



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

VIRGÍNIA QUEIROZ LIRA

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM VEDAÇÕES VERTICAIS
INOVADORAS: ESTUDO DE CASO

Recife, PE
2019



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

VIRGÍNIA QUEIROZ LIRA

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM VEDAÇÕES VERTICAIS
INOVADORAS: ESTUDO DE CASO

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Livre-Docente Alberto Casado Lordsleem Jr.

Recife, PE
2019

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Universidade de Pernambuco – Recife

Lira, Virgínia Queiroz

L768m

Manifestações patológicas em vedações verticais inovadoras: estudo de caso./ Virgínia Queiroz Lira. – Recife: UPE, Escola Politécnica, 2019.

258 f.: il.

Orientador: Dr. Alberto Casado Lordsleem Júnior

Dissertação (Mestrado - Construção Civil) Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2019.

1. Métodos Construtivos. 2. Vedações Verticais Inovadoras. 3. Manifestações Patológicas. I. Engenharia Civil – Dissertação. II. Lordsleem Júnior, Alberto Casado (orient.). III. Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Mestrado em Construção Civil. IV. Título.

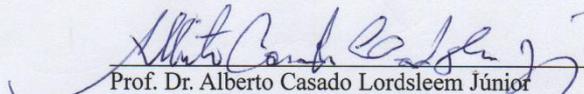
CDD: 690

VIRGÍNIA QUEIROZ LIRA

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM VEDAÇÕES VERTICAIS
INOVADORAS – ESTUDO DE CASO**

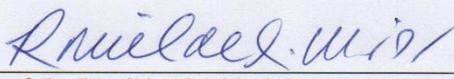
BANCA EXAMINADORA:

Orientador(a)


Prof. Dr. Alberto Casado Lordsleem Júnior
Universidade de Pernambuco

Examinadores


Prof. Dra. Eliana Cristina Barreto Monteiro
Universidade de Pernambuco


Prof. Dr. Romilde Almeida de Oliveira
Universidade Católica de Pernambuco

Recife-PE
2019

“A minha Tonton.”

AGRADECIMENTOS

Ao final dessa jornada de dois anos, nos quais tantas vezes eu me perguntei se conseguiria... Depois de tantas madrugadas dormidas na estrada, das viagens semanais, dos assustados ubers de madrugada, das noites viradas para compatibilizar o trabalho, estudos e maternidade, das lágrimas que muitas vezes não se seguraram, das maravilhosas amizades conquistadas e de ter descoberto que o pernambucano é um povo muito acolhedor, chega a hora de agradecer a cada pessoa que fez parte desta conquista.

Agradeço a Deus, pela presença constante ao meu lado, através da renovação das forças necessárias para seguir nessa caminhada. A Ele agradeço também a permissão da proteção da espiritualidade amiga, que me guia e conforta nos momentos de maior dificuldade.

Ao professor Dr. Alberto Casado Lordsleem Júnior, pela orientação e avaliação criteriosa, além da boa vontade e disponibilidade em compartilhar seu grande conhecimento, sendo imprescindível para evolução científica do pesquisador e do trabalho. Obrigada pela confiança nas tarefas designadas nesses dois anos de mestrado e por sempre entender as limitações que ocorreram durante essa caminhada.

À professora Dra. Eliana Cristina Barreto Monteiro, e ao professor Dr Romilde Almeida de Oliveira, por terem aceitado o convite para participar da avaliação dessa dissertação, contribuindo com valioso conhecimento para melhorias no trabalho.

A todos os colegas que fiz no mestrado, pelo apoio constante. Principalmente as amigas Marina e Gabriela, com quem compartilho diariamente os anseios e dificuldades inerentes a essa etapa. Agradeço também a Suellem e Cícero, as “melhores pessoas” que conheci no mestrado.

Agradeço a Dona Lúcia, por todo trabalho realizado na secretaria do PEC e por sempre dar um jeito de resolver os problemas dos alunos.

A minha filha, Maria Antônia, razão da minha vida. Por entender, mesmo tantas vezes com os olhos marejados em lágrimas, todas as viagens que a mamãe fez para “entregar as tarefinhas”. Espero que você saiba, minha filha, que vai ser tudo sempre por você e para você.

Aos meus pais, meus maiores exemplos, por todo apoio e ajuda para que eu pudesse realizar o mestrado. A minha mãe, Cleuza, que sempre me confortou e deu forças quando eu achei que não conseguiria, principalmente por todo o amor e dedicação a Maria Antônia nos meus momentos de ausência. Ao meu pai, Álvaro, meu maior exemplo de integridade e trabalho, por sempre apoiar meus sonhos, me incentivar a alcançá-los e não medir esforços para viabilizá-los. Amo vocês.

Ao meu esposo, Pedro, companheiro em todos os momentos da vida, obrigada por estar ao meu lado na constante luta para evolução moral, espiritual, intelectual e profissional. Obrigada por participar ativamente da elaboração do trabalho, compartilhando sua experiência como pesquisador, lendo, relendo e formatando as infinitas vezes necessárias. Esse mestrado é nosso. Te amo.

Aos meus irmãos, Ivens, Myrella e Carol, os quais eu sou completamente apaixonada. Obrigada pelo companheirismo e lealdade incalculável, por compartilharem comigo todos os momentos

da minha vida, e estarem sempre dispostos para pular no barco, mesmo que ele esteja afundando. Amo vocês.

Aos meus cunhados. Léo, obrigada por ser sempre tão solícito e disposto a ajudar. E Manu, minha irmãzinha da vida, obrigada por vibrar e torcer por mim como uma verdadeira irmã, te amo.

Aos meus sobrinhos, Artur, Guga, Gabi e Ello, os verdadeiros tesouros da nossa família, obrigada pela presença constante na minha vida. Vocês são inspiração para que a cada dia haja forças para lutar por mundo melhor.

Agradeço a Lu, por cuidar com tanto carinho da Maria Antônia nos meus momentos de ausência. E ao Sr. Márcio, por compartilhar comigo todo seu conhecimento prático da engenharia civil.

Agradeço a todos os meus tios e primos, na pessoa da minha avó Deusa, por todo amor dedicado a vida inteira e por sempre acreditarem no meu potencial.

Agradeço aos meus sogros, Lucia e Paulo, e aos meus cunhados, Paulo Vitor e Eveline. O apoio de vocês foi essencial para que eu pudesse concluir essa etapa profissional. Eve, muito obrigada por toda a disponibilidade dedicada nas minhas estadias em Recife, você foi uma roommate maravilhosa!

Ao Sr Guimarães, Eng Moacyr, Eng^a Marina, Secretaria de Segurança Pública de Alagoas, Capitão Salvador, Eng Davyd, Prefeitura Municipal de Arapiraca e Sr Marcelo, por terem viabilizado a participação dos empreendimentos no estudo de caso.

Às amigas de graduação, Jana, Nat e Mari Rodas, por estarem sempre presentes e na torcida.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

LIRA, V. Q. **Manifestações patológicas em vedações verticais inovadoras: estudo de caso.** Recife, 2019. 258p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco.

RESUMO

Métodos construtivos tradicionais de vedações verticais são comumente associados às manifestações patológicas das edificações. Em substituição à alvenaria, novas tecnologias de vedações vêm sendo adotadas, as quais devem ser utilizadas com respaldo técnico e científico, para evitar futuras falhas no desempenho. O objetivo do trabalho é identificar as manifestações patológicas que ocorrem nos sistemas inovadores de vedações verticais que estão sendo utilizados nos estados de Pernambuco e Alagoas. As tecnologias analisadas foram: paredes de concreto moldadas *in loco*, gesso acartonado (*drywall*), painéis sanduíche e vedações verticais em bloco de gesso. A metodologia do trabalho consistiu em estudo de casos com a realização de inspeções prediais em edificações que utilizam essas vedações verticais em cinco empreendimentos; caracterização das manifestações encontradas em relação aos seus sintomas, causas, origens e classificação e proposição de técnicas de reparo. A prioridade de risco dessas manifestações também foi definida utilizando os parâmetros adotados pela análise de modos de falhas e efeitos FMEA (*Failure Modes Effects Analysis*). O resultado apontou a ocorrência dos seguintes tipos de manifestações patológicas: 23 nas paredes de concreto, 8 no *drywall*, 6 nos painéis sanduíche e 4 nas vedações de bloco de gesso. As manifestações patológicas de maior ocorrência nos empreendimentos foram: 57% até 100% de fissuras/trincas e 15% até 60% de manchas de umidade. Constatou-se também que o maior foco de origem das manifestações patológicas está nas etapas de projeto, execução e escolha dos materiais, classificando as manifestações patológicas como anomalias endógenas em 88% de todos os casos. Ao final da pesquisa, conclui-se que a identificação dessas patologias proporciona aumento da qualidade das vedações verticais inovadoras, proporcionando seu reparo e, principalmente, dando subsídios para que patologias não voltem a ocorrer. Como principal contribuição deste trabalho, encontra-se a sistematização da identificação e diagnóstico das manifestações patológicas nas inovadoras vedações verticais, associada a priorização dos riscos e propostas de recuperação

Palavras-chave: Métodos construtivos, vedações verticais inovadoras, manifestações patológicas.

ABSTRACT

Traditional constructive methods of wall partition are commonly associated with building pathological manifestations. In replacement of masonry, new sealing technologies have been adopted. These should be used with technical and scientific support to avoid future performance failures. The present work aims to identify the pathological manifestations that occur in innovative vertical sealing systems in Pernambuco and Alagoas. The systems analysed were: in situ molded concrete walls, drywalls, sandwich panel walls and gypsum block walls. In order to reach this purpose, the work had as methodology inspecting buildings in which these systems are used. The inspections occurred in five enterprises, named A, B, C, D and E. The manifestations were characterized in relation to their symptoms, causes, origins and classification. Besides, repair techniques have been suggested in order to reestablish the quality of the fences. The risk priority of these manifestations was also defined using the parameters adopted by the Failure Modes Effects Analysis (FMEA) methodology. The results indicated the occurrence of 23 types of pathological manifestations in concrete walls, 8 types in drywalls, 6 types in sandwich panel walls and 4 types in gypsum block walls. The most representative group in the pathological manifestations were cracks, which obtained 57% of occurrences in enterprise A, 62% of occurrence in enterprise B, 75% in enterprise C and 100% in enterprise D. Right after the fissures came moisture, with 33% of the manifestations in enterprise A, 15% of the manifestations in enterprise B, 25% in enterprise C and 60% in enterprise D. It was also verified that the major source of the pathological manifestations is in the stages of design, execution and choice of the materials, which classifies these pathological manifestations as endogenous anomalies. Despite the large number of pathological manifestations occurrences, none compromised the health and safety of the user. Overall, companies are still adapting to best practices for the execution of innovative wall partitions. At the end of the work it is concluded that the identification of these pathologies provides an increase in the quality of the innovative wall partitions, providing their repair, and mainly, giving subsidies so that pathologies do not happen again.

Keywords: Constructive methods, innovative wall partition, pathological manifestations.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	13
1.2	Objetivos.....	17
1.2.1	Objetivo Geral	17
1.2.2	Objetivos Específicos	17
1.3	Estruturação do trabalho.....	18
2	VEDAÇÕES VERTICAIS.....	19
2.1	Conceitos.....	19
2.2	Desempenho	20
2.3	Classificação	21
2.4	Histórico de utilização	22
2.5	Inovações tecnológicas na construção civil.....	24
2.6	Vedações verticais inovadoras	29
2.6.1	Parede de concreto moldada <i>in loco</i>	33
2.6.2	Paredes de painéis de gesso acartonado (<i>Drywall</i>).....	37
2.6.3	Paredes de painéis sanduíche.....	43
2.6.4	Paredes de alvenaria de bloco de gesso	47
3	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	52
3.1	Estudo das manifestações patológicas.....	52
3.2	Manifestações patológicas em edificações brasileiras	56
3.3	Manifestações patológicas em vedações verticais inovadoras	60
3.3.1	Manifestações patológicas em paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>	60
3.3.2	Manifestações patológicas em vedações verticais em gesso acartonado (<i>Drywall</i>).62	
3.3.3	Manifestações patológicas em vedações verticais em painéis sanduíche.....	64
3.3.4	Manifestações patológicas em vedações verticais em alvenaria de bloco de gesso .65	
4	METODOLOGIA.....	67
4.1	Delineamento teórico	67
4.2	Delineamento prático	68
4.2.1	Revisão bibliográfica	69
4.2.2	Estudo de caso	70

4.2.2.1	Escolha das inovações tecnológicas	70
4.2.2.1.1	Escolha de parede de concreto moldada <i>in loco</i>	71
4.2.2.1.2	Escolha de Drywall	71
4.2.2.1.3	Escolha de painéis sanduíche	72
4.2.2.1.4	Escolha de alvenarias com blocos de gesso	72
4.2.2.2	Escolha dos empreendimentos	72
4.2.2.3	Caracterização dos empreendimentos	73
4.2.2.4	Dimensionamento das amostras	73
4.2.2.5	Inspeção predial	75
4.2.2.5.1	Nível da inspeção	75
4.2.2.5.2	Análise da documentação	76
4.2.2.5.3	Elaborar checklist	76
4.2.2.5.4	Entrevistas	78
4.2.2.5.5	Realização de vistorias	78
4.2.3	Análise dos resultados	79
4.2.3.1	Compilação das manifestações patológicas	79
4.2.3.2	Identificação das causas e origens	79
4.2.3.3	Classificação das manifestações patológicas	80
4.2.3.4	Avaliação do grau de risco	80
4.2.3.5	Definição de prioridades	81
4.2.3.5.1	FMEA	81
4.2.3.6	Recomendações técnicas	85
5	ESTUDOS DE CASO	86
5.1	Casos de empreendimentos com paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>	86
5.1.1	Empreendimento A	86
5.1.1.1	Caracterização do empreendimento	87
5.1.1.2	Definição do nível da inspeção	91
5.1.1.3	Manifestações patológicas identificadas	92
5.1.2	Empreendimento B	95
5.1.2.1	Caracterização do empreendimento	95
5.1.3	Definição do nível da inspeção	100
5.1.4	Manifestações patológicas identificadas	100
5.2	Caso de empreendimentos com vedações em gesso acartonado (Empreendimento C)	

5.2.1	Caracterização do empreendimento.....	104
5.2.2	Definição do nível de inspeção.....	112
5.2.3	Manifestações patológicas encontradas.....	112
5.3	Caso de empreendimentos com vedações em painéis sanduíche (Empreendimento D)	114
5.3.1	Caracterização do empreendimento.....	114
5.3.2	Definição do nível de inspeção.....	125
5.3.3	Manifestações patológicas identificadas.....	125
5.4	Caso de empreendimentos com vedações em bloco de gesso (Empreendimento E)	126
5.4.1	Caracterização do empreendimento.....	126
5.4.2	Definição do nível de inspeção.....	130
5.4.3	Manifestações patológicas identificadas.....	130
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	133
6.1	Manifestações patológicas em paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>	133
6.1.1	Levantamento das ocorrências.....	133
6.1.2	Caracterização das manifestações patológicas	139
6.1.3	Fissuras	140
6.1.4	Manchas de umidade	163
6.1.5	Outras manifestações patológicas.....	175
6.2	Manifestações patológicas em vedações em gesso acartonado (<i>Drywall</i>).....	185
6.2.1	Levantamento das ocorrências.....	185
6.2.2	Caracterização das manifestações patológicas	188
6.2.3	Fissuras	188
6.2.4	Manchas de umidade	203
6.3	Manifestações patológicas em vedações em painéis sanduíche	206
6.3.1	Levantamento das ocorrências.....	206
6.3.2	Caracterização das manifestações patológicas	209
6.4	Manifestações patológicas em vedações em blocos de gesso	217
6.4.1	Levantamento das ocorrências.....	217
6.4.2	Caracterização das manifestações patológicas	219
6.5	Resumo dos resultados da pesquisa	227
6.6	Definição de prioridade das manifestações patológicas através da metodologia FMEA	230

6.7	Avaliação do grau de risco das manifestações patológicas	235
7	CONCLUSÃO.....	240
8	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	244
	REFERÊNCIAS.....	245

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Linha do tempo da inserção de vedações verticais no Brasil.....	23
Figura 2 – Execução da instalação elétrica na parede de concreto.....	35
Figura 3 – Montagem de formas para concretagem	35
Figura 4 – Execução do escoramento das formas.....	35
Figura 5 – Concretagem de paredes e laje	35
Figura 6 – Passos para a instalação de parede <i>Drywall</i>	41
Figura 7 – Representação de um conjunto típico de <i>Drywall</i>	42
Figura 8 - Partes que compõem uma estrutura usual de painel sanduíche	44
Figura 9 – Locação da primeira fiada através de linha guia	50
Figura 10 – Execução da primeira fiada.....	50
Figura 11 – Execução das fiadas posteriores.....	50
Figura 12 – Etapas da metodologia adotada para realização da pesquisa	69
Figura 13 – <i>Checklist</i> utilizado na vistoria dos empreendimentos.	77
Figura 14 – Fluxograma de aplicação da metodologia FMEA para as manifestações patológicas	83
Figura 15 – Empreendimento A e suas etapas.....	87
Figura 16 – Planta baixa padrão das casas do empreendimento A.....	88
Figura 17 – Fachada das casas do Empreendimento A	89
Figura 18 – Radier concretado com marcação das paredes.....	90
Figura 19 – Armação das paredes prontas com colocação das formas	90
Figura 20 – Formas prontas para receber concreto.....	90
Figura 21 – Paredes concretadas com estrutura da cobertura pronta.....	90
Figura 22 – Mancha de umidade em paredes com instalações hidráulicas	92
Figura 23 – Mancha de umidade no topo das paredes, próximo das cobertas	92
Figura 24 – Mancha de umidade junto ao piso em paredes externas	93
Figura 25 – Fissuras junto ao piso em paredes externas.....	93
Figura 26 – Mancha de umidade junto ao piso em paredes externas	93
Figura 27 – Fissuras junto ao piso em paredes externas.....	93
Figura 28 – Fissuras na ligação de paredes de concreto e paredes de alvenaria (bloco cerâmico ou de concreto)	93
Figura 29 – Fissuras nas aberturas de portas e janelas	93
Figura 30 – Fissura no encontro entre paredes	94

Figura 31 – Fissura no topo das paredes, próxima da cobertura.....	94
Figura 32 – Fissuras no meio das paredes	94
Figura 33 – Portas e esquadrias de madeira danificadas	94
Figura 34 – Fissuras em áreas que sofreram intervenção dos usuários	95
Figura 35 – Desagregação do revestimento.....	95
Figura 36 – Mancha de umidade em paredes com instalações hidráulicas	95
Figura 37 – Mancha de umidade no topo das paredes, próximo das cobertas	95
Figura 38 – Empreendimento B e seus blocos	96
Figura 39 – Área externa do empreendimento B.....	97
Figura 40 – Área externa do empreendimento B.....	97
Figura 41 – Projeto arquitetônico padrão de apartamentos do empreendimento B.....	98
Figura 42 – Área interna empreendimento B	98
Figura 43 - Área interna empreendimento B	98
Figura 44 – Fissuras em aberturas de portas e janelas.....	101
Figura 45 – Fissuras na parte inferior das esquadrias de alumínio.....	101
Figura 46 – Fissura no encontro de paredes	101
Figura 47 – Fissura ao redor da caixa de ar-condicionado.....	101
Figura 48 – Fissuras no meio da parede	102
Figura 49 – Grandes fissuras no meio das paredes.....	102
Figura 50 – Manchas de umidade no meio das paredes internas.....	102
Figura 51 – Manchas de umidade ao redor das esquadrias nas paredes internas	102
Figura 52 – Manchas retangulares nas paredes	103
Figura 53 – Falhas da pintura	103
Figura 54 – Bolor ao redor das janelas	103
Figura 55 – Pequenos furos no revestimento.....	103
Figura 56 – Descolamento do revestimento cerâmico.....	103
Figura 57 – Manchas de umidade nas fachadas dos blocos	103
Figura 58 – Produção dos módulos na fábrica	106
Figura 59 – Carregamento dos módulos para transporte.....	106
Figura 60 – Transporte dos módulos	107
Figura 61 – Montagem dos módulos na obra	107
Figura 62 – Obra finalizada.....	108
Figura 63 – Projeto arquitetônico padrão dos CISPs.....	109
Figura 64 – Fachada do empreendimento C.....	109

Figura 65 – Face interna do painel sanduíche	110
Figura 66 – Face externa no painel sanduíche (fachada).....	111
Figura 67 - Fissuras nas ligações de paredes perpendiculares.....	113
Figura 68 - Fissuras ao redor das esquadrias (de alumínio e de madeira).....	113
Figura 69 - Fissuras no encontro de dois tipos de vedações.....	113
Figura 70 - Fissuras no encontro entre placas	113
Figura 71 - Fissuras entre monoblocos.....	114
Figura 72 - Fissura horizontal.....	114
Figura 73 - Manchas de umidade próximas ao forro.....	114
Figura 74 - Manchas de umidade próximas aos condicionadores de ar	114
Figura 75 - Fachada do empreendimento D	115
Figura 76 – Projeto arquitetônico do empreendimento D dividido por blocos	117
Figura 77 – Demonstração do shaft hidráulico nos painéis sanduíche.....	118
Figura 78 – Ilustração dos eletrodutos embutidos nos painéis sanduíche	119
Figura 79 – Ilustração da instalação das esquadrias de alumínio	120
Figura 80 – Detalhe de todas as camadas dos painéis sanduíche	122
Figura 81 – Detalhe da fixação dos painéis sanduíche na estrutura metálica do empreendimento D	122
Figura 82 – Detalhe da fixação dos perfis de base no radier.....	123
Figura 83 – Fixação do painel sanduíche no perfil de base.....	123
Figura 84 - Estrutura metálica montada	124
Figura 85 – Manchas e desagregação do revestimento ao redor das janelas.....	125
Figura 86 – Manchas e desagregação do revestimento em áreas molhadas.....	125
Figura 87 – Manchas e desagregação do revestimento nas faces externas das vedações	126
Figura 88 – Desgaste do revestimento nas faces internas das paredes	126
Figura 89 – Segregação das camadas dos painéis nas faces externas	126
Figura 90 – Projeto arquitetônico do pavimento tipo do empreendimento E.....	127
Figura 91 – Vista dos quartos do empreendimento	128
Figura 92 – Detalhe do revestimento de papel de parede dos quartos	128
Figura 93 – Vista do revestimento cerâmico dos banheiros dos quartos.....	129
Figura 94 – Papel de parede descolando próximo as esquadrias.....	129
Figura 95 – Fissuras ao redor das esquadrias de madeira.....	131
Figura 96 – Fissuras no encontro da parede de gesso com elemento estrutural	131
Figura 97 – Fissura no encontro da parede de gesso com o forro de gesso.....	132

Figura 98 – Manifestações patológicas comuns aos empreendimentos A e B	135
Figura 99 – Manifestações patológicas que ocorreram apenas no empreendimento A.....	136
Figura 100 – Manifestações patológicas que ocorreram apenas no empreendimento B.....	136
Figura 101 – Distribuição das armaduras de reforço ao redor das aberturas	143
Figura 102 – Ligação entre paredes de concreto e paredes de alvenaria.....	154
Figura 103 – Recuperação realizada nas fissuras ao redor da caixa de ar condicionado	157
Figura 104 – Detalhe da execução da recuperação.....	157
Figura 105 – Esquema da instalação da esquadria no empreendimento B.....	159
Figura 106 – Argamassa utilizada como requadro no empreendimento B.....	159
Figura 107 – Reparo realizado nas fissuras embaixo da janela do empreendimento B	160
Figura 108 - Reparo realizado nas fissuras embaixo da janela do empreendimento B	160
Figura 109 – Reparo realizado em fissura inclinada	163
Figura 110 – Reparo realizado em fissura vertical	163
Figura 111 – Vista interna dos espaços vazios ocasionados pela presença de ancoragem.....	172
Figura 112 – Esquema de instalação de pingadeira tradicional.....	174
Figura 113 – Gráfico da frequência de manifestações patológicas do Empreendimento C ...	186
Figura 114 – Ilustração dos vértices transpassados	193
Figura 115 – Junta localizada em montante no meio da abertura da porta	194
Figura 116 – Junta localizada em montante no meio da abertura da janela	194
Figura 117 – Encontro “ao topo”.....	196
Figura 118 – Encontro a 90°	196
Figura 119 – Encontro de linha	196
Figura 120 – Passos que devem ser seguidos para execução de juntas entre placas	199
Figura 121 – Indicação do local onde ocorreu a fissura	201
Figura 122 – Juntas horizontais defasadas	203
Figura 123 – Gráfico da frequência de manifestações patológicas do Empreendimento D...207	207
Figura 124 – Gráfico da frequência de manifestações patológicas do Empreendimento E ...218	218
Figura 125 – Vedação com porta aplicada sem uso de verga.....	221
Figura 126 – Vedação com porta aplicada com utilização de verga	222
Figura 127 – Fixação de porta com poliuretano expansível aplicado	222
Figura 128 – Encontro entre vedações de bloco de gesso e pilar	224
Figura 129 - Ligação entre blocos de gesso e viga ou laje maciça.....	225
Figura 130 – Detalhe de juntas de dilatação de forro de gesso	226

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação das vedações verticais.	21
Quadro 2 – Características das vedações em concreto moldadas <i>in loco</i>	37
Quadro 3 – Normas brasileiras para tecnologia de <i>drywall</i>	39
Quadro 4 – Tipos de bloco de gesso.....	48
Quadro 5 – Tipos de bloco e suas características.....	49
Quadro 6 – Níveis de inspeção predial.....	76
Quadro 7 – Classificação das manifestações patológicas.....	80
Quadro 8 – Grau de risco das manifestações patológicas.....	81
Quadro 9 – Índices de severidade.....	83
Quadro 10 – Índices de custo.....	84
Quadro 11 – Índices de intervenção.....	84
Quadro 12 – Grau de risco da manifestação patológica de acordo com o CPR.....	85
Quadro 13 – Sistemas inovadores e respectivos empreendimentos estudados.....	86
Quadro 14 – Prazos de garantia dos subsistemas.....	91
Quadro 15 – Exigência de qualificação técnica da licitação.....	105
Quadro 16 – Percentual de ocorrência das manifestações patológicas em cada um dos empreendimentos.....	133
Quadro 17 – Quantidade de manifestação patológica por unidade habitacional, nos dois empreendimentos.....	137
Quadro 18 – Principais manifestações patológicas do empreendimento A.....	138
Quadro 19 - Principais manifestações patológicas do empreendimento B.....	139
Quadro 20 – Ocorrência de fissuras nos empreendimentos.....	140
Quadro 21 – Caracterização das fissuras nas aberturas de portas e janelas.....	141
Quadro 22 – Caracterização de fissuras no meio das paredes.....	145
Quadro 23 – Caracterização de fissuras no encontro entre paredes.....	147
Quadro 24 – Caracterização de fissuras no topo das paredes, próximo à cobertura.....	149
Quadro 25 – Caracterização de fissuras junto ao piso em paredes externas.....	151
Quadro 26 – Caracterização de fissuras em áreas que sofreram intervenção dos usuários....	152
Quadro 27 – Caracterização de fissuras na ligação de paredes de concreto com paredes de alvenaria.....	153
Quadro 28 – Caracterização de fissuras ao redor da caixa de ar condicionado.....	155
Quadro 29 - Caracterização das fissuras na parte inferior das esquadrias de alumínio.....	158

Quadro 30 – Caracterização de fissuras grandes no meio das paredes	161
Quadro 31 – Ocorrência de manchas de umidade nos empreendimentos	163
Quadro 32 – Caracterização de manchas de umidade junto ao piso em paredes externas	164
Quadro 33 – Caracterização de manchas de umidade em paredes com instalações hidráulicas	166
Quadro 34 – Caracterização de manchas de umidade no topo das paredes, próximo ao forro	167
Quadro 35 – Caracterização das manchas de umidade ao redor das esquadrias em paredes internas.....	170
Quadro 36 – Caracterização de manchas de umidade pontuais no meio das paredes	171
Quadro 37 – Caracterização das manchas de umidade na fachada	173
Quadro 38 – Caracterização de bolor e musgo ao redor das esquadrias	175
Quadro 39 – Ocorrência de outros tipos de manifestações patológicas	176
Quadro 40 – Caracterização de portas e esquadrias de madeira danificadas	177
Quadro 41 – Caracterização da desagregação do revestimento argamassado.....	178
Quadro 42 – Caracterização de falhas no revestimento	180
Quadro 43 – Caracterização de pequenos furos no revestimento.....	181
Quadro 44 – Caracterização de manchas retangulares nas paredes.....	183
Quadro 45 – Caracterização do descolamento da cerâmica	184
Quadro 46 – Percentual de ocorrência de manifestações patológicas no empreendimento C	185
Quadro 47 – Relação entre a área construída inspecionada e quantidade de manifestações patológicas encontradas.....	186
Quadro 48 – Principais manifestações patológicas do empreendimento C.....	187
Quadro 49 – Ocorrência de fissuras no empreendimento C.....	189
Quadro 50 – Caracterização das fissuras nas ligações de paredes perpendiculares	190
Quadro 51 – Caracterização das fissuras ao redor das esquadrias	192
Quadro 52 – Caracterização das fissuras no encontro de dois tipos de vedações	195
Quadro 53 – Caracterização das fissuras no encontro entre placas.....	197
Quadro 54 – Caracterização das fissuras entre monoblocos	200
Quadro 55 – Caracterização das fissuras horizontais	202
Quadro 56 – Ocorrência de manchas de umidade no empreendimento C.....	203
Quadro 57 – Caracterização das manchas de umidade próximas ao forro	204
Quadro 58 – Caracterização das manchas de umidade próximas aos condicionadores de ar	205
Quadro 59 – Percentual de ocorrência de manifestações patológicas no empreendimento D	206

Quadro 60 – Relação entre a área inspecionada e quantidade de manifestações patológicas encontradas.....	207
Quadro 61 – Principais manifestações patológicas do empreendimento D.....	209
Quadro 62 – Caracterização das Manchas e desagregação do revestimento ao redor das esquadrias	210
Quadro 63 – Caracterização das Manchas e desagregação do revestimento em áreas molhadas	212
Quadro 64 – Caracterização das Manchas e desagregação do revestimento em paredes externas	214
Quadro 65 – Caracterização das Desgaste do revestimento nas faces internas das paredes ..	215
Quadro 66 – Caracterização da segregação das camadas dos painéis nas faces externas	216
Quadro 67 – Percentual de ocorrência de manifestações patológicas no empreendimento E	217
Quadro 68 – Relação entre a área inspecionada e quantidade de manifestações patológicas encontradas.....	218
Quadro 69 – Caracterização das Fissuras ao redor das esquadrias de madeira.....	220
Quadro 70 – Caracterização das fissuras no encontro da parede de gesso com elemento estrutural	223
Quadro 71 – Caracterização das fissuras no encontro da parede de gesso com o forro de gesso	225
Quadro 72 – Resumos dos resultados quantitativos da pesquisa.....	228
Quadro 73 – Resumo de todas manifestações patológicas identificadas na pesquisa	229
Quadro 74 – Ordem de prioridade na metodologia FMEA para paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>	230
Quadro 75 – Ordem de prioridade na metodologia FMEA para vedações em gesso acartonado	232
Quadro 76 - Ordem de prioridade na metodologia FMEA para vedações em painéis sanduíche	233
Quadro 77 - Ordem de prioridade na metodologia FMEA para vedações em blocos de gesso	234
Quadro 78 – Grau de risco das manifestações patológicas em paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>	236
Quadro 79 – Grau de risco das manifestações patológicas nas vedações verticais em gesso acartonado.....	237

Quadro 80 - Grau de risco das manifestações patológicas nas vedações verticais em vedações de painéis sanduíche	238
Quadro 81 – Grau de risco das manifestações patológicas nas vedações verticais em vedações de bloco de gesso.....	239

1 INTRODUÇÃO

O capítulo em questão introduz a pesquisa realizada nesta dissertação. Na justificativa estão elencados os motivos pelos quais a pesquisa é relevante para a indústria da construção civil, fazendo uma ligação da sua temática com o contexto atual deste setor. Além disso, são esclarecidos os objetivos alcançados a partir da elaboração deste trabalho, enaltecendo sua relevância para a comunidade acadêmica.

1.1 Justificativa

Arelada ao avanço da tecnologia, a inserção das inovações na construção civil tem impactado de forma consistente e continuada o setor nas últimas décadas, fomentando a sua modernização e exigindo um esforço relevante das empresas de toda a cadeia de nossa indústria. No momento em que produtividade e competitividade são atributos essenciais para a conquista e manutenção de mercado, estar sintonizado com a inovação é essencial para o bom desempenho empresarial (CBIC, 2016).

A inovação tecnológica, em particular, é definida como processo que vai desde a concepção de uma ideia técnica até o uso de um novo produto ou processo, frequentemente associada à utilização de novos componentes, produtos, sistemas, procedimentos e equipamentos (CBIC, 2016). O Manual de Oslo (OECD, 2005) amplia o conceito de inovação tecnológica, incluindo a realização de melhoramentos tecnológicos significativos nos produtos e nos processos já inseridos no mercado.

Sabe-se ainda que a inovação na construção é implantada em uma taxa menor que em outros setores devido às características desta indústria, porém a implantação é necessária em um mercado competitivo. Neste sentido, algumas iniciativas têm incentivado a adoção de tecnologias inovadoras na construção civil.

A Câmara Brasileira da Construção Civil (CBIC), lançou o catálogo de inovação na construção civil (CBIC, 2016), uma compilação de todas as inovações registradas na construção civil nos últimos 10 anos, apresentando as inovações de forma clara e objetiva, sendo um manual qualificado de consulta para construtoras e incorporadoras. Neste manual, são enumeradas 34 diferentes inovações tecnológicas (entre produtos e

processos) ligadas a sistemas de vedações verticais da edificação, dentre as quais são citadas: paredes de concreto moldadas *in loco*, *drywall* e diversas modalidades de painéis sanduíche.

Além deste, o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), através do seu Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT), executa a avaliação de novos produtos para construção, quando não existem normas técnicas prescritivas específicas aplicáveis às inovações. Dentre as inovações avaliadas citam-se: alvenarias de blocos de gesso para vedações verticais internas sem função estrutural, paredes de concreto armado moldadas no local e diversas modalidades de painéis sanduíche.

Enaltecendo a importância do incentivo à adoção de inovações tecnológicas na construção, Girmsscheid e Wong (2012) enumeraram políticas governamentais adotadas em países desenvolvidos com o intuito de estimular a construção e promover a compra de habitações em edifícios industrializados, destacando as experiências exitosas da Suécia, do Japão, dos EUA e da China.

No Brasil, a construção civil ainda é moldada pelos métodos construtivos tradicionais, caracterizados pela utilização de concreto moldado *in loco*, alvenarias de blocos, gesso, pintura e acabamento manuais, entre outros. O caráter artesanal desses métodos propicia a ocorrência de erros, afetando diretamente na produtividade, desperdício e orçamento das obras, repassando os custos ao consumidor final (NASCIMENTO & HATAKEYANA, 2016).

Para acentuar ainda mais a necessidade de adotar processos produtivos industrializados, o Brasil vivenciou entre os anos de 2007 e 2014 um grande aquecimento do mercado da construção civil. O início desse período foi marcado pelo estabelecimento do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), política do Governo Federal para acelerar o crescimento do país em termos de infraestrutura (PANNET, 2013).

No âmbito das habitações, o PAC já financiou a construção de 3,6 milhões de moradias, através do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), iniciado em março de 2009 com objetivo de criar condições de ampliação do mercado habitacional para atendimento às famílias de baixa renda. O programa buscava também aquecer o mercado imobiliário de

unidades novas e, assim, impactar a economia através dos efeitos multiplicadores gerados pela indústria da construção civil. Desta forma, seria possível manter o desenvolvimento do setor imobiliário e reaquecer as atividades do setor da construção civil, que experimentava uma fase de intenso crescimento desde 2007 (CARDOSO, JAENISCH, ARAGÃO, 2017).

Apesar do cenário favorável à implementação de inovações, o subsistema vedação vertical ainda é apontado pelos construtores como um dos principais “gargalos” tecnológicos da construção de edifícios, visto que ainda se observa a utilização majoritária de paredes em alvenaria de blocos de concreto ou de cerâmica e revestimentos de argamassa, caracterizados pela baixa produtividade, utilização de recursos humanos e materiais de grande monta e difícil qualificação da mão de obra para os trabalhos, que, por serem ainda muito artesanais, dependem muito da habilidade humana (SILVA & SILVA, 2004; BARROS, 2013).

O uso da alvenaria tradicional, não racionalizada, distancia-se dos conceitos de montagem industrial e precisão dimensional, característicos dos sistemas industrializados inovadores. Por outro lado, os sistemas de vedações verticais inovadores aumentam a velocidade da obra, eliminam etapas e dificuldades relacionadas ao acabamento e têm maior precisão geométrica. Ainda na fase construtiva, sua utilização pode implementar melhorias em relação às atividades do canteiro, tais como: redução na quantidade de mão de obra, melhorias nas condições de logística interna, economia de espaço de armazenamento de materiais, melhor controle de produção e redução de desperdícios (SILVA & SILVA, 2004; OLIVIERI *et al.*, 2017).

Porém, a escolha do método construtivo utilizado deve levar em consideração as características da região onde está inserido, a capacitação da mão de obra que irá executá-lo, a compatibilização com os outros sistemas utilizados na edificação, dentre outros fatores. A utilização dessas novas tecnologias na produção de vedações deve ser embasada por conhecimento técnico e científico que respaldem sua aplicação, a fim de evitar futuras falhas em seu desempenho.

Santos (2016) indica em seu trabalho o aumento de defeitos e patologias recorrentes nas edificações residenciais no Brasil, atribuído ao aumento na escala de produção. Porém, o

autor também considera que as patologias podem ocorrer por falta de conhecimento dos usuários em relação aos hábitos de utilização das inovações tecnológicas, má utilização da técnica construtiva por parte das construtoras, falhas de detalhamento no projeto executivo das inovações e baixo controle de qualidade do produto final.

O surgimento de manifestações patológicas pode estar atrelado às diversas fases construtivas da edificação, seja devido a cuidados ignorados, erros em projeto, erros na execução, ou até mesmo na utilização. Aliado às falhas da fase de concepção, a falta de manutenção faz com que pequenos problemas patológicos, que teriam baixo custo de recuperação, evoluam para situações que comprometam a estabilidade, a estética e, algumas vezes, até mesmo a segurança estrutural (RACHID E BASE, 2011).

São inúmeros os relatos da ocorrência de manifestações patológicas em edificações do Programa Minha Casa Minha Vida. Em 2015, auditoria realizada pela Controladoria-Geral da União em 77 empreendimentos em 12 estados brasileiros encontrou falhas em mais da metade dos empreendimentos visitados. Três anos depois, em 2018, a situação ainda se repete. Em avaliação realizada novamente pela Controladoria Geral da União, mais de 56% dos imóveis do Minha Casa Minha Vida apresentaram problemas de construção. São imóveis com rachaduras, vazamentos, às vezes até mesmo sem ligação de água e esgoto (CONSTRUÇÃO MERCADO, 2017).

Dentro do contexto apresentado, o presente trabalho tem como tema as manifestações patológicas que ocorrem em sistemas de vedação vertical inovadores. O objetivo primordial do trabalho é identificar quais as manifestações patológicas que ocorrem nos sistemas inovadores de vedações verticais que estão sendo utilizados nos estados de Pernambuco e Alagoas. Dessa forma, o trabalho é caracterizado como estudo de caso, utilizando como objeto de estudo as edificações em utilização nesses estados.

Para alcançar este objetivo o trabalho teve como metodologia a realização de inspeções prediais em edificações que utilizaram sistemas de vedações verticais inovadores. Após as manifestações patológicas identificadas, houve a caracterização, com base na literatura científica, em relação aos seus sintomas, causas, origens e classificação. Foram sugeridas técnicas de reparo no sentido de reestabelecer a qualidade das vedações. A prioridade de risco dessas manifestações foi definida utilizando os parâmetros adotados pela

metodologia de análise de modos de falhas e efeitos (FMEA, *Failure Modes Effects Analysis*).

O trabalho realizou estudo de caso em cinco empreendimentos que utilizaram como vedações verticais sistemas inovadores, quais sejam: paredes de concreto moldadas *in loco*, gesso acartonado (*drywall*), painéis sanduíche e alvenaria em bloco de gesso. Os empreendimentos, localizados nos estados de Alagoas e Pernambuco, representaram uma área inspecionada de, aproximadamente, 4.000 m².

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é avaliar, através de estudo de caso, as manifestações patológicas que ocorrem nos seguintes sistemas de vedações verticais inovadores: paredes de concreto moldadas *in loco*, paredes de painéis de gesso acartonado (*Drywall*), paredes de painéis sanduíche e paredes de alvenaria de bloco de gesso.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar quais os sistemas inovadores de vedação vertical estão sendo utilizados nas edificações dos estados de Alagoas e Pernambuco;
- Contribuir com a solidificação do conhecimento acerca dessas tecnologias, visando sua consolidação como alternativa de vedação vertical;
- Identificar as falhas nas etapas de projeto, execução e utilização dessas inovações;
- Identificar as manifestações patológicas que ocorrem nesses sistemas de vedações verticais;
- Classificar e avaliar as manifestações patológicas identificadas em relação a sua criticidade, causa, origem, mecanismo de ação e impacto no dia-a-dia dos usuários;
- Propor melhores práticas de execução, manutenção e utilização dessas vedações, no intuito de evitar as manifestações patológicas;
- Propor técnicas de reparo para sanar as manifestações patológicas existentes.

1.3 Estruturação do trabalho

O trabalho em questão é composto por 8 capítulos. O primeiro capítulo apresenta a justificativa da realização do trabalho, como instrumento de contextualização no presente cenário da engenharia. Além disso, o capítulo elenca o objetivo geral, os objetivos específicos e a estruturação dos demais capítulos, esclarecendo o que será apresentado em cada um.

Os capítulos 2 e 3 fazem parte da revisão bibliográfica do trabalho, sendo imprescindível para que se entenda os principais conceitos ligados à problemática apresentada. O capítulo 2 se refere os conceitos de vedações verticais e aborda os sistemas industrializados utilizados como vedações, enquanto o capítulo 3 aborda os conceitos relacionados às manifestações patológicas que ocorrem nessas vedações verticais.

O capítulo 4 apresenta a metodologia da pesquisa, esclarecendo cada uma das etapas necessárias para realização do estudo de caso. São detalhadas todas as etapas da pesquisa, bem como os procedimentos de inspeção, caracterização e classificação das manifestações patológicas.

O capítulo 5 apresenta os estudos de caso. Este capítulo compreende a caracterização dos empreendimentos que foram objeto dos estudos de caso, detalhando seus processos construtivos e particularidades de sua utilização.

O capítulo 6 explana os resultados e discussões da pesquisa. Este capítulo aborda, detalhadamente, as manifestações patológicas encontradas em cada sistema de inovação vertical estudado, discutindo suas características, classificações, causas, origens e técnicas de reparo.

O capítulo 7 apresenta as conclusões do trabalho, explanando as considerações cabíveis após toda a pesquisa realizada. O capítulo 8 indica sugestões de trabalhos para dar continuidade a pesquisa realizada.

2 VEDAÇÕES VERTICAIS

Este capítulo faz parte do referencial teórico do trabalho. Entender os conceitos ligados a vedações verticais é de suma importância para o desenvolvimento da pesquisa. O capítulo aborda as vedações verticais, suas funções, classificações e seus componentes. Além disso, conceitua também os sistemas de vedações verticais inovadores que são objeto de estudo da pesquisa realizada.

2.1 Conceitos

A definição de vedações verticais utilizada neste trabalho está estabelecida na norma NBR 15575 – Edificações Habitacionais - Desempenho (ABNT, 2013), em sua parte 4, que trata especificamente dos Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas (SVVIE), partes da edificação habitacional que limitam verticalmente a edificação em seus ambientes, como as fachadas e as paredes ou divisórias internas.

No contexto da edificação, a importância desse sistema vai além da compartimentação, pois esses elementos se integram de forma muito estreita aos demais elementos da construção, recebendo influência e influenciando no desempenho final da edificação habitacional.

De acordo com Cardoso (2007), são elementos que compõem as vedações verticais:

- Vedo: elemento que caracteriza a vedação vertical. A parede é o vedado mais utilizado como vedação interna e externa. As divisórias também são empregadas como vedado na compartimentação interna;
- Esquadrias: elemento que permite controle de acesso aos ambientes. Quando de sua presença é indispensável a utilização de vergas ou contravergas;
- Revestimento: elemento que permite o acabamento decorativo da vedação.

O autor conceitua também terminologias importantes utilizadas para vedações verticais:

- Pano: uma das faces do vedado;
- Parede: tipo de vedado mais utilizado, se auto suporta, é monolítico e moldado no local, definitivo, pode ser exterior ou interno;

- Divisória: vedo interno ao edifício com a função de subdividir o edifício em diversos ambientes, geralmente leve pode ser removido com facilidade.

Os vedos são os elementos que definem a tecnologia de produção, sendo os principais responsáveis pelo desempenho global da vedação vertical, dos revestimentos e das esquadrias existentes nas paredes (FRANCO, 1998).

2.2 Desempenho

Os sistemas de vedações verticais devem apresentar um desempenho satisfatório, atendendo os requisitos para os quais foi planejado. Diversos fatores devem ser considerados em projeto no sentido de satisfazer esse desempenho. Como fator crucial tem-se a capacidade da parede em suportar cargas verticais e resistir a cargas de flexão, vento e forças sísmicas, influenciada diretamente pela maneira que a parede é conectada aos sistemas de fundação, piso e teto (DEDOLPH JR. & JASELSKIS, 1997).

Além disso, a localização das aberturas influencia as características de ganho ou perda de calor de uma parede, afetando o controle climático e influenciando diretamente na quantidade de fluxo de calor, infiltração de ar, umidade e fluxo de vapor de água e transmissão de som (DEDOLPH JR. & JASELSKIS, 1997).

Especificamente, as paredes com função de divisórias internas são elementos finos, construídos para dividir os espaços internos da edificação em compartimentos, tornando a organização espacial mais eficaz, melhorando o conforto, privacidade e segurança. Essas divisórias internas geralmente não têm função estrutural, sendo seu principal requisito estrutural o suporte de peças penduradas e impactos de ações acidentais resultantes da ocupação da habitação (MATEUS *et al.* 2013).

Desde 2013 o desempenho dos sistemas de vedações verticais no Brasil é regulamentado por norma, a partir da implementação da NBR 15575 (ABNT, 2013). A norma impõe o desempenho mínimo que as vedações verticais internas e externas devem atingir, especificando todos os requisitos e os parâmetros mínimos que devem ser alcançados. A norma em questão não define qual tipo de vedação é mais apropriado para a obra, nem estabelece procedimentos para alcançar o desempenho mínimo exigido. O intuito da

norma é balizar o desempenho das vedações verticais, independente da tecnologia adotada para sua execução.

2.3 Classificação

Em relação aos diversos tipos de vedações verticais existentes no mercado, são adotadas diferentes classificações, seguindo variados critérios. Dueñas Peñas (2003) detalhou em seu trabalho as diferentes classificações (Quadro 1).

Quadro 1 – Classificação das vedações verticais.

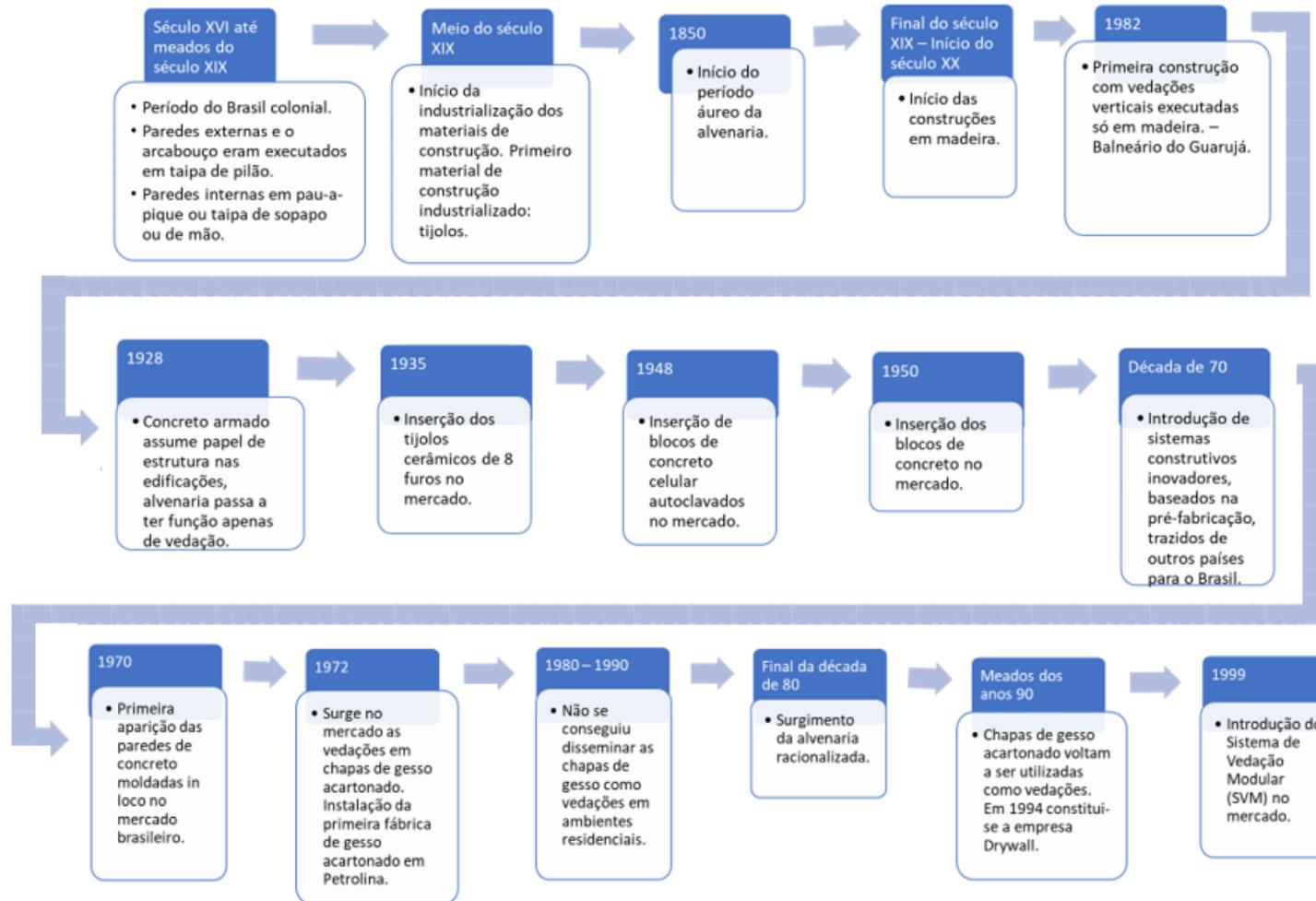
Quanto à posição no edifício.		Quanto à técnica de execução			
Externa	Interna		Por conformação	Por acoplamento a seco	Por acoplamento úmido
Vedação envoltória do edifício.	Compartimentação	Separação	Vedações obtidas por moldagem a úmido no local.	Vedações obtidas por montagem através de dispositivos.	Vedações obtidas por montagem a seco dos componentes com solidarização posterior com argamassa ou concreto.
	Divisão dentro de uma unidade do edifício.				
Quanto à densidade superficial		Quanto à estruturação			
Leve		Pesada		Auto suporte	Estruturada
Densidade superficial em torno de 60 kg/m ² a 100 kg/m ² .		Densidade superficial acima de 100 kg/m ² .		Não possui estrutura complementar. A própria vedação se sustenta.	Possui estrutura reticular para suporte dos componentes de vedação.
Quanto à distribuição dos esforços		Quanto à continuidade superficial			
Contínua		Descontínua		Monolítica	Modular
Absorção dos esforços se dá na parede como um todo.		A absorção dos esforços externos é feita pelos componentes e distribuída para a estrutura da própria vedação. Existem juntas entre os componentes.		Absorção dos esforços transmitidos a vedação é feita por todo o conjunto dos elementos, que trabalham solidariamente.	Absorção dos esforços transmitidos a vedação é feita pelos componentes de modo individual, em função da existência de elementos de juntas.
Quanto à removibilidade					
Fixa		Removível		Móvel	
Irremovível sem destruição. No caso de ser removido seus componentes dificilmente são recuperáveis, gerando muito entulho.		É desmontável com alguma degradação, gerando pouco volume de entulho. Para sua remontagem requer a reposição de algumas peças.		Normalmente só de compartimentação (tipo sanfona, de correr).	

Fonte: DUEÑAS PEÑAS (2003) – adaptado

2.4 Histórico de utilização

De acordo com Holanda (2003), a história das técnicas utilizadas para produção das vedações verticais no Brasil data do período colonial, quando a execução das vedações misturava a cultura dos índios com as técnicas trazidas pelos europeus ao Brasil. Desde então foram inseridas diversas técnicas na construção civil brasileira, com o intuito de industrializar a produção das vedações. A Figura 1 mostra uma linha do tempo, que destaca os principais fatos na história das técnicas de vedações verticais, desde o Brasil colonial até o início do século XXI.

Figura 1 – Linha do tempo da inserção de vedações verticais no Brasil



Fonte: HOLANDA (2003) – adaptado

A linha do tempo mostra que a inserção dos sistemas de vedações verticais inovadores no mercado da construção civil brasileira não é recente. As tentativas de evoluir tecnologicamente no que diz respeito às vedações verticais foram iniciadas na década de 70. De maneira geral, o incentivo para adoção dos sistemas inovadores caminha junto ao desenvolvimento econômico do país, de modo que, quando o Brasil experimenta períodos de êxito econômico, as condições para inserção desses sistemas se tornam favoráveis. Quando o país atravessa recessões, as condições favoráveis são cessadas. Esses ciclos contribuem para que os sistemas inovadores não consigam se estabilizar como alternativa viável no mercado.

Desse modo, o próximo tópico aborda de forma mais detalhada o contexto atrelado à utilização das vedações verticais inovadores tanto no Brasil como no mundo, destacando seus benefícios e as dificuldades encontradas para sua solidificação.

2.5 Inovações tecnológicas na construção civil

A utilização de inovações tecnológicas é a base do desenvolvimento econômico de qualquer setor industrial, sendo um importante fator de vantagem competitiva. Nesse contexto, a inovação pode ser originada a partir de uma invenção ou uma tecnologia já existente (CBIC, 2016).

O Manual de Oslo (OECD, 2005) descreve um conceito mais conciso de inovação, que seria “a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas”.

Na construção civil, a adoção de processos e produtos inovadores é uma questão amplamente discutida em todo o mundo. Por ser um setor que influencia diretamente no desenvolvimento econômico e social dos países, há um grande interesse em otimizar seu funcionamento, através da modernização e industrialização.

Para se atingir a industrialização na construção civil, são exigidas algumas mudanças de paradigma em relação aos antigos métodos de construção, caracterizados pelo desperdício em diferentes fases da cadeia construtiva. Essas mudanças incluem como pontos cruciais a

modularidade (promove padronização, variabilidade de projeto, maximiza fabricação fora da obra, facilita reconfiguração das instalações); construção enxuta (visa eliminar o desperdício e reduzir a variabilidade na fabricação); e gerenciamento da cadeia de suprimentos (gerenciamento das relações entre clientes, desenvolvedores, instaladores e fabricantes) (SAID & BARTUSIAK, 2017).

Todos os agentes envolvidos na cadeia construtiva devem estar integrados em relação à adoção de sistemas construtivos inovadores. Incorporadores, projetistas, empresa construtora e indústria fornecedora de suprimentos devem trabalhar em conjunto para que o objetivo da industrialização seja atingido.

Os projetistas devem desenvolver seus projetos com base nos padrões de projetos industriais; os fornecedores de matéria-prima devem dispor dos suprimentos indicados nos projetos; as indústrias de pré-moldados devem utilizar os materiais especificados pelos projetistas, e conseguir produzir em larga escala; as empresas de logística devem atuar de forma a fornecer os elementos pré-moldados para as obras de acordo com a sua necessidade e com a capacidade de produção das indústrias; as empresas construtoras devem utilizar processos construtivos altamente mecanizados (LIAN & ZHANG, 2017).

Destaca-se também a atuação dos agentes indiretamente envolvidos no processo, citando-se os institutos de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia e o governo, tendo este um papel muito importante nesse processo, já que o incentivo governamental pode acelerar o processo de industrialização da construção civil (LIAN & ZHANG, 2017).

Ainda destacando a atuação do governo como incentivador no processo de industrialização da construção civil, Girmsscheid e Wong (2012) enumeraram políticas governamentais adotadas em países desenvolvidos com o intuito de estimular a construção e promover a compra de habitações em edifícios industrializados.

O Governo da Suécia formulou a “Lei de Padrões Residenciais”, que viabilizava empréstimos governamentais desde que os prédios fossem construídos de acordo com os padrões de fabricação estabelecidos pela *Building Standards Association*. O Japão estabeleceu políticas de redução de juros para os consumidores que realizassem empréstimos para adquirir imóveis em

edifícios industrializados, construídos de acordo com as exigências da política nacional e especificações técnicas. O Governo dos EUA, através do Ministério da Habitação e Desenvolvimento Urbano, disponibilizou recursos para apoiar a pesquisa e desenvolvimento conduzidos pelo *National Construction Technology Research Center* (GIRMSSCHEID & WONG, 2012).

Apesar de serem reconhecidos como nações desenvolvidas, esses países também enfrentam dificuldades no caminho para implementar a industrialização da construção civil. A China elenca alguns desses desafios: falta de padronização nas etapas de projeto, construção e montagem; ausência de políticas governamentais que diminuam impostos, facilitem empréstimos e subsídios; baixa disponibilidade das empresas construtoras em adotarem a industrialização da construção; incerteza de demanda do mercado; aumento de custo na fase inicial da implementação; pouco incentivo para pesquisa e desenvolvimento no âmbito dos processos industrializados; entre outros (GIRMSSCHEID & WONG, 2012).

No Brasil, a construção civil ainda é moldada pelos métodos construtivos tradicionais. Cardoso, Jaenisch e Aragão (2017) ressaltaram que a base produtiva da indústria da construção civil é artesanal e manufatureira. Entre 2003 e 2011 o setor de construção aumentou seu custo de produção (mão de obra em 85% e materiais em 70%), tendo como um dos principais motivos a baixa produtividade (NASCIMENTO & HATAKEYANA, 2016).

O aquecimento do mercado da construção civil, vivenciado entre os anos de 2007 e 2014, reforçou a necessidade de modernização do setor, através da utilização de inovações tecnológicas. Em 2007, quando foi criado o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), o país se transformou num verdadeiro canteiro de obras, com investimento de 955 bilhões de reais em verbas para infraestrutura (PANNET, 2013).

Em 2009, quando foi anunciado o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), o mercado imobiliário se manteve aquecido, havendo a necessidade da construção de milhares de unidades habitacionais para atender à demanda da população (CARDOSO, JAENISCH, ARAGÃO, 2017).

As condições das políticas públicas habitacionais brasileiras geraram um atrativo voltado para a produção de unidades habitacionais populares em escala (GOMES & LACERDA, 2014). Moura (2015) comenta que com a criação do PMCMV houve a necessidade da adoção de meios que possibilitassem o aumento do volume de produção do setor, uma vez que os recursos humanos estavam deficitários em relação à demanda por serviços. Mais uma vez, então, o emprego de inovações despontou como uma alternativa viável para resolução do problema.

Observa-se que a introdução de inovação tecnológica nos meios de produção apresentou-se como uma solução eficaz em todos os cenários: desde as inovações simples, que buscam a racionalização dos processos, à inovação de produtos para atender novas demandas, e até mesmo com a necessidade de grande volume de produção promovida pela industrialização (CBIC, 2016).

O período de aquecimento do mercado da construção civil brasileiro apresentou desafios que, apesar de serem chamados “novos”, na sua essência são idênticos aos experimentados na década de 1970, decorrentes da necessidade de amenizar o problema do déficit habitacional da população brasileira. Produzir em grande escala, com baixo custo e em curto prazo são desafios os quais as organizações identificaram claramente que não seria possível vencê-los utilizando-se da mesma base tecnológica das últimas décadas (BARROS, 2013).

Apesar de os sistemas inovadores contribuírem com a redução do déficit habitacional brasileiro, através do fornecimento de alternativas às falhas dos sistemas comumente adotados na produção de edifícios, sua introdução ainda encontra empecilhos.

A baixa qualificação dos trabalhadores da construção civil é um dos fatores que dificultam a inserção dos sistemas construtivos inovadores no mercado brasileiro. Além disso, a variabilidade das construções devido às diferentes características dos terrenos, usuários e concepções, o longo período para o retorno do investimento inicial, o grande número de agentes na cadeia produtiva, associado à falta de uma coordenação entre os mesmos e baixa exigência dos clientes, são pontos que afastam a cadeia produtiva da construção civil do Brasil de sistemas inovadores (ORNSTEIN, ONO, OLIVEIRA, 2017).

O uso de muitas soluções inovadoras ainda não é difundido entre as construtoras, pois ainda falta informações sobre os benefícios indiretos, ou seja, falta aos construtores se apropriarem das soluções existentes no mercado com a finalidade de aumentarem a produtividade de suas empresas (CBIC, 2016).

São muitos os benefícios advindos da industrialização: rapidez na execução, menor desperdício, aumento da produtividade, menor geração de entulhos, entre outros. No intuito de se beneficiar dessas vantagens, os sistemas construtivos vêm se aprimorando. Além dos métodos ditos convencionais – estruturas de concreto armado moldadas no local, vedos de alvenaria de blocos de concreto ou de cerâmica e revestimentos de argamassa –, os sistemas de alvenaria estrutural, painéis de concreto moldados no local e *steel frame* têm sido adotados em todas as regiões do Brasil, com maior ou menor intensidade (GOMES & LACERDA, 2014; BARROS, 2013).

Salienta-se ainda que muitos dos sistemas inovadores ainda não atendem ao arcabouço normativo brasileiro da construção civil, embora já sejam adotados com alguma frequência no Brasil e com certa intensidade em países desenvolvidos. Sistemas em tais condições são avaliados pelo SiNAT - Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Produtos Inovadores da Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades, desde 2007 (ORNSTEIN, ONO, OLIVEIRA, 2017).

O subsistema vedação vertical, por outro lado, ainda é visto pelos construtores como um desafio tecnológico na construção de edifícios, uma vez que ainda se observa larga utilização de vedos em alvenaria de blocos de concreto ou de cerâmica e revestimentos de argamassa, os quais possuem baixa produtividade, alta utilização de recursos humanos e materiais e difícil qualificação da mão de obra para os trabalhos, que, por serem ainda muito artesanais, dependem muito da habilidade humana (SILVA & SILVA, 2004; BARROS, 2013).

O subsistema de vedações verticais representa um dos pontos críticos para a implantação de medidas de racionalização, por ser um dos principais subsistemas do edifício, influenciando consideravelmente em seu desempenho final (SILVA & SILVA, 2004).

O uso da alvenaria tradicional, não racionalizada, distancia-se dos conceitos de montagem industrial e precisão dimensional, característicos dos sistemas industrializados inovadores. Por

outro lado, os sistemas de vedações verticais inovadores aumentam a velocidade da obra, eliminam etapas e dificuldades relacionadas ao acabamento e têm maior precisão geométrica. Ainda na fase construtiva, sua utilização pode implementar melhorias em relação às atividades do canteiro, tais como: redução na quantidade de mão de obra, melhorias nas condições de logística interna, economia de espaço de armazenamento de materiais, melhor controle de produção e redução de desperdícios (SILVA & SILVA, 2004; OLIVIERI *et al.*, 2017).

O contexto geral de inserção de inovações tecnológicas no setor da construção civil é o cenário preponderante do presente trabalho. Analisar, através de estudos de caso, os empreendimentos que fazem uso de sistemas industrializados, de modo a identificar as falhas e sucessos do processo de industrialização, é de suma importância para balizar o futuro das inovações. Com foco nas vedações verticais inovadoras, o capítulo seguinte mostra de forma detalhada a importância desse subsistema na edificação e os benefícios da adoção de sistemas de vedações verticais inovadores.

2.6 Vedações verticais inovadoras

A utilização de técnicas inovadoras para execução de vedações verticais busca melhorar a qualidade dos empreendimentos e aumentar a produtividade do setor da construção civil através do maior uso de mecanização, tecnologia e pré-fabricação. Além disso, enfatiza-se os esforços no sentido de aumentar a habilidade dos trabalhadores para melhorar a produtividade, a qualidade e superar a escassez de mão de obra qualificada. Nesse sentido, a velocidade da construção de vedações verticais inovadoras é favorável em comparação com os sistemas convencionais (WAGHMARE & VAISHALI, 2015).

O objetivo da utilização de tecnologias inovadoras na construção civil é aumentar a produtividade nas escalas de projeto, empresa e indústria, reduzindo o tempo de construção e o desperdício, conseqüentemente aumentando a qualidade. As vedações verticais pré-moldadas, por exemplo, em comparação com a construção tradicional, demonstram vantagens significativas, como a melhoria da qualidade, controle, redução do tempo de construção (20%), resíduos de construção (56%), poeira e ruído no local e necessidade de mão-de-obra no local (9,5%) (WAGHMARE & VAISHALI, 2015; JAINLOM, POON & CHIANG, 2009).

Muitos países têm canalizado esforços para que os sistemas inovadores de vedações verticais sejam utilizados na construção civil. Em Hong Kong as autoridades recomendam a utilização de unidades pré-moldadas e reutilizáveis em todos os contratos de habitação pública. Os principais elementos pré-moldados utilizados são fachadas, escadarias, parapeitos e paredes divisórias. Em Hong Kong a pré-fabricação é uma prática comum em projetos de habitação pública desde as duas últimas décadas. Contudo, foi introduzida recentemente no setor privado. Isto se dá principalmente devido ao estabelecimento de esquemas de incentivos fiscais por parte das autoridades (JAINLOM, POON & CHIANG, 2009).

O Departamento de Estado da Habitação e Desenvolvimento Urbano do Quênia compilou uma lista com materiais e tecnologias de vedações verticais apropriados para construção de habitações acessíveis. A lista contempla poucas técnicas construtivas convencionais utilizadas na região, tais como blocos de concreto sólidos, blocos de concreto vazados e blocos de pedra moldados. O maior destaque é dado a tecnologias consideradas inovadoras para a região, tais como blocos de concreto intertravados, paredes de concreto moldadas por formas, painéis de concreto pré-moldados, painéis de poliestireno expandido, painéis de madeira pré-fabricados e fibra vegetal comprimida (HERDA, SANGORI & BOCK, 2017).

A inserção das inovações tecnológicas em vedações verticais no Brasil não é recente. Uma primeira tentativa ocorreu no final da década de 70 e início da década de 80, período marcante do processo de industrialização da construção, quando o Banco Nacional da Habitação (BNH) disponibilizou grande quantidade de recursos financeiros para a construção de conjuntos habitacionais para a população de baixa renda. Naquela ocasião, muitas construtoras que buscavam atuar nesse segmento de mercado optaram por tecnologias inovadoras para incrementar a produtividade e reduzir os custos de produção (SILVA, KATO, SABBATINI, BARROS, 2010).

Segundo Holanda (2003), isso se deu através da construção de grandes conjuntos habitacionais. Nessa época começou-se a utilizar a tecnologia dos pré-moldados, inclusive nas vedações verticais, quando foram introduzidos os sistemas de painéis pré-moldados substituindo as alvenarias de vedação com blocos cerâmicos e de concreto. Nesse período também surgiram no mercado brasileiro as vedações verticais em chapas de gesso acartonado, por ocasião da instalação da primeira fábrica brasileira, a Gypsum Nordeste, no interior de Pernambuco.

Ainda neste período, surgiram vários movimentos de mudanças tecnológicas em relação aos sistemas de vedações, tais como alvenaria estrutural, vedação em blocos de concreto, blocos cerâmicos, blocos sílico-calcários, blocos de concreto celular autoclavado, painéis de concreto, painéis tipo sanduiche de vários materiais, como gesso acartonado, estruturas de madeira com revestimento de argamassa, entre outros. Poucas dessas tecnologias fixaram-se consistentemente no mercado, enquanto a maioria perdeu espaço para os meios tradicionais já consolidados (PULZATTO, 2005).

Mais recente, no ano de 2009, foi lançado o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), em vigor até o momento. A promessa de construir milhões de casas e destiná-las inclusive aos mais necessitados, alimentou as esperanças dos que almejavam melhorias sociais e, ao mesmo tempo, respondeu aos interesses econômicos do país, por fomentar a indústria da construção, geradora de empregos e renda. Durante esse período de crescimento houve aquecimento da indústria da construção civil, propiciando um novo período de adoção de inovações tecnológicas da construção. Novamente um dos principais desafios da indústria da construção civil brasileira é suprir o déficit habitacional existente no país, garantindo a qualidade e desempenho dessas edificações (LOGSDON, 2012).

As empresas construtoras se depararam com o desafio de construir estas unidades habitacionais em tempo reduzido, pois é necessário capital de giro para investir em novos empreendimentos, gerando mais volume. Além do que os processos de produção devem ser controlados, para que a sua margem de lucro não seja consumida por imprevistos de obra. Por fim, é fundamental que o custo de produção seja baixo. É consenso que as tecnologias construtivas tradicionais não atendem a estes requisitos, pois não têm a produtividade necessária e são altamente dependentes de mão-de-obra especializada, cada vez mais escassa devido ao aquecimento do mercado. Sendo assim, muitas construtoras buscaram sistemas construtivos industrializados como solução para sua atuação no mercado (FARIA, 2008; MENDES, 2008; SILVA, KATO, SABBATINI, BARROS, 2010).

São inúmeros os sistemas construtivos desenvolvidos, como o convencional (alvenaria de blocos cerâmicos ou de concreto com revestimento argamassado), alvenaria estrutural, além de sistemas construtivos mais sustentáveis, tais como *light steel frame*, *wood frame*, paredes de

concreto celular autoclavado, placas de concreto pré-fabricadas, placas cimentícias, painéis de vidro, painéis metálicos, painéis de gesso acartonado, painéis de placas cerâmicas, entre outros. Aliados à aplicação de modernas tecnologias, os novos sistemas construtivos seguem o conceito de baixo custo e impacto ambiental nas diversas fases do ciclo de vida da construção, tendendo à redução do tempo e otimizando o uso das matérias-primas (CRUZ, BARBORA, CASTANÕN, 2017; FONTENELLE, 2012).

Apesar de a alvenaria de blocos cerâmicos ou de concreto ainda ser a tecnologia predominante no Brasil, existem vários fatores que impulsionam o desenvolvimento de alternativas para a utilização de técnicas inovadoras, sejam relacionadas ao seu impacto ambiental ou à melhoria de sua produtividade. Do ponto de vista ambiental, a preocupação em rever as técnicas tradicionalmente utilizadas é impulsionada pelo impacto que a extração das matérias primas destinadas ao setor da construção civil vem exercendo sobre o planeta. A utilização de vedações com menor densidade que a alvenaria, por exemplo, proporciona uma redução de massa do subsistema, reduz a demanda por agregados e aglomerantes, além de reduzir a carga sobre a estrutura, otimizando seu dimensionamento (FONTENELLE, 2012).

Para a Caixa Econômica Federal (CEF), principal órgão financiador das habitações de baixa renda, sistema construtivo inovador é aquele que incorpora uma nova concepção e representa uma alternativa à tecnologia convencional e que não seja objeto de norma brasileira prescritiva e não tenha tradição de uso no território nacional. Só é permitida a utilização no programa Minha Casa Minha Vida dos sistemas inovadores cujo desempenho seja comprovado através da NBR 15.575 (ABNT, 2013). Além disso, no caso de a técnica utilizada não ter uma NBR que preconize sua execução, é necessário observar se já a mesma já é coberta pelas diretrizes do SINAT (Sistema Nacional de Avaliações Técnicas). Atualmente já são identificadas pela CEF como inovações tecnológicas para vedações verticais: alvenaria estrutural, paredes em gesso acartonado, paredes de concreto celular moldadas *in loco*, *light steel framing*, painéis sanduíche e alvenaria em bloco de gesso (CEF, 2017).

Para este trabalho foram escolhidos quatro tipos de vedações verticais inovadoras, todas classificadas como inovações pelo SINAT e/ou citadas no Catálogo de Inovações da Construção Civil (CBIC, 2017). A definição dos sistemas inovadores utilizados como estudo de caso foi realizada com base em pesquisas com construtoras nos estados de Alagoas e Pernambuco, em

que identificou-se quais dos sistemas classificados como inovadores estavam sendo utilizados em empreendimentos nesses estados. A partir desta pesquisa identificou-se a utilização dos seguintes sistemas inovadores: paredes de concreto moldadas *in loco*, paredes de gesso acartonado (*drywall*), paredes com painéis sanduíche e alvenaria de bloco de gesso.

Os sistemas de vedações inovadores citados foram objeto de estudo da pesquisa, a teoria relacionada aos mesmos será detalhada nos próximos tópicos, para que haja embasamento teórico necessário na etapa de estudo de caso e discussão de resultados

2.6.1 Parede de concreto moldada *in loco*

Um dos processos construtivos que vêm sendo praticados na construção civil, com intuito de enfrentar o déficit habitacional e promover racionalidade e produtividade, são as paredes de concreto moldadas *in loco*. Souza (2016) indica que, dentre os diversos processos disponíveis no mercado, as vedações de concreto monolítico moldado *in loco* têm sido muito utilizadas nas capitais do Brasil em habitações do Programa Minha Casa Minha Vida.

O sistema de vedações verticais em concreto moldado *in loco* vem sendo empregado para construção de habitações para população de baixa renda, principalmente em países em desenvolvimento. As unidades são de concreto moldado no local, com paredes estruturais que suportam cargas, construídas utilizando formas de painéis de alumínio. No geral essas habitações são sempre construídas em massa, e com o design repetido, que garante o método de construção ser rápido e econômico (PATIL, JADHAV, SHINGATE, 2015).

O acabamento de superfície de concreto produzido com as formas de alumínio permite a obtenção de uma parede de alta qualidade sem a necessidade de revestimento argamassado. Essa técnica vem sendo amplamente utilizada na Malásia, desde a década de 90, no sentido de conter o déficit habitacional do país (PATIL, JADHAV, SHINGATE, 2015).

O concreto utilizado nas paredes em concreto armado moldado *in loco* é composto de areia, cimento, água e aditivos. As formas utilizadas são de alumínio (mais amplamente utilizado), ferro galvanizado ou aço. Durante a fase de construção, o concreto é derramado sobre a

armadura de aço que estão locadas dentro das formas. O caminhão betoneira leva o concreto até a forma e usa uma bomba para despejá-lo (SOUZA *et al.*, 2016).

A execução das paredes de concreto moldadas *in loco* tem início a partir da montagem das formas, onde são concretadas as paredes de concreto e as lajes de piso de forma monolíticas, montando todo o sistema estrutural do pavimento em uma única concretagem. As formas de grandes dimensões para paredes e lajes de piso são erguidas no local. Essas formas são feitas de material forte e resistente, fabricado com precisão e fácil de manusear, além de permitir muita reutilização (cerca de 250). O sistema de formas de alumínio tem sido amplamente utilizado na construção de unidades residenciais e projetos habitacionais em massa. É rápido, simples, adaptável e econômico (KARKE & KUMATHEKAR, 2014).

Para Fonseca (2016), essa tecnologia construtiva vem se aprimorando com o advento de novas tecnologias em relação a formas metálicas e concretos especiais. A utilização da construção com paredes de concreto estrutural ganha espaço no mercado atual devido a sua rapidez no processo construtivo.

As paredes monolíticas de concreto não são consideradas apenas como sistema de vedação. De acordo com Silva (2013), o sistema paredes de concreto possui a dupla função de elemento estrutural e vedação. As paredes são moldadas no local e as instalações hidrossanitárias e elétricas são posicionadas (Figura 2, Figura 3 e Figura 4), conforme projeto, no interior das formas antes da concretagem (Figura 5). O conjunto de formas utilizado permite a produção em larga escala em um curto espaço de tempo, além de diminuir o desperdício e a geração de resíduo.

Figura 2 – Execução da instalação elétrica na parede de concreto



Fonte: Revista equipe de obra (2012)

Figura 3 – Montagem de formas para concretagem



Fonte: Revista equipe de obra (2012)

Figura 4 – Execução do escoramento das formas



Fonte: Revista Equipe de Obra (2012)

Figura 5 – Concretagem de paredes e laje



Fonte: Revista Equipe de Obra (2012)

Como vantagens do sistema, são consideradas: velocidade de execução, industrialização do processo, maior controle de qualidade, redução de etapas, redução dos desperdícios e qualificação da mão de obra. O sistema pode ser utilizado em diferentes tipos de edificações: casas térreas, edifícios baixos, médios e altos (COLETÂNEA DE ATIVOS, 2007).

As paredes de concreto moldadas *in loco* são normatizadas pela NBR 16055 (ABNT, 2012). Essas paredes são conceituadas pela norma da seguinte forma: “elemento estrutural autoportante moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede”. Em relação aos requisitos referentes à qualidade e durabilidade da estrutura da parede, segue-se os mesmos de outras estruturas de concreto armado, portanto, deve-se seguir as recomendações da NBR 6118 (ABNT, 2014).

Em relação ao concreto utilizado nas paredes, sua forma de preparo, análise, recebimento e controle também remete à NBR 6118 (ABNT, 2014). Não há especificação em relação ao tipo de concreto a ser utilizado nas paredes de concreto. A única questão a ser observada diz respeito à resistência do concreto, que deve situar-se entre 20 MPa e 40 MPa, segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) e a NBR 6118 (ABNT, 2014).

Um dos aspectos mais importantes no que diz respeito ao processo de produção dessa tecnologia é a qualidade das formas utilizadas e de seu processo de montagem. As formas devem ser capazes de suportar com segurança, sem distorção ou perigo, o peso do concreto fluido, o peso dos trabalhadores, o peso dos equipamentos e quaisquer cargas ambientais (PAREKH, MARVADI, PATEL, 2015).

Em relação ao ciclo de construção de um pavimento em parede de concreto, pode haver variação na ordem adotada pela construtora. Parekh; Marvadi e Patel, (2015) enumeram em seu trabalho as seguintes etapas de construção: dia 1: armação da parede; dia 2: montagem das formas; dia 3: armação da laje e instalações elétricas; dia 5: instalações elétricas e verificação geral; dia 6: concretagem; dia 7: desmolde das formas verticais; dia 8: desmolde das formas de lajes e vigas.

Patil, Jadhav e Shingate (2015) realizaram pesquisa comparativa entre as tecnologias convencionais utilizadas na Índia e as paredes de concreto moldadas *in loco*. A pesquisa analisou os parâmetros de custo e satisfação dos usuários. Em relação ao custo, análise é feita na moeda local, a Rúpia Indiana (Rs), cotada atualmente em R\$ 0,06. Considerando as etapas de montagem de formas, concretagem e armação para as paredes de concreto, e as etapas de levantamento de alvenaria, revestimento, formas de madeira para os sistemas convencionais, os autores chegaram ao valor de uma economia de Rs. 548,43/m², o que corresponde a aproximadamente R\$ 33,00/m². No que tange à satisfação dos usuários, 70% classificaram as casas com paredes em concreto mais espaçosas, além de classificarem a tecnologia com notas de 7 a 10.

Karke e Kumathekar (2014) realizaram uma pesquisa no intuito de estudar o impacto da utilização dos sistemas de formas de alumínio, em comparação com as formas tradicionais de madeira, na execução das paredes de concreto moldadas *in loco*. Neste trabalho, os

pesquisadores compilaram as principais características do sistema de parede de concreto moldada *in loco* com formas de alumínio. No Quadro 2 é apresentado um resumo das características deste sistema.

Quadro 2 – Características das vedações em concreto moldadas *in loco*

Característica	Comportamento do sistema de parede de concreto moldada <i>in loco</i>
Velocidade de construção	Ciclos de quatro dias por pavimento
Qualidade do acabamento final	Excelente. Não há necessidade de utilização de revestimento.
Planejamento para utilização do sistema	Necessário
Tipo da construção	Concreto moldado <i>in loco</i>
Desperdício de material	Muito pouco
Precisão da construção	Construção precisa
Coordenação entre os diferentes projetos	Essencial
Resistencia a terremotos	Boa resistência
Necessidade de utilização de madeira compensada	Não é necessário
Reutilização do sistema de formas	250 - 300 vezes
Adequação para construções altas	Adequado
Investimento Inicial	Alto
Economia na construção	Econômico para construção de habitações em massa

Fonte: Karke; Kumathekar, 2014 (adaptado)

De acordo com o Instituto Brasileiro de Tela Soldada, em 2007, observando a disseminação desse sistema construtivo em países da América do Sul (Chile e Colômbia), profissionais das entidades da construção civil, tais como ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), ABESC (Associação Brasileira de Serviços de Concretagem) e IBTS (Instituto Brasileiro de Tela Soldada) realizaram visitas nas obras das capitais desses países com o objetivo de se aprofundar no conhecimento do sistema construtivo. A partir disso, constatou-se que a utilização desse método poderia trazer ótimos resultados no ramo das habitações populares do Brasil.

2.6.2 Paredes de painéis de gesso acartonado (*Drywall*)

Os painéis de gesso acartonado, também conhecidos como *Drywall*, são painéis feitos de gesso pressionado entre duas folhas de papel. O *Drywall* substituiu largamente ripas de madeira e gesso, nas construções posteriores à Segunda Guerra Mundial, sendo atualmente a tecnologia

dominante para construção de paredes interiores nos Estados Unidos (SIMMONS, JONES, BOELTER, 2011).

Antes da década de 1940, o gesso já era comum na indústria de construção residencial nos EUA, na execução de revestimentos e detalhes decorativos. O sistema de placas de gesso acartonado para vedações verticais foi desenvolvido na primeira metade do século 20, quando Augustine Sackett patenteou o “*Sackett Board*”, camadas de gesso fino colocadas entre o papel feltro de lã. O *Sackett Board* era frequentemente utilizado como substituto das vedações em madeira e como base para a aplicação de revestimento de gesso. Mas não foi na década de 1940 que o *drywall*, com capas de papel de celulose, foi aperfeiçoado. No boom imobiliário dos EUA, após a Segunda Guerra Mundial, o uso dos painéis de gesso acartonado aumentou muito. Em 1955, 50% dos novos lares estavam sendo construídos com gesso cartonado e em 2000, 97% das novas residências foram construídas com *drywall*. (VESPER *et al.*, 2016; GYPSUM ASSOCIATION, 2018).

Data de 1970 a implantação da primeira fábrica no Brasil para produção de chapas de gesso acartonado, atualmente conhecidas como chapas de gesso para sistemas *drywall*. Porém, pode-se considerar que a década de 1990 foi mais fértil na introdução de inovações tecnológicas e sistemas industrializados, incluindo os sistemas *drywall*, considerando a grande abertura do mercado da construção de edifícios e a busca pela racionalização e industrialização da construção. Foi nos anos de 1990 que os sistemas *drywall* começaram a ser mais difundidos no Brasil, inicialmente com a importação de produtos da Europa e posteriormente com a instalação de fábricas no Brasil, tendo havido uma grande preocupação do setor produtivo em demonstrar o desempenho das vedações em painéis de gesso acartonado. (MITIDIERI, 2009)

A utilização do sistema de construção a seco, com gesso acartonado, no Brasil, evoluiu no decorrer dos anos. No início era pouco utilizado por conta da falta de oferta e mão de obra, porém com a vinda de três grandes fábricas para o Brasil, a oferta tornou-se grande e o país começou a adotar o novo sistema. Apesar de serem identificadas diversas vantagens no uso de vedações verticais internas com o gesso acartonado, ainda há grandes limitações para que o sistema seja implementado de forma absoluta no país. A maior parte delas está relacionada à cultura que o Brasil carrega de utilizar alvenaria em suas construções durante um grande período de tempo (COSTA & NASCIMENTO, 2015).

A partir do ano 2000 houve um grande despendimento de esforços no intuito de normatizar os produtos utilizados na montagem de paredes de painéis de gesso acartonado. No ano de 2001 foi publicada a primeira norma brasileira para chapas de gesso destinadas aos sistemas *drywall* e logo a seguir foi publicada a especificação brasileira para perfis de aço galvanizado destinados aos sistemas *drywall*. O PSQ-*DRYWALL* foi um programa de estruturação tecnológica do setor produtivo, atrelado ao PBQP-H, tendo conquistado avanços significativos quanto à normatização técnica, práticas de controle da qualidade e combate à não conformidade. Atualmente a normatização existente para vedações de gesso acartonado é descrita no Quadro 3. (MITIDIARI, 2009; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE *DRYWALL*, 2009).

Quadro 3 – Normas brasileiras para tecnologia de *drywall*

Especificação	Descrição
ABNT NBR 15758- 1:2009	Sistemas construtivos em chapas de gesso para <i>drywall</i> - Projeto e procedimentos executivos para montagem
ABNT NBR 15758- 2:2009	Sistemas construtivos em chapas de gesso para <i>drywall</i> - Projeto e procedimentos executivos para montagem
ABNT NBR 15758- 3:2009	Sistemas construtivos em chapas de gesso para <i>drywall</i> - Projeto e procedimentos executivos para montagem
ABNT NBR 14715:2001	Chapas de gesso acartonado - Requisitos
ABNT NBR 14716:2001	Chapas de gesso acartonado - Verificação das características geométricas
ABNT NBR 14717:2001	Chapas de gesso acartonado - Determinação das características físicas
ABNT NBR 15217:2009	Perfis de aço para sistemas construtivos em chapas de gesso para " <i>drywall</i> " - Requisitos e métodos de ensaio

Fonte: Autora (2018)

Um dos principais entraves para a disseminação do uso do *drywall* é a cultura de utilização de blocos cerâmicos que existe no Brasil. Comparando as duas tecnologias pode-se destacar alguns pontos de vantagens e desvantagens do *drywall*. Como vantagens se destacam: redução do volume de material transportado vertical e horizontalmente; redução de mão-de-obra e elevada produtividade; menor exigência de mão-de-obra especializada e menos etapas de execução; flexibilidade de *layout*; modelagem maior do que alvenaria cerâmica utilizando-se de menos recursos (tempo, material, mão-de-obra); menor espessura de paredes com ganho de área; mínimo desperdício e retrabalho; redução de peso, tornando a construção mais leve com alívio

às estruturas. Como desvantagens são citadas: sensibilidade do sistema em relação à presença de água; exigência de reforços em pontos de fixação de objetos na parede; dificuldade de encontrar mão de obra especializada para a realização da montagem com a técnica correta. (LAI, 2016).

As etapas de instalação das paredes com painéis de gesso acartonado são resumidas em nove passos descritos abaixo e ilustrados na Figura 6.

- Passo 1 – Fixação das guias, na parede e no teto, seguindo as marcações que foram feitas previamente;
- Passo 2 – Fixação dos montantes, que deve começar das extremidades para o centro, sendo que é a altura da parede que determina o seu tamanho. A distância entre os montantes deve ser de 40 a 60 cm;
- Passo 3 – Fixação das chapas, são posicionadas verticalmente e parafusadas no montante de cima para baixo, respeitando 1 cm de sua borda;
- Passo 4 – Execução da amarração, para os casos em que a altura da chapa utilizada seja menor do que a do pé direito, é necessário empregar outra peça para completar o espaço. Na amarração das chapas, as juntas precisam ficar alternadas;
- Passo 5 – Execução do isolamento, ao fim da amarração coloca-se o preenchimento entre os montantes. Ele pode ser feito com placas de lã mineral ou lã de vidro;
- Passo 6 – Execução das chapas no outro lado para “fechar” a parede;
- Passo 7 – Execução do rejunte é a etapa de passar a massa de rejunte nas emendas das chapas. Pode ser aplicada uma fita microperfurada por cima da primeira demão e, depois, outra demão de massa para esconder a fita. Com a parede já seca, mais uma demão é bem-vinda para um acabamento liso e uniforme;
- Passo 8 – Finalização: Após o secamento do rejunte, a parede deve ser lixada para receber o acabamento desejado.

Figura 6 – Passos para a instalação de parede *Drywall*

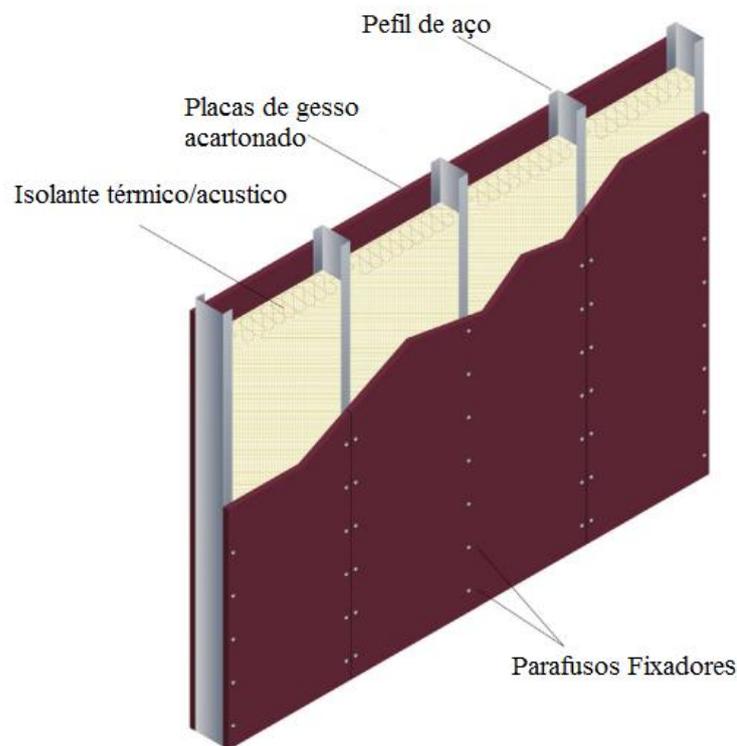


Fonte: Dmaisb (2018)

Construções de *Drywall* oferecem uma ampla gama de características, tais como: grande flexibilidade de design, pré-fabricação, curto tempo de instalação, bom desempenho mecânico e uso de materiais ambientalmente sustentáveis. O sistema de *Drywall* pode ser utilizado em variadas aplicações, tais como pisos, forros e paredes para escritórios industriais de baixa ou média elevação, além de edifícios residenciais (THANASOULAS *et al.*, 2017).

Quando se trata de divisórias, o sistema de paredes compreende uma estrutura de aço formado a frio como componente de suporte de carga, que é forrado com as placas de gesso acartonado. As seções de aço de paredes finas comumente usadas são Z e C, enquanto vários tipos de placas de gesso são aplicáveis. Parafusos auto-perfurantes são usados para conectar os perfis de aço verticais e horizontais, na parte superior e inferior da parede, a fim de formar um sistema estrutural firme. As placas de gesso são fixadas nos pinos com fixadores, tais como pregos, parafusos, etc. As cavidades formadas entre os pinos de aço e as placas de gesso são geralmente preenchidas com materiais de isolamento, como vidro ou lã mineral. (THANASOULAS *et al.*, 2017). Uma representação de um conjunto típico de *drywall* é ilustrada na Figura 7.

Figura 7 – Representação de um conjunto típico de *Drywall*.



Fonte: THANASOULAS *et al.*, (2017)

Em relação ao ciclo de vida dessa tecnologia, sabe-se que o sistema *drywall* se destaca por ser de aplicação rápida e limpa, com produção de pouca quantidade de resíduo na construção e na manutenção. Porém, o uso da matéria-prima gipsita na produção de placas de gesso acartonado, sem inserir nenhum material reciclado na produção, recorre em extração de recursos naturais, contribuindo para o esgotamento deste recurso, e queima de combustível pelas longas distâncias percorridas por transporte rodoviário. Outro ponto crítico do sistema *drywall* seria a importação

de papel cartão e de aditivos. Visto que o papel cartão é produzido com o uso de papel reciclado, caso fosse produzido no Brasil, evitaria não só a queima de combustível, como daria destino à parte dos resíduos de celulose produzidos nacionalmente (CONDEIXA, 2012).

O que torna essa tecnologia atrativa é sua produtividade, que influencia diretamente no custo final da mesma. Numa comparação realizada com alvenaria convencional, Silva (2016) constatou que para se fazer 574 m² de parede convencional, foram necessárias aproximadamente 9.450 horas trabalhadas, enquanto a parede *drywall* necessitou de 304 horas, o que torna o processo economicamente vantajoso.

Considerando os benefícios explanados acerca desta tecnologia, e o aumento constante de sua utilização, considera-se que a mesma é uma alternativa viável no intuito de promover a inserção de inovações tecnológicas no âmbito das vedações verticais na construção civil brasileira.

2.6.3 Paredes de painéis sanduíche

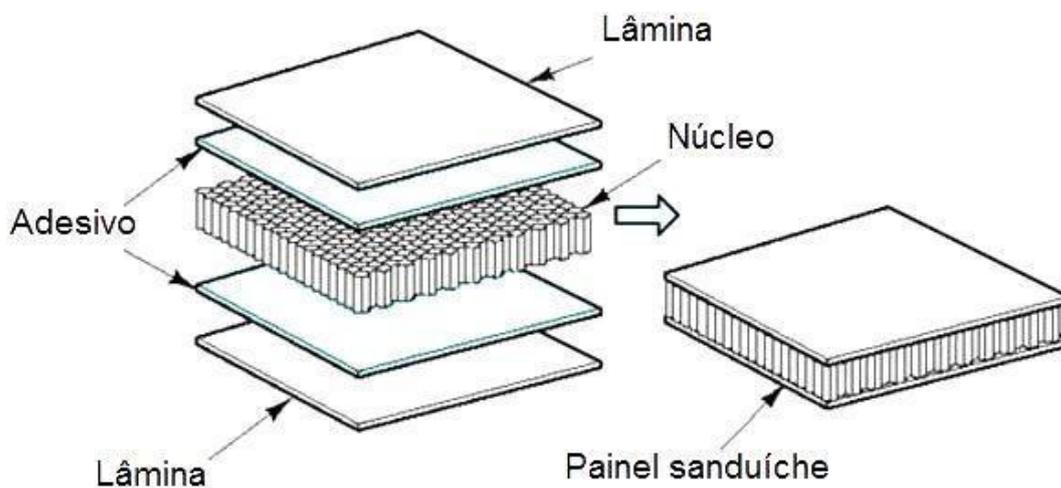
Uma das alternativas para a evolução tecnológica de processos construtivos é a utilização de métodos de pré-fabricação e montagem de painéis. Souza (2008) sugere a utilização dessa tecnologia, alegando que esses sistemas podem ser aplicados nos mais diversos tipos de edificações e visa a eliminação de serviços de alvenaria de elevação, revestimento (chapisco, emboço e reboco) e acabamento de superfície, usualmente realizados em vedações moldadas *in loco*. Dependendo da edificação, o sistema de painéis pode ser projetado como sistema estrutural, ou apenas para vedação. Além disso, pode ser composto por painéis maciços (com uma camada) ou painéis do tipo sanduíche (com duas camadas).

Bertini (2002) conceitua painéis mistos tipo sanduíche como painéis compostos por duas ou mais camadas de materiais diferentes, o que torna o conjunto estruturalmente mais resistente. Sua principal característica é a obtenção de elementos com maior rigidez, obtida com o afastamento das faces resistentes. Além disso, muitas vezes são mais leves, quando as camadas intermediárias são constituídas de materiais como o EPS ou o poliuretano expandido. Usualmente esses elementos também proporcionam bom isolamento térmico e boa durabilidade.

Essa tecnologia já tem grande utilização nas fachadas em países mais avançados, onde requisitos de conforto ambiental são fundamentais. No Brasil, esses painéis não são tão difundidos, tanto pela sua complexidade de produção, quanto pelo custo inerente ao produto (UEHARA, 2009).

Veras (2013) afirma que, apesar da combinação mais comum se basear na utilização de três camadas e dois materiais, há casos mais complexos nos quais são usados dois ou mais materiais de núcleo, ou dois ou mais materiais para as peles. Em casos específicos pode se encontrar painéis sanduíche que combinam estas duas possibilidades, os quais, por um lado, podem pecar pela sua complexidade, mas que por outro podem igualmente ser compensatórios face às propriedades a que os mesmos pretendem dar resposta. O mesmo autor detalha ainda cada parte que compõe a estrutura dos painéis, pele (ou lâmina), núcleo e adesivo (Figura 8), enfatizando os materiais usualmente utilizados.

Figura 8 - Partes que compõem uma estrutura usual de painel sanduíche



Fonte: Fabricação de compósitos (2012)

O elemento de união, o adesivo, é bem importante, uma vez que é o responsável pela interação entre os vários componentes, devendo ser capaz não só de resistir a esforços, mas também ter adequada compatibilidade de ligação com os materiais das peles e núcleo (VERAS, 2013).

Em relação à pele, são essencialmente solicitadas à tração e à compressão, devendo ser utilizados materiais de elevada densidade (comparativamente aos materiais de núcleo) e elevada resistência mecânica. No entanto há também que se prever as agressões externas a que estes

materiais podem estar sujeitos, necessitando de propriedades como a boa resistência ao impacto, à humidade, ao fogo, à corrosão e à erosão. Para estes requisitos, os materiais metálicos, como os aços inoxidáveis e as ligas de alumínio, são geralmente boas opções, o que justifica o seu vasto uso nestas aplicações, o qual é também auxiliado pelos baixos custos. No tocante aos materiais não-metálicos, os derivados de madeira, sob a forma de contraplacados e laminados, igualmente com baixos custos, apresentam-se como boas alternativas aos metais. Verifica-se também a utilização de peles compósitas, resultantes da combinação entre uma matriz resinosa (sendo as mais comuns as de poliéster, de epóxi, de viniléster, e fenólicas) e fibras (sendo as mais comuns as de vidro, o carbono e a aramida) (VERAS, 2013).

No que diz respeito ao núcleo, além de ser responsável pelo suporte dos esforços de corte e de compressão na sua função de manter a distância entre as peles, é também responsável por garantir outras propriedades para o conjunto final, tais como conforto térmico e acústico, além de considerações em relação à densidade (que irá impactar no peso total do conjunto). Tendo em vista estas questões, os materiais mais usados como núcleos em painéis sanduíche são espumas poliméricas, sendo as mais comuns as de policloreto de vinil (PVC), polimetacrilamida (PMI), poliestireno, poliuretano, e as espumas de resina fenólica, tendo estas um bom desempenho estrutural e térmico a baixo custo. Outras opções menos utilizadas são ninho de abelha, madeira de balsa, cortiça, entre outras (VERAS, 2013).

Motta *et al.* (2016) também descrevem os materiais do núcleo, destacando que devem ser bons isolantes térmicos e acústicos, impermeáveis, resistentes ao fogo e ao cisalhamento. Os autores reiteram que a função do núcleo é separar as faces, garantindo alto momento de inércia e resistência às deformações perpendiculares ao plano da face, e ainda proporcionar resistência à compressão compatível aos esforços de utilização do material, evitando o esmagamento do painel.

As principais vantagens dos painéis pré-fabricados são: menor tempo de montagem, menor custo de mão-de-obra, maior controle da qualidade, menor dependência das condições atmosféricas. Em relação às desvantagens, tem-se: locais de armazenamento e fabricação com elevadas áreas, cuidados especiais na fabricação, transporte e montagem, necessidade de bons acessos ao local de montagem e necessidade de produção de elevadas quantidades (COELHO, 2006).

Economicamente, Fernandes (2016) realiza uma análise comparativa, em relação aos custos de utilização de vedação em painéis tipo sanduíche (com núcleo em garrafa pet) em relação à alvenaria estrutural. O autor conclui que o custo desse método inovador é 15% maior que o custo de alvenaria estrutural. Importante salientar que esse custo tem grande variação dependendo dos materiais utilizados nos painéis.

Strabeli (2015) explica que esse tipo de sistema construtivo inovador integra técnicas de construção aberta, o que significa liberdade de projeto para arquitetos e projetistas atenderem às exigências dos clientes, o que reforça a tendência de flexibilizar o espaço interno através da planta livre – sem divisórias internas pré-estabelecidas. Essa é uma solução à demanda do consumidor final pela personalização, já que com paredes divisórias leves, como o gesso acartonado, por exemplo, o produto acaba por se tornar diferenciado.

Para acelerar a difusão dos painéis no mercado deve-se investir em estudos técnicos e normatização dos métodos de dimensionamento, no intuito de transmitir confiança aos projetistas para desenvolverem seus projetos especificando essa inovação tecnológica (GUIMARÃES, 2016).

Salienta-se ainda que as propriedades e a qualidade das paredes compostas por painéis sanduíche são variáveis, dependendo do material e do modo de fabricação desses painéis. Nesse sentido cita-se a importância do SINAT, que através de suas DATecs (Diretrizes para Avaliações Técnicas) impõe parâmetros de avaliação técnica para diferentes tipos de painéis sanduíche utilizados na construção civil brasileira, que ainda não são cobertos pelas normas técnicas vigentes.

A quantidade de DATecs direcionadas aos mais variados tipos de painéis sanduíche indica o aumento da utilização dessa tecnologia como alternativa às vedações tradicionais no Brasil, impulsionada por seus benefícios típicos de sistemas inovadores.

2.6.4 Paredes de alvenaria de bloco de gesso

As vedações verticais em alvenaria de blocos de gesso são uma das inovações tecnológicas utilizadas em divisórias internas na construção civil. São blocos pré-moldados, fabricados por processo de moldagem, apresentando acabamento liso em sua superfície. Além disso, os blocos se encaixam perfeitamente entre si, resultando em uma parede plana e pronta para receber acabamento (ROCHA, 2007).

De acordo com Mancino (2009), países como Irã e Emirados Árabes Unidos, possuem histórico de utilização de blocos de gesso em construções residenciais, além de produzirem os blocos, através de fábricas situadas na região.

Na Europa, a existência de normas que balizam a utilização dos blocos de gesso, indica a frequência da utilização desse produto. Na Espanha, existem as normas UNE (*Una Norma Española*), elaboradas pela Comissão Técnica de Normalização, com foco na normalização dos blocos de gesso (NEVES, 2009). As normas para vedações internas com blocos de gesso em vigor na Europa são:

- UNE EN 12859:2012 – *Gypsum blocks - Definitions, requirements and test methods*;
- UNE EN 12860:2001 – *Gypsum based adhesives for gypsum blocks - Definitions, requirements and test methods*;
- UNE EN 15318:2009 – *Design and application of gypsum blocks*;
- UNE EN 13279 - 1: 200p – *Gypsum binders and gypsum plasters*.

Além disso, existe uma Norma Francesa para execução de vedações em blocos de gesso, denominada de NF P72-202:1994 (DTU 25.31) – "*Ouvrages verticaux de plâtrerie ne nécessitant pas l'application d'un enduit au plâtre - Exécution des cloisons en carreaux de plâtre*".

No Brasil, a utilização dos blocos de gesso em vedações verticais teve início no nordeste do país. Em Pernambuco, os relatos são de edificações com bloco de gesso em 2001. No Ceará, o início da utilização se deu no ano 2000, e em Sergipe em 2007. O fato de as jazidas de gipsita

serem localizadas na região nordeste facilitou o início da utilização dos blocos na região (NEVES, 2009).

Apesar do início da utilização dos blocos de gesso como elemento de alvenaria vertical datar do ano 2000, sua normatização é recente. A primeira norma foi publicada no ano de 2016, indicando que, a princípio, não existiam métodos ou parâmetros normatizados para controle da produção e qualidade dos blocos de gesso ou da execução das alvenarias. As normas técnicas brasileiras publicadas com foco nas alvenarias de bloco de gesso são citadas a seguir:

- NBR 16494:2017 – Bloco de gesso para vedação vertical — Requisitos
- NBR 16495:2016 – Bloco de gesso para vedação vertical - Método de ensaio
- NBR 16574:2017 – Gesso-cola — União de elementos pré-fabricados de gesso — Método de ensaio
- NBR 16575:2017 – Gesso cola - União de elementos de gesso pré-fabricados - Requerimentos
- NBR 16657:2017 – Bloco de gesso — Alvenaria de vedação — Execução, inspeção e controle

Os blocos de gesso são padronizados em relação ao comprimento e largura (666 mm x 500 mm), porém, variam em relação à espessura e à densidade. Essa variação se dá pela presença ou não de dutos internos cilíndricos nos blocos (vazados ou maciços). As variações existentes do mercado são detalhadas no Quadro 4, de acordo com a Norma Diretriz SINAT N° 008 – Vedações verticais internas em alvenaria não estrutural de blocos de gesso.

Quadro 4 – Tipos de bloco de gesso

Tipo	Vazado	Maciço	Maciço
Espessura (mm)	70	70	100
Comprimento (mm)	666	666	666
Largura (mm)	500	500	500
Peso médio do bloco (kg)	19	24	34
Densidade superficial (kg/m³)	57	72	102

Fonte: Norma Diretriz SINAT N° 008 - adaptado

A escolha do bloco vazado ou maciço deve ser influenciada pela utilização. Os vazados produzem paredes mais leves e com melhor isolamento acústico, enquanto os maciços possibilitam a construção de paredes mais altas (ROCHA, 2007).

Além dessas variações, os blocos comercializados possuem diferentes cores, que indicam características específicas daquele tipo de bloco, influenciando diretamente no local de utilização. De acordo com a Norma Diretriz SINAT N° 008 – Vedações verticais internas em alvenaria não estrutural de blocos de gesso, são quatro as diferentes cores e classificações dos blocos (Quadro 5).

Quadro 5 – Tipos de bloco e suas características

Tipo de bloco	Característica
Bloco de gesso Standard (S)	Apresentado na cor branca e utilizado na construção de paredes divisórias internas de áreas secas
Bloco de gesso hidrofugado (HIDRO)	Apresentado na cor azul e utilizado na construção de paredes divisórias internas de áreas molháveis, molhadas e na primeira fiada de áreas secas
Bloco de gesso Reforçado com Fibra de Vidro (GRG)	Apresentado na cor verde e utilizado na construção de paredes divisórias internas de áreas secas que necessitem de maior resistência ao arrancamento ou à flexão, e em áreas de segurança para fuga em caso de incêndios
Bloco de gesso Reforçado com Fibra de Vidro e Hidrofugado (GRGH)	Apresentado na cor rosa e utilizado na construção de paredes divisórias internas de áreas molháveis e molhadas e na primeira fiada de áreas secas que necessitem de maior resistência ao arrancamento ou à flexão, e em áreas de segurança para fuga em caso de incêndios

Fonte: Norma Diretriz SINAT N° 008 – adaptado

A fabricante de blocos de gesso Trevo (2018) indica as melhores práticas para execução de alvenarias de bloco de gesso:

1º passo – Locação das paredes através da linha guia. (Figura 9;

2º passo – Montagem da primeira fiada das paredes, executada com bloco e cola hidrofugante. Esses blocos devem ser fixados com o encaixe fêmea para cima. (

Figura 10);

3º passo – Após a execução da primeira fiada, se inicia a segunda, com bloco standart nas áreas secas, e hidrofugante nas áreas molhadas. O início da segunda fiada e suas posteriores devem ser executados com blocos cortados ao meio, de modo a garantir a amarração com as fiadas anteriores (Figura 11).

Figura 9 – Locação da primeira fiada através de linha guia



Fonte: Sobrinho *et al* (2010)

Figura 10 – Execução da primeira fiada



Fonte: Trevo (2018)

Figura 11 – Execução das fiadas posteriores



Fonte: Trevo (2018)

São destacadas algumas observações em relação ao processo de execução da parede (TREVO, 2018):

- Nos vãos de portas, deve-se tomar o cuidado para não utilizar placas cortadas com dimensão menor que 15 cm no lado onde a porta fecha. Além disso, no caso de aberturas maiores que 90 cm deve haver vergas de concreto na parte superior das portas;
- A ligação das vedações com as lajes (travamento) deve ser realizada com material flexível (mistura de gesso cola, isopor ou poliuretano expandido), espaçados a cada 60 cm. No caso da ligação com as vigas o material flexível deve ser colocado de forma contínua;
- Deve-se utilizar telas de poliéster na ligação entre paredes de gesso e pilares, ou paredes de alvenaria;

- Os rasgos para colocação de tubulações ou eletrodutos devem ser realizados por máquina de corte apropriada para o serviço, evitando impactos.

Em relação às vantagens da utilização da alvenaria de blocos de gesso, destacam-se: economia no tempo de execução, maiores espaços internos, facilidade de mudança de *layout* e instalações, precisão milimétrica de dimensões dos blocos, acabamento liso da superfície, baixo índice de desperdício e conforto ambiental (ROCHA, 2007).

Sobrinho *et al* (2010) explanam, em suas pesquisas, os ganhos em relação a custo e produtividade que são alcançados com a alvenaria em bloco de gesso. De acordo com os autores, com a utilização de alvenarias em blocos de gesso é possível reduzir entre 11,4% e 12,2% os custos com a armadura da superestrutura e entre 32,0% e 35,6% nas fundações. Em relação à produtividade do serviço de paredes acabadas, a alvenaria em bloco de gesso apresenta desempenho 67% superior às alvenarias de blocos cerâmicos. Esse aumento de produtividade se dá pelo menor número de atividade, facilidade de locomoção do material no canteiro e menor tempo das atividades de execução, em comparação aos blocos cerâmicos.

Diante do contexto apresentado, observa-se significativas vantagens técnicas, econômicas e ambientais da utilização desse sistema de vedação vertical inovador, sobretudo na região de realização da pesquisa (Estados de Pernambuco e Alagoas), onde há facilidade no acesso aos blocos de gesso.

3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Este capítulo visa abordar, através de revisão bibliográfica, o conhecimento contido na literatura acerca da ocorrência de manifestações patológicas na construção civil. Inicialmente, serão explanados os conceitos básicos relacionados à ocorrência de manifestações patológicas, bem como a importância da manutenção predial no sentido de evitar e/ou reparar sua ocorrência.

Em seguida, serão abordados dados que demonstram o aumento da ocorrência de manifestações patológicas na construção civil brasileira. Serão também discutidas as manifestações patológicas mais frequentes no âmbito das vedações verticais inovadoras.

3.1 Estudo das manifestações patológicas

A ocorrência de manifestações patológicas em edifícios residenciais é um problema comum para a construção civil em todo o mundo. A ocorrência dessas manifestações impacta diretamente no desempenho e custo da edificação, incorrendo na necessidade de reparos e retrabalho. Além disso, essas ocorrências geram insatisfação por parte dos clientes, já que os mesmos esperam que sejam cumpridas as expectativas geradas ao adquirir o produto final (ROTIMINI *et al.*, 2015; MILION *et al.*, 2016).

As manifestações patológicas ocorrem quando uma edificação apresenta algum problema em sua integridade, comprometendo o desempenho do edifício ou de suas partes, por meio de sinais externos, sintomas, indicando que algo não está correto. Surge então a necessidade de se estudar estes sinais com o objetivo de diagnosticar a manifestação ou problema patológico. Para se efetuar um diagnóstico correto de uma manifestação patológica, faz-se necessário realizar, inicialmente, uma inspeção visual para se fazer uma coleta de dados, identificando todos os sintomas observados (TUTIKIAN & PACHECO, 2013).

Segundo a Norma de Inspeção Predial (IBAPE, 2012), as manifestações patológicas constituem não conformidades que impactam na perda precoce de desempenho dos elementos e sistemas construtivos e redução de sua vida útil projetada. Podem comprometer, portanto: segurança; funcionalidade, operacionalidade, saúde de usuários, conforto térmico, acústico e lumínico,

acessibilidade, durabilidade, vida útil, dentre outros parâmetros de desempenho definidos na ABNT NBR 15575.

Watt (2007) aponta que as ocorrências de manifestações patológicas devem ser estudadas de forma semelhante ao estudo sistemático das doenças, com o objetivo de compreender suas causas, sintomas e tratamento. O autor faz ainda uma analogia com a medicina, em que a pessoa torna-se objeto de exame detalhado e investigação, considerando a idade, a saúde e o estilo de vida. Uma abordagem semelhante é realizada no estudo das patologias dos edifícios, estando essa metodologia relacionada à engenharia forense.

Uma etapa essencial do estudo de uma manifestação patológica é o seu diagnóstico. Nesta etapa investiga-se os sintomas, mecanismos, causas e origens da manifestação patológica (TUTIKIAN & PACHECO, 2013).

Os sintomas são as manifestações patológicas propriamente ditas, isto é, as formas características que o problema apresenta visualmente, ocasionando a percepção por parte dos usuários, e a partir dos quais é possível se deduzir a causa, origem e mecanismo do fenômeno envolvido. A origem é a identificação de qual etapa da construção em que houve a falha que resultou na ocorrência da manifestação patológica: planejamento, projeto, fabricação de materiais, execução, uso e/ou manutenção. As causas são os agentes diretamente ligados à ocorrência da manifestação patológica, isto é, o fator que desencadeou o início do mecanismo da manifestação. Finalmente, o mecanismo é o processo que ocorre unindo a origem e a causa que ocasiona a manifestação patológica que é vista pelo usuário (TUTIKIAN & PACHECO, 2013).

Desta forma, o estudo das patologias das edificações é a abordagem holística para a compreensão da ocorrência de defeitos nas edificações. Tal abordagem requer um conhecimento de como os edifícios foram projetados, construídos, usados e alterados, e os vários mecanismos pelos quais se relacionam seus materiais e as condições ambientais. É uma abordagem interdisciplinar e requer um reconhecimento mais amplo das formas em que os edifícios e seus usuários interagem entre si (WATT, 2017).

O estudo das patologias existentes numa edificação tem o objetivo final de estabelecer os mecanismos que originaram o aparecimento das manifestações patológicas na edificação, ou seja, diagnosticar o problema. Após diagnosticar o problema é possível elaborar um prognóstico, explicando as consequências que surgirão caso não sejam efetuadas as medidas corretivas para a eliminação do problema, assim como também se faz necessário indicar quais são estas medidas corretivas, contemplando a etapa da terapia a ser executada (TUTIKIAN & PACHECO, 2013).

O presente trabalho utiliza, na etapa de estudo de caso, os conceitos apresentados para a melhor compreensão das manifestações patológicas encontradas, de modo que a caracterização dos empreendimentos estudados visa colher o maior número de informações possível, tornando a abordagem das manifestações holística e interdisciplinar. Além disso, a caracterização das manifestações patológicas utiliza como base os conceitos de sintoma, origem, causa e mecanismo já explanados.

Outro importante conceito no sentido de subsidiar a caracterização das manifestações patológicas, são as atividades de manutenção predial. A manutenção predial é imprescindível no sentido de evitar e/ou reparar a ocorrência das manifestações patológicas, estendendo a vida útil da edificação. Além disso, quando realizada sem os devidos critérios, pode vir ela a ser a causa desencadeadora de um mecanismo de manifestação patológica.

De acordo com a NBR 5674 (ABNT, 2012), manutenção predial é o conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes para atender as necessidades e segurança de seus usuários.

A ausência de políticas adequadas de manutenção de edifícios pode ocasionar degradação e envelhecimento precoce de seus elementos, além da ocorrência de manifestações patológicas. A manutenção abrange todos os aspectos técnicos e ações administrativas, incluindo supervisão, que são necessários para restabelecer um elemento para uma condição em que atende requisitos de desempenho (MADUREIRA *et al.*, 2017).

São duas as prioridades básicas para as ações de manutenção: a necessidade de evitar a ocorrência de manifestações patológicas (manutenção preventiva) ou, alternativamente, avaliar

as manifestações patológicas já existentes a fim de se obter um diagnóstico correto e recuperá-la (manutenção corretiva). Além destas, há ainda a manutenção preditiva, que acompanha através de instrumentação o desempenho dos sistemas da edificação; constituindo então a engenharia de manutenção, que é a forma mais eficiente de garantir o desempenho e vida útil, diminuindo a possibilidade de falhas (TUTIKIAN & PACHECO, 2013; SILVA *et al.*, 2017).

A manutenção ganhou importância crescente ao longo das últimas décadas, principalmente como resultado da crescente sofisticação de instalações prediais. Durante a vida útil do edifício, os custos podem ocorrer em três etapas: projeto, construção, uso e manutenção. Embora os custos de projeto e construção estejam sujeitos a grande preocupação, a grande maioria dos custos provêm das atividades de uso e manutenção. Alguns fatores influenciam no custo final da manutenção de um edifício: expectativas dos inquilinos, materiais de construção, serviços de construção, idade de construção e possibilidade de equipe de manutenção trabalhar no momento certo (MADUREIRA *et al.*, 2017; CARRETERO-AYUSO, 2018).

Estudos realizados em diversos países, para diferentes tipos de edificações, demonstram que os custos anuais envolvidos na operação e manutenção das edificações em uso variam entre 1% e 2% do seu custo inicial. Este valor pode parecer pequeno, porém, acumulado ao longo da vida útil das edificações, chega a ser equivalente ou até superior ao seu custo de construção (ABNT, 2012).

Fator muito importante para propiciar a manutenção adequada dos sistemas construtivos da edificação é considerar a manutenção ainda na etapa de projeto. É frequente a ocorrência de edificações que exigem reparo e manutenção constante, o que se traduz em alto custo e insatisfação do usuário (WAZIRI, 2016).

Além disso, alguns projetistas desconsideram o aspecto da manutenção na etapa de projeto, principalmente quando utilizam sistemas construtivos ou materiais de construção inovadores, não deixando claro a manutenção que esse sistema deve receber ou não propiciando condições para realização das ações de manutenção. Portanto, é imperativo considerar a manutenção em ambas as fases de concepção e construção, incorporando variáveis de manutenção, a fim de reduzir esforço de manutenção durante a ocupação (WAZIRI, 2016).

Diante da importância da manutenção para as edificações, torna-se então imprescindível que todas as edificações tenham um sistema de manutenção bem definido. Para tal, é responsabilidade dos construtores e incorporadores a elaboração do Manual de Uso, Operação e Manutenção das Edificação, conforme preconiza a NBR 14037 – Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações — Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos (ABNT, 2011). Por outro lado, há também a responsabilidade dos gestores das edificações, que devem seguir o que recomenda o Manual e a NBR 5674 – Manutenção de Edificações – Procedimento (ABNT, 2012), norma que detalha as etapas que fazem parte do procedimento de manutenção de uma edificação.

De uma forma geral, o estudo dos conceitos relacionados à ocorrência das manifestações patológicas, para que bem empregados, devem abordar também informações que retratem a realidade dessas ocorrências. Neste sentido, buscou-se na bibliografia pesquisas realizadas no Brasil, que têm como tema a ocorrência de manifestações patológicas em edificações, no sentido de entender a realidade do país no que tange à vida útil de suas edificações.

3.2 Manifestações patológicas em edificações brasileiras

Nos últimos anos, tem se observado um aumento nos registros de ocorrências de manifestações patológicas nas edificações brasileiras. Um dos fatos que contribuiu para isso foi a promulgação do Código de Defesa do Consumidor (CDC), Lei nº 8078 de 1990, que introduziu diversos direitos e garantias aos consumidores. Estes direitos foram ampliados ainda mais com o novo Código Civil, vigente desde janeiro de 2003, e reforçados com o surgimento do Órgão de Proteção e Defesa do Consumidor (PROCON). O consumidor tornou-se mais esclarecido e conhecedor de seus direitos e passou a ser mais exigente com relação à qualidade do produto e dos serviços (VAZQUEZ e SANTOS, 2010).

Essas mudanças também se refletiram no âmbito das edificações, onde as queixas sobre defeitos nos imóveis após as entregas das chaves já representam 10% das ocorrências registradas na Associação Nacional dos Mutuários (ANM). Apesar de a maioria das reclamações serem relacionadas a atrasos na entrega dos imóveis, as queixas sobre defeitos são cada vez mais constantes (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS MUTUÁRIOS, 2018).

No âmbito dos programas habitacionais, a preocupação quantitativa incentiva a produção de conjuntos habitacionais com soluções urbanísticas, arquitetônicas e construtivas repetitivas em larga escala, que muitas vezes não levam em consideração as especificidades da região onde estão inseridos. Além disso, visando a lucratividade final e diante do baixo nível de exigência dos usuários, muitos construtores negligenciam aspectos importantes nas fases de planejamento, projeto, execução e manutenção, deixando o cenário propício para o aparecimento de manifestações patológicas (CARRARO & DIAS, 2014).

São frequentes as queixas dos usuários do maior programa habitacional da atualidade, o Minha Casa Minha Vida, que a acusam a ocorrência de vícios construtivos e testemunham a baixa qualidade das unidades entregues. Para responder às demandas dos moradores, o Ministério da Transparência e Controladoria-Geral da União (CGU), do Governo Federal, divulgou o resultado de um relatório que avaliou as unidades habitacionais do programa.

O relatório registrou que 48,9% dos imóveis da Faixa 1 do MCMV, que contempla famílias com renda mensal de até R\$ 1.800, apresentavam manifestações patológicas nas edificações, ou incompatibilidade em relação ao projeto. De um total de 688 empreendimentos (189.763 unidades habitacionais), distribuídos em 110 municípios de 20 estados em todo o país, foram identificadas falhas de execução em 336 projetos, que concentram quase 93.000 unidades. Os principais problemas são trincas e fissuras (30,8%), infiltrações (29%), vazamentos (17,6%) e cobertura (12,3%). O estudo detectou que um mesmo imóvel pode ter apresentado mais de uma manifestação patológica (CONSTRUÇÃO MERCADO, 2017).

Diante deste cenário, alguns trabalhos acadêmicos têm sido desenvolvidos com a finalidade de estudar essas manifestações patológicas e propor técnicas de reparo e para evitar sua ocorrência. A maioria desses estudos aborda sistemas construtivos tradicionais.

Carraro e Dias (2014) realizaram estudo de caso num conjunto habitacional no município de Uberlândia. O conjunto possui 500 unidades habitacionais e o estudo contemplou uma das etapas do conjunto, composta por 100 habitações. Os pesquisadores identificaram manifestações patológicas em todas as unidades habitacionais visitadas. As principais manifestações patológicas identificadas foram fissuras (43%); em seguida, com 22% de

ocorrência, o descolamento de revestimento; depois, com 20%, estão as irregularidades do acabamento; por fim, a umidade, com 15%.

Estudo realizado em Porto Alegre, por Silveira Neto (2005), analisou uma população de 509 unidades habitacionais, distribuídas em 5 conjuntos habitacionais. A amostra abrangeu 87 unidades. A pesquisa constatou a presença de 1.230 manifestações patológicas, distribuídas nas 87 unidades habitacionais estudadas. O elemento construtivo que mais apresentou manifestações patológicas foram as paredes, com 32,76% das ocorrências, seguidas pelas aberturas (portas e janelas), com 24,47%. Na sequência, pisos, revestimento, pintura, estrutura de concreto e instalações, todos numa faixa de 5% a 10%, enquanto fundações e coberturas não chegaram a atingir 5% das ocorrências.

Ainda em Porto Alegre, Alexandre (2008) realizou pesquisa com objetivo de analisar as manifestações patológicas incidentes em empreendimentos habitacionais de interesse social, construídos utilizando alvenaria estrutural. O estudo constatou que a principal manifestação patológica nos empreendimentos foi a fissuração. O autor identificou 16 causas diferentes que ocasionaram o aparecimento de fissuras de diferentes formas e em diferentes áreas das edificações. Através da técnica *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), classificou a prioridade das causas de fissuração, entre as quais: junta deslizante não-conforme, amarração inadequada das paredes, preenchimento irregular da junta, ausência de pontos de graute e rasgo das paredes para passagem de tubulações.

A equipe do Agrupamento de Componentes e Sistemas Construtivos (ACSC), Divisão de Engenharia Civil (DEC), do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), em suas vistorias em conjuntos habitacionais, encontrou diversas manifestações patológicas, tanto em empreendimentos executados com sistemas construtivos inovadores como nos ditos convencionais. Foram realizadas vistorias nos anos de 2001, 2002 e 2003 em 10 conjuntos habitacionais, cujos edifícios tem entre quatro e cinco pavimentos, já entregues à população. Foi considerado o seguinte critério de amostragem: verificação das escadarias, telhados, fachadas e elementos das áreas comuns em pelo menos dois edifícios; vistoria de 1% (um por cento) do total de apartamentos, com o mínimo de 3 e máximo de 5 unidades. O estudo identificou os seguintes percentuais para as origens das manifestações patológicas: 50% de execução, 35% de projeto, 13% de materiais e 2% de uso e manutenção (FIESS *et al.*, 2004).

O Núcleo de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (NAUrb) da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas realizou levantamento das manifestações patológicas de condomínios de interesse social do PAR (Programa de Arrendamento Residencial), construídos nos anos de 2005 e 2006. A população constitui-se de oito blocos de quatro pavimentos cada um, totalizando 124 unidades. O sistema construtivo das unidades habitacionais é alvenaria estrutural blocos cerâmicos. O tipo de patologia que apresentou maior incidência nas habitações foi a irregularidade do acabamento (37%); a segunda maior ocorrência foram as trincas (30%); a terceira, o descolamento de revestimento (29%) (AZEVEDO *et al.*, 2008).

No intuito de identificar a ocorrência dessas manifestações patológicas e repará-las, a Caixa Econômica Federal criou o programa De Olho na Qualidade. Por meio deste programa o usuário pode registrar reclamações sobre as condições físicas do seu imóvel e exigir providências dos construtores. As reclamações recebidas são encaminhadas diretamente aos construtores, que devem emitir um laudo de contestação ou resolver o problema no menor tempo possível. Caso fiquem constatados vícios construtivos, a construtora fica impedida de realizar novas operações de crédito até que o problema que deu origem ao apontamento seja solucionado (CEF, 2018).

Diante do grande número de ocorrências de manifestações patológicas e reclamações por parte dos usuários, o Ministério das Cidades publicou em 2016 as portarias 160 e 539, que alteraram normas de construção do programa Minha Casa Minha Vida. Dentre as alterações estão a exigência de execução de laje para habitações com mais de 70 m², adequação às conformidades da NBR 15575, geminação admissível em apenas uma das laterais da habitação, entre outras mudanças. Diante do pleito dos construtores, o Ministério das Cidades estendeu o prazo de adequação até dezembro de 2018.

É notável que os temas relacionados a manifestações patológicas na construção civil são de grande interesse por parte da comunidade científica. Entretanto, a maioria dos estudos realizados ainda focam em tecnologias tradicionais, face à superioridade de sua utilização em detrimento das técnicas inovadoras.

Porém, com a inserção das técnicas inovadoras no mercado das habitações, surge também a necessidade de avaliação do desempenho de tais habitações. Com esse intuito buscou-se também na literatura identificar quais as principais manifestações patológicas incidentes nos sistemas inovadores de vedações verticais.

3.3 Manifestações patológicas em vedações verticais inovadoras

Para embasar teoricamente o estudo de caso realizado na presente pesquisa, foi realizada uma pesquisa na literatura científica no sentido de identificar quais manifestações patológicas já foram identificadas pelos pesquisadores, se tratando da ocorrência nas vedações verticais abordadas nesta pesquisa. As pesquisas encontradas, bem como um resumo de suas conclusões, são explanadas nos tópicos que se seguem.

3.3.1 Manifestações patológicas em paredes de concreto moldadas *in loco*

As paredes de concreto moldadas *in loco* têm sido foco de alguns trabalhos acadêmicos, de modo que, além dos benefícios da utilização desse sistema, também são elencadas as possíveis manifestações patológicas que podem ocorrer nas vedações.

Abdul-Rahman *et al.* (2014) realizaram uma pesquisa utilizando a metodologia de avaliação de pós-ocupação. Os autores identificaram que muitos usuários apontaram as fissuras em paredes de concreto internas e externas como uma manifestação patológica recorrente em suas habitações. O autor destacou também que muitas dessas fissuras ocorriam no encontro entre as paredes. Além dessas, os usuários também indicaram manifestações patológicas ligadas à presença de umidade nas paredes, causando manchas, mofo e bolor.

Miotto (2014) realizou um estudo de caso em uma obra localizada em Curitiba. A obra estava em fase final de construção e já apresentava manifestações patológicas. Através das inspeções realizadas, o autor identificou a ocorrência de fissuras nos cantos das aberturas de portas e janelas, assim como no meio das paredes de concreto.

Vieira (2014) focou suas pesquisas na influência das aberturas de portas e janelas em paredes de concreto. O autor identificou que mesmo colocando a armadura de reforço nas regiões indicadas por norma, fissuras surgem nos cantos das aberturas e das paredes.

Algumas áreas das paredes de concreto têm a tendência de acumular tensões, o que favorece o processo de fissuração. A NBR 16055 (ABNT, 2012) se antecipa nesse sentido e, tendo conhecimento dessas áreas, indica reforço nas mesmas. As fissuras em aberturas de vãos de portas e janelas são propensas a surgir nas edificações com paredes de concreto. Assim, a NBR 16055 (ABNT 2012) normatiza a utilização de armadura de reforço ao redor das aberturas, no intuito de evitar essas manifestações patológicas. No encontro perpendicular entre duas paredes também há acúmulo de tensões, região onde a norma também exige reforço da armação nesta região.

Outro tipo de fissura com alta probabilidade de ocorrência nas paredes de concreto são as fissuras por retração no processo de secagem. Segundo Nemer (2016), a concretagem de grandes áreas de concreto, que secam em contato com o meio externo, aumenta a chance de ocorrência de retração hidráulica e futuras fissuras por secagem. Neste caso os cuidados com a cura são imprescindíveis para evitar essa manifestação patológica.

Quando há ligação entre paredes de concreto com outros materiais, também há possibilidade de fissuras. Essas fissuras, localizadas na interface de ligação dos dois materiais, ocorrem pelos diferentes módulos de elasticidade dos materiais, que se deformam de forma diferente (CAPORINO, 2018).

Fissuras de maior dimensão e espessura podem ocorrer quando há interrupções na concretagem de uma parede. As chamadas fissuras nas juntas de concretagem ocorrem quando se passa muito tempo entre dois ciclos de concretagem, e não são tomadas as precauções necessárias para garantir a aderência entre o concreto novo e o antigo (MORAIS, 2017).

Erdem e Peraza (2015) realizaram estudo de caso em edificação com paredes de concreto para analisar a não colocação correta de armaduras e existência de falhas de concretagem. Os autores fizeram análise visual e utilizaram radar de penetração no solo para identificar as anomalias.

Foi constatada a ocorrência de falhas de concretagem nas paredes, denominadas por eles de bicheiras.

No caso das manifestações patológicas ocasionadas pela presença de umidade, geralmente ocorrem pela exposição das paredes de concreto sem a devida impermeabilização aos ambientes úmidos. Isto é, a causa da manifestação patológica geralmente não está atrelada a características do sistema parede de concreto, e sim ao ambiente ou tratamento ao qual o sistema é submetido.

Paredes em áreas externas, paredes com vazamento de tubulações, falha na vedação das esquadrias, são algumas das causas que podem submeter as paredes a ambientes úmidos e causar manifestações patológicas. Nesses casos, a manifestação patológica poderia ocorrer sendo ou não uma parede de concreto.

A desagregação do revestimento em paredes de concreto é uma manifestação patológica com indícios de ocorrência. Como as paredes são concretadas com a presença de desmoldantes na forma, caso não haja limpeza total da superfície após a concretagem, os restos do óleo podem dificultar a ancoragem do revestimento (CARASEK & CASCUDO, 2014).

3.3.2 Manifestações patológicas em vedações verticais em gesso acartonado (*Drywall*)

Nos Estados Unidos, onde ocorre uma ampla utilização de vedações verticais em painéis de gesso acartonado, a organização *Drywall Finishing Council* (2012) publicou um guia com as soluções para as manifestações patológicas mais comuns nesse tipo de vedação.

Entre as manifestações patológicas citadas estavam: fissuras no encontro entre placas perpendiculares, fissuras nas juntas verticais ou horizontais entre as placas, fissuras ao redor de aberturas de portas e janelas em manchas de umidade nas placas. No caso das fissuras nas juntas, o guia indica a forma correta de se reparar, com utilização de fita e massa específica. Para as manchas de umidade, salienta-se que as placas de gesso acartonado utilizadas em áreas de contato com umidade devem ter características específicas de impermeabilização.

A Associação Brasileira do *Drywall* (2018) implementou um Programa Setorial da Qualidade para avaliar a conformidade dos componentes envolvidos em sistemas construtivos em chapas

de gesso para *drywall* para garantir que estes componentes, quando inseridos no sistema, apresentem desempenho satisfatório. O texto de referência do programa, revisado em 2018, indica as principais manifestações patológicas que podem ocorrer nas vedações verticais com placas de gesso acartonado. As manifestações patológicas citadas são:

- Deformação da chapa que impossibilitem de montagem;
- Baixa resistência mecânica das chapas ou do perfil de aço;
- Deformação dos montantes na montagem e durante a vida útil;
- Corrosão dos montantes ao longo do tempo;
- Folgas nos montantes que comprometem a montagem;
- Falhas nas juntas causadas pela má qualidade das fitas;
- Destacamentos das juntas;
- Falhas na capacidade de sustentação vertical;
- Perda do isolamento acústico;
- Não preenchimento completo do vão entre os montantes.

Mitidieri (2012) cita em suas pesquisas a probabilidade de ocorrência de fissuras nas ligações das placas de gesso acartonado com elementos estruturais (vigas, lajes e pilares) ou paredes de outros materiais, na edificação.

Gaião, Brito e Silvestre (2011) propuseram estudo de caso onde identificaram as principais manifestações patológicas que ocorreram em paredes de gesso acartonado (*Drywall*). As fissuras foram uma das manifestações encontradas nas placas de gesso. Além de fissuras, foram identificadas também as falhas nas juntas entre as placas, caracterizadas pelo destacamento da fita das juntas, geralmente ocasionado por erros na etapa de montagem dos painéis. Os pesquisadores também citam a ocorrência de falta de prumo nas vedações com placas de gesso acartonado.

Barros (2014) realizou estudo de caso num empreendimento de habitação popular em Lages – SC. O trabalho indicou a ocorrência de fissuras em paredes de gesso acartonado. As fissuras se localizaram majoritariamente nas junções entre as placas e próximas às aberturas de portas.

Silva (2000) identificou em sua pesquisa a falta de preenchimento de massa nos parafusos das juntas, além do aparecimento de bolhas nas juntas entre placas, ocasionado pelo excesso de massa. A falta de prumo também foi citada pelo autor, que teria como causa falhas na etapa de execução dos montantes. A pesquisa realizava vistorias acompanhando cada etapa da montagem das paredes de *Drywall*, possibilitando a identificação da falha no prumo do montante antes da colocação da chapa.

3.3.3 Manifestações patológicas em vedações verticais em painéis sanduíche

Nas vedações verticais em painéis sanduíche, as manifestações patológicas encontradas variam de acordo com os materiais que compõem os painéis. Cada vedação tem características particulares de montagem e desempenho, dependendo do tipo de painel utilizado. De uma forma geral, os trabalhos encontrados analisam especificamente os painéis sanduíches utilizados nas vedações, não necessariamente a vedação em utilização.

Katchadjia *et al.* (2017) realizaram pesquisa para caracterizar as falhas em painéis sanduíche fabricados com núcleo em espuma de metal, uma mistura de alumínio com ar. Foram utilizadas técnicas de transmissão ultrassônica para detectar as falhas no interior dos painéis, que apresentaram regiões com alta dispersão, além de regiões porosas localizadas no centro.

Yuan *et al.* (2016) selecionaram, para sua pesquisa, apenas painéis sanduíches que já apresentavam falhas na fabricação, no intuito de analisar o comportamento mecânico dos mesmos. As análises foram feitas experimentalmente, através de ensaios de compressão, e numericamente. Os painéis que apresentavam falhas de fabricação tiveram o desempenho de resistência a compressão afetado negativamente.

A pesquisa de Soliman e Kapania (2014) também selecionou os painéis sanduíche com defeitos de fábrica, a fim de analisar seus desempenhos a solicitações de encurvamento e compressão. O núcleo dos painéis era do tipo “favo-de-mel”, composto por alumínio. Além dos ensaios, a pesquisa utilizou elementos finitos, através do software ABACUS, para realização das análises. Concluiu-se que os defeitos dos painéis diminuiriam a capacidade mecânica dos mesmos.

O trabalho de Ai *et al.* (2013) investigou as falhas de aderência entre a pele e o núcleo de painéis sanduíche. Os painéis analisados tinham núcleo de alumínio, do tipo “favo de mel”. As análises foram realizadas também através da utilização de elementos finitos, com o software ABACUS. As falhas de aderência entre o núcleo e a pele diminuíram a resistência mecânica dos painéis.

Leya, Butera e Godínez (2012), analisaram painéis sanduíche com núcleo do tipo “favo-de-mel”, compostos por carbono e epóxi. A análise era focada no núcleo dos painéis, e foi realizada através de *Line Scanning Thermography* (LDT), uma técnica de termografia dinâmica patenteada pela NASA. Identificou-se danos nas áreas centrais dos painéis.

Portela (2011) analisou em seu trabalho painéis sanduíche estruturais, fabricados com meta-aramida e revestidos por epóxi. A análise foi realizada através de imagens de ressonância magnética nuclear. As imagens identificaram a presença de delaminações, inclusões, vazios, porosidade, desalinhamento, flambagem e fibras quebradas nas placas.

Em geral, as manifestações patológicas são características dos painéis em si, seus materiais ou a forma como os mesmos são fabricados. As falhas dos painéis são transferidas para a vedação. Os trabalhos pesquisados mostram que a qualidade inferior das placas influencia na resistência mecânica das mesmas, e conseqüentemente das vedações.

3.3.4 Manifestações patológicas em vedações verticais em alvenaria de bloco de gesso

Nas pesquisas realizadas em vedações verticais de alvenaria de bloco de gesso, percebe-se que o foco ainda está nos benefícios e na técnica de execução desse tipo de vedação, de modo que poucas pesquisas abordam a ocorrência de manifestações patológicas nessas vedações. Os trabalhos encontrados abordando as manifestações patológicas indicaram a predisposição ao aparecimento de fissuras em algumas regiões das vedações.

As aberturas de portas e janelas são regiões de acumulação de tensões nas paredes de bloco de gesso, sendo propícias para o aparecimento de fissuras. Silva e Peres (2016) indicam que a instalação das portas e janelas, em algumas situações, devem conter vergas e contravergas, no intuito de evitar essas fissuras.

Os mesmos autores citam também a ocorrência de fissuras na ligação entre as paredes de gesso e elementos como pilares ou alvenarias de blocos cerâmicos, onde surgem as quinas propícias à fissuração. Neste caso, os diferentes módulos de deformação dos materiais ocasionam a movimentação diferencial entre eles, e posterior fissuração.

Coimbra e Oliveira (2017) citam em seu trabalho a ocorrência de fissuras nas alvenarias de bloco de gesso por falhas na etapa de encunhamento. Os autores salientam a necessidade de se fazer um fechamento entre a alvenaria de vedação e a estrutura com, no mínimo, 14 dias após o término da parede, pois esses pontos são passíveis de fissuras, onde a estrutura de concreto pode transmitir esforços para a alvenaria,

Silva (2016) relata em seu trabalho a ocorrência de fissuras nas alvenarias de bloco de gesso. A pesquisadora aponta as regiões de aberturas de portas e janelas como zona frágil. Indica ainda que fissuras e segregações podem surgir se o projeto da alvenaria não for bem executado.

Após toda a fundamentação teórica do presente trabalho explanada, evolui-se para a etapa de metodologia, onde serão esclarecidas, com detalhes, as etapas percorridas na realização da pesquisa.

4 METODOLOGIA

Este capítulo detalha a metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho. Num primeiro momento são explanados os conceitos teóricos, com base na literatura científica, que respaldam a elaboração da pesquisa. Com base nos conceitos teóricos é possível nortear as etapas práticas, que, quando seguidas de forma sistemática, culminam no resultado da pesquisa.

4.1 Delineamento teórico

A pesquisa realizada nesse trabalho é classificada como descritiva. As pesquisas deste tipo têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno e/ou o estabelecimento de relações entre variáveis (GIL, 2008). No trabalho em questão são descritas as características das manifestações patológicas que ocorrem nas vedações verticais inovadoras, relacionando-as com suas causas e origens.

Uma das características das pesquisas descritivas é a não-intervenção do pesquisador. O fenômeno é observado, registrado, analisado, classificado e interpretado na forma em que se apresenta na realidade, sem qualquer intervenção (LAKATOS; MARCONI, 2007).

O delineamento da pesquisa realizada seguiu as características de estudo de caso. O estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado. Seu foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real (GIL 2008, YIN 2001).

No caso do presente estudo, são utilizadas as seguintes fontes de evidência: documentação, registros em arquivos, entrevistas e observação direta.

O estudo de caso pode ser elaborado com base em um único caso ou pode utilizar múltiplos casos, respeitando as particularidades envolvidas em cada um. O caso único é indicado em situações em que o caso é extraordinário ou mesmo único e completo. No tipo de múltiplos casos, é possível maior abrangência do estudo, comparação entre os casos e a replicação (YIN, 2001).

Mesmo se baseando no estudo de múltiplos casos, uma preocupação muito comum em relação aos estudos de caso é que eles fornecem pouca base para se fazer uma generalização científica. (YIN, 2001) No entanto, os propósitos do estudo de caso não são os de proporcionar o conhecimento preciso das características de uma população a partir de procedimentos estatísticos, mas sim o de expandir ou generalizar proposições teóricas (GIL, 2008).

As análises realizadas a partir dos resultados de uma pesquisa podem ser de caráter quantitativo ou qualitativo. Bauer e Gaskell (2017) conceituam como análise quantitativa quando o raciocínio se baseia principalmente em atributos lineares, medições e análises estatísticas. Por outro lado, as qualitativas se baseiam na compreensão e percepção humana acerca do fenômeno analisado.

Com base nos conceitos discutidos é possível caracterizar a pesquisa em questão como um estudo de múltiplos casos, com abordagem qualitativa, sem o propósito de generalizar os resultados encontrados.

A partir do delineamento teórico da pesquisa pode-se avançar para o delineamento prático. Esse, por sua vez, vem com o intuito de sistematizar as etapas práticas da pesquisa, viabilizando o alcance dos objetivos planejados.

4.2 Delineamento prático

A pesquisa foi estruturada em três etapas: revisão bibliográfica, estudo de caso e análise dos resultados. A Figura 12 demonstra cada uma das etapas elencadas, além de ilustrar o fluxo de atividades de cada uma delas.

Figura 12 – Etapas da metodologia adotada para realização da pesquisa



Fonte: Autora (2018)

A seguir, serão detalhadas cada uma das etapas e as atividades que fazem parte de sua execução.

4.2.1 Revisão bibliográfica

O estudo da teoria relacionada aos temas envolvidos no trabalho foi realizado com base em consultas a artigos de periódicos e eventos científicos nacionais e internacionais, livros, dissertações de mestrado, teses de doutorado, normas técnicas e documentos técnicos.

Foram três os principais temas estudados para elaboração do trabalho: vedações verticais inovadoras, manifestações patológicas e procedimento de realização de inspeção predial.

4.2.2 Estudo de caso

A etapa de estudo de caso é a realização da coleta de dados propriamente dita, que proporcionou a obtenção das múltiplas evidências necessárias para se convergir a um resultado confiável.

No caso deste trabalho foram cinco as etapas que fizeram parte da elaboração do estudo de caso: escolha das inovações tecnológicas que seriam abordadas na pesquisa, escolha dos empreendimentos utilizados como os múltiplos casos a serem estudados, caracterização dos empreendimentos escolhidos, dimensionamento das amostras que serão analisadas em cada empreendimento e procedimento de inspeção predial. As etapas serão detalhadas a seguir.

4.2.2.1 Escolha das inovações tecnológicas

Para escolha das inovações tecnológicas, no âmbito das vedações verticais, que seriam abordadas na pesquisa, buscou-se, em primeiro lugar, identificar na literatura quais as vedações verticais inovadoras que são utilizadas no Brasil. De acordo com Pulzatto (2005), Fontenelle (2012) e Cruz, Barbosa e Castañon (2017), são inúmeros os sistemas construtivos de vedações verticais desenvolvidos como alternativa de inovação: alvenaria estrutural, o *light steel frame*, o *wood frame*, as paredes concreto celular autoclavado, paredes de concreto moldadas *in loco* por formas, painéis de concreto pré-moldados, painéis de poliestireno expandido, painéis de madeira pré-fabricados, placas de concreto pré-fabricadas, painéis sanduíche, placas cimentícias, painéis de vidro, painéis metálicos, painéis de gesso acartonado (*Drywall*) e alvenaria em blocos de gesso.

Dentro desse conjunto de alternativas de vedações verticais inovadoras, restringiu-se o estudo com base nos sistemas utilizados nos estados de Pernambuco e Alagoas, devido às limitações de proximidade da pesquisa e região de atuação da autora deste trabalho. A partir disso, foram selecionadas as seguintes tecnologias de vedações verticais inovadoras: as paredes de concreto moldadas *in loco*, os painéis de gesso acartonado (*Drywall*), os painéis sanduíche e a alvenaria em blocos de gesso, cujas justificativas de escolha são explicitadas na sequência.

4.2.2.1.1 *Escolha de parede de concreto moldada in loco*

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (2018), o sistema de paredes de concreto para a construção de casas e prédios voltados para o programa Minha Casa Minha Vida se tornou dominante, principalmente para as construtoras que atuam nas regiões norte e nordeste do país.

Em Alagoas foram identificados, pelo menos, 5 conjuntos habitacionais que utilizaram essa tecnologia como alternativa para a construção das casas. Já em Pernambuco, além dos conjuntos habitacionais de casas, também foi identificado, através de pesquisa na Caixa Econômica Federal, a opção de prédios habitacionais do programa MCMV que utilizam esse sistema.

A partir da constatação da utilização dessa tecnologia na região abordada, foi possível incluí-la como uma das tecnologias estudadas nesse trabalho.

4.2.2.1.2 *Escolha de Drywall*

De acordo com a Associação Brasileira de *Drywall*, o consumo de chapas de *Drywall* no Brasil passou de 13 milhões de m² em 2004 para 50 milhões de m² em 2013. Na região nordeste, ainda que seja a região com a menor utilização, também houve crescimento, aumentando de 1.000 m² em 2003 para 5.000 m² em 2013.

A partir da constatação do crescimento da utilização de *Drywall* no nordeste, buscou-se identificar a existência de empresas instaladoras dessa tecnologia nos estados de Pernambuco e Alagoas, para confirmar a sua utilização como objeto de estudo.

De acordo dados fornecidos pelas principais fabricantes de *Drywall* no Brasil (Trevo, Placo e Knauf) existem 7 empresas de instalação e distribuição em Pernambuco e 8 em Alagoas. Vale destacar que essas são as empresas cadastradas nas fabricantes, havendo ainda as empresas que fazem a instalação sem estar cadastradas.

A partir dos dados apresentadas é constatada a validade da representatividade dessa tecnologia como vedação vertical inovadora utilizada nos estados de Pernambuco e Alagoas, sendo plausível sua utilização como objeto de estudo desse trabalho.

4.2.2.1.3 Escolha de painéis sanduíche

No caso dos painéis sanduíche, ao pesquisar sua utilização no Brasil, identificou-se empresas especializadas na produção de edificações com esse tipo de vedação verticais. No portfólio das empresas foram identificadas obras no Nordeste do país, campo de atuação da pesquisa. Desse modo, devido à presença desse tipo de vedação na região, foi possível incluí-la como uma das vedações verticais inovadores a serem estudadas.

4.2.2.1.4 Escolha de alvenarias com blocos de gesso

Dentre as vedações verticais inovadoras utilizadas no Brasil, a alvenaria em bloco de gesso é uma das mais difundidas na região nordeste. A localização das jazidas e o fácil acesso aos blocos impulsionam a utilização do material, que deve ter um aumento da sua adesão a partir da recente normatização, no ano de 2017.

A popularização deste tipo de vedação vertical na região de atuação da pesquisa impulsionou a inclusão desta tecnologia como objeto de pesquisa do trabalho.

4.2.2.2 Escolha dos empreendimentos

Em relação à definição dos empreendimentos estudados, Gil (2008) aponta que a escolha do objeto de estudo pode não ser exclusivamente determinada pela sua relevância, mas também pela facilidade de acesso. Com base em tal critério, a escolha dos empreendimentos escolhidos para realização da pesquisa se deu a partir da permissão de acesso aos empreendimentos, por parte de seus gestores (síndico, presidente de associação de moradores, morador ou responsável, no caso de edificações públicas).

Após identificadas as edificações com os sistemas de vedações verticais inovadores nos estados de Pernambuco e Alagoas, entrou-se em contato com os gestores dessas edificações, de forma

a se apresentar a pesquisa e seus objetivos. Nesse momento solicitou-se dos gestores a possibilidade da inclusão das edificações na pesquisa, sendo estas objeto do estudo de caso.

Houve permissão para realização da pesquisa em cinco empreendimentos, dois quais, três localizados em Alagoas (empreendimentos com paredes de gesso acartonado, parede de concreto moldada *in loco* e painéis sanduíche) e dois em Pernambuco (empreendimentos com parede de concreto moldada *in loco* e alvenaria em bloco de gesso).

4.2.2.3 Caracterização dos empreendimentos

Ao passo que os gestores autorizavam a utilização dos empreendimentos como objeto do estudo de caso da pesquisa, avançava-se para a fase de caracterização desses empreendimentos. Em se tratando de um estudo de caso, essa etapa é de grande importância, visto que a característica desse tipo de pesquisa é o estudo intenso de cada um dos casos.

Essa etapa tem como objetivo a identificação das características dos empreendimentos, tais como localização, configuração geométrica das unidades habitacionais, quantidade de unidades habitacionais, data de início e término da construção, sistemas construtivos e materiais utilizados, funcionamento da manutenção das edificações, adaptação dos usuários aos sistemas construtivos, entre outras informações.

As informações obtidas para essa caracterização utilizaram, como fonte de evidências, entrevistas, análise de projetos, análise de documentos e observação direta.

4.2.2.4 Dimensionamento das amostras

Como já foi discutido nesse capítulo, o estudo de caso não pretende proporcionar o conhecimento preciso das características de uma população a partir de procedimentos estatísticos, e sim a partir do estudo intenso qualitativo dos múltiplos casos.

A partir dessa observação, o critério utilizado para seleção do número de unidades de cada amostra não foi precedido de estudos estatísticos amostrais. A quantidade de itens de cada

amostra dependia do consentimento do gestor do empreendimento, além da limitação de capacidade da autora do trabalho de fazer a quantidade das vistorias.

No caso do Empreendimento A, um conjunto habitacional no estado de Alagoas, esse consentimento partiu do presidente da associação de moradores, que permitiu ao pesquisador abordar porta-a-porta as unidades habitacionais, solicitando permissão para avaliar cada casa. A segunda permissão partia do próprio morador, permitindo ou não a entrada do pesquisador em sua residência.

No Empreendimento B, o gestor abordado foi o síndico da edificação, que permitiu que a equipe avaliasse as unidades habitacionais que ainda não tinham sido entregues pela construtora, e ainda se encontravam desocupadas. A partir desse momento, a autorização partiu da equipe do pós-obra da construtora, que estava responsável por essas unidades, e permitiu que a equipe entrasse e vistoriasse algumas unidades.

No Empreendimento C, entrou-se em contato com o responsável do setor de engenharia da Secretaria de Segurança Pública do Estado de Alagoas, visto que as edificações sediam órgãos ligados a essa Secretaria. A pesquisa foi autorizada em duas edificações, desde que as visitas fossem acompanhadas por engenheiro da Secretaria.

No Empreendimento D, o acesso se deu através da Secretaria Municipal de Educação do Município de Arapiraca (Alagoas), através do contato com o secretário responsável pela pasta, visto que a edificação é uma escola municipal de educação infantil da cidade. A participação da edificação na pesquisa foi permitida, desde que as visitas fossem acompanhadas pela diretora ou coordenadora da escola. Além disso, as visitas não poderiam atrapalhar o andamento das atividades das crianças.

No Empreendimento E, o acesso foi solicitado ao gerente do hotel em questão. A participação da edificação foi autorizada, desde que as visitas fossem acompanhadas por funcionários do hotel. As áreas inspecionadas foram limitadas de acordo com as atividades e disponibilidade do hotel.

4.2.2.5 Inspeção predial

Essa etapa do estudo de caso é a principal para realização da pesquisa. A inspeção predial é a ferramenta que propicia esta avaliação sistêmica da edificação, com intuito de classificar as não-conformidades constatadas na edificação quanto a sua origem e grau de risco e indica orientações técnicas necessárias à melhoria da manutenção dos sistemas e elementos construtivos (IBAPE, 2012).

Para que a inspeção realizada no estudo de caso tenha caráter científico, o trabalho segue a metodologia estabelecida pelo IBAPE para realização da inspeção, através da *Norma de Inspeção Predial Nacional*. Esta norma fixa as diretrizes, conceitos, terminologia, convenções, notações, critérios e procedimentos relativos à inspeção predial, cuja realização é de responsabilidade e da exclusiva competência dos profissionais, engenheiros e arquitetos, legalmente habilitados pelos Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia – CREAs. (IBAPE, 2012).

Os principais passos determinados pelo IBAPE para realização da vistoria, que foram seguidos por esta pesquisa, serão detalhados a seguir.

4.2.2.5.1 Nível da inspeção

De acordo com a Norma de Inspeção Predial Brasileira (IBAPE, 2012) o nível da inspeção predial classifica a mesma quanto a sua complexidade, considerando as características técnicas da edificação, manutenção e operação existentes. Os níveis de inspeção predial podem ser classificados em nível 1, nível 2 e nível 3. Os níveis são detalhados no Quadro 6.

Quadro 6 – Níveis de inspeção predial

Nível 1	Nível 2	Nível 3
Realizada em edificações com baixa complexidade técnica, de manutenção e de operação de seus elementos e sistemas construtivos. Normalmente empregada em edificações com planos de manutenção muito simples ou inexistentes.	Realizada em edificações com média complexidade técnica, de manutenção e de operação de seus elementos e sistemas construtivos, de padrões construtivos médios e com sistemas convencionais. Normalmente empregada em edificações com vários pavimentos, com ou sem plano de manutenção, mas com empresas terceirizadas contratadas para execução de atividades específicas como: manutenção de bombas, portões, reservatórios de água, dentre outros.	Realizada em edificações com alta complexidade técnica, de manutenção e operação de seus elementos e sistemas construtivos, de padrões construtivos superiores e com sistemas mais sofisticados. Normalmente empregada em edificações com vários pavimentos ou com sistemas construtivos com automação.

Fonte: IBAPE (2012) – adaptado

4.2.2.5.2 Análise da documentação

Uma importante etapa da inspeção predial é a análise da documentação. A partir dessa análise é possível guiar a inspeção, pois ela possibilita o conhecimento prévio das características da edificação que serão encontradas na vistoria.

Foram fornecidos nessa etapa os projetos arquitetônicos dos empreendimentos, essenciais para realização da vistoria. Após a vistoria de uma das edificações, foi solicitado aos responsáveis da edificação documentação do controle tecnológico do concreto utilizado na concretagem das paredes. Em uma dessas ocasiões a documentação foi fornecida pelos responsáveis.

4.2.2.5.3 Elaborar checklist

Após conhecer as características básicas da edificação e sua configuração geométrica, através da caracterização e análise de projetos, é possível a elaboração de um *checklist* para acompanhar a atividade de vistoria.

O *checklist* é um formulário destinado à anotação das constatações técnicas e dos resultados encontrados na vistoria. Este formulário tem como objetivo facilitar o levantamento dos dados no campo de forma a tornar a vistoria dinâmica. Além disso, o instrumento possibilita o planejamento da vistoria, bem como o arquivamento das informações encontradas, servindo como prova física do nível de qualidade da inspeção realizada (NEVES & BRANCO, 2009).

Não existe um modelo padrão e acabado, de modo que cada profissional deverá elaborar o seu formulário consoante com suas preferências. No caso do presente trabalho o *checklist* teve como base as manifestações patológicas que foram discutidas na revisão bibliográfica como usuais em cada tecnologia de vedação vertical. O *checklist* utilizado na vistoria dos empreendimentos foi o apresentado na Figura 13.

Figura 13 – *Checklist* utilizado na vistoria dos empreendimentos.

Identificação da casa				
	N das paredes	CARACTERÍSTICAS	N das paredes	LOCALIZAÇÃO
FISSURAS		Aberturas de portas e janelas		Superior
		Horizontal		Inferior
		Vertical		Canto direito
		Diagonal		Canto esquerdo
		Sem forma definida		Meio horizontal
		Em forma de "teia"		Meio Vertical
		Comprimento aproximado		
		Abertura aproximada		
		Área de abrangência		
UMIDADE		Manchas argamassa		Proximo ao solo
		Manchas cerâmica		Proximo ao ar condicionado
		Descolamento		Area externa
		Bolhas		Areas Molhadas
		Bolor		Proximo a instalações hidrossanitárias
		Eflorescencia		Proximas ao teto
		Microfissuras		
	Área de abrangência			
REVESTIMENTO		Descolamento da argamassa		Proximo ao solo
		Descolamento de cerâmica		Proximo ao ar condicionado
		Empolamento (Bolhas)		Area externa
		Puverulência		Areas Molhadas
		Danos por ma utilização		Proximo a instalações hidrossanitárias
		Cerâmica danificada		Proximas ao teto
		Área de abrangência		
CONCRETO		Desagregação		
		Erosão		
		Porosidade		
		Falhas de concretagem (bicheira)		
		Corrosão		
		Carbonatação		
Observação				
Alguma intervenção?				
Idade da edificação				
Já teve ocorrência de manif. patologica recuperada?				
Queixa específica?				

Fonte: Autora (2018)

4.2.2.5.4 Entrevistas

Essa etapa é de suma importância para que se possa compreender o contexto em questão inseridas as manifestações patológicas encontradas. Através das entrevistas iniciais com os gestores foi possível caracterizar as edificações.

Durante a realização das vistorias as entrevistas continuam acontecendo, visto que as dúvidas que surgem são questionadas ao gestor que acompanha a vistoria ou ao próprio usuário da unidade habitacional.

No caso do trabalho em questão os entrevistados foram: presidente da associação de moradores do conjunto habitacional em Alagoas (Empreendimento A), engenheiro responsável pela assistência técnica no pós-obra e moradores das casas.

No caso da edificação de parede concreto em Pernambuco (Empreendimento B) as entrevistas ocorreram com engenheiro responsável pela assistência técnica no pós-obra, engenheiro que acompanhou a obra e síndico do prédio.

Nas edificações públicas da Secretaria de Segurança Pública de Alagoas (Empreendimento C), as entrevistas ocorreram com dois engenheiros, lotados no Setor de Infraestrutura da Secretaria, responsáveis pela fiscalização das obras e manutenção das edificações.

Nas escolas municipais de educação infantil em Arapiraca (Empreendimento D), as entrevistas ocorreram com o engenheiro da Prefeitura Municipal, que executou a fiscalização das obras, na etapa de execução, e com a diretora da escola.

No caso do hotel localizado em Recife (Empreendimento E), as entrevistas ocorreram com o gerente da edificação.

4.2.2.5.5 Realização de vistorias

Esta é última etapa da inspeção predial. Na vistoria são efetivamente observadas as manifestações patológicas encontradas nas vedações verticais das unidades habitacionais.

Nessa etapa o pesquisador tem acesso às residências, e vistoria detalhadamente cada uma das vedações, registrando no *checklist* todas as ocorrências encontradas.

Nessa etapa foram utilizados como instrumentos de auxílio o *checklist* desenvolvido para essa tipologia de vedação, o projeto arquitetônico da edificação com cada uma das paredes numeradas, de forma a possibilitar a identificação das patologias por vedação, e câmera fotográfica, possibilitando o registro das manifestações encontradas.

4.2.3 Análise dos resultados

Após toda a etapa de estudo de caso concluída, a pesquisa tem evidências suficientes para análise e caracterização dos resultados.

4.2.3.1 Compilação das manifestações patológicas

Nessa etapa foi feita a compilação das manifestações encontradas nas vedações verticais, através da análise dos *checklist* preenchidos e fotografias registradas. O resultado dessa etapa é a relação com todas as manifestações patológicas encontradas nas vedações.

É importante salientar que na pesquisa em questão as manifestações patológicas são listadas levando em consideração as características particulares de como as mesmas se apresentam. Isso ocorre porque uma mesma manifestação patológica pode ter causas diferentes, e essas causas influenciam na forma que as mesmas se manifestam, e é importante estudar cada uma dessas ocorrências separadamente.

4.2.3.2 Identificação das causas e origens

Após a listagem das manifestações patológicas encontradas se inicia a etapa de estudo e caracterização das mesmas. A primeira fase é identificar, com base nas características da manifestação e na revisão bibliográfica realizada, a causa e origem dessas manifestações.

No caso do presente trabalho, não foi possível a realização de ensaios, sendo assim, algumas vezes são elencadas mais de uma possível causa e origem para as manifestações patológicas, diante da impossibilidade de se obter certeza sem realização de ensaios.

4.2.3.3 Classificação das manifestações patológicas

Após o entendimento das causas e origens que levaram ao aparecimento da manifestação patológica, é possível classificá-la. A pesquisa levou em consideração a classificação adotada pela Norma de Inspeção Predial Brasileira (IBAPE, 2012). Os conceitos levados em consideração para classificação são elencados no Quadro 7.

Quadro 7 – Classificação das manifestações patológicas

Anomalias			
São os vícios construtivos. Abrange quaisquer manifestações patológicas originadas nas diversas fases da edificação, excluindo apenas as manifestações patológicas que ocorreram por vícios de manutenção.			
Classificação das anomalias			
Endógena	Exógena	Natural	Funcional
Originária da própria edificação (projeto, materiais e execução);	Originária de fatores externos a edificação, provocados por terceiros	Originária de fenômenos da natureza.	Originária da degradação de sistemas construtivos pelo envelhecimento natural e, conseqüente, término da vida útil
Falhas			
São os vícios de manutenção, isto é, originados na etapa de utilização pela ausência de plano, procedimento e operação de manutenção.			
Classificação das falhas			
De Planejamento	De Execução	Operacionais	Gerenciais
Decorrentes de falhas de procedimentos e especificações inadequados do plano de manutenção.	Proveniente de falhas causadas pela execução inadequada de procedimentos e atividades do plano de manutenção.	Relativas aos procedimentos inadequados de registros, controles, rondas e demais atividades pertinentes.	Decorrentes da falta de controle de qualidade dos serviços de manutenção, bem como da falta de acompanhamento de custos da mesma

Fonte: IBAPE (2012) – adaptado

4.2.3.4 Avaliação do grau de risco

A avaliação do grau de risco das manifestações patológicas considera o risco oferecido aos usuários, ao meio ambiente e ao patrimônio, classificando as manifestações patológicas entre

risco crítico, médio e mínimo. Os conceitos relacionados a cada um desses graus de risco podem ser observados no Quadro 8.

Quadro 8 – Grau de risco das manifestações patológicas

Crítico	Médio	Mínimo
Risco de provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e do meio ambiente; perda excessiva de desempenho e funcionalidade causando possíveis paralisações; aumento excessivo de custo de manutenção e recuperação; comprometimento sensível de vida útil.	Risco de provocar a perda parcial de desempenho e funcionalidade da edificação sem prejuízo à operação direta de sistemas, e deterioração precoce.	Risco de causar pequenos prejuízos à estética ou atividade programável e planejada, sem incidência ou sem a probabilidade de ocorrência dos riscos críticos e regulares, além de baixo ou nenhum comprometimento do valor imobiliário.

Fonte: IBAPE (2012) - adaptado

4.2.3.5 Definição de prioridades

Ao final de toda a caracterização realizada a pesquisa definiu a prioridade de recuperação das manifestações patológicas encontradas. A Norma de Inspeção Predial Brasileira (IBAPE, 2012) indica algumas técnicas para avaliação de prioridade. Dentre elas estão o GUT (ferramenta de “gerenciamento de risco” através da metodologia de Gravidade, Urgência e Tendência), FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*: ferramenta de “gerenciamento de risco” através da metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha); ou ainda pela a própria listagem de criticidade decorrente da avaliação do grau de risco.

No presente trabalho foi realizada, além da avaliação do grau de risco, a avaliação através da metodologia FMEA. A metodologia para avaliação das manifestações através da FMEA é descrita a seguir.

4.2.3.5.1 FMEA

A FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis* ou, em português, Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos) é uma metodologia de análise de situações de risco. Correia (2016) caracteriza a metodologia como uma técnica de análise e gestão de risco, que visa identificar os modos de falhas de um produto, processo ou procedimento, com o intuito de prevenir sua ocorrência,

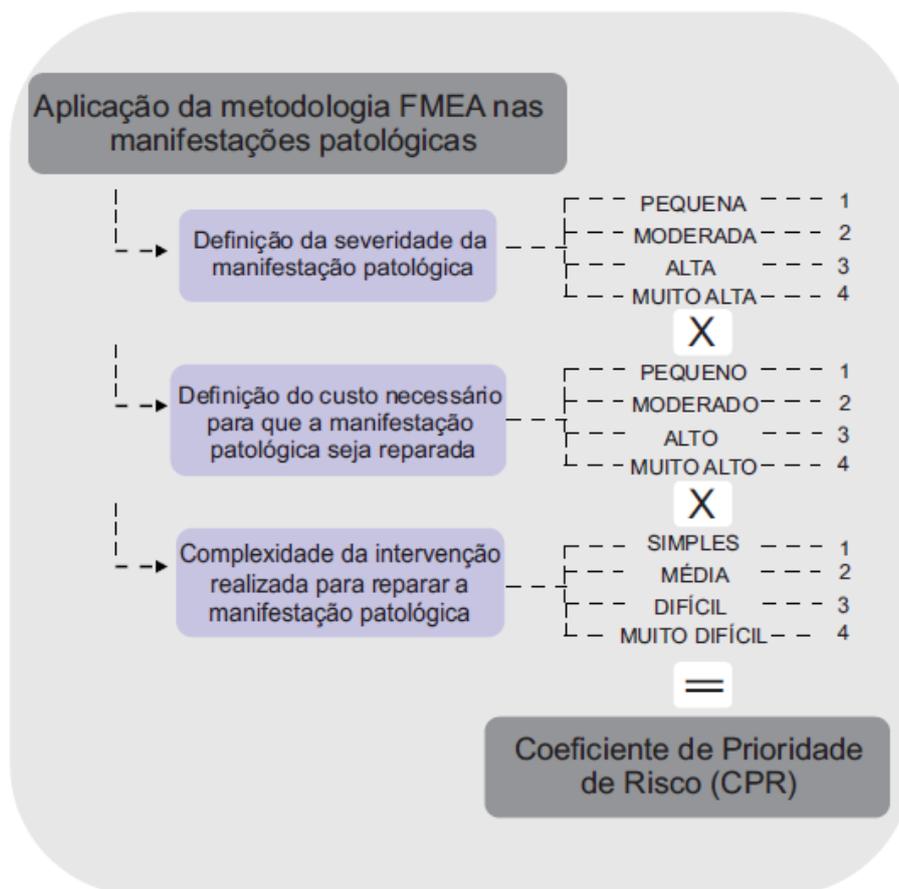
atuando antes que a falha se verifique e adotando medidas que minimizem as consequências dessas falhas.

De acordo com Silva, Fonseca e Brito (2006) a aplicabilidade da FMEA na construção civil pode ocorrer em todas as fases (concepção, projeto, construção e manutenção) e nos diferentes subsistemas de um empreendimento. Para o autor, por se tratar de um método sistematizado, proporciona uma reflexão fundamentada em relação aos meios de detecção, prevenção e mitigação das possíveis falhas e seus efeitos.

No caso da pesquisa em questão, utilizou-se a técnica de aplicação da FMEA proposta por Cupertino e Brandstetter (2015). Os autores adaptaram os parâmetros analisados pela FMEA para utilização em ocorrência de manifestações patológicas no período pós-obra. Os índices severidade, ocorrência e detecção, geralmente utilizados, foram substituídos por índices que retratam melhor a criticidade da falha no âmbito da construção. Foram utilizados os índices de severidade da manifestação patológica (S), custo necessário para corrigi-la (C) e complexidade de intervenção para reparo da manifestação patológica (I).

A metodologia consiste na atribuição quantitativa dos índices (S, C e I) para cada uma das manifestações patológicas identificadas. Após os índices atribuídos é possível o cálculo dos coeficientes de prioridade de risco (CPR). O CPR visualiza o grau de risco da manifestação patológica. O fluxograma da Figura 14 ilustra a aplicação da metodologia FMEA. O Quadro 9, o Quadro 10 e o Quadro 11 parametrizam os índices utilizados.

Figura 14 – Fluxograma de aplicação da metodologia FMEA para as manifestações patológicas



Fonte: Autora (2018)

Quadro 9 – Índices de severidade

Índice	Severidade	Critério
1	Pequena	Ligeira deterioração ou queda no desempenho do sistema com leve descontentamento do cliente.
2	Moderada	Deterioração significativa no desempenho do sistema com descontentamento do cliente
3	Alta	Sistema deixa de funcionar gerando grande descontentamento do cliente.
4	Muito alta	Sistema deixa de funcionar gerando grande descontentamento do cliente e afetando a segurança do mesmo

Fonte: Cupertino e Brandstetter (2015)

Quadro 10 – Índices de custo

Índice	Custo	Critério
1	Pequeno	Gastos entre R\$ 0,01 a R\$ 450,00
2	Moderado	Gastos entre R\$ 451,00 a R\$ 1300,00
3	Alto	Gastos entre R\$ 1301,00 a R\$ 3000,00
4	Muito alto	Gastos acima de 3000,00

Fonte: Cupertino e Brandstetter (2015)

Quadro 11 – Índices de intervenção

Índice	Complexidade de intervenção	Critério
1	Simple	Intervenção realizada em uma única operação pontual do sistema sem a necessidade de intervenção em outros sistemas.
2	Média	Intervenção moderada do sistema podendo ou não ter a necessidade de intervenção em outro sistema gerando pequenas correções no mesmo.
3	Difícil	Intervenção significativa do sistema com a necessidade de intervenção em outros sistemas gerando demolição do sistema para correções e reexecução do mesmo.
4	Muito difícil	Intervenção significativa do sistema com necessidade de intervenção em mais de um sistema gerando quebra, reexecução, reforços estruturais ou reabilitação dos mesmos.

Fonte: Cupertino e Brandstetter (2015)

Ao final da atribuição dos índices às manifestações patológicas, são calculados os coeficientes de prioridade de risco (CPR). O CPR visualiza o grau de risco da manifestação patológica identificada através do produto entre os índices de severidade, custo e complexidade de intervenção, conforme Equação 1.

$$CPR = S \times C \times I \quad \text{Equação 1}$$

CPR: coeficiente de prioridade de risco;

S: índice de severidade;

C: índice de custo;

I: índice de complexidade de intervenção.

A partir do cálculo do CPR é atribuído a cada manifestação patológica seu grau de risco, conforme apresentado no Quadro 12, a fim de se realizar um melhor plano de intervenção.

Quadro 12 – Grau de risco da manifestação patológica de acordo com o CPR

Prioridade de risco	Intervalo de valores	Grau de urgência das intervenções
Baixo	$CPR \leq 4$	Devem ser tomadas medidas de intervenções para melhoria sem caráter de urgência
Moderado	$4 < CPR \leq 16$	Devem ser tomadas medidas de intervenções logo que possível, visando diminuir a probabilidade de ocorrência dos danos em empreendimentos futuros.
Elevado	$16 < CPR \leq 32$	Devem ser tomadas medidas corretivas visando eliminar as causas das manifestações patológicas detectadas, evitando a ocorrência das mesmas em empreendimentos futuros.
Muito Elevado	$32 < CPR \leq 64$	Requer ações corretivas imediatas para eliminação das causas, com análise crítica das etapas que se relacionam com o serviço e controle, para que tais manifestações patológicas não ocorram em empreendimentos futuros.

Fonte: Cupertino e Brandstetter (2015)

4.2.3.6 Recomendações técnicas

Por fim, são indicadas as recomendações técnicas que devem ser observadas pelos gestores com o objetivo de restaurar as condições iniciais e ideais das vedações verticais, reestabelecendo seu desempenho.

As recomendações técnicas para as anomalias e falhas constatadas na inspeção predial são apresentadas de forma clara e simplificada, possibilitando a fácil compreensão por parte do gestor. Foram utilizados como base manuais, ilustrações e normas pertinentes para facilitar as futuras providências do contratante.

Finalizada a etapa de detalhamento da metodologia de realização da pesquisa, avança-se para o capítulo do estudo de caso. O capítulo aborda detalhadamente as características das edificações utilizadas como objeto de estudo de caso da pesquisa.

5 ESTUDOS DE CASO

Este capítulo detalha os estudos de caso realizados pela pesquisa. Inicialmente serão caracterizados os empreendimentos que foram objetos dos estudos e, na sequência, além dessa caracterização, serão apresentadas quais manifestações patológicas foram identificadas em cada um dos empreendimentos estudados. Todas as informações explanadas na caracterização são oriundas das entrevistas realizadas, da documentação que se teve acesso e das visitas *in loco*.

A pesquisa analisou quatro tipos de vedações verticais: paredes de concreto moldadas *in loco*, vedações em gesso acartonado, vedações com painéis sanduíche e vedações com blocos de gesso. Ao todo foram inspecionados cinco empreendimentos. O Quadro 13 demonstra o sistema inovador utilizado em cada um desses empreendimentos.

Quadro 13 – Sistemas inovadores e respectivos empreendimentos estudados

Sistema inovador de vedação vertical	Empreendimento inspecionado
Paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>	Empreendimento A
Paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>	Empreendimento B
Vedações em gesso acartonado	Empreendimento C
Vedações em painéis sanduíche	Empreendimento D
Vedações com blocos de gesso	Empreendimento E

Fonte: Autora (2018)

5.1 Casos de empreendimentos com paredes de concreto moldadas *in loco*

Para análise das manifestações patológicas em paredes de concreto moldadas *in loco* foram estudados dois empreendimentos, os quais, na pesquisa, foram denominados de Empreendimento A e Empreendimento B. Apesar da utilização de similares métodos construtivos para as vedações, os mesmos apresentam características diferentes. Ambos serão detalhados a seguir.

5.1.1 Empreendimento A

5.1.1.1 Caracterização do empreendimento

O empreendimento A é um conjunto habitacional de casas localizado no município de Marechal Deodoro, litoral sul do Estado de Alagoas. As unidades habitacionais do conjunto foram comercializadas pelo programa MCMV, enquadrando-se na faixa 2 do programa.

No caso do município em questão, a faixa 2 do MCMV permite a venda de casas no valor máximo de R\$ 95.000,00, para famílias com renda mensal compreendida entre R\$ 2.350,00 e R\$ 4.000,00.

O conjunto foi construído em três etapas: a primeira etapa contemplou 392 casas, a segunda 490 casas e a última 490 casas. Dessas, a segunda e a terceira etapas utilizaram a tecnologia de paredes de concreto celular moldadas *in loco*. Apenas a segunda etapa foi objeto de estudo desse trabalho, pois a obra já havia sido finalizada. No caso da terceira etapa, a obra que iniciou em 2014 não foi finalizada e encontra-se parada. A Figura 15 apresenta a configuração de cada uma das etapas do conjunto habitacional.

Figura 15 – Empreendimento A e suas etapas

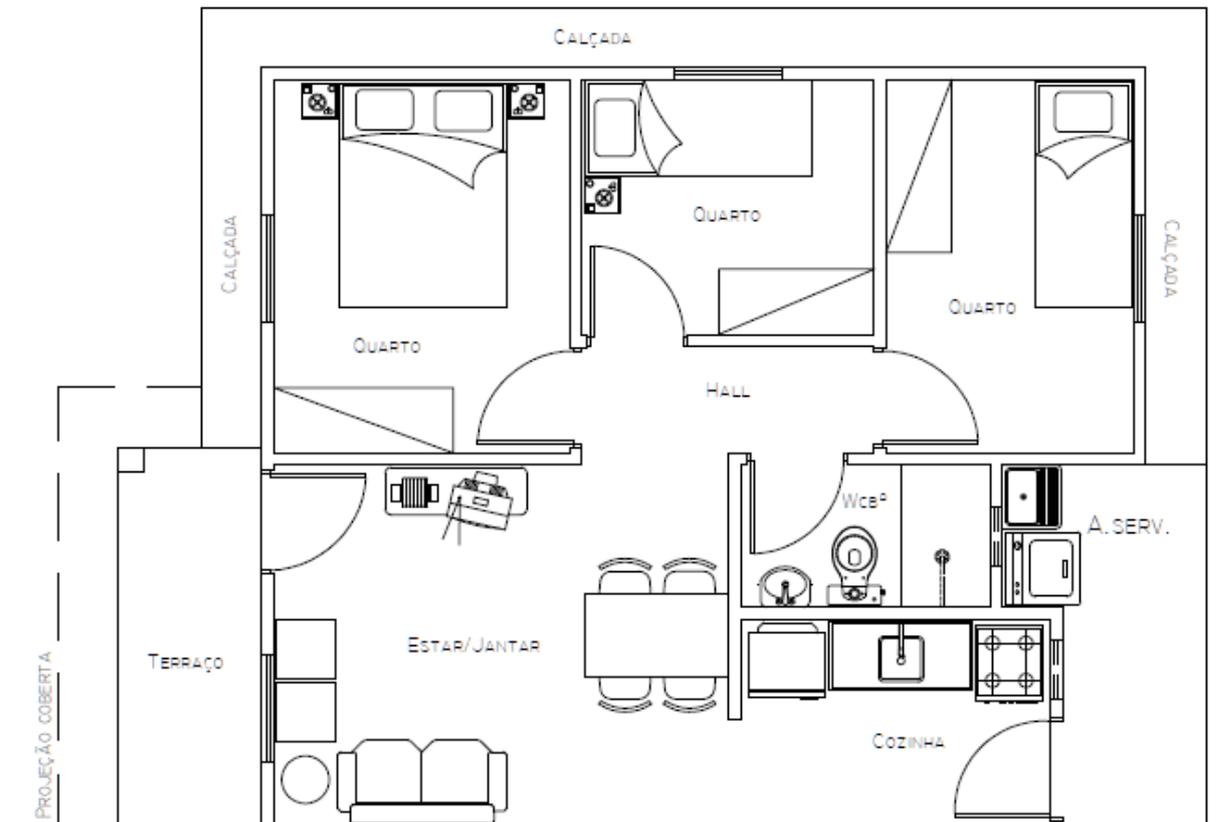


Fonte: Google Maps (2018)

Das 490 casas da segunda etapa, 30 casas utilizaram alvenaria de blocos cerâmicos. Essas casas, que eram localizadas nas esquinas de algumas quadras, possuíam projeto diferente das demais, por serem destinadas a portadores de necessidades especiais (PNE), de modo que a construtora optou por não utilizar as paredes de concreto nessas casas. Assim, restaram 460 casas de parede de concreto celular moldadas *in loco*.

Cada uma das casas tem área construída de 52 m². As casas são divididas nos seguintes cômodos: 3 quartos, 1 banheiro, cozinha, sala de estar e jantar, área de serviço e terraço. O projeto arquitetônico padrão das casas pode ser observado na Figura 16 e a fachada das mesmas na Figura 17. A fachada demonstrada é a mesma entregue pela construtora, entretanto, atualmente, a maioria dos usuários construiu muros em suas residências.

Figura 16 – Planta baixa padrão das casas do empreendimento A



Fonte: Autora (2018)

Figura 17 – Fachada das casas do Empreendimento A



Fonte: Autora (2018)

As casas têm as seguintes características estruturais: paredes de concreto moldadas *in loco* utilizando concreto celular de resistência característica (f_{ck}) 4 MPa (no início da obra a execução desse concreto era feita com adição de espuma e depois mudou-se para o aditivo espumante por conta da dificuldade de levar o equipamento que fazia a espuma até o local da concretagem), fundação em radier de concreto convencional de resistência característica (f_{ck}) 20 MPa, todas as paredes armadas com telas soldadas de aço de 4.2 mm de diâmetro com espaçamento 15x15 cm e reforço nas aberturas de portas e janelas com barras de aço 6.3 mm de diâmetro.

Em relação às características do acabamento, as casas tinham as esquadrias externas de alumínio com vidro, esquadrias internas em madeira, piso cerâmico, estrutura da cobertura de madeira com telhas cimentícias, forro de PVC, revestimento interno e externo de textura acrílica pigmentada e revestimento das paredes do banheiro e da cozinha de cerâmica. As casas também vinham com aquecedor solar instalado.

A construção das casas seguia as seguintes etapas: primeiro realizava-se a execução do radier (regularização do aterro, montagem de forma, armação e concretagem, 4 dias); logo após era feita a locação das paredes no radier e eram montadas as armações das paredes e posicionados os eletrodutos e caixas elétricas (3 dias); em seguida eram montadas as formas (1 dia); por fim, passava-se então para a etapa de concretagem (1 dia) e no dia seguinte à concretagem eram

retiradas as formas (1 dia). O período total para construir todas as paredes da casa era de 10 dias. Algumas dessas etapas podem ser observadas na Figura 18, Figura 19, Figura 20 e Figura 21.

Figura 18 – Radier concretado com marcação das paredes



Fonte: Arquivo do empreendimento A (2018)

Figura 19 – Armação das paredes prontas com colocação das formas



Fonte: Arquivo do empreendimento A (2018)

Figura 20 – Formas prontas para receber concreto



Fonte: Arquivo do empreendimento A (2018)

Figura 21 – Paredes concretadas com estrutura da cobertura pronta



Fonte: Arquivo do empreendimento A (2018)

Quando as paredes ficavam prontas, iniciava-se a fase de acabamento das casas, seguindo com as etapas de revestimento, cobertura, instalações das esquadrias internas e externas, colocação da cerâmica no piso e nas paredes de áreas molhadas, entre outras etapas necessárias à finalização da habitação. Referida fase de acabamento durava em média 15 dias. Assim, no total, uma casa

era finalizada em 25 dias, somando-se os dias da construção das paredes (10 dias) com a fase de acabamento (15 dias).

A obra da segunda etapa do conjunto começou em 2012 e foi entregue em 2014, momento em que os usuários começaram a morar. Desta feita, a obra tem 4 anos, e alguns de seus componentes ainda se encontram no prazo da garantia da construtora. Frise-se que a construtora em questão utiliza o manual da Associação de Empresas do Mercado Imobiliário de Alagoas (ADEMI-AL) para definir seus prazos e garantias, os quais são apresentados no Quadro 14.

Quadro 14 – Prazos de garantia dos subsistemas

Subsistema da Edificação	Parte do subsistema	Prazo de garantia
Esquadrias de alumínio	Instalação	2 anos
	Integridade dos materiais	5 anos
Esquadrias de madeira	Vedação e funcionamento	2 anos
	Empeno, deslocamento, fixação, etc.	1 ano
Estrutura de concreto	Paredes	5 anos
Instalações elétricas		1 ano
Instalações hidrossanitárias		1 ano
Revestimento argamassado	Má aderência do revestimento	5 anos
	Estanqueidade das fachadas	3 anos

Fonte: Manual de garantias ADEMI/AL (2011)

Das 460 casas de concreto celular do empreendimento foram vistoriadas 26 casas, distribuídas nos 18 blocos da etapa. As vistorias foram efetuadas em 3 dias de visita. Como já foi discutido na metodologia, a quantidade de itens da amostra dependia do consentimento do gestor do empreendimento e da limitação de capacidade da equipe de realizar a quantidade de vistorias.

O presidente da associação dos moradores permitiu que os pesquisadores fossem de “porta em porta” solicitando acesso às residências e avisou aos moradores que seriam visitados pelos pesquisadores. Porém, muitos dos moradores não permitiram que suas casas fossem vistoriadas, o que limitou o número da amostra.

5.1.1.2 Definição do nível da inspeção

Diante da baixa complexidade do empreendimento e da inexistência de um plano de manutenção, a inspeção realizada no empreendimento A foi classificada como Nível 1.

5.1.1.3 Manifestações patológicas identificadas

Após a vistoria, foi realizada a compilação dos dados preenchidos no *checklist*, que resultaram na ocorrência de 125 manifestações patológicas distribuídas nas 26 casas. Essas manifestações patológicas foram classificadas em 12 diferentes tipos. Da Figura 22 até a Figura 37 as manifestações patológicas encontradas no empreendimento A são ilustradas.

Figura 22 – Mancha de umidade em paredes com instalações hidráulicas



Fonte: Autora (2018)

Figura 23 – Mancha de umidade no topo das paredes, próximo das cobertas



Fonte: Autora (2018)

Figura 24 – Mancha de umidade junto ao piso em paredes externas



Fonte: Autora (2018)

Figura 26 – Mancha de umidade junto ao piso em paredes externas



Fonte: Autora (2018)

Figura 28 – Fissuras na ligação de paredes de concreto e paredes de alvenaria (bloco cerâmico ou de concreto)



Fonte: Autora (2018)

Figura 25 – Fissuras junto ao piso em paredes externas



Fonte: Autora (2018)

Figura 27 – Fissuras junto ao piso em paredes externas



Fonte: Autora (2018)

Figura 29 – Fissuras nas aberturas de portas e janelas



Fonte: Autora (2018)

Figura 30 – Fissura no encontro entre paredes



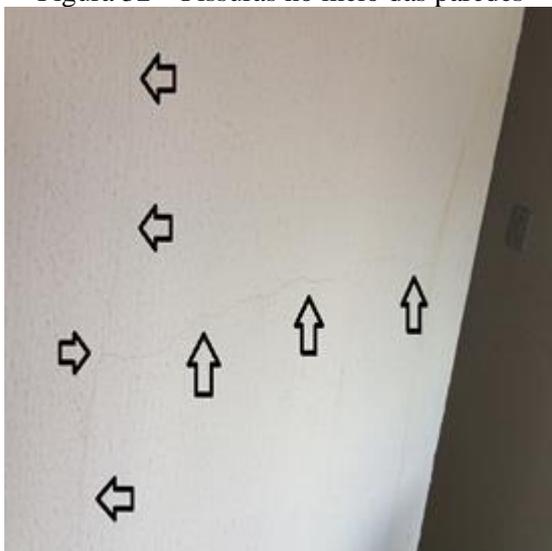
Fonte: Autora (2018)

Figura 31 – Fissura no topo das paredes, próxima da cobertura



Fonte: Autora (2018)

Figura 32 – Fissuras no meio das paredes



Fonte: Autora (2018)

Figura 33 – Portas e esquadrias de madeira danificadas



Fonte: Autora (2018)

Figura 34 – Fissuras em áreas que sofreram intervenção dos usuários



Fonte: Autora (2018)

Figura 35 – Desagregação do revestimento



Fonte: Autora (2018)

Figura 36 – Mancha de umidade em paredes com instalações hidráulicas



Fonte: Autora (2018)

Figura 37 – Mancha de umidade no topo das paredes, próximo das cobertas



Fonte: Autora (2018)

5.1.2 Empreendimento B

5.1.2.1 Caracterização do empreendimento

O empreendimento B é um conjunto habitacional de prédios localizado no município de Jaboatão dos Guararapes, na região Metropolitana de Recife. As unidades habitacionais do empreendimento foram comercializadas pelo programa MCMV, enquadrando-se na faixa 1,5 do programa.

No caso da região metropolitana de Recife, a faixa 1,5 é destinada a famílias com renda até R\$ 2.600,00 e oferece subsídios de até R\$ 45 mil para financiamentos de imóveis até R\$ 135 mil.

O empreendimento possui 10 blocos, cada bloco com 4 pavimentos e cada pavimento com 8 unidades habitacionais, totalizando 320 unidades. Todo o empreendimento foi construído com o método de parede de concreto convencional moldada *in loco*. A Figura 38 ilustra a configuração dos blocos do empreendimento; a Figura 39 e a Figura 40 mostram sua área externa e seus blocos.

Figura 38 – Empreendimento B e seus blocos



Fonte: Google Earth (2017)

Figura 39 – Área externa do empreendimento B



Fonte: Arquivo empreendimento B (2018)

Figura 40 – Área externa do empreendimento B



Fonte: Arquivo empreendimento B (2018)

Cada um dos apartamentos tem área construída entre 42 m² e 44 m², sendo os de maior área para as terminações com varanda. Os apartamentos são divididos nos seguintes cômodos: 2 quartos, sala de estar e jantar, varanda (para algumas terminações), cozinha, 1 banheiro. O projeto arquitetônico padrão da unidade com varanda pode ser observado na Figura 41. Já o espaço interno dos apartamentos pode ser visto nas Figura 42 e Figura 43.

Figura 41 – Projeto arquitetônico padrão de apartamentos do empreendimento B



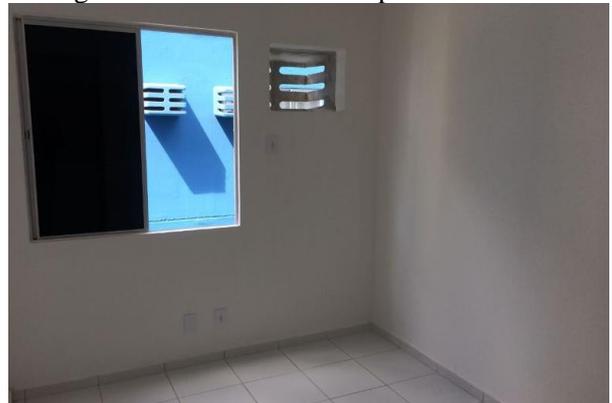
Fonte: Arquivo empreendimento B

Figura 42 – Área interna empreendimento B



Fonte: Arquivo empreendimento B

Figura 43 - Área interna empreendimento B



Fonte: Arquivo empreendimento B

Os prédios possuem as seguintes características estruturais: fundação em radier protendido com concreto de resistência (f_{ck}) 30 MPa, paredes de concreto com resistência (f_{ck}) 25 MPa e consistência pelo abatimento do tronco de cone (*slump test*) de 22 ± 3 cm, aditivado com plastificante e fibra de polipropileno. Além disso, as paredes usavam telas soldadas de aço 4,2

mm de diâmetro com espaçamento de 15x15 cm e as lajes utilizavam telas soldadas de aço 4,2 mm e espaçamento 10x10 cm; nos encontros das paredes havia reforço com tela e nas aberturas de portas e janelas reforço com barras de 8 mm de diâmetro.

No que diz respeito às características dos demais elementos da edificação, temos: esquadrias externas em alumínio e vidro com selante de silicone, esquadrias internas em madeira, piso cerâmico, forro de gesso, revestimento interno de massa corrida com pintura em tinta látex PVA, paredes de banheiro e cozinha revestidas com cerâmica, revestimento externo em textura acrílica pigmentada.

A execução dos prédios de parede de concreto tem uma sequência muito particular em relação às edificações tradicionais. Na obra em questão, a primeira etapa era a execução do radier de concreto protendido, que durava em média 20 dias. A partir daí iniciavam-se os ciclos de execução; chamava-se ciclo a execução da área compreendida pela área do jogo de formas, que no caso eram 2 apartamentos e o hall. Assim, uma vez que cada pavimento tinha 8 apartamentos, para um pavimento inteiro eram executados 4 ciclos.

No dia anterior ao início de um ciclo a equipe de armação marcava, armava e posicionava as instalações elétricas correspondentes às paredes do mesmo. Cada ciclo compreendia as seguintes atividades: colocação das formas de paredes e laje, armação e posicionamento das instalações elétricas da laje, concretagem de paredes e laje daquele ciclo. Enquanto era executado o ciclo de concretagem, a equipe de armação já armava as paredes do ciclo do dia seguinte.

Cada ciclo tinha duração de 1 dia, sendo assim, cada pavimento era concretado em 4 dias, e os quatro pavimentos em 16 dias. Em resumo, a estrutura da edificação era finalizada numa média de 36 dias, incluindo fundação e estrutura. A etapa de acabamento era realizada de forma espaçada, dependendo da equipe que estava trabalhando na obra, de forma que o acabamento das edificações só foi concluído no final da obra.

O empreendimento B, que iniciou em 2015, foi entregue em dezembro de 2017, de modo que recém completou 1 ano e todos os seus sistemas construtivos ainda estão na garantia da construtora. Por esse motivo a equipe de pós-obra da construtora ainda se encontra fixada na

obra entregando os apartamentos, recebendo as ocorrências de manifestações patológicas e realizando os reparos necessários.

O acesso ao condomínio foi solicitado à equipe de pós-obra da construtora. O pós-obra decidiu, juntamente com o síndico do prédio, que apenas os apartamentos que ainda não tinham sido entregues poderiam ser vistoriados. Dessa forma a pesquisa vistoriou 25 apartamentos, todos desocupados e nunca antes utilizados por moradores.

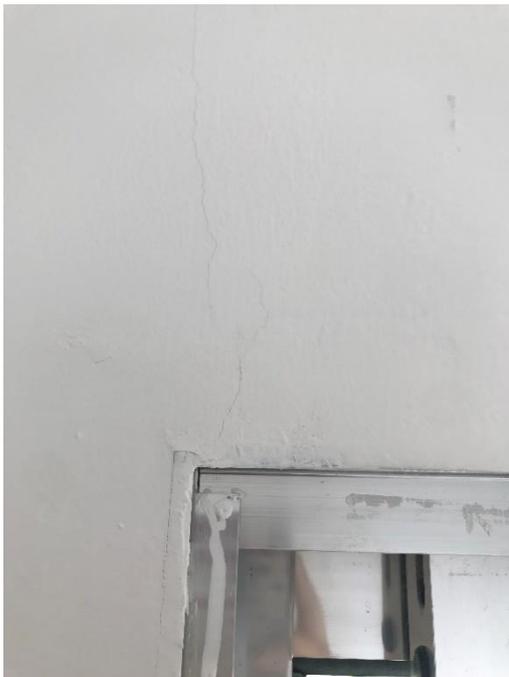
5.1.3 Definição do nível da inspeção

No caso do empreendimento B, foram identificadas as seguintes características para definição do nível: edificação de média complexidade técnica de manutenção e operação de seus elementos e sistemas construtivos. E, ainda, edificação com mais de um pavimento, com plano de manutenção, além de empresas terceirizadas contratadas para execução de atividades específicas como manutenção de bombas, portões, reservatórios de água, dentre outros. De acordo com essas características a inspeção na edificação foi classificada como nível 2.

5.1.4 Manifestações patológicas identificadas

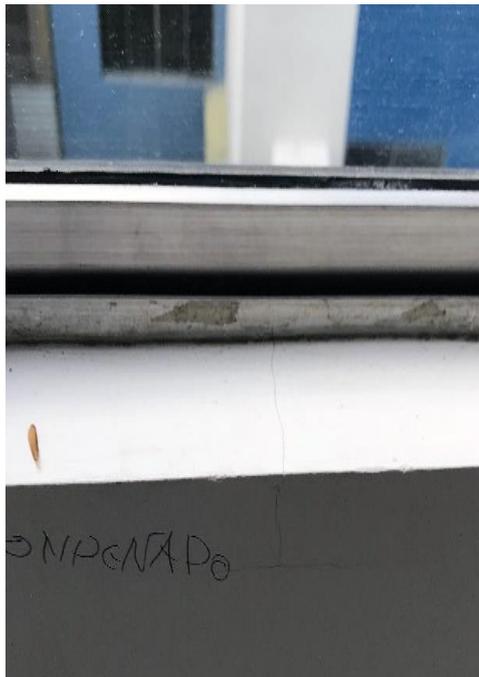
Após a compilação dos dados da vistoria, foram identificadas 106 ocorrências de manifestações patológicas distribuídas nos 25 apartamentos. Essas manifestações patológicas foram classificadas em 14 diferentes tipologias. Da Figura 44 até a Figura 57 são ilustradas as manifestações patológicas encontradas no empreendimento B.

Figura 44 – Fissuras em aberturas de portas e janelas



Fonte: Autora (2018)

Figura 45 – Fissuras na parte inferior das esquadrias de alumínio



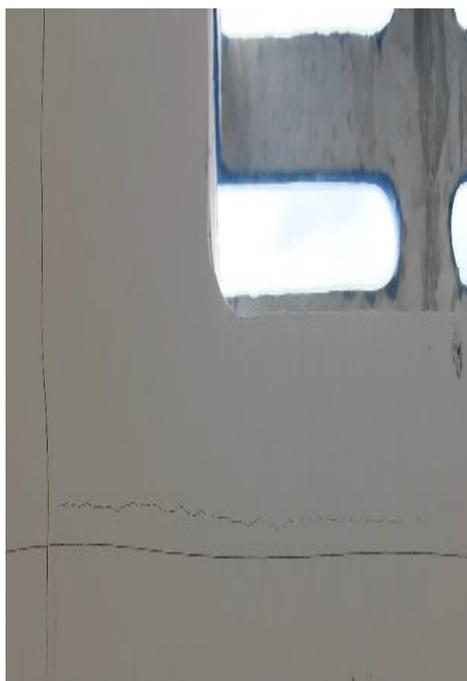
Fonte: Autora (2018)

Figura 46 – Fissura no encontro de paredes



Fonte: Autora (2018)

Figura 47 – Fissura ao redor da caixa de ar-condicionado



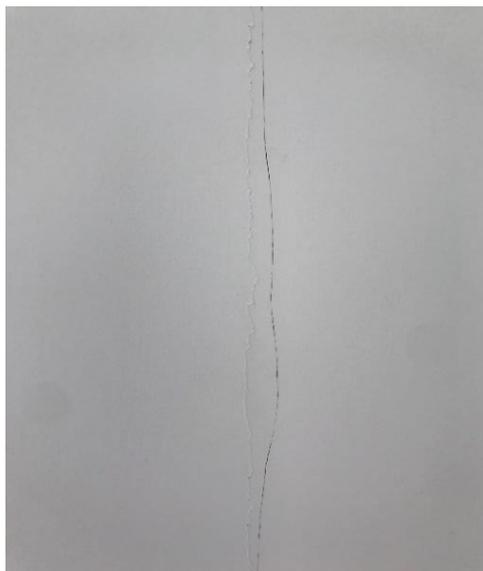
Fonte: Autora (2018)

Figura 48 – Fissuras no meio da parede



Fonte: Autora (2018)

Figura 49 – Grandes fissuras no meio das paredes



Fonte: Autora (2018)

Figura 50 – Manchas de umidade no meio das paredes internas



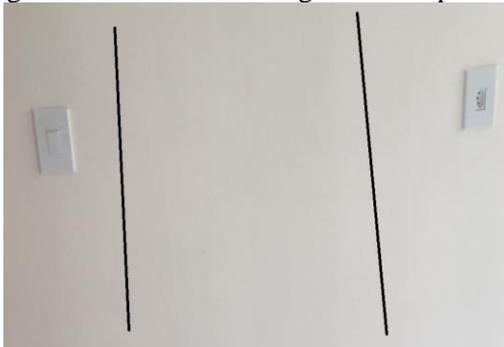
Fonte: Autora (2018)

Figura 51 – Manchas de umidade ao redor das esquadrias nas paredes internas



Fonte: Autora (2018)

Figura 52 – Manchas retangulares nas paredes



Fonte: Autora (2018)

Figura 54 – Bolor ao redor das janelas



Fonte: Autora (2018)

Figura 56 – Descolamento do revestimento cerâmico



Fonte: Autora (2018)

Figura 53 – Falhas da pintura



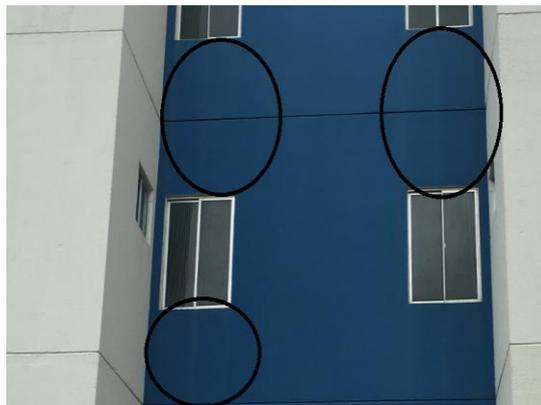
Fonte: Autora (2018)

Figura 55 – Pequenos furos no revestimento



Fonte: Autora (2018)

Figura 57 – Manchas de umidade nas fachadas dos blocos



Fonte: Autora (2018)

5.2 Caso de empreendimentos com vedações em gesso acartonado (Empreendimento C)

Outra vedação vertical inovadora abordada no estudo foram as vedações verticais em gesso acartonado, conhecidas como *drywall*. Para esta tecnologia foram visitadas duas edificações públicas idênticas. Por esse motivo as informações das edificações foram compiladas e apresentadas neste trabalho como empreendimento C.

5.2.1 Caracterização do empreendimento

O empreendimento C aborda edificações públicas que abrigam os Centros Integrados de Segurança Pública (CISP) do estado de Alagoas. Os CISPs vêm com o intuito de unir os trabalhos do policiamento civil e militar numa só edificação, possibilitando a integração entre os órgãos e melhorando a segurança dos municípios. Os CISPs utilizados como estudo de caso da pesquisa estão localizados nas cidades de Girau do Ponciano e Junqueiro, ambas localizadas no interior do estado.

Todos os CISPs do estado estão localizados em cidades do interior, substituindo os Grupamentos Policiais Militares (GPM), os quais geralmente funcionavam em casas alugadas que não atendiam às condições de segurança, conforto e praticidade necessários à instalação de uma Base Policial.

Os recursos para construção e aquisição de equipamentos são provenientes do Governo do Estado de Alagoas. A contratação da empresa foi realizada através de processo licitatório, tendo a licitação sido feita por meio de Regime Diferenciado de Contratação Pública (RDC), que autoriza a empresa vencedora do processo a realizar tanto o projeto quanto a execução do empreendimento.

De acordo com a Lei nº 12.462, de 4 de agosto de 2011, que institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas – RDC, em seu art. 9º:

Nas licitações de obras e serviços de engenharia, no âmbito do RDC, poderá ser utilizada a contratação integrada, desde que técnica e economicamente justificada e cujo objeto envolva, pelo menos, uma das seguintes condições:

- I – inovação tecnológica ou técnica;*
- II – possibilidade de execução com diferentes metodologias; ou*
- III – possibilidade de execução com tecnologias de domínio restrito no mercado.*

Deste modo, percebe-se que o processo licitatório foi pensado desde o início no sentido de utilizar tecnologias inovadoras para construção do empreendimento. O edital do RDC que tinha como objeto a contratação de empresa para elaboração do projeto executivo e execução das

obras dos CISPs exigia uma qualificação técnica mínima para que a empresa pudesse concorrer, que pode ser observado no Quadro 15.

Quadro 15 – Exigência de qualificação técnica da licitação

Exigência mínima para habilitação
Ter produzido edificações pré-fabricadas em sistema modular
Ter executado obras de edificações pré-fabricadas em sistema modular
Ter executado obras na área da segurança pública

Fonte: Edital do regime diferencial de contratação (2018)

Observando as exigências técnicas mínimas, é notório que apenas empresas com *know how* em sistemas modulares pré-moldados poderiam participar dessa licitação pública, enaltecendo o fato de que os benefícios dos sistemas construtivos inovadores estão sendo reconhecidos pelos gestores de órgãos públicos.

A empresa contratada para projeto e execução dos CISPs utilizou o sistema construtivo de módulos industrializados. Os módulos padrões fabricados pela empresa possuem dimensão de 3 x 6 m e 3 x 7 m, e são combinados de modo a oferecer diversas possibilidades de geometrias para o empreendimento.

Esse sistema tem a grande vantagem de sair praticamente pronto de fábrica, restando para o canteiro somente a montagem. Cerca de 90% da obra é feita na fábrica, incluindo as passagens para tubulações elétricas e hidráulicas. O sistema é amplamente utilizado em escolas, centros comerciais, hotéis, órgãos públicos, entre outros. As etapas padrão da execução da obra com esse sistema construtivo são demonstradas a seguir (Figura 58, Figura 59, Figura 60, Figura 61 e Figura 62).

Figura 58 – Produção dos módulos na fábrica



Fonte: Site da empresa fabricante dos módulos (2018)

Figura 59 – Carregamento dos módulos para transporte



Fonte: Site da empresa fabricante dos módulos (2018)

Figura 60 – Transporte dos módulos



Fonte: Site da empresa fabricante dos módulos (2018)

Figura 61 – Montagem dos módulos na obra



Fonte: Site da empresa fabricante dos módulos (2018)

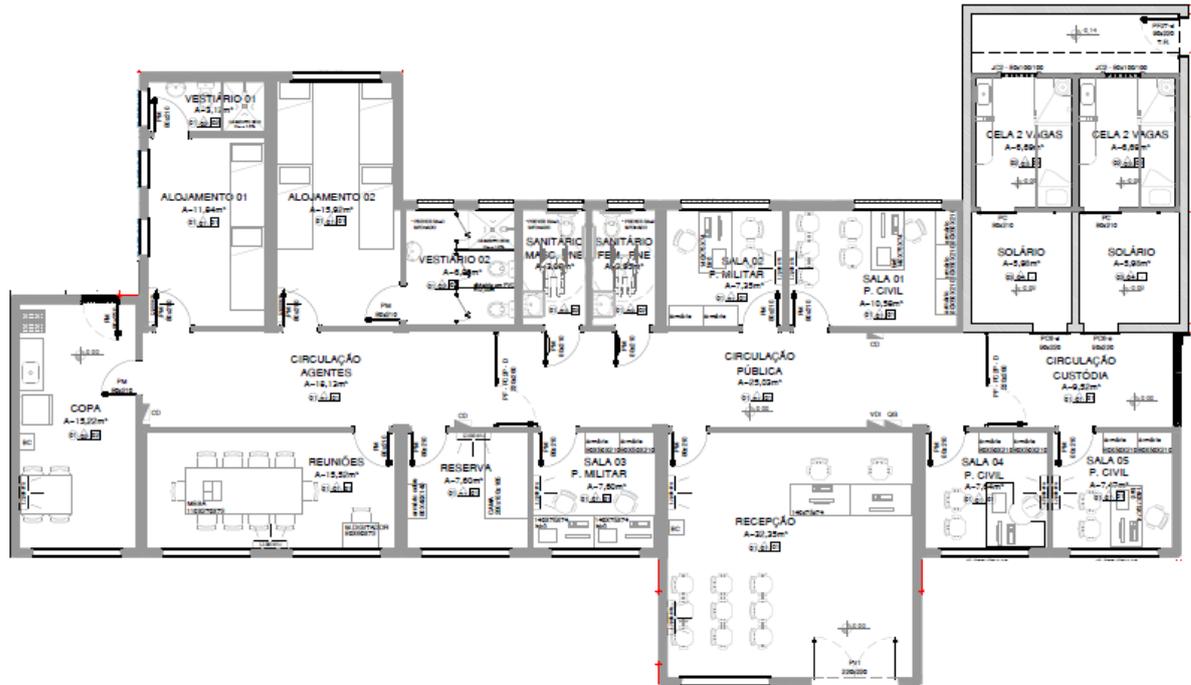
Figura 62 – Obra finalizada



Fonte: Site da empresa fabricante dos módulos (2018)

No caso dos CISP's os módulos foram combinados de modo a proporcionar um ambiente de aproximadamente 287 m², dividido em recepção, circulação, salas destinadas aos setores administrativos das polícias civis e militar, sala de reuniões, copa, alojamentos, vestiários e celas dos detentos. O projeto arquitetônico pode ser visto na Figura 63 e a fachada do empreendimento na Figura 64.

Figura 63 – Projeto arquitetônico padrão dos CISPs



Fonte: Edital de licitação do regime diferencial de contratação (2018)

Figura 64 – Fachada do empreendimento C



Fonte: Autora (2018)

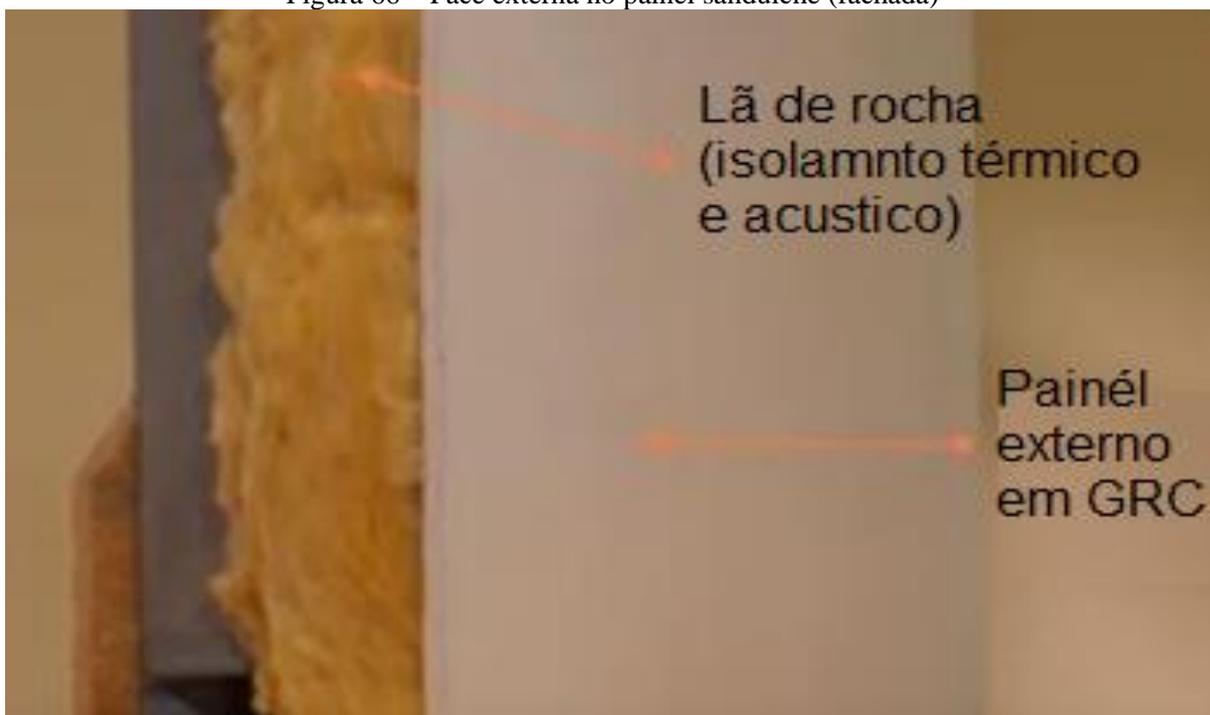
As vedações verticais dos módulos são compostas de painéis pré-moldados, que diferem de acordo com a sua localização. As paredes externas são constituídas por painéis sanduíche. Nesses painéis, as placas externas, que constituem a fachada, utilizam painéis em cimento reforçado com fibras de vidro (GRC) e as placas internas são de gesso acartonado (*drywall*). Entre essas duas camadas, lã de rocha para isolamento térmico e acústico. Para sustentação da estrutura são utilizados perfis e encaixes em aço galvanizado. O detalhamento de tais painéis pode ser observado na Figura 65 e na Figura 66.

Figura 65 – Face interna do painel sanduíche



Fonte: Site da empresa fabricante dos módulos (2018)

Figura 66 – Face externa no painel sanduíche (fachada)



Fonte: Site da empresa fabricante dos módulos (2018)

No caso das paredes internas, também são pré-fabricadas, e utilizam gesso acartonado em ambas as faces. De acordo com o memorial descritivo do empreendimento, as paredes internas ainda contam com isolamento termoacústico e atendem aos requisitos da NBR 15575 (ABNT, 2013).

Todas as vedações são pintadas com tinta acrílica sobre massa corrida, com exceção das áreas molhadas, onde há aplicação de cerâmica esmaltada 30 cm x 30 cm. As esquadrias são confeccionadas em alumínio branco com vidro, fixadas ao contramarco e vedadas com silicone. Todas as esquadrias externas são protegidas por grades metálicas. O portão de acesso é composto por chapa galvanizada com perfis metálicos circulares. As portas internas são todas em madeira.

Cada empreendimento possui duas celas para detentos, as quais são constituídas de materiais diferentes dos demais cômodos. Os pisos, paredes e tetos das celas são executados em Concreto de Alto Desempenho com acabamento polido e resistência superior a 50 MPa.

Os dois CISPs visitados pela equipe foram iniciados e finalizados em 2018. Em todo o estado encontram-se em funcionamento 16 unidades. Outras três estão em construção. A licitação

prevê a construção de 30 unidades, que serão contratadas de acordo com a necessidades dos municípios.

O acesso ao empreendimento C foi solicitado junto à Secretaria de Segurança Pública de Alagoas, que autorizou a visita dos dois CISPs mencionados, sempre acompanhada de representantes do setor de engenharia desta Secretaria.

Todas as vedações inspecionadas eram compostas de placas de gesso acartonado. Nas paredes externas foram observadas suas faces internas, compostos pelas placas de gesso acartonado. Nas divisórias internas foram inspecionadas todas as faces, todas em gesso acartonado.

5.2.2 Definição do nível de inspeção

No caso do empreendimento C, foram observadas as seguintes características para definição do nível da inspeção: edificação de média complexidade técnica de manutenção e operação de seus elementos e sistemas. A média complexidade é caracterizada pelo nível de inovação dos sistemas utilizados. Além disso, a edificação possui plano de manutenção e empresas terceirizadas contratadas para manutenção de bombas, instalações, reservatórios, entre outros. De acordo com as características citadas, a inspeção é classificada como nível 2.

5.2.3 Manifestações patológicas encontradas

Após a compilação dos dados da vistoria, foram identificadas 45 ocorrências de manifestações patológicas distribuídas nas 2 unidades visitadas. Essas manifestações patológicas foram classificadas em 8 diferentes tipologias. Da Figura 67 até a Figura 74 são ilustradas as manifestações patológicas encontradas no empreendimento C.

Figura 67 - Fissuras nas ligações de paredes perpendiculares



Fonte: Autora (2018)

Figura 68 - Fissuras ao redor das esquadrias (de alumínio e de madeira)



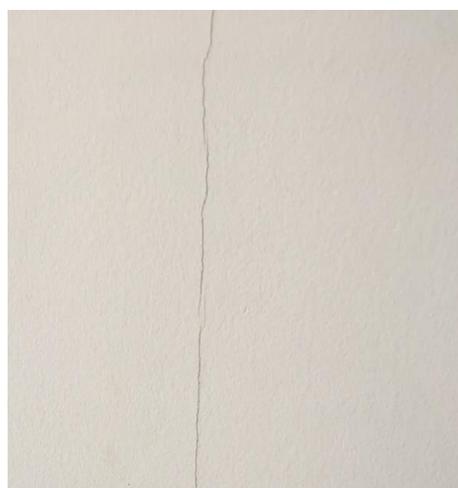
Fonte: Autora (2018)

Figura 69 - Fissuras no encontro de dois tipos de vedações



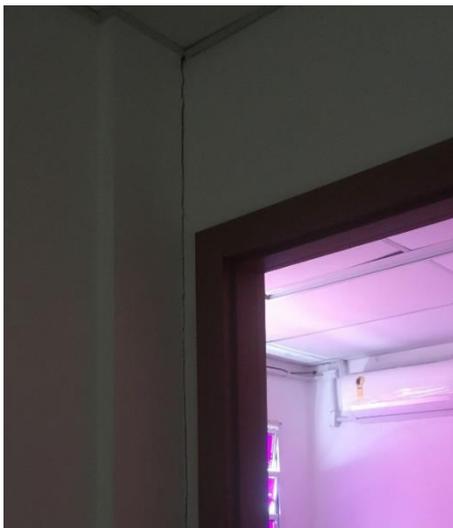
Fonte: Autora (2018)

Figura 70 - Fissuras no encontro entre placas



Fonte: Autora (2018)

Figura 71 - Fissuras entre monoblocos



Fonte: Autora (2018)

Figura 72 - Fissura horizontal



Fonte: Autora (2018)

Figura 73 - Manchas de umidade próximas ao forro



Fonte: Autora (2018)

Figura 74 - Manchas de umidade próximas aos condicionadores de ar



Fonte: Autora (2018)

5.3 Caso de empreendimentos com vedações em painéis sanduíche (Empreendimento D)

5.3.1 Caracterização do empreendimento

O empreendimento D é uma edificação pública que abriga uma escola de educação infantil municipal, localizada na cidade de Arapiraca, interior do estado de Alagoas. A edificação tem capacidade de atendimento de até 224 crianças, em dois turnos (matutino e vespertino), e 112 crianças em período integral. As escolas de educação infantil são destinadas a crianças na faixa etária de 0 a 5 anos e 11 meses. A fachada da edificação pode ser observada na Figura 75.

Figura 75 - Fachada do empreendimento D



Fonte: Autora (2018)

Os recursos para construção e aquisições de equipamentos são do Governo Federal, através do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). A contratação da empresa foi realizada através de processo licitatório, no qual a licitação se deu no Regime Diferenciado de Contratação Pública (RDC), que autoriza a empresa vencedora do processo a realizar tanto o projeto quanto a execução do empreendimento.

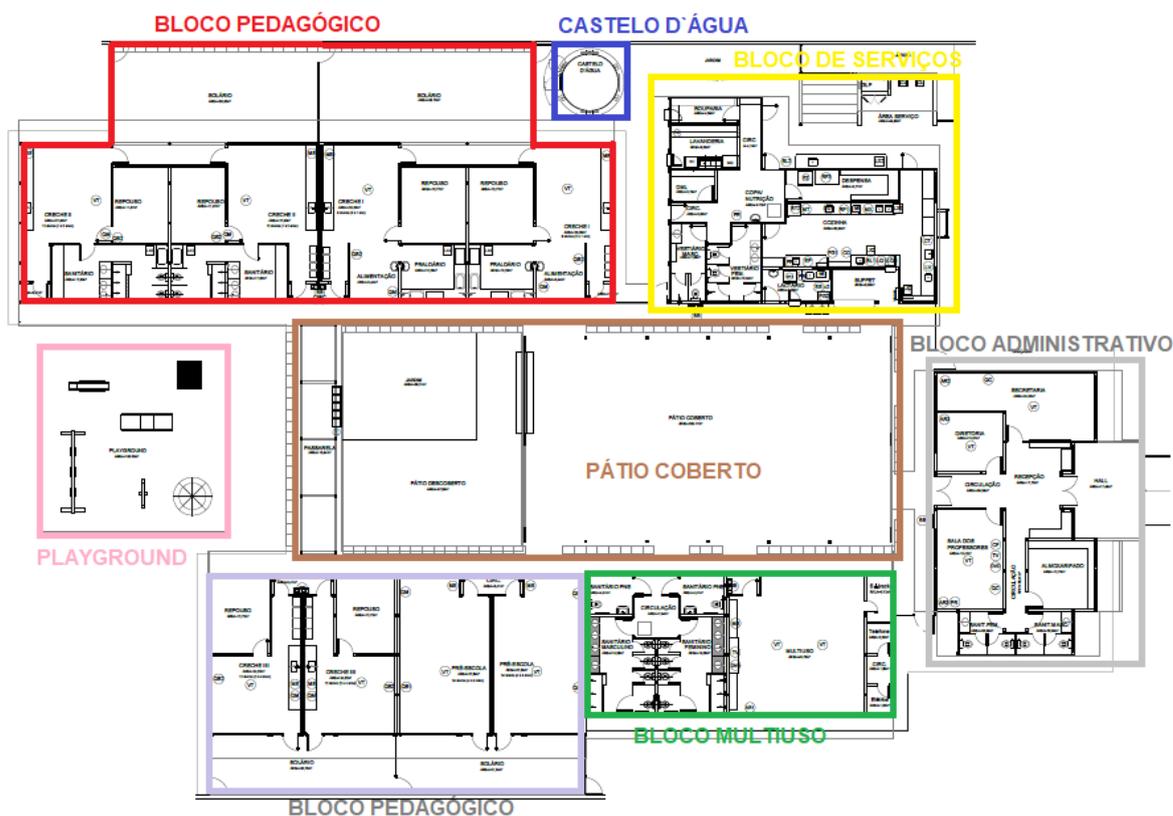
O edital lançado previa a construção de 100 escolas de educação infantil, distribuídas nos estados de Alagoas, Pernambuco e Sergipe. Para este edital, o Ministério da Educação fornecia um projeto padrão da edificação, que fixava seu *layout* arquitetônico, sem determinar o sistema construtivo que seria utilizado. Com base nesse projeto, as empresas participantes do processo licitatório deveriam executar um Projeto de Transposição, que consiste na adaptação do *layout* arquitetônico exigido ao sistema construtivo utilizado pela empresa construtora. Este projeto, que era submetido à aprovação da comissão de licitação, deveria mostrar que o sistema construtivo em questão otimizava os processos para execução das obras, considerando o projeto arquitetônico padrão.

No caso do Empreendimento D, seu projeto arquitetônico indica que a edificação deve ser composta de 5 blocos distintos de acordo com a função a que se destinam. São eles: bloco administrativo, bloco de serviços, bloco multiuso e 2 blocos pedagógicos. Os blocos juntamente com o pátio coberto são interligados por circulação coberta. Na área externa estão o playground e o castelo d'água. A área útil total da edificação é de 1.316,28 m².

Os blocos, que podem ser vistos na Figura 76, são compostos pelos seguintes ambientes:

- Bloco Administrativo: hall, recepção, secretaria, circulação interna, diretoria, sala de professores, almoxarifado, sanitários adultos: masculino e feminino;
- Bloco de Serviços: circulação interna, rouparia, copa funcionários, depósito de material de limpeza, vestiário masculino, vestiário feminino, despensa, cozinha, área de serviço externa;
- Blocos Pedagógicos:
 - Bloco Creche I e II – crianças de 0 a 3 anos: fraldário, sanitário, atividades, repouso, alimentação, solário;
 - Bloco Creche III e pré-escola – crianças de 3 a 5 anos e 11 meses: atividades, repouso e solário;
- Bloco Multiuso: sala multiuso, 02 sanitários infantis, 02 sanitários para adultos e pessoas com deficiência, sala de apoio à informática, sala de energia elétrica, sala de telefonia;
- Pátio Coberto: espaço de integração entre as diversas atividades e diversas faixas etárias, onde se localiza o refeitório;
- Playground: espaço não coberto destinado à instalação dos brinquedos infantis;
- Castelo d'água: elemento cilíndrico metálico, que abriga os reservatórios de água.

Figura 76 – Projeto arquitetônico do empreendimento D dividido por blocos



Fonte: Edital de licitação (2012)

A empresa construtora do empreendimento D atua no ramo de fornecimento de equipamentos educacionais pré-fabricados. Na cidade de Arapiraca, onde o estudo foi realizado, a construtora já executou uma escola pública estadual e, através dessa licitação, deveria ter executado três escolas de ensino infantil. Por problemas contratuais entre a empresa e a Prefeitura do município, apenas uma das edificações foi entregue, estando as outras duas com as obras paralisadas.

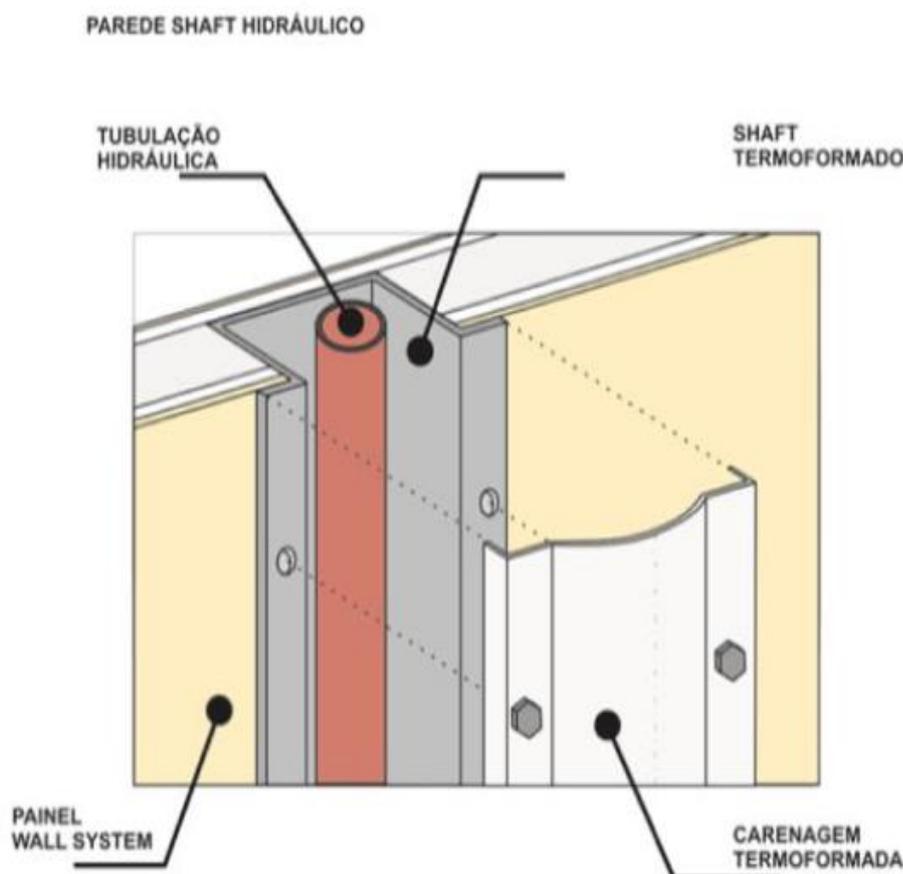
O sistema construtivo pré-fabricado utilizado pela empresa tem nome comercial “Wall System”, de acordo com seu memorial descritivo, e apresenta as seguintes vantagens em relação à construção convencional: alta velocidade na construção, padronização da execução, racionalização da manutenção, insumos de produção de origem nacional, processo de produção industrializado e automatizado, alta durabilidade, redução de patologias e dos custos de manutenção, além de prazos de garantia superiores à construção convencional.

O sistema construtivo modular *Wall System* para edificações escolares é composto pelos subsistemas inovadores estrutural e de vedações verticais e horizontais (paredes e forros); e por subsistemas convencionais: fundação, esquadrias, instalações elétricas e hidráulicas; estrutura da cobertura e cobertura. Cada um dos subsistemas será detalhado a seguir, salientando-se que o foco do trabalho será a análise das vedações verticais.

O projeto da fundação definido é do tipo radier. Este tipo de fundação é composto por lajes de concreto armado em contato direto com o solo e possui seção típica de 10 cm de espessura, utilizando concreto de resistência (F_{ck}) 30 Mpa e aço CA-50 e CA-60.

As instalações hidráulicas, compostas por tubos e conexões de PVC são embutidas em painéis com espessura 96 mm, com execução de shaft's para acomodação das instalações hidráulicas (Figura 77).

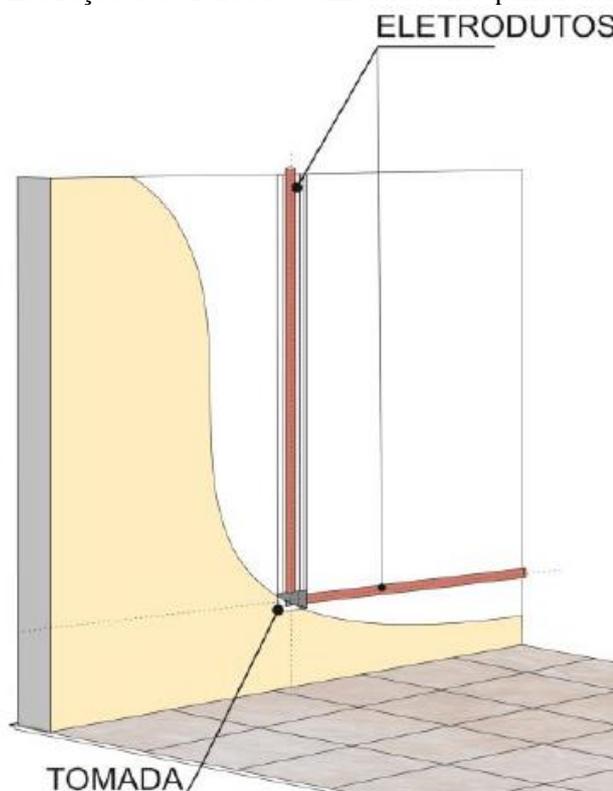
Figura 77 – Demonstração do shaft hidráulico nos painéis sanduíche



Fonte: Memorial descritivo do empreendimento D (2012)

As instalações elétricas foram executadas através de eletrodutos, conduletes e caixas de passagem. Os eletrodutos e pontos de consumo já vêm embutidos nos painéis de fábrica (Figura 78), são ligados por um adesivo a base de poliuretano, sendo apenas montados *in loco*.

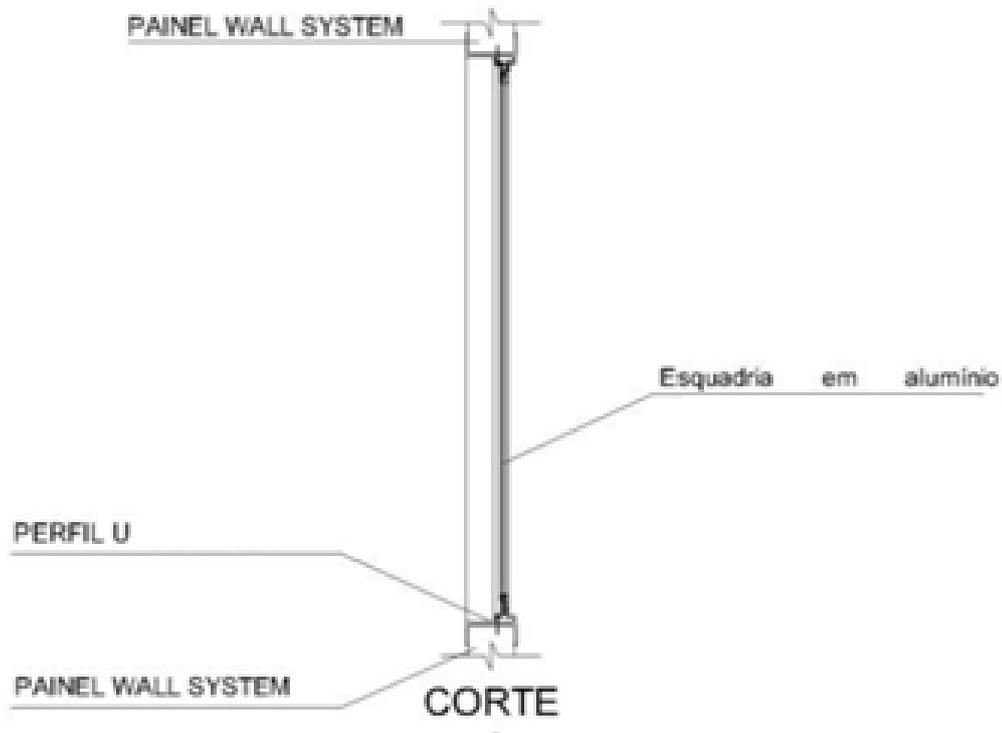
Figura 78 – Ilustração dos eletrodutos embutidos nos painéis sanduíche



Fonte: Memorial descritivo do empreendimento D (2012)

As esquadrias de alumínio são fixadas no contramarco de perfil metálico. Esses perfis são colados no painel, apresentando comprimento conforme dimensões das esquadrias. O corte que ilustra a instalação das esquadrias pode ser visto na Figura 79.

Figura 79 – Ilustração da instalação das esquadrias de alumínio



Fonte: Memorial descritivo do empreendimento D (2012)

As portas são de madeira compensada e os batentes das portas são instalados nos contramarcos em perfil metálico, com espuma expansiva de poliuretano. Os marcos e alisares são fixados por intermédio de parafusos, sendo necessário, no mínimo, 8 parafusos por marco.

A estrutura é composta por conexões de aço, resistente à corrosão, e por perfis pultrudados constituídos de matriz polimérica, pigmentados na cor de acabamento, sem necessidade de revestimento ou pintura. O engradamento metálico da cobertura é feito em aço galvanizado. Os fixadores são revestidos por uma dispersão aquosa que contém flocos de zinco, alumínio e outros agentes químicos específicos.

As paredes são constituídas por painéis sanduíche, denominados comercialmente de *Wall System*, de fabricação da própria construtora. Os painéis das paredes são compostos por um núcleo de poliestireno expandido (EPS) e placas de gesso acartonado com 12,5 mm de espessura, sendo aderidas nas duas faces do painel lâminas de plástico reforçado de fibra de

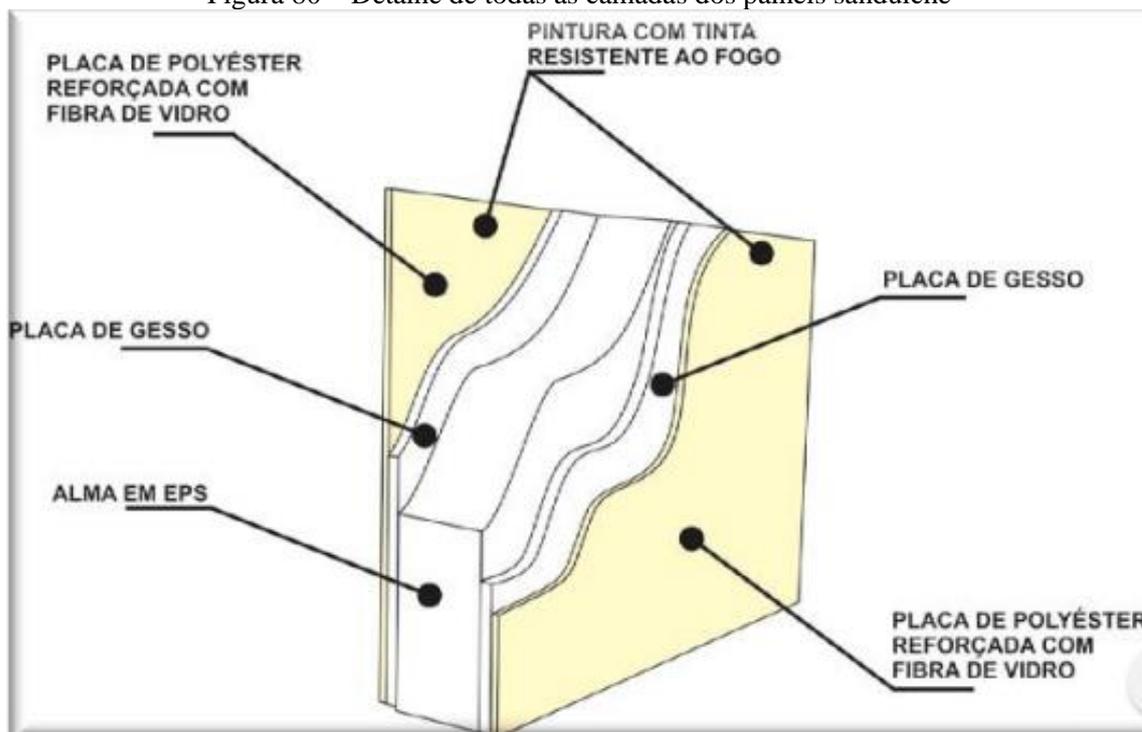
vidro com 2,5 mm de espessura. As placas de EPS, gesso acartonado e lâminas plástico (poliéster) reforçado de fibra de vidro são coladas com adesivo poliuretano. Todos os painéis do sistema construtivo são contornados por um quadro de perfis pultrudados do modelo perfil de borda, e no contorno de portas e janelas são utilizados perfis pultrudados do tipo perfil de fixação.

Os painéis das faces externas das paredes e das áreas molhadas são revestidos em gel coat, tipo de revestimento produzido com resinas de poliéster, que cria uma barreira química em superfícies de fibra de vidro. Ele proporciona à peça uma superfície lisa e brilhante, além de facilitar a sua conservação.

Nas faces internas das paredes é utilizada tinta intumescente, revestimento que promove proteção contra a ação do fogo. São inertes em baixas temperaturas, mas proporcionam isolamento térmica através da intumescência, que ocorre em temperaturas de aproximadamente 230°C, quando há o “inchamento” da película, gerando uma camada carbonizada de materiais que funcionam como isolante térmico.

A colagem dos painéis é realizada em prensas a vácuo, nas quais são montados os sanduíches, ou seja, ocorre a compactação das camadas citadas. Nessa etapa o painel já está com os eletrodutos, que são ligados por um adesivo à base de poliuretano. A Figura 80 detalha todas as camadas que compõem os painéis sanduíche.

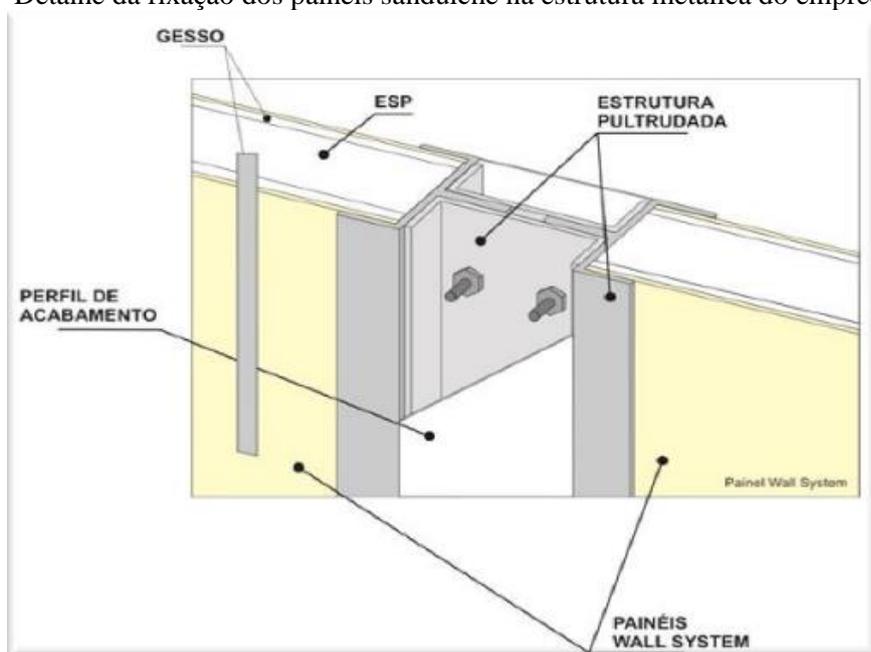
Figura 80 – Detalhe de todas as camadas dos painéis sanduíche



Fonte: Memorial descritivo do empreendimento D (2012)

Os painéis têm dimensões moduladas e são fixados à estrutura por perfis de borda que são previamente colados com adesivo estrutural no seu processo de fabricação. Estes perfis de borda são fixados tanto nos pilares quanto nas vigas (Figura 81).

Figura 81 – Detalhe da fixação dos painéis sanduíche na estrutura metálica do empreendimento D

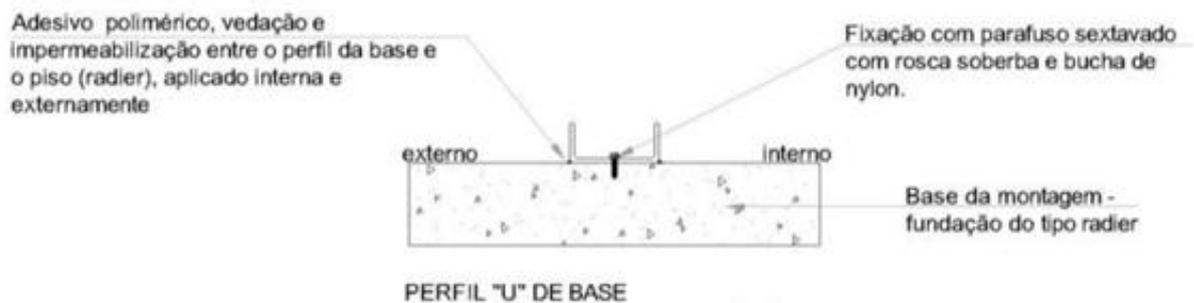


Fonte: Memorial descritivo do empreendimento D (2012)

A construção da edificação é toda baseada em atividades de montagem, característica própria dos sistemas pré-fabricados. Os painéis chegam na obra embalados, em caixas apropriadas, com identificação e já com os perfis de borda colados de fábrica. A sequência de montagem *in loco* é demonstrada abaixo.

Primeiro ocorre a demarcação dos pontos de locação dos perfis de base na fundação tipo radier, conforme indicado em projeto. Após finalizada a marcação, fixam-se os perfis de base com parafusos autoatarraxantes e buchas de nylon, e aplica-se também adesivo polimérico entre o perfil de base e o radier, para vedação e impermeabilização. (Figura 82)

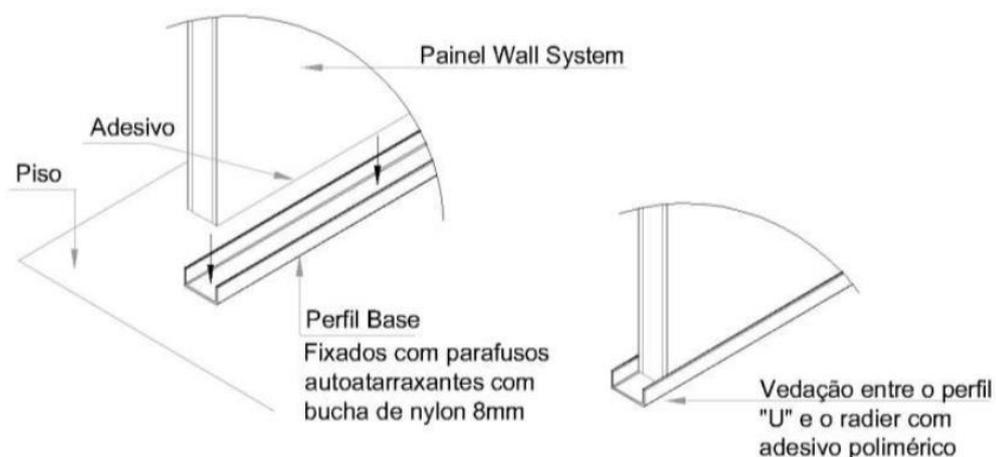
Figura 82 – Detalhe da fixação dos perfis de base no radier



Fonte: Memorial descritivo do empreendimento D (2012)

Posteriormente à fixação do perfil de base ocorre a fixação do painel sanduíche (*wall system*) no perfil de base, através de adesivo epóxi (Figura 83).

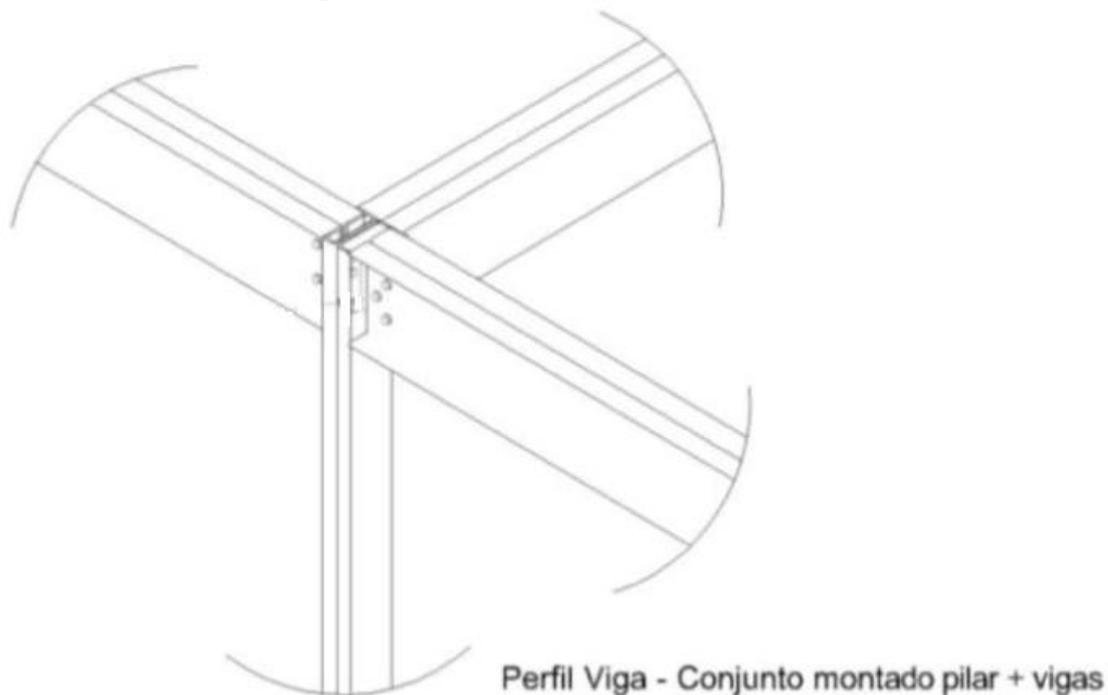
Figura 83 – Fixação do painel sanduíche no perfil de base



Fonte: Memorial descritivo do empreendimento D (2012)

Em seguida à fixação dos painéis de vedação, ocorre a ligação com a estrutura metálica, composta de vigas e pilares, tudo fixado através de conexões metálicas (Figura 84).

Figura 84 - Estrutura metálica montada



Fonte: Memorial descritivo do empreendimento D (2012)

Essas são as principais etapas da montagem da edificação. Após tais etapas finaliza-se com a montagem da cobertura, instalações e acabamento.

O empreendimento D tinha em seu cronograma a previsão de ser construído em 150 dias. Porém, a obra sofreu inúmeras paralisações por motivos contratuais, fazendo com que houvesse um grande atraso. A obra iniciou em 2013 e só foi entregue à população em abril de 2016.

O acesso ao empreendimento e sua documentação foram solicitados na Prefeitura do município, através do setor de infraestrutura da Secretaria de Educação, sendo aquele permitido nos finais de tarde, quando a movimentação de alunos e funcionários é menor.

A entrada nos ambientes dependia das atividades que estavam sendo realizadas pelas crianças naquele momento. Não houve acesso a uma parte da edificação, uma vez que, por motivos de falha nas instalações elétricas, essa parte da edificação estava sem eletricidade, fechada e inutilizada a algum tempo, de acordo com a gestora.

As visitas foram acompanhadas pela diretora pedagógica da edificação. As informações técnicas, entrevistas e documentos foram disponibilizadas pelo engenheiro da Prefeitura que foi fiscal da obra.

5.3.2 Definição do nível de inspeção

No caso do empreendimento D, foram observadas as seguintes características para definição do nível da inspeção: edificação de média complexidade técnica de manutenção e operação de seus elementos e sistemas. A média complexidade é caracterizada pelo nível de inovação dos sistemas utilizados. Além disso, a edificação possui plano de manutenção e deve contratar empresas terceirizadas para manutenção de bombas, instalações, reservatórios, entre outros. De acordo com as características citadas, a inspeção é classificada como nível 2.

5.3.3 Manifestações patológicas identificadas

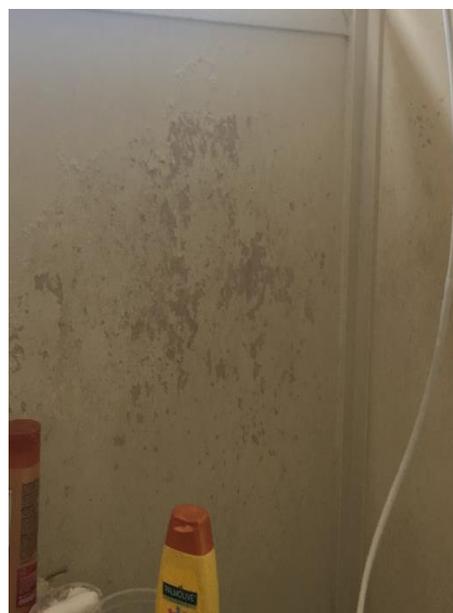
Após a compilação dos dados da vistoria, foram identificadas 54 ocorrências de manifestações patológicas distribuídas no empreendimento D. Essas manifestações patológicas foram classificadas em 6 diferentes tipologias. Da Figura 85 até a Figura 89 são ilustradas as manifestações patológicas no empreendimento D.

Figura 85 – Manchas e desagregação do revestimento ao redor das janelas



Fonte: Autora (2018)

Figura 86 – Manchas e desagregação do revestimento em áreas molhadas



Fonte: Autora (2018)

Figura 87 – Manchas e desagregação do revestimento nas faces externas das vedações



Fonte: Autora (2018)

Figura 88 – Desgaste do revestimento nas faces internas das paredes



Fonte: Autora (2018)

Figura 89 – Segregação das camadas dos painéis nas faces externas



Fonte: Autora (2018)

5.4 Caso de empreendimentos com vedações em bloco de gesso (Empreendimento E)

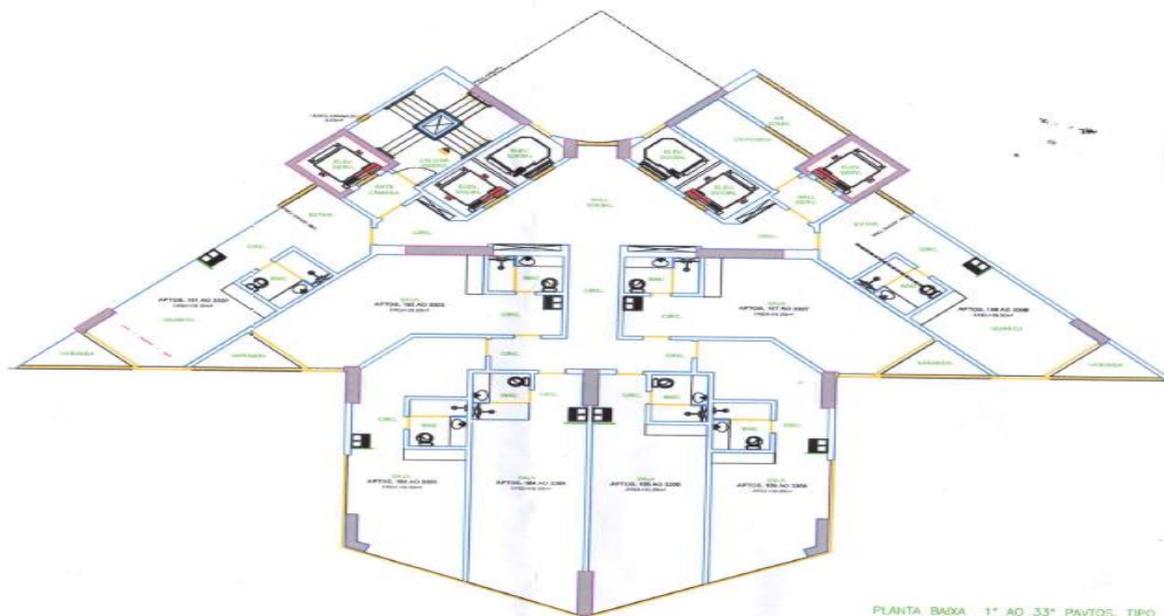
5.4.1 Caracterização do empreendimento

O empreendimento E abriga um hotel, localizado na orla de Recife. O empreendimento foi inaugurado em 2012, tendo 7 anos de funcionamento.

A construção da edificação foi contratada por uma rede internacional de hotéis, sendo executada por uma construtora que atua há mais de 30 anos no Nordeste, sendo uma das maiores incorporadoras da região. Com sede em Recife, a construtora atua contemporaneamente em 5 estados – Pernambuco, Alagoas, Bahia, Rio Grande do Norte e Ceará.

O empreendimento E é composto por: pavimento subsolo, utilizado como estacionamento; pavimento térreo, também utilizado como estacionamento; pavimento vazado 1, onde estão localizados estacionamento, sala de reuniões, portaria, hall, restaurante, banheiros, área administrativa, depósito, entre outros cômodos; pavimento vazado 2, onde se localiza o terraço descoberto com piscina, sauna, área de relaxamento, bar, academia, banheiros, entre outros cômodos; pavimentos tipos, onde se localizam os quartos da edificação. São 35 pavimentos tipos que abrigam 272 quartos (Figura 90).

Figura 90 – Projeto arquitetônico do pavimento tipo do empreendimento E.



Fonte: Empreendimento E (2013)

Toda a estrutura da edificação é de concreto armado. Nos pavimentos tipo todas as vedações internas foram executadas em bloco de gesso; já no térreo e pavimentos vazados há utilização de vedações em bloco de gesso e também alvenaria de blocos cerâmicos.

Nos quartos, todo o revestimento das áreas secas é feito com papel de parede aderido sobre as vedações de bloco de gesso (Figura 91 e Figura 92) e as áreas molhadas têm revestimento cerâmico em suas paredes (Figura 93). O revestimento dos quartos impossibilitou a vistoria dos cômodos, visto que não foi possível observar o real estado das vedações, cobertas pelo papel de parede e cerâmica.

Figura 91 – Vista dos quartos do empreendimento



Fonte: Autora (2018)

Figura 92 – Detalhe do revestimento de papel de parede dos quartos



Fonte: Autora (2018)

Figura 93 – Vista do revestimento cerâmico dos banheiros dos quartos



Fonte: Autora (2018)

Em entrevista ao gerente da edificação, obteve-se a informação de que o hotel pretende mudar o revestimento de todos os quartos. A mudança deve ocorrer porque os hóspedes alegam cheiro de mofo nos quartos. Constatou-se que, próximo às esquadrias dos quartos, há sinais de descolamento do papel de parede, que pode ser ocasionado por umidade proveniente das janelas (Figura 94). Desse modo, o papel de parede molhado pode acarretar o odor que incomoda os hóspedes.

Figura 94 – Papel de parede descolando próximo as esquadrias



Fonte: Autora (2018)

Esta foi a única manifestação patológica encontrada nos quartos, porém a mesma não faz parte do escopo da pesquisa, pois as vedações da fachada são em alvenaria de tijolos cerâmicos, citando-a apenas a título de enriquecimento do estudo de caso.

Deste modo, obteve-se a autorização de vistorias à área administrativa do hotel. A área, de aproximadamente 100 m², localizada no térreo, é composta por aproximadamente 4 salas onde trabalham, em média, 5 funcionários, que atuam na administração do hotel. A área também tem suas paredes em bloco de gesso, com revestimento em pasta de gesso e pintura látex PVA branca.

A inspeção da área administrativa foi acompanhada pelo gerente do hotel. Segundo ele, não há uma equipe de engenharia fixa no hotel. Em geral, eles terceirizam os serviços de manutenção.

5.4.2 Definição do nível de inspeção

Como não foi realizada inspeção em toda a edificação, apenas em uma área limitada de administração, considerou-se apenas as características dessa área para definição de nível. Diante da baixa complexidade da área e da ausência de existência de um plano de manutenção para os sistemas da mesma, a inspeção realizada no empreendimento E foi classificada como Nível 1.

5.4.3 Manifestações patológicas identificadas

Após a vistoria, foram identificadas 10 ocorrências de manifestações patológicas no empreendimento. Essas manifestações patológicas foram classificadas em 3 diferentes tipos. Da Figura 95 até a Figura 97 as manifestações patológicas encontradas no empreendimento E são ilustradas.

Figura 95 – Fissuras ao redor das esquadrias de madeira



Fonte: Autora (2018)

Figura 96 – Fissuras no encontro da parede de gesso com elemento estrutural



Fonte: Autora (2018)

Figura 97 – Fissura no encontro da parede de gesso com o forro de gesso



Fonte: Autora (2018)

Deste modo, finaliza-se a etapa de caracterização dos empreendimentos que fazem parte desta pesquisa e identificação de cada uma das manifestações patológicas percebidas nas vistorias. O próximo capítulo abordará as manifestações patológicas identificadas em cada sistema inovador de vedação vertical, discutindo os detalhes de suas ocorrências.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo detalha as manifestações patológicas que foram identificadas em cada um dos sistemas de vedações verticais inovadores estudados. Para cada sistema, os resultados da vistoria são demonstrados e analisados numericamente, através de um levantamento quantitativo de todas as manifestações patológicas. Após esse levantamento, cada manifestação patológica é caracterizada detalhadamente, levando em consideração seu sintoma, mecanismo de ocorrência, causa, origem, a classificação de acordo com os parâmetros da Norma de Inspeção Predial (IBAPE, 2012) e as recomendações para seu reparo.

6.1 Manifestações patológicas em paredes de concreto moldadas *in loco*

6.1.1 Levantamento das ocorrências

Após o agrupamento dos dados dos dois empreendimentos foi possível obter um panorama geral das manifestações patológicas encontradas nas paredes de concreto moldadas *in loco*. O Quadro 16 mostra uma visão geral das manifestações encontradas nos dois empreendimentos.

Quadro 16 – Percentual de ocorrência das manifestações patológicas em cada um dos empreendimentos

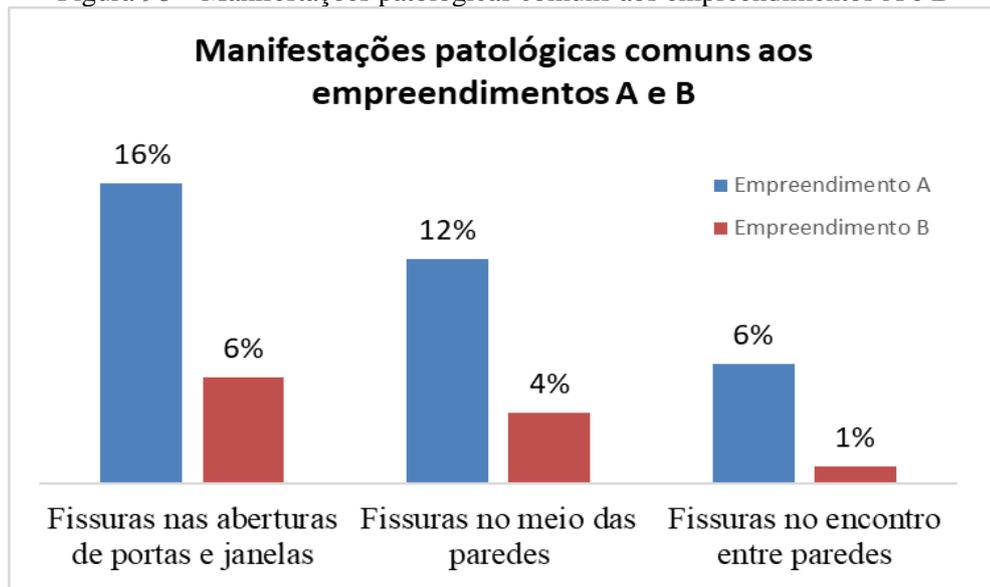
Manifestação Patológica	Empreendimento			
	A		B	
	Nº de ocorrências	%	Nº de ocorrências	%
Fissuras nas aberturas de portas e janelas	20	16%	6	6%
Fissuras no meio das paredes	15	12%	4	4%
Fissuras no encontro entre paredes	8	6%	1	1%
Mancha de umidade junto ao piso em paredes externas	29	23%	0	0%
Fissuras no topo das paredes, próximo a cobertura	12	10%	0	0%
Fissuras junto ao piso em paredes externas	10	8%	0	0%
Mancha de umidade em paredes com instalações hidráulicas	8	6%	0	0%
Portas e esquadrias de madeira danificadas	7	6%	0	0%

Manifestação Patológica	Empreendimento			
	A		B	
	Nº de ocorrências	%	Nº de ocorrências	%
Mancha de umidade no topo das paredes, próximo a cobertura	5	4%	0	0%
Fissuras em áreas que sofreram intervenção dos usuários	4	3%	0	0%
Desagregação do revestimento argamassado	4	3%	0	0%
Fissuras na ligação de paredes de concreto com paredes de alvenaria	3	2%	0	0%
Fissuras ao redor da caixa de ar condicionado	0	0%	30	28%
Fissuras na parte inferior das esquadrias de alumínio	0	0%	22	21%
Manchas de umidade ao redor das esquadrias em paredes internas	0	0%	13	12%
Falhas na pintura	0	0%	10	9%
Pequenos furos no revestimento	0	0%	8	8%
Manchas retangulares nas paredes	0	0%	6	6%
Fissuras grandes no meio das paredes	0	0%	2	2%
Manchas de umidade pontuais no meio das paredes	0	0%	2	2%
Bolor ao redor das esquadrias	0	0%	1	1%
Descolamento da cerâmica	0	0%	1	1%
Manchas de umidade nas fachadas externas	0	0%		
TOTAL	125	100,00%	106	100,00%

Fonte: Autora (2018)

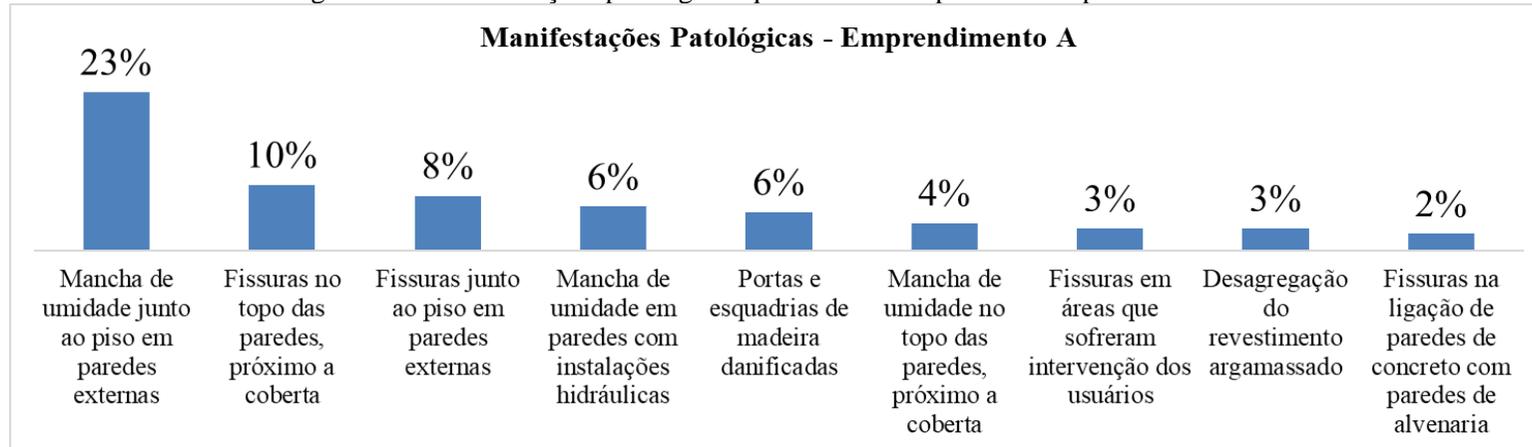
Observa-se que somente três tipos de manifestações patológicas foram comuns aos dois empreendimentos (fissuras nas aberturas de portas e janelas, fissuras no meio das paredes e fissuras no encontro entre paredes). Todas as outras ocorreram de forma isolada em apenas um dos empreendimentos. A Figura 98, a Figura 99 e a Figura 100 ilustram, através de gráficos, o quantitativo das ocorrências das manifestações comuns aos dois empreendimentos, como também as ocorrências que acontecem isoladamente a apenas um deles.

Figura 98 – Manifestações patológicas comuns aos empreendimentos A e B



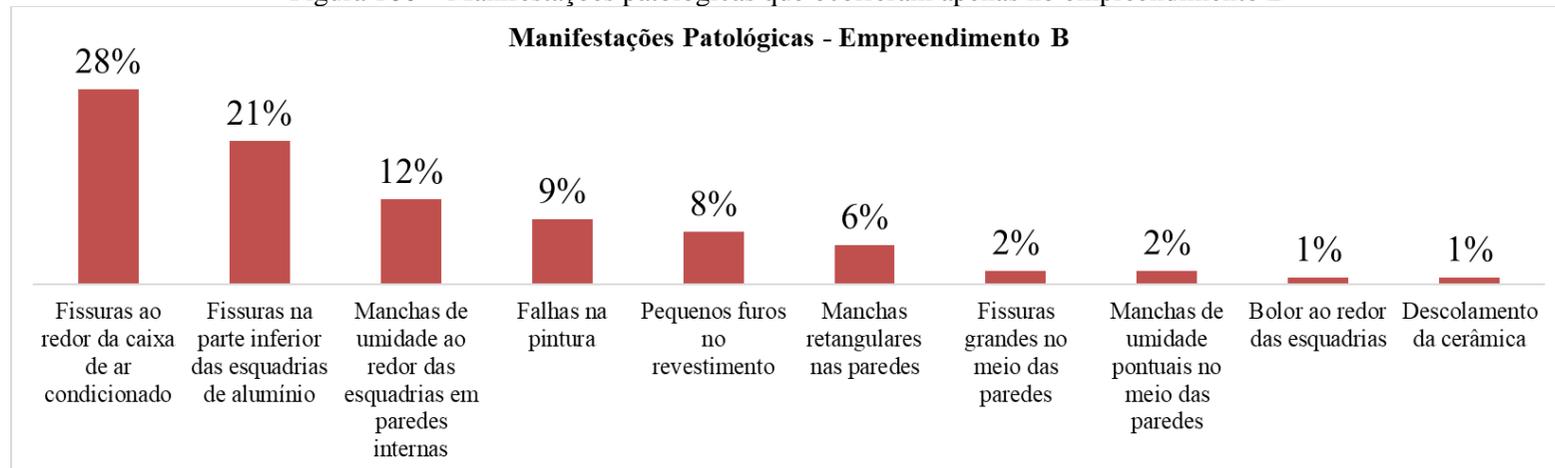
Fonte: Autora (2018)

Figura 99 – Manifestações patológicas que ocorreram apenas no empreendimento A



Fonte: Autora (2018)

Figura 100 – Manifestações patológicas que ocorreram apenas no empreendimento B



Fonte: Autora (2018)

A peculiaridade dos tipos de manifestações patológicas em cada um dos empreendimentos revela que a ocorrência das mesmas deve estar atrelada às características particulares de cada empreendimento (projetos, materiais, mão de obra, localização) e não necessariamente ao método de vedação vertical parede de concreto moldada *in loco*, visto que, apesar da utilização de um método com características semelhantes, as manifestações ocorrentes foram diferentes.

Destaca-se o fato de que todas as unidades habitacionais inspecionadas, em ambos os empreendimentos, apresentaram pelo menos uma manifestação patológica. A quantidade média de manifestações patológicas por unidade habitacional, em cada um dos empreendimentos, pode ser observada no Quadro 17.

Quadro 17 – Quantidade de manifestação patológica por unidade habitacional, nos dois empreendimentos

	Empreendimento A	Empreendimento B
Nº de unidades habitacionais inspecionadas	26	25
Nº de ocorrências identificadas	125	106
Manifestações patológicas / unidades habitacionais	4,8	4,2

Fonte: Autora (2018)

As amostras inspecionadas nos dois empreendimentos tiveram dimensão semelhante, fato que permite que os dados quantitativos obtidos para cada um dos empreendimentos possam ser comparados.

Em relação às ocorrências de manifestações patológicas nas unidades habitacionais, destaca-se que as médias quantitativas foram muito próximas, quais sejam, 4,8 ocorrências de manifestações por unidade habitacional no empreendimento A e 4,2 ocorrências por unidade habitacional no empreendimento B. Os valores são considerados altos, e longe do que se espera no que tange à qualidade das edificações.

Apesar da grande variedade de manifestações patológicas encontradas nos empreendimentos, suas representatividades são bem diferentes. Para os dois casos, três tipos de manifestações patológicas concentram mais da metade das ocorrências identificadas.

No empreendimento A, as três principais ocorrências foram: mancha de umidade junto ao piso em paredes externas, fissuras nas aberturas de portas e janelas e fissuras no meio das paredes. Tais manifestações juntas representaram 64 das 125 ocorrências, isto é, 51% das manifestações patológicas encontradas. O Quadro 18 mostra a representatividade destas manifestações patológicas.

Quadro 18 – Principais manifestações patológicas do empreendimento A

Principais manifestações patológicas no empreendimento A		
Manifestação patológica	Nº de ocorrências	% de ocorrências
Mancha de umidade junto ao piso em paredes externas	29	23%
Fissuras nas aberturas de portas e janelas	20	16%
Fissuras no meio das paredes	15	12%
TOTAL	64	51%

Fonte: Autora (2018)

Percebe-se, ainda, que uma intervenção que visasse a correção apenas desses três tipos de manifestações patológicas teria um impacto muito positivo no sentido de elevar a qualidade do empreendimento. Caso essas manifestações fossem sanadas, o número total de ocorrências de manifestações cairia de 125 para 61 e a média de ocorrências por unidade habitacional cairia de 4,8 para 2,3.

No empreendimento B a situação é semelhante. As três principais manifestações patológicas foram: fissuras ao redor da caixa de ar condicionado, fissuras na parte inferior das esquadrias de alumínio e manchas de umidade ao redor das esquadrias em paredes internas. Juntas representaram 65 das 106 ocorrências, isto é, 61% das manifestações patológicas encontradas. O Quadro 19 mostra a representatividade dessas manifestações patológicas.

Quadro 19 - Principais manifestações patológicas do empreendimento B

Principais manifestações patológicas no empreendimento B		
Manifestação patológica	Nº de ocorrências	% de ocorrências
Fissuras ao redor da caixa de ar condicionado	30	28%
Fissuras na parte inferior das esquadrias de alumínio	22	21%
Manchas de umidade ao redor das esquadrias em paredes internas	13	12%
TOTAL	65	61%

Fonte: Autora (2018)

No tocante ao empreendimento B, uma intervenção que visasse a correção apenas desses três tipos de manifestações patológicas também teria um impacto expressivo no sentido de elevar a qualidade do empreendimento. Caso essas manifestações fossem sanadas, o número total de ocorrência de manifestações cairia de 106 para 41 ocorrências e a média de ocorrências por unidade habitacional cairia de 4,3 para 1,64.

Para que o cenário de ocorrências de manifestações patológicas nos empreendimentos possa ser melhorado, o primeiro passo é conhecer de forma mais detalhada as supracitadas manifestações. Através da caracterização das mesmas pode-se chegar a conclusões em relação às origens e causas que levaram a ocorrências desses mecanismos de degradação.

Quanto à pesquisa realizada, uma limitação existente foi a impossibilidade da realização de ensaios técnicos que permitissem a certeza no apontamento das causas e origens das manifestações. Desse modo, as análises empreendidas foram baseadas nas inspeções realizadas e nas entrevistas com a equipe técnica dos empreendimentos. O próximo tópico aborda detalhadamente a caracterização realizada para cada manifestação patológica encontrada nos dois empreendimentos.

6.1.2 Caracterização das manifestações patológicas

O tópico em questão caracteriza cada uma das manifestações patológicas encontradas nas paredes de concreto em relação à sua ocorrência, sintomas, mecanismo, causa, origem, classificação e recomendações para seu reparo.

As principais informações foram organizadas em quadros para facilitar a compreensão. De todo modo, todas as reflexões sobre as manifestações patológicas são analisadas e discutidas após a demonstração dos quadros, objetivando-se que a caracterização a ela atribuída seja a mais fidedigna possível.

As ocorrências foram divididas em três grandes grupos. Os dois primeiros (fissuras e manchas de umidade) reuniram as manifestações que apresentavam como característica comum a apresentação de seus sintomas. O terceiro grupo (outras manifestações patológicas) abrange manifestações de variados sintomas, que foram agrupadas pela menor representatividade na amostra total.

6.1.3 Fissuras

Analisando as manifestações patológicas encontradas em ambos os empreendimentos, constata-se que as fissuras foram preponderantes, representando 57% das manifestações patológicas do empreendimento A e 62% no empreendimento B. O Quadro 20 detalha os quantitativos de ocorrência de fissuras.

Quadro 20 – Ocorrência de fissuras nos empreendimentos

Tipos de fissuras encontradas	Empreendimento A		Empreendimento B	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Fissuras nas aberturas de portas e janelas	20	16%	6	6%
Fissuras no meio das paredes	15	12%	4	4%
Fissuras no encontro entre paredes	8	6%	1	1%
Fissuras no topo das paredes, próximo à cobertura	12	10%	0	0%
Fissuras junto ao piso em paredes externas	10	8%	0	0%
Fissuras em áreas que sofreram intervenção dos usuários	4	3%	0	0%

Tipos de fissuras encontradas	Empreendimento A		Empreendimento B	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Fissuras na ligação de paredes de concreto com paredes de alvenaria	3	2%	0	0%
Fissuras ao redor da caixa de ar condicionado	0	0%	30	28%
Fissuras na parte inferior das esquadrias de alumínio	0	0%	22	21%
Fissuras grandes no meio das paredes	0	0%	2	2%
TOTAL	72	57%	65	62%

Fonte: Autora (2018)

Do Quadro 21 até o Quadro 30 são caracterizadas detalhadamente as diferentes modalidades de fissuras identificadas, bem como são sugeridas intervenções no sentido de recuperar as áreas fissuradas.

Quadro 21 – Caracterização das fissuras nas aberturas de portas e janelas

Fissuras nas aberturas de portas e janelas	
Ocorrência no empreendimento A: 16%	Ocorrência no empreendimento B: 6%
	
Sintoma	Fissuras ao redor de aberturas de portas e janelas em paredes de concreto
Mecanismo provável	Acúmulo de tensões de tração nas aberturas
Causa provável	Armadura de reforço insuficiente
Origem provável	Projeto estrutural/Execução da armadura de reforço
Classificação	Anomalia Endógena
Recomendações	Reforço da armadura ao redor das aberturas

Fonte: Autora (2018)

A ocorrência das fissuras ao redor de aberturas de portas e janelas foi relatada nos dois empreendimentos. Estas manifestações são resultado do acúmulo de tensões de tração no concreto, material caracterizado pela baixa resistência a este tipo de esforço. Considerando que ambos os empreendimentos utilizam armadura de reforço nessas aberturas, supõe-se que as armações foram subdimensionadas ou mal executadas.

Observa-se que no empreendimento A a ocorrência dessa manifestação foi muito maior que no empreendimento B. Em ambos foi relatada a utilização de armaduras de reforço ao redor das aberturas, sendo o reforço do empreendimento A com barras de 6,3 mm de diâmetro e o do empreendimento B com barras de 8 mm de diâmetro. Apesar dos reforços as fissuras foram persistentes.

Analisando cada empreendimento isoladamente, observa-se que a incidência de fissuras foi mais elevada no empreendimento A, que apresentou 20 ocorrências desta manifestação. Apesar de utilizar armação de reforço, as casas do empreendimento A não possuem projeto estrutural.

A utilização do reforço nas aberturas foi adotada pela equipe de execução que, devido à experiência na execução de empreendimentos dessa natureza, observa a tendência dessas áreas a apresentar fissuras. Assim, o reforço no empreendimento A não foi dimensionado através de cálculos estruturais desenvolvidos por projetistas especializados, o que reforça a suposição da insuficiência de armadura.

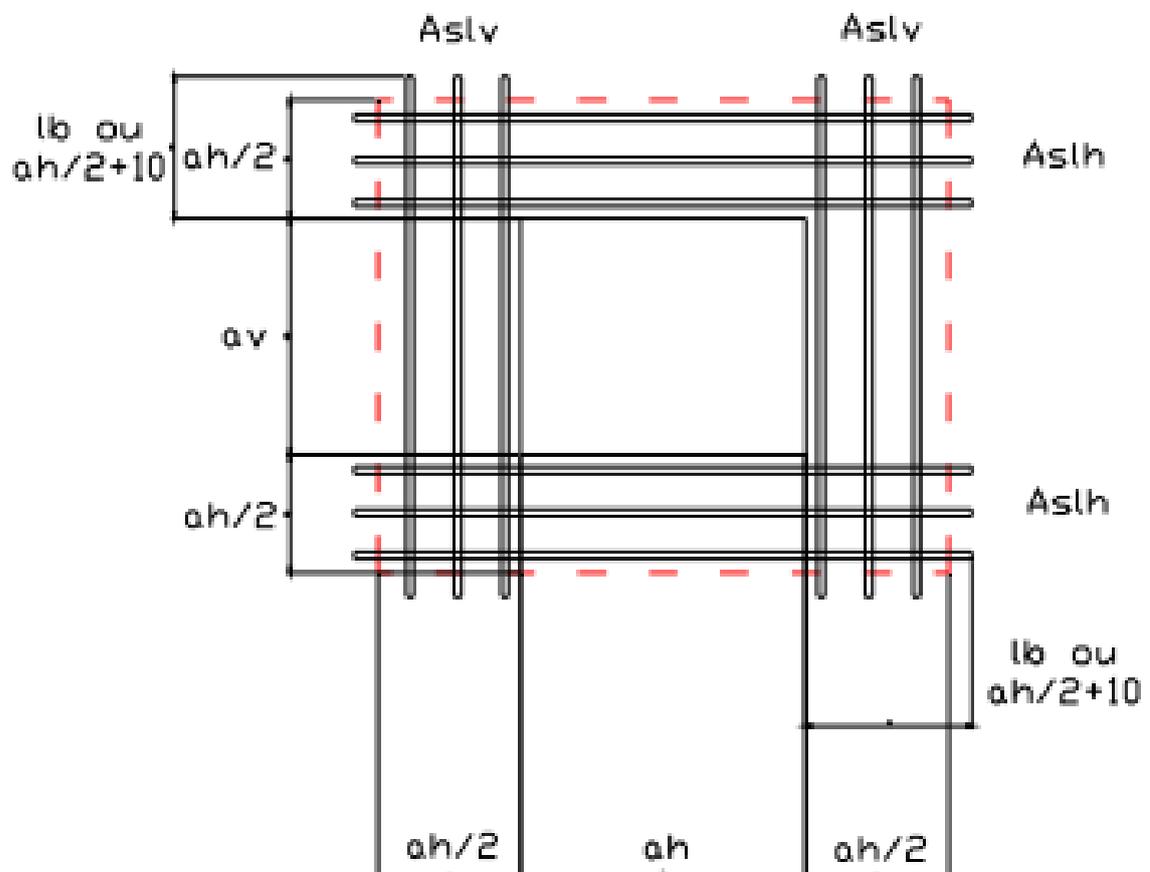
Em relação ao empreendimento B, onde a ocorrência foi menor, o reforço estava previsto em projeto estrutural e foi executado de acordo com as diretrizes de projeto, o que reduz a probabilidade de falha no dimensionamento. Considerando que foram apenas 6 ocorrências em toda a amostra, pode-se considerar a ocorrência de falha na execução do reforço dessas aberturas em particular, visto que em todas as outras não houve fissuração.

Em ambos os casos, faz-se necessário o reforço da armadura nas regiões que apresentam fissuras. Apesar da dificuldade atrelada à execução do reforço, é importante salientar que caso as fissuras sejam reparadas apenas superficialmente, sem que o reforço estrutural seja realizado, há possibilidade de as manifestações voltarem a ocorrer.

De acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2012), as paredes com aberturas estão sujeitas a flexão simples na região superior e inferior às aberturas em função de suportar e transmitir ações verticais mediante um comportamento predominante de flexão. Por este motivo, faz-se necessária a utilização de armadura de reforço ao redor dessas aberturas.

Essas armaduras de reforço ao redor das aberturas devem ser distribuídas em faixas com dimensões de $a_h/2$, onde a_h é o comprimento horizontal da abertura. O comprimento mínimo além da abertura é definido como o maior valor entre $(a_h/2 + 10\phi)$, onde a_h é o comprimento horizontal da abertura da janela e ϕ é o diâmetro do aço utilizado, ou o comprimento de ancoragem l_b , calculado através da NBR 6188 (ABNT, 2014). A Figura 101 exemplifica a localização das armaduras de reforço.

Figura 101 – Distribuição das armaduras de reforço ao redor das aberturas

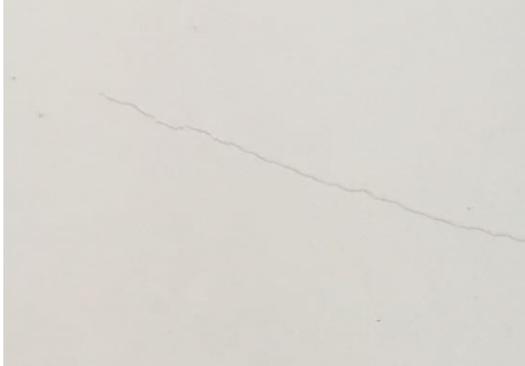


Fonte: NBR 16055 (2012)

Em relação ao dimensionamento das armaduras, a NBR 16055 (ABNT, 2012) detalha as fórmulas que devem ser utilizadas no cálculo.

A intervenção para execução do reparo deve ser feita com os devidos cuidados, sendo necessárias as etapas de demolição do concreto fissurado, limpeza da superfície, inserção da nova armadura de reforço (devidamente dimensionada) e preenchimento da área demolida com argamassas estruturais, de resistência maior que o concreto da parede. Monteiro (2018) sugere que para reparos superficiais, de até 3 cm de profundidade, seja utilizada argamassa tixotrópica de base de cimento modificada por polímeros. Na prática, a intervenção tem um custo elevado, além de um alto grau de complexidade.

Quadro 22 – Caracterização de fissuras no meio das paredes

Fissuras no meio das paredes	
Ocorrência no empreendimento A: 12%	Ocorrência no empreendimento B: 4%
	
Sintoma	Aparecimento de fissuras ao longo das paredes de concreto
Mecanismo provável	Ocorrência de tensões de tração ao longo das paredes
Causa provável	Retração do concreto
Origem	Execução
Classificação	Anomalia Endógena
Recomendações	Demolir superficialmente área fissurada e refazê-la

Fonte: Autora (2018)

Fissuras ao longo das paredes foram encontradas nos dois empreendimentos, sendo 15 ocorrências no empreendimento A e 4 ocorrências no empreendimento B. As edificações em paredes de concreto apresentam uma estrutura rígida, com alta restrição à variação volumétrica. Quando submetidas a imposições de qualquer forma de deformação, geram tensões que fissuram as paredes.

Nemer (2016) esclarece que o sistema consiste na concretagem em massa de paredes que possuem elevada superfície de contato com o meio externo, sendo mais suscetíveis às tensões residuais que podem ocorrer devido à retração hidráulica ou devido ao gradiente térmico dentro das paredes, causando a fissuração.

De acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2012) a cura do concreto evita a perda de água superficial e reduz os efeitos da retração hidráulica. Recomenda-se que a cura seja realizada o mais cedo

possível devido à grande área de exposição das paredes, minimizando, assim, a possibilidade de ocorrência de fissuras superficiais.

Visando à melhor distribuição destas tensões residuais na matriz cimentícia, é recomendada a adição de fibras ao concreto, que têm por característica melhorar a distribuição de tensões das peças, diminuindo e/ou evitando a fissuração das mesmas (NEMER, 2016).

As fibras de polipropileno atuam como agentes redutores das fissuras, em especial as de retração. A utilização de fibras na dosagem do concreto justifica a menor ocorrência de fissuras no empreendimento B, onde as mesmas foram utilizadas. Já no empreendimento A, sem adição das fibras, a ocorrência de fissuras foi maior.

Neste caso, recomenda-se a utilização do procedimento de reparo de fissuras superficiais sugerido por Monteiro (2018). O procedimento é iniciado com a remoção de todo o concreto fissurado. A área demolida deve ter o corte em ângulos de aproximadamente 90° e 3 cm de profundidade. Deve ser feita limpeza do substrato, que no momento da aplicação deve estar na condição de saturado com superfície seca. Após o preparo do substrato, inicia-se a aplicação da argamassa tixotrópica de base de cimento modificada por polímeros, aplicada em camadas de no máximo 1 cm, até atingir a máxima espessura desejada.

Quadro 23 – Caracterização de fissuras no encontro entre paredes

Fissuras no encontro entre paredes	
Ocorrência no empreendimento A: 6%	Ocorrência no empreendimento B: 1%
	
Sintoma	Fissuras no encontro entre duas paredes de concreto
Mecanismo provável	Acúmulo de tensões no encontro de paredes
Causa provável	Armadura de reforço insuficiente
Origem	Projeto estrutural/ Execução da armadura de reforço
Classificação	Anomalia endógena
Recomendações	Reforço da armadura no encontro de paredes

Fonte: Autora (2018)

O encontro entre as paredes de concreto também se caracteriza como uma região de acúmulo de tensões, propiciando a fissuração. Essas fissuras foram encontradas nos dois empreendimentos, havendo 8 ocorrências no empreendimento A e apenas 1 no empreendimento B.

A norma NBR 16055 (ABNT, 2012) descreve que a armadura de ligação nos cruzamentos de paredes deve observar o mínimo estabelecido para a armadura horizontal. Na continuidade das paredes entre pavimentos deve ser respeitada a armadura mínima vertical.

No empreendimento A, que não teve projeto estrutural, não foi prevista a utilização de nenhum reforço no encontro entre as paredes. Nos encontros entre paredes havia apenas um transpasse

das armações que eram conectadas entre si com arame recozido, não havendo reforço. A ausência do reforço pode ter proporcionado a ocorrência das fissuras nesses encontros.

De acordo com a equipe técnica do empreendimento B, houve o reforço na armação dos encontros entre paredes, conforme solicitado no projeto estrutural. Uma tela de aço foi utilizada como reforço nesses encontros, no intuito de evitar a ocorrência das fissuras. Foi identificada apenas uma ocorrência isolada, onde supõe-se falha pontual na execução.

A utilização da armadura mínima preconizada em norma é de suma importância para evitar essas fissuras. No caso das fissuras que já ocorreram, o ideal é realizar reforço da armadura na área afetada, antes da correção das fissuras. Apesar da complexidade atrelada a esse reparo, somente desta forma é possível garantir que as fissuras não voltem a ocorrer. Na impossibilidade de reforçar a área fissurada, deve-se seguir com a retirada do concreto fissurado, substituindo-o por uma argamassa estrutural.

Quadro 24 – Caracterização de fissuras no topo das paredes, próximo à cobertura

Fissuras no topo das paredes, próximo à cobertura	
Ocorrência no empreendimento A: 10%	
	
Sintoma	Fissuras no topo das paredes
Mecanismo	Acúmulo de tensões na interface entre a parede e a cobertura
Causa provável	Movimentação da cobertura apoiada nas paredes de concreto/Sobrecarga da cobertura sobre as paredes de concreto
Origem provável	Execução
Classificação	Anomalia Endógena
Recomendações	Revisar a carga e a forma de apoio das coberturas sobre as paredes Demolir e refazer área fissurada

Fonte: Autora (2018)

A ocorrência de fissuras na interface das paredes de concreto com a cobertura teve 12 ocorrências no empreendimento A. Uma possível causa para a ocorrência das fissuras é a movimentação da cobertura, por conta da variação térmica de seus componentes. Estando conectada às paredes de concreto, as movimentações da cobertura geram tensões nas paredes, que por sua rigidez não permite a deformação e acabam fissurando. Além disso, existe o peso da cobertura sobre as paredes, que têm resistência à compressão de 4 MPa, e em alguns pontos não suporta o peso das mesmas, fissurando.

Enfatiza-se o fato de que o empreendimento A utilizou concreto celular nas paredes moldadas *in loco*. De acordo com Berenguer *et al.* (2018), o interesse pelo uso deste tipo de concreto tem crescido bastante, sobretudo em obras de paredes moldadas no local, que geralmente possuem

muitas repetições. Os autores afirmam ainda que, com o aumento dos vazios nos concretos, acarretando em menores massas específicas, ocorre também a redução das suas resistências mecânicas.

Pela NBR 12646 (ABNT, 1992), valores de resistência à compressão para lotes de concretos celulares devem atender ao mínimo de 2,5 MPa. Sendo assim, o concreto utilizado para construção das casas se enquadra nas exigências da norma.

Salienta-se ainda que a NBR 16055 (ABNT, 2012) preconiza reforço na armadura horizontal de paredes com borda superior livre. No caso das casas, nas quais as paredes não estão ligadas a lajes de concreto, suas bordas superiores apresentam-se livres, apenas servindo como suporte para a estrutura da coberta.

A norma orienta a utilização de armação horizontal de, no mínimo, 0,5 cm² em toda extensão da parede, alojada na seção transversal junto à borda livre. Esse reforço não foi realizado nas casas do empreendimento A.

Para o reparo dessas áreas propõe-se o reforço na parte superior das paredes que suportam o peso da coberta. O reforço deve ser realizado no sentido de aumentar a resistência dessas regiões de ligação das paredes com a estrutura da coberta, sendo realizado de acordo com o preconizado na norma. A reconstituição do concreto retirado deve ser feita com argamassa estrutural de resistência superior ao concreto utilizado nas paredes, de modo a aumentar a resistência a compressão da região.

Quadro 25 – Caracterização de fissuras junto ao piso em paredes externas

Fissuras junto ao piso em paredes externas	
Ocorrência no empreendimento A: 8%	
	
Sintoma	Fissuras próximas ao radier das casas
Mecanismo	Fadiga do revestimento
Causa	Ciclos de molhagem e secagem nessa área do revestimento
Origem	Projeto arquitetônico
Classificação	Anomalia Endógena
Recomendações	Substituição do revestimento danificado

Fonte: Autora (2018)

As fissuras próximas ao radier ocorreram apenas no empreendimento A e sempre nas áreas onde já havia as manchas de umidade, bolor e mofo, causados pela água de chuva.

A fissuração do revestimento nessas áreas ocorre por conta dos ciclos de molhagem e secagem a que é submetido, promovendo fadiga, fissura e desagregação do mesmo (MANSURA, NASCIMENTO, MANSURA, 2012).

Apointa-se o projeto arquitetônico como origem do problema, visto que o beiral da cobertura poderia ser mais extenso, no sentido de evitar que a água de chuva molhasse essa área. Além disso a escolha de um revestimento com características impermeáveis também evitaria essas manifestações.

No sentido de reparar as áreas afetadas, sugere-se a remoção do revestimento danificado, substituindo-o pela argamassa de recuperação sugerida por Posser, (2004), já discutida neste trabalho.

Quadro 26 – Caracterização de fissuras em áreas que sofreram intervenção dos usuários

Fissuras em áreas que sofreram intervenção dos usuários	
Ocorrência no empreendimento A: 3%	
	
Sintoma	Fissuras em áreas que sofreram intervenção dos usuários
Mecanismo provável	Acúmulo de tensões ocasionado pela intervenção na parede
Causa provável	Impactos gerado no momento da intervenção
Origem	Utilização
Classificação	Falha de execução
Recomendações	Reparo da área fissurada

Fonte: Autora (2018)

As fissuras em áreas que sofreram intervenções dos usuários apresentaram-se em 4 ocorrências no empreendimento A. Como já foi comentado neste trabalho, as paredes de concreto moldadas *in loco* têm função estrutural na edificação, de modo que qualquer intervenção deve ser feita com muita cautela.

Em geral, as intervenções observadas nas vistorias envolviam atividades de impactos nas paredes. Esses impactos tinham como função a demolição de parte do concreto para dar espaço

a novos elementos ou a fixação de algo nas paredes. No caso específico do empreendimento A, ressalta-se a resistência à compressão de 4 MPa do concreto utilizado, que aumenta a possibilidade de fissuração das paredes submetidas a impactos.

Moradores chegaram a relatar a facilidade de realizar fixação de objetos nas paredes, comentando que ao utilizar furadeiras rapidamente os furos atravessavam toda a seção da parede, fato justificado pela baixa resistência do concreto.

No caso dessas fissuras a recomendação também é o reparo das áreas fissuradas através da remoção do concreto danificado, substituindo por uma argamassa de resistência maior que a do concreto utilizado nas paredes.

Quadro 27 – Caracterização de fissuras na ligação de paredes de concreto com paredes de alvenaria

Fissuras na ligação de paredes de concreto com paredes de alvenaria	
Ocorrência no empreendimento A: 2%	
	
Sintoma	Fissuras na interface de paredes de concreto e paredes de alvenaria
Mecanismo provável	Comportamento diferente das paredes quando submetidas a deformações
Causa provável	Diferentes módulos de deformação dos materiais
Origem	Utilização
Classificação	Falha de execução
Recomendações	Tratamento da interface entre os diferentes materiais

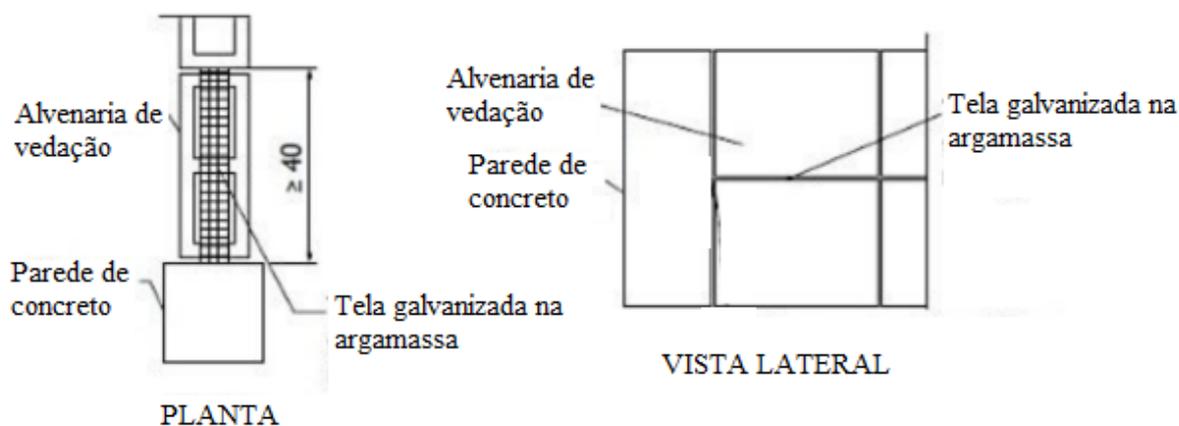
Fonte: Autora (2018)

Foram identificadas 3 ocorrências de fissuras na interface das paredes de concreto e paredes de alvenaria. Importa esclarecer que essas paredes de alvenaria são resultantes das reformas de ampliação realizadas pelos moradores.

Como as paredes de concreto e as paredes de alvenaria são compostas por materiais diferentes, cada um com seu módulo de deformação, os elementos comportam-se de maneira diferente, ocasionando as fissuras na interface. Fissuras com causa semelhante também são identificadas em edificações convencionais, na interface entre a estrutura de concreto e a alvenaria de vedação.

Para que esse tipo de fissura não ocorra, faz-se necessário que seja reforçada a fixação entre os dois tipos de paredes. Caporinno (2018) sugere a inserção de telas galvanizadas ligando estruturas de concreto à alvenaria de vedação. A técnica sugerida pelo autor pode ser utilizada também na ligação entre as paredes de concreto e as alvenarias de vedação. A ligação entre as paredes é ilustrada na Figura 102.

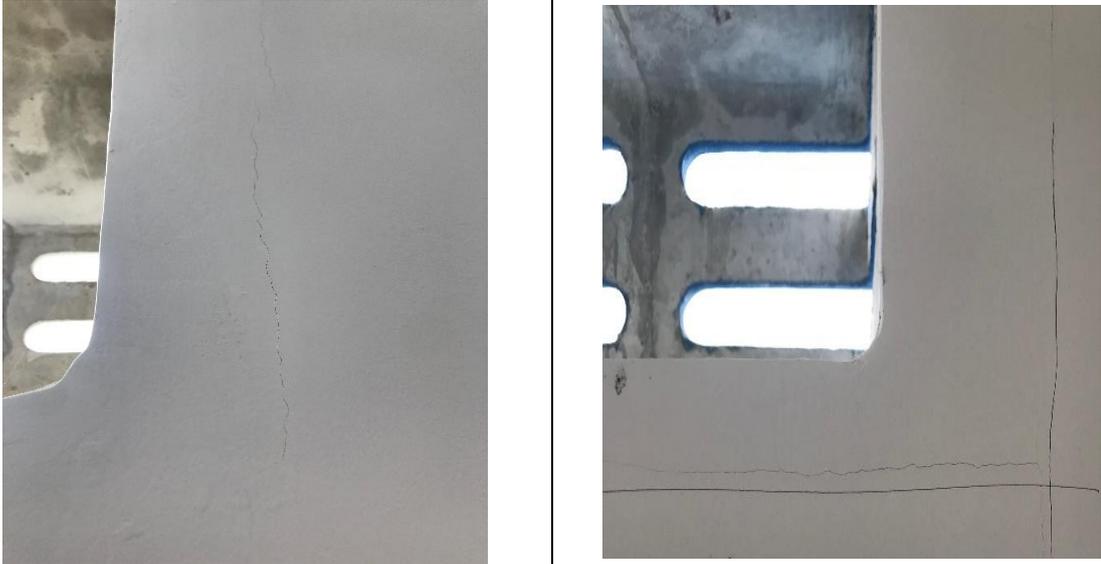
Figura 102 – Ligação entre paredes de concreto e paredes de alvenaria



Fonte: Caporinno (2018), adaptado

Para o reparo das áreas fissuradas é sugerido que haja o reforço da interface entre as paredes. Após a realização do reforço, a superfície fissurada deve ser reconstituída com argamassa estrutural. Caso as fissuras sejam reparadas sem a execução do reforço nas ligações há possibilidade de elas aparecerem novamente.

Quadro 28 – Caracterização de fissuras ao redor da caixa de ar condicionado

Fissuras ao redor da caixa de ar condicionado	
Ocorrência no empreendimento B: 28%	
	
Sintoma	Aparecimento de fissuras ao redor das caixas de ar condicionado
Mecanismo provável	Acúmulo de tensões na interface de fixação entre a parede e a caixa do ar condicionado
Causa provável	Retração da argamassa de fixação
Origem	Escolha dos materiais
Classificação	Anomalia endógena
Recomendações	Substituição do material de fixação da caixa de ar-condicionado na parede

Fonte: Autora (2018)

Essa manifestação patológica foi a mais comum no empreendimento B, identificando-se 30 ocorrências. Todos os apartamentos visitados obtiveram pelo menos 1 ocorrência desse tipo de fissura.

As caixas de ar condicionado utilizadas no empreendimento são pré-moldadas de concreto e dimensionadas para receber ar condicionado do tipo janela. As aberturas das paredes foram previstas na forma de alumínio, não havendo necessidade de demolição de concreto para

abertura. A fixação da caixa pré-moldada na parede de concreto foi realizada com argamassa sem função estrutural.

Sabendo que as paredes de concreto possuem estrutura rígida com pouca deformabilidade, as tensões provenientes da retração da argamassa de fixação não foram absorvidas pelas paredes. O concreto das paredes e a argamassa de fixação possuem características diversas, e conseqüentemente possuem diferentes módulos de deformação. A movimentação diferencial dos dois materiais proporcionou o aparecimento de fissuras na interface de ligação.

De acordo com a equipe de pós-obra do empreendimento B, essa manifestação patológica já havia sido identificada pela construtora, de modo que a maioria dos apartamentos entregues já haviam sido reparados. Alguns dos apartamentos que ainda se encontravam desocupados, nos quais estavam sendo feitas as vistorias, também estavam começando a receber o reparo. A equipe visitou 4 apartamentos onde o reparo estava sendo executado.

A equipe de pós-obra realizava o reparo nas seguintes etapas: retirada da área fissurada até uma profundidade que não houvesse mais fissura, preenchimento da área com uma camada argamassa estrutural, colocação de uma tela de poliéster, execução de outra camada de argamassa estrutural. A tela de poliéster possui função estruturante e, em conjunto com a argamassa, aumenta a resistência à tração, fissuração e distribui as tensões homogeneamente.

A Figura 103 e

Figura 104 ilustram a recuperação adotada no empreendimento B.

Figura 103 – Recuperação realizada nas fissuras ao redor da caixa de ar condicionado



Fonte: Autora (2018)

Figura 104 – Detalhe da execução da recuperação



Fonte: Autora (2018)

Espera-se que ao aplicar um material com características mais próximas do concreto utilizado na parede as fissuras não voltem a ocorrer.

Quadro 29 - Caracterização das fissuras na parte inferior das esquadrias de alumínio

Fissuras na parte inferior das esquadrias de alumínio	
Ocorrência no empreendimento B: 22%	
	
Sintoma	Ocorrência de fissuras no revestimento da parte inferior das esquadrias
Mecanismo provável	Tensões no requadro de argamassa e na interface entre a argamassa e a parede de concreto
Causa provável	Diferença de comportamento dos materiais (argamassa e concreto)
Origem	Execução
Classificação	Anomalia Endógena
Recomendações	Substituição do requadro da argamassa sobre o perfil da esquadria

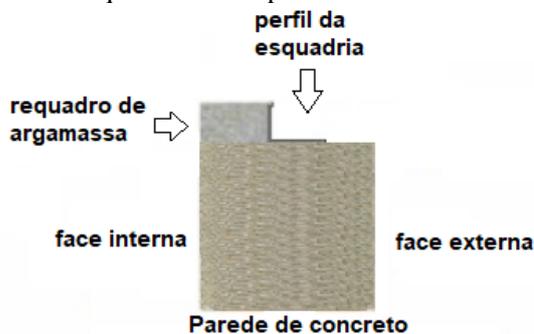
Fonte: Autora (2018)

Essas fissuras apresentaram-se em 22 ocorrências nas vistorias realizadas. Caracterizavam-se como pequenas fissuras que ocorriam verticalmente apenas na região onde era realizado um requadro de argamassa sobre o perfil da esquadria (conhecido como capiaço), na face interna das paredes. Fissuras horizontais também ocorriam na interface da parede de concreto com a argamassa.

A instalação das esquadrias foi realizada no centro das paredes de concreto, eram parafusadas direto na parede de concreto. Após a instalação da esquadria, executava-se um requadro de argamassa na face interna da parede, vedando o perfil da esquadria. Esse requadro foi realizado com argamassa sem função estrutural. A Figura 105 exemplifica o esquema de instalação da esquadria e a

Figura 106 mostra a argamassa utilizada.

Figura 105 – Esquema da instalação da esquadria no empreendimento B



Fonte: Autora (2018)

Figura 106 – Argamassa utilizada como requadro no empreendimento B



Fonte: Autora (2018)

De acordo com a equipe de pós-obra, o ideal era que a forma de alumínio utilizada na concretagem já previsse a execução desse requadro, de modo que ele pudesse ser concretado junto com a parede. Como isso não ocorreu, o requadro teve que ser executado posteriormente com argamassa.

Esse tipo de manifestação patológica também já estava sendo reparado pela equipe do pós-obra. Em todos os apartamentos entregues que apresentaram essas fissuras as mesmas já tinham sido reparadas. No caso dos apartamentos que estavam desocupados, os reparos já tinham sido iniciados.

A construtora executava o reparo através das seguintes etapas: demolição de toda a argamassa utilizada no requadro, limpeza da superfície, aplicação de uma camada de argamassa estrutural, inserção de tela de poliéster, aplicação outra camada de argamassa estrutural. Reparos realizados podem ser vistos na Figura 107 e Figura 108.

Figura 107 – Reparo realizado nas fissuras embaixo da janela do empreendimento B



Fonte: Autora (2018)

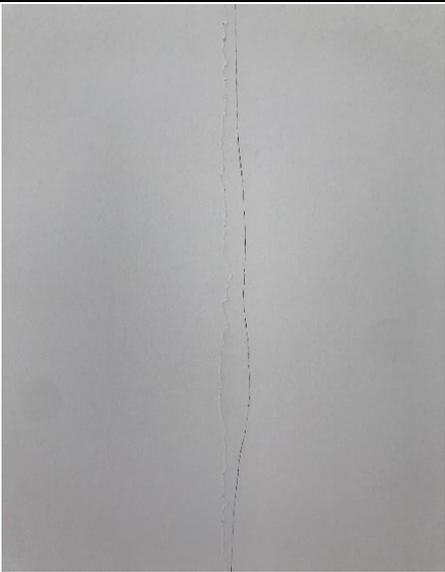
Figura 108 - Reparo realizado nas fissuras embaixo da janela do empreendimento B



Fonte: Autora (2018)

É importante salientar que nesse caso o reparo não tem função estrutural, uma vez que a camada fissurada é apenas de revestimento. Sendo assim, não havia a necessidade de utilizar argamassa estrutural. Aqui, a prioridade é tratar a interface de ligação entre a parede de concreto e a camada de revestimento executada.

Quadro 30 – Caracterização de fissuras grandes no meio das paredes

Fissuras grandes no meio das paredes	
Ocorrência no empreendimento B: 2%	
	
Sintoma	Fissuras extensas ao longo da parede
Mecanismo provável	Acúmulo de tensão nas juntas de concretagem
Causa provável	Ausência de tratamento das juntas de concretagem
Origem	Execução
Classificação	Anomalia endógena
Recomendações	Demolição da região fissurada e aplicação de argamassa estrutural

Fonte: Autora (2018)

Foram observadas apenas 2 ocorrências de fissuras com maior extensão no empreendimento B. Em uma das ocorrências a fissura se apresentou verticalmente e na outra ela foi inclinada. Ambas tiveram como características a grande extensão, percorrendo toda a parede onde estavam localizadas.

As fissuras verticais caracterizavam juntas entre concretos de dias diferentes. De acordo com a equipe da obra, quando a concretagem de um dia era finalizada, utilizava-se um tampão na última forma concretada, de modo a estabilizar o concreto ainda fresco para que o mesmo não escorresse. No dia seguinte, a concretagem era reiniciada. A junta nessas paredes apresentava-se verticalmente.

No caso das fissuras inclinadas, a junta era estabelecida entre concretos do mesmo dia, apenas de caminhões diferentes. Nestes casos, o primeiro concreto escoava inclinado do topo ao piso da forma, enquanto é iniciada a concretagem do próximo caminhão. No caso de haver demora entre os dois caminhões ou se as características de fluidez dos concretos forem semelhantes, a junta pode ocorrer na ligação dos dois concretos.

Morais (2017) aponta as juntas de concretagem como ocorrência comum na execução das paredes de concreto. As juntas de concretagem formam-se quando o lançamento do concreto é interrompido. Nesse caso, torna-se necessário tomar medidas que garantam a aderência entre os concretos novo e antigo.

Para execução da junta, deve ser promovida a remoção manual de toda a camada superficial da nata de cimento (aspecto vitrificado) e agregados soltos, apicoando-se toda a superfície do concreto. No caso do empreendimento B esses cuidados podem ter sido negligenciados, resultando no aparecimento dessas fissuras.

Apesar da identificação de apenas 2 ocorrências de fissuras nas juntas de concretagem, a equipe do pós-obra afirmou que esse tipo de fissura já tinha sido identificado em outros apartamentos. Inclusive, algumas já tinham sido reparadas. Nos apartamentos visitados pela pesquisa foram identificados 2 reparos de juntas de concretagem realizados (Figura 109 e Figura 110).

Figura 109 – Reparo realizado em fissura inclinada



Fonte: Autora (2018)

Figura 110 – Reparo realizado em fissura vertical



Fonte: Autora (2018)

O reparo indicado requer a demolição da extensão da fissura, limpeza da superfície demolida, e aplicação de argamassa estrutural na região em camadas de, no máximo, 1 cm de profundidade.

6.1.4 Manchas de umidade

No caso das manchas de umidade, o somatório das ocorrências resultou na segunda manifestação patológica de maior ocorrência para ambos os casos, tendo 33% de ocorrência no empreendimento A e 15% no empreendimento B. O Quadro 31 detalha o quantitativo das ocorrências de manchas de umidade.

Quadro 31 – Ocorrência de manchas de umidade nos empreendimentos

Tipos de mancha de umidade encontradas	Empreendimento A		Empreendimento B	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Mancha de umidade, bolor e mofo junto ao piso em paredes externas	29	23%	0	0%
Mancha de umidade em paredes com instalações hidráulicas	8	6%	0	0%
Mancha de umidade no topo das paredes, próximo a coberta	5	4%	0	0%

Tipos de mancha de umidade encontradas	Empreendimento A		Empreendimento B	
Manchas de umidade ao redor das esquadrias em paredes internas	0	0%	13	12%
Manchas de umidade pontuais no meio das paredes	0	0%	2	2%
Manchas de umidade nas fachadas externas	0	0%		
Mancha de umidade, bolor e musgo ao redor das esquadrias	0	0%	1	1%
TOTAL	42	33%	16	15%

Fonte: Autora (2018)

Do Quadro 32 até o Quadro 38 são caracterizadas detalhadamente as diferentes modalidades de manchas de umidade encontradas, bem como são sugeridas intervenções no sentido de recuperar as áreas danificadas.

Quadro 32 – Caracterização de manchas de umidade junto ao piso em paredes externas

Mancha de umidade, bolor e mofo junto ao piso em paredes externas	
Ocorrência no empreendimento A: 23%	
	
Sintoma	Manchas de umidade, bolor e mofo próximas ao piso nas paredes externas
Mecanismo	Ciclos de molhagem e secagem da água da chuva
Causa	Comprimento insuficiente do beiral da cobertura/Ausência de manutenção periódica do revestimento da fachada
Origem	Projeto arquitetônico/Manutenção
Classificação	Anomalia endógena/Falha de planejamento
Recomendações	Lavagem da área manchada/Reparo do revestimento

Fonte: Autora (2018)

As manchas de umidade próximas ao solo foram as manifestações patológicas de maior ocorrência no empreendimento A. Em geral elas apareciam acompanhadas de bolor e mofo, causados pela proliferação de fungos. Todas as casas visitadas apresentaram essa patologia em pelo menos uma de suas fachadas.

Apesar da utilização de textura acrílica como revestimento, apropriado para áreas externas, esta não impediu que manchas ocorressem. Revestimentos argamassados exigem uma maior manutenção, através de lavagens ou pinturas periódicas. A ausência de manutenção e os ciclos de molhagem e secagem propiciaram o aparecimento dessas manifestações.

Quando ainda não estão em grau avançado, as manchas podem ser retiradas através de lavagem com solução de água e hipoclorito na proporção de 1:1. Quando as manchas apresentam um estado de degradação mais forte, atrelado à presença de bolor e mofo, é necessária a remoção do revestimento danificado, sendo substituído por revestimento apropriado.

Uma das principais técnicas utilizadas para solucionar a umidade em paredes é a aplicação de revestimentos de argamassas de recuperação, solução que tem como vantagens o baixo custo e a fácil aplicação. Este tipo de revestimento é impermeável à água e permeável ao vapor, de forma que ao mesmo tempo que impede a entrada da água, permite a secagem do substrato (POSSER, 2004).

Para substituição do revestimento degradado das áreas expostas aos ciclos de molhagem e secagem é sugerida a utilização da argamassa desenvolvida por Posser (2004). Sua pesquisa objetivou o desenvolvimento de uma argamassa de reboco de recuperação para aplicação em paredes em contato com sais solúveis. Essa argamassa possui traço 1:0,60:5,60 (cimento Portland pozolânico: cal hidratada: agregado miúdo), sendo o agregado miúdo composto por 94% de areia quartzosa e 6% de agregado leve. Além disso, foram utilizados 1,0%, 1,0% e 0,8% de aditivo incorporador de ar, hidrofugante e retentor de água, respectivamente. O método de confecção detalhado desta argamassa é descrito no trabalho do referido autor.

É importante frisar que, mesmo com a substituição do revestimento degradado, faz-se necessário realizar a manutenção das áreas expostas através de lavagens periódicas, além da pintura esporádica.

Quadro 33 – Caracterização de manchas de umidade em paredes com instalações hidráulicas

Mancha de umidade em paredes com instalações hidráulicas	
Ocorrência no empreendimento A: 6%	
	
Sintoma	Mancha de umidade em paredes que passam tubulação hidráulica
Mecanismo provável	Acúmulo de água nas paredes
Causa provável	Vazamento de água das instalações hidráulicas
Origem	Execução
Classificação	Anomalia Endógena
Recomendações	Realizar reparo do vazamento e substituir revestimento da área danificada

Fonte: Autora (2018)

As manchas de umidade por vazamento de tubulação hidrossanitária foram encontradas apenas no empreendimento A. Nessas ocorrências as manchas de umidade tinham grande extensão e as paredes estavam úmidas no dia da vistoria, sinalizando que a umidade se fazia constantemente presente.

Em geral, as paredes que apresentavam essas características de manifestação patológica tinham instalações hidráulicas passando internamente, identificadas visualmente na inspeção, o que indicou que a umidade é proveniente dessas instalações.

Para realização do reparo do revestimento dessas áreas, é imprescindível que seja realizado o reparo da tubulação, de forma a evitar a recorrência da manifestação patológica. Após sanar o vazamento, é possível realizar a substituição do revestimento degradado, eliminando a manifestação patológica.

Quadro 34 – Caracterização de manchas de umidade no topo das paredes, próximo ao forro

Mancha de umidade no topo das paredes, próximo ao forro	
Ocorrência no empreendimento A: 4 %	
	
Sintoma	Manchas de umidade próximo ao forro das casas
Mecanismo	Água que penetra pela cobertura acumula sobre o forro e escorre pela parede
Causa	Porosidade das telhas cimentícias/Falhas na instalação da cobertura
Origem	Materiais/Execução
Classificação	Anomalia Endógena
Recomendações	Substituição das telhas com defeito/Reparo dos pontos com falhas na cobertura

Fonte: Autora (2018)

As manchas de umidade no topo das paredes tiveram 5 ocorrências no empreendimento A. Essas manchas possuíam características visualmente similares, apresentando-se como pequenos fluxos de água que escoavam naqueles pontos, deixando-os úmidos e causando as manchas.

A água que ocasionou essas manchas era proveniente das chuvas, que infiltrava na cobertura das casas. As infiltrações tinham duas causas: a ocorrência de espaços vazios na cobertura, propiciando a entrada de água, ou a porosidade das telhas de concreto utilizadas, que absorviam água da chuva na sua face externa, gerando as pingueiras na face interna.

Ambas as causas possibilitavam o acúmulo de água sobre o forro de PVC, que acabava escoando para dentro das casas. Essa água tinha dois caminhos preferenciais para o escoamento: os espaços entre a parede e o forro, que causavam as manchas aqui citadas, ou o espaço da ligação entre duas placas de PVC, que ocasionava as pingueiras. Muitos moradores relataram a existência de pingueiras em dias de chuva.

De acordo com a equipe técnica da construtora do empreendimento A, de fato podem ter ocorrido falhas na cobertura das casas, principalmente pela posterior instalação dos aquecedores solares, momento em que algumas telhas podem ter saído do lugar ou quebrado. Após a intervenção de instalação pela empresa terceirizada não houve inspeção por parte da construtora para assegurar as boas condições da cobertura.

Em relação à possível porosidade das telhas, não foi divulgada a marca do fabricante das mesmas. A equipe técnica da construtora informou que o fabricante não especificou nenhum produto impermeabilizante para ser aplicado nas telhas, alegando que esse produto era incorporado no momento de fabricação das mesmas. Porém, um dos lotes de telhas veio com defeito, com a porosidade elevada. Nesse lote foi aplicado, através de aspersão, um produto impermeabilizante nas telhas.

Para resolução desse tipo de manifestação patológica propõe-se que sejam reparadas as falhas na cobertura. Em relação à possível porosidade das telhas de concreto, caso constatada a falha do material, deve ser substituído por telhas que estejam de acordo com as normas da ABNT.

A NBR 13858-2 (ABNT, 2009) aponta os requisitos e métodos de ensaio para telhas de concreto e determina que o ensaio de impermeabilidade deve ser realizado com a aplicação de uma lâmina de água sobre a parte superior da telha, com aproximadamente 15 mm acima do ponto mais alto da face superior da peça. A telha deve ser colocada em um suporte com as mesmas

dimensões da peça, com vedação nas laterais, e assim permanecer com a lâmina de água por até 24 horas.

Após este período, deve-se constatar que a parte inferior da telha não apresentou nenhum tipo de vazamento ou formação de gotas, sendo permitido, no máximo, manchas de umidade. Apenas após a realização de todos os testes indicados na norma é possível utilizá-las com garantia de qualidade.

Quadro 35 – Caracterização das manchas de umidade ao redor das esquadrias em paredes internas

Manchas de umidade ao redor das esquadrias em paredes internas	
Ocorrência no empreendimento B: 12%	
	
Sintoma	Manchas de umidade ao redor da esquadria em paredes
Mecanismo provável	Acúmulo de água no perfil das esquadrias de alumínio
Causa provável	Falha no silicone de vedação das esquadrias
Origem	Material
Classificação	Anomalia Endógena
Recomendações	Aplicação de silicone para vedação das esquadrias e pintura das manchas remanescentes

Fonte: Autora (2018)

Foram 13 as ocorrências desse tipo de manchas no empreendimento B. As manchas encontradas não apresentavam nível de degradação avançado, ou se apresentavam como manchas mais escuras, quando ainda se encontravam úmidas, ou como manchas amareladas, quando já tinham secado.

A equipe de pós-obra também estava trabalhando no sentido de sanar essas ocorrências. De acordo com tal equipe, o silicone de muitas esquadrias já tinha sido substituído e as manchas receberam novas pinturas. Em nenhuma das ocorrências foi necessária a remoção do revestimento, pela simplicidade das ocorrências.

Quadro 36 – Caracterização de manchas de umidade pontuais no meio das paredes

Manchas de umidade pontuais no meio das paredes	
Ocorrência no empreendimento B: 2%	
	
Sintoma	Manchas de umidade pontuais no meio de paredes
Mecanismo provável	Penetração da água de chuva através das paredes
Causa provável	Falha no preenchimento do furo de ancoragem da forma
Origem	Execução
Classificação	Anomalia Endógena
Recomendações	Preenchimento dos furos e substituição do revestimento

Fonte: Autora (2018)

Foram encontradas apenas 2 ocorrências desse tipo de manifestação patológica no empreendimento B. Essas manchas ocorriam pontualmente na parede, com formato arredondado, e sempre nas paredes em contato com a área externa da edificação.

De acordo com a equipe da obra, as formas possuem uma ancoragem entre suas duas faces. Ao final da concretagem das paredes, quando é realizada a desforma, os espaços das ancoragens ficam vazios, tendo que ser preenchidos manualmente com argamassa estrutural. Em alguns pontos esse preenchimento não foi bem executado, de modo que quando a superfície externa

da parede entra em contato com a água da chuva, a mesma penetra para o interior dos apartamentos através desses espaços vulneráveis no concreto.

Durante a realização da vistoria a equipe da obra permitiu que a equipe da pesquisa removesse o revestimento de uma macha com esses aspectos, de modo a entender melhor os espaços vazios dentro da parede (Figura 111).

Figura 111 – Vista interna dos espaços vazios ocasionados pela presença de ancoragem



Fonte: Autora (2018)

A equipe da obra informou também que muitos reparos desse tipo de manifestação patológica já tinham sido efetuados. O procedimento utilizado para reparo se inicia com a remoção do revestimento úmido, seguida do preenchimento do espaço vazio com argamassa estrutural e nova aplicação do revestimento.

Quadro 37 – Caracterização das manchas de umidade na fachada

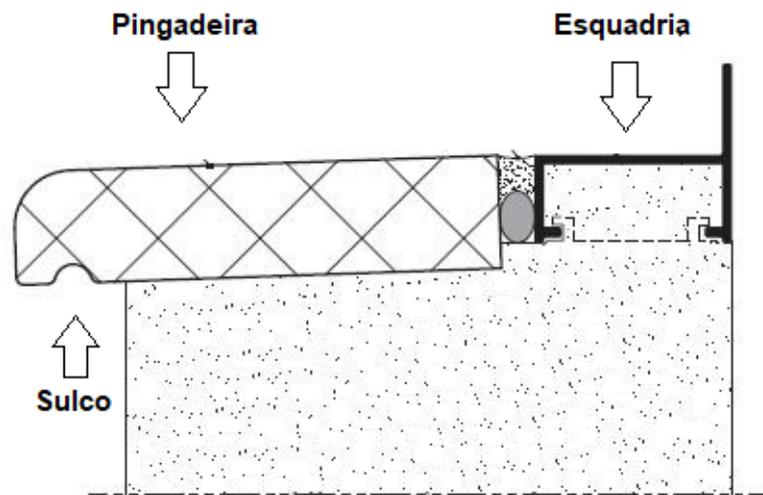
Manchas de umidade na fachada	
	
Sintoma	Aparecimento de manchas de umidade nas paredes externas
Mecanismo provável	Umidade da água de chuva no revestimento externo
Causa provável	Escoamento da água que acumula nas esquadrias
Origem	Projeto
Classificação	Anomalia Endógena
Recomendações	Instalação de pingadeira no peitoril das janelas e lavagem das áreas manchadas

Fonte: Autora (2018)

As manchas de umidade no revestimento da fachada ocorreram em todos os blocos observados no empreendimento B. As manchas têm como característica reproduzirem escoamento da água que se acumula no peitoril das aberturas de janela, tendo aspecto visual de pingos escorrendo.

Para evitar o aparecimento desse tipo de mancha o ideal é a instalação de pingadeiras na face exterior das janelas. As pingadeiras devem ter sulcos em sua parte inferior, de modo a não permitir que a água escoe pela parede. A Figura 112 ilustra como deve ocorrer a instalação da pingadeira.

Figura 112 – Esquema de instalação de pingadeira tradicional



Fonte: Empresa de pingadeiras de mármore (2018), adaptado

Após a instalação da pingadeira, as manchas podem ser removidas através da limpeza das áreas com água sanitária.

Quadro 38 – Caracterização de bolor e musgo ao redor das esquadrias

Manchas de umidade, bolor e musgo ao redor das esquadrias	
Ocorrência no empreendimento B: 1%	
	
Sintoma	Aparecimento de bolor e musgo ao redor da esquadria
Mecanismo provável	Presença de umidade e luminosidade na parede
Causa provável	Falha na vedação da esquadria
Origem	Materiais
Classificação	Anomalia Endógena
Recomendações	Substituição do silicone de vedação da esquadria e reparo do revestimento danificado

Fonte: Autora (2018)

A ocorrência de um grau de dano mais elevado pela ausência de vedação das janelas, como o surgimento de bolor e musgo, só foi identificada uma vez no empreendimento B. A janela dessa ocorrência teve a particularidade de, além da presença da umidade, ter iluminação constante.

De acordo com Colen, Brito e Freitas (2003) as manifestações patológicas com organismos biológicos, tais como algas, líquenes e musgos, ocorrem na presença de luz e umidade. Para o reparo dessas áreas Colen e Brito (2003) indicam lavagem da região com água sanitária e água, além da aplicação de revestimento com aditivo antifúngico.

6.1.5 Outras manifestações patológicas

As manifestações patológicas que não apresentaram características de fissuras ou manchas de umidade foram agrupadas neste tópico. Neste agrupamento optou-se por não somar as ocorrências, visto que as mesmas não possuem nenhuma característica comum que justifique

abordá-las quantitativamente juntas. De uma forma geral, essas manifestações se apresentaram com uma menor frequência nos empreendimentos, a qual pode ser vista no Quadro 39.

Quadro 39 – Ocorrência de outros tipos de manifestações patológicas

Outros tipos de manifestações patológicas encontradas	Empreendimento A		Empreendimento B	
Portas e esquadrias de madeira danificadas	7	6%	0	0%
Desagregação do revestimento argamassado	4	3%	0	0%
Falhas na pintura	0	0%	10	9%
Pequenos furos no revestimento	0	0%	8	8%
Descolamento da cerâmica	0	0%	1	1%

Fonte: Autora (2018)

Do Quadro 40 até o Quadro 45 são caracterizadas as outras patologias, identificadas com menor ocorrência em relação às fissuras e às manchas de umidade.

Quadro 40 – Caracterização de portas e esquadrias de madeira danificadas

Portas e esquadrias de madeira danificadas	
Ocorrência no empreendimento A: 6%	
	
Sintoma	Manchas e desagregação das portas e esquadrias
Mecanismo	Falha do preenchimento entre o vão e a porta
Causa provável	Vão da abertura maior que a porta
Origem provável	Execução
Classificação	Anomalia endógena
Recomendações	Correção do vão e, em alguns casos, a substituição da porta

Fonte: Autora (2018)

No caso dessa manifestação patológica, que se apresentou em 7 ocorrências no empreendimento A, foram identificados dois níveis de danos. Das 7 ocorrências identificadas, 6 apresentaram apenas espaços entre as esquadrias e as paredes e 1 apresentou um nível de desagregação mais avançado. Nesse caso entramos em contato com a equipe técnica do empreendimento para sanar as dúvidas no sentido de identificar a causa dos danos encontrados.

Segundo a equipe técnica, algumas aberturas de portas foram concretadas com dimensão maior que a porta utilizada pela construtora. Nesse caso, a diferença entre a parede e a esquadria era “corrigida” na execução do revestimento. Com a utilização das portas e os impactos do dia-a-dia, o revestimento que corrigia as falhas cedeu, deixando visíveis os espaços entre as paredes e as esquadrias, caracterizando a manifestação patológica.

Em um caso isolado a manifestação patológica se agravou pela presença de umidade. Em uma das casas vistoriadas, essa desagregação se deu na porta do banheiro, que fica embaixo da laje da caixa-d'água, que teve um vazamento e toda a água que estava descendo pela parede infiltrou pelos espaços vazios entre a porta e as paredes. A água acumulada degradou o revestimento ao redor da porta, a esquadria de madeira e a espuma de assentamento da porta. No dia da vistoria, a porta em questão sequer conseguia ser fechada por conta da degradação.

O reparo dessa manifestação patológica não requer a substituição da porta em todos os casos identificados. As 6 ocorrências mais simples podem ser sanadas apenas com a regularização da dimensão do vão, ajustando-se à dimensão da porta. É necessário que essa regularização ocorra com argamassa estrutural, que é um material com maior resistência aos impactos e semelhante ao concreto utilizado nas paredes. No único caso de degradação mais grave, além da regularização da abertura, a porta deve ser substituída, pois não está mais em condições de uso.

Quadro 41 – Caracterização da desagregação do revestimento argamassado

Desagregação do revestimento argamassado	
Ocorrência no empreendimento A: 4%	
	
Sintoma	Desagregação do revestimento das paredes
Mecanismo	Falta de aderência entre parede de concreto e revestimento
Causa provável	Presença de desmoldante na parede de concreto
Origem provável	Execução
Classificação	Anomalia Endógena
Recomendações	Substituição do revestimento após limpeza da superfície de concreto

Fonte: Autora (2018)

Havia apenas 4 ocorrências de desagregação do revestimento no empreendimento A. Para entender os fatores que poderiam ter ocasionado essa desagregação foi realizada pesquisa na literatura científica.

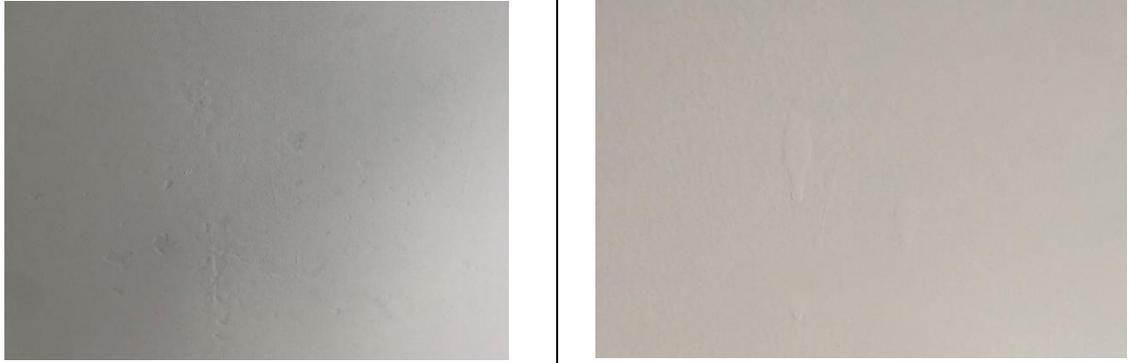
Carasek e Cascudo (2014) elencam dois fatores que podem proporcionar a desagregação do revestimento em superfícies de concreto. Os autores elencam a falta de condições adequadas de ancoragem da base e a alta retração da argamassa de revestimento.

A falta de condições adequadas de ancoragem da base é consequência da presença de óleo oriundo do desmoldante empregado nas formas. O excesso de óleo nas formas conduziu à impregnação da superfície do concreto, hidrofugando-a e dificultando a penetração dos produtos aglomerantes e ancoragem do revestimento. Já a alta retração é atribuída à composição das argamassas, em geral caracterizada por um alto teor de cimento.

No caso da desagregação do revestimento do empreendimento A, a possibilidade mais plausível é a presença de desmoldante nas superfícies das paredes de concreto. Essa alternativa é a mais cotada pelo fato de só terem sido identificadas 4 ocorrências de desagregação. Se a causa estivesse atrelada à composição do revestimento, teriam sido identificados mais pontos de desagregação, já que que o revestimento de todas as casas foi executado com o mesmo material. Os poucos casos identificados apontam que as falhas foram pontuais, provenientes da presença de resquícios de desmoldante naquelas regiões.

Para o reparo dessas áreas indica-se a remoção total do revestimento que está em estágio de desagregação para que a superfície de concreto possa ser completamente descontaminada. Após a limpeza da superfície da parede esse revestimento pode ser recolocado.

Quadro 42 – Caracterização de falhas no revestimento

Falhas no revestimento	
Ocorrência no empreendimento A: 9%	
	
Sintoma	Imperfeições no revestimento interno das paredes
Mecanismo	Falta de uniformidade na execução do revestimento
Causa provável	Falta de cuidado na execução do revestimento
Origem provável	Execução
Classificação	Anomalia Endógena
Recomendações	Reparo da área com lixamento e reexecução do revestimento

Fonte: Autora (2018)

As falhas no revestimento da parede tiveram 10 ocorrências no empreendimento B. Essas falhas se apresentaram na forma de reentrâncias na superfície por falhas na aplicação da massa corrida ou por marcas de escorrimento de pingos na pintura.

Independente da característica das falhas, elas relacionam-se a erros na execução do revestimento. O reparo dessas falhas estava ocorrendo através do lixamento das imperfeições encontradas, aplicação de nova massa e nova pintura.

Quadro 43 – Caracterização de pequenos furos no revestimento

Pequenos furos no revestimento	
Ocorrência no empreendimento B: 8%	
	
Sintoma	Ocorrência de pequenos furos no revestimento das paredes
Mecanismo	Surgimento de bolhas na superfície do concreto que estouraram e resultam nos furos
Causa provável	Presença de ar incorporado no concreto das paredes
Origem provável	Execução
Classificação	Anomalia Endógena
Recomendações	Substituição do revestimento danificado

Fonte: Autora (2018)

Foram identificadas 8 ocorrências de regiões com pequenos furos no revestimento das paredes de concreto.

Após a desforma, as paredes de concreto geralmente exibem textura regular, no entanto, algumas vezes são visíveis bolhas de ar formadas pela espuma do concreto no seu lançamento. Essas falhas, decorrentes da entrada de ar, e as falhas devido à heterogeneidade do concreto podem ser corrigidas com feltragem (MISURELLI & MASSUDA, 2009).

A feltragem tem objetivo de corrigir as falhas na superfície da parede, tais como retirada dos sinais superficiais da forma, redução da porosidade superficial e tamponamento de pequenos poros e bolhas de ar superficiais, melhorando a qualidade estética da parede.

A etapa de feltragem é opcional, podendo ser realizada apenas nas paredes que não estiverem esteticamente aceitáveis após a desforma. Deve ser realizada algumas horas após a desforma das paredes, antecedida pelo lixamento das rebarbas da superfície. Consiste na aplicação de uma camada de nata de cimento Portland, com traço rico em cimento, por meio de desempenadeiras de madeira revestidas por espuma.

No caso das paredes do empreendimento B, nenhuma passou pela etapa de feltragem. Dessa forma, algumas paredes devem ter incorporado ar no concreto. Como o revestimento com massa corrida foi realizado direto nas paredes de concreto, o ar incorporado, ao sair, cria bolhas no revestimento, que ao estourarem deixam os pequenos furos encontrados.

A equipe de pós-obra também estava trabalhando para o reparo dessas áreas danificadas. O reparo estava acontecendo através do lixamento das áreas com pequenos furos, reaplicando a massa corrida e a pintura da área.

Quadro 44 – Caracterização de manchas retangulares nas paredes

Manchas retangulares nas paredes	
Ocorrência no empreendimento A: 6%	
	
Sintoma	Mancha vertical ao longo de toda a parede
Mecanismo provável	Manchas nas regiões de ligação entre as placas das formas de alumínio
Causa provável	Ausência de tratamento da superfície do concreto após a desforma, antes do revestimento
Origem	Execução
Classificação	Anomalia Endógena
Recomendações	Refazer a pintura da região manchada

Fonte: Autora (2018)

A ocorrência de manchas verticais foi encontrada em 6 paredes. Essa manifestação patológica caracterizou-se por ser uma mancha bem definida e alinhada, que cobria toda a extensão vertical da parede.

De acordo com Misurelli e Massuda (2009) após a desforma das paredes as mesmas podem apresentar sinais de junção e rebarbas entre ligações de painéis. Essas falhas também devem ser corrigidas logo após a desforma pelo processo de feltragem.

No caso do empreendimento B, onde as manchas que marcavam as formas eram vistas através do revestimento, a equipe de pós-obra estava aplicando outras demãos de tinta nessas paredes, com intuito de reparar as manchas existentes.

Quadro 45 – Caracterização do descolamento da cerâmica

Descolamento da cerâmica	
Ocorrência no empreendimento B: 1%	
	
Sintoma	Fissuração na interface na cerâmica com a parede de concreto
Mecanismo provável	Falta de aderência entre o revestimento cerâmico e a parede de concreto
Causa provável	Parede de concreto com vestígios de desmoldante
Origem	Execução
Classificação	Anomalia Endógena
Recomendações	Limpeza da superfície de concreto e recolocação do revestimento

Fonte: Autora (2018)

Essa manifestação patológica também ocorreu de forma isolada, sendo identificada apenas uma ocorrência. Neste caso, a fissura identificada na interface da parede de concreto com a placa cerâmica aponta o início do processo descolamento do revestimento cerâmico.

Uma possível causa para o descolamento desse revestimento é a presença de vestígios de desmoldante utilizado nas formas de concreto. Caso a superfície não esteja completamente

limpa no momento da execução do revestimento cerâmico, a presença do desmoldante prejudica a fixação das placas cerâmicas.

Neste caso, a placa que está descolando deve ser retirada para que se possa limpar corretamente a superfície da parede de concreto; após a limpeza, a placa pode ser recolocada.

A mesma análise realizada para as paredes de concreto moldadas *in loco* foi realizada para as vedações em gesso acartonado. Os tópicos a seguir detalham a caracterização das manifestações patológicas nessa inovação tecnológica.

6.2 Manifestações patológicas em vedações em gesso acartonado (*Drywall*)

6.2.1 Levantamento das ocorrências

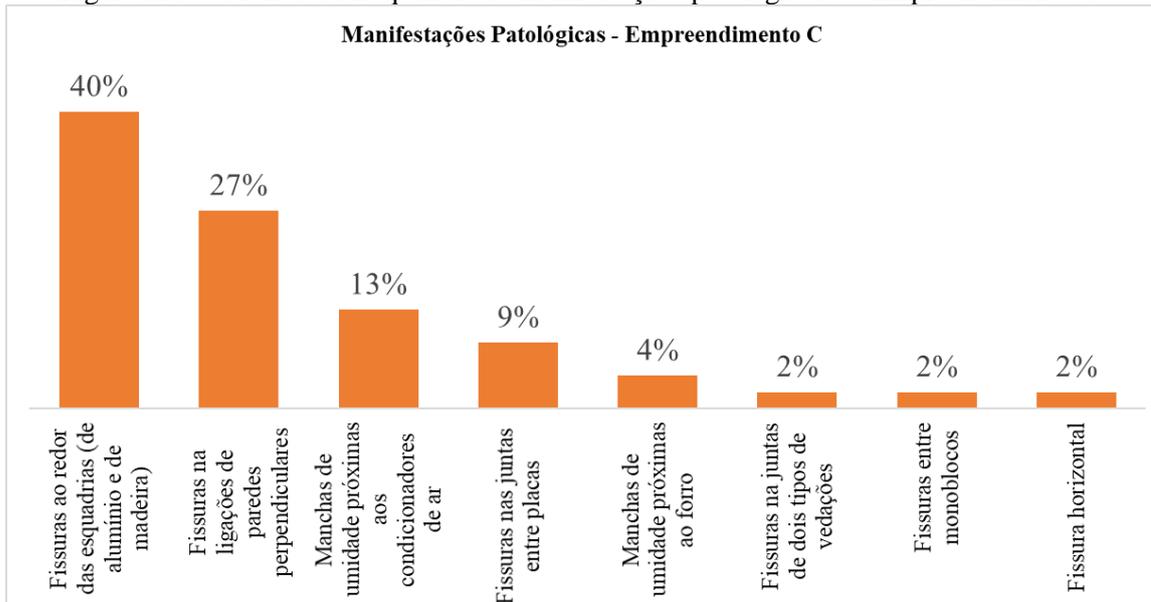
Após o agrupamento dos resultados da inspeção das duas unidades visitadas no estudo do empreendimento C foi possível obter um panorama geral das manifestações patológicas encontradas em vedações verticais com painéis de gesso acartonado. O Quadro 46 demonstra os quantitativos das manifestações patológicas encontradas no empreendimento C e a Figura 113 ilustra essas frequências através de gráficos de barra.

Quadro 46 – Percentual de ocorrência de manifestações patológicas no empreendimento C

Manifestação Patológica	Empreendimento C	
	Nº de ocorrências	%
Fissuras nas ligações de paredes perpendiculares	12	27%
Fissuras ao redor das esquadrias (de alumínio e de madeira)	18	40%
Fissuras no encontro de dois tipos de vedações	1	2%
Fissuras no encontro entre placas	4	9%
Fissuras entre monoblocos	1	2%
Fissura horizontal	1	2%
Manchas de umidade próximas ao forro	2	5%
Manchas de umidade próximas aos condicionadores de ar	6	13%
TOTAL	45	100%

Fonte: Autora (2018)

Figura 113 – Gráfico da frequência de manifestações patológicas do Empreendimento C



Fonte: Autora (2018)

Como as edificações visitadas não são subdivididas em unidades autônomas, relaciona-se a quantidade de manifestações patológicas identificadas com a área construída inspecionada. Um resumo dessa relação pode ser observado no Quadro 47.

Quadro 47 – Relação entre a área construída inspecionada e quantidade de manifestações patológicas encontradas

Área total inspecionada	528 m ²
Nº de manifestações patológicas identificadas	45
Área inspecionada/manifestações patológicas	11,7

Fonte: Autora (2018)

Cada unidade visitada tinha, em média, 287 m² de área, dos quais foram inspecionados 264 m², excluindo a área das celas. Levando em consideração os dois CISPs visitados, tem-se um total de 528 m² inspecionados. Nesses 528 m² foram identificadas 45 manifestações patológicas, que resultam numa taxa de 1 manifestação patológica para cada 11,7 m² de edificação inspecionados.

De uma forma geral, não se observa um índice elevado de manifestações patológicas. Porém, deve-se considerar o fato de que ambas as unidades estão em utilização a menos de um ano, indicando que, se não forem iniciadas as ações de manutenção, a situação da edificação se agravará num médio prazo.

Apesar da identificação de 8 diferentes tipologias de manifestações patológicas, suas frequências são de intensidades diferentes. De maneira semelhante ao que foi observado nos empreendimentos A e B, no empreendimento C as três manifestações patológicas de maior ocorrência representam bem mais que metade das ocorrências identificadas.

No empreendimento C, as três principais ocorrências foram: fissuras ao redor das esquadrias (de alumínio e de madeira), fissuras nas ligações de paredes perpendiculares e manchas de umidade próximas aos condicionadores de ar. Referidas manifestações, juntas, somam 36 das 45 ocorrências identificadas, o equivalente a 80% das manifestações patológicas do empreendimento. O Quadro 48 mostra a representatividade dessas manifestações patológicas.

Quadro 48 – Principais manifestações patológicas do empreendimento C

Manifestação Patológica	Empreendimento C	
	Nº de ocorrências	%
Fissuras nas ligações de paredes perpendiculares	12	27%
Fissuras ao redor das esquadrias (de alumínio e de madeira)	18	40%
Manchas de umidade próximas aos condicionadores de ar	6	13%
TOTAL	36	80%

Fonte: Autora (2018)

Diante deste quadro, percebe-se que uma intervenção que vise a correção desses três tipos de manifestações patológicas apresentados teria um grande impacto no sentido de elevar a qualidade da edificação. O número total de ocorrências cairia de 45 para 9 e, dessa forma, o empreendimento teria 1 manifestação patológica a cada 58,7 m² de área inspecionada.

No sentido de melhorar a qualidade dos empreendimentos com as vedações verticais em gesso acartonado, destaca-se a importância de analisar de forma detalhada cada uma das manifestações patológicas identificadas. Através dessa caracterização, pode-se entender as origens, causas e mecanismos de degradação da manifestação patológica.

A pesquisa não contempla a realização de ensaios técnicos nas edificações, pois a maioria desses tem caráter destrutivo, por isso não foram autorizados pelos gestores das mesmas. Deste modo, as análises são baseadas na sintomática da patologia observada no ato da inspeção, nas entrevistas com o corpo técnico responsável pelo empreendimento e na literatura científica disponível.

O próximo tópico aborda detalhadamente a caracterização realizada para cada manifestação patológica encontrada no empreendimento C.

6.2.2 Caracterização das manifestações patológicas

Neste tópico é realizada a caracterização das manifestações patológicas encontradas nas vedações verticais de gesso acartonado em relação à sua ocorrência, sintomas, mecanismo, causa, origem, classificação e recomendações para seu reparo.

As principais informações são organizadas em quadros, para facilitar a compreensão. Após a apresentação dos quadros, essas características são discutidas de forma mais detalhada, abordando todos os pontos necessários para que a análise seja a mais acertada possível.

As ocorrências foram divididas em dois grupos: fissuras e manchas de umidade. Cada grupo aborda as manifestações patológicas que tiveram seu principal sintoma em comum.

6.2.3 Fissuras

Analisando as manifestações patológicas encontradas no empreendimento C, constata-se que as fissuras foram preponderantes, representando 82% das ocorrências. O Quadro 49 detalha os quantitativos de ocorrência de fissuras.

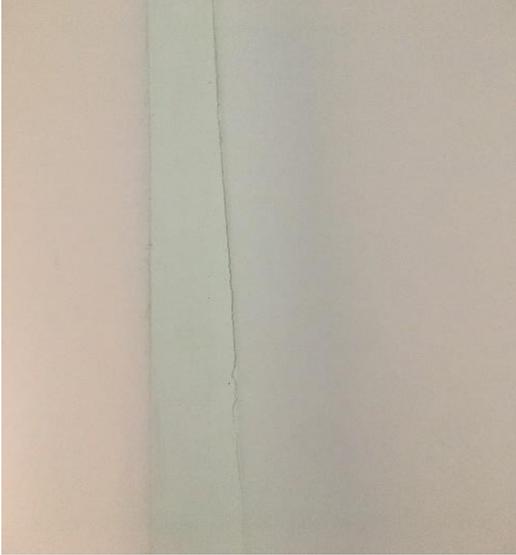
Quadro 49 – Ocorrência de fissuras no empreendimento C

Tipos de fissuras encontradas	Empreendimento C	
	Nº de ocorrências	%
Fissuras nas ligações de paredes perpendiculares	12	27%
Fissuras ao redor das esquadrias (de alumínio e de madeira)	18	40%
Fissuras no encontro de dois tipos de vedações	1	2%
Fissuras no encontro entre placas	4	9%
Fissuras entre monoblocos	1	2%
Fissura horizontal	1	2%
TOTAL	37	82%

Fonte: Autora (2018)

Do Quadro 50 até o Quadro 55 são caracterizadas detalhadamente as diferentes modalidades de fissuras identificadas, bem como são sugeridas intervenções no sentido de recuperar as áreas fissuradas.

Quadro 50 – Caracterização das fissuras nas ligações de paredes perpendiculares

Fissuras nas ligações de paredes perpendiculares	
Ocorrência no empreendimento C: 27%	
	
Sintoma	Fissuras no encontro de paredes perpendiculares
Mecanismo provável	Acúmulo de tensão no encontro entre as paredes
Causa provável	<ul style="list-style-type: none"> • Excesso de massa aplicada sobre a fita de acabamento • Erros na aplicação da fita • Movimentação na estrutura de suporte
Origem provável	Execução/Projeto
Classificação	Anomalia Endógena
Recomendações	Refazer etapa de acabamento das juntas

Fonte: Autora (2018)

A manifestação patológica caracterizada pelo aparecimento de fissuras no encontro entre duas paredes perpendiculares de *drywall* foi uma das que obteve maior número de ocorrências no empreendimento, totalizando 12 ocorrências.

A organização de benefício mútuo *Drywall Finishing Council* (2012) publicou um Guia de soluções de problemas de construção em gesso, no qual é abordada a maioria das manifestações patológicas ocorrentes de paredes de *drywall*.

O documento técnico aponta três possíveis causas para o aparecimento das fissuras entre paredes perpendiculares de *drywall*, as quais serão explicitadas a seguir.

Uma das causas apontadas é o excesso de massa aplicado sobre a fita de acabamento nas juntas perpendiculares. Pelo formato angular, essas juntas são mais propícias para o acúmulo de massa. O excesso do material dificulta as condições de secagem das camadas mais profundas, que podem deformar posteriormente, causando as fissuras de retração na secagem. Nesse caso, as fissuras atingem apenas a camada da massa e não se aprofundam na fita de acabamento. Ainda em relação à aplicação da massa, Mitidieri (2012) destaca que nunca deve ser aplicado gesso em pasta para o tratamento das juntas, sendo esse material propício ao aparecimento de manifestações patológicas.

Outra possível causa, ainda ligada à fase de tratamento das juntas, são os erros na aplicação da fita de acabamento. O uso de ferramentas impróprias no momento de aplicação da fita pode cortá-la ou fragilizá-la, causando fissuras no encontro entre as paredes. Mitidieri (2012) indica para tratamento de juntas angulares (quinas) fitas de papel com reforço metálico de aço galvanizado ou alumínio. Essas fitas mais resistentes devem ser utilizadas nas áreas mais propícias à fissuração.

Uma terceira causa é o movimento dos perfis estruturais do *drywall*. Os movimentos diferenciados entre as estruturas de paredes perpendiculares causam esforços não previstos nesses encontros, que acabam fissurando.

Para o reparo desse tipo de manifestação patológica é imprescindível que inicialmente se identifique a causa exata de sua ocorrência. No caso de a causa estar ligada a uma das etapas de tratamento da junta (aplicação da fita ou da massa de acabamento) faz-se necessário que o tratamento dessas juntas seja refeito utilizando as técnicas corretas. Se a causa estiver associada a movimentações dos perfis de *drywall*, propõe-se que o mesmo seja reparado no sentido de cessar a movimentação, para posterior tratamento das juntas.

Quadro 51 – Caracterização das fissuras ao redor das esquadrias

Fissuras ao redor das esquadrias (de alumínio e de madeira)	
Ocorrências no empreendimento C: 40%	
	
Sintoma	Fissuras ao redor de aberturas de portas e janelas
Mecanismo provável	Acúmulo de tensões nas áreas fissuradas
Causa provável	Ausência de uma das etapas de prevenção das fissuras
Origem provável	Execução
Classificação	Anomalia endógena
Recomendações	Reparo da área fissurada com massa de acabamento ou substituição da placa danificada.

Fonte: Autora (2018)

As fissuras ao redor de aberturas de portas e janelas foram o tipo de manifestação patológica que mais ocorreram no empreendimento C, sendo identificadas 18 vezes. O mecanismo para o aparecimento dessas fissuras é o acúmulo de tensões que ocorre ao redor das aberturas executadas nas paredes de *drywall*.

O *Drywall Finishing Council* (2012) também aborda em seu guia a ocorrência dessa manifestação patológica. Relata-se que geralmente a mesma aparece como fissura diagonal originada de um canto de portas ou janelas.

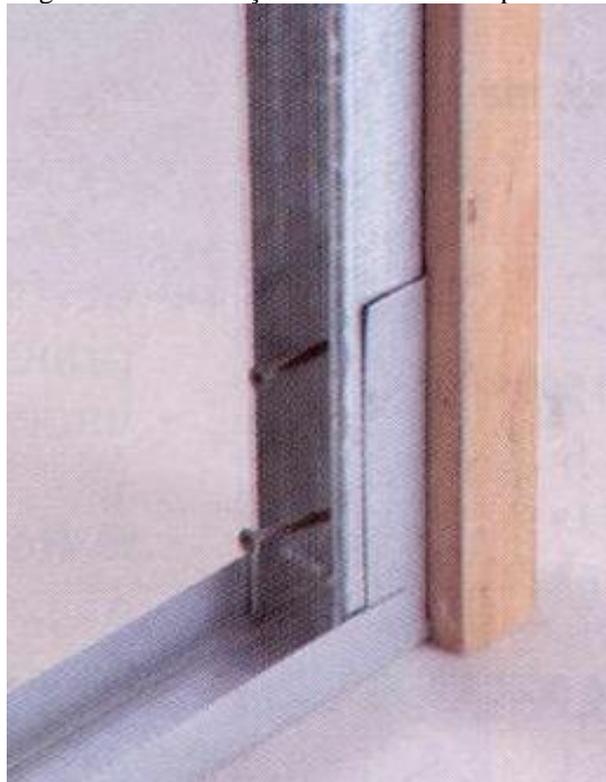
A literatura enumera algumas recomendações para a execução das aberturas de vãos em paredes de *drywall*, de modo que a ausência de alguma dessas etapas pode vir a ocasionar o aparecimento das fissuras.

No caso de vãos é preferencial a utilização de montantes duplos nas extremidades, mas caso seja utilizado montante simples, a alma do montante deve estar voltada sempre para o batente (Oliveira, 2016).

Caso as portas e janelas sejam fixadas com parafusos, o interior dos montantes deve conter uma peça de madeira para que possa receber os parafusos e proporcionar a resistência esperada. Essa madeira deve preencher todo o interior dos montantes e ser tratada contra apodrecimento, fungos e cupins.

Nas aberturas deixadas para os vãos de portas, os perfis metálicos devem ser reforçados nos vértices em 20 cm (Figura 114) (MITIDIERI, 2012).

Figura 114 – Ilustração dos vértices transpassados

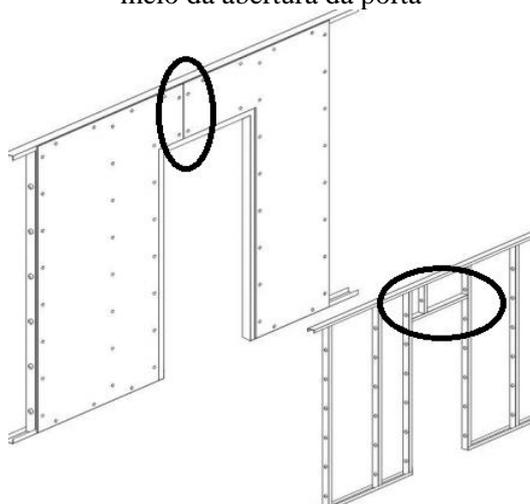


Fonte: Mitidieri (2012)

As chapas devem ser colocadas normalmente e inteiras, ultrapassando o vão, para somente depois serem cortadas, com vistas a evitar que as juntas sejam alinhadas na estrutura, criando pontos de fragilidade (LABUTO, 2004).

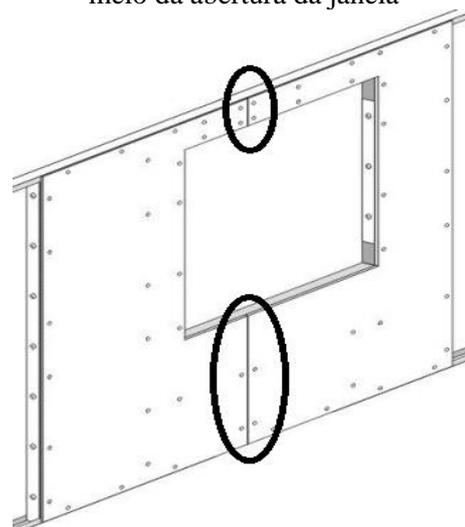
As juntas entre as chapas devem estar situadas em montantes intermediários, situados seguindo a paginação das paredes (400 mm ou 600 mm) (Figura 115 e Figura 116) (MITIDIERI, 2012).

Figura 115 – Junta localizada em montante no meio da abertura da porta



Fonte: Mitidieri (2012)

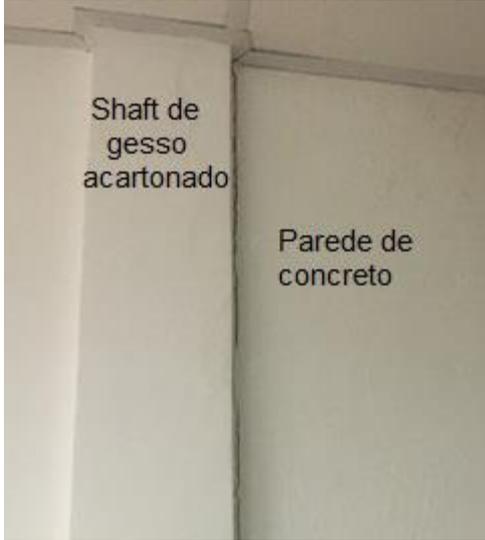
Figura 116 – Junta localizada em montante no meio da abertura da janela



Fonte: Mitidieri (2012)

No caso da constatação da instalação incorreta das placas de gesso acartonado na abertura de vãos de portas e janelas, deve-se realizar a retirada das placas fissuradas e substituí-las instalando da maneira recomendada pela norma.

Quadro 52 – Caracterização das fissuras no encontro de dois tipos de vedações

Fissuras no encontro de dois tipos de vedações	
Ocorrência no empreendimento C: 2%	
	
Sintoma	Fissuras na interface do <i>drywall</i> com a parede de concreto
Mecanismo provável	Movimentação diferencial entre os materiais
Causa provável	Falha na execução da ligação entre os materiais
Origem provável	Execução
Classificação	Anomalia endógena
Recomendações	Tratar as fissuras com técnicas de tratamento de juntas

Fonte: Autora (2018)

As fissuras no encontro de diferentes materiais ocorreram apenas 1 vez no empreendimento C. A fissura se deu entre a parede de gesso acartonado que era utilizada em toda edificação e a parede de concreto, utilizada apenas na área das celas.

Mitidieri (2012) indica como deve ser feita a ligação entre paredes de alvenaria ou estruturas de concreto com as paredes de gesso acartonado. O encontro entre os diferentes materiais deve ser feito “de topo”, quando a placa passa pela superfície de alvenaria e/ou concreto, revestindo-a até encontrar o final do vão (Figura 117).

Outra opção que pode ser utilizada é o encontro a 90°, quando a placa de gesso acartonado vai até a superfície de alvenaria e/ou concreto, porém desnivelada com a sua superfície, de modo a formar um ângulo de 90° com a mesma (Figura 118).

A opção que o autor não indica é o encontro “em linha”, no qual os diferentes materiais se encontram nivelados, formando uma linha na ligação (Figura 119).

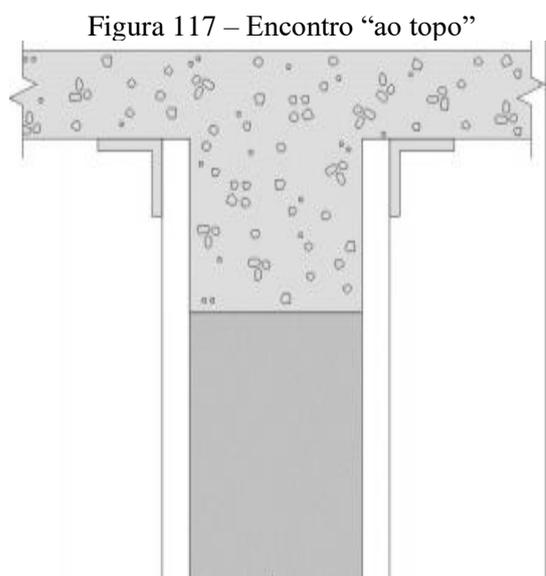


Figura 117 – Encontro “ao topo”

Fonte: Mitidieri (2012)

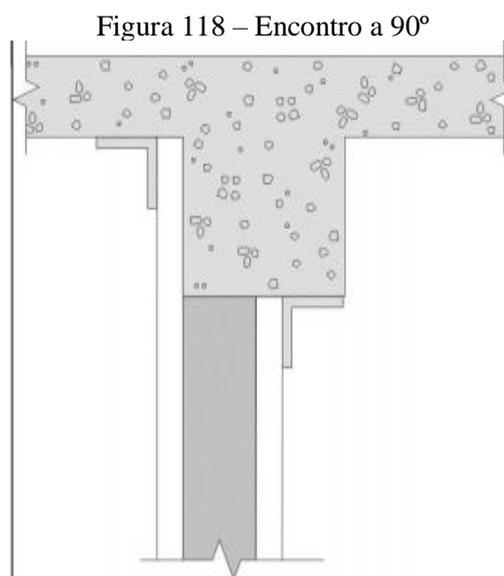


Figura 118 – Encontro a 90°

Fonte: Mitidieri (2012)

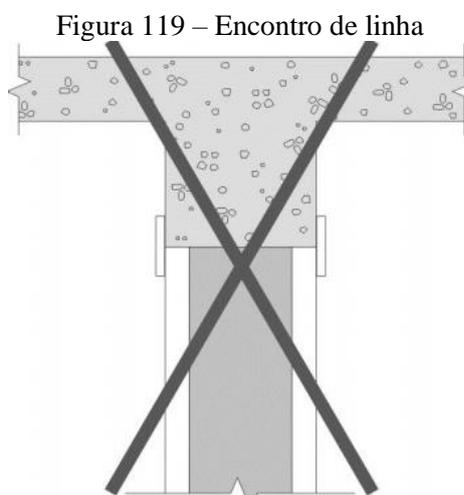
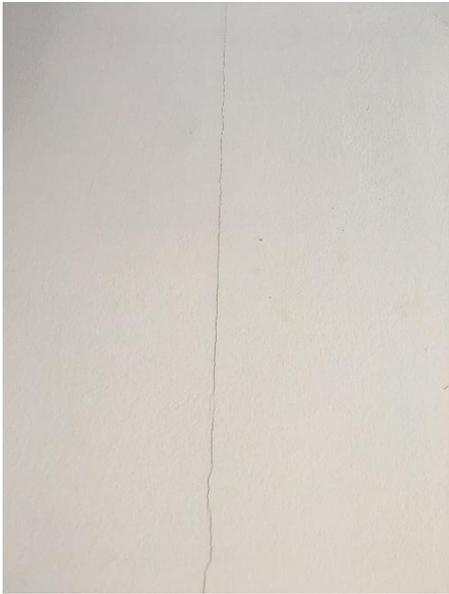


Figura 119 – Encontro de linha

Fonte: Mitidieri (2012)

No caso de as ligações terem sido efetuadas de maneira incorreta, o reparo da fissura deve ser realizado através da inserção de uma junta de dilatação, evitando que a mesma volte a ocorrer.

Quadro 53 – Caracterização das fissuras no encontro entre placas

Fissuras no encontro entre placas	
Ocorrência no empreendimento C: 9%	
	
Sintoma	Fissuras no encontro de placas retas
Mecanismo provável	Acúmulo de tensões na região entre as placas
Causa provável	<ul style="list-style-type: none"> • Rápida secagem da massa de acabamento • Diluição excessiva da massa de acabamento “em pó” • Utilização de gesso em pasta no lugar da massa de acabamento • Excesso de massa sobre a fita • Movimentação diferencial das placas
Origem provável	Execução
Classificação	Anomalia endógena
Recomendações	Refazer a junta danificada

Fonte: Autora (2018)

O *Drywall Finishing Council* (2012) caracteriza essas manifestações patológicas como fissuras que geralmente ocorrem em um padrão linear, podendo, inclusive, aparecer juntamente com sulcos, depressões ou escurecimento nas juntas e áreas adjacentes.

São enumeradas possíveis causas para o aparecimento de tais fissuras, como é o caso da secagem muito rápida da massa de acabamento colocada sobre as juntas, devido às altas

temperaturas e baixa umidade. Uma vez que a massa de acabamento é composta por gesso, a secagem rápida sob baixa umidade pode causar retração e fissuração na região.

Caso a massa utilizada seja do tipo “em pó”, que é diluída na obra, o excesso de água para diluição da massa também pode causar a fissuração dessas juntas. A água em excesso evapora no processo de secagem, deixando vazios que podem causar fissuração.

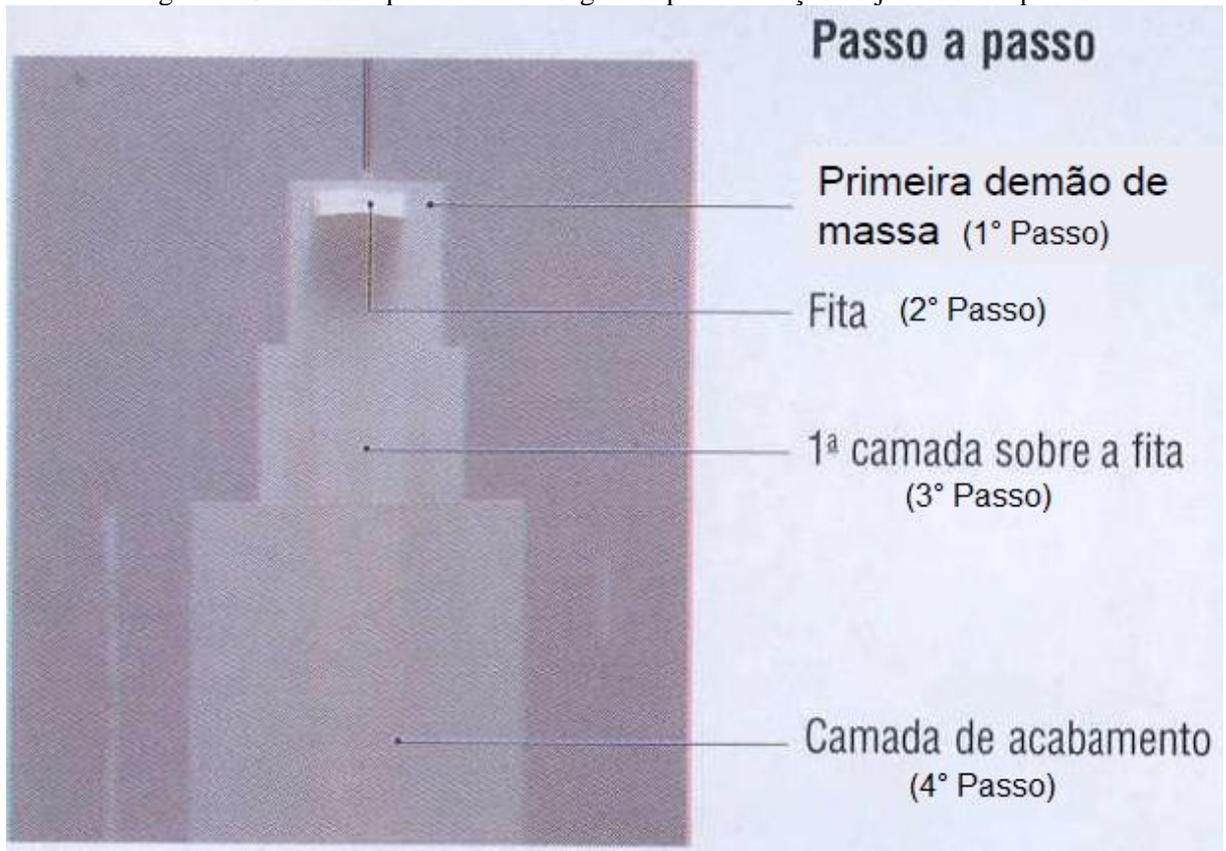
A utilização de gesso em pasta nessas juntas também pode ocasionar fissuras, visto que a massa utilizada para juntas de *drywall* tem uma composição específica e diferente do gesso em pasta.

O excesso de massa sobre a fita de acabamento, bem como nas juntas angulares, nas juntas entre placas a utilização de camadas muito grossas de massa de acabamento dificulta a secagem e pode causar fissuras.

A movimentação diferencial das placas, que pode ser causada pela ausência de fita, troca de fita por tela ou ausência de fixação no montante, também causa fissuras no encontro das placas.

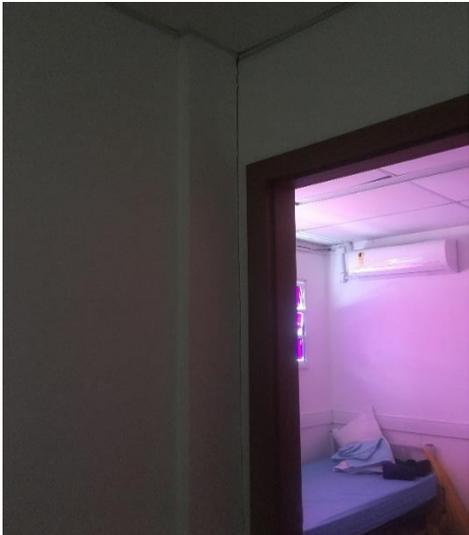
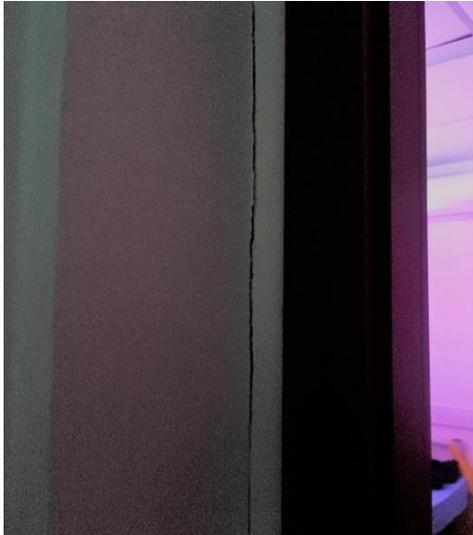
Em qualquer um dos casos de fissuração das juntas entre placas o reparo deve ser realizado através da retirada do material danificado e restauração da junta. Mitidieri (2012) exemplifica todas as etapas que devem compor o tratamento da junta (Figura 120).

Figura 120 – Passos que devem ser seguidos para execução de juntas entre placas



Fonte: Mitidieri (2012), adaptado

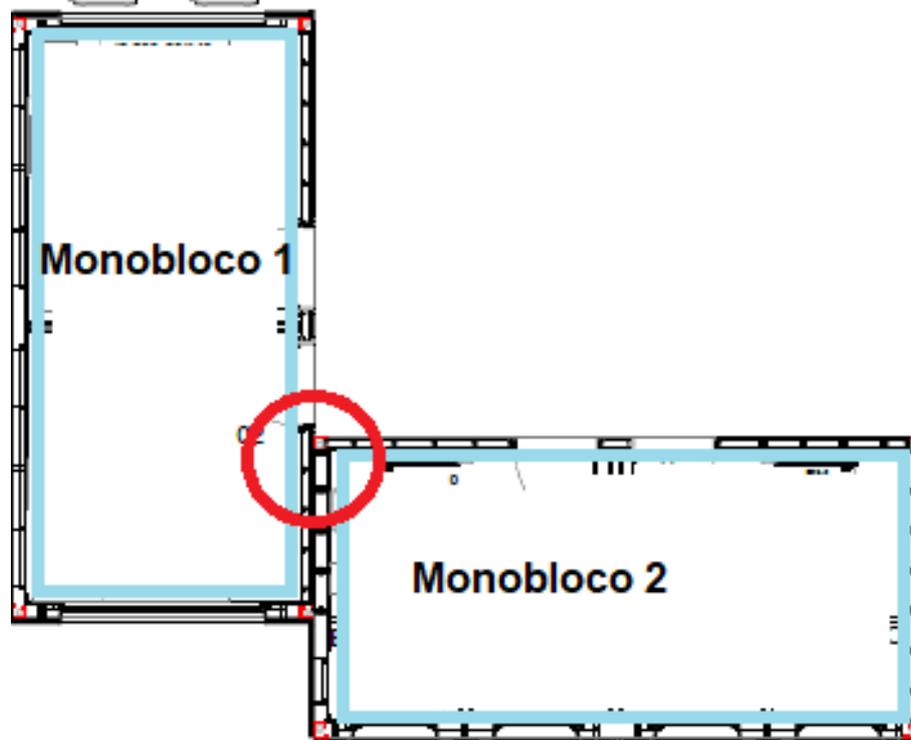
Quadro 54 – Caracterização das fissuras entre monoblocos

Fissuras entre monoblocos	
Ocorrência no empreendimento C: 2%	
	
Sintoma	Fissuras de maior espessura entre paredes perpendiculares
Mecanismo provável	Surgimento de tensões na junção de dois monoblocos
Causa provável	Movimentação dos monoblocos
Origem provável	Falha na terraplanagem do terreno
Classificação	Anomalia endógena
Recomendações	Relocar os monoblocos a posição inicial e reparar a junta

Fonte: Autora (2018)

Esse tipo de fissura, caracterizada pela maior espessura em relação às outras observadas, foi encontrada apenas uma vez no empreendimento. Sua ocorrência se deu numa junta angular entre as paredes e, nesse caso específico, as paredes pertenciam a monoblocos diferentes. A localização da fissura pode ser vista na Figura 121.

Figura 121 – Indicação do local onde ocorreu a fissura



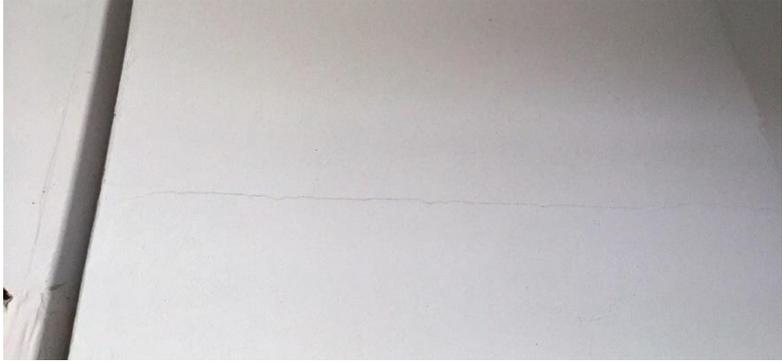
Fonte: Autora (2018)

Nesse caso, a principal causa é a movimentação de um monobloco em relação ao outro. Apesar dos mesmos serem fixados entre si por parafusos, suas fundações são independentes. A acomodação dessas fundações proporciona a movimentação dos blocos, causando a fissuração da interface de fixação.

A movimentação das fundações pode ter sido causada por falhas na etapa de compactação do terreno que recebeu a edificação, resultando num adensamento tardio e movimentando a estrutura da edificação.

Antes de se realizar qualquer medida de reparo, faz-se necessário constatar que não haverá mais movimentação das fundações dos monoblocos. Além disso, anteriormente ao reparo deve-se relocar os blocos que se moveram e escorá-los na posição inicial, para que a partir daí possa ser realizado o tratamento das juntas, de acordo com as etapas já indicadas.

Quadro 55 – Caracterização das fissuras horizontais

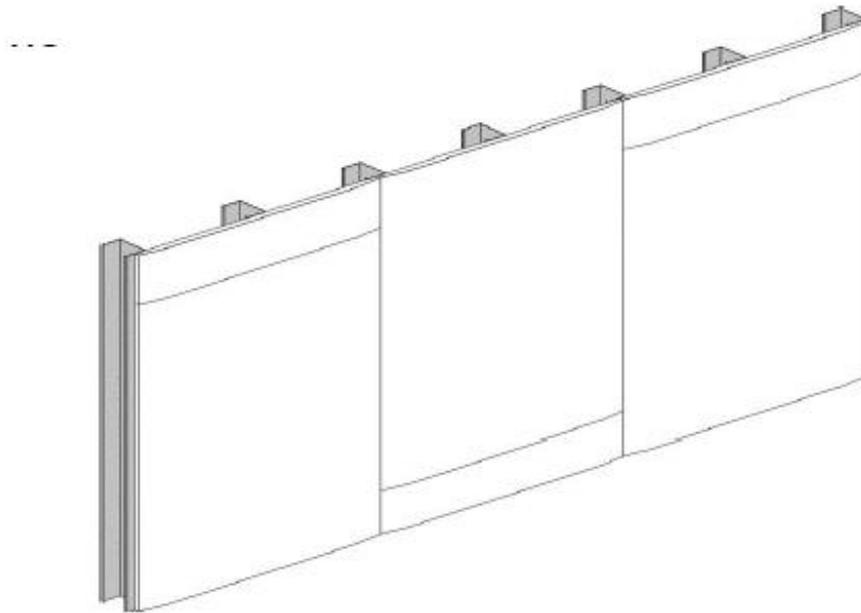
Fissura horizontal	
Ocorrência no empreendimento C: 2%	
	
Sintoma	Fissuras horizontais em parede de <i>drywall</i>
Mecanismo provável	Ocorrência de tensões de tração nas placas
Causa provável	Má execução das juntas horizontais
Origem provável	Execução
Classificação	Anomalia Endógena
Recomendações	Reparo da junta horizontal

Fonte: Autora (2018)

Apenas uma fissura horizontal foi detectada em toda a inspeção do empreendimento C. A característica linear da fissura e o fato dela se alongar por toda a extensão da placa indicam que sua ocorrência está locada na junção horizontal entre duas placas e, por isso, associa-se à má execução das juntas neste local.

O reparo das juntas horizontais deve seguir os mesmos passos preconizados para as juntas verticais. Mitidieri (2012) ainda indica que as juntas horizontais devem ser locadas defasadas umas das outras, para não criar uma região enfraquecida ao longo de toda a parede (Figura 122).

Figura 122 – Juntas horizontais defasadas



Fonte: Mitidieri (2012)

6.2.4 Manchas de umidade

No caso das manchas de umidade, o somatório das ocorrências resultou em apenas 8 manifestações identificadas, o que corresponde a 18% do total das ocorrências. O Quadro 56 detalha o quantitativo das ocorrências de manchas de umidade.

Quadro 56 – Ocorrência de manchas de umidade no empreendimento C

Manifestação Patológica	Empreendimento C	
	Nº de ocorrências	%
Manchas de umidade próximas ao forro	2	5%
Manchas de umidade próximas aos condicionadores de ar	6	13%
TOTAL	8	18%

Fonte: Autora (2018)

O Quadro 57 e o Quadro 58 caracterizam detalhadamente as diferentes modalidades de manchas de umidade encontradas, bem como são sugeridas intervenções no sentido de recuperar as áreas danificadas.

Quadro 57 – Caracterização das manchas de umidade próximas ao forro

Manchas de umidade próximas ao forro	
Ocorrência no empreendimento C: 5%	
	
Sintoma	Manchas de umidade próximas ao forro da edificação
Mecanismo provável	Vazamento de água acumulada na coberta
Causa provável	Falha na impermeabilização e drenagem da coberta
Origem provável	Execução e/ou Projeto
Classificação	Anomalia endógena
Recomendações	Intervenção no vazamento e limpeza da placa

Fonte: Autora (2018)

As manchas encontradas no topo das paredes, próximas ao forro do empreendimento, ocorreram apenas 2 vezes na edificação. As mesmas são caracterizadas pelo escurecimento da área na qual houve escoamento da água que vazou da coberta.

O *Drywall Finishing Council* (2012) indica os procedimentos que devem ser adotados no caso das placas de *drywall* entrarem em contato com água. O procedimento depende da quantidade de água a que o painel foi exposto e por quanto tempo. Independentemente do procedimento adotado, é essencial que o vazamento que causou a mancha de umidade seja cessado antes do início do reparo.

O primeiro passo é secar a área que foi afetada. Após a secagem deve-se observar se a camada de papel do painel continua aderida ao mesmo ou se apresenta delaminações. Se a umidade afetou a fixação do papel, o painel deve ser substituído.

Se após a secagem o painel estiver estruturalmente intacto, apresentando apenas as manchas de umidade, deve-se lavar o local das manchas com solução de água e sabão ou água e hipoclorito de sódio. Num caso onde persistam a manchas, deve-se repintar a área.

No caso das manchas próximas ao forro, a placa continuava intacta, e as manchas tinham pequenas extensões e cores claras, indicando que uma limpeza na área poderia ser o bastante para recuperá-las.

Quadro 58 – Caracterização das manchas de umidade próximas aos condicionadores de ar

Manchas de umidade próximas aos condicionadores de ar	
Ocorrência no empreendimento C: 13%	
	
Sintoma	Manchas de umidade próximas aos condicionadores de ar
Mecanismo provável	Vazamento da instalação de drenagem dos condicionadores
Causa provável	Falha na instalação
Origem provável	Execução
Classificação	Anomalia endógena
Recomendações	Intervenção na drenagem do condicionador de ar e limpeza da placa

Fonte: Autora (2018)

As manchas próximas aos condicionadores de ar foram identificadas 6 vezes no empreendimento C. As mesmas se originaram por falhas na instalação da drenagem dos condicionadores.

Antes do reparo das áreas danificadas é de suma importância ajustar a drenagem para que não haja mais escoamento vindo dos condicionadores de ar. Após a intervenção nas máquinas, deve ser feito o reparo nas paredes.

Os procedimentos de reparo são os mesmos adotados no caso das manchas próximas ao forro. No caso das manchas próximas aos condicionadores de ar, as colorações apresentaram-se mais escuras, de modo que apenas uma limpeza pode não solucionar completamente o problema, fazendo-se necessária uma pintura.

6.3 Manifestações patológicas em vedações em painéis sanduíche

6.3.1 Levantamento das ocorrências

Agrupou-se os resultados da inspeção realizada no empreendimento D, de modo que resultaram num panorama geral das manifestações patológicas encontradas em vedações verticais de painéis sanduíche. O Quadro 59 demonstra os quantitativos das manifestações patológicas encontradas no empreendimento D e a Figura 123 ilustra essas frequências através de gráficos de barra.

Quadro 59 – Percentual de ocorrência de manifestações patológicas no empreendimento D

Manifestação Patológica	Empreendimento D	
	Nº de ocorrências	%
Manchas e desagregação do revestimento ao redor das esquadrias	4	7%
Manchas e desagregação do revestimento em áreas molhadas	17	28%
Manchas e desagregação do revestimento em paredes externas	19	32%
Desgaste do revestimento nas faces internas das paredes	12	20%

Manifestação Patológica	Empreendimento D	
	Nº de ocorrências	%
Segregação das camadas dos painéis nas faces externas	8	13%
TOTAL	60	100%

Fonte: Autora (2018)

Figura 123 – Gráfico da frequência de manifestações patológicas do Empreendimento D



Fonte: Autora (2018)

Neste caso, à semelhança do que ocorreu com o estudo das vedações de gesso acartonado, a edificação visitada não é subdividida em unidades autônomas. Optou-se, então, por relacionar a quantidade de manifestações patológicas identificadas com as áreas inspecionadas. Um resumo dessa relação pode ser observado no Quadro 60.

Quadro 60 – Relação entre a área inspecionada e quantidade de manifestações patológicas encontradas.

Área total inspecionada	916 m ²
Nº de manifestações patológicas encontradas	60
Área inspecionada/manifestações patológicas	15,3

Fonte: Autora (2018)

A edificação visitada possui 1.316,28 m² de área e, como já foi citado, algumas salas não foram acessadas pela equipe, pois as mesmas encontravam-se trancadas, sem acesso da gestora. De

acordo com ela, devido a um problema nas instalações elétricas, aquelas salas estariam interditadas.

Excluindo as áreas não inspecionadas, a equipe vistoriou aproximadamente 916 m² da edificação. Nesses 916 m² foram identificadas 60 manifestações patológicas, que resultam numa taxa de 1 manifestação patológica a cada 15,3 m² de edificação vistoriado.

Apesar do número de manifestações patológicas identificadas não ser elevado, algumas manifestações patológicas ocorriam em áreas extensas, o que, visualmente, caracteriza um grau de degradação avançado da edificação. Por exemplo, um descolamento de revestimento, que foi contabilizado como manifestação patológica, cobria aproximadamente 70% da área de uma vedação, o que conferia um aspecto extremamente desagradável à mesma.

Considera-se também o fato de que a edificação, no momento da vistoria, tinha 2 anos de utilização, e nunca houve nenhuma atividade de manutenção, apesar da mesma ter um plano de uso e manutenção entregue pela empresa construtora.

A despeito da identificação de 5 diferentes tipologias de manifestações patológicas, suas frequências são de intensidades diferentes. De maneira semelhante ao que foi observado nos outros empreendimentos analisados nesta pesquisa, no empreendimento D as três manifestações patológicas de maior ocorrência representam grande parte das manifestações encontradas.

No empreendimento D, as três principais ocorrências foram: manchas e desagregação do revestimento em paredes externas, manchas e desagregação do revestimento em áreas molhadas, e desgaste do revestimento nas faces internas das paredes. Juntas, as mesmas somam 48 das 60 ocorrências identificadas, o equivalente a 80% das manifestações patológicas do empreendimento. O Quadro 61 mostra a representatividade dessas manifestações patológicas.

Quadro 61 – Principais manifestações patológicas do empreendimento D

Manifestação Patológica	Empreendimento D	
	Nº de ocorrências	%
Manchas e desagregação do revestimento em paredes externas	19	32%
Manchas e desagregação do revestimento em áreas molhadas	17	28%
Desgaste do revestimento nas faces internas das paredes	12	20%
TOTAL	48	80%

Fonte: Autora (2018)

Mais uma vez repete-se um cenário no qual intervenções que visem à correção desses três tipos de manifestações patológicas teriam um grande impacto no sentido de elevar a qualidade da edificação. O número total de ocorrências cairia de 60 para 12. Dessa forma, o empreendimento apresentaria apenas 1 manifestação patológica a cada 76,3 m² de área inspecionada.

Para as vedações verticais em painéis sanduíche também foram analisadas detalhadamente cada uma das manifestações patológicas encontradas. A análise aborda a identificação de origens, causas e mecanismo de degradação dessas manifestações, contribuindo para a melhora do desempenho desse sistema inovador de vedação vertical.

Novamente, neste caso, as análises não contemplaram ensaios destrutivos, que não são autorizados pelos gestores das edificações. As análises são baseadas na sintomática da patologia, observada no momento da inspeção, nas entrevistas com a equipe técnica responsável pelo empreendimento e na literatura científica disponível.

6.3.2 Caracterização das manifestações patológicas

Neste tópico caracterizam-se as manifestações patológicas encontradas nas vedações verticais de painéis sanduíche em relação a sua ocorrência, sintomas, mecanismo, causa, origem, classificação e recomendações para seu reparo.

As principais informações são organizadas em quadros, para facilitar a compreensão. Após a apresentação dos quadros, essas características são discutidas de forma mais detalhada, abordando todos os pontos necessários para uma análise coerente.

Neste caso, devido à menor quantidade de tipologia de manifestações patológicas, e às semelhanças entre as mesmas, optou-se por não as dividir em grupos como foi feito nos empreendimentos anteriores.

Deste modo, do Quadro 62 até o Quadro 66 são caracterizadas detalhadamente as diferentes manifestações patológicas identificadas, bem como são sugeridas intervenções no sentido de recuperar as áreas atingidas.

Quadro 62 – Caracterização das Manchas e desagregação do revestimento ao redor das esquadrias

Manchas e desagregação do revestimento ao redor das esquadrias	
Ocorrência no empreendimento D: 7%	
	
Sintoma	Desagregação do revestimento ao redor das esquadrias
Mecanismo provável	Vazamento de água de chuva acumulada na esquadria
Causa provável	Falha na vedação da esquadria
Origem provável	Execução
Classificação	Anomalia endógena
Recomendações	Reparo da vedação da esquadria e do revestimento danificado

Fonte: Autora (2018)

As áreas danificadas ao redor das esquadrias foram identificadas quatro vezes na edificação. Observa-se que não se tratou de uma manifestação patológica generalizada, ocorrendo pontualmente em algumas vedações, caracterizando falhas pontuais na instalação das mesmas. O primeiro passo para o reparo nessa manifestação patológica é reestabelecer o desempenho da vedação dessas esquadrias, para que o problema não volte a ocorrer.

Ludovico (2016) afirma em seu trabalho que, para impedir a penetração de água pelas esquadrias, os cantos devem ser vedados com selantes butílicos, poliuretanos ou de silicone, materiais de aparência invisível e que garantem a estanqueidade geral da esquadria. A definição do tipo de selante a ser utilizado deve basear-se em suas características de capacidade de movimentação, aderência ao suporte, durabilidade, compatibilidade com os substratos e tipos de cura.

Após o ajuste da vedação das esquadrias, deve-se recuperar o revestimento danificado. Neste caso, como o interior das salas não é considerado área molhada, o revestimento utilizado foi a tinta intumescente, já citada na caracterização da edificação.

Não é indicada a utilização desse tipo de tinta em áreas molhadas, posto que as tintas intumescentes são relativamente solúveis em água. Quando utilizadas em superfícies suscetíveis ao contato com água ou ambientes úmidos, o desempenho da proteção ao substrato é reduzido devido à possível lixiviação dos compostos responsáveis pela intumescência. Indica-se a adoção de um revestimento impermeável sobre a tinta intumescente (OLIVEIRA, MORENO JR., VIEIRA, 2017).

Quadro 63 – Caracterização das Manchas e desagregação do revestimento em áreas molhadas

Manchas e desagregação do revestimento em áreas molhadas	
Ocorrência no empreendimento D: 28%	
	
Sintoma	Ocorrência de manchas e desagregação do revestimento em áreas molhadas
Mecanismo provável	Respingo de água das atividades nas vedações
Causa provável	Revestimento inadequado para áreas molhadas
Origem provável	Projeto/Especificação de materiais
Classificação	Anomalia endógena
Recomendações	Substituição do revestimento utilizado nas áreas molhadas

Fonte: Autora (2018)

Os revestimentos danificados nas áreas molhadas da edificação tiveram maior índice de identificação como manifestação patológica, apresentando-se em 17 ocorrências. Quase a totalidade das áreas molhadas (banheiros e cozinha) possuíam as paredes manchadas e com focos de descolamento de revestimento.

De acordo com o Manual de Uso e Operação (2016, p. 27), as áreas molhadas são revestidas de forma apropriada para umidade, inclusive apontam que não é necessária a utilização de revestimento cerâmico nessas áreas:

Por ser um material sintético os painéis Wall System são de alta resistência à umidade e possuem perfeita aparência estética. Isso torna desnecessária a aplicação de revestimento cerâmico em áreas como cozinhas e banheiros.

Com utilizaremos nas áreas internas a tinta intumescente resistente ao fogo, nas áreas molhadas serão aplicadas em cima desta tinta placas com Gel Coat, mesma placa utilizada na parte externa da edificação.

Uma pesquisa feita nos manuais de fabricantes de produtos impermeabilizantes constatou que se indica a utilização de gel coat para o revestimento de fibra de vidro, apontada como a melhor solução. De acordo com o catálogo de produtos da Morquímica (2019), o gel coat tem a principal finalidade da criação de uma barreira química e acabamento em peças de fibra de vidro. Ele proporciona à peça uma superfície lisa e brilhante, além de facilitar a sua conservação, agindo contra a ação dos raios ultravioleta e umidade.

No caso do empreendimento D isso não foi identificado *in loco*. As áreas molhadas, que, de acordo com o manual de uso e operação, foram revestidas com gel coat, se encontram num estado de degradação avançado.

O motivo pelo qual o gel coat não está promovendo seus benefícios aos painéis sanduíche deve ser investigado pelos fabricantes, de modo a evitar que essas manifestações voltem a ocorrer.

No caso do empreendimento D, indica-se que os gestores solicitem da empresa construtora a troca dos painéis danificados por novos, com o revestimento apropriado para utilização em áreas molhadas.

Quadro 64 – Caracterização das Manchas e desagregação do revestimento em paredes externas

Manchas e desagregação do revestimento em paredes externas	
Ocorrência no empreendimento D: 32%	
	
Sintoma	Ocorrência de manchas e desagregação do revestimento nos painéis externos da edificação
Mecanismo provável	Ciclos de molhagem e secagem desses painéis
Causa provável	Revestimento inadequado para áreas externas
Origem provável	Projeto/Especificação de materiais
Classificação	Anomalia endógena
Recomendações	Substituição do revestimento utilizado nas áreas externas

Fonte: Autora (2018)

A degradação das faces externas dos painéis sanduíche da edificação foi identificada 19 vezes, sendo a manifestação patológica de maior ocorrência. Salienta-se ainda que algumas fachadas da edificação (as que recebem diretamente a chuva) apresentavam um grau de degradação muito elevado, com áreas enormes de desagregação de revestimento.

A ocorrência dessa manifestação patológica é similar à que ocorre nas áreas molhadas. Apesar do material especificado ser específico para áreas molhadas e externas (gel coat) seu desempenho na edificação não está sendo satisfatório, fazendo-se novamente necessária uma investigação por parte da empresa fabricante dos painéis acerca dos motivos do baixo desempenho do revestimento.

A equipe gestora do empreendimento deve solicitar da fabricante, mais uma vez, a substituição dos painéis danificados por painéis que estejam devidamente protegidos contra ação da umidade das águas de chuva e das intempéries.

Quadro 65 – Caracterização das Desgaste do revestimento nas faces internas das paredes

Desgaste do revestimento nas faces internas das paredes	
Ocorrência no empreendimento D: 20%	
	
Sintoma	Retirada do revestimento em diversos pontos das paredes internas
Mecanismo provável	Arrancamento do revestimento
Causa provável	Colagem e retirada dos trabalhos escolares das paredes
Origem provável	Uso inadequado
Classificação	Falha de execução
Recomendações	Pintura das áreas danificadas

Fonte: Autora (2018)

O desgaste do revestimento interno dos painéis teve 12 ocorrências identificadas nas vedações. Neste caso, percebeu-se que o motivo do desgaste é a colagem dos trabalhos escolares das crianças, e também dos painéis pedagógicos produzidos pelas professoras, nas paredes.

Esses painéis são colados com fitas adesivas, que ao serem retiradas acabam por danificar o revestimento das paredes.

Propõe-se que os gestores separem uma área específica de cada sala para a fixação desses trabalhos, instalando nessa área um mural adequado para a fixação e retirada dos trabalhos. Além disso, as áreas já danificadas devem ter sua pintura retocada.

Quadro 66 – Caracterização da segregação das camadas dos painéis nas faces externas

Segregação das camadas dos painéis nas faces externas	
Ocorrência no empreendimento D: 13%	
	
Sintoma	Separação das camadas nas faces externas dos painéis sanduíche
Mecanismo provável	Entrada de água de chuva na interface de fixação estrutura/painel
Causa provável	Falha na fixação dos painéis na estrutura
Origem provável	Execução
Classificação	Anomalia endógena
Recomendações	Substituição das placas danificadas.

Fonte: Autora (2018)

A separação das camadas dos painéis sanduíche foi identificada em 8 painéis da edificação, sempre em suas faces externas. Em todos os casos a desagregação partia das bordas dos painéis.

Acredita-se que falhas na etapa de fixação do painel da estrutura metálica deixaram espaços para que a água das chuvas penetrasse nessa interface de fixação. A umidade interna no painel

ocasionou a separação das camadas do mesmo, mais especificamente entre a placa de gesso e a placa de poliéster.

Indica-se, nestes casos, a substituição das placas danificadas, desta vez tomando-se os cuidados necessários no momento da fixação.

6.4 Manifestações patológicas em vedações em blocos de gesso

6.4.1 Levantamento das ocorrências

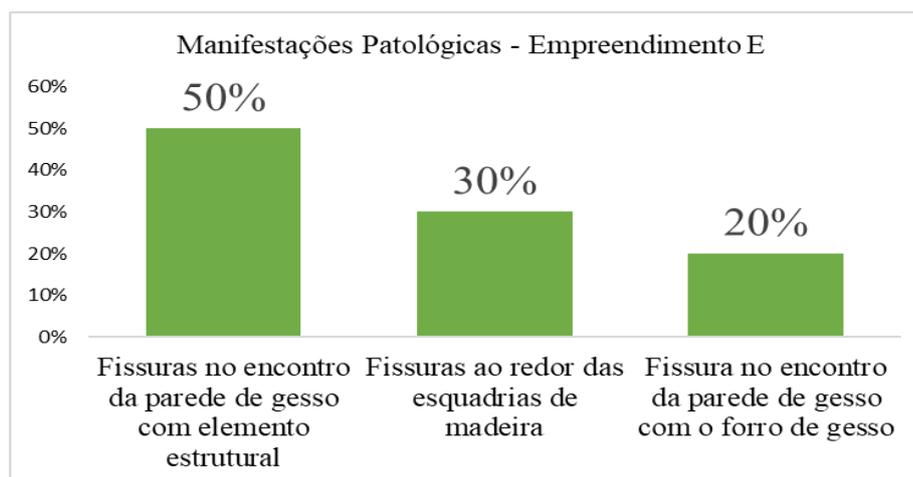
Após a inspeção realizada na área administrativa do empreendimento E, foi possível compilar as manifestações patológicas encontradas nas vedações verticais em blocos de gesso. O Quadro 67 demonstra os dados quantitativos das manifestações patológicas encontradas. A Figura 124 ilustra a frequência através de gráfico de barras.

Quadro 67 – Percentual de ocorrência de manifestações patológicas no empreendimento E

Manifestação Patológica	Empreendimento E	
	Nº de ocorrências	%
Fissuras ao redor das esquadrias de madeira	3	30%
Fissuras no encontro da parede de gesso com elemento estrutural	5	50%
Fissura no encontro da parede de gesso com o forro de gesso	2	20%
TOTAL	10	100%

Fonte: Autora (2018)

Figura 124 – Gráfico da frequência de manifestações patológicas do Empreendimento E



Fonte: Autora (2018)

Como a área analisada não é dividida em unidades autônomas, relacionou-se a quantidade de manifestações patológicas encontradas com a área vistoriada do empreendimento E. Uma vez que a inspeção levou em consideração apenas a área administrativa, a área considerada para análise é de 100 m². Um resumo dessa relação pode ser observado no Quadro 68.

Quadro 68 – Relação entre a área inspecionada e quantidade de manifestações patológicas encontradas.

Área total inspecionada	100 m ²
Nº de manifestações patológicas encontradas	10
Área inspecionada/manifestações patológicas	10

Fonte: Autora (2018)

Como pode ser observado no Quadro 68, a equipe vistoriou uma área de 100 m², na qual foram identificadas 10 manifestações patológicas, o que resulta numa taxa de 1 manifestação patológica a cada 10 m² de edificação vistoriados.

Deve-se considerar a idade da edificação (7 anos) e o fato de que a mesma nunca passou por manutenção das vedações (segundo o gerente da mesma, nunca foi realizada pintura ou reparo das vedações).

Salienta-se que, nessa área não há banheiros ou áreas molhadas, não sendo susceptível a umidade. Ratifica-se, então, que todas as manifestações patológicas identificadas estão associadas a mecanismo de fissuração das vedações.

Como foram identificadas apenas 3 tipologias de manifestações patológicas, destaca-se apenas uma manifestação patológica como principal. As fissuras no encontro dos elementos estruturais com as vedações foi a manifestação de maior incidência, apresentando-se em 50% das ocorrências. Nesse caso, se apenas esse tipo de manifestação patológica fosse reparado, teríamos uma diminuição de 10 para 5 manifestações identificadas, com uma taxa de 1 manifestação patológica encontrada a cada 20 m² de edificação inspecionada.

Também foram analisadas detalhadamente as três manifestações patológicas identificadas na área administrativa do empreendimento E. A análise aborda a origem, causa e mecanismo de degradação das manifestações patológicas em paredes de blocos de gesso.

Para estas vedações as análises também não contemplaram ensaios destrutivos, que não são autorizados pelos gestores das edificações. As análises são baseadas nos sintomas apresentados pelas manifestações patológicas, observados no momento da inspeção, nas entrevistas com a equipe técnica responsável pelo empreendimento e na literatura científica disponível.

6.4.2 Caracterização das manifestações patológicas

Neste tópico é realizada a caracterização das manifestações patológicas encontradas nas vedações verticais de bloco de gesso em relação a sua ocorrência, sintomas, mecanismo, causa, origem, classificação e recomendações para reparo.

As principais informações são organizadas em quadros, para facilitar a compreensão. Após a apresentação dos quadros essas características são discutidas de forma mais detalhada, abordando todos os pontos necessários para uma análise coerente.

Para as vedações em bloco de gesso, foram identificados apenas 3 tipos de manifestações patológicas, todas com característica comum de mecanismo de fissuração.

Nos Quadro 69 até o Quadro 71 são caracterizadas detalhadamente as diferentes manifestações patológicas identificadas, bem como são sugeridas intervenções no sentido de recuperar as áreas atingidas.

Quadro 69 – Caracterização das Fissuras ao redor das esquadrias de madeira

Fissuras ao redor das esquadrias de madeira	
Ocorrência no empreendimento E: 30%	
	
Sintoma	Presença de fissura ao redor das esquadrias
Mecanismo provável	Acúmulo de tensão na região
Causa provável	Falha na instalação da esquadria
Origem provável	Execução
Classificação	Anomalia endógena
Recomendações	Reparo da fissura com reforço e recuperação flexível

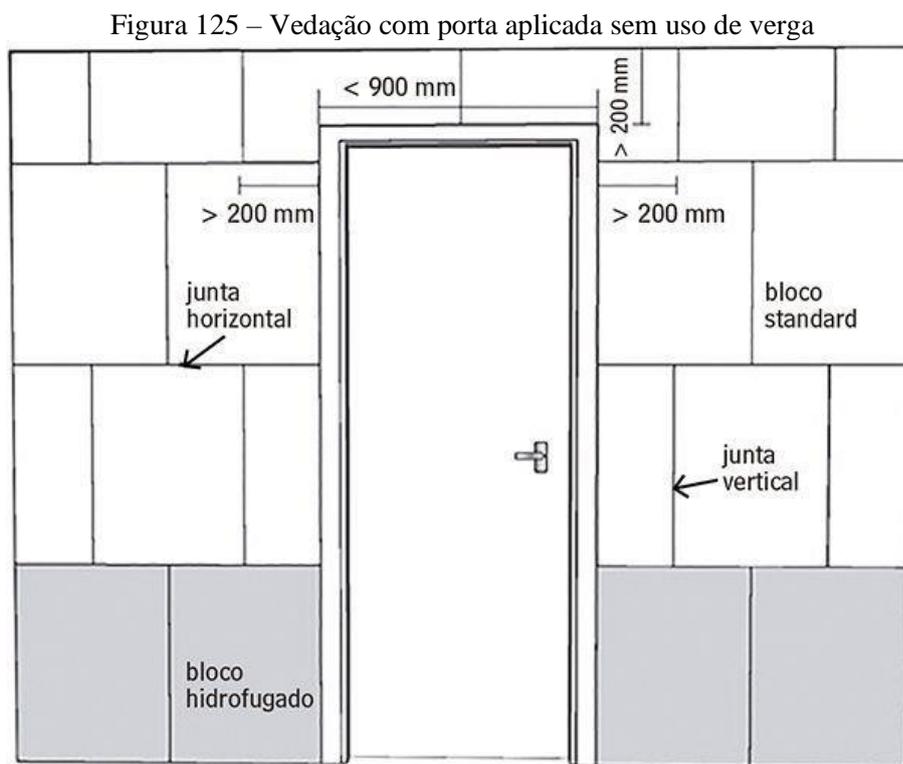
Fonte: Autora (2018)

As fissuras ao redor das esquadrias de madeira foram encontradas nas 3 portas que havia na área administrativa. Provavelmente, falhas no momento da fixação das portas podem ter ocasionado a fissuração.

Para um reparo apenas com fins estéticos, a cobertura da fissura com massa de gesso ocultará a fissura, porém, se a causa não for sanada ela pode voltar a ocorrer.

Para Silva e Peres (2016), a instalação correta de esquadrias em paredes de blocos de gesso deve ser feita seguindo-se alguns critérios.

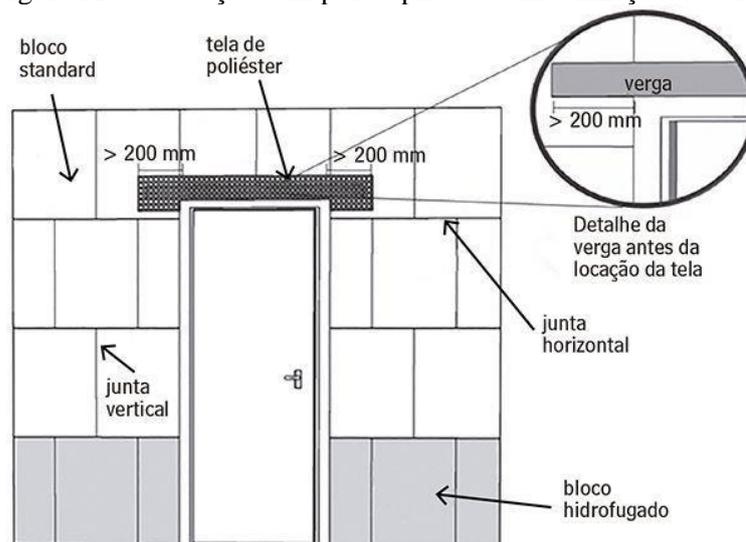
O uso de verga no vão de portas é dispensado quando os blocos de gesso possuem comprimento ao lado do vão e altura sobre o vão iguais ou superiores a 200 mm, o que implica o vão da porta apresentar largura menor que 900 mm (Figura 125).



Fonte: Silva e Peres (2016)

Quando o vão das portas for maior que 900 mm, faz-se necessária a utilização de vergas pré-moldadas de concreto armado, cuja resistência à compressão mínima é de 25 MPa. A verga deve ter espessura 20 mm menor que a espessura do bloco de gesso e apoios laterais iguais ou maiores que 200 mm (Figura 126).

Figura 126 – Vedação com porta aplicada com utilização de verga



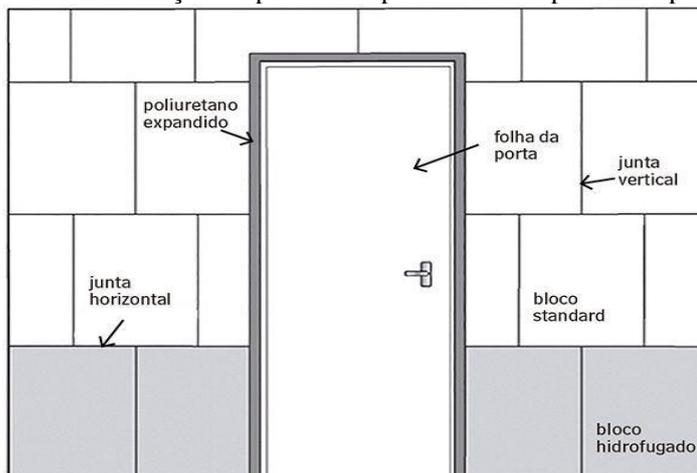
Fonte: Silva e Peres (2016)

A fixação das vergas é realizada com uma mistura de gesso de fundição e gesso cola (traço 1:1), sendo aplicada tela de poliéster no revestimento, a fim evitar o aparecimento de fissuras na ligação bloco-verga.

O assentamento das portas utilizadas nas vedações em bloco de gesso deve ser realizado com poliuretano expansível, aplicado no contorno da esquadria de porta (marco).

A fim de promover uma melhor fixação das portas, os blocos que formam o vão devem ser limpos e umedecidos, promovendo, assim, condições para uma melhor aplicação do poliuretano expansível (Figura 127).

Figura 127 – Fixação de porta com poliuretano expansível aplicado



Fonte: Silva e Peres (2016)

Quadro 70 – Caracterização das fissuras no encontro da parede de gesso com elemento estrutural

Fissuras no encontro da parede de gesso com elemento estrutural	
Ocorrência no empreendimento E: 50%	
	
Sintoma	Fissuração no encontro entre estrutura de concreto e vedação de bloco de gesso
Mecanismo provável	Movimentação diferencial da estrutura em relação à parede
Causa provável	Falha na execução da ligação da estrutura com a vedação
Origem provável	Execução/Projeto
Classificação	Anomalia endógena
Recomendações	Ajustar a ligação da vedação com a estrutura e reparar área fissurada

Fonte: Autora (2018)

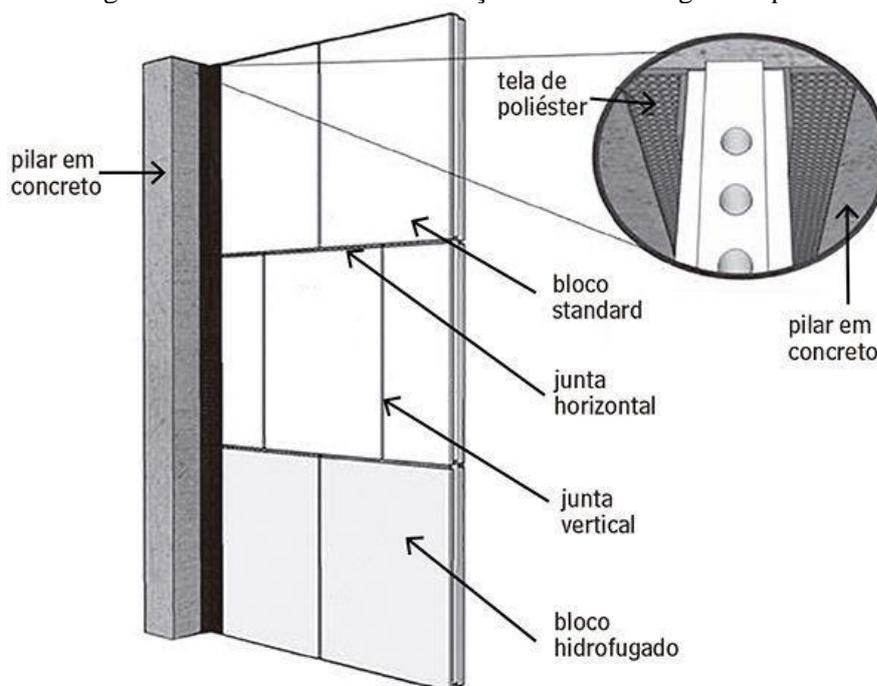
No caso das fissuras que ocorreram na ligação entre a estrutura de concreto da edificação e as vedações em blocos de gesso, foram encontradas em 5 pontos da área vistoriada, em ligações com vigas e pilares.

Neste caso, para fins estéticos, a fissura pode ser reparada com a utilização de massa de gesso, porém, novamente, se a causa não for sanada a interface pode voltar a fissurar. Como o concreto e gesso são materiais de diferentes módulos de elasticidade, deformam de modo diferente, e essa movimentação diferencial vem a acarretar as fissuras.

No intuito de evitar a fissuração, Silva e Peres (2016) indicam que a ligação de elementos estruturais verticais (pilares) deve ser realizada com gesso cola, aplicando-se tela de poliéster ao longo do encontro entre os dois elementos (Figura 128).

A tela de poliéster deve ser fixada com gesso cola e possuir largura mínima de 100 mm, sendo 50 mm em cada elemento. No momento de execução das vedações em blocos de gesso, os pilares devem estar chapiscados.

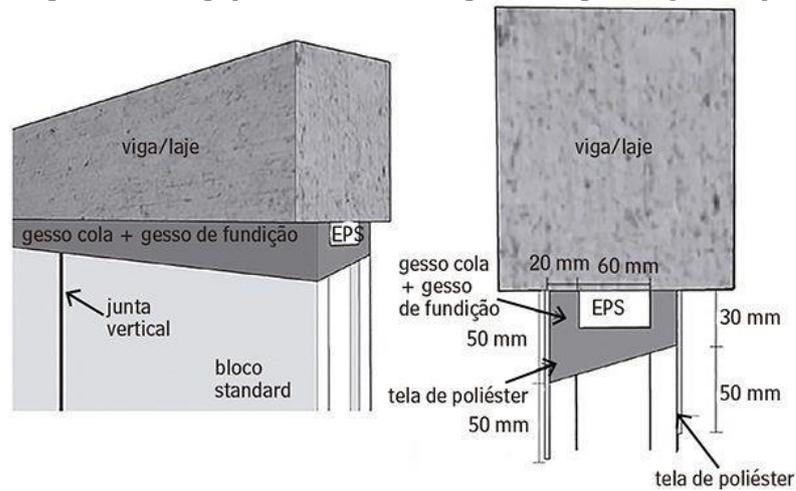
Figura 128 – Encontro entre vedações de bloco de gesso e pilar



Fonte: Silva e Peres (2016)

No caso de viga e laje, deve ser mantida uma distância entre o topo da vedação e o fundo da laje ou viga, de 30 mm a 50 mm, para permitir a amarração, que deve ser executada com EPS de alta densidade e uma mistura de gesso cola e gesso de fundição (traço 1:1) (Figura 129).

Figura 129 - Ligação entre blocos de gesso e viga ou laje maciça



Fonte: Silva e Peres (2016)

Quadro 71 – Caracterização das fissuras no encontro da parede de gesso com o forro de gesso

Fissura no encontro da parede de gesso com o forro de gesso	
Ocorrência no empreendimento E: 20%	
Sintoma	Fissuração na ligação entre forro de gesso e vedação
Mecanismo provável	Movimentação diferencial dos elementos
Causa provável	Falha na execução da ligação entre forro e vedação
Origem provável	Execução
Classificação	Anomalia endógena
Recomendações	Ajuste da interface de ligação e reparo das fissuras

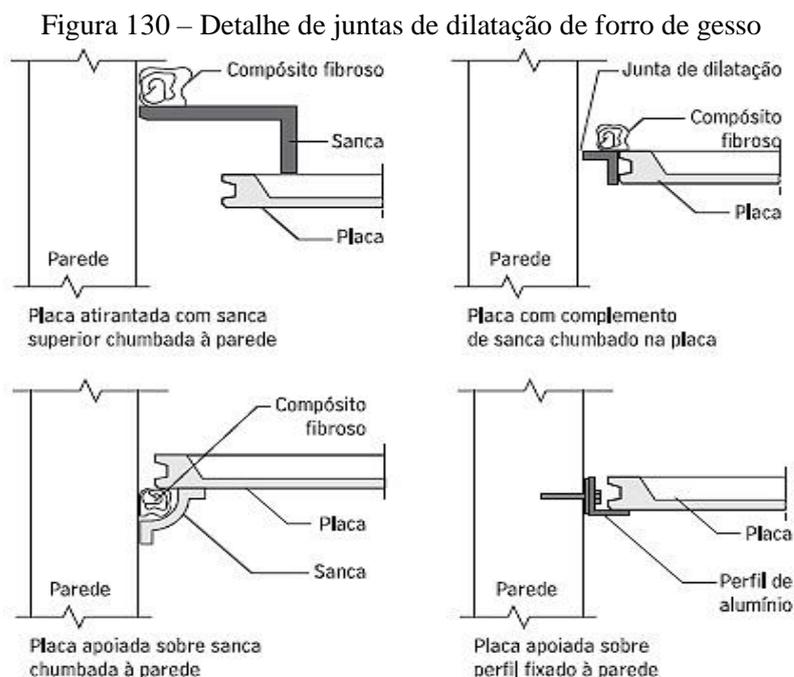
Fonte: Autora (2018)

As fissuras na interface de ligação do forro de gesso com as vedações de bloco de gesso ocorreram em 2 pontos da área vistoriada.

Para que a fissura seja corrigida, e não volte a acontecer, é necessário que seja sanada também a causa da mesma. Nesse caso, acredita-se que a causa esteja relacionada à etapa de instalação do forro de gesso, que pode ter sido realizada sem a devida junta de dilatação entre a vedação e o forro.

Segundo Benigno (2009), as juntas de dilatação devem ser compostas de gesso ou material não oxidável, com a função de não acarretar danos ao forro, causados pela movimentação diferencial entre o forro e o elemento de vedação vertical.

O autor exemplifica em seu trabalho quatro tipos de juntas de dilatação: placa atirantada com sanca superior chumbada à parede, placa com complemento de sanca chumbado na placa, placa apoiada sobre sanca chumbada à parede e placa apoiada sobre perfil fixado à parede (Figura 130).



Fonte: Benigno (2009)

Após a análise quantitativa e a caracterização detalhada de todas as manifestações patológicas encontrada em paredes de concreto moldadas *in loco*, vedações de gesso acartonado, painéis

sanduíche e vedações com blocos de gesso, avança-se para a etapa de classificação das manifestações patológicas de acordo com a prioridade de reparo e grau de criticidade.

Seguindo o exposto na metodologia do trabalho, utilizou-se a técnica FMEA para definição de prioridade de reparo das vedações danificadas. Já o grau de criticidade das manifestações patológicas foi avaliado de acordo com o preconizado na Norma Nacional de Inspeção Predial (IBAPE, 2012).

Os próximos tópicos abordarão as análises realizadas para todas as inovações tecnológicas de vedações verticais estudadas na pesquisa.

6.5 Resumo dos resultados da pesquisa

Com o intuito de facilitar a visualização dos principais resultados obtidos nesse trabalho, são disponibilizados quadros-resumo, que ajudam na observação destes resultados.

O Quadro 72 demonstra todos os resultados quantitativos da pesquisa. Apesar da mesma não ter caráter estatístico, o conhecimento das quantidades relacionadas à ocorrência de manifestações patológicas ajuda a entender o contexto qualitativo onde estão inseridas as manifestações patológicas em vedações verticais.

Os dados apresentados mostram que, independentemente do tipo de vedação vertical inovadora e da finalidade para a qual o mesmo é concebido, a ocorrência de manifestações patológicas em edificações consideravelmente novas, inclusive dentro do prazo da garantia, deve alertar os construtores para a revisão das práticas adotadas.

Já no Quadro 73 foram listadas todas as manifestações patológicas identificadas na pesquisa, classificadas por empreendimento (e conseqüentemente por tipo de vedação vertical) e pela sua característica predominante (manchas de umidade ou fissuras).

Quadro 72 – Resumos dos resultados quantitativos da pesquisa

	Empreendimento A	Empreendimento B	Empreendimento C	Empreendimento D	Empreendimento E
Sistema de vedação vertical inovadora utilizado	Paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>	Paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>	Vedações em gesso acartonado	Vedações em painéis sanduíche	Vedações com blocos de gesso
Tipo	Habitacional	Habitacional	Institucional	Escolar	Hoteleiro
Área inspecionada (m²)	1352	1050	528	916	100
Quantidade de tipologias de manifestações patológicas identificadas	12	14	8	6	4
Quantidade de ocorrências de manifestações patológicas	125	106	45	54	10
Índice de área construída /manifestação patológica encontrada	10,8	9,9	11,7	17,0	10,0
Ano de entrega	2014	2017	2018	2016	2012

Fonte: Autora (2019)

Quadro 73 – Resumo de todas manifestações patológicas identificadas na pesquisa

EMPREENHIMENTO A	EMPREENHIMENTO B	EMPREENHIMENTO C	EMPREENHIMENTO D	EMPREENHIMENTO E
Desagregação do revestimento argamassado	Pequenos furos no revestimento	Fissura horizontal	Manchas e desagregação do revestimento ao redor das esquadrias	Fissura no encontro da parede de gesso com o forro de gesso
Fissuras em áreas que sofreram intervenção dos usuários	Descolamento da cerâmica	Fissuras ao redor das esquadrias (de alumínio e de madeira)	Manchas e desagregação do revestimento em áreas molhadas	Fissuras ao redor das esquadrias de madeira
Fissuras junto ao piso em paredes externas	Falhas na pintura	Fissuras entre monoblocos	Manchas e desagregação do revestimento em paredes externas	Fissuras no encontro da parede de gesso com elemento estrutural
Fissuras na ligação de paredes de concreto com paredes de alvenaria	Fissuras ao redor da caixa de ar condicionado	Fissuras nas ligações de paredes perpendiculares	Segregação das camadas dos painéis nas faces externas	
Fissuras nas aberturas de portas e janelas	Fissuras grandes no meio das paredes	Fissuras no encontro de dois tipos de vedações	Desgaste do revestimento nas faces internas das paredes	
Fissuras no encontro entre paredes	Fissuras na parte inferior das esquadrias de alumínio	Fissuras no encontro entre placas		
Fissuras no meio das paredes	Fissuras nas aberturas de portas e janelas	Manchas de umidade próximas ao forro		
Fissuras no topo das paredes, próximo a coberta	Fissuras no encontro entre paredes	Manchas de umidade próximas aos condicionadores de ar		
Mancha de umidade em paredes com instalações hidráulicas	Fissuras no meio das paredes			
Mancha de umidade junto ao piso em paredes externas	Manchas de umidade ao redor das esquadrias em paredes internas			
Mancha de umidade no topo das paredes, próximo a coberta	Manchas de umidade nas fachadas externas			
Portas e esquadrias de madeira danificadas	Manchas de umidade pontuais no meio das paredes			
	Manchas retangulares nas paredes			
	Bolor ao redor das esquadrias			
				Legenda
				Fissura
				Umidade
				Outros danos

Fonte: Autora (2018)

6.6 Definição de prioridade das manifestações patológicas através da metodologia FMEA

A aplicação da metodologia FMEA é realizada para mensurar, através de parâmetros exemplificados na metodologia, a prioridade na execução dos reparos de cada uma das manifestações patológicas.

A prioridade de risco das manifestações patológicas encontradas nas paredes de concreto pode ser observada no Quadro 74.

Quadro 74 – Ordem de prioridade na metodologia FMEA para paredes de concreto moldadas *in loco*

Manifestação Patológica	Severidade	Custo	Intervenção	CPR	Prioridade de risco
Fissuras grandes no meio das paredes	3	2	4	24	Elevado
Fissuras nas aberturas de portas e janelas	2	2	4	16	Moderado
Fissuras no encontro entre paredes	2	2	4	16	
Fissuras no topo das paredes, próximo à coberta	2	2	4	16	
Mancha de umidade em paredes com instalações hidráulicas	2	2	3	12	
Portas e esquadrias de madeira danificadas	2	2	3	12	
Fissuras no meio das paredes	3	1	3	9	
Mancha de umidade no topo das paredes, próximo a coberta	2	2	2	8	
Desagregação do revestimento argamassado	3	1	2	6	
Fissuras na ligação de paredes de concreto com paredes de alvenaria	1	2	3	6	

Manifestação Patológica	Severidade	Custo	Intervenção	CPR	Prioridade de risco
Fissuras ao redor da caixa de ar condicionado	2	1	3	6	
Fissuras na parte inferior das esquadrias de alumínio	2	1	3	6	
Manchas de umidade nas fachadas externas	1	2	3	6	
Manchas de umidade ao redor das esquadrias em paredes internas	2	1	2	4	
Manchas de umidade pontuais no meio das paredes	2	1	2	4	
Bolor ao redor das esquadrias	2	1	2	4	
Fissuras em áreas que sofreram intervenção dos usuários	2	1	2	4	
Descolamento da cerâmica	2	1	2	4	
Fissuras junto ao piso em paredes externas	1	1	2	2	Baixo
Pequenos furos no revestimento	1	1	2	2	
Manchas retangulares nas paredes	1	1	2	2	
Mancha de umidade junto ao piso em paredes externas	1	1	1	1	
Falhas na pintura	1	1	1	1	

Fonte: Autora (2018)

Observando a ordem de prioridade resultante da aplicação da metodologia FMEA tem-se algumas conclusões.

Nenhuma manifestação patológica foi classificada com prioridade de risco muito elevada, cuja necessidade de intervenção é imediata, com caráter de urgência. Em geral, as manifestações patológicas que são classificadas com esse grau de risco comprometem a segurança estrutural da edificação. Nenhuma das manifestações encontradas alcançou essa gravidade.

Apenas as fissuras causadas pelas falhas de concretagem foram classificadas com prioridade elevada. Para esse grau de prioridade indica-se que a intervenção de reparo seja realizada o mais rápido possível. Sua ocorrência causa um maior desconforto visual aos usuários, além do fato de que seu reparo terá uma maior extensão, sendo indicada como prioritária para realização.

A prioridade de risco que abrangeu a maioria das manifestações patológicas foi moderada. Para este nível de prioridade indica-se que o reparo seja feito logo que possível. Nesses casos, as intervenções abordam mais de um elemento (revestimento, concreto e armação por exemplo), porém, a segurança dos usuários não está comprometida e os sintomas das manifestações não provocam grandes incômodos aos usuários.

Já as manifestações patológicas classificadas com baixo grau de prioridade devem ser reparadas, porém não existe caráter de urgência. Para estas os sintomas também não causam um grande desconforto estético, e, além disso, seus reparos são mais simples, interferindo, muitas vezes, em apenas um elemento da edificação. No caso deste trabalho, todas as manifestações identificadas com baixo grau de prioridade estão atreladas ao revestimento.

A mesma análise foi realizada para as manifestações patológicas encontradas em vedações verticais em gesso acartonado. O resultado da classificação pode ser visto no Quadro 75.

Quadro 75 – Ordem de prioridade na metodologia FMEA para vedações em gesso acartonado

Manifestação Patológica em paredes de gesso acartonado	Severidade	Custo	Intervenção	CPR	Prioridade de risco
Fissuras entre monoblocos	2	2	2	8	Moderado
Manchas de umidade próximas aos condicionadores de ar	2	1	2	4	Baixo
Fissuras no encontro de dois tipos de vedações	2	1	1	2	
Manchas de umidade próximas ao forro	1	1	2	2	
Fissuras nas ligações de paredes perpendiculares	1	1	1	1	

Manifestação Patológica em paredes de gesso acartonado	Severidade	Custo	Intervenção	CPR	Prioridade de risco
Fissuras ao redor das esquadrias (de alumínio e de madeira)	1	1	1	1	
Fissuras no encontro entre placas	1	1	1	1	
Fissura horizontal	1	1	1	1	

Fonte: Autora (2018)

Observando a prioridade de risco alcançada pelas manifestações patológicas em paredes de gesso acartonado, conclui-se que, de uma forma geral, as manifestações patológicas encontradas não têm níveis elevados de urgência para o reparo.

O caso particular das fissuras que aparecem entre monoblocos se caracteriza como a manifestação patológica que requer a maior necessidade de reparo, visto que o monobloco deve ser relocado à posição inicial e sua fundação estabilizada, evitando que essa fissura evolua para um quadro de trinca. Porém, mesmo com certo grau de dificuldade, a manifestação patológica não compromete a segurança estrutural da edificação.

Todas as outras manifestações patológicas foram consideradas com um baixo grau de urgência para as intervenções, indicando que os reparos dessas manifestações patológicas devem ser providenciados, porém não existe caráter emergencial.

A praticidade de reparo das vedações verticais em gesso acartonado contribui para a que os graus de urgência sejam considerados baixos. Em geral, a maioria das manifestações patológicas são reparadas com tratamento das juntas entre as placas ou, no máximo, substituição da placa danificada. Tais processos despendem menos mão de obra e recursos que reparos em vedações tradicionais, além de haver uma menor geração de resíduos.

Quadro 76 - Ordem de prioridade na metodologia FMEA para vedações em painéis sanduíche

Manifestação Patológica em paredes de gesso acartonado	Severidade	Custo	Intervenção	CPR	Prioridade de risco
Segregação das camadas dos painéis nas faces externas	2	2	1	4	Moderado

Manifestação Patológica em paredes de gesso acartonado	Severidade	Custo	Intervenção	CPR	Prioridade de risco
Manchas e desagregação do revestimento em áreas molhadas	2	2	1	4	
Manchas e desagregação do revestimento em paredes externas	2	2	1	4	
Desgaste do revestimento nas faces internas das paredes	1	1	1	1	Baixo
Manchas e desagregação do revestimento ao redor das esquadrias	1	1	1	1	

Fonte: Autora (2018)

Observando a ordem de prioridade resultante da aplicação da metodologia FMEA percebe-se que nenhuma das manifestações teve prioridade de risco elevada ou muito elevada. Desse modo, em nenhum dos casos há caráter de urgência no reparo, ou comprometimento estrutural da edificação.

As manifestações classificadas com grau de prioridade moderado têm como característica em comum a necessidade da substituição do painel danificado, o que gera intervenções mais delicadas, abrangendo mais de um sistema da edificação (estrutura, vedações e, algumas vezes, hidrossanitários e elétricos). As intervenções nesse caso devem ser realizadas tão logo seja possível, visto o apelo estético desagradável gerado pelas mesmas.

No caso das manifestações classificadas com o baixo grau de prioridade, a prioridade de seu reparo é menor, visto o menor grau de incômodo por parte dos usuários e simplicidade das intervenções que, em geral, necessitam só de pintura.

Quadro 77 - Ordem de prioridade na metodologia FMEA para vedações em blocos de gesso

Manifestação Patológica em vedações em bloco de gesso	Severidade	Custo	Intervenção	CPR	Prioridade de risco
Fissuras ao redor das esquadrias de madeira	1	1	2	2	Baixo

Manifestação Patológica em vedações em bloco de gesso	Severidade	Custo	Intervenção	CPR	Prioridade de risco
Fissuras no encontro da parede de gesso com o elemento estrutural	1	1	2	2	
Fissura no encontro da parede de gesso com o forro de gesso	1	1	1	1	

Fonte: Autora (2018)

Observando a prioridade de risco alcançada pelas manifestações patológicas em vedações em bloco de gesso, conclui-se que as manifestações patológicas encontradas não têm níveis elevados de urgência que justifiquem o reparo imediato.

Todas as manifestações patológicas foram consideradas com um baixo grau de urgência para as intervenções. Indicando que os reparos dessas manifestações patológicas devem ser providenciados, porém não existe caráter emergencial.

Deve-se reparar a causa da manifestação patológica e não somente a fissura, o que tornará as intervenções mais delicadas. A maioria abordará dois subsistemas da edificação (estrutura e vedação ou esquadria e vedação), acarretando atividades de demolição e inviabilizando por algum tempo as atividades do cômodo.

6.7 Avaliação do grau de risco das manifestações patológicas

O grau de risco das manifestações patológicas foi avaliado de acordo com os parâmetros apresentados na metodologia (IBAPE, 2012). O grau de risco atribuído a cada uma das manifestações patológicas em paredes de concreto moldadas *in loco* pode ser visto no Quadro 78.

Quadro 78 – Grau de risco das manifestações patológicas em paredes de concreto moldadas *in loco*

Manifestação Patológica	Grau de risco
Fissuras grandes no meio das paredes	Médio
Mancha de umidade em paredes com instalações hidráulicas	Médio
Fissuras nas aberturas de portas e janelas	Médio
Fissuras no encontro entre paredes	Médio
Fissuras no topo das paredes, próximo a coberta	Médio
Portas e esquadrias de madeira danificadas	Médio
Fissuras no meio das paredes	Médio
Mancha de umidade no topo das paredes, próximo à coberta	Médio
Desagregação do revestimento argamassado	Médio
Fissuras na ligação de paredes de concreto com paredes de alvenaria	Médio
Fissuras ao redor da caixa de ar condicionado	Médio
Manchas de umidade pontuais no meio das paredes	Médio
Bolor ao redor das esquadrias	Médio
Descolamento da cerâmica	Médio
Fissuras em áreas que sofreram intervenção dos usuários	Mínimo
Fissuras junto ao piso em paredes externas	Mínimo
Pequenos furos no revestimento	Mínimo
Manchas retangulares nas paredes	Mínimo
Mancha de umidade junto ao piso em paredes externas	Mínimo
Falhas na pintura	Mínimo
Fissuras na parte inferior das esquadrias de alumínio	Mínimo
Manchas de umidade nas fachadas externas	Mínimo
Manchas de umidade ao redor das esquadrias em paredes internas	Mínimo

Fonte: Autora (2018)

No caso da classificação de criticidade adotada pela Norma de Inspeção Predial Nacional (IBAPE, 2012) são três os níveis de classificação: crítico, médio e mínimo.

Nenhuma das manifestações patológicas foi classificada com o nível mais alto de criticidade. Essas manifestações têm como característica o comprometimento da saúde e segurança do

usuário da edificação. Desse modo, em nenhuma das ocorrências entendeu-se que havia risco à segurança do usuário.

No caso das manifestações patológicas classificadas com médio grau de risco, aponta-se que as mesmas, caso não reparadas, podem vir a causar a perda parcial do desempenho da edificação, diminuindo sua vida útil. Para essas manifestações é vislumbrado um agravamento dos sintomas, e até mesmo o surgimento de novas manifestações patológicas associadas, caso as mesmas não sejam reparadas.

No caso das manifestações patológicas classificadas com o grau mínimo de criticidade, entende-se que o maior dano é estético, e a possibilidade da mesma se agravar, comprometendo a vida útil da edificação, é mais improvável.

O grau de risco atribuído a cada uma das manifestações patológicas nas vedações verticais em gesso acartonado pode ser observado no Quadro 79.

Quadro 79 – Grau de risco das manifestações patológicas nas vedações verticais em gesso acartonado

Manifestação Patológica em paredes de gesso acartonado	Grau de risco
Fissuras entre monoblocos	Médio
Manchas de umidade próximas aos condicionadores de ar	Mínimo
Fissuras no encontro de dois tipos de vedações	Mínimo
Manchas de umidade próximas ao forro	Mínimo
Fissuras nas ligações de paredes perpendiculares	Mínimo
Fissuras ao redor das esquadrias (de alumínio e de madeira)	Mínimo
Fissuras no encontro entre placas	Mínimo
Fissura horizontal	Mínimo

Fonte: Autora (2018)

Observa-se que a classificação realizada através dos graus de criticidade adotados pela Norma de Inspeção Predial (IBAPE, 2012) segue as características do resultado da metodologia FMEA.

Também nessa classificação, apenas as fissuras entre os monoblocos tiveram um risco mais acentuado que as demais manifestações patológicas, sendo classificadas com risco médio.

Classificou-se tal manifestação dessa forma pelo fato de que o desnível entre os cômodos e a evolução da fissura para uma trinca apresenta risco de causar uma perda parcial da funcionalidade da edificação.

Todas as outras foram classificadas com baixo risco, visto que causam apenas pequenos danos estéticos, com baixa probabilidade de ocorrência de riscos críticos que comprometam a vida útil da edificação.

Quadro 80 - Grau de risco das manifestações patológicas nas vedações verticais em vedações de painéis sanduíche

Manifestação Patológica em paredes de gesso acartonado	Grau de risco
Segregação das camadas dos painéis nas faces externas	Médio
Manchas e desagregação do revestimento em áreas molhadas	Mínimo
Manchas e desagregação do revestimento em paredes externas	Mínimo
Desgaste do revestimento nas faces internas das paredes	Mínimo
Manchas e desagregação do revestimento ao redor das esquadrias	Mínimo

Fonte: Autora (2018)

Para os painéis sanduíche do empreendimento D, classificou-se com o grau de risco médio apenas a manifestação patológica de segregação das camadas dos painéis. Neste caso, o acúmulo de água dentro dos painéis pode atingir todas as suas camadas, inclusive o núcleo de EPS, passando a umidade para dentro dos cômodos. Essa evolução da manifestação acarretaria perda parcial da funcionalidade da edificação, que poder ter suas atividades prejudicadas pelo agravamento da situação.

Nos demais casos, apesar da intervenção em alguns deles ser mais complicada, em nenhum é observado o risco de comprometer a utilização das áreas. Até então, essas manifestações estão restritas apenas ao revestimento dos painéis.

Quadro 81 – Grau de risco das manifestações patológicas nas vedações verticais em vedações de bloco de gesso

Manifestação Patológica em vedações de bloco de gesso	Grau de risco
Fissuras ao redor das esquadrias de madeira	Mínimo
Fissuras no encontro da parede de gesso com elemento estrutural	Mínimo
Fissura no encontro da parede de gesso com o forro de gesso	Mínimo

Fonte: Autora (2018)

Classificando as manifestações patológicas através dos graus de criticidade adotados pela Norma de Inspeção Predial (IBAPE, 2012) observa-se que todas têm grau mínimo de risco.

O grau de risco mínimo é caracterizado pelo fato de que as manifestações causam apenas pequenos danos estéticos, com baixa probabilidade de ocorrência de riscos críticos que comprometam a vida útil da edificação.

7 CONCLUSÃO

O trabalho busca abordar a ocorrência das manifestações patológicas em vedações verticais inovadoras nos estados de Pernambuco e Alagoas. Foram realizados estudos com o sistema de parede de concreto moldadas *in loco*, vedações verticais em gesso acartonado, vedações verticais em painéis sanduíche e vedações verticais em alvenaria de blocos de gesso. Cinco empreendimentos foram utilizados como caso de estudos da pesquisa.

Em todos os empreendimentos estudados foi identificado um mesmo padrão de comportamento: as três manifestações patológicas de maior frequência são responsáveis por mais da metade das ocorrências identificadas.

No empreendimento A, com paredes de concreto moldadas *in loco*, foram visitadas 26 unidades habitacionais (1.352 m² no total) e houve identificação de 125 ocorrências de manifestações patológicas, classificadas em 12 tipos. Para o empreendimento A, as principais manifestações foram mancha de umidade junto ao piso em paredes externas, fissuras nas aberturas de portas e janelas e fissuras no meio das paredes, que representaram 51% das ocorrências.

Já no empreendimento B, também com vedações verticais em paredes de concreto moldadas *in loco*, foram visitadas 25 unidades habitacionais (1.050 m² no total), onde foram identificadas 106 ocorrências de manifestações patológicas, divididas em 13 tipologias diferentes. No empreendimento B as principais manifestações patológicas encontradas foram fissuras ao redor da caixa de ar condicionado, fissuras na parte inferior das esquadrias de alumínio e manchas de umidade ao redor das esquadrias em paredes internas, que juntas representaram 61% das ocorrências.

No empreendimento C, com vedações em paredes de gesso acartonado, com uma área inspecionada de 528 m², foram identificadas 45 ocorrências de manifestações patológicas, divididas em 8 tipologias. As principais foram fissuras nas ligações de paredes perpendiculares, fissuras ao redor das esquadrias (de alumínio e de madeira) e manchas de umidade próximas aos condicionadores de ar, que juntas representaram 80% do total das manifestações patológicas identificadas no empreendimento.

No empreendimento D, com vedações verticais em painéis sanduíche, foram inspecionados 916 m² de edificação, onde se encontrou 54 manifestações patológicas, classificadas em 6 tipologias. As principais foram manchas e desagregação do revestimento em paredes externas, manchas e desagregação do revestimento em áreas molhadas e desgaste do revestimento nas faces internas das paredes. Essas manifestações patológicas representaram, juntas, 80% do total de ocorrências do empreendimento.

No empreendimento E, com vedações em alvenaria de blocos de gesso, a área inspecionada foi de 100 m², onde foram encontradas 10 manifestações patológicas, divididas em 3 tipos: fissuras ao redor das esquadrias de madeira, fissuras no encontro da parede de gesso com elemento estrutural e fissura no encontro da parede de gesso com o forro de gesso correspondentes a 100% do total de manifestações encontradas.

O fato de que, em todos os empreendimentos, uma pequena quantidade de manifestações patológicas é responsável pela maioria das ocorrências, mostra que a repetição de práticas inadequadas ou utilização de materiais de baixa qualidade pode impactar significativamente a qualidade da edificação. Quando uma equipe repete um mesmo procedimento durante toda a edificação, e o mesmo tem alguma etapa inadequada, é provável que a manifestação patológica associada à má execução daquela etapa se alastre por muitos pontos da edificação. O mesmo ocorre com a utilização de um produto de baixa qualidade.

Das caracterizações realizadas, 37 indicam como possíveis origens da manifestação patológica as etapas de projeto, execução e escolha dos materiais, isto é, classificando como anomalias endógenas. Apenas 5 ocorrências foram ligadas às atividades de planejamento e execução de manutenção, sendo classificada como falhas. O fato indica que as etapas de projeto, execução e escolha de materiais se constituem como a maior fonte de manifestações patológicas. As decisões tomadas nessas etapas têm impacto decisivo no que tange a qualidade da edificação e a satisfação do usuário.

De uma forma geral, o grupo de maior representatividade nas manifestações patológicas encontradas foram as fissuras, que obtiveram 57% de ocorrências no empreendimento A, 62% de ocorrência no empreendimento B, 75% do empreendimento C e 100% no empreendimento E. Logo após as fissuras vieram as manchas de umidade, caracterizadas por 33% das

manifestações no empreendimento A, 15% das manifestações no empreendimento B, 25% no empreendimento C e 60% no empreendimento D. Nesse sentido, as vedações verticais inovadoras seguem o comportamento das vedações verticais tradicionais, em que as fissuras e manchas de umidade também são as manifestações patológicas de maior ocorrência.

O empreendimento A tem 4 anos de construído, período em que os moradores das unidades realizam pequenas atividades de manutenção, que não têm planejamento nem embasamento científico necessário, de modo que a maioria das manifestações patológicas persistem.

Já no empreendimento B, entregue em 2017, vale ressaltar que as unidades habitacionais visitadas nunca tinham sido utilizadas, então todas as manifestações patológicas estão atreladas às etapas de obra. Nesse caso, há uma equipe de pós-obra trabalhando no sentido de reparar as manifestações patológicas, de modo que provavelmente a edificação terá sua qualidade elevada até o momento da entrega final aos usuários.

O empreendimento C foi entregue em 2018 e, apesar do pouco tempo de utilização, já apresenta manifestações patológicas. Por se tratar de edificação de órgão público, sua manutenção é supervisionada pelo Governo do Estado, que executa pequenas atividades de reparo através da equipe de infraestrutura.

O empreendimento D, entregue em 2016, nunca passou por atividades de manutenção. Os gestores relatam que já solicitaram inúmeras atividades de manutenção aos órgãos responsáveis. Porém, esbarram na burocracia de processos licitatórios para que as atividades sejam realizadas.

O empreendimento E, de 2012, também nunca passou por manutenção. Outras áreas do hotel possuem manutenção rotineira, o que não é aplicado à área administrativa do mesmo, onde foi realizado o estudo de caso.

Analisando as manifestações patológicas identificadas *in loco* pela pesquisa, observa-se que muitas delas já tinham sido citadas no referencial teórico do trabalho, confirmando a propensão de algumas vedações verticais inovadoras para determinadas manifestações patológicas. Por outro lado, as manifestações patológicas que foram identificadas, e não havia menção às

mesmas na literatura, ampliam as perspectivas de estudos, no sentido de se desenvolver técnicas para evitá-las e repará-las.

Vale ressaltar, também, que apesar do grande número de ocorrência de manifestações patológicas, nenhuma apresentou grau de comprometimento elevado, no sentido de comprometer a saúde e segurança do usuário, tanto na análise realizada com a metodologia FMEA quanto na análise através da norma de inspeção predial (IBAPE, 2012). Ressalta-se também as limitações da metodologia FMEA para a análise da prioridade de risco das manifestações. O método, da forma como é proposto, se apresenta muito suscetível a opinião de quem o aplica, além disso, uma variação mínima nos coeficientes adotados resulta num grande salto de prioridade, devido a fórmula multiplicadora da metodologia.

No geral, os sistemas inovadores de vedações verticais se apresentam como alternativa que está se firmando no mercado da construção civil brasileira. Percebe-se que as empresas ainda estão se adaptando em relação às melhores práticas para execução dos sistemas inovadores. As falhas que ocorrem nas etapas de projeto, execução e escolha de materiais acabam por propiciar a ocorrência das manifestações patológicas identificadas nesse trabalho.

É importante salientar que a ocorrência de manifestações patológicas não deve desestimular a utilização desses sistemas. De fato, é necessário que haja cada vez mais iniciativas no intuito de incentivar a utilização desses sistemas, fornecendo conhecimento técnico e parâmetros para que os mesmos sejam executados da forma correta, evitando as possíveis falhas. Apenas dessa forma é possível que o setor da construção civil possa se desenvolver e inovar, usufruindo das benefícios que esses sistemas podem oferecer.

Exalta-se a importância de estudos no sentido de caracterizar as manifestações patológicas ocorrentes nesses tipos de vedação verticais. Através destes é possível identificar as falhas e trabalhar no sentido de evitá-las, utilizando melhores práticas.

8 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

A presente pesquisa contribuiu significativamente com o conhecimento científico acerca das vedações verticais inovadoras, incluindo as manifestações patológicas ocorrentes nas mesmas. Espera-se que futuros trabalhos deem continuidade ao tema abordado, no intuito de incentivar a utilização dessas vedações, e propor as melhores práticas de produção. Nesse sentido, são elencadas algumas propostas de pesquisas relacionadas ao tema.

- Avaliar, de forma experimental, as técnicas de recuperação propostas neste trabalho para as manifestações patológicas encontradas, como forma de confirmar a viabilidade de utilização das técnicas sugeridas;
- Compilar, através de estudo de caso e referências bibliográficas, as melhoras práticas de execução de cada uma das vedações verticais abordadas neste trabalho;
- Avaliar a eficiência da metodologia FMEA como avaliadora de grau de risco das manifestações patológicas, através da sua utilização em conjunto com o método DELPHI;
- Comparar os resultados de avaliações através da metodologia FMEA com outras metodologias de avaliação de grau de risco, no intuito de validar os resultados obtidos;
- Analisar, estatisticamente, o impacto da repetição de um processo inadequado de execução no surgimento de manifestações patológicas em empreendimentos.

REFERÊNCIAS

ABDUL-RAHMAN, H.; WANG, C.; WOOD, L. C.; KHOO, Y. M. Defects in affordable housing projects in Klang Valley, Malaysia. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 28, n. 2, p. 272–285, abr./2014.

AI, S. et al. Study on aluminum honeycomb sandwich panels with random skin/core weld defects. **Journal of Sandwich Structures & Materials**, Thousand Oaks, v. 15, n. 6, p. 704–717, 2013.

ALEXANDRE, I. F. **Manifestações patológicas em empreendimentos habitacionais de baixa renda executados em alvenaria estrutural: uma análise da relação de causa e efeito**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). 2018. São Paulo. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/>. Acesso em: 6 mai. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL. 2018. São Paulo. Disponível em: <<http://www.drywall.org.br/>>. Acesso em: 15 jun. 2018

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13858. NBR 12646: **Paredes de concreto celular espumoso moldadas no local - Especificações**. Rio de Janeiro, 1992.

_____. Telhas de concreto - Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR 5674: Manutenção de edificações - Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

_____. NBR 14037: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações — Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Rio de Janeiro, 2014

_____. NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 16055: Paredes de concreto moldadas in loco para a construção de edificações – requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012

_____. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto. Procedimento. Rio de Janeiro, 2014

_____. NBR 16495: Bloco de gesso para vedação vertical - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

_____. NBR 16494: Bloco de gesso para vedação vertical — Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

_____. NBR 16574: Gesso-cola — União de elementos pré-fabricados de gesso — Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2017.

_____. NBR 16575: Gesso-cola - União de elementos pré-fabricados de gesso - Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

_____. NBR 16657: Bloco de gesso — Alvenaria de vedação — Execução, inspeção e controle. Rio de Janeiro, 2017.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CEF). 2017. São Paulo. Disponível em: <http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/estadual/programas_desenvolvimento_urbano/Inov_tecno/index.asp> Acesso em: 14 dez. 2017

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CEF). 2018. São Paulo. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/de-olho-na-qualidade/Paginas/default.aspx>> Acesso em: 07 jun. 2018.

Câmara Brasileira da Construção Civil (CBIC) Catálogo de inovação na construção civil. Brasília: CBIC, 2016. 137p.

CAMPOS, H. C. **Avaliação pós-ocupação de edificações construídas no sistema light steel framing**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

CAPORRINO, C. F. **Patologias em alvenarias**. 2 ed.. São Paulo: Oficina do Livro, 2018. 96 p.

CARASEK, H.; CASCUDO, O. **Descolamento de revestimentos de argamassa aplicados sobre estruturas de concreto – estudos de casos brasileiros**. Apfac, n. May, p. 12, 2007.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; JUCÁ, T. Estudo de casos de descolamento de revestimento de argamassa aplicado sobre estrutura de concreto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSA, 6., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, SC. ANTAC, 2005. p. 551-561

CARDOSO, A. L.; JAENISCH, S. T.; ARAGÃO, T. A. **22 anos de política habitacional no brasil: da euforia "a crise**. (1ª ed.). Rio de Janeiro: Letra Capital, 2016.

CARDOSO, D. L. A. **Vedações verticais e suas interfaces no sistema construtivo de edificações**. 2007. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

CARRARO, C. L.; DIAS, J. F. Diretrizes para prevenção de manifestações patológicas em Habitações de Interesse Social. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 125-139, abr./jun. 2014.

CARRETERO-AYUSO, M. J.; MORENO-CANSADO, A.; GARCÍA-SANZ-CALCEDO, J. Diagnosis of functioning incidences from judicial claims in building installations in Spain. **Journal of Building Physics**, s.l., v. 41, n. 6, p 1–23, mai./2018.

COELHO, J. D. C. **Produção de um novo conceito de painéis modulares para habitações baseado em sistemas compósitos reciclados**. 73 p. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto, 2016

COIMBRA, E. T. S.; OLIVEIRA, V. W. S. N. **Comparativo de custos para alvenaria entre bloco cerâmico e bloco de gesso para casa popular**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2017.

COLEN, I. F.; BRITO, J. Anomalias em fachadas de edifícios correntes. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1, 2003, Porto. **Anais...** Porto, PT. PATORREB, 2003.

COLEN, I. F.; BRITO, J.; FREITAS, V. P. Técnicas de diagnóstico e de manutenção para remoção de manchas em paredes rebocadas. In: CONGRESSO NACIONAL DE ARGAMASSAS DE CONSTRUÇÃO, 1, 2005, Lisboa. **Anais...** Lisboa, PT. APFAC, 2005.

COLETÂNEA DE ATIVOS. Paredes de Concreto. Comunidade da construção 2007/2008. Disponível em: <<http://abesc.org.br/arquivos/coletania-aditivos.pdf>>. Acesso em: julho 2017

CONDEIXA, K. M. S. P. **Comparação entre materiais da construção civil através da avaliação do ciclo de vida: sistema drywall e alvenaria de vedação**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterio, RJ, 2013.

CONSTRUÇÃO MERCADO. 2017. São Paulo. Disponível em: <<https://construcaomercado.pini.com.br/2017/07/quase-50-das-moradias-do-minha-casa-minha-vida-tem-falhas-de-construcao/>> . Acessado em: 06 fev. 2018.

CORREIA, A. F. G. **Análise de risco com recurso à FMEA: Propostas para a graduação da severidade e ocorrência**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, PT, 2016.

COSTA, A. T.; NASCIMENTO, F. B. C. Uso de gesso acartonado em vedações internas. **Cadernos de graduação: ciências exatas e tecnológicas**, Maceió, v. 2, n. 3, p. 99-106, mai./2015.

CRUZ, A. F.; BARBOSA, M. T. G.; CASTAÑÓN, J. A. B. Análise do processo de manutenção em diferentes sistemas construtivos no Brasil. **Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis**. Petrópolis, v. 11, n. 1, p. 33-43, 2017.

CUPERTINO, D.; BRANDSTETTER, M. C. G. de O. Proposição de ferramenta de gestão pós-obra a partir dos registros de solicitação de assistência técnica. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 243-265, out./dez. 2015.

DEDOLPH JR., C. T.; JASELSKIS, E. J. Innovative Wall System for Construction Industry. **Journal of Architectural Engineering**, Reston, v. 3, n. 4, p. 176–184, 1997.

Drywall Finishing Council Gypsum Construction Troubleshooting - Guide: Fasteners. February 25, 2010. Disponível em: < http://dwfc.org/wp-content/files/DWFC_03_-_Fasteners_FINAL_2010.pdf > Acessado em: 13 de outubro de 2018

Drywall Finishing Council Gypsum Construction Troubleshooting - Guide: Framing. February 25, 2010. Disponível em: < http://dwfc.org/wp-content/files/DWFC_02_-_Framing_FINAL_2010.pdf > Acessado em: 13 de outubro de 2018

Drywall Finishing Council Gypsum Construction Troubleshooting - Guide: Gypsum Board. February 25, 2010. Disponível em < http://dwfc.org/wp-content/files/DWFC_01_-_Gypsum_Board_FINAL_2010.pdf > Acessado em: 13 de outubro de 2018

Drywall Finishing Council Gypsum Construction Troubleshooting - Guide: Joint Treatment. April 13, 2012. Disponível em:< http://dwfc.org/wp-content/files/DWFC_04-Joints_2012_v4.pdf >. Acessado em: 13 de outubro de 2018

DUEÑAS PEÑA, M. **Método para a elaboração de projetos para produção de vedações verticais em alvenaria**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003

empreendimentos imobiliários. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13, 2010, Canela. **Anais...** Canela, RS. ANTAC, 2010.

ERDEM, I.; PERAZA, D. **A Case Study on the Construction Defects of Reinforced Concrete Walls with Insulated Concrete Forms**. **Forensic Engineering**, Abu Dhabi, v. 1, n. March, p. 539–549, 2015.

FARIA, R. Torres econômicas. *Téchne*. 2008. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/130/artigo287515-1.aspx>>. Acessado em: 26 maio 2018.

FIESS, J. R. F.; OLIVEIRA, L. A.; BIANCHI, A. C.; THOMAZ, E. Causas da ocorrência de manifestações patológicas em conjuntos habitacionais do estado de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, SP. ANTAC, 2004.

FONSECA, E. F., **Análise do aparecimento de fissuras em regiões de aberturas de paredes de concreto armado** – Estudo de caso. 2016 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Centro Universitário de Brasília. Brasília, 2016.

FONTENELLE, J. H. **Sistema de fixação e juntas em vedações verticais constituídas por placas cimentícias**: estado da arte, desenvolvimento de um sistema de avaliação experimental. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

FRANCO, L. S. O projeto das vedações verticais: característica e importância para a racionalização do processo de produção. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS, 1, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1998.

GAIÃO, C.; DE BRITO, J.; SILVESTRE, J. Inspection and diagnosis of gypsum plasterboard walls. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, New York, v. 25, n. 3, p. 172–180, 2011.

GIL, A. C.; **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. (6ª ed.) São Paulo: Editora Atlas S. A., 2008.

GIRMSCHEID, G.; WONG, F. Exploring construction industrialization in China: the status quo and the challenges. International Council for Research and Innovation in Building and Construction. 2012. Disponível em: <http://site.cibworld.nl/dl/publications/pub_368.pdf> Acessado em: 07 dez 2017

GOMES, J. O.; LACERDA, J. F. S. B. Uma visão mais sustentável dos sistemas construtivos no Brasil: análise do estado da arte. **E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial**, Florianópolis, v. 7, n. 2, 2014

GOMES, J. O.; LACERDA, J. F. S. B. Uma visão sustentável dos sistemas construtivos no Brasil: Análise do estado da Arte. **E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 167-186, dez. 2014.

GUIMARÃES, J. R. B. **Dimensionamento de painéis pré-fabricados em GRC**. 80 p. Dissertação (Mestrado). Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto, 2016.

GYPSUM ASSOCIATION. History of the Gypsum Association. Disponível em <<https://www.gypsum.org/about/history-gypsum-association/>> Acesso em: 29 mai 2018.

HERDA, G.; SANGORI, R. BOCK, M. Low Cost, Low Carbon, but no Data: Kenya's Struggle to Develop the Availability of Performance Data for Building Products. **Procedia Environmental Sciences**, v. 38, n. 1, p. 452 – 460, 2017.

HOLANDA, E. P. T. DE. **Novas Tecnologias Construtivas Para Produção De Vedações Verticais: Diretrizes Para O Treinamento Da Mão-De-Obra**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA (IBAPE), **Norma de Inspeção Predial Nacional**, São Paulo, 2012.

JAILLON, L.; POON, C. S.; CHIANG, Y. H. Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong. **Waste Management**, v. 29, n. 1, p. 309-320, 2009.

KARKE, S.M.; KUMATHEKAR, M. B. Comparison of the use of traditional and modern formwork systems. **Civil Engineering Systems and Sustainable Innovations**. ISBN: 978-93-83083-78-7. 2014.

KATCHADJIAN, P. et al. Ultrasonic techniques for the detection of discontinuities in aluminum foams. **AIP Conference Proceedings**, v. 1806, 2017

LABUTO, L. V. **Parede seca – sistema construtivo de fechamento em estrutura de drywall**. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

LAI, L. **Verificação do custo-benefício do sistema drywall segundo a ABNT NBR 15575:2013**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia Científica**. (6ª ed.) São Paulo, Atlas, 2007.

LEY, O.; BUTERA, M.; GODINEZ, V. Inspection of composite structures using line scanning thermography. **SPIE Conference Proceedings**, Cardiff, v. 8354, p. 835406, 2012.

LIANG, W.; ZHANG, S. Analysis on the main relationship in industrial chain of industrialized building. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION AND REAL ESTATE MANAGEMENT, Guangzhou, China, 2017. **Anais...**, Guangzhou, China, 2017, p. 173-179.

LOGSDON, L. **O programa minha casa, minha vida em CUIABÁ-MT: uma análise da qualidade dos projetos destinados às famílias de baixa renda**. 2012. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2012.

LUDOVICO, T. S. **Desempenho a estanqueidade à água: interface janela e parede**. 182 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, RS, 2016.

MADUREIRA, S. et al. Maintenance planning of facades in current buildings. **Construction and Building Materials**, v. 147, p. 790–802, 2017.

Maintenance in Nigeria. **Jordan Journal of Civil Engineering**, v. 10, n. 3, 2016.

MANCINO, N. Gypsum in the Middle East; from antiquity to modern day. **Global Gypsum Magazine**, p.14-22, maio 2008.

MANSURA, A. A. P.; NASCIMENTO, O. L.; MANSURA, H.S. Mapeamento de Patologias em sistemas de revestimento cerâmico de fachadas. **Construindo**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, Jan/Jun. 2012.

MATEUS, R.; NEIVA, S.; BRAGANÇA, L.; MENDONÇA, P.; MACIEIRA, M.; Sustainability assessment of an innovative lightweight building technology for partition walls e comparison with conventional technologies. **Building and Environment**. v. 67, p. 147-159, 2013.

MENDES, G. Alta engenharia na baixa renda. *Téchne*, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/130/artigo285708-1.aspx>> Acesso em: 04 jul 2018.

MILION, R.N., ALVES, T.C.L., PALIARI, J.C. Impacts of defects on customer satisfaction in residential building. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 24, 2016, Boston. **Anais...** Boston, MA, USA.

MIOTTO, A. **Avaliação Das Patologias No Sistema Construtivo Em Paredes De Concreto Moldadas No Local Para Edifícios Residenciais**. 72 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. Paredes de concreto. *Téchne*, São Paulo, 2009. Disponível em <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/147/artigo285766-2.aspx>> Acesso em: 17 mai 2018

MITIDIARI, C. Drywall no Brasil: Reflexões Tecnológicas. Associação Brasileira de Drywall, 2009. Disponível em <<http://www.drywall.org.br/artigos.php/0/30/drywall-no-brasil-reflexoestecnologicas>>. Acesso em: 16 abr 2018

MITIDIARI, C. V. (2012) Patologia de paredes dry-wall: formas de prevenção. Seminário Patologias Precoces de Obras: o Risco do Passivo Técnico e as Ações para Evitar os Defeitos de Construção, 2012, São Paulo.

MONTEIRO, E. B. Recomposição de concreto. Disponível em: <<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=cG9saS5icnxlbGhbmF8Z3g6NGE3YzFIOTJjYjhhNjE3YQ>>. Acesso em: 20 jul 2018.

MORAIS, G. M. **Planejamento da execução de paredes de concreto armado: um estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Engenharia Civil). Universidade Federal de Goiás, 2017.

MORQUIMICA. Tipos de gel coat. Disponível em: <<https://www.morquimica.com.br/produtos-aplicacoes.php?Id=18> > Acessado em: 14 de janeiro de 2019

MOTTA, L.A.C.; GONÇALVES, L.K.S.; SILVA, M.R.; CUNHA, J.; DANTAS, M.E. Painéis sanduíches de poliéster reforçado com fibras de rami para aplicação da construção civil. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v.21, n.3, pp. 796– 806, 2016

NASCIMENTO, G. L.; HATAKEYAMA, K.; Reference Model for Innovative Product Development in Construction: A Stages Proposal based on Comparative Analysis. In: PICMET '16 Conference: Technology Management for Social Innovation. **Anais...** Hawai, USA, 2016.

NEMER, P. C. C. **Avaliação do sistema construtivo paredes de concreto moldado no local a luz das normas técnicas vigentes**. 106 p. Monografia (Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído) – Escola de Engenharia, Universidade de Minas Gerais, 2016.

NEVES, D. R. R.; BRANCO, L. A. M. N. Estratégia de inspeção predial. **Construindo**, Belo Horizonte, v. 1, n.2, p.12-19, jul./dez. 2009

NEVES, M. L. R. **Método Construtivo de vedação vertical interna com blocos de gesso**. 2011. Dissertação (mestrado). Escola Politécnica de Pernambuco. Universidade de Pernambuco., Pernambuco, 2011.

OLIVEIRA, N. **Análise estrutural comparando a aplicação da alvenaria de blocos cerâmicos e do drywall como sistemas de vedação vertical interna de uma edificação**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

OLIVEIRA, R. B. R. S., MORENO JUNIOR, A. L. VIEIRA, L. C. M. Tinta intumescente como revestimento de proteção ao fogo. **IBRACON Structures and Materials Journal**, v.. 10, nº 1, p. 220 – 243, fev/2017.

OLIVIERI, H. et al. A utilização de novos sistemas construtivos para a redução no uso de insumos nos canteiros de obras: Light Steel Framing. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 45-60, out./dez. 2017.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Manual de Oslo**: diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. Publicado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), 3ª ed., 2005.

ORNSTEIN, S.; ONO, R.; OLIVEIRA, F. L. Em busca da qualidade na habitação social no Brasil: instrumentos para avaliação de pós ocupação (APO) aplicada a sistemas construtivos inovadores. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA HABITAÇÃO NO ESPAÇO LUSÓFONO, 4, 2017, Porto. **Anais...** Porto, 2017.

PANNETT, L. Brazil., building the country of tomorrow. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Civil Engineering.**, v. 166, n. 6, p. 3-12, nov/ 2013.

PAREKH, N. M.; MARVADI, B. M.; PATEL, U. Comparative studies of construction techniques. **Journal of Information, Knowledge and Research in Civil Engineering**. v. 3, n.2, p. 279 – 289, out/2015

PATIL, K.; JADHAV, A.; SHINGATE, N. Mivan Technology. **International Journal of Engineering and Technical Research**, v. 3, n. 6, p. 30-32, jun/2015.

PIRES SOBRINHO, C. W. A. **Vedações Verticais em Alvenaria de Blocos de Gesso para Estruturas Apertadas de Concreto Armado-Projeto, Execução e Desempenho**. Documento Técnico. Recife, 2009.

PORTELA, A. M. A. **Inspeção por Ressonância Magnética Nuclear de painéis-sanduiche compósitos de grau aeronáutico**. 137 p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Carlos, 2011. 2011

POSSER, N. D. **Proporcionamento de argamassas para reboco de recuperação**. 180p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

PULZATTO, M. P. **A adoção de novas tecnologias construtivas na produção de edifícios**. Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2005.

RACHID, L. E. F.; BASE, M. Levantamento das manifestações patológicas em residências familiares. **Thêma et Scientia**, Paraná, v. 1, n. 1, p. 107-119, jun. 2011

REVISTA EQUIPE DE OBRA. Passo a passo em paredes de concreto. 2012. Disponível em: <<http://equipedebra17.pini.com.br/construcao-reforma/47/economia-concreta-ao-optar-por-paredes-de-concreto-em-257752-1.aspx>>. Acesso em: 14 de abr 2018

ROCHA, C. A. L. **O gesso na indústria da construção civil: considerações econômicas sobre utilização de blocos de gesso**. 2007. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007

SAID, H.; BARTUSIAK, J.; Regional Competition Analysis of Industrialized Homebuilding Industry. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 144, n. 2, p. 1-10.

SANTOS, P. V. S. **Ações evolutivas em edifícios de parede de concreto e de alvenaria, considerando a interação com o solo**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016

SILVA, A. J. C.; PERES, L. Como construir: execução de alvenaria não estrutural de blocos de gesso. Revista técnica. Disponível em <<https://techne.pini.com.br/2016/04/como-construir-execucao-de-alvenaria-nao-estrutural-de-blocos-de-gesso/>>. Acessado em: 14 novembro de 2018.

SILVA, C.; COELHO, F.; BRITO, J.; SILVESTRE, J.; PEREIRA, C. Statistical survey on inspection, diagnosis and repair of architectural concrete surfaces. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, Reston, v. 31, n. 6, p. 2-9, 2017

SILVA, E. D. **Comparativo de custo e desempenho entre o sistema de vedação convencional e o fechamento em drywall**. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

SILVA, F. B.; KATO, C. S.; SABBATINI, F. H.; BARROS, M. M. S. B. Sistemas construtivos industrializados para a construção habitacional: análise do canteiro experimental heliópolis. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13, 2010, Canela. **Anais...** Canela, RS. ANTAC, 2010.

SILVA, M. F. A. **Gerenciamento de processos na construção civil: um estudo de caso aplicado no processo de execução de paredes em gesso acartonado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2000.

SILVA, M. G.; SILVA, V. G.. **Manual de construção em aço: Painéis de vedação**, (2ª ed.) São Paulo: Centro brasileiro em construção em aço, 2004.

SILVA, S. R. C.; FONSECA, M.; BRITO, J. Metodologia FMEA e suas aplicações à construção de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE E INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 1, 2006, Lisboa. **Anais...** Lisboa, PT, 2006

SILVA, S. Z. R. S. **A percepção do usuário de habitação unifamiliar em relação ao sistema construtivo industrializado – avaliação do grau de satisfação**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

SILVEIRA NETO, O. **Manifestações patológicas em condomínios habitacionais de interesse social do município de Porto Alegre**: levantamento e estudo sobre a recorrência. Monografia (mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

SIMMONS, C.; JONES, R. M.; BOELTER, F. Development and Evaluation of a Semi-Empirical Two-Zone Dust Exposure Model for a Dusty Construction Trade. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 8, n.9, p. 337-348, 2011.

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÃO TÉCNICA (SINAT). Diretrizes para avaliação técnica de produtos: Alvenaria de blocos de gesso para vedações verticais internas sem função estrutural. Documento técnico nº 008. Brasília, 2017.

SOLIMAN, H. E.; KAPANIA, R. K. Degradation in Cellular Core Mechanical Properties due to Transverse Compression. IN: 55th AIAA/ASME/ASCE/AHS/SC STRUCTURES, STRUCTURAL DYNAMICS, AND MATERIALS CONFERENCE. January, **Anais...** p. 1–18, 2014.

SOUZA, C. O. **Desempenho acústico, térmico, lumínico e estudo arquitetônico dotado para a região amazônica nas edificações de casas populares em Porto Velho/RO.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Amazonas. Amazonas, 2016

SOUZA, D. M.; LAFONTAINE, M.; CHARRON-DOUCET, F.; CHAPPERT, B.; KICAK, K.; DUARTE, F.; LIMA, L. Comparative life cycle assessment of ceramic brick, concrete brick and cast-in-place reinforced concrete exterior walls. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, p. 70-82, nov./2016.

SOUZA, P. R. A. **Desenvolvimento de painel pré-fabricado em alvenaria protendida.** 109 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2008.

STRABELI, G. I. **Diretrizes para projeto e desempenho de sistemas construtivos em painéis pré-moldados de concreto: edifícios habitacionais.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2015.

Techniques (conventional technique vs aluminium formwork techniques). **Journal of information, knowledge and research in civil engineering**, v. 3, n. 2, p. 279-287, out/2015.

THANASOULAS, I. D.; VARDAKOULIAS, I. K.; KOLAITIS, D. I.; GANTES, C. J.; FOUNTI, M. A. Coupled thermo-mechanical simulation for the performance-based fire design of CFS drywall systems. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 145, p. 196-209, fev./2018.

TREVO. Procedimento de execução de alvenaria de bloco de gesso. Documento técnico. Disponível em < <http://www.trevogesso.com.br/biblioteca/publicacoes-tecnicas/Procedimento-para-execucao-de-alvenaria-em-blocos-de-gesso.pdf>>. Acessado em: 27 de dezembro de 2019.

TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. **Inspección, diagnóstico y pronóstico em la construcción civil.** Boletín Técnico. ALCONPAT Internacional, Mérida – México, 2013

UEHARA, F. N., **Diretrizes para desenvolvimento de projetos para ligações de painéis de fachada horizontais de concreto pré-moldado.** 100 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2009

VAZQUEZ, E. G.; SANTOS, V. A. L. Estudo Estatístico de Patologia na Pós-Entrega de empreendimentos imobiliários. Canela, 2010, XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...** 10p

VERAS, M. A. N. **Estudo, fabrico e caracterização de painéis sanduíche com núcleos em materiais compósitos de cortiça.** 144 p. Dissertação (Mestrado). Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Lisboa, 2013

VESPER, S.; WYMER, L.; COX, D.; DEWALT, G. Populations of some molds in water-damaged homes may differ if the home was constructed with gypsum drywall compared to plaster. **Science of the Total Environment**, v. 562, p. 444-450, abr./2016.

VIEIRA, L. B. – **Projeto de paredes de concreto armado: apresentação das recomendações normativas e avaliação da influência das aberturas**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014

VIVIAN, A. L. **Linha de montagem para a produção de habitações em light steel frame: projeto e otimização**. Tese (doutorado). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2016

WAGHMARE, A.; VAISHALI, T. A Study of Cost comparison of precast concrete vs. Cast-in-Place. **International Multidisciplinary e-Journal**, v. 4, n 11, p. 27-34, nov./2015.

WATT, D. **Building pathology: principles and practice**, 4 ed. Oxford: Blackwell Publishing 2007. 304 p.

WAZIRI, B. S. Design and Construction Defects Influencing Residential Building

YIN, R. K. **Estudo de Caso - Planejamento e Métodos**. 2 ed. São Paulo: Bookman, 2001

YUAN, W. et al. Effect of local damages on the buckling behaviour of pyramidal truss core sandwich panels. **Composite Structures**, Porto, v. 149, p. 271–278, 2016

WATT, D. **Building pathology: principles and practice**, 4 ed. Oxford: Blackwell Publishing 2007. 304 p.

WAZIRI, B. S. Design and Construction Defects Influencing Residential Building Maintenance in Nigeria. **Jordan Journal of Civil Engineering**, v. 10, p. 313-323, 2016

YIN, R. K. **Estudo de Caso - Planejamento e Métodos**. 2 ed. São Paulo: Bookman, 2001

YUAN, W. et al. Effect of local damages on the buckling behaviour of pyramidal truss core sandwich panels. **Composite Structures**, Porto, v. 149, p. 271–278, 2016