

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

GUILHERME ZARO CORREA

**ANÁLISE DAS PATOLOGIAS EM ABERTURAS DE PAREDES DE CONCRETO
AUTOPORTANTE MOLDADO *IN LOCO* NO MUNICÍPIO DE CASCAVEL – PR**

**CASCAVEL - PR
2017**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

GUILHERME ZARO CORREA

**ANÁLISE DAS PATOLOGIAS EM ABERTURAS DE PAREDES DE CONCRETO
AUTOPORTANTE MOLDADO *IN LOCO* NO MUNICÍPIO DE CASCAVEL – PR**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Professora Orientadora: Mestre, Engenheira Civil, Andrea Resende Souza.

**CASCAVEL - PR
2017**

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

GUILHERME ZARO CORREA

ANÁLISE DAS PATOLOGIAS EM ABERTURAS DE PAREDES DE CONCRETO AUTOPORTANTE MOLDADO *IN LOCO* NO MUNICÍPIO DE CASCAVEL – PR

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação da Professora **Engenheira Civil Mestre Andrea Resende de Souza**.

BANCA EXAMINADORA

Orientador (a) Prof^a. <Titulação NOME DO PROFESSOR>
Centro Universitário Assis Gurgacz
<Formação graduação do professor>

Professor (a) <Titulação NOME DO PROFESSOR>
Centro Universitário Assis Gurgacz
<Formação graduação do professor>

Professor (a) <Titulação NOME DO PROFESSOR>
Centro Universitário Assis Gurgacz
<Formação graduação do professor>

Cascavel, 17 de outubro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me dar forças para realizar este trabalho, iluminando minha trajetória profissional, tornando possível o aprendizado de algo tão interessante.

À minha família, por sempre estar ao meu lado, ensinando bons valores, dando conselhos e me apoiando em toda a minha trajetória, sem eles nada seria possível.

À professora orientadora, Andrea Resende Souza, que serve-me de exemplo como profissional, por todo o conhecimento transmitido, auxiliando em toda a minha pesquisa, com paciência, incentivo e disposição.

À minha namorada, Nicóly Stopassóli Laufer, por todo o amor, carinho e amizade que me transmite, me transformando em uma pessoa muito confiante e realizada todos os dias.

À construtora em que fiz estágio, em especial ao Rodrigo Anastáceo Favero, pelo empenho e paciência, por todas as oportunidades e por dividir comigo o grande conhecimento adquirido pela experiência no ramo da construção civil.

Aos meus amigos, que nesses anos tive o privilégio da companhia, criando vínculos muito especiais transformados em incentivos em todas as horas.

Por fim, agradecemos a todos que, de alguma maneira, torceram pelo meu sucesso e me apoiaram durante essa difícil caminhada. A vocês, o meu muito obrigado.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus familiares, namorada e amigos, pelo incessante incentivo.

EPÍGRAFE

“A inovação é o que distingue um líder de um seguidor.”
Steve Jobs.

RESUMO

Trata-se de um estudo das manifestações patológicas aparentes em aberturas, em edifícios executados com o método construtivo de paredes de concreto autoportante moldado *in loco*, onde será feito o levantamento das patologias a partir de visitas técnicas *in loco*, realizando registro fotográfico, listando-as. Com isso, será realizado o estudo de viabilidade de reforço estrutural nos locais prejudicados, identificando as possíveis causas das patologias, bem como, demonstrando o método de tratamento das mesmas. O sistema de paredes de concreto autoportante moldado *in loco* designa-se autoportante, pois as paredes têm a função de vedar e de suportar as cargas da edificação e as lajes por sua vez são maciças idem as paredes. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo analisar as patologias aparentes existentes em paredes de concreto autoportante moldado *in loco*, decorrente de aberturas, em edifícios residenciais multifamiliares de 5 pavimentos, localizados na cidade de Cascavel – PR.

PALAVRAS-CHAVE: Manifestações patológicas; Concreto autoportante moldado *in loco*; Aberturas em paredes de concreto.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pinos de fixação e bucha espaçadora.	16
Figura 2: Cunha de travamento das fôrmas.	16
Figura 3: Tela eletro soldada no contorno da janela.	17
Figura 4: Treliça e tela no contorno da porta.	18
Figura 5: Eletrodutos locados em laje.	18
Figura 6: Processo de concretagem.	19
Figura 7: <i>Slump Test</i>	20
Figura 8: Adensamento do concreto.	21
Figura 9: Desforma dos painéis.	22
Figura 10: Paredes com aberturas com ação em uma e em duas direções.	25
Figura 11: Ilustração de distribuição horizontal de aberturas em uma parede de concreto.....	26
Figura 12: Ilustração de distribuição vertical de aberturas em uma parede de concreto.	27
Figura 13: Fissuras em parede com ações em uma direção.	28
Figura 14: Fissuras em parede com ações em duas direções.	28
Figura 15: Armaduras de reforço na região de aberturas.	30
Figura 16: Mapa com a localização do edifício Alto Morumbi.....	32
Figura 17: Mapa com a localização dos edifícios Bonsai VII e Bonsai X.....	32
Figura 18: Fissuras a 45° em aberturas de portas e janelas.....	36
Figura 19: Fissuras a 90° em aberturas de portas e janelas.....	37
Figura 20: Desagregação.....	38
Figura 21: Formação de vazios.....	38
Figura 22: Armadura exposta.....	39
Figura 23: Gráfico com a frequência das patologias – Edifício Alto Morumbi.....	44
Figura 24: Gráfico com a frequência das patologias – Edifício Bonsai X.....	46
Figura 25: Gráfico com a frequência das patologias – Edifício Bonsai VII.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparativo entre os principais métodos construtivos.	23
Tabela 2: Vantagens e desvantagens do método construtivo.	24
Tabela 3: Tabela para levantamento das manifestações patológicas nos edifícios finalizados.	33
Tabela 4: Tabela de avaliação conceitual dos edifícios residenciais.....	34
Tabela 5: Tabela de avaliação geral dos edifícios residenciais.....	34
Tabela 6: Patologias verificadas no edifício Alto Morumbi - 1º Pavimento.....	40
Tabela 7: Patologias verificadas no edifício Alto Morumbi - 3º Pavimento.....	40
Tabela 8: Patologias verificadas no edifício Alto Morumbi - 5º Pavimento.....	41
Tabela 9: Patologias verificadas no edifício Bonsai X - 1º Pavimento.....	41
Tabela 10: Patologias verificadas no edifício Bonsai X - 3º Pavimento.....	42
Tabela 11: Patologias verificadas no edifício Bonsai X - 5º Pavimento.....	42
Tabela 12: Patologias verificadas no edifício Bonsai VII - 1º Pavimento.....	43
Tabela 13: Patologias verificadas no edifício Bonsai VII - 3º Pavimento.....	43
Tabela 14: Patologias verificadas no edifício Bonsai VII - 5º Pavimento.....	43
Tabela 15: Conceito relacionado com as patologias – Edifício Alto Morumbi.....	45
Tabela 16: Conceito relacionado com as patologias – Edifício Bonsai X.....	46
Tabela 17: Conceito relacionado com as patologias – Edifício Bonsai VII.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
PR	Paraná

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	11
1.1 INTRODUÇÃO	11
1.2 OBJETIVOS	12
1.2.1 Objetivo Geral	12
1.2.2 Objetivos Específicos	12
1.3 JUSTIFICATIVA	12
1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	13
1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	13
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	14
CAPÍTULO 2	15
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1.1 Descrição do sistema construtivo de paredes de concreto autoportante	15
2.1.2 Fundação	15
2.1.3 Projeto de formas	15
2.1.4 Aplicação do desmoldante	17
2.1.5 Armaduras	17
2.1.6 Lajes	18
2.1.7 Concretagem	19
2.1.8 Desforma	21
2.1.9 Cura do concreto	22
2.1.10 Comparativo entre os principais sistemas estruturais	22
2.1.11 Vantagens e desvantagens do sistema construtivo	23
2.1.12 Influência das aberturas nas paredes de concreto autoportante moldado <i>in loco</i>	25
2.1.12.1 Influência das aberturas	26
2.1.12.2 Fissuras nas aberturas	27
2.1.12.3 Problemas relacionados a armaduras	29
CAPÍTULO 3	31
3.1 METODOLOGIA	31
3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa	31
3.1.2 Caracterização da amostra	31
3.1.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados	33
3.1.4 Análise dos dados	35
CAPÍTULO 4	36
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1.1 Identificação das manifestações patológicas encontradas	36
4.1.1.1 Fissuras 45°	36
4.1.1.2 Fissuras 90°	37
4.1.1.3 Falha na concretagem	37
4.1.1.4 Armadura aparente	39
4.1.2 Apresentação das manifestações patológicas analisadas	39
4.1.3 Análise dos resultados encontrados	44
CAPÍTULO 5	50
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
CAPÍTULO 6	52
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	52
REFERÊNCIAS	53

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção é uma das maiores responsáveis pelo crescimento econômico do Brasil na última década. Dados do Produto Interno Bruto (PIB) mostram que 18% do PIB brasileiro são resultados do bom desempenho do setor da construção civil. Nos últimos seis anos, aproximadamente, surgiu uma demanda muito grande da construção civil, sobretudo por conta do programa governamental de habitação popular Minha Casa, Minha Vida da CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Juntamente com essa demanda surge uma procura de novas técnicas construtivas que possibilitem maior produtividade, economia, menor desperdício, bem como, o desenvolvimento da área.

Uma dessas técnicas é o método construtivo de paredes de concreto autoportante moldado *in loco*. Como afirma Corsini (2012), o sistema, basicamente, emprega um jogo de fôrmas, tela de aço e concreto que irá constituir a parede. O sistema é indicado para construção em grande escala e é usado, sobretudo, em obras residenciais, embora não limitado a elas.

O sistema construtivo em questão, semelhante aos outros sistemas estruturais, possui deficiências e desvantagens que, quando não fiscalizadas corretamente, podem comprometer a viabilidade do mesmo. Segundo o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia do Rio Grande do Sul (IBAPE – RS, 2013), essas deficiências construtivas, mais conhecidas como patologia, são falhas ou defeitos que uma edificação pode apresentar, ou seja, diz-se que uma edificação apresenta uma patologia quando a mesma não atende adequadamente a uma ou a mais funções para as quais foi executada.

Nesse sentido, a análise da integridade desses empreendimentos exige um acompanhamento detalhado, por se tratar de um sistema construtivo onde as paredes comportam-se, além de painéis de vedação, como elementos estruturais e, no qual, as instalações e esquadrias são inseridos, parcialmente, na fase de execução. Rigui (2009), afirma que a responsabilidade pelas diversas falhas na execução é a falta de informação a respeito dos materiais e das técnicas de execução. Dessa forma, dúvidas surgiram sobre a influência de aberturas nas paredes de concreto, tornando-se necessário ser feita a análise das patologias existentes no sistema construtivo, decorrente das aberturas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar as patologias aparentes existentes em paredes de concreto autoportante moldado *in loco*, decorrente de aberturas, em edifícios de 5 pavimentos, localizados na cidade de Cascavel – PR.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Identificar as principais manifestações patológicas aparentes decorrentes de aberturas em paredes de concreto autoportante moldado *in loco*;
- b) Levantar as possíveis causas/origens das patologias encontradas através de revisão bibliográfica;
- c) Analisar a necessidade de um reforço da armadura nos locais mais propícios às patologias;
- d) Analisar se o tratamento utilizado para a correção das manifestações patológicas na etapa de execução foi adequado, comparando com a análise das patologias no edifício entregue.

1.3 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, no nosso país, há uma expressiva preocupação das construtoras, em consequência da elevada demanda por edificações, no que diz respeito ao prazo de entrega da obra, baixo custo de execução, assim como, a melhor qualidade possível. Tendo em vista esses aspectos, faz-se necessário que estudos sobre os métodos construtivos existentes e novas tecnologias na construção civil sejam explorados, e assim, contribuir para o desenvolvimento do país.

O sistema construtivo de paredes de concreto autoportante moldado *in loco* desempenha um papel muito importante nessa modernização: a sua rápida execução e diminuição de perdas, permitem que ela tenha uma função de muita relevância neste processo. Por se tratar de um sistema racional e bastante industrializado, faz-se necessário um bom planejamento e fiscalização, para que se possa executar a obra de forma correta, evitando patologias, atrasos e custos desnecessários (Comunidade da Construção, 2009-2010).

A presença de manifestações patológicas em uma edificação é uma questão grave, pois, algumas patologias, além de causarem desconforto aos usuários do edifício, podem trazer riscos à estrutura da edificação, o que resulta em ausência de segurança no local. No método construtivo estudado, onde as paredes representam a estrutura da edificação, as patologias existentes tornam-se ainda mais preocupantes. Com isso, pode ocorrer uma diminuição na durabilidade e na vida útil do empreendimento.

Doh e Fragomeni (2006), afirmam que há uma tendência à fissuração a partir das quinas das aberturas nas paredes de concreto, evidenciando a existência de um acúmulo de tensões naquela região, o que demonstra a importância da consideração das aberturas durante o dimensionamento das paredes. Ainda, de acordo com eles, o deficitário estudo realizado sobre o comportamento das paredes de concreto com aberturas, bem como, as recomendações da NBR 16055 (2012), as quais não abrangem todas as situações de aberturas, colaboram para que patologias referentes a essas aberturas apareçam com mais frequência nas edificações.

Assim, torna-se fundamental a análise das patologias decorrentes de aberturas no método construtivo de paredes de concreto autoportante moldado *in loco*, para que sirva de auxílio às construtoras que buscam conhecimento sobre esse método construtivo, e, expresse a gravidade dos riscos que podem ocorrer à estrutura, tal como, a segurança das pessoas que frequentam os edifícios.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Quais são as patologias aparentes existentes em parede de concreto autoportante moldado *in loco*, decorrentes de aberturas, em edifícios de 5 pavimentos localizados na cidade de Cascavel– PR?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

Os empreendimentos executados com o método construtivo de paredes em concreto moldado *in loco* apresentam um índice considerável de problemas patológicos por conta da necessidade de mão-de-obra especializada, uma baixa flexibilidade do projeto, assim como, um severo controle na execução. Espera-se que as manifestações patológicas encontradas em paredes de concreto autoportante moldado *in loco* não apresentem risco à estrutura da edificação.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa será limitada à análise das patologias existentes em paredes de concreto autoportante moldado *in loco*, decorrentes de aberturas em edifícios de cinco pavimentos, com quatro apartamentos por andar de 43 m² de área privativa cada, localizados na região central da cidade de Cascavel, Paraná.

A análise das patologias restringe-se à identificação das patologias por meio de visitas técnicas, inspeção visual, relatórios da construtora, questionários aos moradores, reconhecimento das causas e origens, estudo de viabilidade da necessidade de reforço estrutural nos locais prejudicados, identificação da fase de surgimento das patologias, assim como, a análise do tratamento utilizado para correção das patologias. O estudo em questão será feito em um edifício entregue a mais de um ano, bem como, o acompanhamento de duas etapas de montagem de dois edifícios em execução.

Não levando em consideração, desse modo, outros tipos de patologias do método construtivo que não estejam relacionadas com as aberturas, bem como, as ações do vento nas edificações e a análise para edifícios com mais de cinco pavimentos.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Descrição do sistema construtivo de paredes de concreto autoportante moldado *in loco*

De acordo com Venturini (2011), o sistema construtivo é composto por paredes que fazem a função de vedação e sustentação das cargas, uma vez que são moldadas no próprio local do empreendimento, com espessuras de 10 centímetros. Essas paredes são armadas com telas metálicas eletro soldadas, centralizadas nas paredes. As lajes são maciças, bem como as paredes, e possuem configuração de espessura e armadura. A fundação varia de acordo com o local de sua implantação.

2.1.2 Fundação

O tipo de fundação varia de acordo com o tipo de empreendimento, de solo, de clima e de local, visando sempre à segurança, à estabilidade, à durabilidade e, por fim, ao alinhamento necessário para a locação das paredes (MISURELLI e MASSUDA, 2009).

2.1.3 Projeto de fôrmas

Todo conjunto de fôrmas deve ser, além de acompanhado pelo projeto, checado no que se refere à presença de todos os materiais constituintes e à sua qualidade, considerando-se que o material deve ser armazenado de forma correta, conforme indica o fornecedor, a fim de maximizar sua vida útil (MISURELLI e MASSUDA, 2009).

A montagem, ainda, deve seguir rigorosamente o projeto, com uma sequência que pode variar de acordo com o nivelamento da laje, com a marcação de paredes e com o piso (MISURELLI e MASSUDA, 2009).

Segundo Venturini (2011), os painéis possuem furos por onde transpassam pinos com intuito de fixar as fôrmas e buchas, que, por sua vez, delimitarão a espessura das paredes que variam entre 8 e 15 cm, de acordo com o projeto, conforme a Figura 1.

Figura 1: Pinos de fixação e bucha espaçadora.



Fonte: Autor, (2017).

É de extrema importância o posicionamento correto dos pinos, pois eles ainda serão utilizados para travar as fôrmas pelo lado externo, através de cunhas, conforme a Figura 2. Após a desforma, os furos deixados pelos pinos de fixação são preenchidos com uma argamassa especial.

Figura 2: Cunha de travamento das fôrmas.



Fonte: Autor, (2017).

2.1.4 Aplicação do desmoldante

Quando o concreto adquire uma resistência de 1 MPa, prevista para 12 horas após a concretagem, inicia-se a desforma. Neste procedimento, primeiramente, são retiradas as cunhas de travamento, seguidas pelos pinos e, finalmente, pelos painéis. A remoção dos painéis também deve seguir a ordem numérica destes, pois é a mesma com que eles serão locados na laje superior. Na laje, os painéis podem ser retirados, com exceção dos painéis que se localizam escorados abaixo da mesma. Esses painéis só serão retirados após quatro dias a contar da concretagem (VENTURINI, 2011).

2.1.5 Armaduras

Após escolhido o tipo de fundação, a armadura de estrutura adotada será a de tela eletro soldada, posicionada verticalmente e centralizada na parede, ou nas duas faces, dependendo do dimensionamento do projeto. Treliças ou barras são utilizadas em pontos tais como vergas e contra vergas e portas, conforme demonstram as Figuras 3 e 4. (MISURELLI e MASSUDA, 2009).

Figura 3: Tela eletro soldada no contorno da janela.



Fonte: Autor, (2017).

Figura 4: Treliça e tela no contorno da porta.



Fonte: Autor, (2017).

2.1.6 Lajes

Para Venturini (2011), o sistema de concretagem possibilita que a laje e as paredes sejam concretadas de forma simultânea. Após o posicionamento das fôrmas, escoramentos, eletrodutos e tubos hidráulicos, segundo a Figura 5, o nível da laje deve ser conferido, para evitar futuros problemas no pavimento superior.

Figura 5: Eletrodutos locados em laje.



Fonte: Autor, (2017).

2.1.7 Concretagem

A aplicação do concreto nas fôrmas, demonstrado na Figura 6, deve seguir o planejamento rigorosamente, levando em conta as características do concreto, a geometria das fôrmas e o layout do canteiro de obra (MISURELLI e MASSUDA, 2009).

Figura 6: Processo de concretagem.



Fonte: Autor, (2017).

A concretagem, com toda sua modulação, é fundamental para que a estrutura executada atenda ao projeto estrutural, garantindo, desse modo, qualidade e durabilidade à obra (TECHNE, 2009).

Concretos dosados em centrais e fornecidos ao canteiro através de caminhões betoneira são, sem dúvidas, mais eficientes, resultando em melhores controles de agregados, medidas em peso, volume e, principalmente, na garantia de qualidade da concreteira (TECHNE, 2009).

O tempo de transporte, desde o início da mistura, a partir da primeira adição de água, até a entrega na obra, é muito importante para o desempenho dela, não podendo, por isso, ser superior a 90 minutos. Esse tempo deve ser definido de modo que o adensamento final não ocorra após o início da pega do concreto lançada anteriormente, evitando, assim, a formação de junta fria.

De acordo com a revista Técnica (2009), um passo importante se dá na verificação através do abatimento (*slump*), representado na Figura 7, conforme nota fiscal. Caso tal

verificação não esteja de acordo com especificado pela nota fiscal, deve ser adicionada água nos limites especificados pela NBR 7212 (2012), desde que:

- O abatimento seja maior ou igual a 10 mm;
- O abatimento seja corrigido em até 25 mm;
- O abatimento, depois da adição, não ultrapasse o limite máximo especificado;
- O tempo entre a primeira adição de água aos agregados e o início do lançamento seja maior que 15 minutos.

Figura 7: *Slump Test.*



Fonte: Autor, (2017).

Segundo a revista *Téchne* (2009), o cronograma para a concretagem deve:

- Iniciar por um dos cantos da construção até as paredes próximas estarem cheias;
- Seguir o mesmo procedimento no canto oposto; - Levar em consideração que o procedimento é o mesmo para os outros dois pontos;
- Observar pontos nas linhas elevadas (telhado);
- Lançar o concreto o mais próximo possível de sua posição final;
- Utilizar bomba para lançamento do concreto, o que reduz a probabilidade de falhas de concretagem;

- Não deve haver interrupções com duração superior a 30 minutos.

Nesse sentido, destaca-se que é muito importante que, durante o lançamento, o concreto seja vibrado com equipamento adequado, mostrado na Figura 8. Este passo deve ser cuidadosamente observado, para que a mistura preencha todos os espaços da fôrma, de maneira a evitar a formação de nichos ou segregação dos materiais (TECHNE, 2009).

Figura 8: Adensamento do concreto.



Fonte: Autor, (2017).

2.1.8 Desforma

Quando o concreto adquire uma resistência de 1 MPa, prevista para 12 horas após a concretagem, inicia-se a desforma. Neste procedimento, primeiramente são retiradas as cunhas de travamento, seguidas pelos pinos e, finalmente, pelos painéis. A remoção dos painéis também deve seguir a ordem numérica destes, pois é a mesma com que eles serão locados na laje superior, segundo a Figura 9. Na laje, os painéis podem ser retirados, com exceção dos painéis que se localizam escorados abaixo da mesma. Esses painéis só serão retirados após quatro dias a contar da concretagem (VENTURINI, 2011).

Figura 9: Desforma dos painéis.



Fonte: Autor, (2017).

2.1.9 Cura do concreto

O processo de cura do concreto deve iniciar-se o quanto antes, minorando a possibilidade do surgimento de fissuras, principalmente nas lajes. O método mais utilizado é o de cura por molhagem, ou seja, é necessário que o concreto esteja em contato, (em regiões quentes e com grande incidência de ventos nesse período), continuo com a água por, pelo menos, três dias, sendo molhado, no mínimo, cinco vezes ao dia (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2011).

2.1.10 Comparativo entre os principais sistemas estruturais

Com o objetivo de demonstrar as diferenças entre o método construtivo de paredes de concreto autoportante moldado *in loco* e outros sistemas estruturais, a Tabela 1 traz um comparativo entre estes sistemas. Pode-se perceber que as características e as etapas construtivas são diferentes, quando comparado o sistema de paredes de concreto com outros sistemas mais utilizados na engenharia civil. Isto confirma a necessidade que levou à elaboração de uma norma distinta para o método construtivo de paredes de concreto.

Tabela 1: Comparativo entre os principais métodos construtivos.

	Paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>	Estrutura convencional (pillar-viga-laje)	Alvenaria estrutural	Painéis pré-fabricados
Características	Estrutura única de concreto, moldada em formas metálicas, de madeira ou plástico	Formada por pilares, vigas e lajes de concreto. Os vãos são preenchidos com blocos de vedação	Estrutura em blocos de concreto ou cerâmicos mais resistentes, adequados para alvenaria estrutural	Pecas pré-fabricadas (no canteiro ou em usinas), montadas normalmente com auxílio de guias
Distribuição de peso	O peso se distribui por toda a estrutura de concreto autoportante até interface com as fundações	O peso da construção é distribuído nos pilares, vigas e lajes para as fundações (as paredes não suportam cargas)	As paredes são autoportantes (capazes de suportar a carga da obra sem a necessidade de vigas e pilares)	Os painéis normalmente são autoportantes, há modelos, porém, com função exclusiva de fechamento (sem função estrutural)
Armação	Concretada em tela soldada (no centro da parede ou próximas as duas faces)	Não há armação nas áreas de vedação, somente nos pilares, vigas e lajes	Geralmente não há armação (embora haja alvenaria estrutural armada)	Normalmente os painéis são de concreto armado
Revestimento	Normalmente não recebe revestimento	Revestimento, base com chapisco	Revestimento, base com chapisco	Normalmente são revestidos (ou recebem revestimentos incorporados na fabricação)
Instalações elétricas/hidráulicas	Quando embutidas, são instaladas antes da concretagem	Depois da construção das paredes, em geral é preciso “rasgar-las” para embutir as instalações hidráulicas e elétricas	Instalações embutidas dentro dos blocos, que são cortados nos pontos de saída	Já vem embutidas, normalmente, nos painéis pré-fabricados

Fonte: Corsini, (2012).

2.1.11 Vantagens e desvantagens do sistema construtivo

De acordo com Sacht (2008), são apresentadas algumas vantagens e desvantagens da utilização dos sistemas de paredes de concreto autoportante moldado *in loco*, conforme a Tabela 2. Percebe-se, nesse contexto que, embora o uso desse sistema inicialmente apresente um custo elevadíssimo para o empreendimento, ao final da obra ocorre uma grande economia de tempo e um déficit de entulho na obra, o que acaba por torná-lo um investimento viável. Para Alves e Peixoto (2011), há uma diminuição no tempo da obra e, conseqüentemente, a diminuição do custo da mão de obra. Portanto, em relação ao investimento inicial, o sistema construtivo de paredes de concreto é vantajoso, desde que haja um elevado número de repetições.

Tabela 2: Vantagens e desvantagens.**Vantagens**

Racionalização da produção das vedações, com alta produtividade, baixo índice de perdas e mão de obra reduzida;

Ocorre o aumento da produtividade, devido à existência de uma sequência definida de tarefas (locação, montagem das fôrmas, posicionamento das instalações, fixação dos negativos das esquadrias, com possibilidade dos batentes na própria fôrma, resultando na redução do custo global da obra);

Aumento da qualidade tanto nos serviços de execução quanto no acabamento superficial (final da parede);

As fôrmas são reutilizáveis e cada conjunto produz os painéis de vedação de uma habitação em 24 horas, podendo incluir a laje na cobertura;

Existe, por meio do sistema, a possibilidade da vedação exercer função estrutural, em que as paredes são adotadas para distribuir carregamento;

A uniformidade da parede permite a utilização de um revestimento de pequena espessura, sem necessidade de regularização, ou mesmo a eliminação do revestimento de regularização, como argamassas e pastas, antes da aplicação da pintura;

As atividades independem da habilidade do operário, não exigindo qualificação, apenas treinamento. O consumo de mão de obra é reduzido quando comparado ao processo construtivo tradicional;

Existe uma sequência ordenada de trabalho, que permite uma simplificação das tarefas;

O emprego desse sistema construtivo exige organização e maior planejamento do processo de construção, as soluções devem ser tomadas previamente à execução;

Proporciona o aumento da área útil da habitação, quando comparado aos sistemas convencionais com paredes com espessura acima de 15cm, pois os painéis de concreto usualmente apresentam espessura final entre 8 e 12 cm;

Desvantagens

Elevado custo das fôrmas que deve ser reduzido em diversas utilizações. Essa necessidade de alta reutilização ocorre apenas quando se tem uma demanda constante e uma tipologia habitacional definida e ainda é viável para um número de unidades superior a 50;

Há, na maioria dos casos, necessidade de equipamentos de grande porte para o emprego das fôrmas metálicas, que são geralmente pesadas e de grandes dimensões, os mesmos são necessários para o transporte das fôrmas ou do volume de concreto requerido;

Na execução com paredes monolíticas moldadas *in loco*, algumas limitações podem ser apontadas em relação ao projeto, principalmente em relação a modificações devido à função estrutural;

No emprego de fôrmas tipo túnel e mesa/parede, há restrições quanto ao emprego de lajes com diferentes níveis, devido ao deslocamento de fôrmas em cada andar nos ciclos de produção;

No emprego de fôrmas tipo túnel e mesa/parede, há paredes com função de vedação que não são determinadas pelo método construtivo, e quando ocorre o emprego de alvenaria de blocos, não conseguem acompanhar a velocidade com que são executadas as paredes estruturais;

As patologias, principalmente as fissuras, a umidade e o desempenho insatisfatório decorrentes do inadequado emprego no passado contribuem para a pouca utilização no presente;

Fonte: Sacht, (2008).

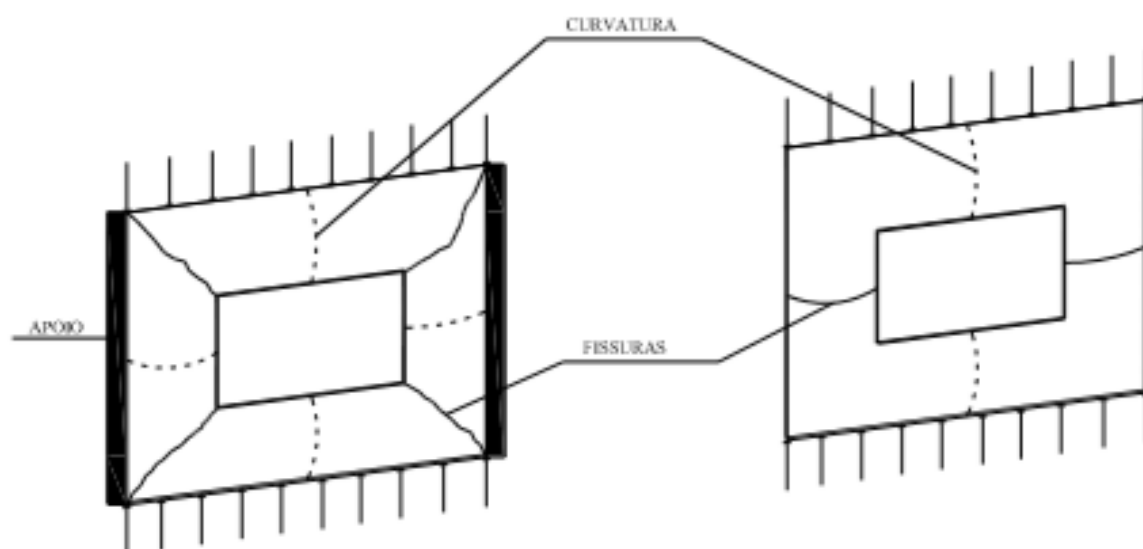
Como o comportamento estrutural das paredes de concreto não é o mesmo do sistema estrutural formado por pórticos, já era de se esperar que a distribuição de tensões também fosse diferente. Corsini (2012) afirma que, como exemplo desta diferença comportamental, tem-se as janelas: “ao ter uma retração ou desvio de cargas, há uma concentração de tensão nos cantos das janelas”. Exatamente por conta desta distinção é que a NBR 16055 (2012) indica a forma de tratar janelas, portas e aberturas em geral, especificamente.

2.1.12 Influência das aberturas nas paredes de concreto autoportante moldado *in loco*

Poucas normas apresentam recomendações para a região das aberturas. De acordo com Doh e Fragomeni (2006), poucas pesquisas foram desenvolvidas sobre o comportamento das paredes com aberturas. Eles comentam, ainda, que as fissuras, nos ensaios realizados por eles, se apresentaram de forma diferente em paredes de concreto com aberturas que tinham ações distintas: nas paredes com ação nas duas direções, as curvaturas ocorreram tanto na direção paralela quanto perpendicular ao carregamento; já nas paredes com ação em somente uma direção, a curvatura ocorreu paralelamente à ação, como mostra a Figura 10.

Para Taylor, Cote e Wallace (1998), caso as aberturas sejam pequenas, elas podem ser negligenciadas, mas, se forem no meio da parede, elas diminuirão levemente o momento resistente paralelo ao plano médio e reduzirão de forma significativa a força cortante resistente.

Figura 10: Paredes com aberturas com ação em uma e em duas direções.

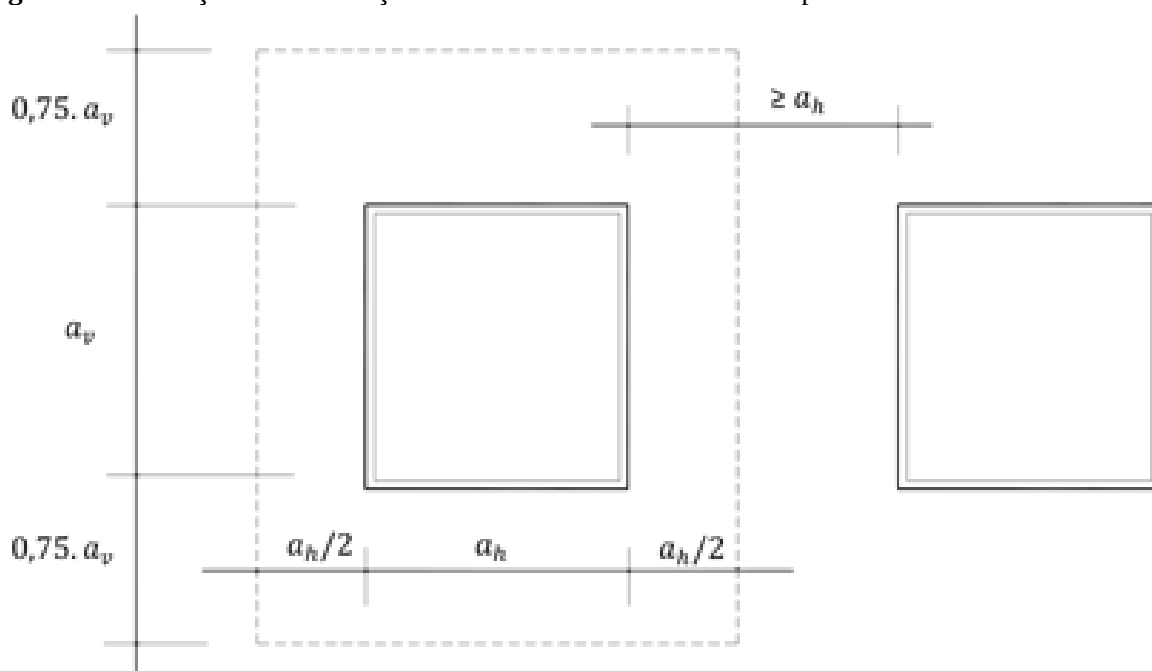


Fonte: Doh e Fragomeni, (2006).

2.1.12.1 Influência das aberturas

Para a consideração dos efeitos de uma abertura, é de suma importância a relação entre suas dimensões e a sua área de influência. Assim, considerando uma abertura de dimensão horizontal a_h e dimensão vertical a_v , a sua região de influência é $0,5.a_h$ de cada lado na horizontal e $0,75.a_v$ de cada lado na vertical, conforme pode ser visto na Figura 11.

Figura 11: Ilustração de distribuição horizontal de aberturas em uma parede de concreto.



Fonte: NBR 16055, (2012).

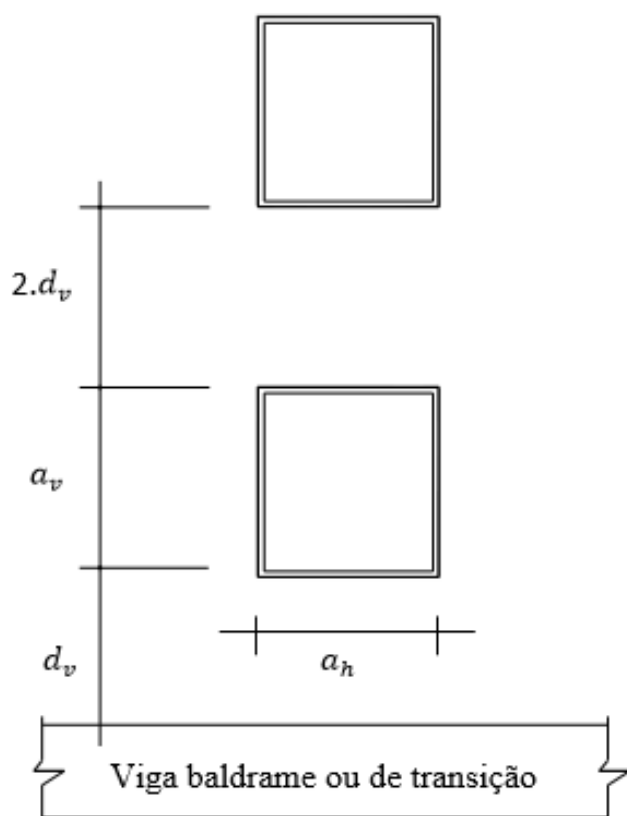
Caso haja mais de uma abertura em uma parede de concreto, elas devem ser distantes, no mínimo, a_h . Se esta distância for menor, o trecho entre as aberturas deve ser dimensionado como pilar ou pilar-parede.

Na hipótese de que as aberturas, ou furos, sejam menores que duas vezes a espessura da parede, a parede de concreto não precisa ser verificada nem reforçada. Aberturas e furos consecutivos devem ter um espaçamento livre entre eles de, no mínimo, quatro vezes a espessura da parede.

A distância de influência, d_v , corresponde à distância a partir da qual as tensões podem ser consideradas uniformes ao longo de toda a parede, sem influência de aberturas. Esta distância é medida entre uma abertura e um apoio que esteja fixo.

Na eventual ocorrência de aberturas consecutivas na vertical, deve ser considerado o valor $2d_v$ para que se possa considerar esta uniformização das tensões, como mostrado na Figura 12.

Figura 12: Ilustração de distribuição vertical de aberturas em uma parede de concreto.



Fonte: NBR 16055, (2012).

2.1.12.2 Fissuras nas aberturas

Doh e Fragomeni (2006), afirmam que há uma tendência à fissuração a partir das quinas das aberturas, evidenciando a existência de um acúmulo de tensões naquela região. Portanto, eles sugerem que a armadura de reforço para aberturas seja distribuída transversalmente às quinas das próprias aberturas. Entretanto, a NBR16055 (2012), não sugere que seja distribuída desta maneira. A norma brasileira distribui as armaduras de reforço para aberturas nas paredes de concreto paralelamente às próprias aberturas, conforme demonstrado adiante, no item 2.3.3.

Guan, Cooper e Lee (2010), desenvolveram um estudo sobre paredes de concreto com aberturas e afirmam que testes experimentais indicam que paredes de concreto esbeltas e com aberturas são suscetíveis a ruptura brusca por conta de flambagem e fissuração excessiva, exatamente ao redor das aberturas. Ainda de acordo com eles, a resistência das paredes de

concreto é inversamente proporcional ao tamanho das aberturas presentes nas paredes, o que evidencia a relevância da consideração das aberturas durante o dimensionamento das paredes de concreto, assim como a necessidade da utilização de um reforço apropriado ao redor das aberturas.

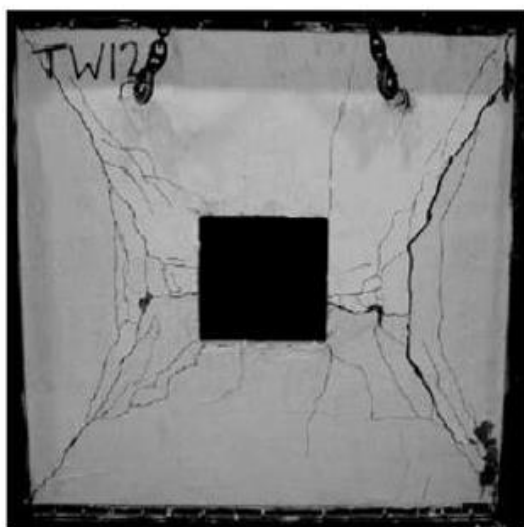
No caso de paredes com ações em uma direção, as fissuras se desenvolveram somente nas colunas ao lado das aberturas, como evidenciado na Figura 13, predominantemente na região em que a seção transversal é reduzida. Em compensação, para as paredes com ações nas duas direções, as fissuras se apresentaram a partir dos cantos das aberturas, como charneiras plásticas, demonstrado na Figura 14. Sugerindo assim, que há uma concentração de tensões nas quinas das aberturas.

Figura 13: Fissuras em parede com ações em uma direção.



Fonte: Doh e Fragomeni, (2006).

Figura 14: Fissuras em parede com ações em duas direções.



Fonte: Doh e Fragomeni, (2006).

2.1.12.3 Problemas relacionados a armaduras

De acordo com a NBR 16055 (2012), todas as aberturas com $a_h \geq 40\text{cm}$ devem ter armaduras horizontais de reforço nas faces superior e inferior. A seção da armadura pode ser determinada por modelo elástico ou biela-tirante, seu valor mínimo deve ser $0,5\text{cm}^2$ em cada face e seu comprimento deve ultrapassar a face lateral da armadura em, no mínimo:

$$\ell_b + \frac{1}{4} a_h$$

Sendo que:

a_h é a dimensão horizontal da abertura,

ℓ_b é o comprimento de ancoragem dado, de acordo com a NBR 6118 (2007), por:

$$\ell_b = \frac{\phi f_{yd}}{4f_{bd}}$$

Onde:

ϕ é o diâmetro da armadura de reforço,

f_{yd} é a tensão de cálculo de escoamento do aço,

f_{bd} é a resistência de aderência de cálculo da armadura passiva.

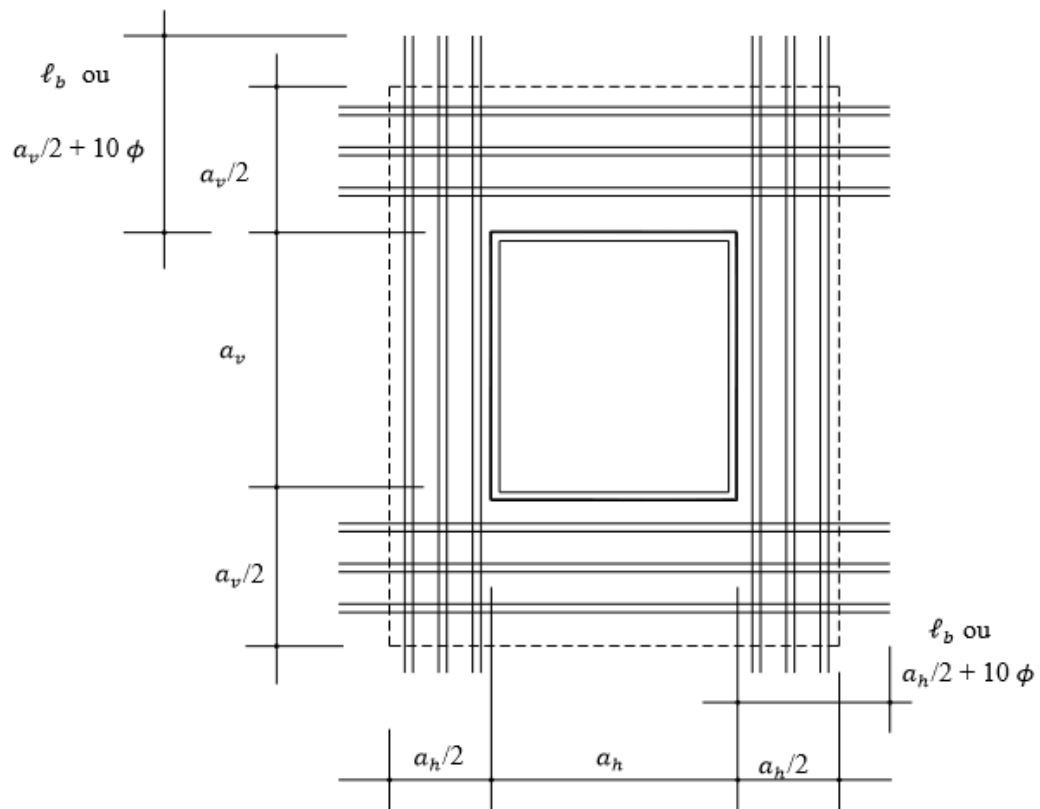
A NBR 16055 (2012) propõe outra forma de se calcular o comprimento desta armadura de reforço, segundo o qual, tem-se:

$$\ell \geq \begin{cases} a_h \text{ (ou } a_v) + \frac{a_h}{2} + 10\phi \\ a_h \text{ (ou } a_v) + \ell_b \end{cases}$$

Com a_h , a_v , ℓ_b e ϕ definidos anteriormente.

As armaduras de reforço em torno da abertura devem ser distribuídas em faixas de dimensões iguais a $\frac{a_h}{2}$ ou $\frac{a_v}{2}$ como mostrado na Figura 15.

Figura 15: Armaduras de reforço na região de aberturas.



Fonte: NBR 16055, (2012).

CAPITULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

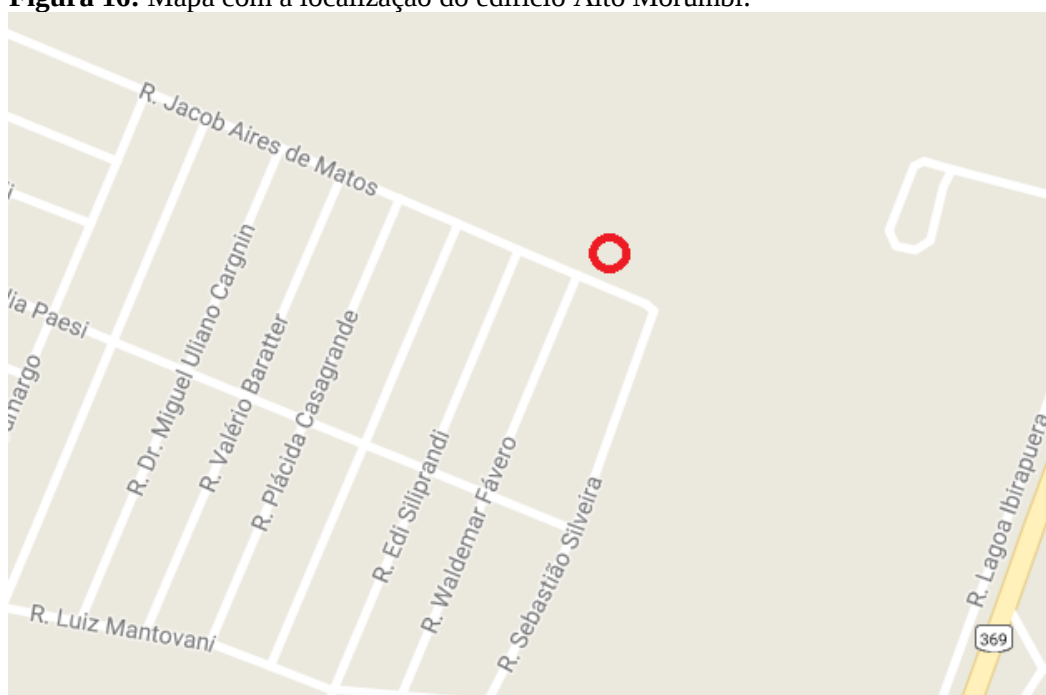
Tratou-se de um levantamento visual das manifestações patológicas aparentes decorrentes de aberturas em 3 edifícios residenciais localizados, um deles, na região central, bem como, os outros dois, no loteamento Mantovani, região norte da cidade de Cascavel, PR. Os edifícios são executados conforme o método construtivo de paredes de concreto autoportante moldado *in loco*. Os edifícios têm como intuito serem a moradia de cerca de 60 famílias.

A pesquisa foi realizada pelo método qualitativo, onde foram levantadas as manifestações patológicas presentes nas edificações através de inspeção visual *in loco*, em que as mesmas foram quantificadas e as suas possíveis causas/origens foram identificadas por meio de revisão bibliográfica. Após feita a coleta dos dados, foi examinada a necessidade de um reforço de armadura nos locais mais críticos, bem como, foi verificado qual foi o tratamento utilizado como correção para cada tipo de manifestação patológica encontrada, comentando se os mesmos tiveram êxito, comparando as manifestações patológicas em um edifício em execução, em relação a um edifício já corrigido e entregue aos proprietários.

3.1.2 Caracterização da amostra

O estudo foi realizado em 3 edifícios residenciais de 5 pavimentos, executados pela mesma construtora, dos quais, um edifício foi entregue a cerca de um ano, bem como, o acompanhamento de dois edifícios em etapa de execução. Localizados, um deles, na região central, bem como, os outros dois, no loteamento Mantovani, região norte da cidade de Cascavel, PR, conforme a Figura 16 e Figura 17.

Figura 16: Mapa com a localização do edifício Alto Morumbi.



Fonte: Google Maps, (2017).

Figura 17: Mapa com a localização dos edifícios Bonsai VII e Bonsai X.



Fonte: Google Maps, (2017).

Cada edifício possui 20 apartamentos com área privativa de 43,40m² e área total de 63,30m² cada, totalizando uma área da obra de 1074,25m². Foram analisadas as aberturas do térreo, 3º pavimento e 5º pavimento, totalizando 12 apartamentos analisados em cada edifício. Para tanto, serão consideradas 4 janelas e 5 portas por apartamento, tendo assim, como amostra, 108 aberturas em um edifício, portanto, 324 aberturas nos 3 edifícios.

3.1.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

Para a coleta de dados foram realizadas inspeções visuais *in loco*, nas aberturas descritas na amostra, por meio de visitas técnicas nos edifícios entre os meses de julho e setembro de 2017, onde foi realizado um registro fotográfico das manifestações patológicas encontradas, bem como, a quantificação e identificação das mesmas. De maneira semelhante, foi feita uma anamnese dos casos, tal como, uma análise dos relatórios de pós-obra da construtora responsável pela execução para o edifício já entregue.

Como material para a coleta de dados foi utilizada a Tabela 3 proposta por Paganin (2014), tal como, a tabela do Anexo 1, disponibilizada pela construtora e disposta no final do presente trabalho, para o edifício já entregue. Assim como foi utilizada, a Tabela 4 fornecida pela Secretaria de Estado da Educação do Paraná (2014), tanto para o edifício já entregue, como para os edifícios em execução, sendo feito o seu uso para levantar a qualidade dos empreendimentos a partir da quantidade de manifestações patológicas existentes nos mesmos.

Para o edifício já entregue, com auxílio da Tabela 3, foi feita uma anamnese do caso com os proprietários dos apartamentos, da mesma maneira que, foi utilizada a Tabela 5 para os edifícios em execução, que contém a planta baixa dos apartamentos, usada como forma de quantificar se houve manifestações patológicas nos apartamentos inspecionados.

Tabela 3: Tabela para levantamento das manifestações patológicas nos edifícios finalizados.

FORMULÁRIO PARA LEVANTAMENTO DOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS	
Obra Analisada:	
Vistoria do Local	
Problema Patológico:	
1-	Local da Patologia:
2-	Problema Externo/Interno?
3-	Gravidade do Problema:
Anamnese do caso	
1-	Recorda-se de algum fato que esteja ligado ao aparecimento do Problema?
2-	Ocorrem episódios de reaparecimento dos sintomas ou do agravamento dos mesmos?
3-	As alterações ocorridas nas condições climáticas mudam as características dos problemas?
Considerações:	

Fonte: Paganin, (2014) – Adaptada

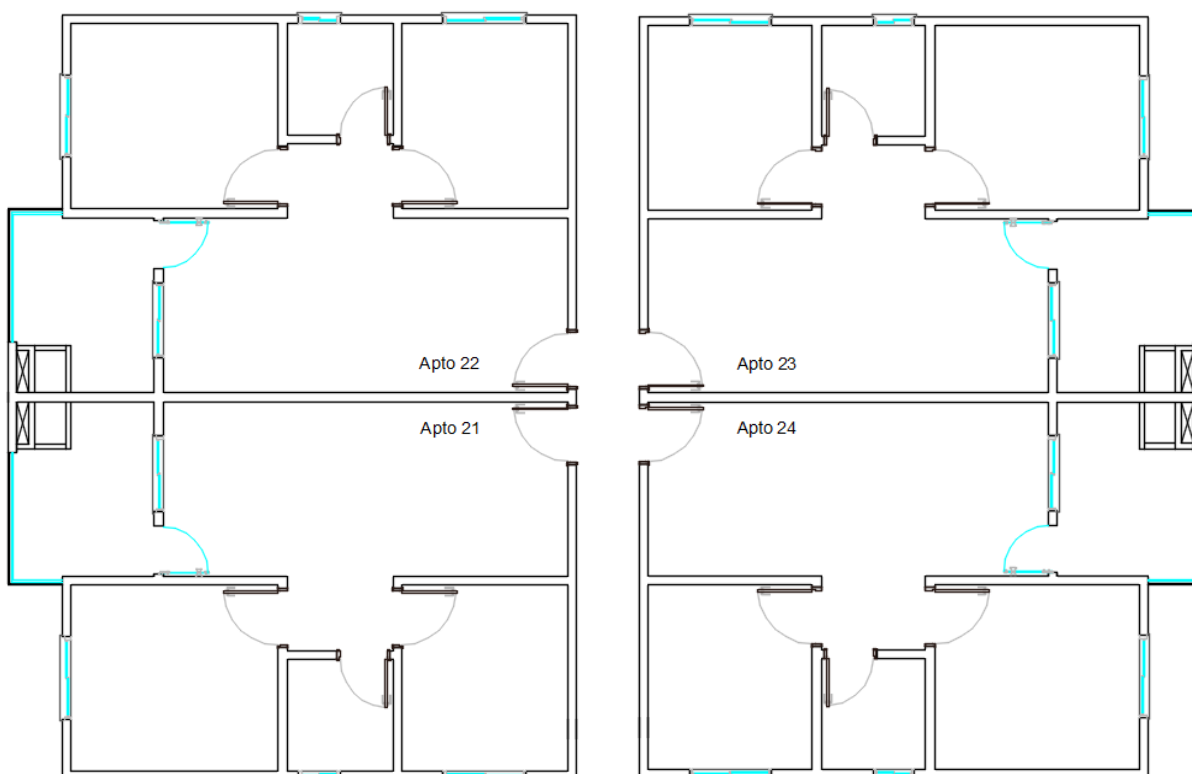
Tabela 4: Tabela de avaliação conceitual dos edifícios residenciais.

ITENS	ÓTIMO	BOM	REGULAR	RUIM	PÉSSIMO
Aberturas tipo 1 (portas tipo 80x210cm)					
Aberturas tipo 2 (portas tipo 70x210cm)					
Aberturas tipo 4 (janelas tipo 120x120/90cm)					
Aberturas tipo 5 (janelas tipo 110x120/90cm)					
CONCEITO	CRITÉRIOS				
PÉSSIMO	76% a 100% encontram-se com problemas				
RUIM	51% a 75% encontram-se com problemas				
REGULAR	26% a 50% encontram-se com problemas				
BOM	Até 25% encontra-se com problemas				
ÓTIMO	Nenhuma parte encontra-se com problemas				

Fonte: Secretaria de estado da educação superintendência de desenvolvimento educacional, (2014) - Adaptada.

Tabela 5: Tabela de avaliação geral dos edifícios residenciais.

Obra "X" - Bloco "Y" - "Z" Pavimento					
PATOLOGIAS	APTO 21	APTO 22	APTO 23	APTO 24	%
Fissuras 45° - janelas					
Fissuras 45° - portas					
Fissuras 90° - janelas					
Fissuras 90° - portas					
Falha na concretagem					
Armadura aparente					



Fonte: Autor, (2017).

3.1.4 Análise dos dados

Após realizada a coleta de dados para os edifícios ainda em execução, foi feita uma análise por meio de revisão bibliográfica, relacionando o tipo de manifestação patológica, se a execução da armadura nos pontos de abertura estão de acordo com a NBR 16055 (2012), fazendo o estudo de viabilidade de reforço estrutural nos locais prejudicados, identificando a fase de surgimento das patologias, bem como, demonstrando o método de tratamento das mesmas.

No edifício já entregue aos proprietários, após a coleta de dados, foi realizada a respectiva análise por meio da revisão bibliográfica relacionando o tipo da manifestação patológica, suas possíveis causas e a comparação com os edifícios em execução, analisando se o tratamento utilizado para a correção das manifestações patológicas foi satisfatório, trazendo a extinção ou diminuição das mesmas.

Com isso, para os dois tipos de edifícios, entregue e em execução, a análise dos dados foi feita a partir de tabelas e gráficos, com o levantamento quantitativo e qualitativo das manifestações patológicas.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.1 Identificação das manifestações patológicas encontradas

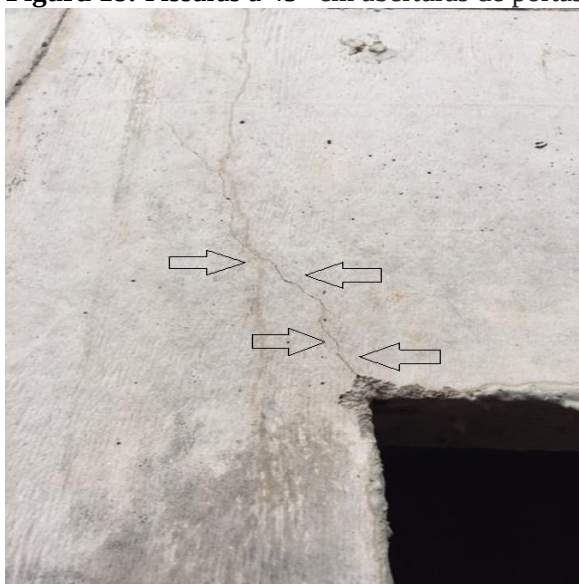
Após a coleta de dados, assim como, feito o estudo da revisão bibliográfica, tornou-se mais acessível analisar as manifestações patológicas nos edifícios residenciais usados como amostra. Como as paredes de concreto moldado *in loco* tratam-se, além de um sistema de vedação, um sistema estrutural, nas paredes que contem aberturas, como portas e janelas, ocorre uma considerável concentração de tensões no contorno destas aberturas.

Tendo isso como motivo principal, porém não o único, como discutido em sequência, é comum o surgimento de manifestações patologias a partir dos vértices das aberturas. Tais patologias, encontradas nos edifícios residenciais verificados, serão apresentadas a seguir.

4.1.1.1 Fissuras 45°

Tratam-se de fissuras que formam um ângulo de 45° com o eixo da abertura, tanto nas janelas como nas portas, conforme exemplificado na Figura 18.

Figura 18: Fissuras a 45° em aberturas de portas e janelas.



Fonte: Autor, (2017).

4.1.1.2 Fissuras 90°

Tratam-se de fissuras que formam um ângulo de 45° com o eixo da abertura, tanto nas janelas como nas portas, conforme exemplificado na Figura 19.

Figura 19: Fissuras a 90° em aberturas de portas e janelas.



Fonte: Autor, (2017).

4.1.1.3 Falha na concretagem

Tratam-se de falhas no processo de execução, ou seja, no lançamento do concreto na parede ou laje. Com isso, o preenchimento das fôrmas acontece de maneira inadequada, acarretando, muitas vezes, em uma superfície não uniforme, desagregação e formação de vazios, conforme exemplificado na Figura 20 e Figura 21.

Figura 20: Desagregação.



Fonte: Autor, (2017).

Figura 21: Formação de vazios.



Fonte: Autor, (2017).

Tais manifestações patológicas são de extrema importância no entorno das aberturas, por se tratar de um local onde concentram-se tensões elevadas.

4.1.1.4 Armadura aparente

Trata-se de ferragem exposta na superfície do concreto, ocorrido por conta de falha na execução, basicamente o posicionamento da armadura, bem como, falta de espaçadores, conforme exemplificado na Figura 22.

Figura 22: Armadura exposta.



Fonte: Autor, (2017).

Com isso, o cobrimento nominal desejado não é atingido, levando, teoricamente, a corrosão da armadura e, por consequência, a redução da seção transversal da armadura gerando uma perda de resistência à tração na peça estrutural.

4.1.2 Apresentação das manifestações patológicas analisadas

Com o auxílio da Tabela 5 utilizada para o levantamento das ocorrências das manifestações patológicas citadas no item anterior, segue a apresentação do levantamento das mesmas para os edifícios em execução. A verificação da ocorrência da patologia de no mínimo uma vez a cada concretagem do apartamento será descrita nas tabelas com um “X”. A patologia que não tiver ocorrência na concretagem do apartamento será descrita nas tabelas com um sinal

de “—”. Cabe ressaltar que não foi analisada a quantidade de ocorrência das manifestações patológicas, apenas se houve ou não a manifestação das mesmas nos apartamentos verificados.

As Tabelas 6, 7 e 8 apresentam o levantamento das patologias na obra Alto Morumbi.

Tabela 6: Patologias verificadas no edifício Alto Morumbi - 1º Pavimento.

Alto Morumbi - 1º Pavimento					
PATOLOGIAS	APTO 01	APTO 02	APTO 03	APTO 04	%
Fissuras 45° - janelas	-	X	X	X	75
Fissuras 45° - portas	X	-	X	X	75
Fissuras 90° - janelas	X	X	-	-	50
Fissuras 90° - portas	-	X	X	-	50
Falha na concretagem	X	-	-	-	25
Armadura aparente	-	-	-	-	0

Fonte: Autor, (2017).

Na análise para obtenção da frequência das manifestações patológicas no primeiro pavimento da obra Alto Morumbi, a patologia de fissura 45°, tanto em janela como em porta, tiveram frequência maior que 50% das verificações, sendo encontrada em 3 dos 4 apartamentos do pavimento, ou seja, uma frequência de 75%. Sendo que a patologia de fissura 90°, tanto em janela como em porta, teve manifestação em metade das verificações do pavimento, ou seja, 50%. A patologia de falha na concretagem manifestou-se em 1 dos 4 apartamentos do pavimento, ou seja, 25%. Por fim, a patologia de armadura aparente não apresentou manifestação.

Tabela 7: Patologias verificadas no edifício Alto Morumbi - 3º Pavimento.

Alto Morumbi - 3º Pavimento					
PATOLOGIAS	APTO 21	APTO 22	APTO 23	APTO 24	%
Fissuras 45° - janelas	-	X	X	X	75
Fissuras 45° - portas	X	X	-	-	50
Fissuras 90° - janelas	X	-	-	X	50
Fissuras 90° - portas	-	-	X	-	25
Falha na concretagem	-	X	-	-	25
Armadura aparente	-	-	X	-	25

Fonte: Autor, (2017).

Na análise para obtenção da frequência das manifestações patológicas no terceiro pavimento da obra Alto Morumbi, a patologia de fissura 45°, em janelas, teve frequência maior que 50% das verificações, sendo encontrada em 3 dos 4 apartamentos do pavimento, ou seja, uma frequência de 75%. Sendo que a patologia de fissura 45° em portas, tal como, a fissura 90° em janelas, tiveram manifestação em metade das verificações do pavimento, ou seja, 50%. As patologias de fissura 90° em portas, falha na concretagem, bem como, armadura aparente, manifestaram-se em 1 dos 4 apartamentos do pavimento, ou seja, 25%.

Tabela 8: Patologias verificadas no edifício Alto Morumbi - 5° Pavimento.

Alto Morumbi - 5° Pavimento					
PATOLOGIAS	APTO 41	APTO 42	APTO 43	APTO 44	%
Fissuras 45° - janelas	X	-	-	X	50
Fissuras 45° - portas		X	X	-	50
Fissuras 90° - janelas	X	-	-	-	25
Fissuras 90° - portas	-	X	-	-	25
Falha na concretagem	-	-	X	-	25
Armadura aparente	-	-	-	-	0

Fonte: Autor, (2017).

Na análise para obtenção da frequência das manifestações patológicas no quinto pavimento da obra Alto Morumbi, a patologia de fissura 45°, tanto em janelas como em portas, tiveram manifestação em metade das verificações do pavimento, ou seja, uma frequência de 50%. Sendo que a patologia de fissura 90°, tanto em janelas como em portas, tal como, a falha na concretagem, tiveram manifestação em 1 dos 4 apartamentos do pavimento, ou seja, 25%. A patologia de armadura aparente não apresentou manifestação.

As Tabelas 9, 10 e 11 apresentam o levantamento das patologias na obra Bonsai X.

Tabela 9: Patologias verificadas no edifício Bonsai X - 1° Pavimento.

Bonsai X - 1° Pavimento					
PATOLOGIAS	APTO 01	APTO 02	APTO 03	APTO 04	%
Fissuras 45° - janelas	X	X	X	X	100
Fissuras 45° - portas	-	X	X	-	50
Fissuras 90° - janelas	X	-	-	X	50
Fissuras 90° - portas	X	X	X	X	100
Falha na concretagem	-	-	X	-	25
Armadura aparente	-	-	-	-	0

Fonte: Autor, (2017).

Na análise para obtenção da frequência das manifestações patológicas no primeiro pavimento da obra Bonsai X, a patologia de fissura 45° em janelas, assim como, a fissura 90° em portas, tiveram uma frequência superior a 50%, manifestando-se em todos os apartamentos do pavimento, ou seja, uma frequência de 100%. Sendo que a patologia de fissura 45° em portas, da mesma forma que a fissura 90° em janelas, tiveram manifestação em metade dos apartamentos do pavimento, ou seja, 50%. A patologia de falha de concretagem teve manifestação em 1 dos 4 apartamentos do pavimento, ou seja 25%. A patologia de armadura aparente não apresentou manifestação.

Tabela 10: Patologias verificadas no edifício Bonsai X - 3° Pavimento.

Bonsai X - 3° Pavimento					
PATOLOGIAS	APTO 21	APTO 22	APTO 23	APTO 24	%
Fissuras 45° - janelas	X	X	X	-	75
Fissuras 45° - portas	-	-	-	X	25
Fissuras 90° - janelas	-	-	X	X	50
Fissuras 90° - portas	X	-	-	-	25
Falha na concretagem	-	X	-	-	25
Armadura aparente	-	-	X	-	25

Fonte: Autor, (2017).

Na análise para obtenção da frequência das manifestações patológicas no terceiro pavimento da obra Bonsai X, a patologia de fissura 45° em janelas, teve uma frequência superior a 50%, manifestando-se em 3 dos 4 apartamentos do pavimento, ou seja, uma frequência de 75%. A patologia de fissura 90° em janelas, teve manifestação em metade dos apartamentos do pavimento, ou seja, 50%. Sendo que as patologias de fissura 45° em portas, fissura 90° em portas, falha de concretagem, bem como, armadura aparente, tiveram manifestação em 1 dos 4 apartamentos do pavimento, ou seja 25%.

Tabela 11: Patologias verificadas no edifício Bonsai X - 5° Pavimento.

Bonsai X - 5° Pavimento					
PATOLOGIAS	APTO 41	APTO 42	APTO 43	APTO 44	%
Fissuras 45° - janelas	X	X	-	X	75
Fissuras 45° - portas	-	-	X	X	50
Fissuras 90° - janelas	-	X	X	-	50
Fissuras 90° - portas	X	-	-	X	50
Falha na concretagem	-	X	-	-	25
Armadura aparente	X	-	-	-	25

Fonte: Autor, (2017).

Na análise para obtenção da frequência das manifestações patológicas no terceiro pavimento da obra Bonsai X, a patologia de fissura 45° em janelas, teve uma frequência superior a 50%, manifestando-se em 3 dos 4 apartamentos do pavimento, ou seja, uma frequência de 75%. Sendo que as patologias de fissura 45° em portas e a fissura 90°, tanto em janelas como em portas, tiveram manifestação em metade dos apartamentos do pavimento, ou seja 50%. As patologias de falha de concretagem, assim como, armadura aparente, tiveram manifestação em 1 dos 4 apartamentos do pavimento, ou seja, 25%.

As Tabelas 12, 13 e 14 apresentam o levantamento das patologias na obra Bonsai VII.

Tabela 12: Patologias verificadas no edifício Bonsai VII - 1º Pavimento.

Bonsai VII - 1º Pavimento					
PATOLOGIAS	APTO 01	APTO 02	APTO 03	APTO 04	%
Fissuras 45° - janelas	X	-	-	-	25
Fissuras 45° - portas	-	-	X	-	25
Fissuras 90° - janelas	-	-	-	-	0
Fissuras 90° - portas	-	-	-	-	0
Falha na concretagem	-	-	-	-	0
Armadura aparente	-	-	-	-	0

Fonte: Autor, (2017).

Na análise para obtenção da frequência das manifestações patológicas no primeiro pavimento da obra Bonsai VII, a patologia de fissura 45° tanto em janelas como em portas, tiveram manifestação em 1 dos 4 apartamentos do pavimento, ou seja, uma frequência de 25%. Sendo que as patologias de fissura 90°, tanto em janelas como em portas, assim como, falha na concretagem e armadura aparente não apresentaram manifestação.

Tabela 13: Patologias verificadas no edifício Bonsai VII - 3º Pavimento.

Bonsai VII - 3º Pavimento					
PATOLOGIAS	APTO 21	APTO 22	APTO 23	APTO 24	%
Fissuras 45° - janelas	-	X	-	-	25
Fissuras 45° - portas	-	-	-	-	0
Fissuras 90° - janelas	-	-	-	-	0
Fissuras 90° - portas	X	-	-	-	25
Falha na concretagem	-	-	-	-	0
Armadura aparente	-	-	-	-	0

Fonte: Autor, (2017).

Na análise para obtenção da frequência das manifestações patológicas no terceiro pavimento da obra Bonsai VII, a patologia de fissura 45° em janelas, da mesma forma que a fissura 90° em portas, tiveram manifestação em 1 dos 4 apartamentos do pavimento, ou seja, uma frequência de 25%. Sendo que as patologias de fissura 45° em portas, fissura 90° em janelas, falha na concretagem e armadura aparente não apresentaram manifestação.

Tabela 14: Patologias verificadas no edifício Bonsai VII - 5º Pavimento.

Bonsai VII - 5º Pavimento					
PATOLOGIAS	APTO 41	APTO 42	APTO 43	APTO 44	%
Fissuras 45° - janelas	-	-	-	-	0
Fissuras 45° - portas	-	-	-	-	0
Fissuras 90° - janelas	-	X	-	-	25
Fissuras 90° - portas	-	-	-	-	0
Falha na concretagem	-	-	-	-	0
Armadura aparente	-	-	-	-	0

Fonte: Autor, (2017).

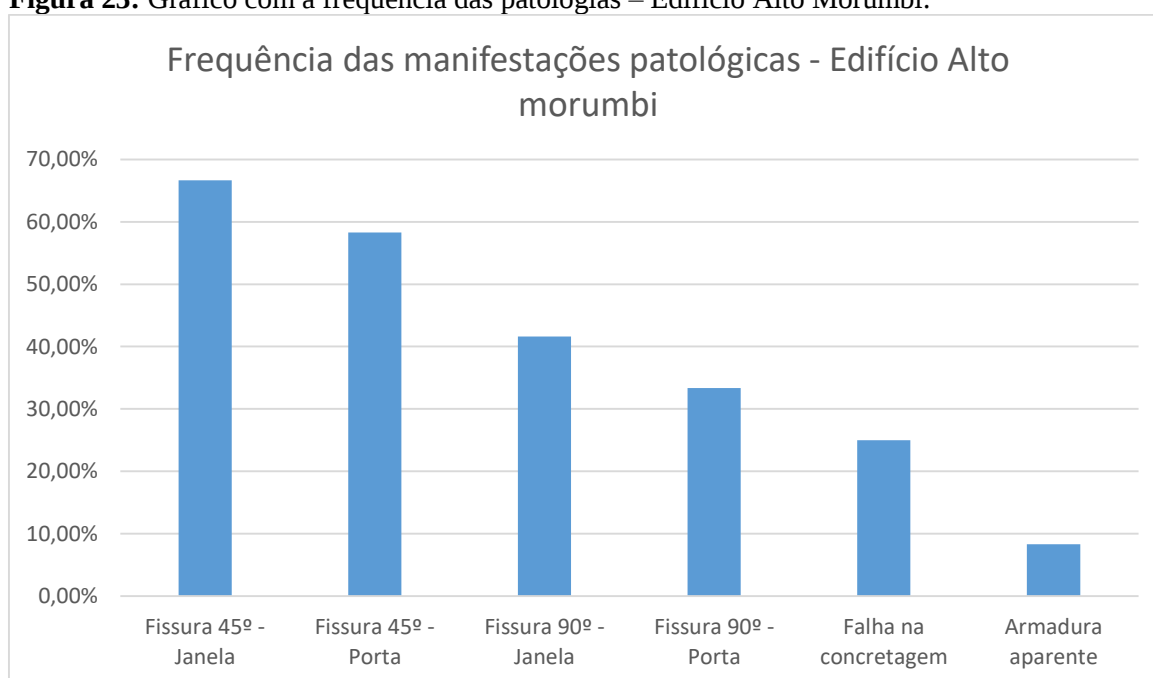
Na análise para obtenção da frequência das manifestações patológicas no quinto pavimento da obra Bonsai VII, a patologia de fissura 90° em janelas, foi a única patologia que apresentou manifestação, presente em 1 dos 4 apartamentos do pavimento, ou seja, uma frequência de 25%. Sendo que o restante das patologias verificadas, fissura 45° tanto em janela como em portas, fissura 90° em portas, falha na concretagem e armadura aparente não apresentaram manifestação.

4.1.3 Análise dos resultados encontrados

Como forma de discussão, serão analisados os resultados da verificação das patologias obtidos nas tabelas do item anterior, apresentando as possíveis causas das patologias encontradas e como foi executado o tratamento de correção das patologias com maior frequência de manifestação, comparando a frequência de manifestações patológicas entre os edifícios em execução e o edifício entregue a um ano, com intuito de verificar se o método de tratamento utilizado pela construtora tem resultado satisfatório.

A Figura 23 traz um gráfico onde foi considerado a frequência de todas as manifestações patológicas analisadas, apresentadas em forma de porcentagem do total de apartamentos verificados no edifício Alto Morumbi.

Figura 23: Gráfico com a frequência das patologias – Edifício Alto Morumbi.



Fonte: Autor, (2017).

As patologias que tiveram maior manifestação no levantamento da obra Alto Morumbi sendo acima de 50% das verificações, foram as Fissuras 45° em janelas (66,66%) e Fissuras 45° em portas (58,30%). As outras patologias não tiveram uma frequência acima de 50% das verificações, no entanto, tiveram valores expressivos, sendo elas, Fissuras 90° em janelas (41,60%), Fissuras 90° em portas (33,33%), Falha na concretagem (25,00%) e Armadura aparente (8,30%).

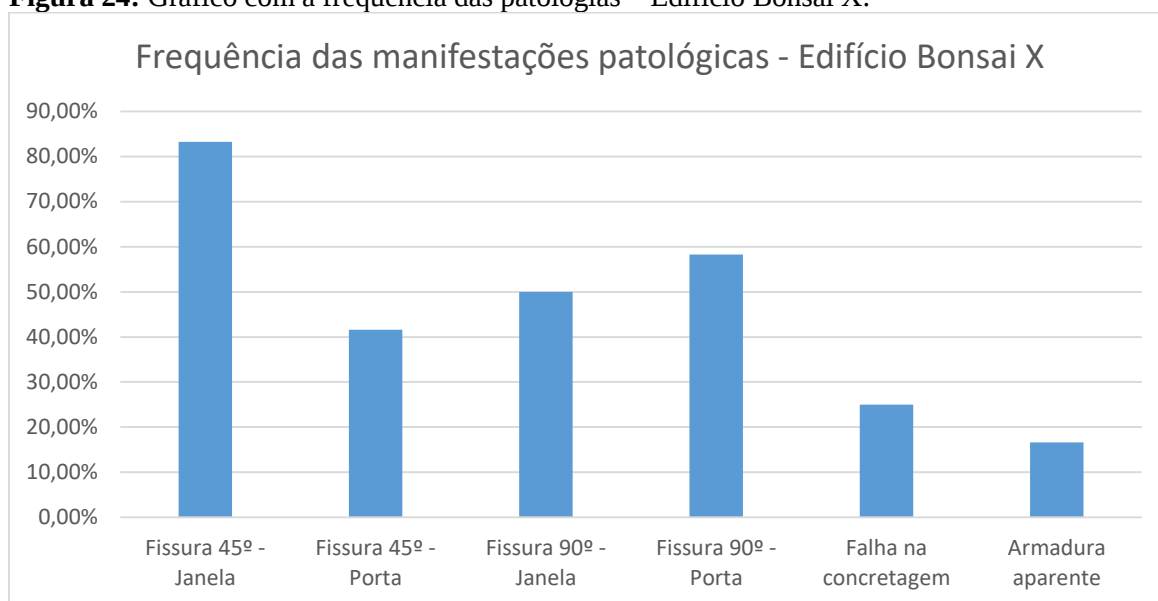
Tabela 15: Conceito relacionado com as patologias – Edifício Alto Morumbi.

ITENS	ÓTIMO	BOM	REGULAR	RUIM	PÉSSIMO
Aberturas tipo 1 (portas tipo 80x210cm)			X		
Aberturas tipo 2 (portas tipo 70x210cm)			X		
Aberturas tipo 4 (janelas tipo 120x120/90cm)				X	
Aberturas tipo 5 (janelas tipo 110x120/90cm)				X	
CONCEITO	CRITÉRIOS				
PÉSSIMO	76% a 100% encontram-se com problemas				
RUIM	51% a 75% encontram-se com problemas				
REGULAR	26% a 50% encontram-se com problemas				
BOM	Até 25% encontra-se com problemas				
ÓTIMO	Nenhuma parte encontra-se com problemas				

Fonte: Autor, (2017).

Levando em consideração as duas patologias com maior manifestação no edifício Alto Morumbi, Fissura 45° e Fissura 90°, fazendo uma média entre elas, tivemos um resultado de 45,80% para as aberturas tipo 1 e 2, classificando o edifício em execução como regular. Bem como, tivemos um resultado de 54,10% para as aberturas tipo 3 e 4, classificando o edifícios em execução como ruim.

A Figura 24 traz um gráfico onde foi considerado a frequência de todas as manifestações patológicas analisadas, apresentadas em forma de percentagem do total de apartamentos verificados no edifício Bonsai X.

Figura 24: Gráfico com a frequência das patologias – Edifício Bonsai X.

Fonte: Autor, (2017).

As patologias que tiveram maior manifestação no levantamento da obra Bonsai X, sendo acima de 50% das verificações, foram as Fissuras 45° em janelas (83,30%), Fissuras 90° em janelas (50,00%) e Fissuras 90° em portas (58,30%). As outras patologias não tiveram uma frequência acima de 50% das verificações, no entanto, tiveram valores expressivos, sendo elas, Fissuras 45° em portas (41,60%), Falha na concretagem (25,00%) e Armadura aparente (16,60%).

Tabela 16: Conceito relacionado com as patologias – Edifício Bonsai X

ITENS	ÓTIMO	BOM	REGULAR	RUIM	PÉSSIMO
Aberturas tipo 1 (portas tipo 80x210cm)			X		
Aberturas tipo 2 (portas tipo 70x210cm)			X		
Aberturas tipo 4 (janelas tipo 120x120/90cm)				X	
Aberturas tipo 5 (janelas tipo 110x120/90cm)				X	
CONCEITO	CRITÉRIOS				
PÉSSIMO	76% a 100% encontram-se com problemas				
RUIM	51% a 75% encontram-se com problemas				
REGULAR	26% a 50% encontram-se com problemas				
BOM	Até 25% encontra-se com problemas				
ÓTIMO	Nenhuma parte encontra-se com problemas				

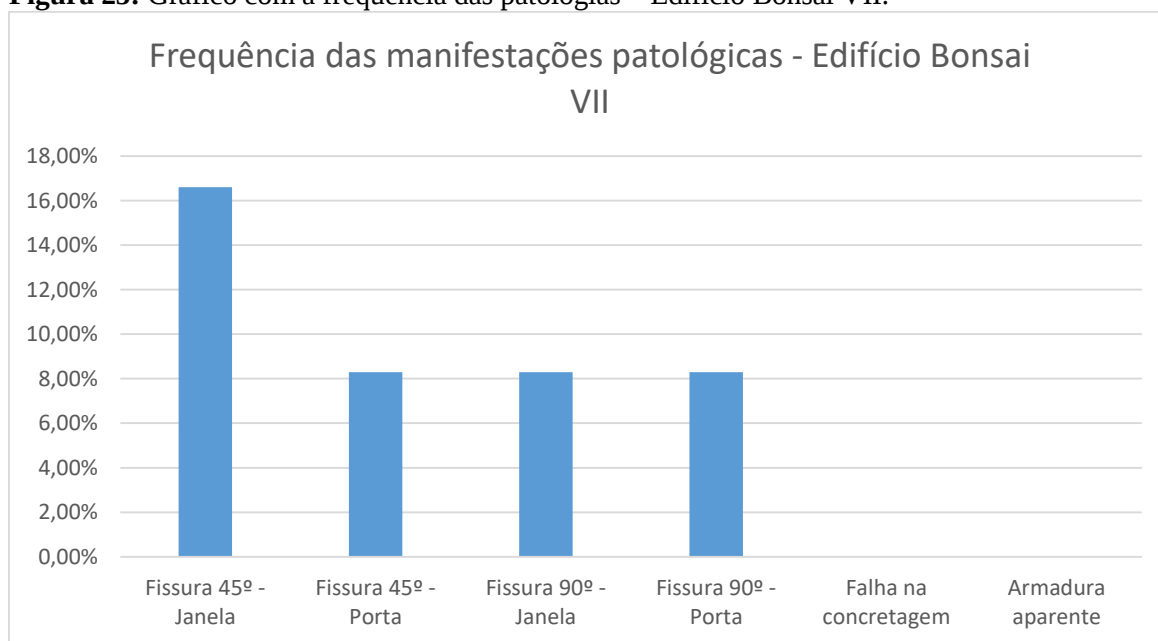
Fonte: Autor, (2017).

Do mesmo modo que o edifício Alto Morumbi, levando em consideração as duas patologias com maior manifestação no edifício Bonsai X, Fissura 45° e Fissura 90°, fazendo uma média entre elas, tivemos um resultado de 49,95% para as aberturas tipo 1 e 2, classificando

o edifício em execução como regular. Bem como, tivemos um resultado de 66,65% para as aberturas tipo 3 e 4, classificando o edifícios em execução como ruim.

A Figura 25 traz um gráfico onde foi considerado a frequência de todas as manifestações patológicas analisadas, apresentadas em forma de porcentagem do total de apartamentos verificados no edifício Bonsai VII.

Figura 25: Gráfico com a frequência das patologias – Edifício Bonsai VII.



Fonte: Autor, (2017).

Tabela 17: Conceito relacionado com as patologias – Edifício Bonsai VII.

ITENS	ÓTIMO	BOM	REGULAR	RUIM	PÉSSIMO
Aberturas tipo 1 (portas tipo 80x210cm)		X			
Aberturas tipo 2 (portas tipo 70x210cm)		X			
Aberturas tipo 4 (janelas tipo 120x120/90cm)		X			
Aberturas tipo 5 (janelas tipo 110x120/90cm)		X			
CONCEITO	CRITÉRIOS				
PÉSSIMO	76% a 100% encontram-se com problemas				
RUIM	51% a 75% encontram-se com problemas				
REGULAR	26% a 50% encontram-se com problemas				
BOM	Até 25% encontra-se com problemas				
ÓTIMO	Nenhuma parte encontra-se com problemas				

Fonte: Autor, (2017).

Levando em consideração as duas patologias com maior manifestação no edifício Bonsai VII, Fissura 45° e Fissura 90°, fazendo uma média entre elas, tivemos um resultado de 8,30% para as aberturas tipo 1 e 2, classificando o edifício entregue a 1 ano como bom. A mesma classificação das aberturas tipo 3 e 4, que tiveram um resultado de 12,45%.

Como possíveis causas para as manifestações patológicas encontradas nos edifícios verificados, seguindo a bibliografia e normativa específicas sobre o assunto, bem como, discutido com o engenheiro civil responsável pelo projeto e execução das obras analisadas, foram relacionadas as causas prováveis a seguir. Deve ficar claro, que para uma análise das causas reais das manifestações patológicas encontradas nos edifícios verificados, seriam necessários testes específicos para cada patologia, o que não faz parte do trabalho em questão.

- Fissura 45° e Fissura 90°: A principal causa trata-se da falta ou insuficiência de armadura, barras ou tela metálica, de reforço no entorno dos vãos das aberturas, por ser um local com acúmulo maior de tensões. Outra possível causa que deve ser levada em consideração trata-se de erro no projeto. Como causas paralelas, ainda existem, desforma da forma das aberturas sem que o concreto tenha atingido resistência necessária para o processo. Bem como, a retirada da forma das aberturas dá-se a partir de batidas e força excessiva.
- Falha na concretagem: A principal causa trata-se de falha no processo de execução na concretagem da peça estrutural, especialmente nas etapas de lançamento e adensamento. Os mais notáveis são o uso de concreto pouco coeso e com excesso de agregado graúdo, formas não estanques levando ao vazamento da nata de cimento e acúmulo de agregado graúdo na parte superior, problemas no detalhamento da armadura ou na montagem das fôrmas, altura de lançamento do concreto elevada gerando a segregação entre o cimento e o agregado, bem como, forma de vibração inadequada.
- Armadura aparente: A principal causa trata-se de falha no processo de execução na montagem das fôrmas, por conta do errôneo posicionamento da armadura, problemas no detalhamento da armadura, bem como, falta de espaçadores para garantir o cobrimento nominal necessário.

Como pode-se notar analisando os gráficos, assim como, nas tabelas que demonstram a frequência das manifestações patológicas nos edifícios residenciais, há uma expressiva mudança nas características dos edifícios em execução e o edifício entregue, em relação as patologias. Uma diminuição no número de patologias e, em alguns casos, a extinção das mesmas, é o resultado de um bom tratamento corretivo utilizado pela construtora que executou os edifícios. Com o tratamento adequado no início da manifestação, além de corrigir a manifestação patológica, é evitado um custo financeiro maior e atrasos no cronograma, caso a correção fosse feita após o agravamento da manifestação patológica.

Como processo de tratamento das patologias encontradas com elevada frequência nos três edifícios verificados, temos alguns procedimentos que solucionam, na maioria das vezes, os problemas decorrentes das manifestações patológicas, dentre estes tratamento, temos alguns relacionados a seguir.

- Fissura 45° e Fissura 90°: Para o tratamento corretivo desta manifestação patológica, pode ser feito a escarificação da fissura até o concreto, seguido do preenchimento da fissura com uma tela de fibra sobre a fissura, material com finalidade para conter a trabalhabilidade da fissura, emassamento do local com emboco e reboco e, por fim, é utilizado como acabamento massa acrílica, massa corrida, bem como, cal fino dependendo de qual foi o material utilizado para revestimento.
- Falha na concretagem: Para o tratamento corretivo desta manifestação patológica, em locais onde a peça estrutural afetada não teve comprometimento estrutural, ou seja, a área afetada não apresentou cavidades maiores que três centímetros, pode ser feito a correção com um preenchimento de argamassa com propriedades semelhantes a do concreto utilizado. Usa-se este método para as falhas que não apresentam corrosão na armadura, onde o preenchimento do vazio dá-se por meio de argamassa confeccionada sem a utilização da cal, com traço que possibilite a relação água/cimento próxima ou igual a do concreto. No caso de haver grave comprometimento estrutural, em grande parte dos casos, demonstra-se ser mais viável demolir e reconstruir a peça estrutural.
- Armadura aparente: Para o tratamento corretivo desta manifestação patológica, em falhas onde não houve corrosão na armadura, é feito o preenchimento do local afetado com argamassa confeccionada sem a cal, se houver cavidade, bem como, se a armadura estiver exposta na superfície da parede, o tratamento dá-se com aplicação de primer anticorrosivo e isolado com revestimento argamassado. Para as peças que demonstram corrosão na armadura, é feito a limpeza da parte afetada, aplicando sobre elas um primer rico em cromato de zinco, neutralizando as reações eletroquímicas. Sendo que nos casos mais graves, onde o processo de corrosão já afetou a seção transversal da armadura, é feito a remoção da barra comprometida, onde uma nova ferragem será utilizada, transpassando a ferragem deteriorada em 60 vezes o seu diâmetro. Por fim, é feito o preenchimento do local afetado com argamassa confeccionada sem a cal, tendo propriedades semelhantes a do concreto utilizado.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema construtivo de Paredes de concreto autoportante moldado *in loco* é muito atrativo a partir de certa quantidade de repetições, pois a fôrma representa um custo inicial alto, podendo até chegar a ser mais atrativo financeiramente que o sistema de Alvenaria Estrutural, segundo Alves e Peixoto (2011). Há vantagens e desvantagens no uso desse material como vedação e estrutura ao mesmo tempo, no entanto, as vantagens se sobressaem sobre os sistemas construtivos convencionais, tais como, maior velocidade de execução, etapas interligadas, menor desperdício de materiais, assim como, organização no canteiro de obras.

Com a análise dos edifícios executados com este sistema construtivo, ficou visível que as especificações apresentadas na NBR 16055/2012, em controvérsia com ótimas recomendações sobre paredes de concreto, deixam a desejar em alguns aspectos, tais como, qual forma a armadura de reforço deve ser dimensionada para o caso de aberturas grandes, levando em consideração a região de influência da abertura, na qual a norma brasileira não relaciona a o tamanho da abertura com a região de influência, que deveria ser determinada em função do tamanho da abertura. A norma brasileira não traz com ênfase, não deixando claro o trecho que deve ser analisado com cuidado na etapa de execução. Como o estudo trata-se, basicamente, da influência das aberturas nas paredes, o ideal é que se utilize a região no entorno das aberturas como de principal importância, sendo essa a responsável por sofrer as maiores interferências e acúmulo de tensões. Dessa forma, a NBR 16055/2012, não abrange todas as situações de aberturas no método construtivo. Além disto, algumas especificações consideradas nas normas brasileiras de alvenaria estrutural poderiam ser utilizadas no sistema construtivo de Paredes de concreto autoportante moldado *in loco*, levando em consideração que o comportamento estrutural pode ser compreendido semelhante.

Em relação as manifestações patológicas analisadas nos edifícios residenciais, ficou explícito que mesmo a execução seguindo as recomendações especificadas por norma em relação a armadura de reforço no entorno das aberturas, fissuras 45° e fissuras 90° surgem nos vértices das aberturas. Patologias que fizeram-se mais presentes nos edifícios verificados, com frequência de manifestação acima dos 50%. No entanto, foi concluído que o método de tratamento corretivo utilizado e demonstrado no presente trabalho, teve grande êxito para com

as patologias, diminuindo, bruscamente, a frequência de manifestação das mesmas. Verificou-se também que as manifestações patológicas verificadas poderiam ter como medida mitigatória um melhor controle na execução, tanto na montagem das formas, como na concretagem da peça estrutural, podendo assim, extinguir as patologias, bem como, usufruir de todas as vantagens que o sistema construtivo oferece.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com intenção de que pesquisas relacionadas à temática abordada neste trabalho sejam desenvolvidas, trago alguns temas como sugestões para trabalhos futuros:

- Viabilidade técnica do sistema de concreto autoportante moldado *in loco* para edificações com mais de 6 pavimentos;
- Análise estrutural e de fundação para obras executadas em concreto autoportante moldado *in loco*;
- Comparativo de tipos de formas utilizadas no sistema construtivo de concreto autoportante moldado *in loco*;
- Comparativo de viabilidade econômica do sistemas de concreto autoportante moldado *in loco* com concreto autoportante pré-moldado.

REFERÊNCIAS

- ALVES, C. de O.; PEIXOTO, E. J. dos S.; **Estudo comparativo de custo entre alvenaria estrutural e paredes de concreto armado**. Trabalho de conclusão de curso, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade da Amazônia, Belém, PA, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 (2014) – Projeto de estruturas de concreto - procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212 (2012) – Execução de concreto dosado em central**. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055 (2012) – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos**. Rio de Janeiro, 2012.
- Centro de Estatística e Informações – CEI** (2016). Disponível em <<http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/produtos-e-servicos1/2742-deficit-habitacional-nobrasil-3>>. Acesso em: 26 de março de 2017.
- COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Coletânea de ativos Parede de concreto**, 2009-2010.
- CORSINI, R; **Paredes Normatizadas**. In: Revista Técnica, V.183, 2012.
- DOH, J. H.; FRAGOMENI, S.; **Ultimate Load Formula for Reinforced Concrete Wall Panels with Openings**. In: Advances in Structural Engineering, V.9, No.1, 2006.
- IBAPE-RS, **O Que é Patologia das Construções**. Disponível em < <http://ibape-rs.org.br/2013/06/o-que-e-patologia-das-construcoes/>> Acesso em: 16 de setembro de 2017.
- MISURELLI, H.; MASSUDA, C.; **Como construir Paredes de concreto**. In: Técnica. Edição 147, ano 17, p. 74-80, 2009.
- RIGUI, G.V. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: Patologias, prevenções e correções - análise de caso**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.
- SACHT, H. M. **Painéis de vedação de concreto moldado in loco: avaliação do desempenho térmico e desenvolvimento de concretos**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2008.
- VENTURINI, J.; **Casas com paredes de concreto**. In: Revista Equipe de obra, São Paulo: Pini n.37, julho, 2011.