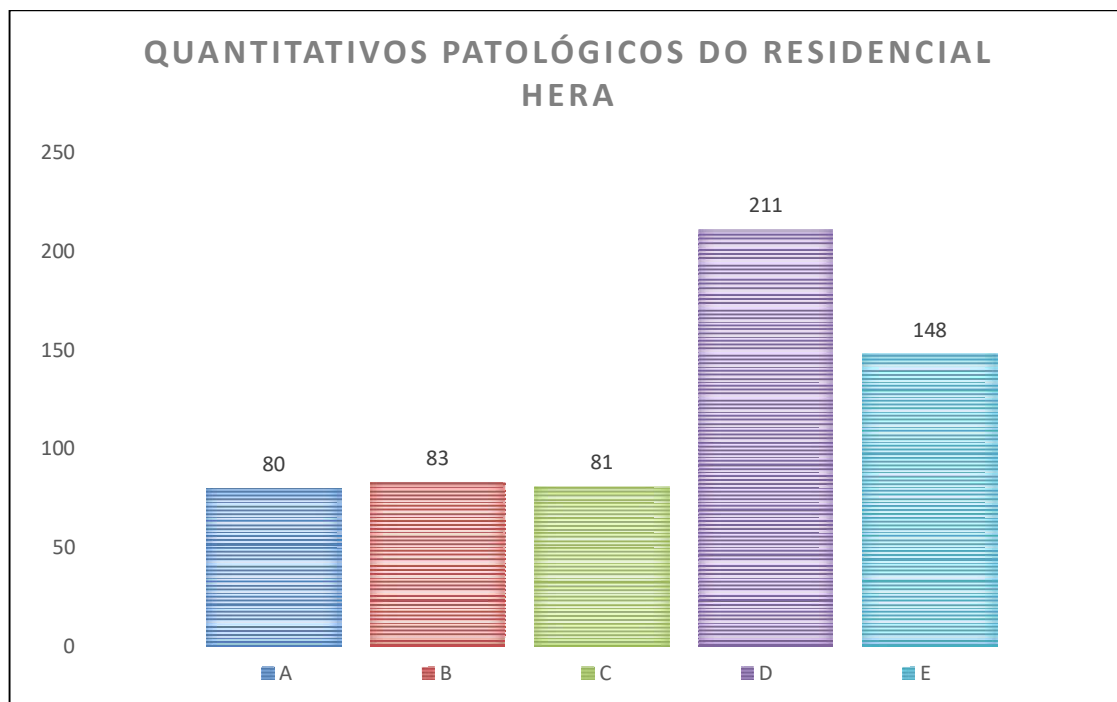
Fonte: Autor (2021)

4.2.6 Quantificação das Incidências

Além do levantamento das manifestações patológicas que indicaram o surgimento das falhas abordadas por pelo menos uma vez em cada concretagem, registrou-se também os quantitativos das mesmas, no intuito de apresentar a intensidade da manifestação desses fenômenos em cada bloco.

Na Figura 47 apresenta-se o gráfico de quantitativos de manifestações para os cinco blocos. Destaca-se na figura os blocos D e E que apresentam alto índices de falhas, 211 e 148, respectivamente, as quais podem estar atreladas aos seus aparecimentos em 100% das concretagens realizadas. Verifica-se para os blocos A, B e C uma homogeneidade em relação aos quantitativos de falhas, registrando respectivamente 80, 83 e 81 falhas.

Figura 47 - Quantitativos Patológico do Residencial Hera.



Fonte: Autor (2021)

4.3 DIAGNÓSTICO, SOLUÇÕES E/OU MEDIDAS MITIGADORAS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Pretende-se nesta etapa diagnosticar as falhas vistoriadas na etapa anterior, apresentando as possíveis causas e suas gravidades perante a estrutura. Posteriormente serão abordadas possíveis medidas mitigadoras, corretivas e preventivas das falhas, baseadas também a trazer um custo benéfico a construtora.

Definiu-se também a divisão das falhas pelo grau de incidência, dificuldade de diagnósticos e impacto em termos de retrabalho para correção. Portanto, as manifestações patológicas como as fissuras em vãos, nas lajes e distantes de aberturas serão diagnosticadas detalhadamente por apresentarem maiores incidências e complexidade. Já para as outras falhas abordadas no estudo, serão divididas de duas formas: Falhas de Menor Gravidade e/ou Incidência e Falhas de Media Gravidade e/ou Incidência.

4.3.1 Falhas de Menor Gravidade e/ou Incidência

Neste item abordam-se as falhas consideradas de menor complexidade, incidência e impacto econômico ou visual, seja para a construtora ou para os futuros moradores do residencial. Além disso, essas manifestações patológicas demandam em sua maioria, soluções semelhantes, pois são derivadas principalmente, de descuido e despreparo da mão de obra executora. Sendo elas:

- Fissuras em caixas elétricas;
- “Ondulações” nas paredes;
- Segregação do concreto;
- Armadura exposta;
- Falhas de cobrimento do eletroduto;
- Deslocamento de caixas elétricas.

A Tabela 7 apresenta os quantitativos e as incidências das manifestações patológicas citadas. As falhas de “ondulações” nas paredes foram registradas somente nos blocos A e B, enquanto para os blocos D e E verificou-se o aparecimento

das demais falhas, como as fissuras em caixas elétricas, segregação do concreto, armadura exposta e falhas de cobrimento. Apenas o bloco C não apresentou nenhuma dessas manifestações patológicas.

Tabela 7 – Quantitativos e incidências das Falhas de Menores Impactos.

Fissuras - Caixas elétricas			'ondulações" na parede			Segregação do concreto		
Bloco	Quantidade	Incidência	Bloco	Quantidade	Incidência	Bloco	Quantidade	Incidência
A	0	0%	A	4	22%	A	0	0%
B	0	0%	B	5	17%	B	0	0%
C	0	0%	C	0	0%	C	0	0%
D	1	6%	D	0	0%	D	5	28%
E	3	17%	E	0	0%	E	4	17%

Armadura Exposta			Falha de Cobrimento (eletroduto)			Deslocamento da Caixa Elétrica		
Bloco	Quantidade	Incidência	Bloco	Quantidade	Incidência	Bloco	Quantidade	Incidência
A	0	0%	A	0	0%	A	0	0%
B	0	0%	B	0	0%	B	0	0%
C	0	0%	C	0	0%	C	0	0%
D	1	6%	D	2	17%	D	0	0%
E	8	28%	E	0	0%	E	3	17%

Fonte: Autor (2021)

4.3.1.1 Medidas Corretivas

Usualmente a solução corretiva empregada para estas falhas, consideradas superficiais, é a aplicação de graute, utilizado também no estucamento das paredes para posterior nivelamento com massa acrílica (PVA). Há exceções apenas para as seguintes falhas que requerem procedimentos anteriores de preparação:

- Armaduras expostas: recomenda-se que após o corte da armadura exposta seja aplicado revestimento polimérico anticorrosivo na região da falha, a fim de evitar o aparecimento de manchas de corrosão na parede já pintada.
- Fissuras em caixas elétricas: recomenda-se, a depender da abertura de fissura, o emprego de selantes elásticos, os quais possuem partículas emborrachadas que acompanham a movimentação da fissura e inibem a sua aparição nos revestimentos de pintura.
- Deslocamentos de caixas elétrica: Devido ao desnivelamento causado pelo deslocamento das caixas, a solução é a troca das mesmas, realizada após a quebra da parede e inserção de uma nova caixa elétrica.

4.3.1.2 Medidas Preventivas

As medidas preventivas recomendadas para as falhas executivas citadas, podem ser divididas em 3 fases: cuidados durante a montagem das armaduras e equipamentos embutidos (elétricos), cuidados durante a montagem das formas metálicas e cuidados durante a concretagem.

- a) Cuidados durante a montagem das armaduras e equipamentos embutidos (elétricos): nesta fase é imprescindível a verificação de todos os espaçadores e fixadores recomendados em norma e em projeto. A instalação desses equipamentos garante o correto cobrimento do concreto, evitando assim, as manifestações de fissuras em caixas elétricas, armaduras expostas, falhas de cobrimento e o deslocamento da caixa elétrica.
- b) Cuidados durante a montagem das formas metálicas: recomenda-se a limpeza das formas anteriormente a sua montagem, como forma de evitar o acúmulo de concreto na superfície dos painéis metálicos, para auxiliar no encaixe das peças e obter o preenchimento regular do concreto. Durante a montagem é imprescindível a verificação de todos os travamentos de painéis e a correta aplicação do desmoldante, fatores que evitam as chamadas “ondulações” nas paredes, segregação do concreto e as aberturas de placa que serão explicadas detalhadamente nos próximos itens.
- c) Cuidados durante a concretagem: os cuidados na concretagem evitam também as falhas como a segregação do concreto e o deslocamento das caixas elétricas. Recomenda-se que o concreto seja lançado em alturas inferiores a 3 metros para preencher corretamente as formas e evitar impactos bruscos que podem deslocar ou danificar os equipamentos embutidos. A correta vibração do concreto também é um fator essencial para evitar sua segregação pois inibem a dispersão dos agregados e a distribuição não uniformes do concreto.

4.3.2 Falhas de Médias Gravidades e/ou Incidências

Definiu-se como falhas de média gravidade para aquelas que se manifestaram recorrentemente nos blocos ou apresentaram maior custo e tempo de reparo. Sendo elas:

- Abertura de placas;
- Defeito de Contramarco;
- Deslocamento Cerâmico.

4.3.2.1 Abertura de Placas

A Tabela 8 ilustra a relação entre o quantitativo e a incidência da manifestação patológica de abertura de placas. Percebe-se a sua manifestação em quatro dos cinco blocos, onde apenas o bloco D não apresentou essa falha. Observou-se nos apartamentos que registraram aberturas de placas que em sua maioria, foram manifestadas em apartamentos PCD, devido a diferença de seus *layouts* aos demais. Para esses apartamentos, optou-se pela substituição das formas metálicas por formas de madeira na moldagem de suas paredes, as quais não suportaram os impactos no lançamento do concreto, ocasionando assim rupturas ou aberturas das placas.

Tabela 8 – Quantitativos e Incidências das Aberturas de Placas.

Abertura de placas		
Bloco	Quantidade	Incidência
A	3	11%
B	3	6%
C	4	6%
D	0	0%
E	7	17%

Fonte: Autor (2021)

Somente durante a execução do Bloco D, após discussões entre o engenheiro responsável da obra, o novo construtor terceirizado do bloco e o consultor especialista nas formas metálicas da fornecedora, definiu-se pela utilização dessas mesmas formas para a moldagens dos apartamentos PCD, aproveitando assim, as placas não utilizadas na concretagem anterior para a modelagem das diferenças estruturais e

arquitetônicas desses apartamentos. A Figura 48 ilustra a desforma da viga do apartamento PCD com o emprego das formas metálicas, a qual ratifica a funcionalidade desta solução.

Figura 48 - Desforma da Viga do Apartamento 104D.



Fonte: Autor (2020)

Destaca-se que mesmo com menores incidências no residencial, a abertura de placas ocasiona impactos evidentes na obra. A sua solução corretiva é apenas com a escarificação do concreto para posterior regularização com massa de nivelamento ou massa corrida, sendo um processo demorado devido a durabilidade do concreto somados ao grau de deslocamento da parede que podem gerar custos financeiros elevados a construtora, além de atrasos no cronograma da obra.

4.3.2.2 Defeito de Contramarco

Considerou-se como falha de médio impacto pela a sua alta incidência, aparecendo em todos os blocos. Porém trata-se de uma manifestação patológica de fácil solução corretiva, apenas com o emprego de selantes elásticos (Selatrinca) nos pontos de surgimento para posterior regularização com massa corrida e revestimentos de pintura.

O defeito de contramarco é causado pelo descuido da mão de obra executora em retirar o caixilho moldante do contramarco da esquadria frente a um concreto ainda sem a resistência adequada. Portanto, uma solução viável a essa falha seria remodelação deste caixilho pela empresa montadora das formas metálicas utilizadas na obra, a fim de facilitar o processo desforma pelo executor e retirar a peça sem riscos de danificar a estrutura da parede.

A Tabela 9 ilustra a manifestação da falha de contramarco nos blocos. Percebe-se um elevado registro de incidências e quantidades para os blocos C (44%), D (61%) e E (56%).

Tabela 9 - Quantitativos e Incidências dos Defeitos de Contramarco.

Defeito de Contramarco		
Bloco	Quantidade	Incidência
A	7	22%
B	7	22%
C	24	44%
D	37	61%
E	24	56%

Fonte: Autor (2021)

4.3.2. Desplacamento Cerâmico

O deslocamento ou descolamento das placas cerâmicas acontece quando uma peça de revestimento se solta ou desprende da laje ou contrapiso. Esta falha é causada por diversos fatores como:

- Técnica de assentamento incorreta;
- Especificação incorreta do rejunte;
- Tempo em aberto excessivo da argamassa colante;
- Ausência de juntas de movimentação no revestimento;
- Assentamento sobre base não preparada corretamente;
- Aplicação da argamassa colante apenas no substrato.

A correção do deslocamento cerâmico se dá pela verificação e retirada de todas as placas cerâmicas com a falha já soltas que apresentaram som cavo quando verificado por percussão, as quais futuramente manifestariam esse fenômeno. Após esse processo deve-se realizar as trocas dos revestimentos com as corretas práticas construtivas.

Recomenda-se as seguintes medidas para evitar o descolamento cerâmico:

- Aplicação da argamassa colante no substrato e no verso da cerâmica;
- Regularizar e limpar a base anteriormente a execução do revestimento;
- Utilizar os tamanhos corretos de espaçadores recomendados em norma;
- Preparação do rejunte e argamassa colante seguirem as corretas especificações do fabricante.

A Tabela 10 apresenta os quantitativos e incidências da falha de deslocamento cerâmico. Verificou-se sua manifestação para os blocos A (17%) e de forma incisiva para o B (44%), já que para esses estavam em fase final de acabamento e portanto, o revestimento cerâmico já havia sido executado. Estabeleceu-se como falha de gravidade média devido ao seu elevado custo de reparo, obrigando muitas vezes a troca de todos os pisos em alguns apartamentos.

Tabela 10 - Quantitativos e Incidências do Deslocamento Cerâmico.

Deslocamento Cerâmico		
Bloco	Quantidade	Incidência
A	4	17%
B	16	44%
C	0	0%
D	0	0%
E	0	0%

Fonte: Autor (2021)

4.3.3 Fissuras em Vãos da Ventilação Natural

As aberturas de ventilação natural nas áreas de serviço dos apartamentos apresentaram fissuras recorrentes. Essas fissuras são ocasionadas principalmente pela falta de armaduras de reforços ao redor da peça embutida e também pela não utilização de matérias recomendados como peça de embutir. A Figura 49 ilustra a ausência de armaduras de reforços no local, além de apresentar diferenças entre o diâmetro detalhado em projeto com o executado em obra de 150mm para 200mm.

Figura 49 - Corte do Projeto Estrutural da parede da Área de Serviço.



Fonte: Arquivos da Empresa, adaptado pelo Autor (2021)

Conforme a Tabela 11, registrou-se falhas nos vãos da ventilação em todos os blocos, em destaque para o Bloco D com 72% de incidência. A principal medida corretiva utilizada no Residencial foi a escarificação do concreto na região da fissura e

a colocação de selantes elásticos para posterior emprego dos revestimentos de regularização e pintura das paredes.

Tabela 11 - Quantitativos e Incidências das Fissuras em 90° nos Vãos da Ventilação Natural.

Fissuras 90° - Ventilação		
Bloco	Quantidade	Incidência
A	8	28%
B	5	28%
C	5	22%
D	33	72%
E	13	33%

Fonte: Autor (2021)

As possíveis medidas preventivas desta falha, relacionam-se diretamente com suas causas. Sendo assim, é necessária a utilização de armaduras de reforços na região e a instalação de peças embutidas recomendadas pelos próprios fabricantes, conforme ilustrado na Figura 50.

Figura 50 - Conectores de Passagem de Ventilação Natural.



Fonte: Catalogo Polar (2021)

4.3.4 Fissuras em Vãos de Esquadrias

As fissuras em 90° e 45° nos vãos de portas e janelas foram as falhas manifestadas em maiores quantidades no residencial. Percebe-se pela Tabela 12 a sua incidência em todos os blocos, destacando-se novamente os blocos D (67% e 100%) e E (83% e 67%) que se analisados de forma conjunta, mostraram que as duas fissuras foram observadas em todas as concretagens dos dois blocos.

Tabela 12 - Quantitativos e Incidências das Fissuras em 90° e 45° nos Vãos de Esquadrias.

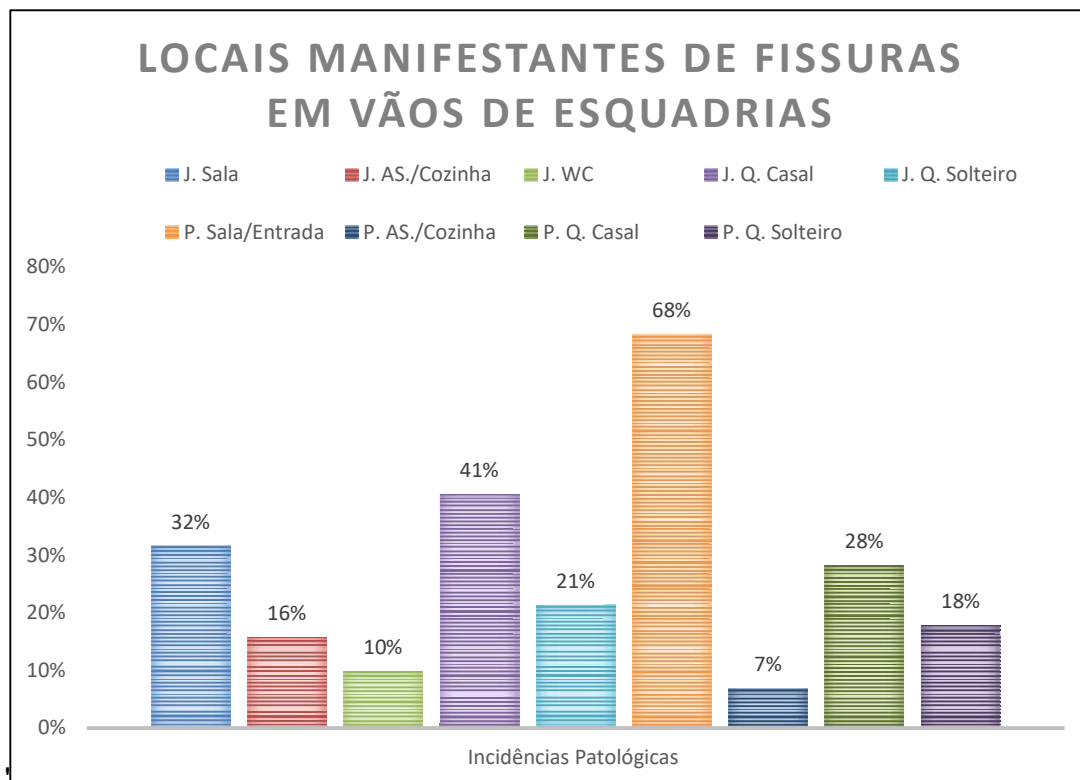
Fissuras 90° - Esquadrias			Fissuras 45° - Esquadrias		
Bloco	Quantidade	Incidência	Bloco	Quantidade	Incidência
A	11	44%	A	32	61%
B	1	6%	B	26	78%
C	0	0%	C	48	89%
D	35	67%	D	80	100%
E	26	83%	E	59	67%

Fonte: Autor (2021)

Segundo Silva (2011), as fissuras nessas localizações são causadas pelos esforços impostos às vergas e contra vergas, os quais muitas vezes são maiores que a resistência das peças. No intuito de analisar os possíveis erros que originaram esta falha, a Figura 51 ilustra o gráfico de incidências de vãos das portas ("P") e janelas ("J") que manifestaram fissuras.

Destaca-se no gráfico que os vãos das janelas dos quartos de casais e principalmente das portas de entradas dos apartamentos que apresentaram 41% e 68%, respectivamente, de incidências patológicas por concretagem.

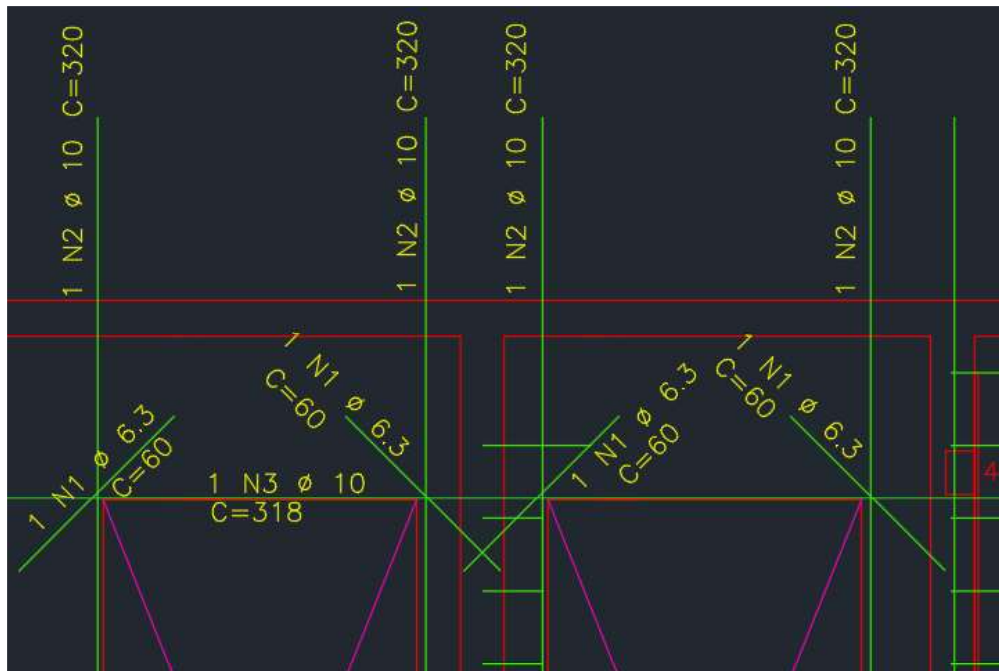
Figura 51 - Incidência dos Vãos de Esquadrias que Manifestaram Fissuras.



Fonte: Autor (2021)

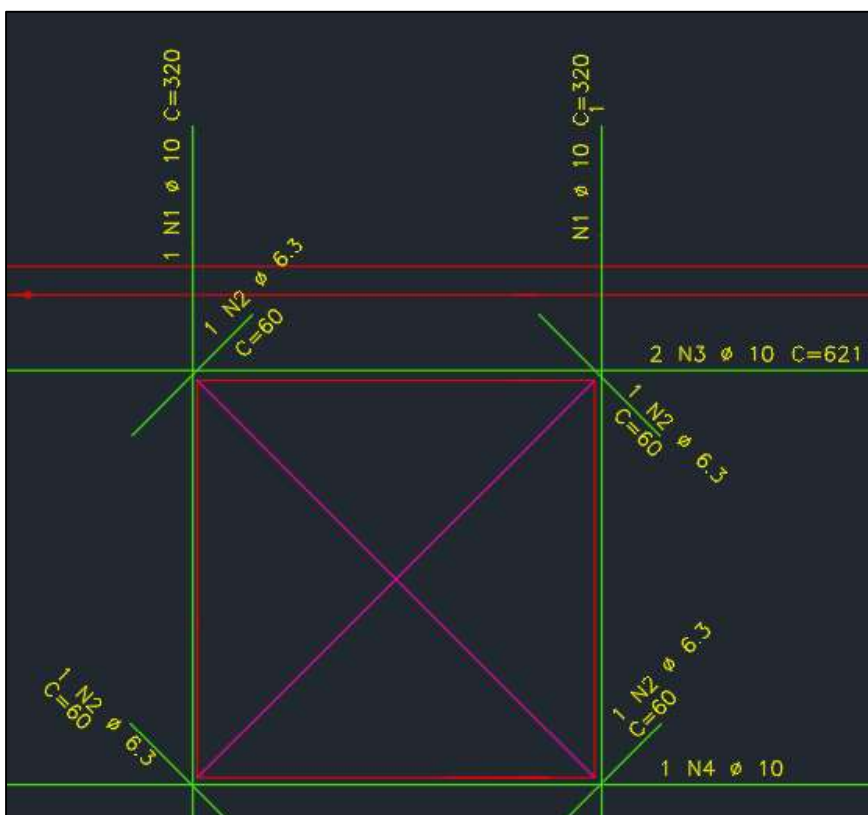
Conforme os dados citados, as Figuras 52 e 53 ilustram respectivamente os vãos das portas de entrada e o vão das janelas dos quartos de casais. Percebe-se a ineficiência dos vergalhões de reforços de apenas 6,3 mm de bitola, os quais não suportaram as cargas impostas.

Figura 52 - Detalhe do Projeto Estrutural dos Vãos das Portas de Entrada.



Fonte: Arquivos da Empresa, adaptado pelo Autor (2021)

Figura 53 - Detalhe do Projeto Estrutural dos Vãos das Janelas dos Quartos.



Fonte: Arquivos da Empresa, adaptado pelo Autor (2021)

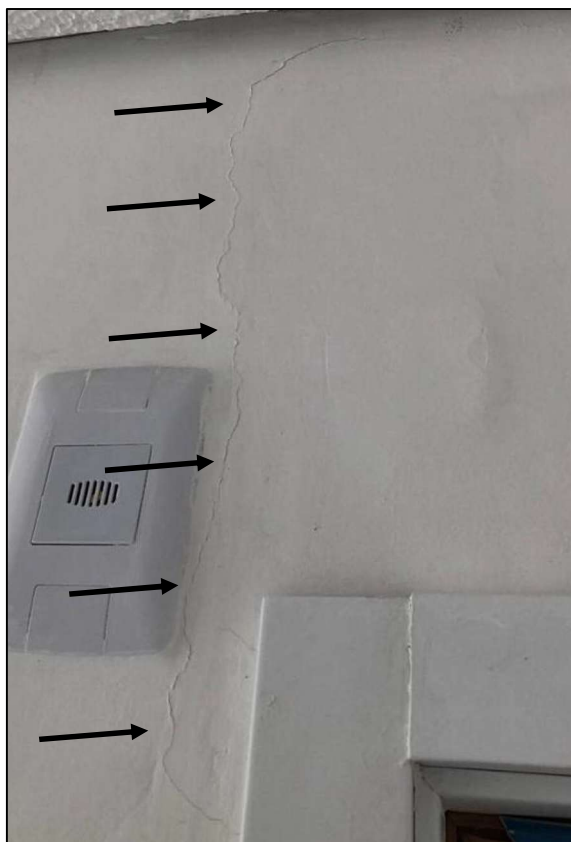
Como tentativa de correção desta falha, para os blocos A, B e C foram realizados na região fissurada, a escarificação do concreto para posterior aplicação de camadas superficiais de resina acrílica flexível, reforçada com tela de fibra de vidro, para ocultar à fissuração e permitir a aplicação do acabamento final de pintura. Porém, este tratamento requer treinamento da mão de obra executora, além de ser ineficiente para fissuras de gravidades elevadas. Por essas questões, em alguns pontos foram registradas fissuras no entorno da região tratada, manifestadas até mesmo em superfícies já regularizadas e pintadas. As Figuras 54 e 55 ilustram respectivamente o tratamento realizado no residencial e uma fissura manifestante na região tratada.

Figura 54 - Tratamento para as Fissuras de 45° e 90° em Vãos de Esquadrias.



Fonte: Autor (2020)

Figura 55 - Fissura Manifestada No Entorno Da Região Tratada No Apartamento 802A.

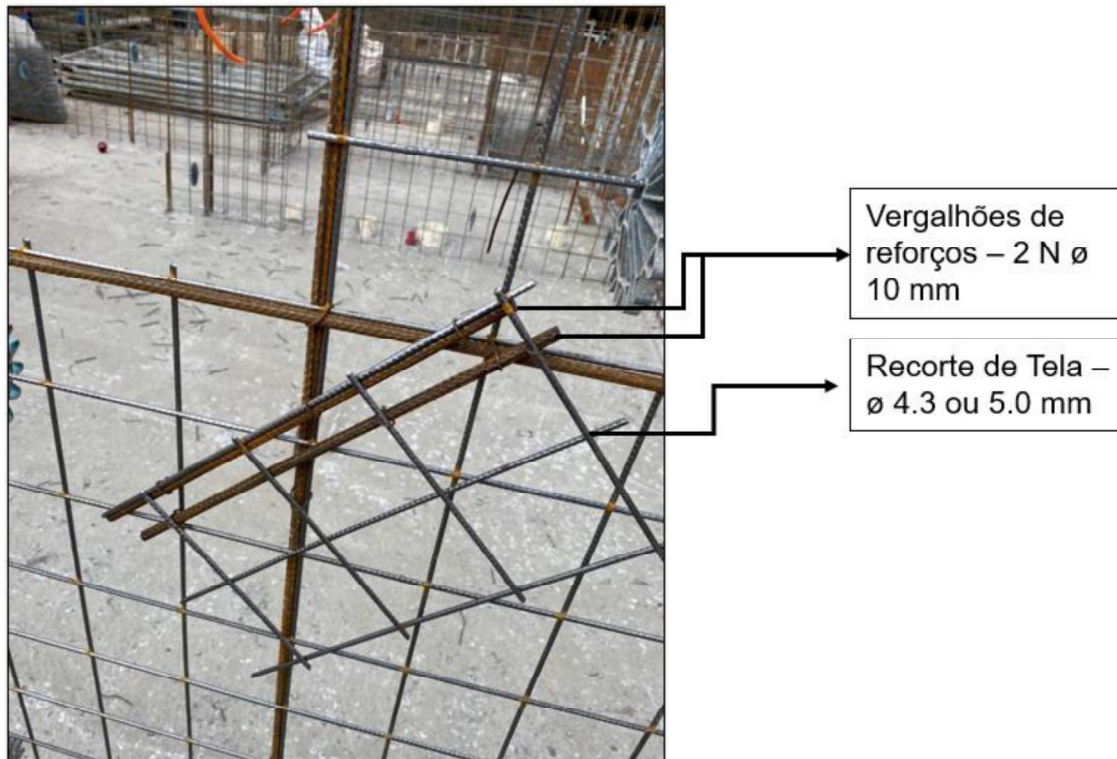


Fonte: Autor (2020)

Pela dificuldade na obtenção de medidas corretivas realmente eficazes para a falha em questão, é imprescindível a vistoria regular nas primeiras concretagens dos empreendimentos em paredes de concreto para localizar os pontos manifestantes de fissuras em vãos, para posterior realização de medidas preventivas como a execução de armaduras de reforços para as concretagens seguintes.

A Figura 56 ilustra, a execução de armaduras de reforços em uma outra obra na cidade de Santa Maria – RS, no comparativo ao empreendimento analisado no presente estudo. Adicionou-se mais um vergalhão de reforço de diâmetro 10 mm no vão de uma esquadria, além da fixação de sobras da tela metálica na região para suportar e estabilizar os esforços solicitantes. Salienta-se que a execução de 3 vergalhões de 6,3 ou 8 mm nos cantos dos vãos são mais eficazes do que com bitolas maiores. A possibilidade de aproximação das armaduras com os cantos, auxilia na distribuição das cargas e inibem as fissuras.

Figura 56 - Execução De Armaduras De Reforços Em Uma Obra Em Santa Maria- RS.



Fonte: Autor (2021)

4.3.5 Fissuras nas Lajes

As fissuras em lajes foram registradas de maneira recorrente para os Blocos A (39%), B (44%) e D (28%), manifestando-se até mesmo na superfície dos revestimentos cerâmicos. A Tabela 13 detalha as incidências apresentadas no residencial.

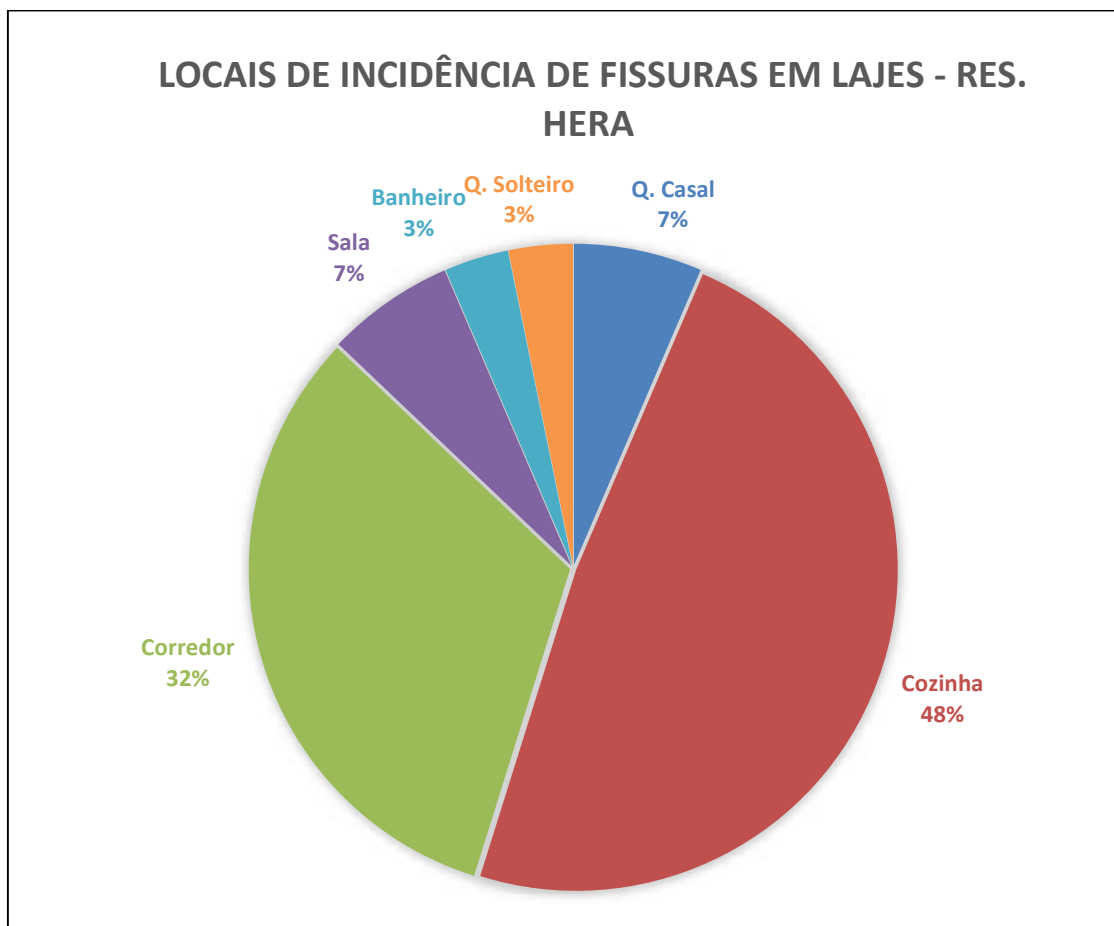
Tabela 13 - Quantitativos e Incidências das Fissuras nas Lajes.

Fissuras nas Lajes		
Bloco	Quantidade	Incidência
A	10	39%
B	20	44%
C	0	0%
D	5	28%
E	0	0%

Fonte: Autor (2021)

Conforme a Figura 57 que ilustra o gráfico de locais de incidências das fissuras em questão, percebe-se o grau de manifestação elevado nos ambientes da cozinha (48%) e corredor (32%) que juntos contemplam 81% dos locais vistoriados com fissuras em lajes. Após análise dos projetos estruturais de armação das lajes, as falhas manifestadas nesses locais foram causadas por erros projetuais na falta de inserção ou detalhamento das armaduras negativas, que proporcionam aos elementos estruturais monotonicidade e rigidez. A Figura 58 detalha as regiões de falta destas armaduras nas regiões destacadas.

Figura 57 - Gráfico de Locais de Incidências de Fissuras em Lajes.



Fonte: Autor (2021)

4.3.6 Fissuras Distantes de Aberturas

Verificou-se dois tipos de fissuras distantes de aberturas no Residencial Hera, denominadas de tipo “A” e “B”. Destaca-se pela Tabela 14 as incidências registradas principalmente no Bloco D, o qual apresentou em 17% das concretagens as fissuras de tipo “A” e de forma exclusiva, manifestou-se em 22% das concretagens as fissuras de tipo “B”.

Tabela 14 - Quantitativos e Incidências das Fissuras nas Lajes.

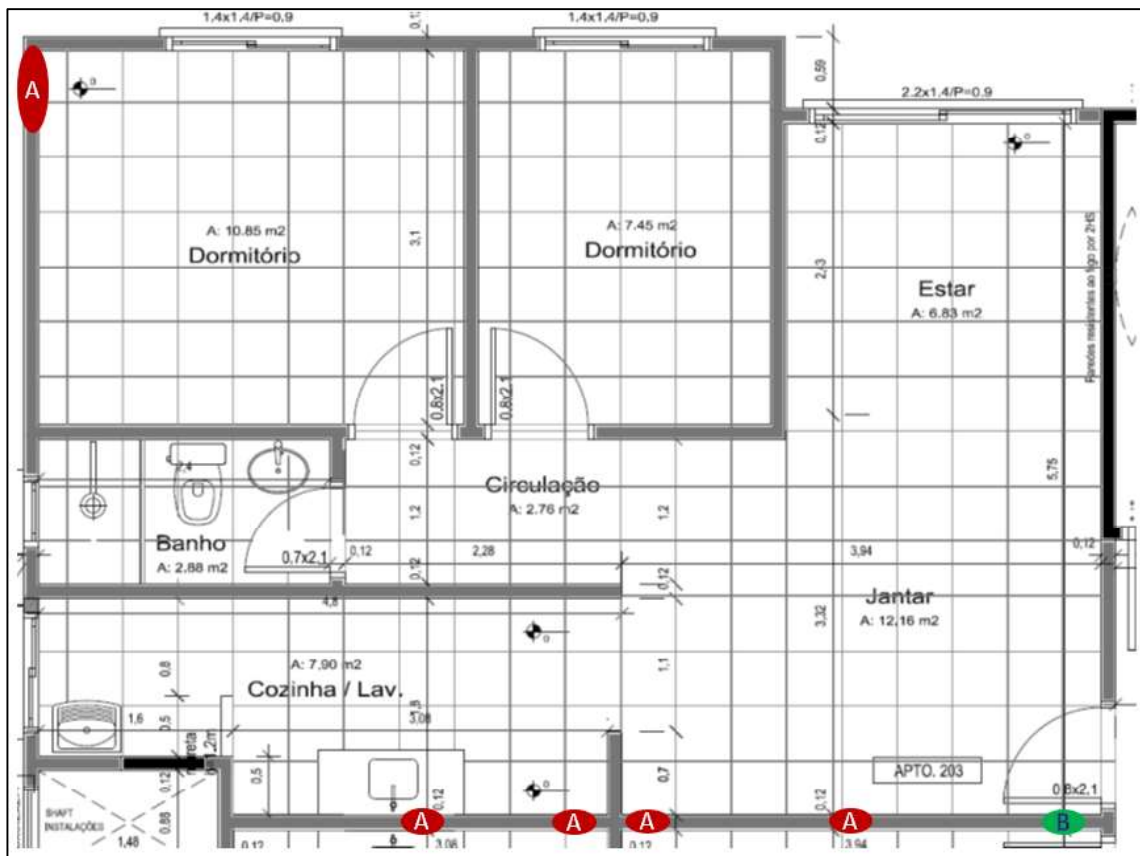
Fissuras Distantes de Aberturas - "A"			Fissuras Distantes de Aberturas - "B"		
Bloco	Quantidade	Incidência	Bloco	Quantidade	Incidência
A	1	6%	A	0	0%
B	0	0%	B	0	0%
C	0	0%	C	0	0%
D	4	17%	D	8	22%
E	2	11%	E	0	0%

Fonte: Autor (2021)

No intuito de buscar diagnósticos mais precisos, a Figura 59 detalha os pontos com a manifestação dessa falha. Percebe-se que as fissuras em sua maioria se apresentam nas paredes da Sala e Cozinha, que por serem longas e sem aberturas próximas, somadas a uma desforma sem a cura apropriada do concreto, formam “juntas de dilatação”, ou seja, fissuras na superfície da parede causadas pela retração de secagem do concreto.

Fissuras ocasionadas pela retração do concreto tendem a se manter intactas após o seu desenvolvimento sem o risco de se manter ativas, portanto, a aplicação de massa corrida para regularização das paredes ou o estucamento com graute nas regiões fissuradas tornam-se medidas suficientes para o tratamento dessa falha.

Figura 59 - Pontos de manifestação das Fissuras Distantes de Aberturas.



Fonte: Arquivos da Empresa, adaptado pelo Autor (2021)

Como medidas preventivas enfatiza-se o emprego de vergalhões de reforços ao longo das paredes tendenciosas a manifestações das falhas em questão. A Figura 60 ilustra a execução dessas armaduras em uma outra obra em Santa Maria - RS. Para tanto, fixou-se os vergalhões de 10mm de diâmetro horizontalmente nas regiões centrais das paredes e próximas as caixas elétricas.

Além disso, a utilização de lâmpadas de aquecimento após a concretagem, principalmente em locais de temperaturas baixas, auxilia na aceleração da cura do concreto, permitindo que o concreto apresente uma resistência mais elevada na desforma. A Figura 61 ilustra a utilização de lâmpadas na aceleração da cura do concreto.

Figura 60 - Execução de Armaduras Horizontais de Reforços em uma obra em Santa Maria - RS.



Fonte: Autor (2021)

Figura 61 - Aplicação de Lâmpadas de Aquecimento no auxílio da Cura do Concreto em uma obra em Santa Maria – RS.



Fonte: Autor (2021)

5 CONCLUSÃO

No intuito de descrever as principais manifestações patológicas no método construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco*, percebeu-se que a falta de armaduras de reforços nas fases projetuais, a falta de espaçadores e os descuidos executivos no momento da concretagem foram fatores determinantes para o surgimento da maioria das manifestações patológicas observadas.

Por se tratar de um método construtivo de ideais industriais na execução de suas unidades habitacionais, a identificação das falhas manifestadas ao decorrer da obra torna-se uma etapa de extrema importância para as empresas que se propõe a utilizar este modelo. A adoção de ações de controle dessas falhas, principalmente nas fases iniciais da obra evitam o retrabalho e diminuem os custos indesejados, já que o sistema paredes de concreto depende de processos com alta repetitividade.

Para a obra estudada, outro fator inerente ao surgimento das manifestações patológicas foi a elevada troca de mão de obra, já que para os cinco blocos construídos houve cinco empreiteiras diferentes em suas execuções, o que dificultou ainda mais o controle das falhas manifestadas e o perfeito entendimento das formas e dos projetos estruturais para as seguintes concretagens. Além disso, ratifica-se a dificuldade das empresas em contratar mão de obra de qualidade no país.

Entretanto, ainda que o método seja relativamente novo para a construtora do Residencial Hera, e que os processos de melhoria são incorporados ao longo do tempo e de acordo com a experiência de seus gestores, algumas práticas da boa engenharia não devem ser ignoradas pois além da diminuição de custos para empresa, a entrega de um produto de qualidade e com vida útil adequada reflete em uma boa imagem perante ao cliente e a comunidade.

REFERÊNCIAS

ABATTE, V. **Desmoldante: um para cada tipo de fôrma**. Revista Techne, n.70, jan 2003. Disponível em <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/70/artigo286230-1.aspx>>. Acesso em 06 de maio de 2021.

ANAUTE M. **Programa Minha Casa Minha Vida e Parede de Concreto. Núcleo de Referência Paredes de Concreto**, 2014. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque-interno/programa-minha-casa-minha-vida-e-parede-de-concreto>>. Acesso em: 20 março 2021.

ARÊAS, Daniel Moraes. **Descrição do processo construtivo de parede de concreto para obra de baixo padrão**. Março, 2013. Trabalho de conclusão de curso (Curso superior de Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, ABCP. **Sistemas construtivos racionalizados permitem obras mais rápidas e eficientes**, 2012. Disponível em <<http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/sistemas-construtivos-racionalizados-permitem-obras-mais-rapidas-e-eficientes>>. Acesso em: 20 de março 2021.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823**: Concreto Autoadensável. Rio de Janeiro, 2010.

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.

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 21 de abril 2021.

CORRÊA, Julio Marcelino. **Considerações Sobre Projeto e Execução de Edifícios em Paredes de Concreto Moldados In Loco**. 2012. 75. TCC – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

CORSINI, R. Paredes Normatizadas. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 183, 2012.

D'AMBROSIO D. **Sistema industrial chega à construção**, 17 ago. 2009. Disponível em <<http://www.meujornal.com.br/para/jornal/materias/integra.aspx?id=991006>> acesso em: 7 de março, 2021.

DO CARMO, Paulo Obregon. **Patologia das construções**. Santa Maria, Programa de atualização profissional – CREA – RS, 2003.

FARIA, R. **Normas de paredes de concreto moldadas "in loco"**. Revista Techne, n.146, maio 2009. Disponível em <<http://techne17.pini.com.br/engenhariacivil/146/-normas-norma-de-paredes-de-concreto-moldadas-in-loco-286588-1.aspx>>. Acesso em: 2 de março 2021.

FERRAZ, Hugo. **Execução de Edificações em Paredes de Concreto**, Associação Brasileira de Cimento Portland, ABCP, São Paulo, 2017.

FERREIRA, Romário. Planejamento – Economia concreta. **Revista Equipe de Obras**, São Paulo: Pini, n. 47, maio 2012. Não paginado. Disponível em: <<http://equipedebra17.pini.com.br/construcao-reforma/47/economia-concreta-ao-optimar-por-paredes-de-concreto-em-257752-1.aspx>>. Acesso em 12 de março de 2021.

FONSECA JUNIOR, A.; BARELLA FILHO, R. **Paredes de concreto**. Revista Técnica, São Paulo: Pini, ano 16, n. 140, p 22-23, nov. 2008. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/140/>>. Acesso em 2 de junho 2021.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. Disponível em: **As Estáticas de Habitação do Brasil**. São Paulo, 2020. Disponível em: < <https://blogdoibre.fgv.br/posts/estatisticas-da-habitacao-no-brasil> >. Acesso em 5 de julho 2021.

HELENE, P. R. L. **Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto**. 2° ed., São Paulo: Editora Pini, 1992.

JUSTUS P. Construção de casa entra na fôrma, **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 17 ago. 2009. Disponível em<<http://www.solucoesparacidades.com.br/habitacao/construcao-de-casa-entra-na-forma>>. Acesso em: 25 de março 2021.

LICHTENSTEIN, N. B. Procedimento para a resolução de problemas patológicos nas construções. **Engenharia**, São Paulo, n. 456, p.16-21, 1986^a.

MACÊDO, Julianne Simões. **Um estudo sobre o sistema construtivo formado por paredes de concreto moldadas no local**. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Curso superior de Engenharia Civil) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

MARANHÃO, George Magalhães. **Formas para Concreto: Subsídios para Otimização do Projeto Segundo a NBR 7190/97**. 2000. Dissertação de Mestrado Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Paulo 2000.

MESOMO, Marcos Feronatto. **Manifestações patológicas em unidades habitacionais construídas com paredes de concreto moldadas in loco com fôrmas metálicas: análise das falhas observadas na etapa de execução**. Julho, 2018. Trabalho de conclusão de curso (Curso superior de Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

MIOTTO, Anderson. **Avaliação das patologias no sistema construtivo em paredes de concreto moldadas no local para edifícios residenciais**. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Curso superior de Engenharia Civil) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

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

NAKAMURA, J. **Modelo seguro: quando bem especificados, fôrmas e escoramentos podem induzir ganhos de produtividade, além de agregar economia e qualidade à obra. Conheça as principais tecnologias disponíveis e suas aplicações**. [Editorial]. Construções mercado negócios de incorporação e construção, n.152, p.66 a 69, abr, 2018.

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.

NUNES, Valmiro Quefren Gameleira. **Análise estrutural de edifícios de paredes de concreto armado**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

PIANCASTELLI, Elvino Mosci. **Patologias do concreto**. 2017. Disponível em: <<https://abcp.org.br/imprensa/noticias/sistemas-construtivos-racionalizados-permitem-obras-mais-rapidas-e-eficientes/>>. Acesso em: 10 de maio 2021.

PIMENTA, M. **Industrialização da construção civil para o segmento econômico**, 2010. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/noticias/-/444/industrializacaodaconstrucao-civil-para-o-segmento-economico.html>>. Acesso em 15 de março 2021.

PRADO, Hayrton. **Paredes de concreto moldadas no local**. São Paulo, 2013. Disponível em: <<https://qualidadeonline.wordpress.com/2013/02/14/paredes-de-concreto-moldadas-no-local/>>. Acesso em: 15 de maio 2021.

SAMPAIO, Gregóry S. S. **Patologias em parede de concreto**. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Curso superior de Engenharia Civil) Universidade Salgado de Oliveira, São Gonçalo, 2016.

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-minhavidada>>. Acesso em 01 de abril 2021.

SENA, Gildeon Oliveira. Patologia das Construções. 1º ed., Salvador: Editora 2B Educação, 2020.

SILVA, Fernando Benigno. Sistema de fôrmas plásticas para paredes de concreto. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, n. 165, dezembro 2010. Não paginado. Disponível

em: <<https://docplayer.com.br/1653308-Como-construir-paredes-de-concreto.html>>. Acesso em 13 de maio de 2021.

SOUZA, Vicente Custódio; THOMAZ, Ripper. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**, São Paulo: Pini, 1998. Acesso em 22 de junho de 2021.

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.

THOMAZ, Érico. **Trincas em Edifícios – Causas, Prevenção e Recuperação**. São Paulo: PINI, 1989.

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.

VENTURINI, J. Casas com parede de concreto. **Revista Equipe de Obra**, São Paulo: Pini. n. 37, julho, 2011. Não paginado. Disponível em:<<http://www.equipedebra.com.br/construcaoreforma/37/artigo22068-1.asp>>. Acesso em: 15 de junho 2021