

Pathological manifestations on facades - case study in Area 3 of PUC Goiás

Ala, M. E.¹; Vilela, S. C. C.²

Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Oliveira Júnior, L. A.³

Professor Dr., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

alalmeida.matheus@gmail.com; sauullocampos@gmail.com; alvarojunior@pucgoias.edu.br

RESUMO: O trabalho aqui desenvolvido apresenta os resultados da inspeção predial realizada na fachada sudoeste do bloco C da área 3 da PUC Goiás, tendo como objetivo identificar a origem, causas e consequências das manifestações patológicas incidentes na referida fachada. A inspeção foi realizada com auxílio de drone e termografia para realização do levantamento fotográfico a partir do qual as anomalias foram identificadas. A partir das análises dos resultados, constatou-se a existência de fissuras higrotérmicas, ataque por agentes biológicos (bolor) e outras manifestações como destacamento do cobrimento de concreto e descoloração da fachada, que foi classificada como anomalia funcional em detrimento das demais, que são anomalias endógenas.

Palavras-chaves: Manifestações patológicas, Anomalias, Fachada, Inspeção predial.

ABSTRACT: The work developed here presents the results of the building inspection carried out on the southwest facade of block C of area 3 of PUC Goiás, aiming to identify the origin, causes and consequences of the pathological manifestations incident on that facade. The inspection was carried out with the aid of a drone and thermography to carry out the photographic survey from which the anomalies were identified. From the analysis of the results, it was found the existence of hygrothermal cracks, attack by biological agents (mold) and other manifestations such as detachment of the concrete cover and discoloration of the facade, which was classified as a functional anomaly while the others are endogenous anomalies.

Keywords: Pathological manifestations, Anomalies, Facade, Building inspection.

Área de Concentração: 01 – Construção Civil

1 INTRODUÇÃO

A Resistência dos Materiais, a Teoria Clássica de Análise e Estabilidade das Estruturas não foram e não são suficientes para explicar os fenômenos associados às várias anomalias, disfunções e deterioração das estruturas. Tais anomalias devem ser estudadas com maior ênfase já que os empreendimentos se deterioram com o tempo, sobretudo se não passarem por manutenção adequada na periodicidade recomendada. Em outras palavras, os conhecimentos das disciplinas mencionadas acima devem ser aliados aos conhecimentos de outras disciplinas, como Materiais de Construção e Construção Civil para identificar essas anomalias e determinar os fenômenos que as desencadeiam e seus mecanismos de funcionamento.

Patologia é o termo comumente usado na Engenharia Civil para designar o estudo das causas, das origens e da natureza dos problemas que surgem em uma

construção. O termo também é bastante associado aos sintomas das anomalias, embora não seja o mais apropriado. Após o aparecimento de uma manifestação patológica, dependendo de sua gravidade, pode ocorrer o comprometimento severo não só da durabilidade da estrutura e de sua vida útil, mas também da segurança e da usabilidade. A manifestação patológica pode ser percebida como baixa ou mesmo falha no desempenho da estrutura quanto à sua estabilidade, estética e durabilidade (AZEVEDO, 2011).

Concebe-se que essas manifestações patológicas, entre outras causas, podem estar relacionadas a falhas dos profissionais envolvidos que podem ser encontradas em todas as etapas da construção, desde a troca de especificações de materiais durante o período de execução, falhas na concretagem, erros de cálculos, até fenômenos naturais, como a dilatação e/ou contração térmicas, o encolhimento ou o envelhecimento natural

das estruturas e mesmo serem decorrentes da ação humana, intencional ou não (BRITO, 2017).

A sociedade brasileira tem encontrado inúmeras ocorrências de manifestações patológicas, dos edifícios residenciais às pontes e viadutos, talvez porque a prática da manutenção esteja tendo sua importância cada vez mais reconhecida. Muitas vezes essas manifestações são situações de grande severidade, como o do desabamento parcial do Edifício Palace II, na Barra da Tijuca, Rio de Janeiro, ocorrido em fevereiro de 1998 e, mais recentemente, o desabamento da piscina do Edifício Parador em Itaparica, Vila Velha, no dia 22 de abril de 2021. No primeiro caso, um infeliz episódio em que vários erros de projeto e execução de estruturas de suporte podem ter sido a causa do colapso parcial do edifício, matando oito pessoas. No segundo, ainda não foram identificadas as causas do desabamento.

Neste sentido, as edificações que não passam por manutenção corretiva e/ou preventiva com a periodicidade recomendada, por estarem sujeitas às diversas ações que diminuem sua durabilidade, tem sua vida útil reduzida consideravelmente. Assim, é preciso verificar as manifestações patológicas existentes na edificação, para que as soluções possam advir das análises.

Um local no qual é comum a elevada incidência de manifestações patológicas nas edificações, sobretudo os de múltiplos pavimentos, são as fachadas. Trata-se de parte do sistema de vedação vertical que fica diretamente exposta às intempéries (incidência solar, chuva, vento e variações de umidade relativa do ar); ao CO₂ e outros gases potencialmente agressivos ao concreto presentes no ar, sendo maior nas grandes cidades e nas regiões com grande fluxo de veículos, entre outras condições que favorecem o surgimento de manifestações patológicas.

O objetivo geral deste trabalho é inspecionar a fachada sudoeste da Área III da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) buscando identificar e classificar as manifestações patológicas ocorridas, seguindo os procedimentos e premissas da NBR 16.747 (ABNT, 2020), bem como identificar, a origem, as causas possíveis/prováveis e as respectivas consequências.

Em relação ao presente trabalho, a fachada a ser estudada é parte constituinte do complexo denominado Área III, estruturada em concreto armado, tendo já instalados processos de degradação dos materiais e sistemas da edificação em função do tempo e do uso. Deste fato, deve-se enfatizar a importância de conhecer o meio ambiente e a história associada a esta construção, bem como seu valor cultural para o município e para a própria PUC Goiás.

2 CONCEITOS DA MANUTENÇÃO PREDIAL

Manutenção, segundo a NBR 5.462 (ABNT, 1994), é o conjunto de atividades desenvolvidas para certificar a qualidade nos serviços e projetos, garantindo que a intervenção técnica seja realizada no momento certo e de acordo com as boas práticas e requisitos legais, a fim de evitar, principalmente nas estruturas, perda de função ou redução de eficiência e, caso ocorra alguma destas, assegurar que sejam recolocadas às boas condições de funcionamento no mais curto prazo possível, tudo a um custo global otimizado.

Desta forma, entende-se que a manutenção busca a conservação física e funcional do edifício ao longo de sua vida útil e, assegurando também o desempenho no caso de edificações com finalidade habitacional. Manter também pode ser entendido como o ato de conservar e/ou melhorar o desempenho original de edificações ao longo do tempo.

A manutenção é classificada em preventiva, corretiva e preditiva. A manutenção preventiva é um tipo de manutenção programável que visa prevenir falhas, perda ou redução de função. A prevenção é sempre o principal objetivo de um determinado projeto. Ela pode ser ainda classificada de acordo com a natureza das condições de origem (VILLANUEVA, 2015):

Manutenção, segundo a NBR 5.462 (ABNT, 1994), é o conjunto de atividades desenvolvidas para certificar a qualidade nos serviços e projetos, garantindo que a intervenção técnica seja realizada no momento certo e de acordo com as boas práticas e requisitos legais, a fim de evitar, principalmente nas estruturas, perda de função ou redução de eficiência e, caso ocorra alguma destas, assegurar que sejam recolocadas às boas condições de funcionamento no mais curto prazo possível, tudo a um custo global otimizado.

Desta forma, entende-se que a manutenção busca a conservação física e funcional do edifício ao longo de sua vida útil e, assegurando também o desempenho no caso de edificações com finalidade habitacional. Manter também pode ser entendido como o ato de conservar e/ou melhorar o desempenho original de edificações ao longo do tempo.

A manutenção é classificada em preventiva, corretiva e preditiva. A manutenção preventiva é um tipo de manutenção programável que visa prevenir falhas, perda ou redução de função. A prevenção é sempre o principal objetivo de um determinado projeto. Ela pode ser ainda classificada de acordo com a natureza das condições de origem (VILLANUEVA, 2015):

- manutenção sistemática, também designada manutenção pré-determinada, quando a oportunidade para a intervenção é determinada às cegas, com base na frequência pré-definida: calendário ou unidades em execução;

- manutenção baseada em condições - Quando a oportunidade de realizar o trabalho é baseada em sintomas detectados ao longo de uma inspeção ou parâmetros de execução, antes da perda ou redução significativa da função.

A manutenção corretiva é uma ação de manutenção não programada após uma falha ou perda inesperada de função que pode ter ocorrido como resultado de (VILLANUEVA, 2015):

- Falha intrínseca - perda de função devido a uma causa intrínseca ao item de manutenção.
- Falha extrínseca, uma perda de função devido a uma causa externa ao item de manutenção.

A manutenção preventiva tem a possibilidade de ser agendada e, portanto, avaliada economicamente. Destina-se, como o próprio nome indica, à prevenção, com o objetivo de um controle preliminar das deficiências e problemas que possam surgir nas obras devido ao seu uso natural. As operações típicas deste tipo de manutenção são as inspeções e revisões periódicas na estrutura predial (OLIVEIRA, 2013).

A manutenção preditiva, por sua vez, visa melhorar o desempenho de equipamentos e sistemas no seu contexto, a eficiência energética e/ou manutenção, entre muitas outras. Geralmente há muito espaço para melhorias em qualquer projeto de estrutura ou instalações, desde que haja uma atitude positiva básica em relação a esta abordagem (FERREIRA, 2010).

Além de seu escopo estritamente técnico, a manutenção cobre hoje um leque de atividades relacionadas ao cumprimento de requisitos legais, certificação, segurança, proteção e sustentabilidade social - entendida como a capacidade da organização de expor e estar em posição de demonstrar, a qualquer momento, que executa suas atividades usando práticas que são seguras, preservam o meio ambiente e são socialmente aceitáveis (VILLANUEVA, 2015).

Essas considerações e o perfil tecnológico dos equipamentos modernos explicam por que a função de manutenção se tornou uma atividade de primeira linha que exige perícia multidisciplinar, treinamento de técnicos e gestores envolvendo as mais diversas responsabilidades em qualquer organização. Importante atentar também para a necessidade de mudança de cultura da sociedade em relação à manutenção, para que esta se torne parte dos cuidados tomados para preservar as edificações em bom estado de conservação, uma vez que atualmente, a manutenção é tida como medida desnecessária, de alto custo e que só é necessária quando a edificação e/ou seus sistemas se encontram com excessiva redução de desempenho.

3.1 Durabilidade

O conceito de durabilidade das estruturas foi recentemente introduzido em regulamentações nacionais e internacionais, sendo exemplos a NBR 15.575 (partes 1 a 6) (ABNT, 2013) e a NBR 6118 (ABNT, 2014). No contexto da primeira, a NBR 15.575 (ABNT, 2013), talvez a norma brasileira mais importante atualmente que trata do assunto, é necessário que as estruturas sejam projetadas de forma a preservar suas características durante a vida útil, evitando rompimentos prematuros e reduzindo a necessidade de restauração. A referida norma apresenta a manutenção como ação essencial para que as edificações se mantenham em bom estado de conservação e alcancem a vida útil de projeto.

A *International Organization for Standardization* (ISO 13823/2008), ou Organização Internacional para Padronização, em português, rege os princípios gerais sobre o projeto de estruturas para durabilidade. Esta norma internacional aborda falhas relacionadas a materiais e verificação de durabilidade de estruturas, e é concebida como um documento complementar aos princípios gerais da ISO 2394/2015 sobre confiabilidade para estruturas, que usa estados limites para verificar a resistência de uma estrutura à gravidade, vento e terremotos, entre outras solicitações. Ela padroniza a avaliação e o projeto de estruturas para a durabilidade pela incorporação dos princípios da ciência da construção na prática da engenharia estrutural (VILLANUEVA, 2015).

3.2 Vida útil

A durabilidade das construções constitui um dos aspectos-chave com os quais devem ser preocupar os engenheiros nas próximas décadas. Após um forte aquecimento do setor da construção, com o crescente número de edifícios nos centros urbanos e, conseqüentemente o envelhecimento natural que os acomete, surgem graves problemas como o custos de manutenção e a sustentabilidade dessas edificações, para que sejam atingidos os indicadores mínimos de serviço que permitam uma utilização segura e adequada delas e, no caso das habitações projetadas e construídas após 2013, ano em que foi publicada a norma de desempenho, os diversos requisitos de desempenho estabelecidos nas diversas partes que compõem a referida norma de tal forma a contemplar todos os aspectos do desempenho.

Para poder falar sobre os fatores que afetam a durabilidade, é necessário primeiro definir o conceito de durabilidade de acordo com os regulamentos e a literatura técnica, bem como o conceito de vida útil e desempenho. Outros conceitos que surgiram no estudo também são definidos, como vulnerabilidade e manutenibilidade.

A norma ABNT NBR 15.575:2013 oferece uma definição para vida útil bem detalhada.

Vida Útil (VU) é período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, com atendimento dos níveis de desempenho previstos nesta Norma, considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção (a vida útil não pode ser confundida com prazo de garantia legal ou contratual). Nota: Interferem na vida útil, além da vida útil projetada, das características dos materiais e da qualidade da construção como um todo, o correto uso e operação da edificação e de suas partes, a constância e efetividade das operações de limpeza e manutenção, alterações climáticas e níveis de poluição no local da obra, mudanças no entorno da obra ao longo do tempo (trânsito de veículos, obras de infraestrutura, expansão urbana), etc. O valor real de tempo de vida útil será uma composição do valor teórico de Vida Útil Projetada devidamente influenciado pelas ações da manutenção, da utilização, da natureza e da sua vizinhança. O tempo de VU pode ou não ser confirmado em função da eficiência e registro das manutenções, de alterações no entorno da obra, fatores climáticos, etc. (ABNT NBR 15.575-1, 2013, pág. 10).

A partir desta definição, é possível compreender que a vida útil é a quantificação da durabilidade sendo, portanto, cada vez mais importante que a edificação seja projetada e construída levando-se em consideração critérios de durabilidade para, desta forma, prolongar a vida útil.

A ABNT NBR 15.575-1:2013 impõe para as estruturas de concreto armado uma vida útil de projeto mínima de 50 anos, “desde que os seus usuários atendam às exigências do manual de utilização, inspeção e manutenção (anexo C, Tabela C.5, ABNT, 2013, p. 54)”. No entanto, a referida norma se aplica somente às edificações residenciais, não estando as edificações públicas e corporativas obrigadas a cumprirem esta exigência. Por sua vez, a NBR 6118 (ABNT, 2014) se omite de definir a vida útil mínima de projeto das estruturas de concreto armado.

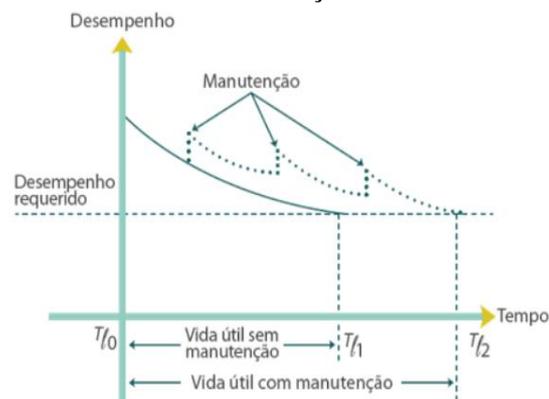
Há que se observar também, a vigência dos instrumentos normativos, uma vez que as edificações devem ser construídas atendendo as normas técnicas vigentes, que podem ser revisadas e, desta forma, perderem o alinhamento com o(s) projeto(s). Assim, edificações construídas antes da vigência da referida norma não estão obrigadas a atendê-la.

Por outro lado, para Pagliari, Costella e Pilz (2018) o comprometimento da durabilidade e da vida útil de uma edificação pode ocorrer se seus materiais e/ou

componentes tiverem sua própria durabilidade comprometida, comportando-se de forma insatisfatória enquanto partes do sistema, sem as devidas manutenções, ou quando a manutenção e/ou substituição desses materiais ou componentes deteriorados deixar de ser realizada em razão da inviabilização financeira da manutenção aos responsáveis por sua realização.

Desta forma, a existência e cumprimento de um plano de manutenção preventiva, com prazos bem definidos para a manutenção de cada parte do sistema é essencial para assegurar que a estrutura preservará suas condições de uso, mantendo sua durabilidade e vida útil, pelo menos em níveis mínimos. Assim, de acordo com Silva *et al* (2019), o plano de manutenção preventiva predial interfere diretamente na estimativa da vida útil da edificação e no seu projeto, conforme mostra a Figura 1, cuja ideia foi adaptada por esse autor da NBR 15575-1 (ABNT 2013), na qual fica evidente que a manutenção prolonga a vida útil da edificação, mantendo-a em condições de demonstrar o desempenho mínimo requerido de seus sistemas.

Figura 1 - Recuperação de desempenho por ações de manutenção.



Fonte: Silva *et al* (2019, p. 174).

Silva *et al* (2019) destaca que o desempenho das construções deve exigir do construtor ao proprietário um respaldo quanto ao bom funcionamento da construção durante uma vida útil mínima.

4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

O termo “patologia”, que é o principal foco da pesquisa, é derivado do grego (*pathos* – doença, e *logia* – ciência, estudo) e significa estudo da doença. Em uma analogia com o corpo humano, a edificação corresponde a um organismo no qual os diferentes materiais empregados em sua produção são os componentes (tijolos, concreto, aço, etc), os quais se associam para formar órgãos e tecidos, os elementos da edificação (vigas, lajes, tubulações, etc.), que por sua vez se unem em função do papel que desempenham na edificação formando os sistemas (sistema estrutural,

fundação, instalação elétrica, etc.). Desta forma, quando componentes, elementos e sistemas da edificação sofrem danos, o estudo dos mecanismos, sintomas, causas e origens desses danos são objetos de estudo da área da Engenharia Civil que muitos chamam de “Patologia das Construções”.

Os danos ocorridos em obras podem ser detectados na fase de construção, podendo ainda surgir anos depois que a obra foi concluída e já está em uso. Esses danos podem surgir na fase de planejamento, projeto, fabricação e construção, por isso é importante verificar em qual etapa surgiram para que responsabilidades civis sejam devidamente identificadas. Entretanto, a literatura técnica aponta que nas etapas de planejamento e projeto, o que ocorrem são falhas, não manifestações patológicas, uma vez que estas dependem de componentes, elementos e/ou sistemas já construídos e/ou em uso para que as anomalias ocorram.

Destacam-se aqui algumas manifestações patológicas recorrentes na construção civil. Entre elas estão as infiltrações, as manchas, o bolor ou mofo e a eflorescência, o concreto segregado, o concreto desagregado, as fissuras e trincas, a corrosão da armadura e a carbonatação do concreto, entre outras. Estas manifestações patológicas podem surgir nas edificações de diversas formas a depender do mecanismo que desencadeou cada uma delas. A seguir são apresentados, em linhas gerais, breve descrição das principais, uma vez que não é foco deste trabalho discorrer com profundidade sobre as diversas manifestações patológicas possíveis de ocorrer, bem como seus mecanismos de degradação associados.

4.1 Bolor e eflorescência

O termo bolor é comumente usado para descrever uma substância de aparência aveludada composta de fungos que cresce na superfície de materiais orgânicos.

Bolores ou mofo crescem em qualquer substrato que contenha os nutrientes necessários, incluindo papel, adesivos, couro, têxteis e todos os suportes orgânicos, inclusive as argamassas inorgânicas (JONOV; NASCIMENTO, SILVA, 2013, p. 79).

Os mesmos autores complementam que uma das manifestações patológicas mais frequentes que ocorrem nas fachadas é a eflorescência. Estas manchas esbranquiçadas de aspecto irregular que aparecem em superfícies que sofreram umidade podem se manifestar nos mais variados locais, da estrutura de concreto aos sistemas de piso e vedação vertical interna e externa. A eflorescência é causada pela água que percola a estrutura carregando os sais de cálcio livres na matriz de concreto no processo conhecido como lixiviação. Quando a superfície seca e a água evapora, alguns sais solúveis que se encontram na água cristalizam e surgem eflorescências. As principais causas desse problema nas

fachadas são as chuvas e a umidade e em outras partes secas da edificação, os vazamentos e infiltrações, portanto, para prevenir e tratar manchas de eflorescências, será fundamental proteger as superfícies contra esses fatores.

4.2 Concreto segregado e concreto desagregado

A segregação do concreto é a separação de seus componentes da mistura de concreto ainda no estado fresco, fazendo com que esta apresente uma distribuição não uniforme de suas partículas. Se um concreto apresenta boa resistência à segregação, isso significa que os agregados estão uniformemente distribuídos na mistura, tanto vertical quanto horizontalmente. Os problemas da segregação do concreto surgem devido à má vibração ou lançamento inadequado do concreto, resultando em estruturas com defeitos como poros e cavidades (TRINDADE, 2015).

A mistura adequada dos agregados e demais componentes da massa e a homogeneidade do concreto fresco são alcançadas na betoneira, mas esta mistura pode se deslocar durante o transporte, lançamento e adensamento, fazendo com que os elementos constituintes do concreto se separem uns dos outros e assentem-se de acordo com seu tamanho e densidade, podendo ocorrer também no lançamento a grandes alturas.

A desagregação do concreto, por sua vez, acontece quando o cimento é retirado, aos poucos, pela ação externa da água ficando, conseqüentemente, os agregados livres da união que lhes proporciona a pasta. Segundo Lottermann (2013) a desagregação do concreto se dá quando a água, em alta velocidade, transporta partículas suspensas. O efeito abrasivo da água em colisão contínua contra a superfície do concreto, primeiro desgasta a pasta de cimento, passando depois para o agregado fino, removendo-o da pasta, atacando posteriormente o agregado graúdo causando a formação de cavidades na superfície do concreto.

O maior ou menor efeito desse tipo de abrasão depende da resistência à compressão do concreto, do tipo de agregado utilizado, bem como de suas dimensões, da velocidade da água e da quantidade e natureza das partículas que carrega; bem como dos métodos de acabamento e cura, além da existência de um bom revestimento (VIEIRA; MOLIN, 2011).

A composição do concreto também interfere na desagregação e na segregação. Concretos de consistência excessivamente plástica, obtida sem uso de aditivos superplastificantes, fluidificantes ou modificadores de viscosidade, tendem a apresentar tendência de segregação. Por outro lado, concretos que empregam esses aditivos apresentam reologia mais

favorável, adquirindo consistência fluida a ponto de possibilitar o espalhamento no interior da forma com menor dificuldade, podendo chegar a dispensar a necessidade de vibração sem que ocorra a segregação, como no caso dos concretos autoadensáveis.

4.3 Fissuras

Fissuras são manifestações patológicas de causas variáveis que se caracterizam pela formação de descontinuidades cujas superfícies se afastam reciprocamente uma da outra, favorecendo a ocorrência de outros mecanismos de degradação que comprometerão a durabilidade das estruturas por poderem agravar mecanismos de deterioração já instalados e, eventualmente, a segurança e o desempenho estruturais.

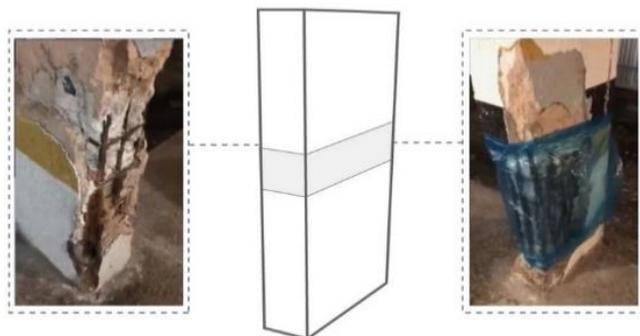
Essas patologias podem ocorrer em qualquer lugar, mas são especialmente notadas em paredes, vigas, pilares e lajes e geralmente são causados por tensões não previstas em projetos. De acordo com Oliveira (2012):

Fissuras são manifestações patológicas das edificações observadas em alvenarias, vigas, pilares, lajes, pisos entre outros elementos, geralmente causadas por tensões dos materiais. Se os materiais forem solicitados com um esforço maior que sua resistência, acontece a falha provocando uma abertura (OLIVEIRA, 2012, pág. 10).

4.2 Corrosão das armaduras

A corrosão de armaduras de aço em concreto armado é um caso particular de corrosão metálica em geral, sendo, portanto, um processo físico-químico que se instala nas armaduras metálicas, sendo de especial interesse devido às repercussões que tem, principalmente nas estruturas protendidas (corrosão sob tensão), às circunstâncias em que ocorre e aos fatores envolvidos. A deterioração devido à corrosão das armaduras em construções civis e obras públicas têm como consequência a avaria de elementos estruturais e mesmo em obras inteiras (pontes, fundações, edifícios), (SOARES; VASCONCELOS; NASCIMENTO, 2015). As armaduras perdem seção resistente e, dependendo da severidade da corrosão, podem não ser suficientes para resistir aos esforços atuante, podendo colapsar. Um exemplo disso é o problema que ocorreu no Edifício Andrea (ver Figura 2), que após a realização de vistoria cujo laudo apontou a existência de 135 falhas estruturais, desabou em outubro de 2019 em Fortaleza, matando 9 pessoas e deixando outras 7 feridas.

Figura 2 - Edifício Andrea com pilares danificados que desabou em Fortaleza.



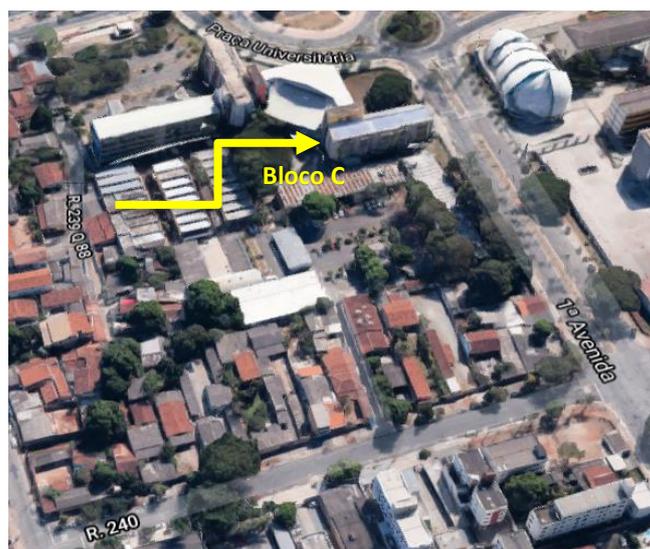
Fonte: Lorrán (METRÓPOLES, 2019).

5 METODOLOGIA

A metodologia utilizada ocorreu em dois momentos sendo que no primeiro foi feita uma revisão da literatura de obras e publicações buscando atender, na medida do possível, um recorte temporal de 10 anos. Em seguida foi feita uma inspeção no local do objeto de estudo, a fachada sudoeste da Área III da PUC Goiás.

A Área 3 da PUC Goiás está situada na esquina da Avenida Universitária com a Primeira Avenida, no setor Universitário. Nela, o local de inspeção foi definido como sendo a do bloco C (fachada sudoeste), conforme Figura 3. A inspeção foi realizada com drone da marca TELLO, dotado de câmera frontal com resolução HD 1280X720 30p, altura máxima de voo de 6 m, controlado remotamente por telefone celular.

Figura 3 – Localização do objeto de inspeção.



Fonte: Google maps (<https://www.google.com.br/maps/@-16.6799927,-49.2451027,127a,35y,5.4h,45t/data=!3m1!1e3>)

O drone decolou do telhado do trecho coberto que dá acesso pelo hall de entrada ao bloco B, ao estacionamento de professores e ao Auditório Mariza Roriz. Para a obtenção das imagens, a fachada foi dividida em 5 módulos (A até E, ver Figura 5) e, em frente a cada módulo, o drone realizava a subida e descida, aproximadamente verticais, fotografando o módulo do 3º pavimento para o 1º). As imagens obtidas com o drone foram utilizadas para a identificação das anomalias presentes nos elementos que compõem a fachada inspecionada, e que estejam visíveis nas fotografias.

O drone, durante o voo, realizava movimentos ascendentes e descendentes nos quais fazia a aquisição das imagens de cima para baixo e de baixo para cima, respectivamente, com a câmera inclinada em direção a fachada. O drone também deve manter uma distância segura do alvo da inspeção em função do fato de que o vento pode deslocá-lo facilmente em direção ao alvo podendo provocar uma colisão. Essas informações são relevantes para a análise das imagens, já que o ângulo de inclinação da câmera do drone e seu afastamento podem interferir na percepção das anomalias registradas.

Figura 4 – Drone utilizado na inspeção da fachada.



Fonte: Acervo próprio

Além das imagens obtidas com drone, também foi utilizada a técnica de termografia. As imagens foram obtidas com câmera térmica FLIR One Pro, com capacidade para leitura de temperaturas de -20 °C até 400 °C. Nas imagens da termografia, as cores mais escuras representam regiões de menor temperatura comparativamente às regiões de cores mais claras. Essa técnica é, desta forma, bastante útil para caracterizar a presença de umidade em superfícies de diversos materiais, justamente pelo fato de nas regiões úmidas a temperatura ser menor que nas regiões secas.

A análise das imagens obtidas por termografia buscou identificar as diferenças de temperatura na superfície da fachada que sugerissem a presença de umidade.

A análise realizada no presente trabalho teve como objetivo identificar as anomalias, classificá-las, identificar suas causas prováveis e/ou possíveis e

avaliar as consequências. Para tanto as imagens foram analisadas e as anomalias identificadas foram marcadas e numeradas. Em seguida cada anomalia identificada por seu número foi classificada segundo sua origem e a classificação de anomalia da NBR 16747 (ABNT, 2020), bem como foi associada às causas prováveis ou possíveis e respectivas consequências.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fachada estudada foi dividida nos módulos A, B, C, D e E conforme Figura 4 para facilitar o registro fotográfico e as análises.

Foi observado que há fissuras de origem higrotérmica (associadas às chuvas e ao calor) presentes em todos os módulos, principalmente na região do último pavimento. No que se refere a elas, é necessário realizar a inspeção visual no local para identificar a continuidade da fissura para verificar se ela ocorre somente nas superfícies desprotegidas ou não, ou seja, se acontece também na parte interna próximo as janelas da fachada. No entanto, para a segurança dos autores e manutenção da integridade do equipamento, não foi possível verificar com maior exatidão a parte interna das paredes dos módulos, pela limitação de aproximação do drone, mas através das imagens ficou evidente a presença de fissuras de aberturas significativas.

Para Antunes (2010), as manifestações patológicas têm vários motivos, entre eles destacam-se: falha dos materiais, das especificações, da execução, além das deformações térmicas, estruturais e higroscópicas. Além dessas manifestações observam-se pelas fotos que as manchas de umidade, eflorescência e fissuras estão principalmente na parte que recebe ação direta de agentes externos na parte superior de todos os módulos.

Figura 5 – Modularização da fachada sudoeste do bloco C da área 3 da PUC Goiás.



Fonte: Acervo próprio.

Além das fissuras, também foi notada a ocorrência de descoloração da pintura, sobretudo no último pavimento, o que ocorreu em função das condições de

exposição deste, que aparentemente diferiram das condições dos demais pavimentos.

Também foram notadas fissuras inclinadas na região do módulo A, que requerem mais dados para se definir a causa, uma vez que apenas as imagens obtidas com auxílio do drone não permitem esta definição.

É importante citar que com o aparecimento de fissuras, outras manifestações patológicas podem surgir ou se agravar, uma vez que através dessas fissuras os agentes externos (CO₂ e outros gases e água por exemplo) podem facilmente adentrar e causar danos. No caso do CO₂, poderá ocorrer a carbonatação do concreto, que reduz sua resistência e favorece a corrosão por despassivação da armadura. No caso da água muitos são os danos como: eflorescências, manchas de umidade, bolor e corrosão de armaduras, entre outros.

No apanhado geral, as imagens sugerem que as partes mais sensíveis são as superiores, ou seja, a parte da

fachada ao nível do último pavimento de todos os módulos conforme divisão descrita anteriormente. Observa-se ainda anomalias de diferentes proporções, entre elas bolor em todos os módulos, proveniente da umidade. No módulo “C” observa-se destacamento do cobrimento de concreto importante na parte superior direita da fachada. Para Magalhães (2002), pode estar diretamente ligado à umidade, cristalização de sais, reboco fraco, areia com elevado teor de finos, presença de microrganismos ou ainda ações químicas naturais que estão relacionados com a poluição contida na atmosfera.

O Quadro 1 apresenta as manifestações patológicas observadas na fachada e suas respectivas origens, classificações, causas e consequências. No Quadro 1, as anomalias estão indicadas nas imagens com números, os quais são utilizados como legendas para facilitar a associação entre a anomalia, a origem, a classificação, as causas possíveis e/ou prováveis e as consequências.

Quadro 1 – Manifestações patológicas da fachada inspecionada.

Módulo	Foto	Análise	
A		Origem:	1, 2, 3, 4, 5: Etapa de uso (operação e manutenção);
		Classificação:	1, 2, 3 – Endógena; 4, 5 – Funcional;
		Causas:	1, 2, 3, 4, 5: Variação de umidade (agentes atmosféricos); 1: ataque por agentes biológicos; 2, 3: deformação higrotérmicas e estruturais; 5: ataque por agentes químicos; 5: falhas dos materiais, especificação;
	1: Bolor; 2: Fissura higrotérmicas; 3: Fissuras verticais na laje; 4: Vesículas na pintura; 5: Descoloração da pintura;	Consequências:	1: estética ruim, degradação da pintura, danos à saúde dos usuários; 2, 3: estética ruim, infiltração, lixiviação, corrosão das armaduras, destacamento do cobrimento, carbonatação do concreto, falha na segurança estrutural; 4, 5: estética ruim;
B		Origem:	1, 2: Etapa de uso (operação e manutenção);
		Classificação:	1, 2 – Endógena;
		Causas:	1, 2: Variação de umidade (agentes atmosféricos) 1: ataque por agentes biológicos 2: deformação higrotérmicas e estruturais.
	1: Bolor; 2: Fissuras higrotérmicas;	Consequências	1: estética ruim, degradação da pintura, danos à saúde dos usuários; 2: estética ruim, infiltração, lixiviação, corrosão das armaduras, destacamento do cobrimento, carbonatação do concreto, falha na segurança estrutural;

Quadro 1 – Manifestações patológicas da fachada inspecionada (continuação).

C		Origem:	1, 2, 3, 4, 5: Etapa de uso (operação e manutenção);
		Classificação:	1, 2, 3, 4: Endógena; 5: Funcional;
		Causas:	1, 2, 3, 4, 5: Variação de umidade (agentes atmosféricos); 1: ataque por agentes biológicos; 2, 3: deformação higrotérmicas e estruturais; 5: ataque por agentes químicos; 5: falhas dos materiais, especificação;
	<p>1: Bolor; 2: Fissura higrotérmicas; 3: Fissuras verticais na laje; 4: Destacamento do cobrimento de concreto da parede do módulo; 5: Descoloração da pintura;</p>	Consequências	1: estética ruim, degradação da pintura, danos à saúde dos usuários; 2, 3: estética ruim, infiltração, lixiviação, corrosão das armaduras, destacamento do cobrimento, carbonatação do concreto, falha na segurança estrutural; 4, 5: estética ruim;
D		Origem:	1, 2, 3: Etapa de uso (operação e manutenção);
		Classificação:	1, 2: Endógena; 3: Funcional;
		Causas:	1, 2: Variação de umidade (agentes atmosféricos) 1: ataque por agentes biológicos 2: deformação higrotérmicas e estruturais. 3: falha dos materiais, especificação.
	<p>1: Bolor; 2: Fissuras higrotérmicas; 3: Descoloração da pintura;</p>	Consequências:	1: estética ruim, degradação da pintura, danos à saúde dos usuários; 2: estética ruim, infiltração, lixiviação, corrosão das armaduras, carbonatação do concreto, falha na segurança estrutural; 3: estética ruim;
E		Origem:	1, 2, 3: Etapa de uso (operação e manutenção);
		Classificação:	1, 2: Endógena; 3: Funcional;
		Causas:	1, 2: Variação de umidade (agentes atmosféricos) 1: ataque por agentes biológicos 2: deformação higrotérmicas e estruturais. 3: falha dos materiais, especificação.
	<p>1: Bolor; 2: Fissuras higrotérmicas; 3: Descoloração da pintura;</p>	Consequências	1: estética ruim, degradação da pintura, danos à saúde dos usuários; 2: estética ruim, infiltração, lixiviação, corrosão das armaduras, carbonatação do concreto, falha na segurança estrutural; 3: estética ruim;

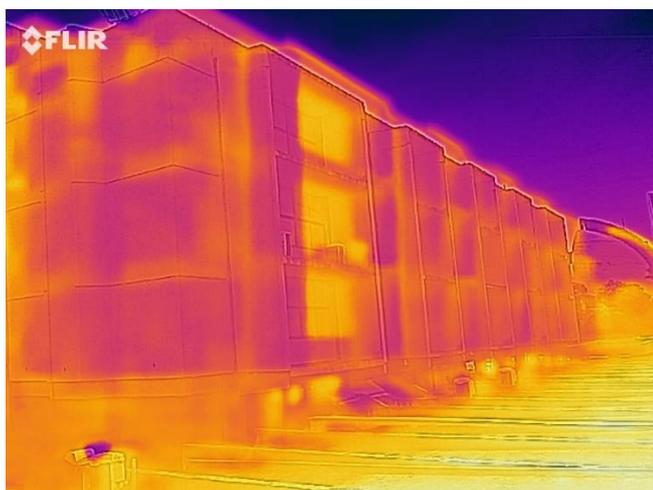
Na Figura 6, pode-se perceber que as lajes de todos os módulos estão com a coloração mais escura, o que sugere presença de umidade, a qual acarreta diversos problemas patológicos. No entanto, em função da distância da câmera ao alvo, seriam necessários testes locais (com um umidímetro, por exemplo) para confirmar a presença da umidade e medi-la. Além disso, os resultados obtidos com drone podem ser

comparados com os resultados da termografia. Nas Figuras 6 e 7, por exemplo, pode-se observar uma coloração mais escura nas paredes laterais do módulo A quando visto pela termografia, sobretudo ao nível do último pavimento, justamente na região em que o drone captou fissuras de origem higrotérmica. Apesar da distância em que a imagem termográfica foi obtida, que pode ter reduzido a precisão da técnica, a imagem

indica que as paredes laterais dos módulos estão mais frias, sugerindo presença de umidade. Evidentemente, ensaios locais são necessários para confirmar a presença de umidade e validar as imagens da termografia.

Na Figura 7, observa-se o efeito dos reflexos de calor nos vidros da fachada. Toda a região das esquadrias foi mostrada em amarelo claro, notadamente porque a temperatura nesta parte da fachada estava muito mais alta que nas partes mais escuras. Isso acontece em função de características do vidro que permitem a absorção e reflexão da luz solar, razão pela qual esses elementos estão com cores mais claras.

Figura 6 – Termografia da fachada inspecionada



Fonte: Acervo próprio.

Figura 7 – Termografia do módulo A.



Fonte: Acervo próprio

7 CONCLUSÕES

Várias são as manifestações patológicas que podem ocorrer nas fachadas, algumas em escalar maior e outras não menos importantes, porém em escala menor. No entanto percebe-se a importância da identificação das anomalias, bem como de sua classificação para identificar quais merecem maior atenção devido ao

risco de comprometimento da estrutura, ou seja, dando ênfase para a segurança da edificação, além do custo da manutenção, que se torna cada vez maior em razão da demora na providência.

Das análises, verifica-se que na fachada encontram-se sobretudo, as seguintes manifestações patológicas: bolor; destacamento do cobrimento de concreto da parede do módulo; fissuras higrotérmicas; fissuras verticais na laje; vesículas na pintura; descoloração e desbotamento da pintura. Exceto pela descoloração da pintura, que foi classificada como anomalia funcional, as demais foram classificadas em anomalias endógenas, estando as causas possíveis/prováveis e as respectivas consequências indicadas no Quadro 1, por anomalia.

Entende-se que as técnicas utilizadas apresentam limitações que exigem que ensaios e inspeções complementares sejam realizados para confirmar as observações feitas com auxílio do drone e da termografia. Se por um lado havia necessidade de manter o drone afastado da fachada em função do risco de colisão e danificação do aparelho, bem como dificuldade na aquisição das imagens em função da pequena massa do equipamento, que dificultava as condições de voo em função do vento no local, por outro a alta resolução da câmera do drone permitiu a aquisição de informações por imagens, o que só poderia ser feito mediante a descida pela fachada, atividade que demandaria equipamentos de segurança específicos, pois envolveria risco de queda. Dessa forma, as condições climáticas e arquitetônicas do objeto de inspeção devem ser levadas em consideração na definição do plano de voo para o emprego exitoso da técnica.

Por sua vez, a termografia permite detectar as regiões mais quentes das mais frias, com sensibilidade suficiente para permitir a identificação das variações térmicas no objeto termografado por meio das nuances de cor, isto é, é possível perceber as cores claras ou escuras se intensificando ou se tornando mais fracas conforme a temperatura local varia. Essas imagens auxiliam na definição das regiões da fachada que mereçam ensaios complementares, ou mesmo uma inspeção mais rigorosa para confirmar as observações do drone. Apesar disso, a precisão da técnica também depende da distância entre a lente da câmera e o alvo.

Feitas as devidas considerações sobre as limitações e potenciais das duas técnicas, é importante reconhecer a agilidade que ambas agregaram na coleta de informações à inspeção, constituindo-se técnicas importantes para o exercício da atividade profissional da inspeção predial. Certamente são técnicas que empregam tecnologia que ainda deve ser aperfeiçoada, mas que desde já demonstram grande potencial à Engenharia Diagnóstica.

Para estudos futuros esse trabalho pode ser aperfeiçoado, sugerindo-se a elaboração de propostas de recuperação das manifestações patológicas identificadas, bem como o mapeamento das anomalias das demais fachadas do edifício inspecionado.

8 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Eng^a Civil Tatiana Renata Pereira Jucá pelo empréstimo dos equipamentos necessários à inspeção e no apoio à realização da mesma, e também à PUC Goiás pela autorização da inspeção.

9 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15.575-1 – Edificações habitacionais – Desempenho – Requisitos Gerais, Rio de Janeiro, 2013, 71 p.
- _____, ABNT NBR 5.462 – Confiabilidade e Manutenibilidade – Terminologia, Rio de Janeiro, 1994, 37 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.
- AZEVEDO, M. T. Patologia das Estruturas de Concreto. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Concreto – Ciência e Tecnologia**. v. 2; São Paulo, 2011.
- BRITO, T. F. **Análise de manifestações patológicas na construção civil pelo método Gut**: estudo de caso em uma instituição pública de ensino superior. Orientador: Paulo Germano Toscano Moura. 2017. 77 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental Campus I, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.
- FERREIRA, H. C. **A manutenção predial em face a Norma NBR 5674/1999 – manutenção de edificações – procedimento**. Orientador: Prof. Dr. Gilson Morales. 2010. 40 f. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- JONOV, C. M. P.; NASCIMENTO, N. O.; SILVA, A. P. Avaliação de danos às edificações causados por inundações e obtenção dos custos de recuperação. **Ambient. constr.**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 75-94, mar. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212013000100006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 11 nov. 2020.
- LORRAN, T. Fortaleza: prédio passou por reforma oito meses antes de desabar. Disponível em: <https://www.metropoles.com/brasil/fortaleza-predio-passou-por-reforma-oito-meses-antes-de-desabar>. Acesso em: 12 nov. 2020.
- LOTTERMANN, A. F. **Patologias em estruturas de concreto**: estudo de caso. Orientador: Bóris Casanova Sokolovicz. 2013. 66 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Ijuí/RS, 2013.
- OLIVEIRA, A. M. **Fissuras e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. Orientador Professor Adriano de Paula e Silva. 2012. 96f. Monografia (Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.
- OLIVEIRA, D. F. **O Conceito de Qualidade Aliado às Patologias na Construção Civil**. Orientadora: Ana Catarina Jorge Evangelista. 2013. 96 f. Projeto (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da UFRJ, Rio de Janeiro, 2013.
- PAGLIARI, C. S.; COSTELLA, M. F.; PILZ, S. E. Especificação da vida útil dos sistemas construtivos a partir da NBR 15575, segundo a abordagem de projetos. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 9, n. 1, p. 47-56, 2018. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8648828>. Acesso em: 17 nov. 2020.
- SILVA, L. C.; SANTOS, V. C. M.; LIMA, I. B.; ALENCAR, D. B.; BEZERRA, C. M. V. O. Preventive and Corrective Predial Inspection and Maintenance: A Case Study in a Residential Building in Amazonas. *International Journal for Innovation Education and Research*. Dhaka, Bangladesh, v. 7, n. 11, p. 169-185, nov. 2019.
- SOARES, A. P. F.; VASCONCELOS, L. T.; NASCIMENTO, F. B. C. Corrosão em armaduras de concreto. **Ciências exatas e tecnológicas**. Maceió, v. 3, n.1, p. 177-188, nov. 2015.
- TRINDADE, D. S. **Patologia em estruturas de concreto armado**. Orientador: Prof. Dr. Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos. 2015. 88 f. Universidade Federal de Santa Maria Centro de Tecnologia. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, 2015.
- VIEIRA, G. L.; MOLIN, D. C. C. D. Avaliação da resistência à compressão, resistência à tração e formação de microfissuras em concretos produzidos com diferentes tipos de cimentos, quando aplicado um pré-carregamento de compressão. **Ambient. constr. (Online)**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 25-40, mar. 2011.
- VILLANUEVA, M. M. **A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação**. Orientadora: Elaine Garrido Vazquez. 2015. 144 f. Projeto (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da UFRJ, Rio de Janeiro, 2015.
- ANTUNES, G. R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília – Sistematização da Incidência de casos**. 2010. 178 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade de Brasília. Brasília, 2010