

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**ESTUDO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM
REVESTIMENTOS DE FACHADAS – SISTEMATIZAÇÃO DOS CASOS
E PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO**

Uberlândia – MG

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**ESTUDO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM
REVESTIMENTOS DE FACHADAS – SISTEMATIZAÇÃO DOS CASOS
E PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO**

Matheus Cunha Fernandes

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Cabana
Guterres.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Uberlândia como requisito parcial
para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil.

Uberlândia – MG

2021

AGRADECIMENTOS

São muitos os desafios enfrentados e experiências vividas ao longo do processo de graduação, por vezes marcado por momentos de angústia e inquietação, necessários ao crescimento pessoal e profissional, mas principalmente, por momentos de felicidade, que sem dúvida deixarão saudades.

Ao longo deste ciclo, várias pessoas se fizeram presentes junto a mim de forma essencial. Dentre estas, agradeço primeiramente aos meus pais, Keilismar e Denaldo, que sempre estimularam meu desenvolvimento por meio dos estudos e prestaram seu total apoio quando eu, ainda muito jovem, decidi me mudar para Uberlândia para ingressar na universidade.

Aos meus amigos, especialmente aos membros e ex-membros da Constru Soluções em Engenharia e Arquitetura, sou grato pelo companheirismo, por todas as experiências vividas e troca de conhecimentos, por todos os eventos em conjunto, por toda a paciência e ensinamentos, e acima de tudo, por me mostrarem que a graduação pode fornecer algo muito maior que o mero conhecimento técnico.

Ao professor Paulo Guterres, pela paciência, pela disposição, por nutrir o sentimento de que sempre é possível fazer mais e melhor, e por todo o apoio que prestou em diversas fases da minha formação acadêmica, inicialmente como orientador na Empresa Júnior, período no qual despertou em mim grande admiração, como professor, como orientador durante meu estágio supervisionado e atualmente na orientação do trabalho que aqui apresento, no qual tem fundamental importância.

Por fim, agradeço à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, pela dedicação e qualidade do ensino; aos professores e técnicos pelo auxílio e transferência de conhecimento, e a todos aqueles que contribuíram não só para a conclusão deste trabalho, mas também durante todo meu período de formação.

RESUMO

Devido ao sistema construtivo amplamente difundido no Brasil, com origem portuguesa, composto em sua maior parte por estruturas em concreto armado com vedações em alvenaria, é preponderante o uso dos revestimentos argamassados. Apesar de sua ampla utilização e da constante evolução pela qual passa a construção civil na atualidade, este sistema de revestimento tem sua importância muitas vezes negligenciada, sendo executado por meio de práticas retrógradas, o que, como consequência, tem tornado frequente o aparecimento de manifestações patológicas com causas e consequências diversas. Assim sendo, no presente trabalho foram observadas, caracterizadas e sistematizadas as principais manifestações patológicas que assolam os revestimentos argamassados de fachadas, relacionadas tanto ao processo produtivo, quanto à qualidade dos materiais empregados, e com base neste estudo, foram propostas de boas práticas a fim de evitar os problemas dos vícios construtivos. A metodologia utilizada foi baseada no estudo de casos práticos, com levantamento fotográfico e análise de edificações acometidas por patologias, seguida da suposição das possíveis origens do problema, e, em função destas, da proposta de solução adequadas. Com base no estudo, concluiu-se que, a presença das manifestações patológicas nos revestimentos argamassados, está relacionada, em boa parte dos casos, com falhas que ocorrem durante o processo construtivo e com a falta de manutenção das edificações. Tomando a relevância desses fatos, foram propostas medidas, com as quais, espera-se contribuir para o aprimoramento do mercado da construção civil, compondo um guia orientativo para a execução qualitativa dos serviços de revestimento, a fim de melhorar a usabilidade das edificações e ampliar sua vida útil.

Palavras-chave: Revestimentos argamassados. Manifestações patológicas. Patologias. Fachadas. Reboco. Patologias do processo executivo.

ABSTRACT

Due to the construction system widely spread in Brazil, with Portuguese origin, composed mostly of reinforced concrete structures with masonry fences, the use of mortar coatings is predominant. Despite its wide use and the constant evolution that civil construction is going through today, this coating system has its importance often neglected, being executed through retrograde practices, which, as a consequence, has made the appearance of manifestations frequent. pathological conditions with different causes and consequences. Therefore, in this study, the main pathological manifestations that plague the mortar coatings of facades, related both to the production process and the quality of the materials used, were observed, characterized and systematized, and based on this study, proposals were made for good practices in order to to avoid the problems of constructive addictions. The methodology used was based on the study of practical cases, with a photographic survey and analysis of buildings affected by pathologies, followed by the assumption of the possible origins of the problem, and, based on these, the proposal for an adequate solution. Based on the study, it was concluded that the presence of pathological manifestations in the mortar coverings is related, in most cases, with failures that occur during the construction process and with the lack of maintenance of the buildings. Taking into account the relevance of these facts, measures were proposed, which are expected to contribute to the improvement of the civil construction market, composing a guideline for the qualitative execution of coating services, in order to improve the usability of buildings and expand its useful life.

Keywords: Mortar coatings. Pathological manifestations. Pathologies. Facades. Plastering. Pathologies of the executive process.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Influência da distribuição granulométrica dos inertes na retração..... | 18 |
| Figura 2 - Fissuras de carregamento indevido em paredes sem abertura. | 25 |
| Figura 3 - Fissuras diagonais devidas à falta de vergas e contravergas. | 25 |
| Figura 4 - Fissuras provocadas pela movimentação higroscópica. | 26 |
| Figura 5 - Adaptação à proposta de Silva, (2007) para o trato de problemas patológicos. | 33 |
| Figura 6 - Local de levantamento das edificações para estudo. | 34 |
| Figura 7 - Fissuração nas fachadas norte e oeste da edificação A antes do acabamento final. | 35 |
| Figura 8 - Fachada com fissuras mapeadas devido à água das chuvas..... | 36 |
| Figura 9 - Fissuras presentes na transição entre alvenaria e as vigas. | 37 |
| Figura 10 – Fachada da Edificação C..... | 38 |
| Figura 11 - Fissuras generalizadas presentes na fachada norte e sul da edificação C. | 39 |
| Figura 12- Fissuras presentes na transição entre alvenaria e vigas do edifício C. | 39 |
| Figura 13 – Fachada da Edificação D..... | 40 |
| Figura 14 - Fissuras na fachada norte do edifício D..... | 41 |
| Figura 15 - Fissuras devidas à retração na fachada leste do edifício D..... | 41 |
| Figura 16 – Fachada da Edificação E. | 42 |
| Figura 17 - Empolamento devido à umidade advinda dos banheiros na fachada da edificação E. | 43 |
| Figura 18 - Empolamento devido à umidade advinda dos banheiros na fachada da edificação E. | 43 |
| Figura 19 – Fachadas da Edificação F..... | 44 |
| Figura 20 - Fungos presentes nas fachadas norte e leste da edificação F..... | 45 |
| Figura 21 - Desagregação na fachada norte da edificação F. | 45 |
| Figura 22 - Edificação G. | 46 |
| Figura 23 - Fissuração e vesículas na fachada sul da edificação G..... | 47 |
| Figura 24 - Trincas presentes na fachada sul da edificação G..... | 47 |
| Figura 25 - Fissura advinda da mudança de base entre alvenaria e concreto..... | 48 |
| Figura 26 - Desagregação, empolamento e fissuração presentes na fachada sul da edificação G. | 48 |
| Figura 27 - Edificação H. | 49 |
| Figura 28 - Fissuras presentes na fachada sudoeste da edificação H. | 50 |

| | |
|--|----|
| Figura 29 - Deslocamento do reboco e fungos na fachada sudoeste da edificação H. | 51 |
| Figura 30 - Fissuração presente na fachada oeste da edificação I. | 52 |
| Figura 31- Fachada da Edificação J..... | 53 |
| Figura 32 – Fissuração presente na fachada norte da edificação J. | 53 |
| Figura 33 – Fissuração presente na fachada oeste da edificação J. | 53 |
| Figura 34 - Trincas devido à falta de contravergas na edificação J..... | 54 |
| Figura 35 – Fachada da Edificação K..... | 55 |
| Figura 36 - Fissuração e descolamento da pintura na fachada norte da edificação K..... | 56 |
| Figura 37 – Fissuração na fachada oeste da edificação K. | 56 |
| Figura 38 - Fissuração e desagregação no muro externo norte do edifício K. | 57 |
| Figura 39 - Fungos e sujidades presentes no muro externo oeste do edifício K. | 58 |
| Figura 40 - Percentual da presença de cada patologia em relação ao total de manifestações observadas. | 59 |
| Figura 41 - Junta de dessolidarização entre parede e estrutura. | 62 |
| Figura 42 - Ligação entre pilar e alvenaria com tela eletrosoldada..... | 63 |
| Figura 43 - Emprego de juntas deslizantes e proteção térmica em lajes de cobertura. | 64 |
| Figura 44 - Tipos de chapisco..... | 66 |
| Figura 45 - Emprego de tela como reforço para revestimentos argamassados. | 68 |
| Figura 46 - Junta de dilatação executada com desempenadeira com friso..... | 69 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Classificação das areias quanto ao módulo de finura. | 17 |
| Tabela 2 – Influência da característica dos inertes ¹ nas propriedades da argamassa. | 19 |
| Tabela 3 - Principais anomalias dos revestimentos argamassados e suas possíveis causas. | 22 |
| Tabela 4 - Manifestações patológicas presentes em cada edificação. | 58 |
| Tabela 5 - Sugestões de traços para argamassas de assentamento. | 61 |
| Tabela 6 - Juntas de controle para paredes em alvenaria. | 62 |

LISTA DE SIGLAS/NOMENCLATURAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MF – Módulo de Finura

NBR – Norma Técnica Brasileira

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1. Justificativa | 12 |
| 1.2. Objetivos | 13 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 14 |
| 2.1. Aspecto e constituição dos revestimentos argamassados | 14 |
| 2.1.1. Função dos revestimentos argamassados | 14 |
| 2.1.2. Constituição das argamassas | 15 |
| 2.1.2.1. Aglomerantes | 15 |
| 2.1.2.2. Agregados..... | 17 |
| 2.1.2.3. Dosagem das argamassas | 19 |
| 2.1.3. Argamassas de revestimento em contato com o substrato | 20 |
| 2.2. Manifestações patológicas em revestimentos argamassados de fachadas | 21 |
| 2.2.1. Trincas e fissuras | 22 |
| 2.2.2. Deslocamentos em placa | 26 |
| 2.2.3. Desagregação..... | 27 |
| 2.2.4. Vesículas e empolamento | 28 |
| 2.2.5. Fatores Biológicos | 29 |
| 2.2.6. Eflorescências..... | 30 |
| METODOLOGIA | 33 |
| 3.1. Levantamento das manifestações | 34 |
| 3.1.1. Edifício A | 34 |
| 3.1.2. Edifício B..... | 36 |
| 3.1.3. Edifício C..... | 38 |
| 3.1.4. Edifício D | 40 |
| 3.1.5. Edifício E..... | 42 |
| 3.1.6. Edifício F | 43 |
| 3.1.7. Edifício G | 46 |
| 3.1.8. Edifício H | 49 |
| 3.1.9. Edifício I..... | 51 |
| 3.1.10. Edifício J..... | 52 |

| | |
|--|-----------|
| 3.1.11. Edifício K | 54 |
| 3.1.12. Resumo geral das manifestações por edificação | 58 |
| 4. ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES E PROPOSTA DE PRÁTICAS EXECUTIVAS .. | 60 |
| 4.1. Quanto à composição das argamassas | 60 |
| 4.2. Quanto aos elementos estruturais e de vedação..... | 61 |
| 4.3. Quanto aos revestimentos propriamente ditos | 64 |
| 5. CONCLUSÃO..... | 70 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 72 |

1. INTRODUÇÃO

1.1. Justificativa

No Brasil, é preponderante o uso de reboco nas fachadas de edifícios em detrimento a outros tipos de revestimentos, tanto por questões históricas que definiram as diretrizes do processo construtivo do país, caracterizado por suas raízes portuguesas, quanto por questões econômicas, haja vista seu baixo custo de aplicação e a ampla disponibilidade de mão de obra habilitada a executar esse tipo de serviço.

Apesar de difundido, esse processo construtivo não tem acompanhado o desenvolvimento das conjunturas socioeconômicas nacionais. Por ser este um país de caráter emergente, o que se nota é a demanda crescente por obras conduzidas a velocidades cada vez maiores, acarretando na diminuição do rigor no controle de materiais e serviços. Essa negligência, aliada a uma mão de obra ainda pouco qualificada, bem como o uso de produtos ainda sem estudos aprofundados e comprovações técnicas, vem provocando uma queda gradativa na qualidade de alguns revestimentos (THOMAZ, 2020).

Além do imediatismo das construções, Schimelfenig *et al.*, (2018), apontam também que a verticalização das cidades, que é uma tendência crescente, torna os edifícios mais altos e com isso mais flexíveis, fazendo com que os revestimentos externos trabalhem de forma diversificada, gerando inúmeras manifestações patológicas causadas por falhas de projeto e de execução, como fissuras por movimentação térmica e deslocamentos.

Outro ponto importante é apontado por Thomaz (2020), com relação à restauração das patologias, que são muito dispendiosas e ainda assim pouco eficientes, se encarregando apenas de mascarar o problema, mas raramente de solucioná-lo de fato. Silva (2007) também discute sobre o assunto, afirmando que na maioria dos casos, a necessidade da realização de reparos nas fachadas se dá em momentos muito tardios, quando as manifestações patológicas se tornam muito evidentes. Tal demora faz com que a edificação fique exposta por um tempo ainda mais longo ao processo de deterioração, agravando, consideravelmente, as anomalias, tornando as medidas recuperativas mais onerosas e, ainda, menos efetivas.

Frente ao evidente problema, é de suma importância a realização do estudo de casos práticos, que possibilitem entender a origem dos fenômenos patológicos apresentados pelos revestimentos argamassados, a fim de propor medidas de recuperação eficientes, e, principalmente, de introduzir a adoção de boas práticas construtivas, que direcionem os profissionais a reformular processos arraigados no campo da construção civil, possibilitando o

melhoramento contínuo perante as demandas geradas pelo desenvolvimento e evolução do mercado.

1.2. Objetivos

São objetivos do presente Trabalho de Conclusão de Curso, por meio do estudo de casos práticos aliados à teoria, apresentar, analisar e conhecer as principais manifestações patológicas que assolam os revestimentos argamassados aplicados nas fachadas de edificações, formular hipóteses a respeito dos motivos que dão origem a tais fenômenos e propor práticas construtivas que possam ser adotadas na execução dos serviços, a fim de evitar ou, no mínimo, reduzir substancialmente o surgimento destas manifestações.

Espera-se com este estudo, compor um guia que sirva de orientação para a execução qualitativa dos serviços de revestimento, contribuindo com o avanço do setor da construção civil frente as inovações do mercado, ampliando a vida útil das fachadas e, por conseguinte, da edificação como um todo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspecto e constituição dos revestimentos argamassados

2.1.1. Função dos revestimentos argamassados

A argamassa de revestimento tem a função de revestir paredes, muros e tetos. Em revestimentos multicamadas, são utilizados três tipos principais: a argamassa de chapisco, que prepara a base com objetivo de uniformizar a superfície e aumentar a aderência do revestimento, a argamassa de emboço, que é a camada responsável por regularizar e cobrir a base tornando-a mais homogênea e planeada (desempenada) para receber próxima camada e a argamassa de reboco, que é a última camada de revestimento, responsável adequar a superfície para recebimento do acabamento (CAPORRINO, 2018).

Caporrino (2018) discorre ainda sobre as argamassas usadas em revestimentos de camada única, decorativos monocamada e monocapa, que em suma são revestimentos feitos em uma única aplicação, amplamente utilizados pela agilidade de execução. O revestimento de camada única é aplicado diretamente sobre a base, tornando-a apta a receber o acabamento. As argamassas de revestimento decorativo monocamada são aplicadas da mesma forma, mas são produtos industrializados que realizam tanto a função de regularização quanto de acabamento, podendo, inclusive, ser pigmentadas.

Conforme exposto por Zanelatto (2012), os revestimentos externos exercem fundamental importância no desempenho e durabilidade das edificações, tendo como principais funções: proteger a edificação contra agentes externos e de intemperismos, contribuindo para a estanqueidade e segurança da vedação, auxiliar no conforto térmico, higroscópico e acústico dos ambientes, revestir, regularizar e uniformizar o substrato a fim de torná-lo boa base para receber o acabamento, e por fim, contribuir para a estética da obra, agregando valor econômico.

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) de Lisboa, Portugal, (1990) se aprofunda nesse tema, afirmando que além das características já dispostas, os revestimentos de paredes devem apresentar ausência de odores, conforto tátil com limitação de aspereza e ausência de viscosidade, ser pouco suscetíveis ao acúmulo de poeira e sujidades, além de resistentes a ações de limpeza e se apresentarem adequados ao uso, resistindo a choques físicos, agentes químicos presentes no ar e agentes climáticos.

A atenção aos critérios de desempenho dos revestimentos argamassados deve ser levada como guia no momento da execução do serviço. A execução também deve ser direcionada a

atender os aspectos de durabilidade, que ampliem a vida útil da edificação, de forma a atingir pontos chave que dão origem às manifestações patológicas dos mais variados tipos.

2.1.2. Constituição das argamassas

Além da observância ao processo executivo, a composição das argamassas merece atenção especial, não só na definição do traço mais adequado, mas também no cuidado quanto à origem dos materiais, que pode vir a agregar substâncias nocivas à saúde do revestimento.

A NBR 13281 (ABNT, 2005) define argamassa como a mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, podendo ser acrescida ou não de aditivos ou adições, dotada de propriedades de aderência e endurecimento, dosada tanto em obra quanto em instalação própria (argamassa industrializada).

2.1.2.1. Aglomerantes

Silva (2007, p.28, *apud* Alves, 1987), define aglomerante como um material ativo, em geral pulverulento, que promove a ligação entre os grãos do material inerte (agregados). Os principais aglomerantes utilizados na produção das argamassas de revestimento são o cimento e a cal, ambos com decisivas contribuições nas propriedades no estado fresco e no estado endurecido (BAUER, 2005).

Os aglomerantes podem ser subdivididos em aéreos, que endurecem quando expostos ao ar, no entanto não resistem à ação da água após secos, e hidráulicos, que endurecem em contato com a água e resistem à ação da água após secos, como é o caso da cal hidráulica e do cimento Portland (SILVA, 2007).

Conforme a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), (2002), o cimento é o aglomerante mais empregado nas argamassas de revestimento do Brasil. Ele possui propriedades ligantes desenvolvidas pela reação de seus constituintes com a água, fato este que o classifica entre os aglomerantes hidráulicos. Sua contribuição nas propriedades das argamassas se concentra sobretudo na resistência mecânica, mas também está fortemente presente na plasticidade, por ser um material composto por partículas finas.

As partículas do material são angulares com dimensões que variam de 1 a 50 µm, obtidas a partir da moagem do clínquer com uma pequena quantidade de sulfato de cálcio, sendo o clínquer uma mistura heterogênea de vários compostos produzidos por reações a alta temperatura, entre óxido de cálcio e sílica, alumina e óxido de ferro. O principal componente

formado pela hidratação do cimento Portland, responsável pela característica adesiva, estabilidade

em meios aquoso e resistência após a cura são as moléculas de silicatos de cálcio hidratado (C-S-H) (FERREIRA, 2010, p.10, *apud* MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Podem ser empregados vários tipos de cimento como ligantes para argamassas de reboco. Dentre eles, os mais utilizados são os cimentos Portland, mas também desempenham função similar o cimento branco (com certa concentração de óxidos de ferro e manganês que os conferem a coloração branca), cimentos naturais, obtidos da cozedura de margas calcárias, que resultam em baixa resistência mecânica, mas alta resistência química, com tendência a retração consideravelmente reduzida, dentre outros (LNEC, 1990).

Quanto aos cimentos Portland, Caporrino (2018), aponta que o tipo a ser utilizado em revestimentos argamassados não é em si o fator de maior relevância mas sim a sua quantidade e o teor de finos, uma vez que, quanto maior esse teor, maior será a retenção de água nas primeiras horas da cura, o que controla a retração da argamassa. Entretanto, em idades avançadas a retração aumenta com a quantidade de finos, levando as argamassas com alto teor de cimento a apresentarem macro fissuras e trincas, extremamente prejudiciais ao revestimento, devidas ao cúmulo das tensões de retração.

Outro ligante¹ muito empregado em argamassas de revestimento é a cal. Segundo Bauer *et al.* (2005), ela é um aglomerante que desenvolve seu endurecimento através da sua transformação em carbonato de cálcio, por fixação do gás carbônico existente no ar (processo de carbonatação), sendo desta forma, classificada como um aglomerante aéreo. Podem ser empregadas em argamassas a cal virgem (extinta em obra) e a cal hidratada.

A chamada cal virgem é o óxido de cálcio (CaO), que não é encontrado na natureza. Ela é obtida a partir da cozedura do calcário, e utilizada como matéria prima para a fabricação da cal hidratada (Ca (OH)₂). Esse componente adicionado às argamassas conclui o ciclo de reações da hidratação do cimento, contribuindo para a qualidade do produto após a cura (CAPORRINO, 2018).

Dentre as vantagens da utilização da cal no traço de argamassas para revestimento, podemos citar a influência direta na trabalhabilidade, devida à coesão interna que a cal proporciona, em função da diminuição da tensão superficial da pasta aglomerante e da adesão às partículas de agregado. Essa melhora na trabalhabilidade leva ao preenchimento mais uniforme de toda a superfície do substrato, propiciando maior aderência. Outro ponto importante é a retenção de água, que auxilia no desenvolvimento da hidratação em fases mais avançadas, evitando problemas com fissuração advinda da retração (BAUER *et al.*, 2005).

¹ O termo “ligante” vem do português de Portugal, e é um sinônimo do termo “aglomerante”, utilizado no Brasil.

Entretanto, os autores afirmam que o uso deste material deve ser delicadamente avaliado, o uso de teores elevados de material calcário pode influenciar negativamente no desempenho do sistema de revestimento, contribuindo para o surgimento de fissuras. Thomaz, (2020) informa que esse processo se deve à retração por carbonatação, causada pela reação da cal hidratada liberada com o gás carbônico presente no ar formando carbonato de cálcio + água livre, que quando se evapora também gera retração.

2.1.2.2. Agregados

Os agregados são materiais inertes, obtidos de forma natural ou pela moagem de fragmentos de pedras com propriedades adequadas, possuindo dimensões que variam entre 0,075mm a 152 mm. São ditos inertes por não desempenharem reações químicas na composição da argamassa (SILVA, 2007). Em argamassas de revestimento, se utiliza comumente a areia como inerte (LNEC, 1990).

Conforme Caporrino (2018), a areia natural quartzosa é um dos materiais mais utilizados como agregado em revestimentos argamassados. Por ser um material natural, ela pode conter algumas impurezas prejudiciais ao revestimento, tais como aglomerados de argila, pirita, mica, concreções ferruginosas e matéria orgânica.

A expansão resultante da oxidação da pirita e das concreções ferruginosas, a hidratação de argilominerais e de matéria orgânica podem causar o aparecimento de vesículas e empolamento nos revestimentos. Além disso a presença da argila junto ao excesso de finos na argamassa pode causar a desagregação do revestimento e a mica pode reduzir a capacidade de aderência do revestimento (CAPORRINO, 2018).

Além da composição do agregado, temos como fator altamente influente a sua granulometria. Um dos principais parâmetros utilizados na classificação de uma areia quanto ao tamanho dos grãos é o módulo de finura. A NBR 7217 (ABNT, 1987), informa que o parâmetro é encontrado a partir da soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, na série de peneiras disposta na referida norma, dividida por 100. Bauer *et al.* (2005), apresentam o critério de avaliação quanto ao modo de finura (MF), disposto na Tabela 1.

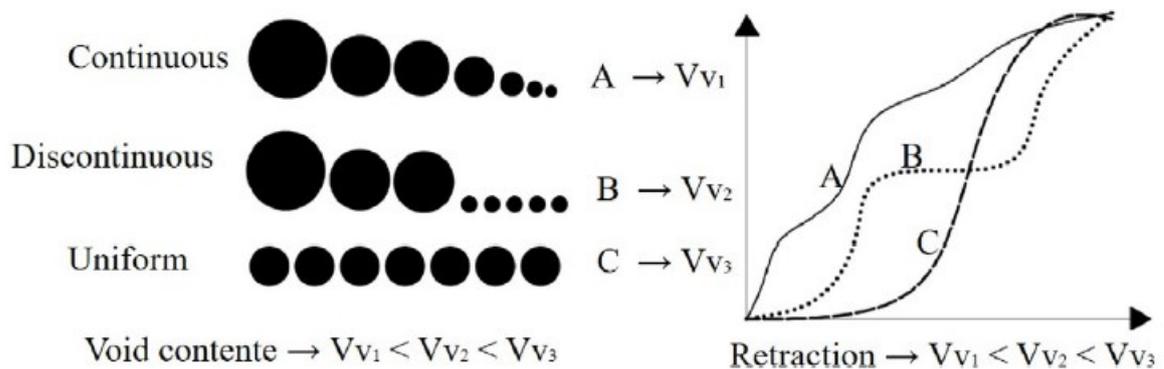
Tabela 1 – Classificação das areias quanto ao módulo de finura.

| | |
|----------------|--------------|
| MF < 0,2 | Areia fina |
| 0,2 < MF < 0,3 | Areia média |
| MF > 0,3 | Areia grossa |

Fonte: Bauer *et al.* (2005).

Quanto à distribuição da dimensão dos grãos as areias podem ser classificadas em contínuas, descontínuas ou uniformes. A distribuição granulométrica das areias afeta diretamente a quantidade de vazios presentes nas argamassas e conseqüentemente o consumo de aglomerante necessário para obter plasticidade. A inadequação da granulometria dos inertes pode gerar a uma argamassa altamente carregada em ligante, levando à fissuração por retração química do revestimento (HADDAD *et al.*, 2020). A Figura 1 exemplifica a correlação.

Figura 1 – Influência da distribuição granulométrica dos inertes na retração.



Fonte: Haddad *et al.*, (2020).

Os pesquisadores mostram que uma granulometria mais fina e uniforme ou com distribuição contínua geram melhor empacotamento dos grãos e conseqüentemente reduzem o fenômeno de retração e a fissuração, além de proporcionar um revestimento menos poroso e mais estanque.

Haddad *et al.* (2020) discorrem também sobre a forma dos grãos, afirmando que areias com grãos de formato arredondado proporcionam melhor plasticidade e trabalhabilidade da argamassa, além de melhorar a dispersão, devido à redução do atrito interno. Além disso grãos de areia mais redondos, proporcionam menor consumo de água para atingir a consistência desejada.

Ferreira (2010) apresenta em seu trabalho uma correlação geral entre as características dos inertes e sua influência nas características de desempenho das argamassas, proposta por Guimarães (2002). São analisados o módulo de finura, a distribuição granulométrica e a forma dos grãos, conforme disposto na Tabela 2.

Tabela 2 – Influência da característica dos inertes¹ nas propriedades da argamassa.

| Propriedades | Características da areia | | |
|------------------|---------------------------------|---|--|
| | Quanto menor o módulo de finura | Quanto mais descontínua for a granulometria | Quanto maior o teor de grãos angulosos |
| Trabalhabilidade | Melhor | Pior | Pior |
| Retenção de água | Melhor | Variável | Melhor |
| Elasticidade | Pior | Pior | Pior |
| Retração | Aumenta | Aumenta | Variável |
| Porosidade | Variável | Aumenta | Variável |
| Aderência | Pior | Pior | Melhor |
| Resistência | Variável | Pior | Variável |
| Impermeabilidade | Pior | Pior | Variável |

Fonte: Ferreira (2010, p.27, *apud* Guimarães, 2002).

2.1.2.3. Dosagem das argamassas

A dosagem das argamassas pode ser definida como o processo de escolha da proporção dos materiais constituintes da mistura, estabelecida com base em estudos fundamentados no tipo de uso da argamassa e nas características de cada um dos componentes. A proporção obtida no processo é denominada traço, podendo ser especificada em massa, volume ou peso (SANTOS *et al*, 2018 e FERREIRA, 2010).

A realização de um estudo de traço detalhado é fundamental para o bom desempenho das argamassas de revestimento. Conforme Ferreira (2010), a água é importante fator nesse processo, uma vez que é a responsável por ativar as propriedades aglutinantes dos ligantes hidráulicos, além de conferir a consistência necessária à aplicação do produto.

Modificando o teor de água na mistura, é possível obter argamassas secas, quando este é muito baixo, fluídas, quando há água em excesso, ou plásticas, sendo esta, a situação adequada à realização de revestimentos, onde a proporção permitirá a geração de poros isolados e bem distribuídos, facilitando a incorporação de ar, que garante plasticidade, reologia e trabalhabilidade (SANTOS *et al*, 2018 e SILVA, 2007).

A quantidade de água que reage com o cimento em meio ao traço representa cerca de 23% a 25% da quantidade do aglomerante. O excedente, que normalmente está presente para conferir trabalhabilidade, evapora, deixando poros no revestimento (SANTOS *et al*, 2018). A porosidade não deve ser tal que comprometa a estanqueidade, no entanto, também não deve ser

¹ O termo “inerte” vem do português de Portugal, e é um sinônimo do termo “agregado”, muito utilizado no português do Brasil.

muito reduzida, pois, revestimentos muito compactos têm mais tendência a fissurar por retração (LNEC, 1990).

Aliado ao teor de água, a quantidade de cimento presente na argamassa também deve ser cuidadosamente observada. Para obtenção de trabalhabilidade existe uma tendência a se conceber traços fortemente doseados em ligante, já que a preponderância de partículas finas influi diretamente na consistência. O uso excessivo de aglutinante causa reação fortemente exotérmica que elimina a água da mistura com maior velocidade, gerando elevados níveis de fissuração causada pelo fenômeno de retração (LNEC, 1990).

Conforme Cincotto e Carneiro (1999) e Ferreira (2010, p.41 *apud* Guimarães, 2002), para a obtenção das características necessárias ao bom desempenho das argamassas de revestimento, tem-se usado com certa frequência traços que se aproximam das composições, em volume, 1:1:6 e 1:2:9 (sendo estes apresentados na forma cimento:cal:areia). Cincotto e Carneiro (1999) salientam que, o emprego de traços mais pobres que variam de 1:6 a 1:9 (aglomerante:agregado) apesar de algumas vezes adotados, não conferem qualidade ao revestimento.

2.1.3. Argamassas de revestimento em contato com o substrato

A aplicação do revestimento sempre se dá sobre alguma base ou substrato, responsável por compor a estrutura ou vedação da edificação. Os substratos devem ser adequados para possibilitar aderência e distribuição necessárias ao desempenho global da obra. Assim, caso os mesmos não tenham, naturalmente, as características ideais, devem ser preparados para tal. Substratos muito lisos não apresentam pontos ideais de ancoragem e devem ser preparados para receber o revestimento com o emprego de chapisco, para garantir a ancoragem, evitando problemas com deslocamento por exemplo. Além disso a argamassa de chapisco, quando bem executada, auxilia na redução da perda de água para os poros do substrato (BAUER *et al*, 2005).

Conforme Paes, Bauer e Carassek (2005), o contato entre as argamassas e os substratos de natureza porosa (no Brasil, comumente blocos cerâmicos e de concreto), se mostra como um dos principais responsáveis pela perda de água do revestimento logo após a aplicação, podendo influir, fortemente, em problemas sérios tais como retração, fissuração, deslocamento, manchamento e outros. O estudo realizado pelos autores mostra que os blocos de concreto, principalmente nos momentos iniciais da aplicação da argamassa, absorvem maior quantidade de água da argamassa que os blocos cerâmicos devido à capilaridade, o que vai em contraponto à recomendação da NBR 7200 (ABNT, 1998), que recomenda umedecer a parede antes da aplicação da argamassa, salvo quando o substrato é o bloco de concreto.

A ABCP (2002), salienta também a importância de manter a limpeza do substrato antes da realização de aplicação do revestimento, uma vez que a extensão da ancoragem é comprometida pela existência de material particulado, fungos, eflorescências, óleos, desmoldantes e graxas sobre a extensão da base.

Quando se tratarem de sujidades, pó e materiais pulverulentos, deve-se proceder a lavagem da superfície. Já no caso de materiais oleosos como desmoldante a limpeza deve acontecer com a aplicação de substância ácida ou alcalina (desengordurantes). Vale lembrar que é importante esperar a secagem do substrato após qualquer procedimento de lavagem para dar prosseguimento à execução do revestimento (ABNT NBR 7200, 1998).

Ainda a respeito dos substratos, a NBR 7200 (ABNT, 1998) afirma que bases compostas por diferentes materiais podem apresentar diferenciais de movimentação pela diferença de coeficientes de dilatação gerando deformações diferenciais consideráveis. Nestes casos convém utilizar telas metálicas, plásticas ou de outro material semelhante na junção destes materiais criando uma zona capaz de suportar as movimentações, ou executar juntas que promovam a descontinuidade dos revestimentos na interface de mudança.

2.2. Manifestações patológicas em revestimentos argamassados de fachadas

As características inerentes aos revestimentos externos influenciam diretamente na habitabilidade, desempenho e vida útil das edificações, pois são responsáveis por receber diretamente a ação das intempéries que se impõe ao edifício. Este é um dos fatores que, por vezes, contribuem para o aparecimento de anomalias, que reduzem a durabilidade e usabilidade das edificações de forma considerável.

Dentre as principais causas de patologias em revestimentos argamassados, podemos destacar deficiências de projeto, desconhecimento a respeito dos materiais empregados ou uso de materiais inadequados, erros construtivos por inobservância de normas ou mão de obra desqualificada e falta de manutenção das edificações (FERREIRA, 2010).

Com relação aos tipos de anomalias, Caporrino (2018) aponta que as mais frequentemente observadas são a proliferação de fungos, eflorescências, empolamento, vesículas, deslocamento, desagregação, trincamento e fissuração dos mais variados tipos.

A Tabela 3 é uma adaptação baseada na proposta de Ferreira (2010) com relação às principais manifestações presentes nos revestimentos externos argamassados correlacionadas com as principais causas possíveis.

Tabela 3 - Principais anomalias dos revestimentos argamassados e suas possíveis causas.

| MANIFESTAÇÕES | ASPECTOS IDENTIFICÁVEIS | POSSÍVEIS CAUSAS |
|------------------------|---|--|
| Eflorescência | Manchas de umidade. Pó branco acumulado sobre a superfície. | Umidade constante, presença de sais solúveis ou cal não carbonatada. |
| Proliferação de fungos | Manchas esverdeadas ou escuras. | Umidade constante, ou falta de insolação. |
| Vesículas | Empolamento da pintura, com parte interna das bolhas na apresentando coloração branca, preta acinzentada ou vermelho acastanhada. | Hidratação retardada do óxido de cálcio da cal e presença de pirita, matéria orgânica ou concreções ferruginosas na areia. |
| | Bolhas contendo umidade no interior. | Aplicação prematura de tinta impermeável e infiltração de água. |
| Desplacamento | Placas endurecidas e pouco quebradiças. Presença de som cavo sob percussão. | Sujidades na superfície de contato entre base e revestimento, revestimento muito espesso, substrato muito liso e ausência da camada de chapisco. |
| | Placas endurecidas e quebradiças desagregando-se com facilidade. Presença de som cavo sob percussão. | Argamassa magra e ausência de camada de chapisco adequada, falda de aderência ou falha na ponte de ligação. |
| Desagregação | A película de tinta descola arrastando o reboco que se desagrega com facilidade, presença de som cavo sob percussão e desagregação do revestimento com pulverulência. | Excesso de finos no agregado, argamassa magra ou rica em cal, ausência de carbonatação da cal e revestimento de camada muito espessa. |
| Fissuras horizontais | Fissuração horizontal ao longo de toda a parede. | Expansão da argamassa de assentamento pela presença de óxido de magnésio da cal, sulfatos, ou argilominerais expansivos ou ainda pelo fator térmico. |
| Fissuras mapeadas | Distribuem-se por toda superfície do revestimento de forma mapeada. | Retração da argamassa por fatores diversos, cimento como único aglomerante e movimentação higroscópica. |
| Fissuras geométricas | Acompanham o contorno do componente de alvenaria. | Retração ou expansão da argamassa de assentamento. |

Fonte: Adaptado de Ferreira, (2010).

2.2.1. Trincas e fissuras

O aparecimento de trincas e fissuras em revestimentos se dá por motivos diversos, oriundos de movimentações dos materiais, provocadas por variações térmicas e de umidade, atuação de sobrecargas ou acúmulo de tensões, deformidade excessiva de estruturas, retração dos componentes ou alteração química destes, dentre outros (THOMAZ, 2020).

Não há um parâmetro consensualmente admitido com relação à distinção exata entre os conceitos de trinca e fissura. A NBR 15575-2 (ABNT, 2013), que versa a respeito das características de desempenho de edificações habitacionais, sugere que trinca seria uma expressão qualitativa para designar aberturas maiores ou iguais a 0,6 mm, deixando assim a alcunha de fissura para aberturas inferiores a esse valor.

Uma das principais causas do aparecimento da fissuração é a geração de tensões internas induzidas pelo fenômeno de retração nas idades iniciais do revestimento e ao longo da vida útil da edificação. A retração é um fenômeno complexo e heterogêneo, originada por processos ligados à hidratação do cimento, perda de água por secagem, evolução das propriedades mecânicas e fluência (MAUROUX, 2012). Schmidt, Gleize e Gomez (2003, p.244 *apud* Aitein, 2000) a definem como o processo de redução de volume que sofrem as pastas, argamassas e concretos antes, durante e depois da pega, quando expostos ao ar, pela combinação em cadeia de diversas retrações elementares: retração plástica, retração autógena, retração hidráulica, retração térmica e retração por carbonatação.

O fenômeno retrativo gera fissuração quando o material não pode se deformar para relaxar tensões geradas internamente que ultrapassam o valor de resistência à tração da massa. Estas fissuras podem aparecer antes e depois do endurecimento e, geralmente, quando o material cimentício está impedido de se deformar, por conta da ancoragem proporcionada pela base ou por algum tipo de armadura (SCHMIDT, GLEIZE e GOMEZ, 2003).

Uma das principais formas de manifestação é a retração hidráulica, que ocorre quando a água excedente do processo de hidratação do cimento, adicionada unicamente para a obtenção de plasticidade e trabalhabilidade, evapora durante o período de secagem, gerando forças capilares equivalentes a uma compressão isotrópica da massa (pressão negativa), causando contração. Essa contração tenciona o revestimento, trazendo as fissuras à tona (SCHMIDT, GLEIZE e GOMEZ, 2003 e THOMAZ, 2020).

Engenheiros do LNEC (1990) ratificam que o processo de retração hidráulica se inicia assim que os revestimentos são aplicados na base, já no período de secagem inicial, e que as tensões internas que ocorrem no plano de contato do revestimento com o suporte se estendem ao longo do processo de cura, podendo gerar não só fissuração no reboco, mas também no substrato, se este não for suficientemente “forte”.

Outros processos físico-químicos inerentes à pega e endurecimento da argamassa também acarretam na formação desse tipo de patologia. A retração autógena, por exemplo, se dá pela própria redução de volume, característica da combinação química entre cimento e água. Pelo caráter exotérmico desse processo, o calor causa expansão da massa em um primeiro

momento e a redução de volume após resfriamento, ocasionando a chamada retração térmica. Outra forma muito incidente é a retração por carbonatação, causada pela cal hidratada liberada nas reações de hidratação do cimento ou mesmo propositalmente adicionada à argamassa, que reage com o gás carbônico presente no ar formando carbonato de cálcio + água livre, que, quando evapora, gera fissuração (THOMAZ, 2020).

Um fator agravante da fissuração por retração nos revestimentos argamassados nacionais é a predominância da aplicação de revestimentos monocamada (reboco paulista), que, apesar da agilidade na execução, apresenta um problema sério em relação à espessura. Quando esta é superior a 5 cm pode ocorrer não só a sobrecarga da vedação, como também considerável potencialização do fenômeno retrativo (BAUER, E. *et al.*, 2005). Engenheiros e pesquisadores do LNEC (1990), recomendam que seja respeitado um limite usual de 15 mm para a espessura de cada camada de revestimento.

Camadas de revestimento muito espessas, tornam as fendas formadas cada vez mais largas e levam-nas a atingir, quase que inevitavelmente, a vedação; comprometendo a estanqueidade do revestimento (LNEC, 1990). Caso haja realmente a necessidade da realização de revestimentos espessos, devem ser estudadas soluções como o emprego de telas metálicas ancoradas em regiões estáveis como elementos estruturais em concreto (BAUER, E. *et al.*, 2005).

Para a obtenção de desempenho superior, é recomendada a realização de revestimentos em multicamada, reservando a cada uma delas composições, espessuras e funções distintas. É possível executar a camada mais externa com espessura reduzida, diminuindo a largura das fendas e tornando-as desconexas ao longo do revestimento como um todo. Isso torna pouco provável que uma fissura atravesse simultaneamente todas as camadas e atinja a base. Também é possível variar o teor de ligante em cada aplicação, gerando intervalos do tempo de secagem diferentes, permitindo que as camadas adjacentes já tenham sofrido significativa parte da sua retração inicial de secagem antes de se proceder a aplicação da camada subjacente, contribuindo também para a descontinuidade da fendilhação (LNEC, 1990).

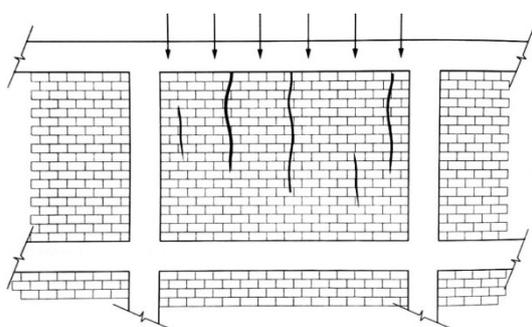
As trincas e fissuras podem surgir também a partir da movimentação diferencial entre componentes do sistema de revestimento formados a partir de materiais distintos, que, por apresentarem diferentes coeficientes de dilatação, tendem a movimentar-se em intensidades diferentes ao absorver radiação solar, gerando tensões internas. Isso ocorre principalmente nas situações em que estes mantêm contato direto, como, por exemplo, movimentações diferenciais entre argamassa de revestimento e componentes de alvenaria, ou mesmo quando há um

gradiente de temperaturas ao longo de um mesmo componente, como entre a parte exposta à luz solar e a parte protegida da face de uma mesma parede (THOMAZ, 2020).

Conforme Caporrino (2018), a dilatação diferencial entre elementos estruturais (de concreto) e vedação (alvenaria), ou mesmo a expansão das argamassas de assentamento, são alguns dos grandes responsáveis pela geração de fissuras e trincas horizontais características nos revestimentos. Para prevenir fenômenos como esse, engenheiros do LNEC (1990) afirmam que é importante se atentar inclusive às cores que serão empregadas no acabamento externo, pois cores escuras proporcionam maior absorção de calor, ampliando a possibilidade de fissuração.

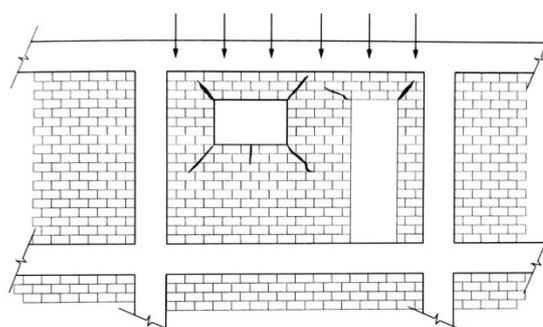
Também é frequente a ocorrência de fissuras e trincas pela atuação de cargas em trechos de alvenaria não estrutural maiores do que estes podem suportar. Desse processo decorrem formações características, como a geração de fissuras verticais em paredes totalmente preenchidas, exemplificado na Figura 2, ou de fendilhação predominantemente na diagonal, originada a aproximadamente 45° dos vértices de aberturas das esquadrias presentes nas paredes que se apresentam indevidamente carregadas, visível na Figura 3. Estas últimas seriam facilmente evitadas se vergas e contravergas estivessem adequadamente presentes (CAPORRINO, 2018).

Figura 2 - Fissuras de carregamento indevido em paredes sem abertura.



Fonte: Caporrino, (2018).

Figura 3 - Fissuras diagonais devidas à falta de vergas e contravergas.

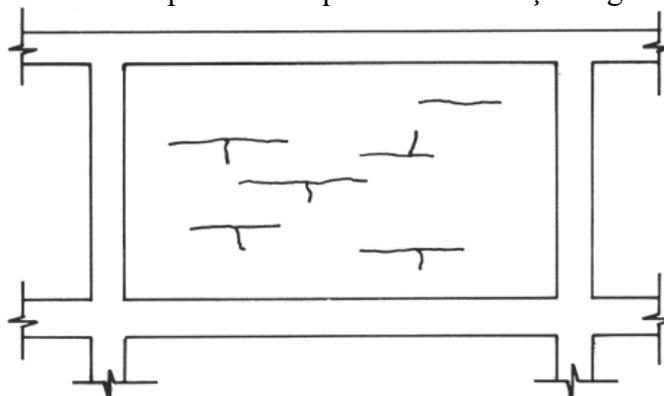


Fonte: Caporrino, (2018).

Thomaz (2020) destaca em sua obra que a umidade também pode ser vetor para a formação de fissuras. As mudanças higroscópicas presentes que assolam os revestimentos argamassados provocam variações dimensionais, hora expansão, devido ao aumento do teor de umidade, hora contração, devido à diminuição deste teor. As variações volumétricas aliadas a vínculos que impeçam a movimentação levam por sua vez à fissuração. Trincas originadas por

esse fenômeno se assemelham às formadas pela movimentação térmica, pois apesar de possuírem origens distintas ocorrem por mecanismos afins. Na Figura 4 é ilustrado o fenômeno.

Figura 4 - Fissuras provocadas pela movimentação higroscópica.



Fonte: Thomaz, (2020).

Além dos casos apresentados, vários fatores estruturais podem ser vetores para a formação de fissuras, quer em alvenarias de caráter estrutural quer em alvenarias não estruturais; tais como deformação diferencial de componentes da estrutura, recalques diferenciais, falhas no projeto estrutural e mau uso das edificações (CAPORRINO, 2018).

Para facilitar a elucidação, ao longo deste trabalho, as fissuras serão, de forma geral, classificadas em três diferentes tipos: fissuras mapeadas, assim nomeadas por lembrarem mapas hidrográficos de rios, que são aquelas mais generalizadas e desordenadas, enraizando-se em várias direções, originadas por fatores como a retração; fissuras geométricas, que são aquelas dispostas na horizontal ou na vertical, comumente tangenciando algum elemento estrutural, originadas de fenômenos como dilatação térmica diferencial ou expansão da argamassa de assentamento e fissuras diagonais, que seriam aquelas dispostas em planos inclinados, recorrentemente partindo dos vértices de janelas quando não existem contravergas.

2.2.2. Deslocamentos em placa

A vedação de edificações está constantemente sujeita à movimentação diferencial entre a argamassa de revestimento e a base; advinda de diversos processos, tais como expansão e contração, geradas pela variação térmica e de umidade em argamassas ancoradas a uma base pouco deformável, cargas acidentais imprevistas ou por cargas de vento, entre outros. Estes esforços, tendem a provocar o descolamento de partes das argamassas, especialmente no topo de edifícios, onde as movimentações higrotérmicas são mais elevadas, ou ainda em locais onde há o acúmulo de tensões (FERREIRA, 2010).

As edificações estão expostas a um ciclo diário de temperatura, que se repete aos milhares ao durante sua vida útil, no qual o revestimento, ao longo do dia, está mais quente que a base por receber insolação direta e mais frio durante a noite quando perde calor por radiação. Não obstante a cada chuva, ocorre um ciclo de molhamento e secagem. As argamassas dilatam com o aquecimento e acontece o inverso com as baixas temperaturas. Estudos indicam que quando ocorrem grandes variações em um mesmo dia, a dilatação em revestimentos externos argamassados pode chegar a 0.01mm por metro linear para cada grau centígrado, gerando tensões de cisalhamento na interface que variam com o módulo de elasticidade e a espessura da camada, causando fissuração e descolamento de placas (FERREIRA, 2010 e BUENO, 2000).

Aliado ao fenômeno higrotérmico, quando o revestimento é fortemente doseado em ligante, a retração severa da argamassa gera fissuração mapeada acompanhada da perda de aderência ao suporte, gerando por vezes o descolamento do reboco em placas endurecidas nas zonas circundadas pelas fendas, haja vista que elas são formadas quando as tensões de tração são superiores às de aderência (LNEC, 1990). Isso evidencia a importância do emprego de juntas de dilatação, principalmente em edificações com múltiplos pavimentos, onde a dimensão da área revestida é maior, pois elas diminuem a extensão da continuidade dos revestimentos, facilitando a absorção de tensões originadas por dilatação higroscópica, movimentação da estrutura e fenômenos retrativos.

Caporrino (2018) destaca também a influência da aderência entre substrato e revestimento nos deslocamentos. A presença de vestígios de mica na superfície de contato pode vir a gerar descolamento da argamassa, pois seu desempenho à aderência é baixo. A ausência da aplicação de chapisco, ou ainda sua aplicação inadequada também pode provocar o fenômeno, uma vez que sua principal função é de aumentar a aderência entre a base e o reboco.

Quando o substrato é muito liso como em elementos estruturais de concretos fluidos moldados in loco, nos quais são aplicados desmoldantes, que têm natureza hidrófuga e oleosa, a aderência é dificultada, podendo ser causa de anomalias como descolamentos. Para evitar que isso ocorra é possível recorrer à estratificação da base, com apicoamento, por exemplo, e obrigatoriamente, deve ser realizada a limpeza do substrato antes da aplicação do revestimento com substâncias desengordurantes (CAPORRINO, 2019 e ABNT NBR 7200, 1998).

2.2.3. Desagregação

A desagregação do revestimento ocorre pela presença de cal não carbonatada, podendo também ser causada pela umidade (CAPORRINO, 2018). Além disso, ao compor traços de

argamassas com teor de ligantes muito baixos corre-se o risco de obter revestimentos demasiado porosos, com pouca aderência aos suportes, e que tendem à desagregação e ao descolamento com pulverulência (LNEC, 1990).

Conforme Bauer (1994), uma das causas do processo de desagregação do revestimento com pulverulência, seria a falta de molhagem do substrato antes da aplicação da argamassa, causando a perda de água necessária à completa hidratação do cimento, comprometendo a resistência à abrasão e friabilidade. O autor cita também que o tempo insuficiente de carbonatação da cal existente na argamassa prejudica essas características. Isso ocorre, por exemplo, quando se aplica a pintura sobre o revestimento em intervalo inferior a 30 dias, impedindo a cal, que é um aglomerante aéreo, de reagir quimicamente pela falta de penetração do CO₂ do ar através de toda a espessura da camada, comprometendo o endurecimento resultante da carbonatação da cal, necessário à resistência. São listadas ainda, causas como o emprego de adições substitutas da cal hidratada para obter plasticidade, que não possuem propriedades aglomerantes, tornando o traço pobre; a hidratação inadequada do cimento; argamassa mal dosada; argamassa utilizada após o início da pega; exceder tempo de estocagem, ou ainda estocagem inadequada comprometendo a qualidade da argamassa e emprego de gesso como adição à massa, o que ocasiona uma reação expansiva pela formação de etringita.

Silva (2007) destaca, também, a importância dos agregados frente à anomalia, pois, o excesso de torrões de argila, materiais pulverulentos e impurezas orgânicas, comprometem diretamente a friabilidade das argamassas, e materiais potencialmente reativos como opala, tridimita, cristobalita e zeólitas, reagem com os hidróxidos alcalinos libertados pelo cimento durante a sua hidratação, causando expansão e desagregação de algumas argamassas. O autor citou também em seu estudo que o agravamento de outros processos patológicos pode vir a gerar desagregação, tais como proliferação de agentes biológicos e eflorescências.

2.2.4. Vesículas e empolamento

O surgimento de vesículas e empolamento por vezes apresentam saliências com coloração em seu interior, normalmente branca, preta ou vermelho-acastanhada, ou ainda bolhas contendo humidade na parte interior. Nas vesículas onde há coloração branca internamente, a patologia surge geralmente da hidratação retardada do óxido advindo da cal, que provoca expansão do revestimento. As de coloração preta decorrem da presença de pirita ou matéria orgânica presente nos inertes, que ao se deteriorar provocam expansão da argamassa com essa coloração típica. As bolhas com coloração vermelho-acastanhadas, por sua vez, são

típicas da presença de concreções ferruginosas na massa, que adquirem essa coloração devido ao processo de oxidação do ferro, um processo também expansivo (CAPORRINO, 2018).

A desagregação causada pela ação da umidade advinda do meio interno em paredes de fachadas revestidas por tintas impermeáveis também pode ser responsável pela formação de vesículas dos revestimentos, pois ocorre a expansão da argamassa junto à umidade que fica contida pela camada impermeável, gerando a formação de bolhas e descascamento do acabamento em pinturas por exemplo (FERREIRA, 2010).

Bauer (1994), menciona em seu estudo fatores que merecem atenção para evitar a ocorrência de infiltrações. Na fase de projeto, é essencial observar a orientação das fachadas frente aos ventos dominantes, estudar com cautela detalhes arquitetônicos tais como frisos, pingadeiras, rufos, beirais e platibandas, procedendo a impermeabilização, além de executar de forma adequada as juntas de assentamento para evitar falhas na interface argamassa-bloco.

A geometria das fachadas também deve ser estudada, de modo a evitar que o fluxo de água se dirija para pontos vulneráveis como juntas e caixilhos, permitindo que o próprio fluxo faça a limpeza de sujidades e paramentos, impedindo a deposição e, conseqüentemente, o empoçamento de água (BAUER, 1994).

Em seu trabalho, Silva (2007) também apontou a importância da realização adequada da impermeabilização de áreas molhadas, tais como os banheiros, uma vez que são partes da edificação que têm contato constante com a humidade, sendo pontos críticos de infiltração quando não tratados da forma correta. Além disso o autor destacou a importância da qualidade do rejuntamento dos pisos de revestimento de banheiros, que trabalham em conjunto com a impermeabilização garantindo a estanqueidade.

2.2.5. Fatores Biológicos

Devido ao clima tropical predominante em âmbito nacional, a umidade se torna um dos principais problemas que assolam os revestimentos externos das edificações. O alto teor de umidade presente nos materiais porosos e permeáveis, aliada a outros fatores, torna o ambiente propício ao crescimento de fungos e outros agentes biológicos (SHIRAKAWA, CINCOTTO e GAMBALE, 2011).

Segundo os autores, os fungos são organismos que necessitam de uma fonte orgânica de carbono, e de um certo teor de umidade para proliferação. Shirakawa *et al.* (1995) complementam, afirmando que revestimentos inorgânicos podem ser mais ou menos suscetíveis ao desenvolvimento de agentes biológicos, a depender das características da base e do acabamento final.

As principais causas extrínsecas às argamassas, que, associadas às características dos substratos geram a tendência à propagação de fungos, são aquelas que causam o aumento do teor de água disponível. Dentre elas merecem destaque a umidade ascendente por capilaridade, a advinda de infiltrações, a de causas acidentais (vazamento de água), a umidade relativa do ar, quando em torno de 80% e a condensação de vapores em ambientes fechados. A temperatura é outro fator condicionante muito relevante, que se mostra ideal para estes agentes entre 25°C a 30°C (SHIRAKAWA *et al.*, 1995).

A manifestação de fungos, assim como algas, cianobactérias e líquens causam o aparecimento de manchas cinzentas e esverdeadas na superfície do revestimento, favorecendo a deterioração de argamassas, de revestimentos e pinturas (SHIRAKAWA, CINCOTTO e GAMBALE, 2011).

Caporrino (2018), aponta que além das manchas, podem estar presentes pó branco na superfície do revestimento e que os fungos podem levar, inclusive, à desagregação da argamassa. Segundo a autora, o desenvolvimento dessa manifestação patológica se dá em fachadas onde o fluxo de água é inadequado, como nos casos de exposição constante à umidade externa, problemas de estanqueidade de áreas molhadas, falta de insolação, dentre outros.

Shirakawa, Cincotto e Gambale (2011), em seu estudo falam ainda que, devido ao fato de as argamassas apresentarem alcalinidade elevada em fases iniciais, não representam nesse período um meio favorável ao crescimento de fungos, no entanto, ao longo do processo de carbonatação a alcalinidade é gradativamente neutralizada. Ao atingir um pH em torno de 9 o meio já se torna favorável ao crescimento de fungos. Isso explica um dos motivos pelos quais esse tipo de anomalia é mais comum em idades mais avançadas do revestimento. Os autores mostraram ainda que, argamassas expostas ao gás carbônico produzido pelo metabolismo de certos tipos de fungos sofreram aceleração no processo de carbonatação quando comparadas a condições naturais de exposição ambiental, devido à reação do CO₂ com a cal presente na mistura. Dessa forma, os agentes biológicos, além de causar prejuízo estético, podem se tornar agravantes fenômeno de retração por carbonatação (SHIRAKAWA, CINCOTTO e GAMBALE, 2011 e THOMAZ, 2020).

2.2.6. Eflorescências

As eflorescências consistem no depósito de formações esbranquiçadas pulverulentas sobre a face externa de certos materiais de construção, tais como argamassas de revestimento, concretos, estuques, gesso, tijolos cerâmicos e pedras. As manchas são, em geral, compostas por sais solúveis, carbonatos (cálcio ou magnésio), hidróxido de cálcio, sulfatos (cálcio,

magnésio, potássio ou sódio), cloretos (cálcio ou magnésio) e nitratos (potássio, sódio ou amônio) (FERREIRA, 2010 e GUTERRES, 2016).

Este tipo de anomalia possui um mecanismo de formação simples, que consiste no transporte dos materiais salinos, presentes no interior das argamassas, para a face externa do revestimento, conduzido pela água. A umidade, abundante nas construções, advinda tanto do interior dos próprios materiais utilizados, como de agentes externos, pode conduzir à formação, não só desta, mas de várias patologias na edificação (GUTERRES, 2016).

A presença de umidade ou de sais nas construções, por si só, não caracteriza um problema construtivo. As manifestações de eflorescências são determinadas pela ação conjunta da água com os sais solúveis, de forma que não ocorre na ausência de uma das duas variáveis (GUTERRES, 2016). Analisando por partes cada um dos fatores, Bauer (1994) cita algumas dentre uma infinidade de origens da presença de água, como a umidade do solo, a água das chuvas, infiltração através das alvenarias por porosidade elevada, aberturas ou fissuras, vazamentos, entre outras. O autor versa também sobre a presença salina nas argamassas, originada por reações químicas diversas, tais como a carbonatação da cal e de hidróxidos alcalinos do cimento, ou reatividade de alguns produtos usados na limpeza das bases, como o ácido muriático. Eles podem também ser introduzidos como componentes da água de emassamento e dos inertes.

Já a pressão hidrostática, que viabiliza o transporte de água através dos materiais e consequentemente a cristalização dos sais solúveis na superfície, ocorre pela capilaridade, por meios de infiltração em trincas, fissuras ou poros, percolação sob o efeito da gravidade, pressão gerada por vazamentos de tubulações de água ou de vapor e condensação de vapor de água dentro de paredes, com ou sem simultaneidade (BAUER, 1994).

O processo de formação se dá com a absorção de água por parte do material de construção, onde os sais são incorporados, dissolvidos e transportados do interior do material até sua superfície, por capilaridade, durante o processo de secagem. Uma vez evaporada a água, os sais cristalizam-se novamente e se fazem visíveis em forma de cobertura, geralmente de cor branca, que recebe o nome de eflorescência. A constante diluição e cristalização dos sais solúveis em água conduz, com o tempo, à debilidade do material, que começa a degradar-se, erodindo e/ou provocando o deslocamento dos revestimentos (GUTERRES, 2016).

Quando o revestimento utilizado apresenta certas características, como proteção contra a umidade pelo uso de aditivos e tintas impermeabilizantes, poros capilares desconexos, pouca água disponível, ou evaporação muito intensa, os sais tendem a se acumular pouco abaixo da superfície externa, gerando a chamada criptoflorescência. Este fenômeno fica geralmente

oculto em fases iniciais, mas devido à sua ocorrência cíclica, pode levar a expansões interiores da argamassa, com posterior manifestação superficial, na forma de um aumento de volume localizado, rompendo o revestimento e a camada da película protetora. Além disso, pode levar à desagregação da argamassa, ou ainda, quando presente na interface entre argamassa e base, ocasionar o descolamento da camada de revestimento (FERREIRA, 2010 e GUTERRES, 2016).

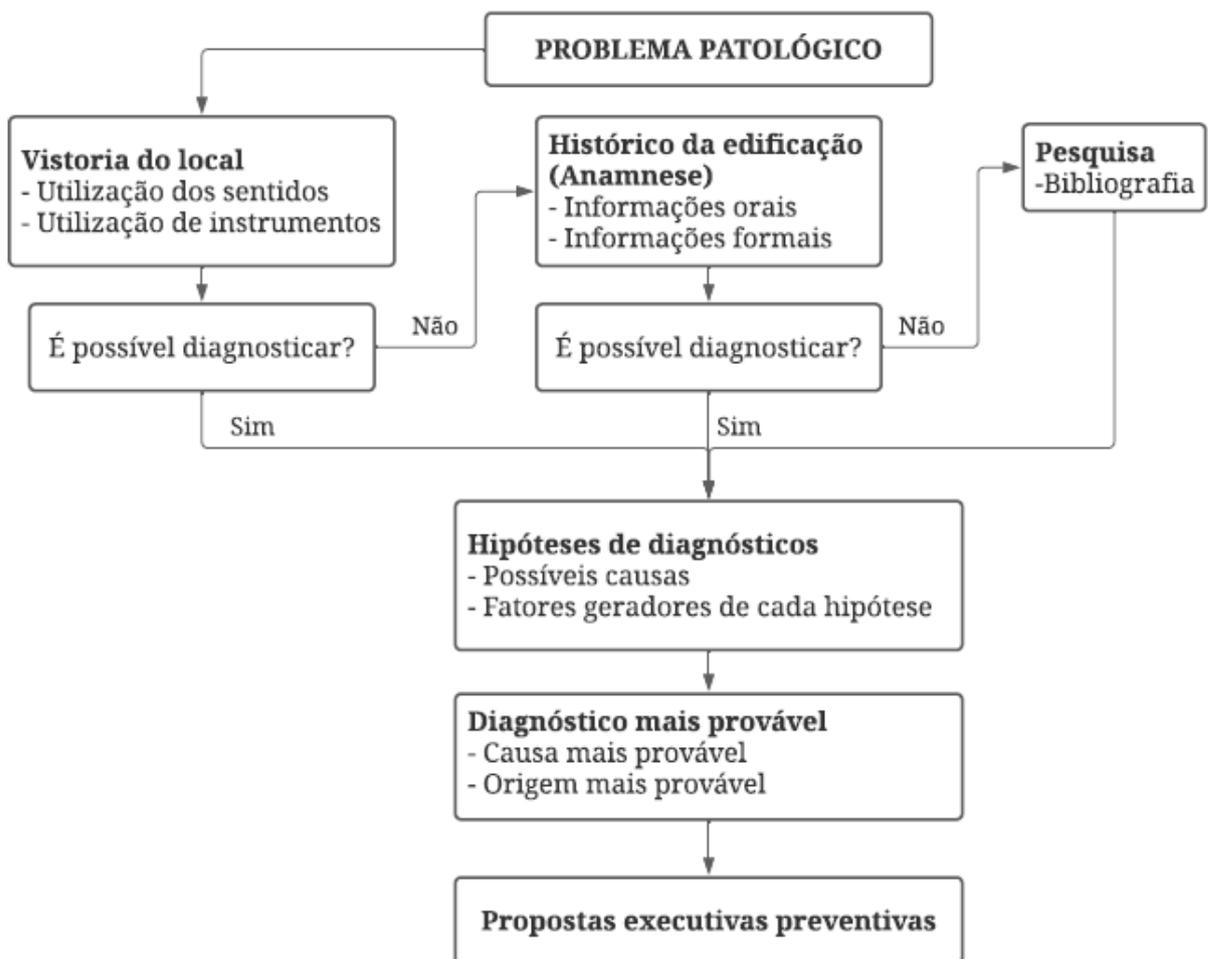
Bauer (1994) explicou que, para que seja efetiva a eliminação das eflorescências sobre a superfície da alvenaria, sua realização deve ser precedida da eliminação definitiva da origem do excesso de umidade, seguida da secagem do revestimento, escovação da superfície e, se necessário, o tratamento de áreas com pulverulência.

O estudo desenvolvido por Bauer, Salomão e Silva (2013), evidencia que uma das práticas mais utilizadas para o tratamento de problemas com a cristalização superficial de sais solúveis é o emprego de materiais impermeabilizantes, e que dentre os testados, o melhor desempenho observado foi de tintas epóxi, que mantiveram o processo patológico controlado ao longo de todo o período de observação. Esse resultado pode ser atribuído à correta formulação da tinta, adequada à mitigação da cristalização e das eflorescências subsequentes.

METODOLOGIA

Para a realização de propostas de intervenção é necessário, inicialmente, realizar uma investigação acerca das manifestações; seguida do diagnóstico das patologias encontradas. A metodologia de análise escolhida para o trabalho realizado no presente artigo foi uma adaptação da proposta de Silva (2007) para o trato de problemas patológicos que pode ser observada na Figura 5.

Figura 5 - Adaptação à proposta de Silva, (2007) para o trato de problemas patológicos.



Fonte: Adaptado de Silva, (2007).

Desta forma, o trabalho prático foi desenvolvido por etapas, sendo a primeira delas a vistoria física das edificações, utilizando, principalmente, o sentido da visão; com o apoio do levantamento fotográfico e de informações complementares, caso estas informações sejam necessárias. Logo em seguida foram formuladas hipóteses de diagnósticos a respeito da origem das manifestações observadas e com base nestas foram elaboradas as propostas de práticas, que,

se implementadas, poderiam evitar que processos similares se instalassem em novas edificações.

3.1. Levantamento das manifestações

As edificações foram selecionadas de forma coerente à proposta do projeto, com características que são representativas de boa parte das obras realizadas em Uberlândia, no que tange a edifícios com múltiplos pavimentos. Os edifícios selecionados possuem o mesmo tipo de sistema construtivo, contado com estrutura em concreto armado, fechamentos em alvenaria de vedação, revestidos por reboco argamassado e finalizados com pintura.

Quanto à localização, todos os edifícios estudados foram observados na porção sudoeste do bairro Santa Mônica, localizado na cidade de Uberlândia, MG. O bairro está sinalizado em vermelho e a região de observação preenchida em amarelo (Figura 6).

Figura 6 - Local de levantamento das edificações para estudo.



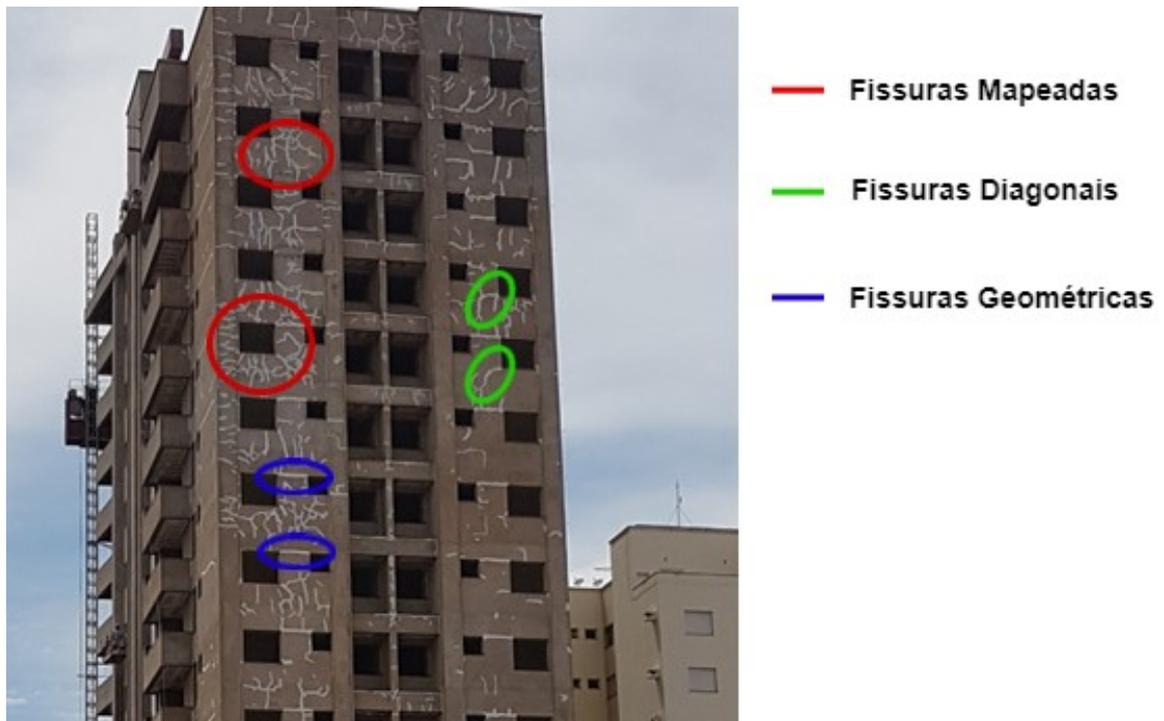
Fonte: Google Earth (2021).

3.1.1. Edifício A

O primeiro estudo de caso analisa a Edificação A que é de uso residencial, com 14 pavimentos e que possui a fachada principal voltada para o norte. Trata-se de um edifício em

processo de construção, demonstrando que as patologias assolam as construções mesmo em estágios muito precoces. Como é possível observar na Figura 7, a edificação apresenta fissuras mapeadas, geométricas e diagonais, dispostas por todas as fachadas, antes mesmo de receber o acabamento final.

Figura 7 - Fissuração nas fachadas norte e oeste da edificação A antes do acabamento final.



Fonte: Autor, (2021).

Levando em consideração a etapa em que se encontrava a obra no momento do aparecimento das anomalias, a principal hipótese é que as fissuras advenham do fenômeno de retração, que pode ter ocorrido por:

- Falta de juntas de dilatação adequadas;
- Falta de contravergas
- Argamassa fortemente doseada em ligante;
- Retração autógena decorrente da pega do cimento;
- Retração hidráulica, por falta de molhamento da base ou quantidade insuficiente de água de emassamento;
- Rápida evaporação da água por secagem, devido à baixa umidade relativa do ar e à temperatura elevada no momento da execução do revestimento.

Dentre as possíveis falhas executivas levantadas, acredita-se que as mais prováveis são a falta de juntas de dilatação adequadas, que pudessem absorver as tensões internas geradas pela retração, que naturalmente ocorre durante o endurecimento da argamassa, o erro na composição do traço, com uso excessivo de ligante ou “ligante” inadequado e a rápida evaporação da água por secagem da argamassa.

3.1.2. Edifício B

A Edificação B, assim como o primeiro exemplo apresentado, se trata de um edifício já concluído, residencial de múltiplos pavimentos, como retrata a Figura 8.

Figura 8 - Fachada com fissuras mapeadas devido à água das chuvas.



Fonte: Autor, (2021).

Observando a figura, é possível perceber que, assim como no primeiro estudo de caso, há incidência de fissuração mapeada, provavelmente advinda da retração da argamassa, que neste caso, é imperceptível à primeira vista devido à película de pintura, mas que se faz presente quando o edifício é exposto à água das chuvas. Também é possível notar, nos dois últimos pavimentos, fissuras horizontais que demarcam a interface de transição entre a viga de concreto

armado e a alvenaria de vedação, que formam a base para o revestimento, como é possível observar na área demarcada em vermelho na Figura 9.

Figura 9 - Fissuras presentes na transição entre alvenaria e as vigas.



Fonte: Autor, (2021).

A causa mais provável para o aparecimento destas fissuras geométricas na direção horizontal, é o fenômeno de dilatação térmica. Como os andares mais altos da edificação têm maior nível de exposição à insolação, a região se torna mais propensa à dilatação térmica diferencial entre a viga e a alvenaria, que são compostas de materiais diferentes, com coeficientes de dilatação distintos. Além disso, a laje de cobertura da edificação, por ser exposta continuamente à radiação solar, tende a se dilatar, gerando esforços, que por sua vez são contidos pelas vigas. Essa transferência de tensões gera movimentação que ocasiona tais fendas geométricas características.

Já as fissuras mapeadas podem estar ligadas às diversas formas de retração sofridas pelas argamassas, que dado o estágio da vida útil da edificação, pode ter origens diversas. Com base nesta análise, os principais vetores das anomalias observadas são listados:

- Dilatação térmica dos componentes estruturais e de vedação;
- Falta de juntas de dilatação adequadas;
- Argamassa fortemente doseada em ligante;
- Retração autógena decorrente da secagem do cimento;
- Retração hidráulica, por falta de molhamento da base ou quantidade insuficiente de água de emassamento;

- Retração térmica;
- Retração por carbonatação da cal, que ocorre em idades mais avançadas do revestimento;
- Retração advinda de fenômenos higroscópicos;
- Revestimento executado em monocamada e/ou com espessura acima do recomendado.

3.1.3. Edifício C

A Edificação C é residencial, multifamiliar, contando com 6 pavimentos, sendo um deles térreo, e possui fachada principal voltada para oeste. No momento do levantamento fotográfico, a mesma estava em processo de recuperação, fato este que evidencia as patologias. O edifício pode ser observado na Figura 10.

Figura 10 – Fachada da Edificação C.



Fonte: Autor, (2021).

A edificação em estudo apresenta forte incidência de fissuração mapeada, disposta por todas as fachadas, como mostrado na Figura 11, para as fachadas norte e sul.

Figura 11 - Fissuras generalizadas presentes na fachada norte e sul da edificação C.



Fonte: Autor, (2021).

Devido à disposição característica das anomalias, a principal hipótese é que advenham de fenômenos retrativos, com causas diversas. Além das fissuras mapeadas, a edificação apresenta fendas geométricas dispostas na direção horizontal, principalmente nos pavimentos superiores, similares às observadas na edificação B, mas neste caso, consideravelmente mais visíveis, delimitando com precisão as faces superior e inferior da viga, como observável na Figura 12. Assim como no caso anterior, entende-se que a provável causa seja a dilatação térmica, que assola os elementos verticais da vedação e também as lajes de cobertura da edificação.

Figura 12- Fissuras presentes na transição entre alvenaria e vigas do edifício C.



Fonte: Autor, (2021).

Baseado no estudo da edificação, as causas prováveis das anomalias seguem listadas:

- Dilatação térmica dos componentes estruturais e de vedação;
- Falta de juntas de dilatação adequadas;
- Argamassa fortemente doseada em ligante, ou uso de ligante inadequado;
- Retração autógena decorrente da secagem do cimento;
- Retração térmica;
- Retração por carbonatação da cal;
- Retração advinda de fenômenos higroscópicos;
- Revestimento executado em monocamada e/ou com espessura acima do recomendado.

3.1.4. Edifício D

A edificação D também é residencial e multifamiliar, contando com 4 pavimentos, sendo um deles o térreo, destinado às vagas de garagem. Sua fachada principal é voltada para o norte e está retratada na Figura 13.

Figura 13 – Fachada da Edificação D.



Fonte: Autor, (2021).

É possível observar que o edifício apresenta fissuração, no entanto, menos acentuada que a presente nos casos apresentados até o momento. Analisando a Figura 14, percebemos algumas fissuras distribuídas ao longo da fachada norte, concentradas em pontos específicos. Uma das hipóteses é que advenham de fenômenos higroscópicos, que provocam variações volumétricas e acarretam em anomalias.

Fenômenos retrativos também são candidatos a possíveis vetores das manifestações, podendo ter origens variadas, com base nas características das formações, em especial, a

retração. Observando a fissura horizontal demarcada, é perceptível que se assemelha aos casos observados nas edificações C e D, o que nos leva a supor que se origina do mesmo fator, a dilatação térmica de lajes e elementos da vedação.

Figura 14 - Fissuras na fachada norte do edifício D.



Fonte: Autor, (2021).

A Figura 15 expõe ainda uma região específica da fachada leste da edificação, que apresenta incidência proeminente de fissuração mapeada, e assim como na fachada norte, uma fissura extensa demarcando a presença do elemento estrutural sob o revestimento. Essa manifestação é característica do fenômeno de retração, provavelmente gerado pelo erro na composição do traço de argamassa usado na execução desta parte do revestimento, com possível carga excessiva de ligante.

Figura 15 - Fissuras devidas à retração na fachada leste do edifício D.



Fonte: Autor, (2021)

Ao realizar um apanhado geral referente às possíveis causas das anomalias, podemos lista-las como segue:

- Dilatação advinda de fenômenos higroscópicos;
- Dilatação térmica dos componentes estruturais e de vedação;
- Falta de juntas de dilatação adequadas;
- Argamassa fortemente doseada em ligante, ou uso de ligante inadequado;
- Retração térmica;
- Retração por carbonatação da cal;
- Retração advinda de fenômenos higroscópicos;
- Revestimento executado em monocamada e/ou com espessura acima do recomendado.

3.1.5. Edifício E

Este caso apresenta uma edificação residencial, multifamiliar com 4 pavimentos, sendo um deles térreo, com a fachada principal voltada para o norte, tal como se observa na Figura 16.

Figura 16 – Fachada da Edificação E.



Fonte: Autor, (2021).

A edificação em questão, é acometida de manifestações patológicas originadas pela umidade. Observando as figuras 17 e 18, é possível perceber a presença de vesículas, empolamento e degradação da pintura ao longo do revestimento externo, em uma região que, pela distribuição e altura das janelas, aparenta fazer parte da vedação dos banheiros dos apartamentos.

Figura 17 - Empolamento devido à umidade advinda dos banheiros na fachada da edificação E.



Fonte: Autor, (2021).

Figura 18 - Empolamento devido à umidade advinda dos banheiros na fachada da edificação E.



Fonte: Autor, (2021).

Partindo-se da premissa de que estas paredes se encontram na região dos banheiros, a causa mais provável para a ocorrência das anomalias observadas é a execução falha da impermeabilização destas áreas molhadas ou até mesmo a inexistência delas. Outra possível causa, que também se relaciona com problemas de estanqueidade é a má execução do revestimento cerâmico dos banheiros, como mal rejuntamento, que aliado à falha na impermeabilização permite a transferência de umidade para a alvenaria e posteriormente para o revestimento externo, gerando descascamento da pintura e possível expansão da argamassa, com a formação das vesículas.

Sintetizando as possíveis causas das anomalias para melhor elucidação do caso temos:

- Falha na impermeabilização dos ambientes molhados internos ou inexistência da mesma;
- Má execução do revestimento cerâmico dos banheiros;

3.1.6. Edifício F

O Edifício F possui idade mais avançada e maior nível de degradação, principalmente estética, que os demais casos apresentados até o momento. Se trata de uma edificação de uso misto, sendo o térreo destinado a fins comerciais e os outros três pavimentos para fins residenciais. É possível observá-lo na Figura 19.

Figura 19 – Fachadas da Edificação F.



Fonte: Autor, (2021).

A primeiro plano, a manifestação patológica mais visível é a proliferação de fungos, agentes biológicos e a presença de sujidades depositadas sobre o revestimento, claramente observável na Figura 20, com suas colorações acinzentada e esverdeada características. As formações se fazem presentes em todas as fachadas da edificação, comprometendo gravemente sua estética e advém de causas diversas, provavelmente concomitantes, dentre elas a falta de manutenção da edificação.

Em função do desgaste e não reposição da camada de pintura que protege o revestimento, este se torna demasiado poroso, favorecendo a condensação da umidade. Além disso, a própria idade do edifício aliada a este aumento da umidade pode favorecer a propagação dos agentes biológicos, uma vez que leva determinado tempo para que a argamassa perca sua alcalinidade, atingindo um pH em torno de 9 ou superior, tornando o meio favorável ao desenvolvimento de fungos.

A proliferação dos fungos se mostra proeminente nos extremos das platibandas, muito provavelmente devido à falha na impermeabilização, que favorece a ação da umidade e consequentemente dos agentes biológicos.

Feita a análise, é possível listar as causas mais prováveis destas anomalias:

- Falta de manutenção da edificação;
- Presença de umidade;
- Falha na impermeabilização das platibandas.

Figura 20 - Fungos presentes nas fachadas norte e leste da edificação F.



Fonte: Autor, (2021).

Durante a análise da edificação também se constata a presença de desagregação da argamassa de reboco (Figura 21). Esse processo pode surgir como um agravante da ação dos agentes biológicos, mas suas principais causas decorrem de uma série de erros construtivos, tais como:

- Presença de cal não carbonatada;
- Exposição constante à umidade por infiltrações do interior para o exterior;
- Traços de argamassas com teor de ligantes muito baixos, neste caso gerando desagregação acrescida de pulverulência;
- Aplicação da pintura em período inferior a 30 dias após a execução do revestimento.

Figura 21 - Desagregação na fachada norte da edificação F.



Fonte: Autor, (2021).

3.1.7. Edifício G

A Edificação G é de uso residencial, no entanto com dimensões relativamente menores que as demais analisadas, composta por 3 pavimentos, sendo um deles térreo. A construção fica localizada em uma esquina, portanto, possui duas fachadas voltadas para a rua, sendo uma ao sul e outra ao leste, tal como é observável na Figura 22. O estudo e observação das patologias se deu principalmente na fachada sul, onde a incidência é mais intensa, no entanto as formações se distribuem por todo o edifício.

Figura 22 - Edificação G.



Fonte: Autor, (2021).

A manifestação patológica mais incidente nesta edificação são as trincas e fissuras, algumas com dimensões relativamente elevadas, tal como mostra a Figura 23. Pelo seu caráter mapeado, as formações podem ter sido originadas por fenômenos higroscópicos, que favorecem a dilatação e contração dos elementos, acarretando na formação das fendas. Além disso, fenômenos retrativos com origens diversas também são possíveis causadores do problema.

Figura 23 - Fissuração e vesículas na fachada sul da edificação G.

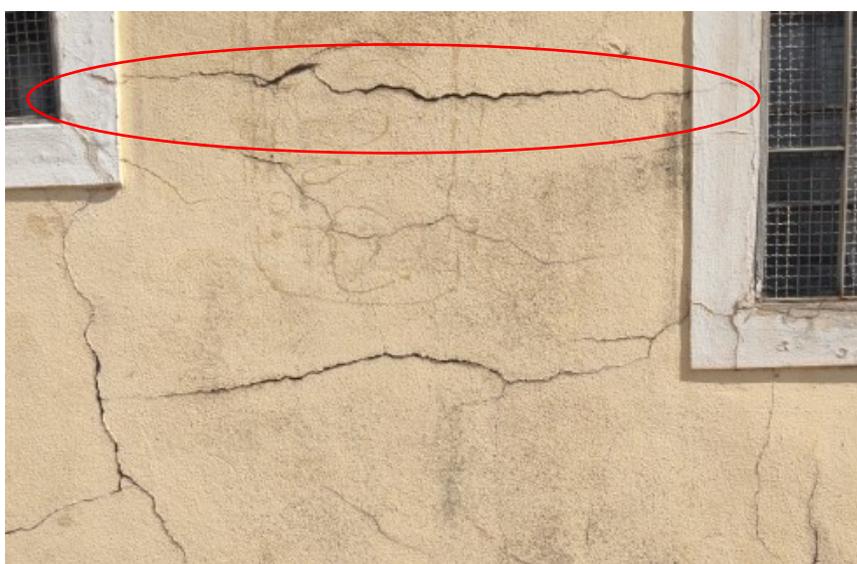


Fonte: Autor, (2021).

Além das fissuras mapeadas, também é possível observar trincas horizontais, nas Figuras 24 e 25. A formação assinalada em vermelho pode representar a transferência de carregamento de forma indevida das vigas para a alvenaria, devido à deformação excessiva do elemento estrutural, ou ainda, um possível recalque diferencial, que compromete os elementos de fundação, gerando ações indevidas sobre a alvenaria. Além disso, algumas fissuras observadas nesta mesma figura, direcionadas aos vértices inferiores das janelas evidenciam a inexistência de contravergas.

Já a formação observada na Figura 25, têm como causa provável a dilatação térmica diferencial entre a viga e a alvenaria, ou pode até mesmo ter relação com a deformação demasiada do elemento, pelo fato de a fissura se encontrar alinhada à parte superior da viga.

Figura 24 - Trincas presentes na fachada sul da edificação G.



Fonte: Autor, (2021).

Figura 25 - Fissura advinda da mudança de base entre alvenaria e concreto.



Fonte: Autor, (2021).

A edificação apresenta ainda vesículas, empolamento e possível criptoflorescência, associados à degradação da pintura, causados pela umidade concentrada em uma região específica. Assim como na Edificação E, supõe-se que a origem da infiltração seja de uma área molhada do interior do edifício, provavelmente uma cozinha, pelo fato de haver logo abaixo da região, uma caixa de passagem, assinalada na Figura 26, que inclusive aparenta ter recebido manutenção recente.

Outra possível causa desta manifestação seria a ascensão capilar da umidade, uma vez que o reboco entra em contato direto com a calçada, sem a presença de uma junta que torne descontínua a ligação entre revestimento e piso externo, facilitando a propagação da umidade. Este fator pode ainda estar aliado a inexistência de impermeabilização dos componentes de fundação e do embasamento da parede.

Figura 26 - Desagregação, empolamento e fissuração presentes na fachada sul da edificação G.



Fonte: Autor, (2021).

Para facilitar a visualização, seguem listadas as causas prováveis para as patologias observadas:

- Falta de juntas de dilatação adequadas;
- Argamassa fortemente doseada em ligante;
- Retração autógena decorrente da secagem do cimento;
- Retração térmica;
- Retração por carbonatação da cal;
- Retração advinda de fenômenos higroscópicos;
- Revestimento executado em monocamada e/ou com espessura acima do recomendado.
- Possível recalque diferencial ou carregamento indevido da estrutura;
- Dilatação térmica dos componentes estruturais e de vedação;
- Inexistência de contravergas;
- Impermeabilização mal executada ou inexistente de ambientes molhados internos;
- Ascensão capilar de umidade do solo por falha ou inexistência do sistema de impermeabilização da fundação e/ou pela ponte criada pelo reboco que desce até o piso.

3.1.8. Edifício H

A Edificação H é de uso residencial, multifamiliar, cuja fachada principal está voltada para sudeste, ilustrado na Figura 27. É composto por 8 pavimentos, sendo um deles o térreo, onde estão dispostas as vagas de garagem.

Figura 27 - Edificação H.



Fonte: Autor, (2021).

Esta edificação apresenta fissuras, com intensidade menos acentuada, que inclusive já aparentam ter recebido algum tipo de tratamento, como explícito na Figura 28. Analisando a imagem, percebemos a presença de fissuras mais dispersas, o que leva a crer que possam ter sido originadas por fenômenos higroscópicos, que provocam variações volumétricas, ou até mesmo da retração da argamassa, por fatores térmicos ou endógenos. Tais fatores são listados a seguir, a título de elucidação:

- Dilatação advinda de fenômenos higroscópicos;
- Retração térmica;
- Retração por carbonatação da cal;
- Retração advinda de fenômenos higroscópicos;
- Revestimento executado em monocamada e/ou com espessura acima do recomendado.

Figura 28 - Fissuras presentes na fachada sudoeste da edificação H.



Fonte: Autor, (2021).

Apesar das fissuras observadas, o fenômeno mais acentuado nesta edificação é o deslocamento da argamassa de revestimento, presente nos últimos pavimentos da fachada sudoeste, como observável na Figura 29.

Figura 29 - Deslocamento do reboco e fungos na fachada sudoeste da edificação H.



Fonte: Autor, (2021).

A anomalia em questão pode ter origens de erros construtivos diversos, sendo os mais comuns enumerados como se segue:

- Expansão e contração, geradas pela variação térmica e de umidade;
- Chapisco mal executado;
- Substrato demasiadamente liso;
- Sujidades na superfície de contato entre base e revestimento;
- Revestimento muito espesso;
- Traço de argamassa pobre em ligantes.

3.1.9. Edifício I

A Edificação I se assemelha muito ao caso do Edifício A, por também estar ainda em processo de construção, e o reboco ainda recém executado já apresenta fissuração mapeada, que inclusive acaba de receber tratamento, como mostra a Figura 30.

Devido à semelhança entre os casos, supõe-se que as anomalias presentes nas duas edificações tenham origens afins: o fenômeno de retração da argamassa de revestimento. Algumas das principais causas do fenômeno nestas idades da construção estão aqui enumeradas:

- Argamassa fortemente doseada em ligante ou uso de ligante inadequado;

- Retração autógena decorrente da pega do cimento;
- Clima muito quente no momento da execução do revestimento;
- Retração hidráulica, por falta de molhamento da base ou quantidade insuficiente de água de emassamento.

É perceptível que foram executadas juntas de dilatação na fachada da edificação, como assinalado na figura, no entanto, estas não foram capazes de absorber suficientemente as tensões geradas internamente pelo fenômeno retrativo, o que leva a crer na ocorrência concomitante de vários fatores causadores. Dentre estes, um dos mais prováveis é o alto teor de ligante utilizado na argamassa, que leva a retração severa, logo nas idades iniciais da argamassa, excedendo a capacidade funcional das juntas de dilatação, ou ainda o uso inadequado de aditivos ligantes, como a cal líquida, que em excesso causa fenômeno semelhante.

Figura 30 - Fissuração presente na fachada oeste da edificação I.



Fonte: Autor, (2021).

3.1.10. Edifício J

A Edificação J é de uso residencial, multifamiliar, contendo 3 pavimentos tipo, e um pavimento térreo, utilizado para as vagas de garagem, como é possível observar na Figura 31.

Figura 31- Fachada da Edificação J.



Fonte: Autor, (2021).

A edificação, assim como em vários dos casos observados, apresenta fissuração mapeada, característica de manifestações higroscópicas e do fenômeno de retração da argamassa, ilustrado pelas Figuras 32 e 33. Apesar de existirem juntas de dilatação horizontais, dispostas a cada pavimento, estas não foram capazes de conter o fenômeno retrativo. Poderiam, neste caso, ser adotadas juntas verticais, que diminuíssem os planos de revestimento da fachada, favorecendo a dissipação das tensões geradas internamente.

Figura 32 – Fissuração presente na fachada norte da edificação J.



Fonte: Autor, (2021).

Figura 33 – Fissuração presente na fachada oeste da edificação J.



Fonte: Autor, (2021).

Além das fissuras mapeadas, o edifício apresenta também trincas dispostas predominantemente na diagonal, a uma inclinação de 45 graus, partindo dos vértices das

aberturas das esquadrias, cuja origem pode estar relacionada à ausência de contravergas, uma vez que só partem dos vértices inferiores das janelas. A falta destes elementos aliada à atuação de cargas indevidas sobre a alvenaria maiores que sua capacidade resistente, gera acúmulo de tensões nestes pontos chave, causando as trincas observadas na Figura 34.

Figura 34 - Trincas devido à falta de contravergas na edificação J.



Fonte: Autor, (2021).

Realizando uma síntese das possíveis causas para os fenômenos observados, pode ser estabelecida a seguinte listagem:

- Argamassa fortemente doseada em ligante;
- Retração térmica;
- Retração por carbonatação da cal;
- Retração advinda de fenômenos higroscópicos;
- Revestimento executado em monocamada e/ou com espessura acima do recomendado;
- Falta de contravergas nas janelas;
- Falta de juntas verticais, auxiliando na redução dos planos do revestimento.

3.1.11. Edifício K

A edificação K é de caráter residencial, multifamiliar, contendo 3 pavimentos tipo e um pavimento térreo destinado a vagas de garagem. Pelo aspecto que apresenta, supõe-se que já tenha uma idade mais avançada, e que não tenha recebido as manutenções adequadas, o que prejudica consideravelmente o padrão estético, como mostra a Figura 35.

Figura 35 – Fachada da Edificação K.



Fonte: Autor, (2021).

A primeiro momento, vale discorrer a respeito da fissuração, presente em todas as fachadas da edificação. As anomalias, principalmente observadas na platibanda, aparentam ter recebido alguma forma de escarificação e tratamento, possivelmente com mastique (uma resina vegetal, utilizada no tratamento de fissuras) como é possível observar na Figura 36. A escarificação aparentemente gerou descolamento da pintura próximo à região tratada.

Existem ainda, casos de fissuração mapeada que não aparentam ter recebido tratamento algum, como fica aparente na Figura 37. É possível que tais anomalias tenham surgido devido a fenômenos higroscópicos, que favorecem a dilatação e contração dos elementos, acarretando na formação das fendas, ou fenômenos retrativos, gerados por alguns dos seguintes fatores:

- Falta de juntas de dilatação adequadas;
- Argamassa fortemente doseada em ligante;
- Retração térmica;
- Retração por carbonatação da cal;
- Retração advinda de fenômenos higroscópicos;
- Revestimento executado em monocamada e/ou com espessura acima do recomendado;
- Uso de tinta escura no acabamento, favorecendo a absorção de radiação solar e consequentemente a dilatação/retração térmica.

Figura 36 - Fissuração e descolamento da pintura na fachada norte da edificação K.



Fonte: Autor, (2021).

Figura 37 – Fissuração na fachada oeste da edificação K.



Fonte: Autor, (2021).

Ao analisar o muro externo da edificação, também é perceptível a presença de desagregação da argamassa de reboco e descolamento do acabamento realizado sobre ela, como observável na Figura 38. Pelo fato de o acabamento não se manter fixo ao reboco, constata-se que a desagregação esteja gerando pulverulência, que compromete a aderência, com as prováveis causas:

- Torrões de argila, materiais pulverulentos e impurezas orgânicas na argamassa;
- Materiais potencialmente reativos como opala, tridimita, cristobalita e zeólitas;

- Traços de argamassas com teor de ligantes muito baixos;
- Falta de molhamento do substrato, impedindo a hidratação correta do ligante
- Aplicação da pintura em período inferior a 30 dias após a execução do revestimento, impedindo a reação da cal com o CO₂.

Figura 38 - Fissuração e desagregação no muro externo norte do edifício K.



Fonte: Autor, (2021).

Ainda observando o muro externo que circunda a edificação, principalmente na área de embasamento, é possível perceber também a atuação de agentes biológicos, tais como fungos, que desenvolvem deposições acinzentadas características sobre o revestimento, semelhante ao observado na Edificação F.

Como se observa na Figura 39, este fator compromete a estética da edificação, principalmente na região de barramento, muito provavelmente pela inexistência de impermeabilização do embasamento e dos elementos de fundação, e pelo contato direto do revestimento com a calçada, favorecendo a ascensão de umidade por capilaridade. A falta de manutenção da edificação também pode ser um agravante que contribui para a anomalia.

Para melhor visualização, as principais causas do fenômeno são listadas em sequência:

- Falta de manutenção da edificação;
- Ascensão capilar de umidade do solo por falha ou inexistência do sistema de impermeabilização da fundação e/ou pela ponte criada pelo reboco que desce até o piso.

Figura 39 - Fungos e sujidades presentes no muro externo oeste do edifício K.



Fonte: Autor, (2021).

3.1.12. Resumo geral das manifestações por edificação

Nesta seção, é apresentado um resumo geral a respeito das patologias observadas em cada uma das edificações em estudo. A Tabela 4 apresenta, de forma organizada, a incidência de cada uma das patologias constatadas nas edificações observadas. Ao analisar a distribuição do total de 19 casos de patologias constatados nas 11 edificações observadas, percebe-se que a fissuração é sem dúvidas a anomalia mais recorrente.

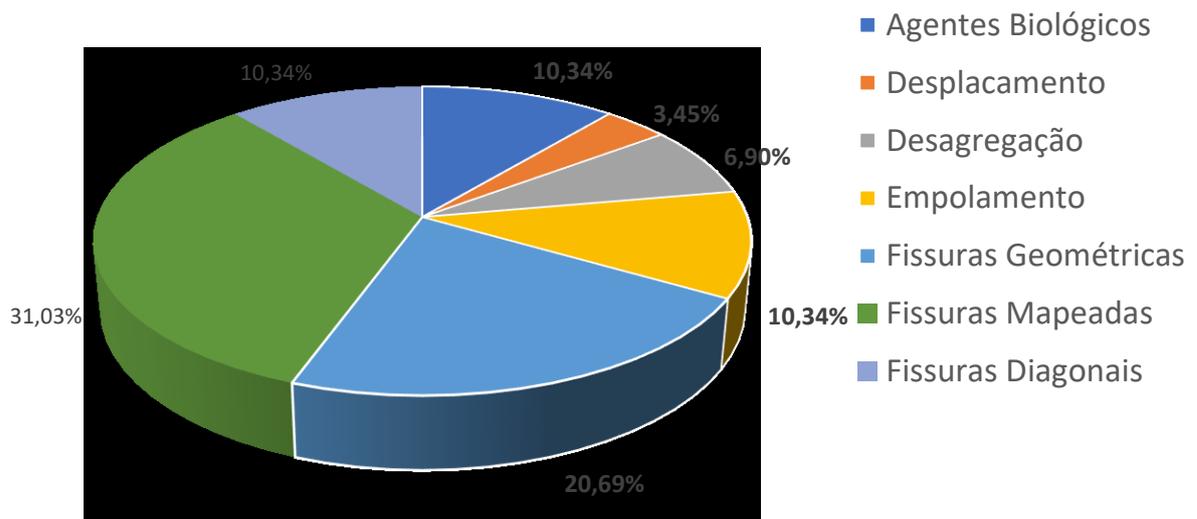
Tabela 4 - Manifestações patológicas presentes em cada edificação.

| Edificação | Manifestações patológicas observadas | | | | | | |
|------------|--------------------------------------|-------------|-----------|--------------|--------------|-------------|--------|
| | Fissuras | | | Deslocamento | Desagregação | Empolamento | Fungos |
| | Mapeadas | Geométricas | Diagonais | | | | |
| A | Sim | Sim | Sim | | | | |
| B | Sim | Sim | | | | | |
| C | Sim | Sim | | | | | |
| D | Sim | Sim | | | | | |
| E | | | | | | Sim | |
| F | | | | | Sim | | Sim |
| G | Sim | Sim | Sim | | | Sim | Sim |
| H | Sim | Sim | | Sim | | | |
| I | Sim | | | | | | |
| J | Sim | | Sim | | | | |
| K | Sim | | | | Sim | Sim | Sim |

Fonte: Autor, (2021).

Com base nos dados dispostos na Tabela 4, foi elaborada uma representação gráfica, que permite analisar com mais clareza, o nível de incidência percentual de cada uma das manifestações em relação às demais. É possível perceber que, dentre os dezenove casos constatados, a fissuração, originada por causas diversas, possui a maioria absoluta, com 52,63% de incidência.

Figura 40 - Percentual da presença de cada patologia em relação ao total de manifestações observadas.



Fonte: Autor, (2021).

4. ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES E PROPOSTA DE PRÁTICAS EXECUTIVAS

4.1. Quanto à composição das argamassas

Partindo da revisão bibliográfica e do levantamento dos possíveis fatos geradores de anomalias presentes nas edificações que foram objeto de estudo, torna-se possível a proposta de diretrizes e práticas construtivas adequadas; que se adotadas durante o processo executivo, podem diminuir substancialmente a presença de manifestação de patologias nos revestimentos argamassados.

A priori, vale destacar a importância de conhecer bem os materiais que serão empregados na obra, principalmente àqueles sobre os quais não há controle ou rigor industrial, como os agregados. O ideal seria a realização de amostragem e análise destes materiais que têm origem natural; evitando assim a presença, em excesso, de certos compostos, como sais solúveis, sulfatos, argilominerais expansivos, impurezas orgânicas húmicas, materiais potencialmente reativos como opala, tridimita, cristobalita, zeólitas e gesso, que conforme observado em estudos, podem levar à desagregação da argamassa, formação de vesículas, empolamento, e comprometer a integridade do revestimento.

Além da qualidade dos materiais, é importante também voltar a atenção à dosagem dos componentes, tanto das argamassas de revestimento quanto de assentamento. Para argamassas de revestimento, Cincotto e Carneiro (1999) e Ferreira (2010, p.41 *apud* Guimarães, 2002) apontam que traços entre 1:1:6 e 1:2:9 (cimento:cal:areia) estão o mais próximo do ideal para revestimentos monocamada.

Engenheiros do LNEC (1990), detalham a composição dos traços em revestimentos multicamadas, indicando proporções de 1:2 (cimento:areia) para a camada de chapisco, relações entre 1:0,5:4 a 1:1:6 (cimento:cal:areia) para o emboço, garantindo boa aderência à base pela carga de ligante, e traços com menor proporção de aglomerante (novamente entre 1:1:6 e 1:2:9) para as camadas subjacentes de acabamento. Este gradiente de traços garante a boa aderência e ao mesmo tempo reduz as chances de fissuração por retração na camada externa do revestimento.

Quando se trata das argamassas de assentamento, importantes para a integridade e comportamento da alvenaria e, conseqüentemente, do revestimento, Thomaz (1989) trouxe sugestões de escolha baseadas em normas internacionais, em função do tipo de construção,

dispostas na Tabela 5. Para alvenaria estrutural, são sugeridas as argamassas N, S ou M, para alvenaria de vedação convencional O, K, N ou S, e para muros de arrimo S, M ou N.

Tabela 5 - Sugestões de traços para argamassas de assentamento.

| Tipo de argamassa | Traço em volume | | | Resistência média aos 28 dias (Mpa) |
|-------------------|-----------------|---------------|------------|-------------------------------------|
| | cimento | cal hidratada | areia | |
| M | 1 | 0,25 | 2,8 a 3,8 | 17,2 |
| S | 1 | 0,25 a 0,5 | 2,8 a 4,5 | 12,4 |
| N | 1 | 0,5 a 1,25 | 3,4 a 6,8 | 5,2 |
| O | 1 | 1,25 a 2,5 | 5,0 a 10,5 | 2,4 |
| K | 1 | 2,5 a 4,0 | 7,9 s 15,0 | 0,5 |

Fonte: Thomaz, (1989).

Definidos os traços a serem adotados, a NBR 7200 (ABNT, 1998), traz algumas recomendações quanto à mistura dos componentes. As argamassas devem ser misturadas por processos mecanizados ou, em casos excepcionais, por processos manuais, até que se encontrem perfeitamente homogênea. No uso de processos mecanizados, como betoneiras, o tempo de mistura deve estar entre 3 e 5 minutos. Já no processo manual deve-se obedecer apenas ao critério de perfeita homogeneização, frisando que devem ser preparados volumes inferiores a 0,05 m³ de argamassa por vez.

De forma geral, o volume de produção de argamassas deve ser controlado de modo que sejam utilizadas em prazo máximo de 2h e 30 min, antes que comece o processo de pega. Para temperaturas acima de 30°C, forte insolação direta sobre o estoque de argamassa ou umidade relativa do ar inferior a 50% o prazo deve ser reduzido para 1h e 30 min. Tais parâmetros podem sofrer alterações caso haja o emprego de aditivos, conforme recomendações de uso.

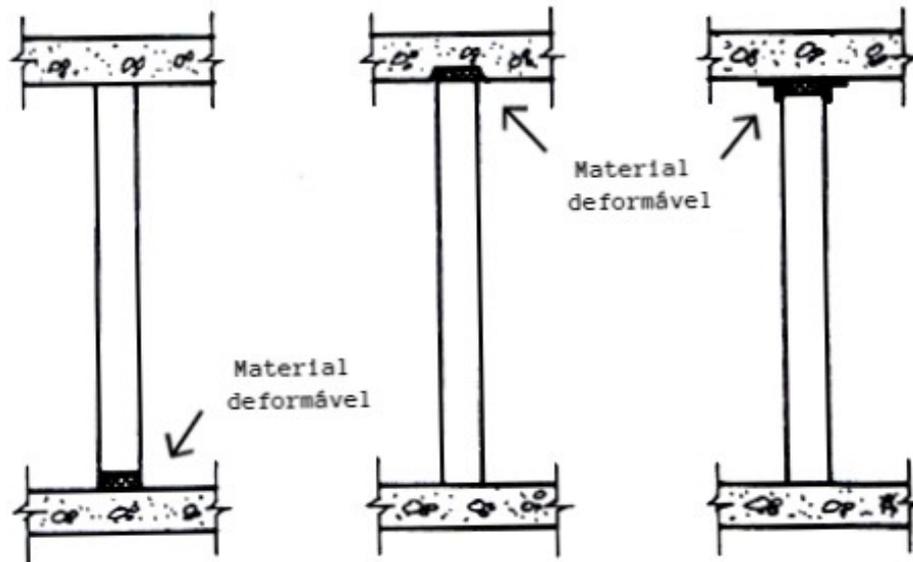
4.2. Quanto aos elementos estruturais e de vedação

Antes da execução do revestimento, é importante o projeto e execução de forma minuciosa dos elementos estruturais e de vedação. A começar pelas fundações, é imprescindível a análise do solo, que forneça informações úteis ao projetista, resultando em cálculos precisos e projetos adequados a cada situação. A análise possibilita também identificar possíveis anomalias presentes no solo, que poderão ser tratadas a depender do caráter da edificação. Tais práticas são fundamentais para evitar problemas como o recalque diferencial, que afetam a edificação em sua totalidade, trazendo patologias como as fissuras observadas no edifício G.

Os demais componentes estruturais merecem igual atenção. A inobservância dos estados limites de serviço no dimensionamento de vigas por exemplo, pode ser causa da transferência

de cargas indevidas à alvenaria, resultantes da deformação excessiva do elemento. Caso este tipo de deformação seja inevitável em escalas controladas, como em vigas muito extensas e, conseqüentemente, mais flexíveis; ou ainda, quando a parede for muito rígida, é recomendada a realização do encunhamento com material deformável (poliuretano expandido, feltro betumado, EPS, entre outros), conforme mostra a Figura 41.

Figura 41 - Junta de dessolidarização entre parede e estrutura.



Fonte: Thomaz, (1989).

Juntas de controle similares devem ser previstas também na vertical, para garantir a descontinuidade de paredes muito longas, devido à possível dilatação térmica do componente, ou ainda quando a parede é muito enfraquecida pela presença demasiada de aberturas de portas e janelas. Thomaz (1989), traz recomendações de distanciamento máximo entre juntas de controle, em função da largura das paredes (b), da presença ou não de aberturas, e da contração esperada da alvenaria (ε), conforme a Tabela 6.

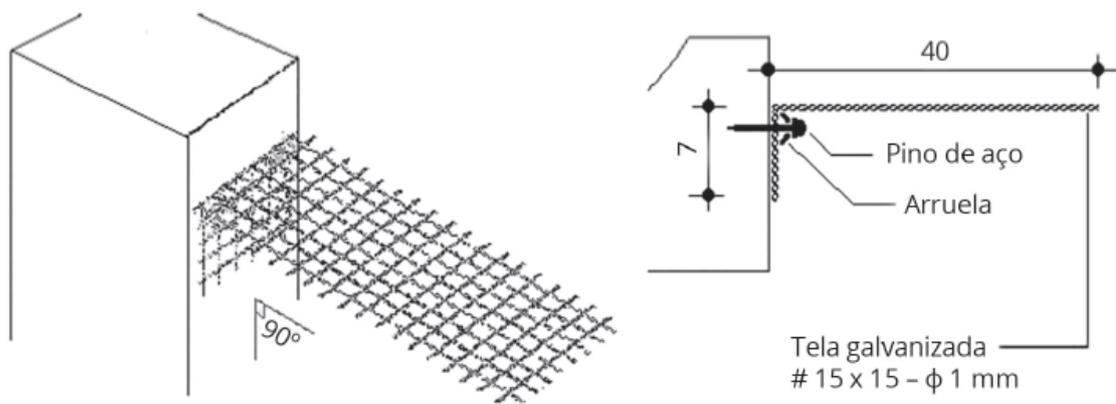
Tabela 6 - Juntas de controle para paredes em alvenaria.

| Intensidade da contração esperada para a alvenaria (%) | Comprimento máximo da parede ou distância máxima entre juntas de controle (m) | | | |
|--|---|-------------|-----------------------|-------------|
| | Paredes sem aberturas | | Paredes com aberturas | |
| | $b \geq 14$ cm | $b < 14$ cm | $b \geq 14$ cm | $b < 14$ cm |
| $\varepsilon \leq 0,01$ | 30 | 30 | 30 | 30 |
| $0,01 < \varepsilon \leq 0,04$ | 12 | 8 | 8 | 6 |
| $0,04 < \varepsilon \leq 0,06$ | 8 | 6 | 6 | 5 |

Fonte: Thomaz, (1989).

Além disso, para alvenarias de fachada, ou em regiões muito deformáveis da estrutura, é recomendada a adoção de ligações a cada duas fiadas com esperas de ferro, (“ferros cabelo”), podendo ser constituídas de telas eletrosoldada, arame ou vergalhão, a cada duas fiadas de blocos, fixadas com adesivo epóxi ou poliéster ou furos inseridos nos pilares, com profundidade de 7 a 8 cm, como exemplifica a Figura 42. Esta prática auxilia na ancoragem do elemento, impedindo o aparecimento de fissuras verticais na face entre o elemento estrutural e de vedação, proveniente da contração da alvenaria.

Figura 42 - Ligação entre pilar e alvenaria com tela eletrosoldada.



Fonte: Thomaz, (2020).

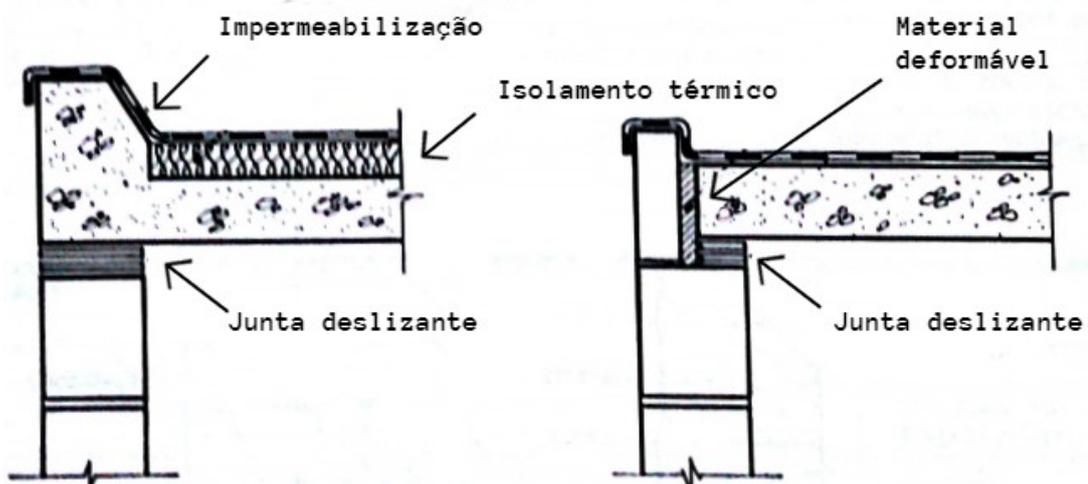
Ainda na execução das alvenarias, um ponto que merece atenção é a execução de vergas e contravergas nas aberturas de portas e janelas, a fim de evitar a fissuração partindo de seus vértices, como observado na edificação J estudada. A recomendação é que para vãos de até 1,50 m sejam adotadas contra vergas com altura de 10 cm, com comprimento que ultrapasse 50 cm para cada lado do vão. Para vãos entre 1,50 a 2,40 m estes elementos devem possuir altura de 20 cm, também ultrapassando 50 cm de cada lado do vão. Para vãos acima de 2,40 m é recomendável dimensionar a viga que desempenhará a função de contraverga.

Outro elemento estrutural que merece atenção especial são as lajes de cobertura. Devido à alta e constante exposição à insolação, este componente está muito propenso à dilatação térmica, o que pode gerar fissuras horizontais características na interface das vigas dos pavimentos superiores com a alvenaria, tal como presentes nas edificações B, C e D estudadas.

Como normalmente, as lajes e as vigas são concretadas simultaneamente, uma solução a se pensar é a adoção de uma camada de isolamento térmico, conforme projeto específico, executada concomitantemente à impermeabilização do elemento, que possa conter os efeitos da intensa radiação solar, impedindo a dilatação térmica. Em casos ideais, pode-se pensar ainda na

criação de juntas deslizantes entre a laje e a viga, a fim de conter as movimentações diferenciais (Figura 43).

Figura 43 - Emprego de juntas deslizantes e proteção térmica em lajes de cobertura.



Fonte: Thomaz, (1989).

Para muros ou paredes externas executadas em alvenaria, é importante a atenção quanto ao distanciamento de vigas e pilares de amarração, que deve se dar conforme recomendação do engenheiro estrutural, uma vez que o dimensionamento destes elementos depende da espessura parede, de esforços atuantes, pé direito, distância entre pilares entre outras condições do entorno. Todavia, são recomendadas distâncias entre 1,5 e 2,5 m para vigas de amarração, e entre 2,5 e 3,0 m para os pilares de amarração.

Existem ainda fatores que devem ser observados na execução das alvenarias e elementos construtivos como um todo, visando garantir a estanqueidade dos componentes, tais como, frisos, pingadeiras, rufos, beirais e platibandas, que protegem elementos da edificação contra a ação das chuvas.

Além disso, a geometria e orientação das fachadas deve ser estudada a fim de evitar que o fluxo de água se dirija a pontos vulneráveis, como juntas e caixilhos. Certos detalhes arquitetônicos devem ser cuidadosamente estudados, por favorecerem a percolação da água e em alguns casos gerarem a demanda de aplicação de revestimentos demasiadamente espessos.

4.3. Quanto aos revestimentos propriamente ditos

Para dar início ao processo de revestimento, todas as alvenarias devem estar concluídas há pelo menos 30 dias. Além disso a estrutura deve estar concluída há pelo menos 120 dias, com exceção dos 3 últimos pavimentos onde se admite 60 dias.

O primeiro procedimento para a execução do revestimento é a remoção de todos os tipos de sujidades presentes na base que irá receber o revestimento, tais como pó, fuligem, graxas, óleos, desmoldantes, fungos, musgos e eflorescências, que podem comprometer a aderência, causando problemas como os deslocamentos. Os procedimentos de limpeza variam conforme o caso, mas em geral podem compreender escovação com escova de fios de aço, escovação seguida de lavagem com mangueira, lavagem com mangueira pressurizada e jateamento de areia.

A NBR 7200 (ABNT, 1998) salienta que: antes de qualquer processo de lavagem, a base deve ser saturada com água limpa para evitar a penetração em profundidade da substância de limpeza que eventualmente seja utilizada. Além disso, a norma indica que para a remoção de óleos, graxas e desmoldantes, deve-se empregar um dos seguintes processos:

- Escovação com solução alcalina de fosfato trissódico, ou soda cáustica, seguida de enxágue com água em abundância;
- Aplicação de ácido clorídrico (muriático), soluções de 5 a 10% de concentração, seguida de escovação e enxágue com água em abundância;
- Escovação da superfície com água e detergente seguida de enxágue com água em abundância;
- Emprego de processos mecânicos como escovação a seco ou jateamento de areia, seguido de remoção da pulverulência com jateamento de ar comprimido.

Após o processo de limpeza, devem ser removidas todas as irregularidades do substrato, tais como rebarbas de concretagem e excesso de argamassa nas juntas de assentamento da alvenaria, com o uso de talhadeiras ou lixadeiras, por exemplo, com cuidado para não comprometer a integridade estrutural da base. Irregularidades metálicas como pregos e fios de arame devem ser removidas, quando possível. Caso sua remoção não seja possível, estes componentes metálicos devem ser pintados com tinta anticorrosiva para evitar manchas no revestimento ou o aparecimento de vesículas advindas de concreções ferruginosas.

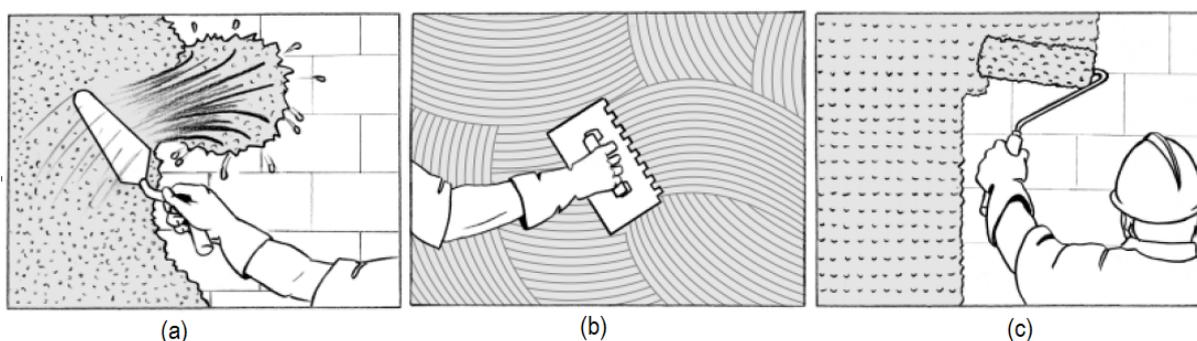
Ademais, as falhas da base, como pontos com falta de argamassa de assentamento ou furos nos blocos, que ultrapassem 50 mm de profundidade devem ser grauteados (preenchidos) com argamassa, assim como rasgos efetuados para passagem de tubulação. Neste segundo caso, é recomendado, inclusive, o uso de telas metálicas galvanizadas, para auxiliar na integridade do reparo.

Na sequência, deve ser realizada a aplicação do chapisco, fundamental para garantir a aderência do reboco à base, podendo ser realizado de diferentes formas. Na forma convencional, indicada para bases em alvenaria (Figura 44 a), a aplicação se dá por meio do lançamento de

argamassa fluida de cimento e areia, com traço em volume variando de 1:2 a 1:5 a depender do projeto, aplicado de forma a não cobrir completamente a base, conforme recomendação da NBR 7200 (ABNT, 1998). É importante que a base seja pré-molhada antes da aplicação desta camada, para evitar perda excessiva de água pela argamassa.

Outra forma de aplicação, indicada para cobertura de estruturas de concreto, por desenvolver melhor aderência sobre superfícies lisas, é o chapisco desempenado, feito com uma argamassa industrializada específica para esse fim, e aplicado com desempenadeira denteada (Figura 44 b). Por fim, existe a opção do chapisco rolado, feito com uma argamassa fluida obtida através da mistura de cimento e areia, com adição de água e polímero, usualmente de base PVAC. Este tipo de crespido¹ pode ser aplicado tanto na estrutura como na alvenaria, por meio do uso de um rolo para textura acrílica (Figura 44 c).

Figura 44 - Tipos de chapisco.



Fonte: ABCP, (2002).

A NBR 7200 (ABNT, 1998), recomenda ainda que, em regiões com clima muito quente e seco, o chapisco deve ser protegido da incidência solar direta, através de processos que mantenham a incidência solar direta por pelo menos 12 horas após sua aplicação. A aplicação da camada seguinte de revestimento, só deve ser realizada decorridos três dias da execução do chapisco, podendo ser reduzido para dois dias em locais com clima muito quente e seco.

Decorrida a espera após o processo de chapisco, a recomendação é que seja aplicado o reboco em multicamada, realizando-se um gradiente de argamassas com diferentes teores de ligante conforme se aplicam as camadas, de forma que a camada de emboço possua teor de aglomerantes superior à camada de reboco, como já indicado.

Nos revestimentos multicamada, a camada de emboço não deve ser superior a 15 mm. Após a aplicação, é recomendado que sejam aguardados sete dias para a execução da camada subjacente de revestimento, caso o emboço seja composto por argamassa mista, e que, nas primeiras 24 horas, haja a aspersão constante de água, para auxiliar no processo de cura e evitar fenômenos patológicos como a retração autógena.

¹ O termo “crespido” vem do português de Portugal, e é um sinônimo do termo “chapisco”, comumente utilizado no Brasil.

Decorrido o devido prazo de espera, é realizada a aplicação do reboco, com espessura recomendada de 5 mm, de forma que o revestimento como um todo totalize 20 mm de espessura. É recomendado que, após a execução da camada de reboco, sejam respeitados 21 dias para a realização do acabamento estético, como a pintura, em argamassas de cimento e areia, e de 30 dias para argamassas mistas, dispondo tempo suficiente para o processo de carbonatação da cal, que necessita de contato do revestimento com o CO₂ presente no ar. Este processo de espera é fundamental para evitar anomalias como a desagregação.

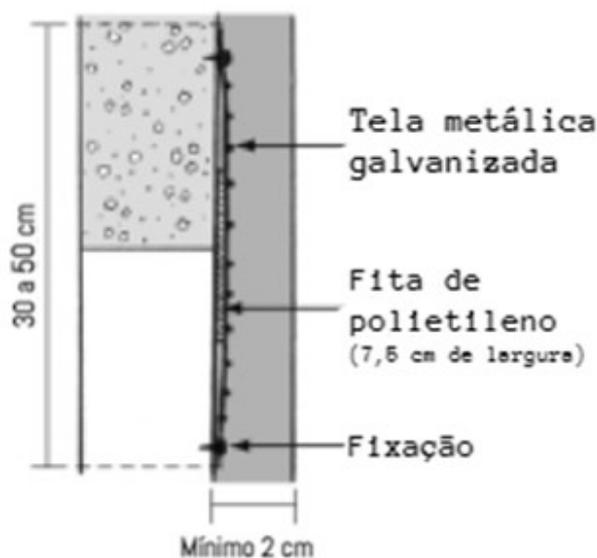
Ademais, vale salientar também que as pinturas aplicadas não devem possuir, preferencialmente, coloração escura, pois essas tonalidades absorvem mais radiação solar, podendo favorecer assim a ocorrência de processos retrativos e levar à fissuração.

Caso opte-se pelo emprego de revestimentos em monocamada, os prazos de espera entre aplicação da camada de reboco e de acabamento estético devem ser igualmente respeitados, e deve haver controle rigoroso da espessura, que deve estar sempre em torno dos 20 mm. Dimensões muito maiores que esta podem levar à sobrecarga da vedação, e potencializar o fenômeno retrativo.

Quando as bases do revestimento forem distintas, (como entre vigas de concreto e a vedação em alvenaria) é recomendável o uso de telas como reforço para a argamassa, com largura de 30 a 50 cm, para suportar as movimentações diferenciais incidentes sobre a região, conforme mostra a Figura 45. Tal recomendação também pode ser empregada na região imediata aos vértices das esquadrias, antes da execução do revestimento, por ser uma área muito propensa à fissuração.

Quanto o tipo de tela a ser utilizado, Schimelfenig *et al.* (2018), observaram em seu estudo, que a tela galvanizada eletrosoldada, apresenta as características resistentes mais adequadas. Conforme o estudo, telas hexagonais (tela de galinheiro) e telas PEAD (polietileno expandido de alta densidade), apresentam resistência a tração em torno de 1,2 MPa, enquanto a tela eletrosoldada de malha quadrada resiste a esforços mais intensos, na casa dos 1,7 MPa, sendo assim, uma escolha mais adequada para a realização dos reforços.

Figura 45 - Emprego de tela como reforço para revestimentos argamassados.



Fonte: ABCP, (2002).

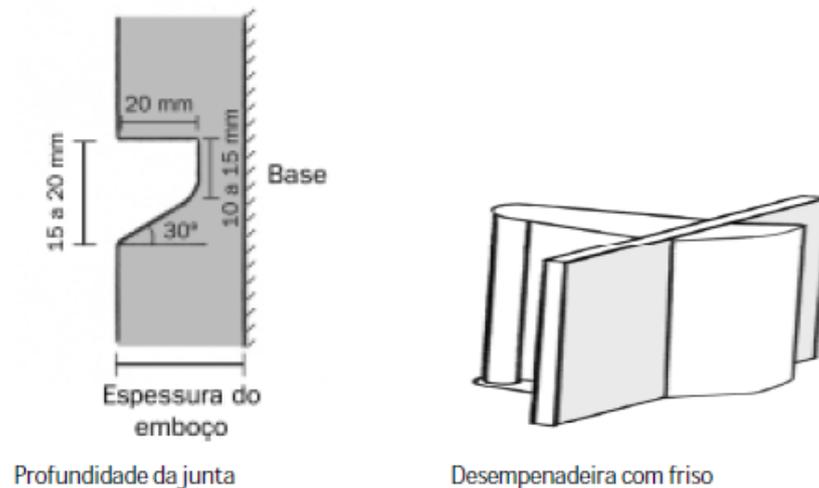
Conforme a ABCP (2002), a execução correta do reforço se inicia com a fixação de uma fita de polietileno sobre a interface entre concreto e alvenaria, com 7,5 cm de largura, seguida da aplicação da tela de aço galvanizado sobre a superfície, fixada pelas bordas, por meio de fixadores como grampos, chumbadores, pinos ou parafusos, . Após devidamente alocada, se procede a aplicação da argamassa sobre o conjunto fazendo com que a tela fique imersa no revestimento.

Elementos essenciais aos revestimentos argamassados, principalmente aplicados em fachadas de edifícios com múltiplos pavimentos, são as juntas de dilatação. Estes elementos desempenham função primordial na contenção da fissuração, absorvendo tensões internas geradas por diversos fenômenos, tais como retração e dilatação térmica.

As juntas de trabalho devem ser executadas conforme projeto específico, tanto na horizontal, a cada pavimento, entre distâncias equivalentes ao pé direito do edifício, quanto verticalmente, conforme necessidade. A ABCP (2002) recomenda que a profundidade das juntas seja igual à metade da espessura do revestimento e com largura entre 1,5 e 2 cm. No fundo da junta a espessura deve ser de, no mínimo, 1 cm. Caso haja juntas de movimentação estruturais, o revestimento deve acompanhar estas juntas, garantindo-se a vedação através do uso de mastiques ou impermeabilizantes apropriados junto à superfície acabada.

A execução das juntas propriamente dita, pode ser feita posicionando, de forma alinhada, um elemento com espessura equivalente, no local apropriado, seguida da aplicação do revestimento, ou através do uso de uma desempenadeira com friso, conforme a Figura 46.

Figura 46 - Junta de dilatação executada com desempenadeira com friso.



Fonte: ABCP, (2002).

Outra prática de suma importância, é a impermeabilização das vigas baldrame e do embasamento das paredes, para evitar que a umidade percole por capilaridade pelo barramento, causando os problemas observados no muro perimetral da edificação K e na edificação G. Recomenda-se considerar, no chapisco e no emboço, aditivo impermeabilizante em 40 cm da viga baldrame e 1 metro no barramento das alvenarias térreas (internas e externas). Deve-se ainda, evitar o contato entre o revestimento dos muros perimetrais e as calçadas, considerando-se uma junta que torne ambas as estruturas desconexas.

Ademais, é fundamental, ao longo da vida útil da edificação, realizar as manutenções e reparos adequados, para garantia da durabilidade, tais como reparo de danos causados por choques mecânicos sobre o revestimento, tratamento de possíveis anomalias que venham a surgir, manutenção da estanqueidade dos elementos e repintura da edificação, para fins estéticos e de proteção do revestimento.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foram analisadas as principais patologias que assolam os revestimentos argamassados de fachadas; e, com base na sistematização dos casos observados nas 11 edificações estudadas e no embasamento teórico proporcionado pelos conhecimentos adquiridos na academia e na revisão bibliográfica, buscou-se propor boas práticas construtivas que, se empregadas corretamente, evitarão, ou minimizarão, substancialmente, os problemas constatados.

A avaliação cuidadosa dos estudos de caso possibilitou observar que as fissuras são, sem sombra de dúvidas, as patologias mais recorrentes no que concerne aos revestimentos argamassados em fachadas, representando mais de 50% de incidência dentre os 19 diferentes casos de manifestações patológicas presentes nas 11 edificações. Quanto às suas origens, supõe-se que sejam, em boa parte, relacionadas ao fenômeno de retração das argamassas.

Ainda sobre o fenômeno de fissuração, um detalhe constatado em dois dos edifícios observados, foi seu aparecimento ainda nas primeiras idades do revestimento, evidenciando a falta de atenção à elaboração do traço das argamassas e a inobservância de práticas construtivas básicas, como o emprego de juntas de dilatação que diminuam a continuidade dos planos das fachadas.

Ademais, foram observados, também, problemas como o deslocamento, desagregação, empolamento, formação de vesículas, eflorescências, criptoflorescências e o ataque causado por diversos agentes biológicos. Notou-se que boa parte desses problemas tinham relação com a falta de manutenção das edificações e com a presença de umidade nos revestimentos, por inobservância de medidas que garantissem a estanqueidade. Desta forma, ficou evidente que a umidade, junto à retração, são protagonistas na formação de anomalias em revestimentos, merecendo especial atenção.

Assim sendo, os casos estudados foram utilizados como guia para a formulação de propostas práticas que vão desde a elaboração de projetos adequados, seleção de bons materiais, dosagem técnica das argamassas, com sugestões de traço para cada situação específica, até o detalhamento de cada processo executivo do revestimento, com orientações corretas de limpeza, preparo da base, aplicação das camadas de chapisco, emboço, reboco e acabamento. Foram ainda, recomendadas práticas que garantissem a estanqueidade dos sistemas de vedação, como a impermeabilização de vigas baldrame e do embasamento de alvenarias térreas.

Conclui-se que, boa parte das patologias observadas nas edificações, podem ser evitadas com a observância de práticas simples, que são muitas vezes negligenciadas em obra. Pode-se

concluir também que a manutenção adequada das edificações é tão necessária quanto um processo construtivo cuidadoso, sendo fundamental para manter a usabilidade e prolongar a vida útil dos edifícios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP. **Manual de revestimentos de argamassa.** São Paulo, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7217. **Agregados - Determinação da composição granulométrica.** 1 ed., Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13281. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos.** 1 ed., Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15575-2. **Edificações habitacionais – desempenho, parte 2: requisitos para os sistemas estruturais.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7200. **Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento.** 1 ed., Rio de Janeiro, 1998.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção.** Livros Técnicos e Científicos Editora, 5 ed., v. 1, São Paulo, 1994.

BAUER, E. *et al.* **Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades.** LEM - UNB, Brasília, 2005.

BAUER, E.; SALOMÃO, B. C. F.; SILVA, M. N. B. **Investigação da mitigação das eflorescências em argamassas com a utilização de sistemas bloqueadores de umidade.** 10º Simpósio brasileiro de tecnologia das argamassas, Fortaleza, 2013.

BUENO, C. F. **Tecnologia dos materiais de construção.** Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, Rurais e Ambiente, 2000.

CAPORRINO, C. F. **Patologias em Alvenarias.** Oficina de Textos, 2 ed., São Paulo, 2018.

CINCOTTO, M. A. C.; CARNEIRO, A. M. P. **Estudo da influência da distribuição granulométrica nas propriedades de argamassas dosadas por curvas granulométricas.**

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 3º Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Vitória, Brasil, 1999.

FERREIRA, B. B. D. **Tipificação de patologias em revestimentos argamassados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

GUTERRES, P. R. C. **Argamassas de reabilitação: Estudo da sua utilização e do seu comportamento para o tratamento e recuperação de construções afetadas por eflorescências**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2016.

HADDAD, et al. **Influence of particle shape and size distribution on coating mortar properties**. *Journal of materials research and technology*, v.9, n.4, p.9299-9314, 2020

LNEC. **Curso de especialização sobre revestimentos de paredes**. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, m. 1, Lisboa, 1990.

MAUROUX, T. *et al.* **Study of cracking due to drying in coating mortars by digital image correlation**. *Cement and concrete research*, v.42, n.7 p.1014-1023, 2012.

PAES, I. L.; BAUER, E.; CARASEK, H. **Influência da estrutura de poros de argamassas mistas e de blocos de concreto e cerâmico no desempenho dos revestimentos**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 6º Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Florianópolis, Brasil, 2005.

PAES, I. L.; BAUER, E.; CARASEK, H. **Revestimento em argamassa: influência do substrato no transporte e fixação de água, nos momentos iniciais pós-aplicação**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 5º Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, São Paulo, Brasil, 2003.

SANTOS W. J. *et al.* **Proposta de método de dosagem para argamassas de revestimento com areia artificial de britagem**. *Revista Ambiente Construído*, v.18, n.1 Porto Alegre, 2018.

SCHIMELFENIG, B.; PADILHA, F.; BORDIN, J. D.; SILVA, C. V. **Análise da influência de telas utilizadas como reforço em revestimento de argamassa de fachada frente a esforços de tração**. *Revista matéria*, v.23, n.3, 2018.

SCHMIDT, M. V.; GLEIZE, P. J. P.; GOMEZ, L. A. **Metodologia para avaliação da ocorrência de fissuração em argamassas.** Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 5º Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, São Paulo, Brasil, 2003.

SHIRAKAWA, M. A.; MONTEIRO, M. B. B.; SELMO, S. M S.; CINCOTTO, M. A. **Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente.** 1º Simpósio brasileiro de tecnologia em argamassas, Goiânia, Brasil, 1995.

SHIRAKAWA, M. A.; CINCOTTO, M. M. A.; GAMBALE, W. **Influência do crescimento de fungos na carbonatação de argamassas.** Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 9º Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Belo Horizonte, Brasil, 2011.

SILVA, A. F. **Manifestações patológicas em fachadas com revestimentos argamassados. Estudo de caso em edifícios em Florianópolis.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

TOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** Oficina de Textos, 2. ed., São Paulo, 2020.

TOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** Editora Pini, São Paulo, 1989.

ZANELATTO, K. C. **Avaliação da influência da técnica de execução no comportamento dos revestimentos de argamassa aplicados com projeção mecânica contínua.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.