

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

BRUNA FERNANDES BORATTO

**ANÁLISE DOS TIPOS DE FISSURAÇÃO EM SISTEMAS CONSTRUTIVOS
PAREDES DE CONCRETO COM INCIDÊNCIA PÓS EXECUÇÃO: CAUSAS,
CONSEQUÊNCIAS E TRATAMENTOS**

**PONTA GROSSA
2022**

BRUNA FERNANDES BORATTO

**ANÁLISE DOS TIPOS DE FISSURAÇÃO EM SISTEMAS CONSTRUTIVOS
PAREDES DE CONCRETO COM INCIDÊNCIA PÓS EXECUÇÃO: CAUSAS,
CONSEQUÊNCIAS E TRATAMENTOS**

Trabalho apresentado à disciplina de
OTCC como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharelado em
Engenharia Civil, da Universidade
Estadual de Ponta Grossa.
Orientadora: Profa. Dra. Patrícia Krüger

**PONTA GROSSA
2022**

BRUNA FERNANDES BORATTO

**ANÁLISE DOS TIPOS DE FISSURAÇÃO EM SISTEMAS CONSTRUTIVOS
PAREDES DE CONCRETO COM INCIDÊNCIA PÓS EXECUÇÃO: causas,
consequências e tratamentos**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa.

BANCA EXAMINADORA:

Prof.^a Dra. Patrícia Krüger

Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof. Dr. Eduardo Pereira

Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof. Ms. Elias Pereira

Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Ponta Grossa, 17 de março de 2022

RESUMO

A crescente demanda do mercado imobiliário e a necessidade de agilidade na execução de obras públicas tem levado as construtoras a aderirem a métodos construtivos para racionalizar os custos de mão de obra, atendendo a demanda em curto prazo, com qualidade e segurança. Uma forma de suprir todas essas necessidades foi o desenvolvimento do método construtivo em paredes de concreto moldadas in loco. Juntamente com o andamento da obra, observa-se um grande número de edificações apresentando manifestações das mais variadas espécies. Este trabalho tem como objetivo avaliar a manifestação patológica do tipo fissura em paredes de concreto, bem como entender as causas e consequências das fissuras, envolvendo esse método construtivo. Para o desenvolvimento deste trabalho, foram realizadas análises práticas de uma obra inconclusa, onde foram observadas fissuras pós execução em um curto prazo, abordando os tipos de tratamento necessários, assim como sua prevenção. Foram também realizados comparativos de custos entre formas de prevenção e de tratamento, obtendo resultados diferentes para cada comportamento de fissura. A opção por realizar o tratamento ou a prevenção deve seguir as prioridades e necessidades de cada obra.

Palavras chave: Manifestações patológicas. Fissuras. Estudo de caso. Parede de concreto.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Obra construída em paredes de concreto	10
Figura 2-Obra construída em paredes de concreto	11
Figura 3- Obra da empresa Rodobens	12
Figura 4-Crescimento obras parede de concreto MRV	12
Figura 5-Tipologia das estruturas em parede de concreto	14
Figura 6-Comparação entre etapas construtivas do acabamento	15
Figura 7-Edificação pós desforma	15
Figura 8 – Detalhamento do projeto de armadura	17
Figura 9 – Montagem das telas in loco	17
Figura 10- Instalações elétricas embutidas	18
Figura 11 - Slump Test	20
Figura 12–Teste de espalhamento	20
Figura 13 - Moldagem dos corpos de prova	21
Figura 14 - Forma metálica	Erro! Indicador não definido.
Figura 15 - Forma metálica + compensado	22
Figura 16 - Forma de plástico	22
Figura 17 - Formas trepantes	23
Figura 18- Principais processos executivos	24
Figura 19- Fundação do tipo radier	25
Figura 20- Marcação das paredes	25
Figura 21- Tolerância para desvios horizontais	26
Figura 22- Ancoragens de canto	27
Figura 23- Execução de armaduras	27
Figura 24- Instalações elétricas e hidráulicas	28
Figura 25- Caixa de passagem elétrica	28
Figura 26- Faquetas	29
Figura 27- Escoramento	29
Figura 28- Concretagem	30
Figura 29- Desforma	31
Figura 30- Causas das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado	32
Figura 31- Fissura em parede de concreto	33

Figura 32- Fissuras causadas por recalque da fundação.....	35
Figura 33- Eletroduto do Quadro de Distribuição	38
Figura 34- Fissurômetro 0,05mm	39
Figura 35- Eletroduto entre tomadas	39
Figura 36- Espaçadores de eletrodutos	40
Figura 37- Amarração de conduítes	41
Figura 38- Tela BelgoRevest.....	41
Figura 39- Fissura 45° em janela	42
Figura 40- Fissura 45° em janela similar	43
Figura 41- Armadura de reforço	44
Figura 42- Reforços estruturais no perímetro da esquadria	45
Figura 43- Reforços inclinados na diagonal	45
Figura 44- Sacador de painel e desmoldante.....	46
Figura 45- Fissura em junta fria.....	46
Figura 46- Fissurômetro 0,9mm	47
Figura 47- Fita hidro expansiva	48
Figura 48- Aplicação de gesso	49
Figura 49- Microfissuras	49
Figura 50- Fissura passiva	50
Figura 51- Abertura na fissura ativa	51
Figura 52- Limpeza do substrato.....	51
Figura 53- Aplicação de PU.....	52
Figura 54- Lixamento	53
Figura 55- Tela de poliéster.....	53
Figura 56- Umidade na região.....	54
Figura 57- Aplicação de impermeabilizante	54
Figura 58- Abertura de fissura passiva.....	56
Figura 59- Resina epóxi	57
Figura 60- Tela de poliéster.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Prevenção fissura ativa	59
Tabela 2- Tratamento fissura ativa.....	60
Tabela 3- Prevenção em fissura passiva	60
Tabela 4- Tratamento fissura passiva	60

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	7
1.1	OBJETIVOS	8
1.1.1	OBJETIVO GERAL.....	8
1.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
1.2	JUSTIFICATIVA	9
2.	REVISÃO DA LITERATURA	10
2.1	HISTÓRICO	10
2.2	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAREDES DE CONCRETO.....	13
2.3	ELEMENTOS CONSTITUINTES.....	16
2.3.1	Aço	16
2.3.2	Instalações elétricas e hidráulicas	17
2.3.3	Concreto.....	18
2.3.4	Fôrmas	21
2.4	PROCESSO EXECUTIVO	23
2.4.1	Fundações.....	24
2.4.2	Marcação das paredes na laje	25
2.4.3	Armação	26
2.4.4	Instalações hidráulicas e elétricas	27
2.4.5	Montagem das fôrmas.....	28
2.4.6	Escoramento	29
2.4.7	Concretagem	30
2.4.8	Desforma.....	30
2.5	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	31
2.5.1	Fissuração.....	33
3.	METODOLOGIA	36
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
4.1	ESTUDO DE CASO	38
4.1.1	Princípios e prevenções de fissuras.....	38

4.1.1.1	Fissuras nas regiões de eletrodutos de instalação elétrica e hidráulica ...	38
4.1.1.2	Fissuras 45° em esquadrias.....	42
4.1.1.3	Fissuras em juntas frias	46
4.1.2	Tratamentos de fissuras	48
4.1.2.1	Tratamento de fissura a 45° em esquadria	50
4.1.2.2	Tratamento de fissura em passagem de eletroduto entre duas tomadas .	55
4.1.3	Comparativo de custo entre prevenção e tratamento.....	59
5.	CONCLUSÃO	63

1. INTRODUÇÃO

Segundo Leal (2010), a intensa demanda por habitações de interesse social motivou o investimento do mercado em sistemas inovadores, que apresentam processos construtivos racionalizados, buscando o menor consumo de mão de obra e otimização do tempo de execução através do aumento do uso de produtos e processos industrializados. Esses sistemas são caracterizados por possuírem como características principais a padronização dos serviços, escala de produção, redução de desperdício e redução de tempo.

Com o objetivo de aumentar a produtividade em diversas escalas, a utilização de novas tecnologias na construção civil reduz o tempo de construção e o desperdício. Em especial, o uso de vedações verticais inovadoras em comparação com a construção tradicional apresenta vantagens, como a melhoria da qualidade, redução de 20% do tempo de construção, redução dos resíduos de construção em 56%, redução da emissão de poeira e ruído no local e redução da necessidade de mão de obra em 9,5%, quando comparado com os métodos convencionais (JAINLOM; POON; CHIANG, 2009; WAGHMARE; VAISHALI, 2015).

Um desses processos inovadores que tem conquistado espaço no mercado brasileiro é o de paredes de concreto moldadas “in loco”, que permite executar, de forma ágil e econômica, obras de grande porte, garantindo a qualidade necessária e os requisitos de acordo com a norma de desempenho NBR 15.575 (ABNT, 2013).

De acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2012), o método em Parede de Concreto se caracteriza por ser composto por elementos autoportantes, os quais se suportam independentemente, sem o auxílio de outras estruturas. Eles são moldados no local, com o auxílio de fôrmas metálicas ou plásticas e posteriormente são preenchidas com concreto. Todas as instalações elétricas e hidráulicas são embutidas nas paredes, agilizando o processo executivo.

Com todas as inovações acontecendo rapidamente, juntamente com a mão de obra não especializada e poucas normativas a respeito do assunto, diversos tipos de manifestações patológicas acabam por ser evidenciadas.

De acordo com Relatório de Execução do Programa Minha Casa Minha Vida (2017), com base em construções em paredes de concreto moldadas in loco, foram entregues 54% das moradias com algum tipo de manifestação patológica, no estudo

realizado em 77 empreendimentos e 1.472 unidades habitacionais, comprometendo o desempenho e durabilidade das estruturas.

Neste cenário o presente trabalho se insere com o intuito de avaliar as falhas construtivas, relacionadas à manifestação patológica do tipo fissura, bem como sugerir medidas preventivas e corretivas através de dados observados em um estudo de caso de paredes de concreto, apresentando o resultado final por meio de comparativo de custos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar as causas e descrever as técnicas utilizadas para o reforço, prevenção e reparo das fissuras em paredes de concreto, através de estudos de casos e pesquisas com consultores, bem como apresentar o resultado mais favorável através de comparativo de custos.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A fim de alcançar o objetivo geral deste trabalho, foram elencados os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar a metodologia de execução do processo construtivo em parede de concreto e identificar as principais causas de manifestações patológicas do tipo fissura;
- Elencar possíveis diagnósticos para o tratamento de fissuras em paredes de concreto, baseado em pesquisas anteriores;
- Identificar, através de visitas em obras e estudo de caso, as causas e possíveis consequências da presença de fissuras nas edificações construídas no sistema de paredes em concreto;
- Desenvolver sugestões de melhorias para a prevenção, reparo e reforço no sistema construtivo parede de concreto com fissuração, através de análises com consultores especializados na área;
- Apresentar comparativo de custo entre método de prevenção e método de reparação de fissuras em paredes de concreto.

1.2 JUSTIFICATIVA

O presente projeto de pesquisa tem por motivação o crescente ganho de espaço do método parede de concreto moldada in loco no mercado imobiliário, trazendo vantagens no aspecto de redução do tempo de obra e de resíduos, menor consumo de mão de obra e um processo industrializado. Devido a agilidade do processo e um possível descuido na qualidade da obra, dá-se o surgimento de manifestações patológicas. A análise e tratamentos destas, são importantes tanto para o desempenho da estrutura, quanto para a qualidade e conforto visual. Nesse quesito manifestações patológicas, destacam-se as do tipo fissuras, as quais serão objeto e foco deste estudo.

As fissuras causam comprometimentos estéticos que transmitem insegurança aos usuários, infiltrações gerando umidade interna na edificação, colocando em risco a salubridade dos ambientes e a redução da vida útil da estrutura, sendo mais suscetível a corrosão da armadura.

A manifestação patológica do tipo fissura é recorrente em diversos pontos das paredes de concreto, os quais foram abordados e explicados neste trabalho, assim como, os tipos de reparos e prevenções. Foram apresentados nos âmbitos de reparação e prevenção os custos envolvendo cada um desses processos, sendo observados resultados interessantes, necessitando de análise criteriosa com relação a fissura do tipo ativa.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 HISTÓRICO

No Brasil, a partir da abertura do mercado nos anos 80, houve uma evolução da construção civil, possibilitando às empresas construtoras a importação de produtos e tecnologias. Nesse sentido, no decorrer desses anos, foram introduzidas práticas de modernização de canteiros, materiais, produtos, ferramentas, entre outros, possibilitando a industrialização de métodos. Aliado a isso, foi observada uma crescente melhora na qualidade, redução de desperdícios e tempo de duração de obra. Atendendo a essas condições, sobressaiu-se o método de paredes de concreto moldadas in loco (BUENO, 2011; ROSSIGNOLO, 2011; SACH, 2011).

Em 1980, a empresa brasileira Gethal, a qual foi fundada em 1946 em Caxias do Sul/RS, desenvolveu nacionalmente a tecnologia de Paredes de Concreto Celular moldadas no local, havendo grande aceitação no mercado. Com isso, a Gethal fez pesquisas internacionais e aliada a empresas do setor, desenvolveu a tecnologia de produção e aplicação de formas para paredes de concreto. Na Figura 1 e Figura 2 são apresentadas obras construídas em paredes de concreto na região de Manaus em 1998, pela empresa Gethal.

Figura 1- Obra construída em paredes de concreto



Fonte: Gethal, 1998

Figura 2-Obra construída em paredes de concreto



Fonte: Gethal, 1998

Porém, com o cenário brasileiro, a falta de incentivos do governo, a escassez de referências, as tentativas fracassadas e prejuízos de implementação de soluções inovadoras, o método acabou não recebendo continuidade no país. (BORGES, 2008).

Somente em 2006, após 26 anos do conhecimento do processo no Brasil, a empresa Rodobens Negócios Imobiliários, iniciou obras com o método Parede de Concreto utilizando formas de plástico, as únicas produzidas aqui no Brasil durante um longo período de tempo. Para a implantação dessa técnica, a empresa precisou quebrar vários paradigmas, devido à falta de fornecedores de formas, materiais elétricos e hidráulicos específicos para o sistema (FERREIRA, 2012).

A empresa optou por este método pela necessidade de um diferencial entre as outras do mesmo segmento, garantia da qualidade do material final e de obra prima, os quais não poderiam ser possíveis por meio do método de alvenaria convencional, devido às várias regiões em que atuam no país (FERREIRA, 2012). Na Figura 3 é apresentada uma obra da empresa Rodobens Negócios Imobiliários.

A partir de 2007, construtoras, o Instituto Brasileiro de Tela Soldada (IBTS), a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) e a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem (ABESC), aliaram-se para desenvolver estudos técnicos e científicos sobre a tecnologia das paredes de concreto, pouco explorada até aquele momento em âmbito nacional (INSTITUTO BRASILEIRO DE TELA SOLDADA, 2008).

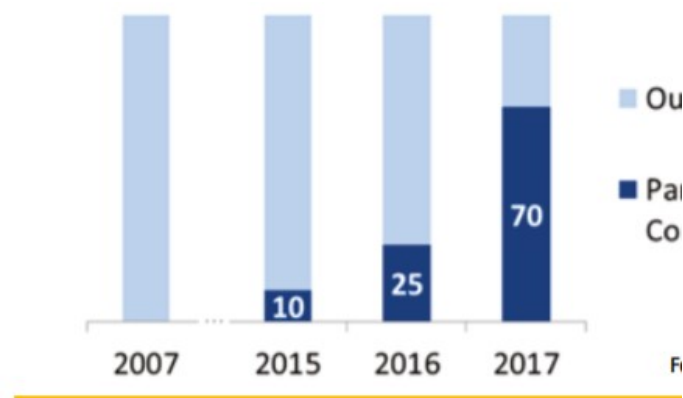
Figura 3- Obra da empresa Rodobens



Fonte: Núcleo Parede de Concreto (2016)

Foram lideradas visitas até o Chile, Colômbia e México, locais onde o sistema parede de concreto moldada in loco é bem difundido em diversos segmentos habitacionais. Como resultado obteve-se a norma “ABNT NBR 16055:2012 – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações — Requisitos e procedimentos”, a qual abrange todos os tipos de edificações onde se utiliza desse método (COSTA, 2018; LIMA, 2018). A Figura 4 representa o crescimento das obras em parede de concreto durante um período de 10 anos, referente à empresa MRV.

Figura 4-Crescimento obras parede de concreto MRV



Fonte: Revista Concreto e Construções (2018)

Em seguida, foi criado o Grupo Parede de Concreto (GPC), com o objetivo de integrar a cadeia produtiva e auxiliar a implantar o sistema no Brasil. Em 2008, o

grupo já contava com a publicação da primeira coletânea de Ativos em Parede de Concreto, que foi lançada durante 80º Encontro Nacional da Indústria da Construção (ENIC). A coletânea trazia informações sobre normalização técnica, sistema de formas, uso de telas soldadas, qualificação de mão de obra, entre outros (MONGE, 2018; SILVA, 2018).

Em 2009, o Governo Federal Brasileiro com o intuito de reduzir o déficit habitacional do país, criou o programa “Minha Casa Minha Vida (MCMV)”, o qual impulsionou o crescimento do sistema em paredes de concreto, já que o método traz uma rapidez e qualidade superior quando comparado com o convencional (BRAGUIM, 2013).

2.2 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAREDES DE CONCRETO

Com o crescimento do mercado imobiliário brasileiro e as contínuas medidas públicas para ampliar a oferta de moradias, o sistema parede de concreto representa uma solução factível para produção em escala (MISURELLI, 2009; MASSUDA, 2009).

Esse processo é recomendado para empreendimentos que possuem alta repetitividade, como condomínios residenciais e edifícios residenciais. Obras, que exigem das construtoras prazos de entrega exíguos, economia e otimização de mão de obra (COLETÂNEA DE ATIVOS PAREDE DE CONCRETO, 2007). Pode também ser flexível à necessidade da obra, podendo ser utilizado em construções de casas térreas, casas assobradadas e edifícios de mais de trinta pavimentos (ABCP, 2007), como retratado na Figura 5.

De acordo com a ABNT 16055 (2012), intitula-se parede de concreto como sendo “um elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede.”

O sistema parede de concreto é uma tecnologia de construção industrializada e racionalizada que visa a melhoria da produtividade, velocidade de execução, baixo custo e qualidade, razões que contribuem para o elevado resultado final de qualidade (CORSINI, 2011).

Figura 5-Tipologia das estruturas em parede de concreto



Fonte: HESKETH (2009)

Sobre a qualidade, a Associação Brasileira de Cimento Portland (2008) escreve:

A qualidade final de uma obra está diretamente ligada aos materiais utilizados, aos métodos de execução e ao controle tecnológico que se faz, desde a produção dos insumos até sua aplicação. No sistema de parede de concreto, a qualidade é garantida pelo uso de formas com grande precisão dimensional, materiais com produção controlada (concreto, tela de aço, etc.), atividades planejadas e não-artesanais, potencializando a produção dentro dos requisitos de qualidade estabelecidos.

Outros fatores para garantia de um bom resultado ao fim da obra, no método em parede de concreto, é a segurança em todos os níveis, desempenho normalizado, gestão de processos e acabamentos. Com relação à segurança, tem-se o cuidado dos operários, dado pelos andaimes e guarda-corpos integrados ao painel de fôrmas, do construtor, com o uso de materiais industrializados e por fim comercial, com o cumprimento do cronograma físico-financeiro (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2012).

Com relação ao desempenho normalizado, tendo o concreto como material principal, são realizados ensaios de desempenho térmico, acústico, resistência a impacto e permeabilidade da superfície para a aprovação do tipo de concreto a ser utilizado, seguindo a NBR 15575 (COLETÂNEA DE ATIVOS PAREDE DE CONCRETO, 2007). Já no que diz respeito à gestão de processos, por ser altamente industrializado, mecanizado e com controle tecnológico alto, há um domínio do cronograma do início até a entrega da obra, contribuindo com a qualidade, prazos e produtividade (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2012).

Com relação aos acabamentos, pelo resultado de um processo monitorado e sem improvisações, as paredes não necessitam de um revestimento de argamassa para a aplicação da pintura ou textura, devido ao padrão das formas e do tipo de concreto utilizado. (COLETÂNEA DE ATIVOS PAREDE DE CONCRETO, 2007). Na Figura 6 é mostrada a comparação do acabamento no método convencional e em parede de concreto.

Figura 6-Comparação entre etapas construtivas do acabamento



Fonte: HESKETH (2009)

Nesse processo construtivo, tanto a parede de vedação, como também a estrutura em geral, onde compreende as lajes, passam a ser um único elemento, onde serão embutidas todas as instalações necessárias durante a concretagem. As fôrmas utilizadas podem ser removidas assim que o concreto atingir seu processo de cura, explicado no item 4.4.8 (ABCP, 2007), como mostra a Figura 7.

Figura 7-Edificação pós desforma



Fonte: IMS Construtora (2018)

2.3 ELEMENTOS CONSTITUINTES

2.3.1 Aço

Conforme Misureli e Massuda (2009), a armação utilizada no sistema de paredes de concreto moldadas in loco é a tela soldada. A NBR 7481 (ABNT, 1990) define tela soldada como:

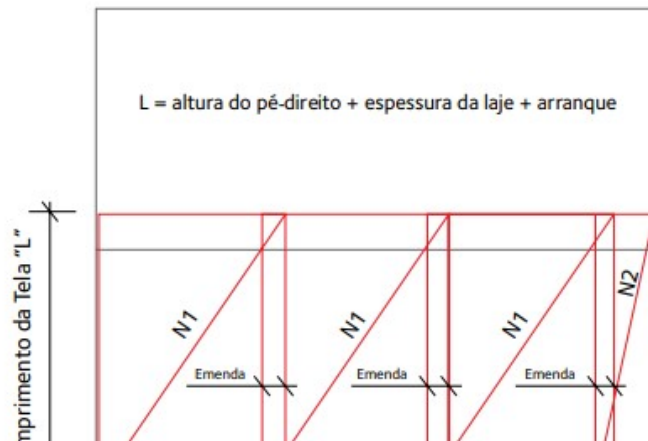
Armadura pré-fabricada, destinada a armar concreto, em forma de rede de malhas retangulares, constituída de fios de aço longitudinais e transversais, sobrepostos e soldado sem todos os pontos de contato (nós), por resistência elétrica(caldeamento).

As telas são posicionadas no eixo vertical das paredes e são aplicados reforços em todos os vãos de janelas e portas e cantos de paredes, por meio de armadura convencional. A armação deve atender a três requisitos básicos: resistir a esforços de flexo-torção nas paredes, controlar a retração do concreto e estruturar e fixar as tubulações elétricas, hidráulicas e de gás (MASSUDA, 2009; MISURELI,2009).

De acordo com a NBR 16.055 (ABNT, 2012), o aço utilizado deve apresentar uma qualidade satisfatória em conformidade com a especificada em projeto, devendo ser tomados alguns cuidados especiais no transporte e armazenamento das telas de aço para evitar sua deformação, como por exemplo, não estocar diretamente sobre o solo. Também deve ser garantido seu cobrimento mínimo, colocando espaçadores plásticos para assegurar o posicionamento das telas e considerar a possibilidade de colocação de tela dupla para paredes com espessura superior a 15 cm (ABCP, 2012).

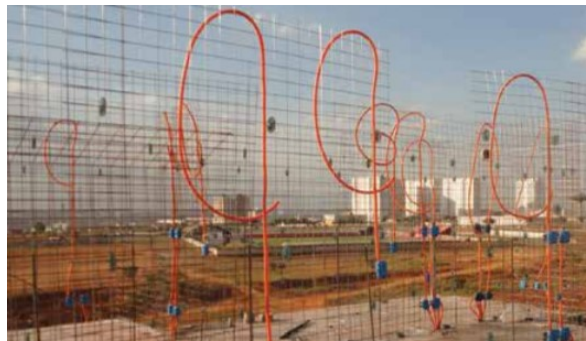
Na Figura 8 mostra-se exemplo de detalhamento de projeto de armadura e na Figura 9 pode se observar detalhe da montagem das telas in loco.

Figura 8 – Detalhamento do projeto de armadura



Fonte: ArcelorMittal (2018)

Figura 9 – Montagem das telas in loco



Fonte: ArcelorMittal (2018)

2.3.2 Instalações elétricas e hidráulicas

Conforme a prescrição do método de embutir as tubulações verticais, deve-se respeitar as normas de instalação através da NBR 16055 (ABNT, 2012):

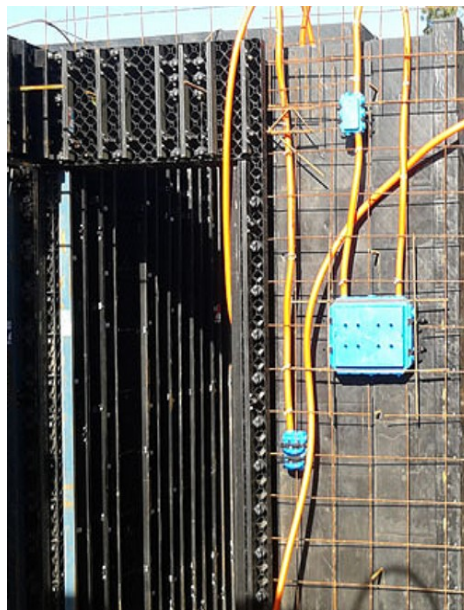
O diâmetro máximo das tubulações deve ser de 50 mm e sua ocupação na parede de concreto não deve exceder 50% da espessura da mesma, para que haja espaço suficiente para o cobrimento adotado e para a armadura de reforço a ser utilizada. Permite-se uma ocupação de 66% com cobrimentos mínimos, desde que sejam utilizadas telas de reforço nos dois lados da tubulação, com comprimento mínimo de 50 cm para cada lado. Não são permitidas tubulações horizontais, a não ser trechos de até um terço do comprimento da parede, não ultrapassando 1 m, desde que esse trecho não seja estrutural.

Nas tubulações de água fria e quente, o material mais utilizado é o PVC, por possuir menor custo, contudo, uma alternativa que vem ganhando espaço no

mercado é o PEX- polietileno reticulado, porém este possui um custo maior (THORUS ENGENHARIA, 2017). Já nas instalações elétricas, é comumente utilizado o eletroduto corrugado laranja, por possuir maior resistência quando exposto a concretagem (ABCP, 2013).

Onde o diâmetro da tubulação ultrapassar 50mm, os mesmos devem ficar alojados em *shafts*, previstos em projeto (ARÊAS, 2013). Na Figura 10 é possível observar as instalações elétricas embutidas na parede.

Figura 10- Instalações elétricas embutidas



Fonte: Cimento Itambé (2014)

2.3.3 Concreto

Segundo Misureli e Massuda (2009), são recomendados quatro tipos de concretos para serem utilizados no sistema de parede de concreto, no Brasil. São eles: concreto celular, concreto com agregados leves ou com baixa massa específica, concreto com elevado teor de ar incorporado – até 9%, e por fim concreto convencional ou auto adensável.

De acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2012), a especificação do concreto para esse sistema construtivo deve estabelecer:

- a) resistência à compressão para desforma compatível com o ciclo de concretagem;
- b) resistência à compressão característica aos 28 dias (f_{ck});

c) classe de agressividade do local de implantação da estrutura conforme a NBR 12.655;

d) trabalhabilidade, medida pelo abatimento do tronco de cone (NBR NM 67) ou pelo espalhamento do concreto (NBR 15.823-2).

Quando economicamente viável, deve-se utilizar o concreto auto adensável, devido à espessura das paredes e lajes serem de pequena dimensão, dificultando o lançamento e a vibração do concreto convencional nas formas. Este tipo de concreto é formado por uma mistura de consistência fluida, dispensando o uso de vibrador e sua aplicação é feita de forma mais rápida, utilizando o bombeamento do concreto (ABCP, 2007).

Outra categoria é o concreto celular (Tipo L1), que de acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland, é composto por agregados convencionais, cimento Portland, água e bolhas de ar. Por causa das bolhas de ar, adquire características como a baixa massa específica e o bom desempenho térmico e acústico. É usualmente utilizado para estruturas de até dois pavimentos (ABCP, 2007).

O concreto com elevado teor de ar incorporado – até 9% (Tipo M) possui as mesmas características acústicas, térmicas e mecânicas do concreto celular, porém utilizado em residências térreas e sobrados (ABCP, 2007). Os dois concretos citados acima, são específicos para resistências mínimas entre 4 e 6 MPa.

O concreto com agregados leves ou com baixa massa específica (Tipo L2), segundo a ABCP (2007), classifica esse concreto como composto de agregados leves e tem características como bom desempenho térmico e acústico, mas levemente inferior aos concretos Tipos L1 e M. É usado em qualquer estrutura que necessite de resistência de até 25 MPa.

Como em todas concretagens, deve ser feito o controle tecnológico do concreto, principalmente nesse sistema, onde o concreto é o principal elemento utilizado.

Esse controle deve ser feito com o concreto no estado “fresco”, seguindo a norma de amostragem de concreto fresco NBR NM 33 (ABNT, ano), onde os ensaios feitos em obra são: *Slump test*, *slump flow* ou espalhamento e moldagem de corpos de prova. No teste de abatimento do tronco de cone (*Slump test*) devem ser utilizados os parâmetros entre 180 e 230 mm e no teste de espalhamento do concreto (*slump flow*) entre 660 e 750 mm. (MACÊDO, 2016).

Na Figura 11 é ilustrado o teste de abatimento do tronco de cone (*Slump test*), na Figura 12 o teste de espalhamento do concreto (*Slump flow*) e na Figura 13, a moldagem dos corpos de prova.

Figura 11 - Slump Test



Fonte: Comunidade da construção (2016)

Figura 12–Teste de espalhamento



Fonte: Comunidade da construção (2016)

Figura 13 - Moldagem dos corpos de prova



Fonte: ESO (2012)

2.3.4 Fôrmas

De acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2012):

O sistema de fôrmas é composto de estruturas provisórias, cujo objetivo é moldar o concreto fresco. É formado por outros elementos, como painéis de fôrmas, escoramento, cimbramento, aprumadores e andaimes, incluindo seus apoios, e a união entre as peças.

Segundo a Coletânea de Ativos de Parede de Concreto (2009), o conjunto de fôrmas deve resistir a todas as pressões do lançamento do concreto até que este adquira resistência suficiente para a desforma. Exige-se também que estas sejam estanques e mantenham rigorosamente a geometria das peças que estão sendo moldadas.

As fôrmas são basicamente de três materiais: metálicas, metálicas com compensado de madeira e de plástico. Atualmente, usa-se muito a fôrma de alumínio, mas a norma não se restringe a nenhum tipo de material (CORSINI, 2011).

As metálicas são fôrmas que utilizam quadros e chapas metálicas tanto para estruturação de seus painéis como para dar acabamento à peça concretada, conforme a Figura 14.

Figura 14 - Forma metálica + compensado



Fonte: Comunidade da construção (2016)

Por fim, na Figura 15 ilustra-se as fôrmas plásticas, as quais utilizam quadros e chapas feitas em plástico reciclável, tanto para estruturação de seus painéis como para dar acabamento à peça concretada, sendo contraventadas por estruturas metálicas.

Figura 15 - Forma de plástico



Fonte: Metro modular (2020)

Para edifícios de múltiplos pavimentos, podem-se utilizar fôrmas trepantes (Figura 16). Nesta modalidade a produtividade da mão de obra é alta, pois as fôrmas, estruturadas com painéis de grandes dimensões e andaimes de serviço, já são transportadas de uma só vez, diminuindo etapas de montagem. Com isso, o transporte vertical do conjunto exige necessidade de grua no canteiro (COLETÂNEA DE ATIVOS, 2009).

Figura 16 - Formas trepantes



Fonte: AEC (2009)

A escolha da tipologia adequada, o desenvolvimento e detalhamento do projeto de fôrmas são de extrema importância para a viabilidade do sistema parede de concreto e a garantia da qualidade do produto final. Esse projeto de fôrma deve abordar (COLETÂNEA DE ATIVOS, 2009):

- Detalhamento e posicionamento dos painéis;
- Detalhamento dos equipamentos auxiliares;
- Detalhamento de peças de travamento e aprumo;
- Detalhamento do escoramento (inclusive escoramento residual permanente);
- Sequência executiva de montagem e desmontagem.

2.4 PROCESSO EXECUTIVO

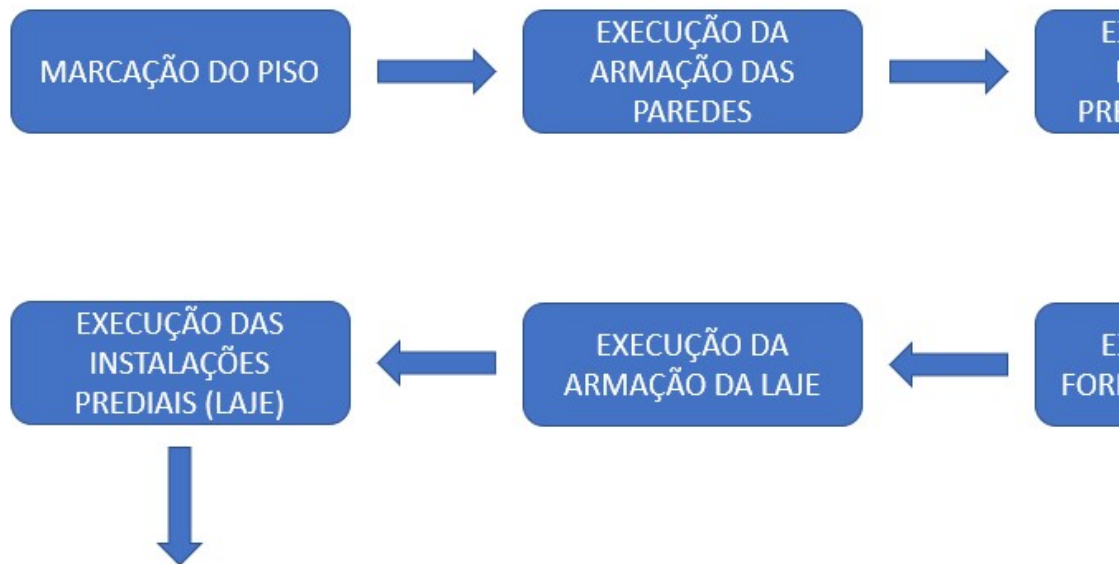
A título de maior especificação, a ABNT NBR 16055 (2012) define o processo construtivo paredes de concreto moldadas in loco, como:

Paredes submetidas à carga axial, com ou sem flexão, concretadas com todos os elementos que farão parte da construção final, tais como detalhes de fachada, armaduras distribuídas e localizadas, instalações (elétricas e hidráulicas), quando embutidas, e lajes incorporadas ao sistema por solidarizarão com as paredes, tornando o sistema monolítico.

Segundo Venturini (2011), conforme o processo construtivo adotado por cada construtora, podem ocorrer variações na forma de execução de paredes de concreto. Alguns itens que podem variar de empresa para empresa, são os materiais das fôrmas e seu fechamento, assim como o tipo de concreto utilizado. Na Figura 17

são mostrados os principais processos realizados em canteiro de obra, para a execução de paredes de concreto.

Figura 17- Principais processos executivos



Fonte: Arêas (2013)

2.4.1 Fundações

A escolha do tipo de fundação depende das condições locais do empreendimento, especialmente da resistência mecânica do solo. Deve-se contemplar os aspectos de segurança, estabilidade e durabilidade da fundação e a questão do alinhamento e nivelamento necessários para a produção das paredes (parâmetros específicos do sistema construtivo) (COLETÂNEA DE ATIVOS, 2007).

Não existem restrições quanto ao tipo de fundação a ser adotado. Podem ser empregados os sistemas de fundações em sapata corrida, laje de apoio (radier) (Figura 18) e blocos de travamento para estacas ou tubulões conforme especificações de projeto, porém, um parâmetro específico do método, é que estejam embutidas na fundação, as tubulações de águas servidas e outros pontos de conexão (COLETÂNEAS DE ATIVOS, 2007).

É importante que o piso da laje de apoio esteja perfeitamente nivelado, a fim de evitar diferenças de níveis de topo entre painéis, o que acarretaria descontinuidade no alinhamento superior das paredes (COLETÂNEAS DE ATIVOS, 2007).

Figura 18- Fundação do tipo radier

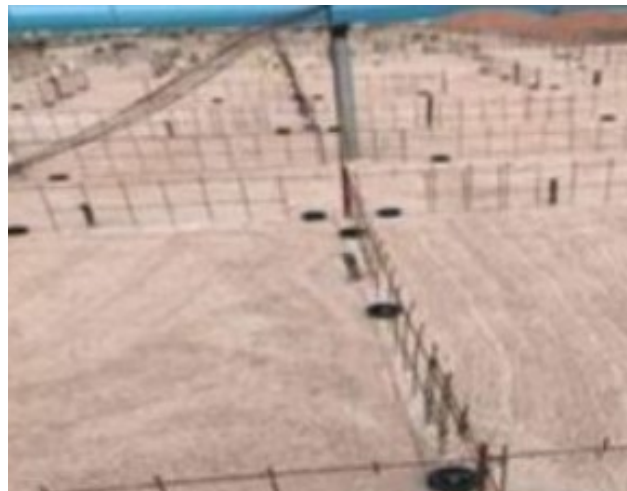


Fonte: Coletânea de ativos (2007)

2.4.2 Marcação das paredes na laje

Como passo inicial para a montagem, devem ser feitas as marcações com giz de linha, ou outro instrumento disponível em obra, para o alinhamento das paredes internas e externas, de modo a orientar o posicionamento dos painéis das fôrmas, conforme a Figura 19 (ABCP,2007).

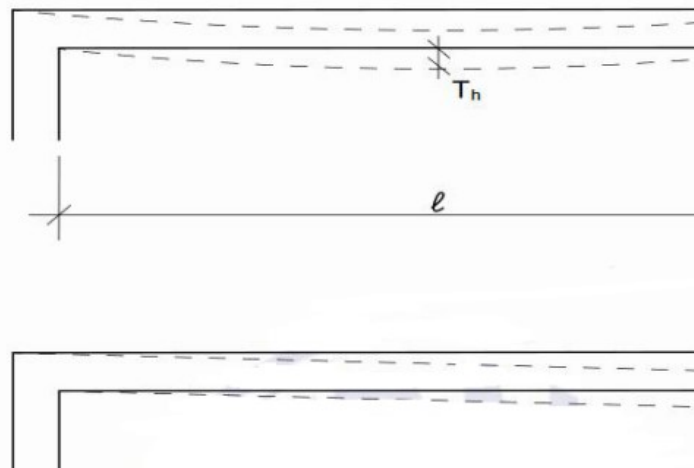
Figura 19- Marcação das paredes



Fonte: Neoformas (s.d.)

A NBR 16055 (2012) limita a tolerância máxima de desalinhamento horizontal (T_h) de elementos estruturais como menor ou igual a $l/500$ ou 5 mm, considerando o menor valor, sendo o l o comprimento das paredes, expresso em mm, dado na Figura 20.

Figura 20- Tolerância para desvios horizontais



Fonte: NBR 16055 (2012)

2.4.3 Armação

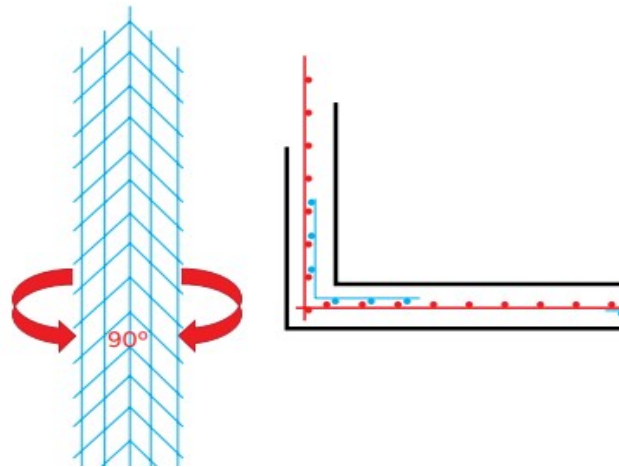
No Sistema Parede de Concreto, de acordo com a Associação Brasileira de Concreto Portland: “As armaduras devem resistir aos esforços de flexo-torção nas paredes, controlar a retração do concreto e estruturar e fixar as tubulações de água, elétrica e gás.”

Com relação ao transporte e armazenagem, as barras de aço e telas soldadas não devem ser danificadas em nenhuma das etapas citadas acima. Além disso, cada elemento recebido, deve ser identificado na obra, de maneira que não gerem trocas de posição. As telas soldadas devem ser separadas por tipo, posição, local de aplicação e bitolas, facilitando a montagem do serviço (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, s.d.).

Primeiramente deve ser feito o alinhamento dos ferros de arranque, onde neles são fixadas as telas soldadas conforme sua especificação em projeto. Normalmente os ferros de arranque são colocados a cada 50 cm, com aço CA-60, com bitolas de 5 mm (SILVA, 2011).

Com relação a montagem da armação, essas devem iniciar pelas armaduras principais, em tela soldada. Posteriormente, pelos reforços, ancoragens de cantos e cintas (Figura 21)

Figura 21- Ancoragens de canto



Fonte: ArcelorMittal (2018)

Como forma de acelerar o processo de montagem, podem ser feitos anteriormente os cortes de esquadrias de janelas e portas. Por fim, devem ser instalados os espaçadores plásticos, garantindo o posicionamento das telas, garantindo o cobrimento necessário e espessura das paredes, conforme Figura 22 (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, s.d.).

Figura 22- Execução de armaduras



Fonte: SANTOS (2013)

2.4.4 Instalações hidráulicas e elétricas

Os pontos de conexão da rede hidráulica e elétrica devem ser marcados nos painéis de fôrmas de paredes, facilitando uma possível repetição na montagem. As tubulações e conduítes devem ser amarradas nas armaduras, colocando

espaçadores nos mesmos, garantindo o cobrimento e posicionamento das peças, conforme a Figura 23 (COLETÂNEA DE ATIVOS, 2007).

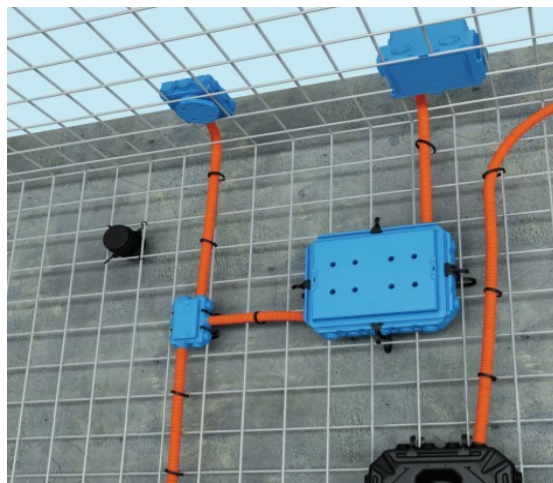
Figura 23- Instalações elétricas e hidráulicas



Fonte: Arcelor Mittal (2018)

Existem no mercado caixas de passagem elétrica específicas para parede de concreto, as quais possuem tampas removíveis que eliminam a possibilidade de entrada de concreto (COLETÂNEA DE ATIVOS, 2007) (Figura 24).

Figura 24- Caixa de passagem elétrica



Fonte: Polar (2015)

2.4.5 Montagem das fôrmas

Conforme a NBR 16055 (2012), o sistema de fôrmas deve estar acompanhado de projeto, indicando o posicionamento dos painéis e toda a sequência de montagem e desmontagem.

Primeiramente, deve-se preparar os painéis para receber o desmoldante, graxa ou óleo, para que no processo de desmontagem, a peça se solte com facilidade (SAMPAIO, 2015).

Devem ser feitos os encaixes das partes internas dos cômodos, partindo de um canto de parede e realizando a fixação com o painel externo através de gravatas/faquetas e pinos e cunhas, segundo Figura 25. Após a montagem das fôrmas das paredes, são instalados os aprumadores e alinhadores, partindo para a montagem das fôrmas da laje (SILVA, 2010).

Figura 25- Faquetas



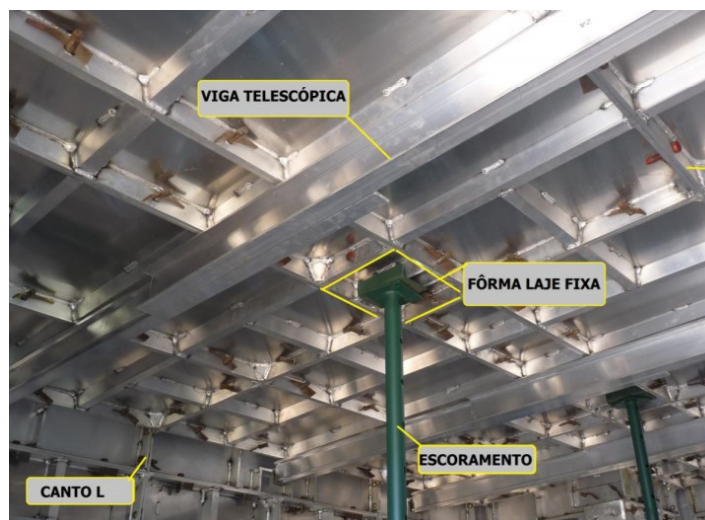
Fonte: SILVA (2010)

2.4.6 Escoramento

Após a montagem das paredes e lajes as escoras são posicionadas tanto nas fôrmas de laje remanejáveis, quanto nas fôrmas de escoramento fixo (comumente chamadas de reescoramento) (NEOFORMAS, s.d.).

A Figura 26 ilustra o escoramento adequado em parede de concreto com fôrmas de alumínio.

Figura 26- Escoramento



Fonte: SF fôrmas (2015)

2.4.7 Concretagem

De acordo com Missureli e Massuda (2009), as produções de montagem mais eficientes ocorrem a partir de concretos dosados em centrais e fornecidos ao canteiro em caminhões betoneira, o que resulta em um melhor controle de qualidade.

Quanto à execução da concretagem, o lançamento do concreto deve ser planejado anteriormente, devendo-se obedecer a um critério de escolha de pontos, de modo que o concreto ocupe homogeneamente todos os espaços da fôrma. Usualmente, inicia-se a concretagem por um dos cantos, partindo para o canto oposto e assim completando todo o perímetro da edificação, conforme a

Figura 27 (ABCP, 2007).

Caso o concreto utilizado seja o autoadensável (Tipo N), o bombeamento e lançamento devem ocorrer no máximo 40 minutos após a colocação do aditivo plastificante. E no caso do concreto celular (Tipo L1) deve ser lançado em até 30 minutos após o processo de mistura (MASSUDA, 2009; MISURELLI, 2009).

Figura 27- Concretagem



Fonte: Comunidade da Construção (2016)

2.4.8 Desforma

A desforma pode ser realizada após aproximadamente 12 a 14 horas depois da concretagem, onde o concreto adquire resistência especificada em projeto. Esse tempo de desforma só é possível devido a esse tipo de concreto não necessitar de grandes resistências (LORENCETO, 2019).

Primeiramente são removidas as cunhas de travamento, depois as réguas alinhadoras, os pinos e, finalmente, os painéis. Deve-se obedecer à sequência da numeração dos painéis, que será a mesma utilizada em uma nova montagem (VENTURINI, 2011).

Deve-se utilizar as ferramentas adequadas para realizar a desforma, como sacador de painéis, sacador de amarração, garantindo o bom desempenho das paredes, lajes e das fôrmas, as quais serão reutilizadas inúmeras vezes (FORSA, s.d.). A Figura 28, ilustra as paredes já concretadas e desformadas.

Figura 28- Desforma



Fonte: Forsa

2.5 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Com relação ao assunto, de acordo com Verçosa (1991):

Patologia, de acordo com os dicionários, é a parte da Medicina que estuda as doenças. As edificações também podem apresentar defeitos comparáveis a doenças: rachaduras, manchas, descolamentos, deformações, rupturas, etc. Por isso convencionou-se chamar de Patologia das Edificações ao estudo sistemático desses defeitos.

A patologia nas edificações tem como foco o estudo de anomalias ou problemas (possíveis doenças) do edifício. Estas doenças podem ser adquiridas durante a execução da obra (emprego inadequado de materiais e métodos construtivos), na concepção do projeto, ou mesmo adquiridas ao longo de sua vida. A morte da estrutura neste caso seria comparável à sua ruína (SILVA, 2011).

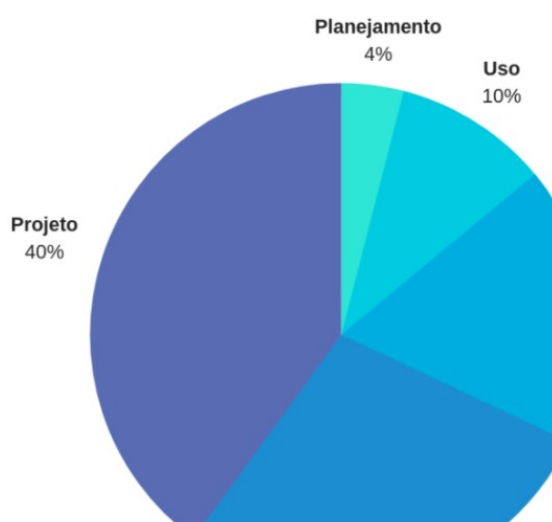
O Conseil International du Bâtiment (CIB) e as normas ISO, estabeleceram o conceito de desempenho das edificações, descrito como um conjunto de requisitos básicos que devem ser respeitados para a satisfação dos usuários, como:

segurança estrutural, ao fogo e à utilização; estanqueidade, conforto higrotérmico, visual e acústico; higiene; durabilidade e economia (FIGUEIREDO, 1989).

A grande gama de serviços e etapas para a construção e pôr fim a utilização dos edifícios, estão associadas a várias formas de defeitos e falhas. Pesquisas realizadas nesse âmbito, identificam quais são as causas que reduzem a vida útil das edificações, destacando problemas relacionados a projeto, execução, reparos e manutenção de baixa qualidade (THORUS, 2020).

De acordo com a análise e pesquisa de diversos autores, chegou-se ao quadro apresentado na Figura 29, com as principais causas da aparição das manifestações patológicas.

Figura 29- Causas das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado



Fonte: Helene (2003)

Segundo Ripper (1996), as manifestações originadas devido a falhas no projeto, podem ser causadas pela falta de clareza no projeto, projeto inadequado para execução prática, falta de informações sobre os tipos de materiais que devem ser utilizados e falta de detalhamento no projeto.

Conforme Takata (2009), os erros de execução podem ocorrer devido a mão de obra não qualificada, inexistência de controle de execução por parte dos responsáveis, má qualidade dos materiais e falta de condições locais de trabalho (cuidados e motivação).

E por último os erros na manutenção e utilização da estrutura. A manutenção de uma estrutura tem como finalidade assegurar o desempenho satisfatório. “Um bom programa de manutenção implica na definição de

metodologias adequadas de operação, controle e execução da obra, e na análise custo-benefício desta manutenção.” (RIPPER, SOUZA, 1998).

2.5.1 Fissuração

As fissuras são um tipo de manifestação patológica muito comum nas edificações e podem interferir na estética, durabilidade e nas questões estruturais da obra. Nas estruturas de concreto armado, a fissura é originada pela atuação de tensões nos materiais. Quando a solicitação for maior que a resistência do material, a fissura tem a tendência de aliviar as tensões (TECHNE, 2010).

A abertura de fissuras na superfície de uma estrutura de concreto armado compromete o desempenho tanto em relação a durabilidade quanto ao seu funcionamento e estética (IBTS, 1979). A Figura 30 retrata a manifestação patológica do tipo fissura, em parede de concreto.

Figura 30- Fissura em parede de concreto



Fonte: Forsa Brasil (2021)

A durabilidade da estrutura fica comprometida por facilitar a penetração dos agentes agressivos junto a armadura e ao concreto (IBTS, 1979).

As fissuras podem ser classificadas de acordo com diversas causas, dentre elas a forma a qual ela se manifestou e até mesmo o seu desenho, que pode ser geométrico ou mapeado.

As fissuras geométricas acompanham o contorno da estrutura e alvenaria, já as mapeadas apresentam-se de forma distribuída na superfície, semelhante a um mapa e são caracterizadas por serem na sua maioria superficiais (MESQUITA, 2019; JUNIOR, 2019).

De acordo com Souza e Ripper (2009), as causas de deterioração das estruturas podem ser divididas em intrínsecas e extrínsecas. Quando a causa for intrínseca, pode ser natural ou de falha humana nos processos de construção ou utilização. Já a causa extrínseca, acontece externamente ao corpo estrutural, avançando de fora para dentro. Não depende da estrutura, nem da composição dos materiais.

Segundo Nunes (2007), as fissuras podem ser classificadas de acordo com a sua origem, sendo:

Deformação: Esforços atuantes na estrutura de modo que, se os esforços de compressão, cisalhamento ou flexão forem superiores ao que a estrutura suporta, o concreto irá fissurar.

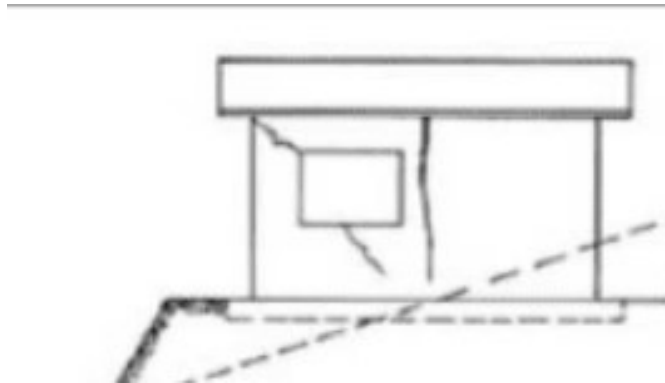
Retração Hidráulica: A retração hidráulica pode gerar fissuras quando o concreto ainda está fresco, devido à perda de água exsudada para a superfície ou mesmo devido à evaporação.

Retração Térmica: Com a variação da temperatura ocorre a variação volumétrica do concreto endurecido, gerando assim fissuras no mesmo.

Expansão hidráulica: As fissuras são causadas pela expansão volumétrica da água que se encontra nos poros do concreto, e podem vir a gerar tensões internas.

Também podem vir a ser formadas fissuras devido ao recalque decorrente dos elementos de fundação, os quais promove fissuras e esmagamentos localizados. As fissuras de recalque de fundação geralmente são inclinadas em direção ao ponto recalcado e possuem aberturas variáveis ao longo do tempo, como mostra a Figura 31.

Figura 31- Fissuras causadas por recalque da fundação



Fonte: THOMAZ (1989)

Quanto a ação de sobrecargas ou deformações na edificação a forma das fissuras originadas é diferenciada em função das partes solicitantes.

Já em relação à retração, ao perder umidade, o concreto se contrai, e ao ganhar, se expande. Este efeito de variação de volume das estruturas de concreto é prejudicial à mesma, pois não permite uma fácil movimentação. Este impedimento à movimentação leva ao aparecimento de tensões de tração que são capazes de romper o concreto, gerando fissuras (THOMAZ, 1996).

As fissuras podem ocorrer de forma ativa ou passiva, sendo que as ativas podem ser subdivididas em sazonais ou progressivas. As fissuras ativas são aquelas que possuem variações de abertura e fechamento, assim como variação de seu comprimento, onde as sazonais não apresentam riscos a estrutura, sendo devido às variações de temperaturas. Já as progressivas aumentam de tamanho no decorrer do tempo, sendo perigosas para a vida útil da estrutura. As fissuras passivas são causadas por solicitações que estão estabilizadas ao longo do tempo (TECHNE, 2010).

3. METODOLOGIA

Este trabalho teve como base a revisão da literatura, fundamentada em artigos, dissertações e teses e a Coletânea de Ativos de Parede de Concreto, caracterizando uma pesquisa exploratória descritiva, contribuindo com conhecimento teórico de diversas áreas envolvidas.

Foi utilizada também a Norma Brasileira Regulamentadora ABNT-NBR 16055:2012 (Parede de Concreto Moldada no local para a Construção de Edificações – Requisitos e Procedimentos) como fonte de consulta e elaboração deste trabalho para uma tratativa técnica e normatizada.

Complementando a revisão teórica foram desenvolvidos estudos de caso em obras e questionários com consultores especializados em paredes de concreto, obtendo uma resposta e dados válidos e práticos.

Caracterizando o estudo de caso, foram analisadas duas obras, localizadas na cidade de Ponta Grossa, no bairro Órfãs. De acordo com as fissuras analisadas, deve ser retratado o clima da cidade, sendo quente e temperado, com pluviosidade significativa ao longo do ano.

Uma das obras compreende um empreendimento de vinte e dois andares, sendo cinco deles de garagens, área social e o restante de apartamentos. O outro empreendimento possui treze andares, sendo dois de garagens e área social. Ou seja, se caracterizam por serem obra de médio a grande porte.

O processo executivo de ambas as obras foi semelhante, sendo utilizadas as mesmas fôrmas, tipo de armação e tipo de concreto. O único elemento o qual foi modificado de uma obra para outra foi o mecanismo das instalações elétricas. O mecanismo escolhido foi o “chicote elétrico”, dispensando a necessidade da passagem da fiação elétrica posteriormente.

O tipo de concreto utilizado foi do tipo autoadensável, rodado em concreteira, com as especificações de projeto de $f_{ck} > 35 \text{ MPa}$, com fator água cimento (A/C) $< 0,55$. Para a desforma, o concreto deveria atingir a resistência de $f_{ck} = 3 \text{ MPa}$ após 12 horas da concretagem, conforme determinação em projeto.

Com relação ao questionário, foi elaborado de acordo com as necessidades e dúvidas surgidas durante a análise dos tipos de fissuras, tendo como base o conhecimento do processo executivo do método parede de concreto. Ou seja, foi

elaborado de maneira com que os consultores especializados respondessem, com experiência em outras obras do mesmo estilo, se caso fosse feito de tal maneira ou com tal material, poderia ser prevenido o tipo de fissura em análise.

A partir da resposta dos consultores para o questionário, foi iniciada a pesquisa na literatura, para assim, serem validadas ou excluídas tais respostas. O questionário consta no Apêndice A.

A coleta de dados foi feita através de inspeções visuais ao redor das obras em questão, juntamente com registros fotográficos. Inicialmente foram indicados os tipos de fissuras encontradas em cada apartamento, e observada a incidência nas unidades seguintes. Sendo assim, foi realizado um *check list* com todos os tipos de fissuras e suas devidas incidências.

Foram utilizadas ferramentas para anotação, câmera fotográfica, escala gráfica e fissurômetro. O fissurômetro é o instrumento utilizado para medição ou avaliação do progresso de uma fissura ou rachadura. Existem fissurômetros apenas para medição, ou seja, uma régua simples, e fissurômetros para o acompanhamento da evolução da manifestação patológica.

Com as informações obtidas, foram analisadas qualitativamente e quantitativamente as formas de tratativas e prevenções das fissuras. Foram analisados os materiais e equipamentos utilizados para a prevenção, assim como, tempo despendido, material e técnicas utilizadas para o tratamento dessas fissuras encontradas. Após essa etapa, será realizada uma pesquisa para o comparativo de custo entre prevenção e reparos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ESTUDO DE CASO

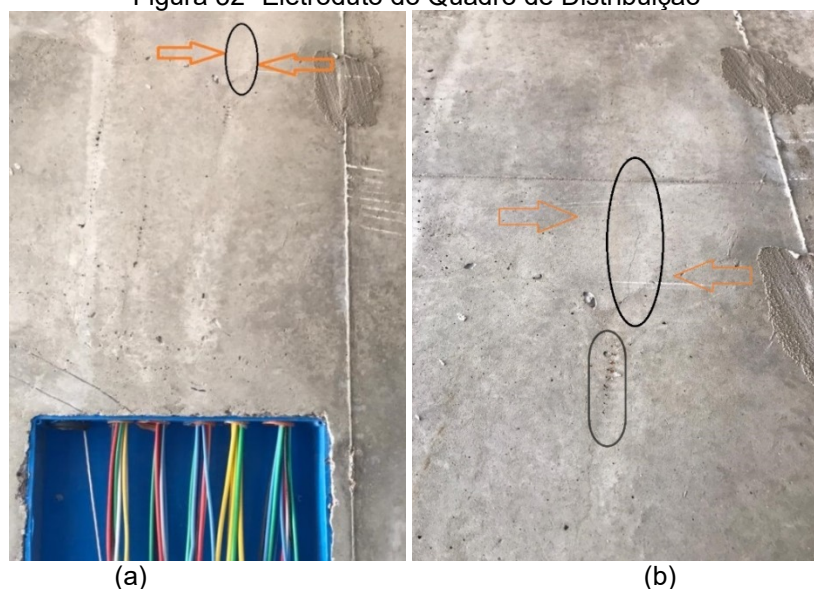
Nessa seção do trabalho foram apresentados os resultados obtidos através de inspeção visual do estudo de caso, consulta com profissionais especializados no assunto e com base na revisão da literatura, criando embasamento para o levantamento de fissuras no método construtivo em paredes de concreto moldadas in loco. Foram feitas análises para a causa da manifestação das fissuras e consequentemente as devidas prevenções, assim como as correções e reparos.

4.1.1 Princípios e prevenções de fissuras

4.1.1.1 Fissuras nas regiões de eletrodutos de instalação elétrica e hidráulica

Através da inspeção visual em obra pós execução, algumas fissuras foram encontradas nos locais de passagem de eletrodutos, também conhecidos como conduítes de instalações elétrica e hidráulica. Na Figura 32 e na Figura 33 são apresentadas fissuras causadas por conduíte elétrico no quadro de distribuição. A Figura 32a retrata o local onde surgiu a fissura, e a Figura 32b mostra a fissura aumentada, localizada exatamente na posição de passagem do conduíte, onde pode-se observar até mesmo a marcação do eletroduto na parede.

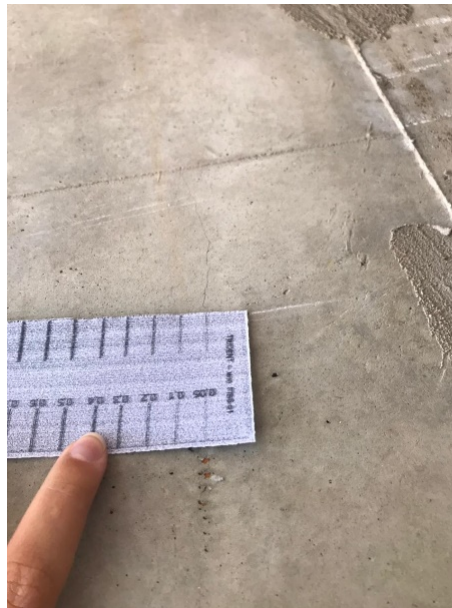
Figura 32- Eletroduto do Quadro de Distribuição



Fonte: Autor (2021)

A Figura 33, apresenta a dimensão da fissura utilizando o fissurômetro.

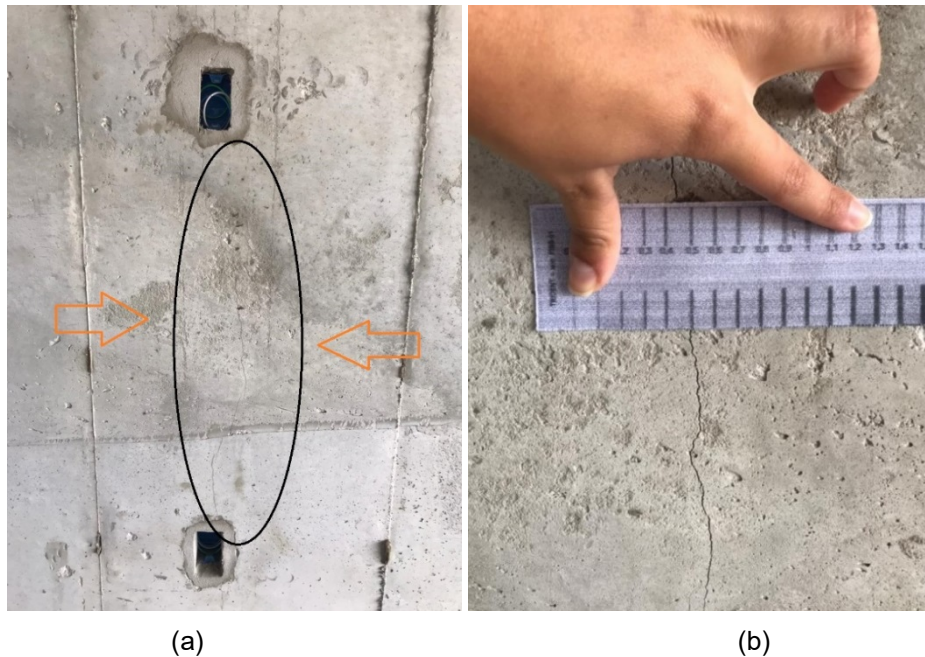
Figura 33- Fissurômetro 0,05mm



Fonte: Autor (2021)

Já na Figura 34a é observada a fissura causada por conduíte elétrico entre tomadas, com uma espessura um pouco maior, no valor de 0,5 mm. Foi utilizada a escala de fissurômetro para a comparação da espessura observada (Figura 34b).

Figura 34- Eletroduto entre tomadas



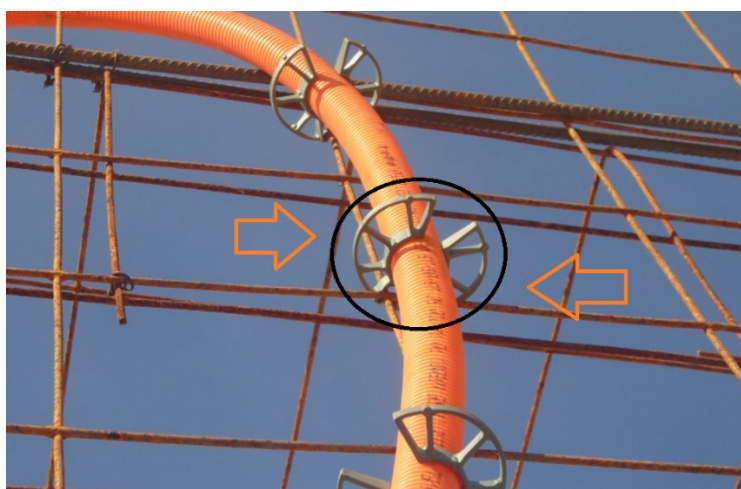
Fonte: Autor (2021)

As causas para esse tipo de fissura podem ser devido à redução da resistência à tração na região, necessitando da incorporação do aço na estrutura para melhora do comportamento. O surgimento dessas fissuras pode estar

associado a não colocação de armadura, ao dimensionamento equivocado das bitolas e quantidades de telas ou a erros de execução (GIUGLIANI, 2014).

Outro fator responsável pelo surgimento das fissuras nos locais de colocação de eletrodutos é a falta de espaçadores (Figura 35) que garantem o cobrimento de concreto, centralizando os conduítes em relação à face interna das fôrmas das paredes e lajes. Esse espaçador pode ser de plástico e é fixado no entorno do conduíte, servindo também para agilizar a montagem, aumentando a produtividade e eliminando o uso de arame recozido que promovem manchas na parede (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, s.d).

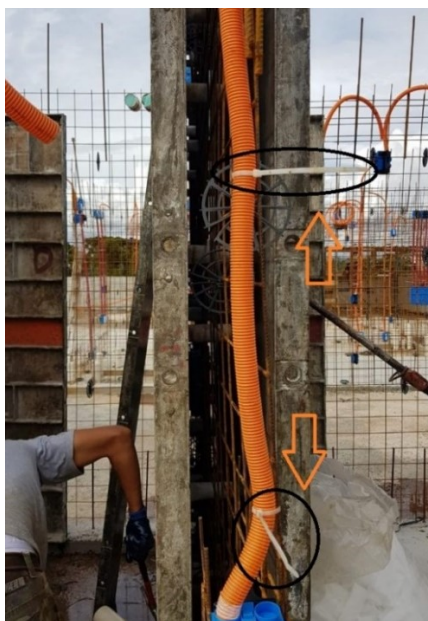
Figura 35- Espaçadores de eletrodutos



Fonte: Coplas, s.d (www.coplas.com.br)

Com relação ainda ao surgimento de fissuras próximos aos conduítes, podem aparecer fissuras caso não seja feita a amarração dos eletrodutos na tela soldada. Esse serviço pode ser feito com abraçadeiras de Nylon, como demonstrado na Figura 36 (OLIVEIRA, VICTOR, 2019).

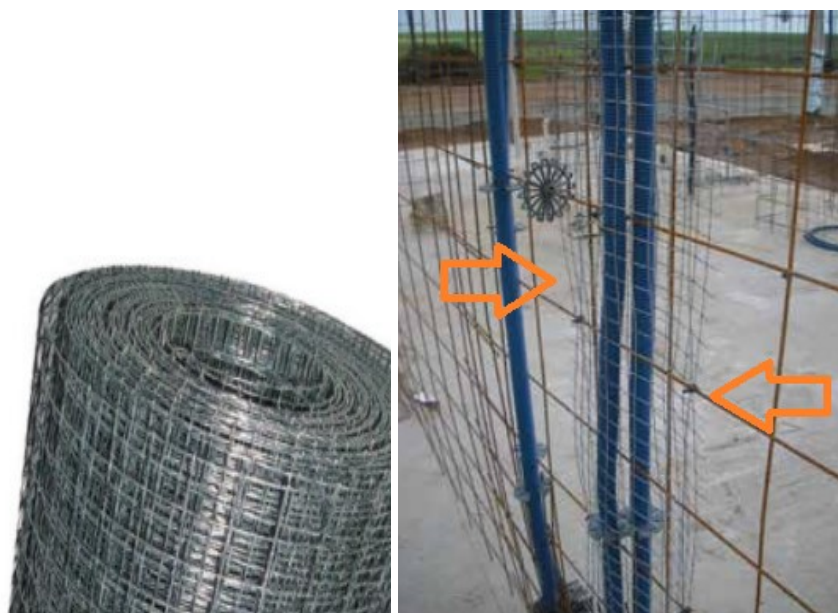
Figura 36- Amarração de conduítes



Fonte: Autor (2021)

Como forma de prevenção para esse tipo de fissura, além dos cuidados exemplificados acima, os quais podem prevenir a aparição, seria adequada a colocação junto à tela soldada, de uma tela própria para auxiliar e conter as tensões de flexo-torção sofridas pela peça, chamada de BelgoRevest, feita de aço galvanizado, com uma malha de 25x25mm e uma bitola do arame de 1,24mm, melhorando o desempenho e evitando fissuras, conforme apresentado na Figura 37 (ARCELORMITTAL, 2018).

Figura 37- Tela BelgoRevest

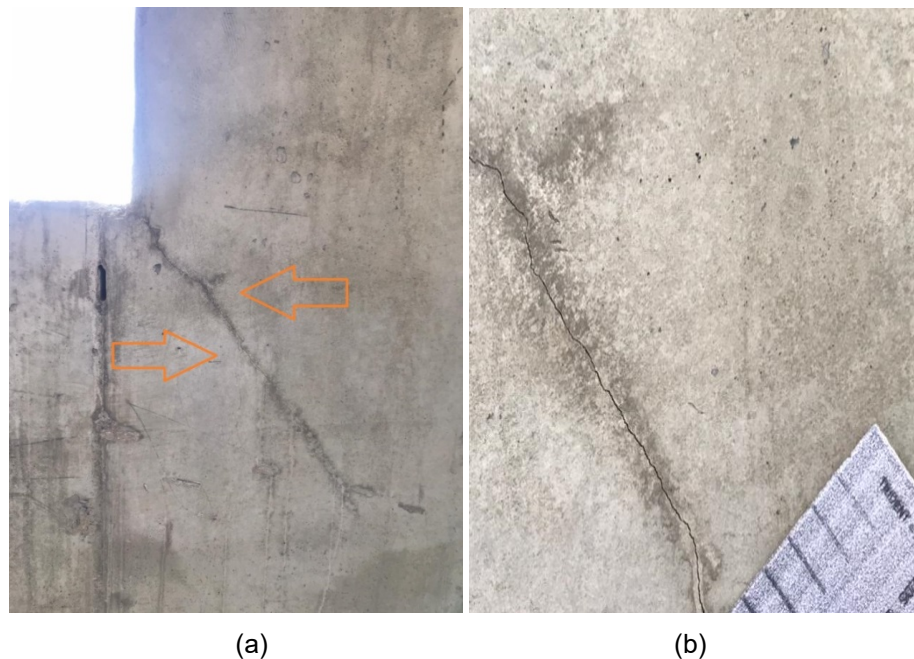


Fonte: ArcelorMittal (2018)

4.1.1.2 Fissuras 45° em esquadrias

Foram observadas também, fissuras nas extremidades com ângulos à 45° nas aberturas das esquadrias tanto de portas, quanto de janelas. Na Figura 38a é possível observar fissura encontrada em janela de dimensão de 2,02 x 1,00 m. A partir do fissurômetro (Figura 38b) foi possível constatar que a fissura possui uma espessura de 0,5 mm.

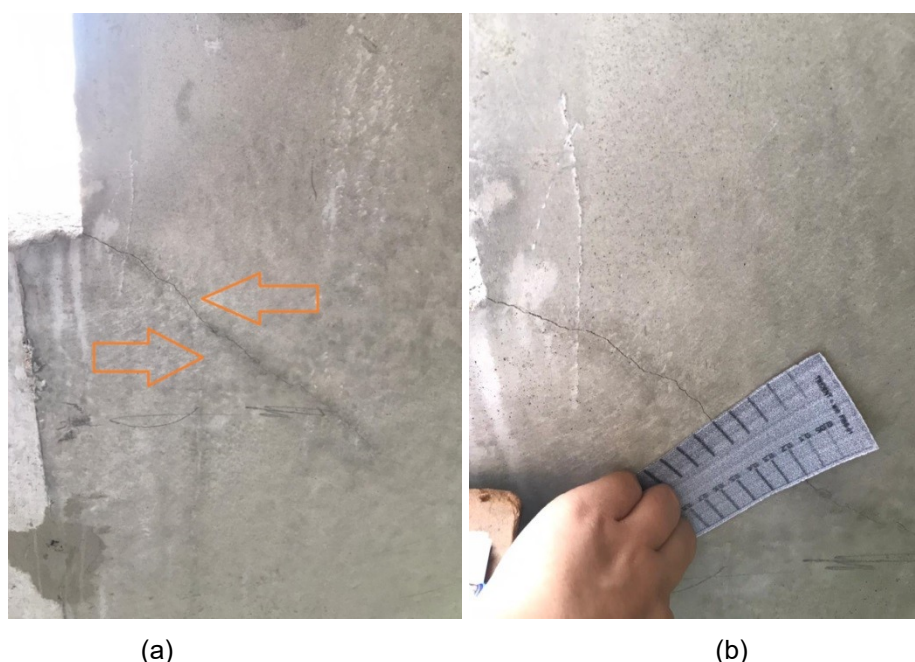
Figura 38- Fissura 45° em janela



Fonte: Autor (2021)

Em outro andar, porém em janela similar foi encontrado fissura semelhante (Figura 39a), com espessura de 0,4 mm, conforme Figura 39b.

Figura 39- Fissura 45° em janela similar



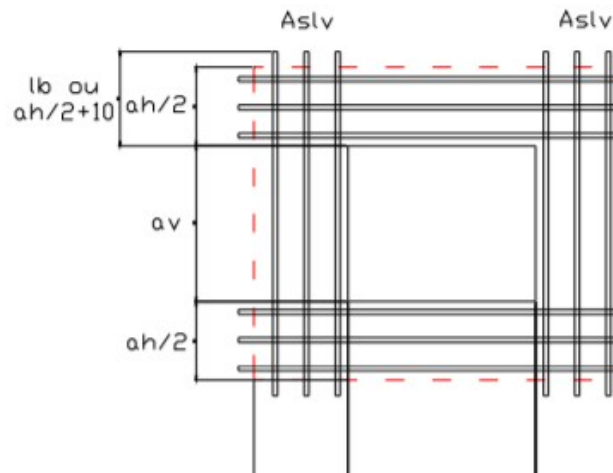
Fonte: Autor (2021)

As causas para esse tipo de fissura envolvem os esforços mecânicos, reforços de perímetro e diagonal de esquadrias e desforma.

A fissuração em vãos de janelas e portas são decorrentes da incapacidade da armadura nesses locais de resistir aos esforços de flexo-torção que estão sendo submetidos (ABCP, 2007). Em função da solicitação ao redor dos vãos, ocorre uma distribuição não uniforme de cargas, que leva a esforços superiores a capacidade resistente do concreto. Segundo a NBR 16055, que normatiza sobre execução de Parede de Concreto Moldada no local, este tipo de solicitação é absorvido por armadura de reforço posicionada ao redor do vão. Erros no posicionamento da armadura, ou até mesmo no dimensionamento podem causar o aparecimento dessa anomalia.

Como nesse método não existem vergas e contravergas, são necessários reforços estruturais no perímetro desses locais. De acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2012), as armaduras de reforço ao redor das aberturas devem ser distribuídas em faixas e devem ter como comprimento mínimo, além da abertura, o maior valor entre $ah/2+10\phi$ e l_b , onde ah é a medida horizontal do vão da janela e l_b é o comprimento de ancoragem, dado em metros (m), seguindo o esquema da Figura 40.

Figura 40- Armadura de reforço



Nota: Ah=medida horizontal do vão da janela
 Av=medida vertical do vão da janela
 Lb= comprimento de ancoragem
 Aslv= área de aço na vertical
 Aslh= área de aço na horizontal
 Fonte: ABNT NBR 16055 (2012)

De acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2012) devem ser previstos também reforços inclinados na diagonal, onde é preferível possuir mais repetições de diagonais de menor comprimento, que ter menos repetições com maior comprimento.

Com relação à desforma, a má execução desta etapa pode causar fissuras em ângulos de 45° nas esquadrias de portas e janelas. Esse fato se deve ao uso inadequado de ferramentas para esse serviço ou a falta de uso de desmoldante, largamente utilizado nesse método (NÚCLEO DE PAREDE DE CONCRETO, s.d).

Dentre as prevenções para este tipo de fissura estão os reforços estruturais no perímetro e na diagonal do corte da esquadria, conforme a Figura 41 e a Figura 42.

Figura 41- Reforços estruturais no perímetro da esquadria



Fonte: Autor (2020)

Figura 42- Reforços inclinados na diagonal



Fonte: Autor (2021)

Com relação a fissuras que podem ser causadas por erros de desforma, devem ser usadas as ferramentas específicas, como o sacador de painel (Figura 43a) e o desmoldante (Figura 43b). O sacador de painel serve para facilitar a retirada das fôrmas das paredes, possuindo pinos que encaixam na abertura das mesmas, ou seja, a ferramenta funciona como uma alavanca.

Figura 43- Sacador de painel e desmoldante



Fonte: Catálogo Forsa (s.d)

4.1.1.3 Fissuras em juntas frias

Outro tipo de fissura encontrada e analisada, foram as em juntas frias de concretagem, as quais são originadas quando há a interrupção do lançamento do concreto e o mesmo entra em processo de pega antes da continuação do lançamento. Quando esta situação não está prevista em projeto, pode causar problemas para a edificação, como por exemplo a infiltração de água (MEDEIROS, 2010). Esse tipo de fissura pode ser observado na Figura 44 abaixo.

Figura 44- Fissura em junta fria



Fonte: Autor (2021)

A partir da medição com o fissurômetro, foi possível constatar que esta fissura possuía uma espessura de 0,9 mm, como mostrado na Figura 45.

Figura 45- Fissurômetro 0,9mm



Fonte: Autor (2021)

Essa manifestação se desenvolve devido a interrupção do lançamento do concreto, ou seja, a concretagem não ocorre de forma contínua, devido a falhas mecânicas no bombeamento, atraso da concreteira ou até mesmo problemas e imprevistos na execução das fôrmas.

Outra causa seria a utilização erroneamente do traço de concreto, ou seja, concreto auto adensável mal dimensionado, com poucos finos e muita água. É extremamente importante um estudo do traço do concreto por profissional especializado, seja ele da concreteira, laboratório de ensaios ou consultor (WENDLER, 2018). Também deve ser levado em consideração a preocupação, cobrança e fiscalização da construtora com relação ao recebimento e fornecimento do concreto, frente a um método novo no mercado.

Como forma de prevenção para a manifestação da fissura em junta fria, a NBR 6118:2007 estabelece:

Sempre que não for assegurada a aderência e a rugosidade entre o concreto novo e o existente, devem ser previstas armaduras de costura, devidamente ancoradas em regiões capazes de resistir a esforços de tração.

As armaduras de costura são empregadas quando a solidarização depende de esforços tangenciais que agem ao longo de um plano ou de outra superfície qualquer interna de uma peça. A solidarização ocorre pela mobilização de uma compressão diagonal na interface sobre a qual será aplicada, exigindo-se para o

equilíbrio a presença de uma armadura tracionada que atravessasse essa superfície (SOUZA, 2014).

Para uma boa aderência entre a superfície do concreto já endurecido e o concreto novo, faz-se necessário tomar algumas precauções como: tratamento com escova de aço ou jateamento de areia da superfície da junta endurecida, com posterior limpeza com água dos materiais pulverulentos, nata de cimento e graxa e caso necessário, a aplicação de adesivos estruturais ou fitas hidro expansivas.

As fitas hidro expansivas reagem quando em contato com a água, pois possuem a capacidade de expansão em até dez vezes o seu tamanho original, então aumentam de volume e impedem a passagem da água. Este procedimento pode ser observado na Figura 46. A ligação na junta de concretagem se deve ao fato da indução de rugosidade, onde a fita hidro expansiva fica responsável somente pelo tratamento de uma possível infiltração.

Figura 46- Fita hidro expansiva



Fonte: Catálogo Penetron (2020)

4.1.2 Tratamentos de fissuras

Nesse item foram analisados o comportamento de dois tipos de fissuras, para assim, obter uma resposta sobre qual tratamento seria escolhido e utilizado. Sobre esse comportamento, foi observado o caráter da abertura de cada uma das fissuras, podendo ser ativas ou passivas.

Inicialmente foi realizado o monitoramento das fissuras através do método do gesso. Foi escolhido esse tipo de material devido á características de baixa resistência e fragilidade, ou seja, qualquer movimentação da fissura, seria percebida

na camada de gesso. Para a aplicação, foram feitas aberturas de aproximadamente 0,5cm para melhorar a trabalhabilidade e inserção do material (Figura 47).

Figura 47- Aplicação de gesso



Fonte: Autor (2021)

Foram analisadas uma fissura a 45° em esquadria e outra na região de eletrodutos entre duas tomadas. Então, após a data de aplicação do gesso, foram observados diariamente os comportamentos de ambas as fissuras.

Após um mês foi possível observar microfissuras na região a 45° em esquadria, sendo caracterizada como uma fissura do tipo ativa, aquela que possuiu variações na abertura ao decorrer do tempo, como mostra a Figura 48.

Figura 48- Microfissuras



Fonte: Autor (2021)

Já na região da passagem de eletroduto, não foram observadas alterações na abertura da fissura, caracterizando uma fissura passiva, aquela em que as solicitações estão inativas (Figura 49).

Figura 49- Fissura passiva



Fonte: Autor (2021)

Na fissura ativa, foi observada a localização dessa fissura também na parte externa da parede, fato esse que acarreta uma maior umidade na parte interna da mesma.

4.1.2.1 Tratamento de fissura a 45° em esquadria

Como mostrado no subitem acima, pode-se concluir que esse tipo de fissura era do tipo ativa, possuindo uma movimentação na sua abertura, sendo comprovada através das microfissuras que foram surgindo no gesso. Essas microfissuras eram de tamanhos menores que 1 mm, porém percebido um aumento com o passar do tempo. Essa fissura se caracterizava por possuir em torno de 50 centímetros de comprimento, então todas as quantidades de materiais e serviços foram calculadas para esse comprimento e espessura de fissura.

Para o tratamento das fissuras ativas deve ser utilizado um material elástico, capaz de acompanhar a movimentação da mesma e impedir que cause a ruptura

novamente. Então foram executados os seguintes passos para o tratamento da fissura ativa, localizada a 45° em esquadria.

Inicialmente foi feita a abertura da fissura, com o auxílio de máquina e disco de corte, com uma dimensão de 1 a 2 cm de largura e de profundidade, em formato de “V”, conforme Figura 50.

Figura 50- Abertura na fissura ativa



Fonte: Autor (2021)

Em seguida, foi feita a limpeza do substrato, através de trincha, pincel ou espuma, para retirada de pó ou detritos restantes (Figura 51).

Figura 51- Limpeza do substrato



Fonte: Autor (2021)

Enfim foi aplicado o material flexível/elástico. A técnica escolhida foi a de selagem de fissuras, devido ao andamento da obra e a facilidade de produtos e mão de obra. O material utilizado foi o selante de poliuretano, possuindo os seguintes detalhes do produto, fornecidos pelo fabricante:

- Selante monocomponente, à base de poliuretano, com cura em temperatura ambiente, permanecendo flexível por muitos anos.
- Forma uma borracha flexível que resiste a agentes climáticos e raios UV.
- Aceita pintura.
- Calhas, vidros, espelhos, cerâmica, madeiras, alumínio, concreto, cimento, etc.

O selante foi aplicado com uma pistola aplicadora e em seguida utilizada uma espátula para um melhor acabamento e compactação do material (Figura 52).

Figura 52- Aplicação de PU



Fonte: Autor (2021)

Após a aplicação do selante de poliuretano, foi aguardado o tempo de 72 horas para a total secagem do produto, para assim iniciar a segunda fase do tratamento.

Foi realizado o processo de lixamento de todas as rebarbas e restos deixados pelo selante de poliuretano e feita a instalação da tela de poliéster (Figura 53).

Figura 53- Lixamento



Fonte: Autor (2021)

A tela de poliéster possui a função de estruturar o sistema de impermeabilização, aumentando a resistência ao rasgo. Também serve para distribuir as tensões em regiões de maiores movimentações, como os cantos de esquadrias, por exemplo (MC BAUCHEMIE, 2020) (Figura 54).

Figura 54- Tela de poliéster



Fonte: Autor (2021)

Posteriormente foi feita a aplicação de impermeabilizante, fato esse de que a região possui alta incidência de umidade, como mostrado na Figura 55.

Figura 55- Umidade na região



Fonte: Autor (2021)

Segundo a NBR 9575/2003, a impermeabilização é o produto do resultante da combinação entre serviços e componentes, os quais tem por objetivo proteger a construção civil da ação de fluídos, vapores e umidade.

Foram aplicadas duas camadas de impermeabilizante, com tempo de secagem entre elas de 8 horas. Para a aplicação foram utilizadas brochas e espumas, como mostra a Figura 56.

Figura 56- Aplicação de impermeabilizante



Fonte: Autor (2021)

Para finalização, foi aplicado o emassamento convencional, com massa niveladora e massa acrílica e posteriormente a pintura.

Então, resumidamente, para o tratamento da fissura ativa (a 45° em esquadria) foi utilizado o material composto por poliuretano, sendo elástico e realizando a movimentação juntamente com a fissura, impedindo-a que cause novas fissuras na parede em análise. Posteriormente, foi utilizada a tela de poliéster devido a sua função de estruturar o sistema de impermeabilização e distribuir as tensões de movimentação. Por fim, o impermeabilizante foi utilizado devido a presença de umidade na região estudada.

4.1.2.2 Tratamento de fissura em passagem de eletroduto entre duas tomadas

Como mostrado no subitem 4.1.2, pode-se concluir que esse tipo de fissura era do tipo passiva, não havendo movimentação progressiva nessa área analisada, fato constatado devido a passagem de gesso. Essa fissura se caracterizava por possuir 90 centímetros de comprimento, e espessura determinada pelo fissurômetro. Então, todas as quantidades de material e serviço, foram calculadas para esse comprimento e espessura de fissura.

Para o tratamento das fissuras passivas, deve ser utilizado um material rígido como epóxi ou grouts. Esses materiais servem para recuperar a capacidade portante das estruturas de concreto armado. Por serem materiais rígidos, devem ser restringidos apenas a fissuras passivas, onde não apresentam movimentação.

Para o tratamento da fissura passiva, localizada na passagem de eletroduto entre duas tomadas, foi realizado os seguintes passos.

Inicialmente foi feita a abertura da fissura, com o auxílio de máquina e disco de corte, com uma dimensão de 1 a 2 cm de largura e de profundidade, em formato de “v”, conforme Figura 57.

Figura 57- Abertura de fissura passiva



Fonte: Autor (2021)

Em seguida, foi feita a limpeza do substrato, através de trincha, pincel ou espuma, para retirada de pó ou detritos restantes.

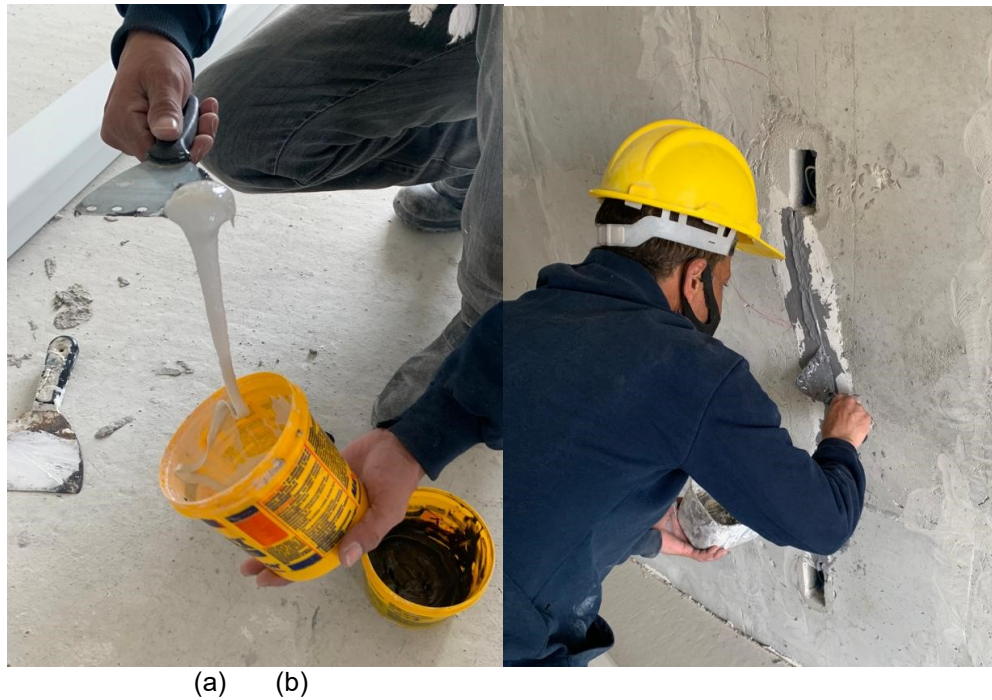
Posteriormente foi feita o preenchimento da fissura. A técnica escolhida foi a de selagem de fissuras, igualmente como a utilizada no tratamento da fissura ativa, porém, o tipo de material utilizado foi a resina epóxi.

De acordo com o fabricante, a resina epóxi possui as seguintes características, como:

- É um adesivo estrutural de consistência fluída, bi-componente à base de resinas epóxi isenta de solventes, de média viscosidade e pega normal.

Inicialmente foi feita a mistura dos dois componentes da resina epóxi (A+B), formando uma pasta homogênea (Figura 58a) e sendo aplicado com uma espátula no sulco da fissura (Figura 58b)

Figura 58- Resina epóxi



Fonte: Autor (2021)

Foi aguardado o tempo de cura do material, aproximadamente 48 horas, e posteriormente feita a colocação da tela de poliéster. Nesse caso a tela foi utilizada para sanar e prevenir a fissuração (fissuras estabilizadas), através da absorção da movimentação da fissura (TKM, 2017) (Figura 59).

Figura 59- Tela de poliéster



Fonte: Autor (2021)

Nesse tratamento não foi necessária a utilização do impermeabilizante, devido a área não demandar deste tipo de tratamento, sendo uma região interna do apartamento.

Para finalização, foi aplicado o emassamento convencional, com massa niveladora e massa PVA e posteriormente a pintura.

Então, resumidamente, para o tratamento da fissura passiva (na área da passagem de eletroduto) foi utilizado o material composto por resina epóxi, sendo rígido e possuindo a função de recuperar a capacidade portante da área. Nesse caso também foi utilizada a tela de poliéster para prevenir futuras fissuras. Por fim, não foi utilizado o impermeabilizante, fato onde não há presença de umidade.

Como conclusão parcial entre os dois tipos de fissuras e seus tratamentos, tem-se que o tratamento utilizado na fissura ativa, com o selante de poliuretano teve uma trabalhabilidade, acabamento, preenchimento e assim função, superior a resina epóxi.

A resina epóxi necessitou de um preenchimento posterior ao realizado inicialmente, devido ao escorrimento da pasta, ou seja, não completando todos os espaços da fissura. Além disso, com a cura do produto, formou-se um material muito rígido, necessitando de um tempo e trabalho maior para o lixamento das rebarbas.

Ou seja, no tratamento com a resina epóxi, na fissura passiva, necessitou-se de uma quantidade maior de produto, tempo e trabalho dos funcionários, devido a viscosidade e trabalhabilidade do produto. No caso da aplicação com o poliuretano, o material teve um comportamento elevado, quando comparado com a resina epóxi, preenchendo todos os espaços da fissura e possuindo um acabamento superior.

Não se pode realizar o acompanhamento posterior do comportamento das fissuras, para assim, obter um resultado concreto a respeito do funcionamento dos tratamentos, mas até onde foi realizado o acompanhamento, obteve-se resultados satisfatórios. Porém, pode-se tirar duas conclusões, ou o tratamento realmente funcionou e comprovou a hipótese do tipo de tratamento utilizado, ou somente deveria ser tratado novamente, comprovando a outra hipótese do aumento de custo no tratamento.

4.1.3 Comparativo de custo entre prevenção e tratamento

Nessa etapa foi realizado o levantamento para as tabelas de custos entre a prevenção e o tratamento de cada tipo de fissura observadas no decorrer do trabalho. Foram utilizados dados encontrados em obra, medindo o tempo desprendido de cada serviço e a quantidade de material utilizada, através do auxílio de uma balança e trenas. Deve-se reforçar que todos as quantidades foram elencadas para os tipos e tamanhos de fissuras encontradas neste trabalho, ou seja, uma fissura ativa com 50 centímetros de comprimento e outra passiva com 90 centímetros de comprimento. Não foi possível realizar um levantamento por metro de fissura, devido ao tempo de obra e desprendimento necessário dos funcionários, já que o objetivo do trabalho seria tratar as fissuras encontradas em obra.

As durações dos serviços foram contabilizadas no momento que o funcionário iniciou efetivamente a tarefa, não sendo levado em consideração o tempo de mobilização deste funcionário, uma vez que ele já se encontrava no local de execução do serviço.

Todos os valores unitários de serviços e produtos foram obtidos através da SINAPI- Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil com relação a última atualização de dezembro de 2021. Foi utilizada a planilha não desonerada, pois na obra avaliada, todos os funcionários tinham o desconto na folha de pagamento.

Na Tabela 1 e Tabela 2 podem ser encontrados os valores e resultados obtidos para cada um dos serviços da fissura ativa (45° em esquadria).

Tabela 1- Prevenção fissura ativa

CUSTOS PARA FISSURA 45° EM ESQUADRIA				
PREVENÇÃO				
SERVIÇO/MATERIAL	UNID	QNT	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
Aço (fi 8mm)	kg	9,416	13,47	126,83
Serviço de armação	h	0,83	21,38	17,75
Desmoldante	litros	0,53	14,43	7,65
Aplicação de desmoldante	h	0,15	21,87	3,28
TOTAL				155,51

Fonte: Autor (2022)

Tabela 2- Tratamento fissura ativa

CUSTOS PARA FISSURA 45° EM ESQUADRIA				
TRATAMENTO				
SERVIÇO/MATERIAL	UNID	QNT	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
Corte de fissura para passagem de gesso	h	0,018	21,87	0,39
Passagem de gesso	h	0,0042	21,87	0,09
Gesso	kg	0,1	2,5	0,25
Corte de fissura para passagem de PU	h	0,06	21,87	1,31
Limpeza do substrato	h	0,033	21,87	0,72
Passagem de PU	h	0,041	21,87	0,90
PU	g	0,31	29,06	9,01
Lixamento	h	0,06	21,87	1,31
Aplicação de tela de poliester	h	0,003	21,87	0,07
Tela de poliester	m	0,5	27,5	13,75
Aplicação de impermeabilizante	h	0,038	21,87	0,83
Impermeabilizante	kg	18	2,78	50,04
TOTAL				78,67

Fonte: Autor (2022)

Na Tabela 3 e Tabela 4 abaixo podem ser encontrados os valores e resultados obtidos para cada um dos serviços da fissura passiva (passagem de eletroduto).

Tabela 3- Prevenção em fissura passiva

CUSTOS PARA FISSURA EM PASSAGEM DE ELETRODUTO				
PREVENÇÃO				
SERVIÇO/MATERIAL	UNID	QNT	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
Espaçadores	unid	2	0,13	0,26
Abraçadeira de Nylon	unid	2	0,07	0,14
Tela de aço	m²	0,58	27,37	15,87
Serviços para colocação dos itens acima	h	0,33	21,87	7,22
TOTAL				23,49

Fonte: Autor (2022)

Tabela 4- Tratamento fissura passiva

CUSTOS PARA FISSURA EM PASSAGEM DE ELETRODUTO				
TRATAMENTO				
SERVIÇO/MATERIAL	UNID	QNT	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
Corte de fissura para passagem de gesso	h	0,016	21,87	0,35
Passagem de gesso	h	0,0038	21,87	0,08
Gesso	kg	0,1	2,5	0,25
Corte de fissura para passagem de epoxi	h	0,042	21,87	0,92
Limpeza do substrato	h	0,04	21,87	0,87
Passagem de epoxi	h	0,29	21,87	6,34
Epoxi	kg	0,42	44,91	18,86
Lixamento	h	0,087	21,87	1,90
Aplicação de tela de poliester	h	0,018	21,87	0,39
Tela de poliester	m	0,9	27,5	24,75
TOTAL				54,73

Fonte: Autor (2022)

Analizando primeiramente os custos para a fissura ativa, observou que ao contrário do que se esperava inicialmente, o custo de prevenção apresentou valores maiores que o de manutenção.

Como pode ser observado, no caso da fissura ativa, a 45° em esquadria, o custo do tratamento, considerando mão de obra e produtos (R\$78,67) foi inferior quando comparado com o custo da prevenção (R\$155,51). Esse aumento do custo da prevenção se deve principalmente a escolha de incorporação do aço, com um aumento de seu custo com o decorrer dos meses relativamente alto, considerando R\$13,47/kg (dezembro/2021). O aço de reforço tem a função de absorver as tensões as quais os vãos de esquadrias são submetidos.

Porém, deve-se considerar que esse levantamento de custo para o tratamento da fissura, foi feito inicialmente, nas primeiras idades da fissura, com incidência pós execução. Ou seja, como a fissura foi constatada do tipo ativa, com o decorrer do tempo, seu comportamento seria de aumentar a sua espessura ou comprimento, gerando inúmeros problemas futuros. Esses problemas, quando colocados em questão para realizar um levantamento de custo, provavelmente seriam superiores aos de prevenção.

Quando a fissura é tratada inicialmente, pode-se considerar o valor de custo mostrado na tabela. Porém caso o tratamento seja prorrogado, além de causar desconforto visual aos usuários, podem surgir problemas devido a umidade relevante naquela área, como por exemplo, manchas de bolor, perda da pintura e aparecimento de ferrugem. Outro ponto bem importante a ser levado em conta, é a corrosão da armadura, a qual dependendo do grau de abertura da fissura, pode vir a gerar graves danos a estrutura e resistência do elemento.

Então, todos esses pontos e fatores devem ser levados em consideração quando analisados os custos entre prevenção e tratamento. Deve-se ser ponderada as necessidades e prioridades da obra, a fim de elencar a melhor alternativa nesse caso. Porém, deve-se levar em consideração que a premissa do processo deve ser a qualidade, ou seja, realizar desde o início tomando as devidas prevenções para não surgirem fissuras posteriormente.

Já no caso da fissura passiva localizada na passagem de eletroduto, o custo do tratamento, considerando mão de obra e produtos (R\$54,73) foi superior quando comparado com o custo da prevenção (R\$23,49). Ou seja, nesse caso, a melhor

alternativa de escolha seria o início do processo já na fase de construção, aplicando os espaçadores, abraçadeiras de Nylon e telas de reforço de arame galvanizado.

A precaução nesse caso, seria realizada de uma forma a evitar o aparecimento da fissura, não causando desconforto aos usuários e custo extra para a construtora.

5. CONCLUSÃO

Diante do estudo feito, pode-se concluir que devido às características construtivas do método, apesar de tantas vantagens mostradas no decorrer do trabalho, a agilidade do processo, juntamente com os erros em fases de projeto e execução acabam diminuindo o cuidado em várias fases da obra, se tornando as principais causas do aparecimento de manifestações patológicas. O foco deste trabalho foi a manifestação do tipo fissura, devido à alta incidência em inspeção visual em obras de mesmo porte.

Com relação a incidência, foram encontrados os mesmos tipos de fissuras em praticamente todos os apartamentos do edifício. As de maior frequência foram as encontradas em 45° de vãos de janelas e portas e as localizadas em passagens de eletrodutos.

Com isso foi possível concluir quais são as principais causas destes tipos de fissuras, para sim preveni-las ou até mesmo trata-las. Dentre elas estão a falta de armação e armaduras de reforço e a falta de colocação de espaçadores. Essas constatações servem como prevenção para o não surgimento destes tipos de fissuras.

Para o tratamento das fissuras que já incidiram, foi utilizado o método da passagem de gesso, para assim monitorar o comportamento de cada fissura. O gesso foi escolhido por ser um material frágil e com baixa resistência, onde qualquer movimentação da fissura monitorada apresentará ruptura da camada de gesso.

Foram analisados os comportamentos de duas fissuras, através do método do gesso. Foram obtidas uma fissura ativa, localizada a 45° em esquadrias e uma passiva, localizada na passagem de eletrodutos. Com isso, iniciaram os tratamentos de cada uma, ambas utilizando o tratamento de selagem de fissuras.

Para a fissura ativa, foram utilizados produtos principais como, selante de poliuretano, material elástico onde acompanha a movimentação da fissura, tela de poliéster e impermeabilizante. Já na fissura passiva, foram utilizados produtos principais como, resina de epóxi, para recuperar a capacidade portante da região e tela de poliéster. Em todas foram realizadas o mesmo acabamento.

Por fim, fez-se o comparativo de custo entre prevenção e tratamento de cada tipo de fissura (ativa e passiva), obtendo alguns resultados específicos. Com

relação a fissura passiva, na passagem de eletroduto, o valor do tratamento foi superior o valor da prevenção, ou seja, nesse caso a melhor forma, tanto financeira, quanto construtiva, seria iniciar o processo da fissura já na prevenção.

Porém, no comparativo de custo da fissura ativa, a 45° em esquadria, o valor do tratamento foi inferior ao de prevenção, isso se deve ao método de prevenção escolhido possuir uma quantidade de aço. Entretanto, esse resultado deve ser analisado, pois o valor de custo de tratamento obtido, foi em idades iniciais, não passando pelo processo de acabamento, e nem pela utilização dos usuários.

Caso essa fissura fosse tratada posteriormente, os custos para esse serviço, seriam maiores, devido a problemas futuros ocasionados pela abertura da fissura ativa.

Então, o momento para o tratamento e a análise entre tratamento e prevenção devem ser analisados em âmbitos financeiros, necessidades e prioridades da obra. Porém, não devem ser repetidos os erros, para necessitar da correção em fissuras com incidências constantes. Deve-se sempre prezar pela qualidade da obra, dos materiais, de mão de obra, a fim de minimizar ou até mesmo eliminar o surgimento de fissuras.

REFERÊNCIAS

- ANAUTE M. **Programa Minha Casa Minha Vida e Parede de Concreto**. 2012. Disponível em: <http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque-interno/programaminha-casa-minha-vida-e-parede-de-concreto> . Acesso em 3 dez 2020.
- ARCELORMITTAL. **Soluções para Paredes de Concreto Armado**. [S.l.], 2018.
- ARÊAS, D.M. **Descrição do processo construtivo de parede de concreto para obra de baixo padrão**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Parede de concreto- Coletânea de ativos 2007/2008**. São Paulo. 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Parede de concreto- Coletânea de ativos 2009/2010**. São Paulo. 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Parede de concreto- Coletânea de ativos 2012/2013**. São Paulo. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7481: **Tela de aço soldada- Armadura para concreto**. Rio de Janeiro, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: **Edificações habitacionais – Desempenho parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16055: **Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações — Requisitos e procedimentos**. Rio de Janeiro, 2012.
- BKS. **Formas metálicas de paredes e lajes para prédios de concreto**. Disponível em: <http://www.bks.ind.br/formas-metalicas-para-predios/formas-metalicas-de-paredes-e-lajes-para-predios-de-concreto-sbg/>. Acesso em: 18 de jun 2021.
- BORGES, Carlos. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. São Paulo, 2008.
- BRAGUIM. T. C. **Utilização de Modelos de Cálculo para Projeto de Edifícios de Paredes de Concreto Armado Moldadas no Local**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- BUENO, C.; ROSSIGNOLO, J.A.; SACH, H.M.; Vedações verticais em concreto moldadas in loco: avaliação do conforto térmico de habitações térreas no Estado de São Paulo. **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, v.4, p.31-48, São Paulo, 2011.
- CATÁLOGO PENETRON. **Fitas hidroexpansivas para concreto**. São Paulo. 2020.
- COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Controle Parede de Concreto**. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/control/qualidade/27/control.html> Acesso em: 20 de dez 2020.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Vantagem Parede de Concreto**. Disponível em: <http://www.comunidade-da-construcao.com.br/sistemas-construtivos/2/vantagens/viabilidade/20/vantagens.html> Acesso em: 10 de dez 2020.

CORSINI, R. Paredes Normatizadas. **Revista Técnica**, São Paulo, 2011.

COSTA, C.P.; LIMA, J.R.P.; Três sistemas construtivos em empreendimento em residencial econômico. **Revista Ibracon ed. 90**. Abr-Jun, 2018.

ECIVIL. **Fissurômetro**. Disponível em: <https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-fissurometro.html>. Acesso em: 10 de ago de 2021.

ESO. **Corpos de prova de concreto**. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/eso/content/?tag=corpo-de-prova>. Acesso em: 18 de jun 2021.

FERREIRA, Marcos. **Parede de concreto na Rodobens negócios imobiliários**. Disponível em: <https://nucleoparededeconcreto.com.br/parede-de-concreto-na-rodobens-negocios-imobiliarios-nossa-experiencia/>. Acesso em 04 de dez 2020.

FIGUEIREDO, E.J.P. **Terapia das construções de concreto**: metodologia de avaliação de sistemas epóxi destinados à injeção de fissuras passivas das estruturas de concreto. Dissertação de mestrado em Engenharia- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 1989.

FORSA. **Catálogo Forsa**.

GETHAL. Disponível em: <https://gethal.com.br>. Acesso em 03 de dez 2020.

GIUGLIANI, E. **Sistemas estruturais II- Propriedades e características dos materiais concreto e aço**. Rio Grande do Sul. 2014.

HESKETH M. Parede de Concreto. In **9º Congresso de Materiais, Tecnologia e Meio Ambiente da Construção** Belo Horizonte, 2009.

HELENE, Paulo R. Do Lago. **Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo, Red Rehabilitar, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE TELA SOLDADA. **O uso da tela soldada no combate à fissuração**. São Paulo. [S.D.]

JAILLON, L.; POON, C. S.; CHIANG, Y. H. Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong. **Waste Management**, 2009.

LEAL, Ubiratan. **Três não é demais**. Construção e Mercado, São Paulo: Editora PINI, nº 109, p. 20-24, agosto, 2010.

LIMA. K.B.A. **Fissuras em parede de concreto em um conjunto residencial**. Maranhão. 2020.

LORENCETO, D. **Tudo o que você precisa saber sobre parede de concreto moldado in loco**. Disponível em <https://www.aecweb.com.br/cont/a/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-paredes-de-concreto-in-loco> 19196 . Acesso em 16 de dez 2021.

MACÊDO, J. S.; **Um estudo sobre o sistema construtivo formado por paredes de concreto moldadas no local**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso- Universidade Estadual da Paraíba. João Pessoa. 2016.

MASSUDA, C.; MISSURELI, H.; Como construir parede de concreto. **Revista Techne ed. 147**. Junho, 2009.

MAYOR, A.V.; MONGE, R.; SILVA, J.B.; A construção de um sistema de sucesso. **Revista Ibracon ed. 90**. Abr-Jun, 2018.

MEDEIROS, G. **Junta Fria**. 2010. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/junta-fria/>. Acesso em 21 de jun de 2021.

MESQUITA, D.C.O; JUNIOR, R.S.C. **Fissuração em parede de concreto aparente**: Análise de diferentes tipos de tratamento ao longo do tempo em construção residencial ao Lago Sul. Brasília. 2019.

Metro Modular. **Formas plásticas para parede de concreto**. Disponível em: <https://metromodular.com.br/blog/formas-plasticas-para-parede-de-concreto>. Acesso em: 20 de dez 2020.

NEOFORMAS. **Passo a passo parede de concreto**. Cuiabá. [S.D.]

NUNES, V.Q.G. **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.

Parede de concreto cresce entre opções de sistema construtivo para habitação popular. **IMS Construtora**. Disponível em: <http://www.imsconstrutora.com.br/?p=6616>. Acesso em: 20 de jun 2021.

Peri Formas e Escoramentos. **Sistema de fôrmas e plataformas trepantes geram ciclos rápidos de concretagem**. São Paulo. 2009.

POLAR. **Catálogo Polar**. 2015. Disponível em: http://www.polar.com.br/pdf/catalogo_polar_eletrica.pdf. Acesso em: 25 de jun 2021.

POLAR. **Sistema de parede de concreto**. Disponível em: <https://www.polar.com.br/eletrica.php>. Joinville. Acesso em 03 de ago de 2021.

Quando vale a pena utilizar o PEX. **THORUS Construtora**. Disponível em: <https://thorusengenharia.com.br/quando-vale-pena-utilizar-o-pex-vantagens-instalacao-custos/>. Acesso em 20 de jan 2021.

“**Relatório de avaliação da execução de programa de governo nº 66**. Programa Minha Casa Minha Vida – FGTS”. 2017.

RIPPER, E. **Como evitar erros na construção**. São Paulo: Editora Pini, 3 ed., 1996.

SAMPAIO, G. G. S. **Patologias em parede de concreto**. [S.l.]. 2015.

SANTOS, A. Cimento Itambé. **Casa moldada “in loco” desencadeia franquia**. 2014.

SANTOS, L.M. **Cálculo de Concreto Armado**. São Paulo: Ed. LMS. 1983.

SF FÔRMAS. **Sistemas de fôrmas para parede de concreto**. 2015. Disponível em: <http://www.comunidade-da-construcao.com.br/upload/ativos/363/anexo/06-sf.pdf>. Acesso em 03 de ago de 2021.

SILVA, F.B. Paredes de concreto armado moldadas in loco. **Revista Técnica**, São Paulo, 2011.

SOUZA, M.E. **Armaduras especiais para concreto estrutural: Tópicos sobre manifestações patológicas**. Curitiba. 2014.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado**. São Paulo: Editora Pini, 1988.

TAKATA, L. T. **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado**: Estudo de caso. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 1 ed. São Paulo: Pini, 1996.

THÓRUS ENGENHARIA. **Patologia das edificações**: o que é e o como trata-la. Joinville. 2020.

TKM Distribuidora. Tela de Poliéster Vinitrinca R. Disponível em: <http://www.tkmdistribuidora.com.br> . Acesso em 19 de jan de 2022.

VENTURINI, Jamila. Casas com paredes de concreto. **Revista Equipe de Obra**, São Paulo, v. VII, n. 37, julho. 2011.

VERÇOSA, E.J. **Patologias das edificações**. Porto Alegre: Sagra, 1991.

WAGHMARE, A.; VAISHALI, T. A Study of Cost comparison of precast concrete vs. Cast-in-Place. **International Multidisciplinary e-Journal**, novembro, 2015.

WENDLER, A. **Fissuração em paredes de concreto**. Campinas, 2018

APÊNDICES

Apêndice A- Questionário de consultores

QUESTIONÁRIO		
PERGUNTA	RESPOSTA	
Se for colocada 2 barras de aço na diagonal nas duas faces da tela, não impediria a formação da fissura 45°?		
Prendendo o eletroduto, minimizou a aparição da fissura?		
Quanto tempo demora (mão de obra) para reparar a fissura?		
Na concretagem onde não houve interrupção, apareceu fissura de juntas frias?		
Quantidade de material utilizado para reparo		
Quantidade de material utilizado para prevenção		
Percebido o aumento de fissura em algum ponto específico?		
Algo que foi feito que melhorou o surgimento?		
Algo que foi feito que piorou o surgimento?		