

Análise dos danos patológicos em duas escolas municipais em Canoas/RS: estudo de caso comparativo entre sistema inovador e convencional

Analysis of pathological manifestations in two municipal schools in Canoas/RS: comparative case study between innovative and conventional systems

Análisis del daño patológico en dos escuelas municipales de Canoas/RS: estudio de caso comparativo entre sistemas innovadores y convencionales

Recebido: 11/04/2022 | Revisado: 18/04/2022 | Aceito: 27/04/2022 | Publicado: 29/04/2022

Talia dos Santos Correa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2115-9462>
Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil
E-mail: taliadscorrea@hotmail.com

Fernanda Pacheco

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3455-491X>
Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil
E-mail: fernandapache@unisinos.br

Hinoel Zamis Ehrenbring

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0339-9825>
Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil
E-mail: hzamis@unisinos.br

Roberto Christ

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1367-8972>
Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil
E-mail: rchrist@unisinos.br

Camila Simonetti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8832-1348>
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
E-mail: cacaks@hotmail.com

Resumo

A utilização de sistemas inovadores visa a otimização e qualificação dos processos de execução das construções. Geralmente são pré-fabricados, permitindo economia nos custos, leveza e resistência. Assim, a procura por materiais compósitos vem ganhando espaço, mas a falta de estudos a respeito do comportamento e do desempenho podem impactar na qualidade desses sistemas, e como consequência, o surgimento de danos patológicos. Nesse cenário, esse estudo buscou identificar manifestações patológicas em duas escolas infantis no município de Canoas/RS, construídas com sistema inovador e convencional. Para tal, levou-se em consideração o histórico das edificações em estudo e foi apresentando um diagnóstico das possíveis causas através do estudo do comportamento dos sistemas, executados com painéis WS ou com alvenaria comum. Com o levantamento das manifestações patológicas encontradas, foi aplicada a ferramenta matriz gravidade, urgência e tendência (GUT) para a determinação do grau de priorização para solução da manifestação. Como resultados, percebeu-se que os danos mais frequentes na edificação são a segregação dos painéis, que se apresentou com maior ocorrência na edificação. Além disso, a degradação do revestimento e as manchas de umidade também aparecem em grande parte da edificação, totalizando esses três danos com 62,5% do total de manifestações identificadas.

Palavras-chave: Manifestações patológicas; Construção civil; Sistemas inovadores; Estruturas sanduíche.

Abstract

The use of innovative systems aims to optimize and qualify the construction execution process. They are usually prefabricated, allowing cost savings, lightness, and strength. Thus, the search for composite materials has been gaining ground, but the lack of studies on behavior and performance can impact the quality of these systems, and consequently, the emergence of pathological manifestations. In this scenario, this study intent is to identify pathological manifestations in two children's schools in the city of Canoas/RS, built with an innovative and conventional system. For this, the history of the building in study was taken into account and a diagnosis of the possible causes was presented through the study of the behavior of the systems, executed with WS panels or with common masonry. With the survey of the pathological manifestations found, the gravity, urgency and tendency matrix tool (GUT) was applied to determine the degree of prioritization for solving the manifestation. As a result, it was noticed that the most frequent damages in the building are the segregation of the panels, which presented itself with greater occurrence in the building. In addition, the

degradation of the coating and moisture stains also appear in a large part of the building, totaling these three damages with 62.5% of the total identified manifestations.

Keywords: Pathological manifestations; Construction; Innovative systems; Sandwich structures.

Resumen

El uso de sistemas innovadores tiene como objetivo la optimización y calificación de los procesos de ejecución de la construcción. Suelen ser prefabricados, lo que permite ahorro de costes, ligereza y resistencia. Así, la búsqueda de materiales compuestos ha ido ganando terreno, pero la falta de estudios sobre comportamiento y desempeño puede impactar en la calidad de estos sistemas, y como consecuencia, la aparición de daño patológico. En ese escenario, este estudio buscó identificar manifestaciones patológicas en dos escuelas infantiles de la ciudad de Canoas/RS, construidas con un sistema innovador y convencional. Para ello, se tuvo en cuenta la historia de las edificaciones objeto de estudio y se presentó un diagnóstico de las posibles causas mediante el estudio del comportamiento de los sistemas, ejecutados con paneles WS o con mampostería común. Con el levantamiento de las manifestaciones patológicas encontradas, se aplicó la herramienta matriz de gravedad, urgencia y tendencia (GUT) para determinar el grado de priorización para la solución de la manifestación. Como resultado, se percibió que los daños más frecuentes en la edificación son la segregación de los paneles, que se presentó con mayor ocurrencia en la edificación. Además, la degradación del revestimiento y las manchas de humedad también aparecen en gran parte del edificio, sumando estos tres daños con el 62,5% del total de manifestaciones identificadas.

Palabras clave: Manifestaciones patológicas; Construcción civil; Sistemas innovadores; Estructuras sándwich.

1. Introdução

Segundo dados do Censo Escolar 2012, em se tratando de creches no Estado do Rio Grande do Sul, 90,5%, ou 449 Municípios, não atingiram a meta de atender 50% da população infantil (0 a 3 anos). No tocante a Pré-Escola, metade dos Municípios não atingiram a meta prevista na Emenda Constitucional nº 59 de matricular todas as crianças com idade de 4 e 5 anos até 2016 (TCE, 2012).

A adoção de metodologias inovadoras em substituição à alvenaria convencional foi a solução encontrada pelo Governo Federal, através do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), para a otimização dos processos de execução das obras, principalmente, escolas de educação infantil, devido as dificuldades encontradas na execução de obras com tecnologias convencionais.

Atrelada a essa demanda, a entrada em vigor da norma brasileira de desempenho – NBR 15575 (ABNT, 2021), que institui níveis de desempenho mínimos para os elementos principais de uma edificação, incentivou a utilização de sistemas construtivos inovadores, que resultam no aumento da produtividade, na qualidade final do produto e na sua durabilidade, conforme exigências da norma (CBIC, 2016). Contudo, apesar de ser uma opção viável pelas inúmeras vantagens em seu uso, a utilização de inovações na construção civil também traz consigo riscos, como falhas construtivas, o envelhecimento natural da estrutura, má execução ou uso de materiais inadequados (Trierweiler et al., 2020).

Para que um projeto se torne viável, principalmente a nível nacional, é necessário um estudo detalhado das grandes diversidades existentes no país, como aspectos ambientais e climáticos que quando não analisados, favorecem o aparecimento de manifestações patológicas que podem ter sua origem nas diversas fases de concepção da obra, desde o projeto até a execução e o uso. Segundo a NBR 15575 (ABNT, 2021) o atendimento dos requisitos de durabilidade de um sistema estrutural é comprovado através da análise do projeto considerando a adequação dos materiais de modo que assim se mantenha a capacidade funcional durante toda a vida útil de projeto.

O sistema construtivo modular de painéis denominado *Wall System* (WS), um dos estudos de caso dessa pesquisa, é uma das metodologias inovadoras utilizadas pelo FNDE para a construção de escolas infantis em diversos estados, e caracterizava-se, de acordo com o memorial descritivo, como sendo perfis pultrudados na sua estrutura e vedações constituídas de painéis sanduíche, composto por um núcleo de poliestireno expandido e gesso acartonado, sendo ambas as faces acabadas com compósito polimérico reforçado com fibras de vidro.

Neste sentido, essa pesquisa tem como objetivo analisar a metodologia inovadora frente a tecnologia convencional

construtiva, em questão à incidência de danos patológicos em escola infantil. Foram avaliadas duas escolas infantis, já construídas e em funcionamento, no município de Canoas/RS, através da realização de inspeções e utilizando a metodologia de aplicação da matriz GUT para determinação do grau de priorização de intervenção dos danos patológicos.

2. Patologia das Construções

Chama-se de patologia das construções o estudo dos danos nas edificações, envolvendo a análise de sua ocorrência, sintomas, diagnóstico e prognóstico. Os próximos tópicos apresentam essa temática focando em manifestações patológicas em painéis sanduíche e alvenaria de vedação, bem como instruindo o procedimento de inspeção predial e classificação das anomalias e falhas.

2.1 Origem das falhas

O surgimento de uma manifestação patológica pode estar ligado a diversos fatores e fontes, sendo originado por alguma falha ocorrida nas etapas do ciclo de vida da edificação. Dentre as etapas, podemos citar o planejamento, projeto executivo, fabricação fora do canteiro e execução e uso (Bolina et al., 2019).

Para o correto diagnóstico de uma manifestação patológica, deve-se realizar, inicialmente uma inspeção visual para a realização de uma coleta de dados, identificando os sintomas observados. As etapas de interpretar e analisar problemas patológicos são a inspeção preliminar, inspeção detalhada, diagnóstico, prognóstico e a terapia (Tutikian & Pacheco, 2013).

A análise e o estudo de um processo patológico devem permitir ao investigador um diagnóstico exato desde a origem, mecanismo e danos subsequentes, de forma a concluir quais as técnicas de recomendações mais eficazes. Este estudo é caracterizado como inspeção ou avaliação da estrutura, que tem como algumas etapas, elaboração de uma ficha de antecedentes, da estrutura e do ambiente, baseado em documentações já existentes e visitas *in loco*, exame visual geral da estrutura e levantamento dos danos. Na ficha de antecedentes é necessário constar informações sobre a estrutura, como a idade ou tempo de serviço, caracterização dos materiais usados na construção, idade de início dos problemas, diagnósticos e reparações anteriores, dentre outros parâmetros.

O exame visual busca determinar se o problema se encontra de forma generalizada ou localizada. Devem-se registrar os sinais aparentes de corrosão (manchas, extensão, grau de degradação,...), fissuras (localização, direção, dimensão, abertura,...) não esquecendo a elaboração de um registro fotográfico. Assim, é necessário conhecer as formas de manifestações, conhecido como sintomas, que ocasionam a percepção por parte dos usuários, os mecanismos, que são os processos de surgimento, as causas, que busca os agentes desencadeadores da manifestação e, por fim, em qual etapa da vida da estrutura que houve o surgimento do problema (Tutikian & Pacheco, 2013).

Em se tratando de painéis sanduíche, Almeida (2009) cita a importância de observar a penetração de água e de umidade na estrutura do painel através de pontos como juntas, remates e as ligações à estrutura de suporte, pois isso ocasiona na redução do isolamento térmico, e provavelmente o surgimento de algum tipo de manifestação patológica.

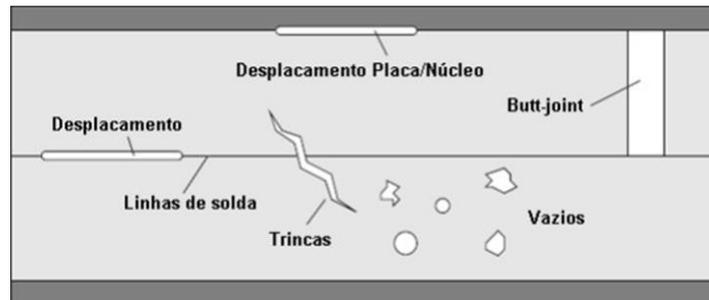
Outro fator a ser observado, que pode contribuir para o surgimento da manifestação são as atividades de manutenção predial. Segundo Lira (2019), a manutenção é imprescindível no sentido de evitar e/ou reparar as ocorrências, conservando a capacidade funcional da edificação e assim estendendo a sua vida útil. Em complemento, tem-se a norma brasileira NBR 5674 (ABNT, 2012) que indica os requisitos para o sistema de gestão de manutenção das edificações.

2.2 Manifestações patológicas em painéis sanduíche

Os painéis sanduíche podem apresentar alguns defeitos ligados ao processo de fabricação, como deslocamento, também podendo apresentar imperfeições no núcleo, como defeitos e vazios. Estes defeitos no interior do núcleo atuam como

pontos concentradores de tensões, fazendo com que trincas, vazios e/ou falhas sejam propagadas até as faces externas. Os defeitos também podem surgir durante a vida útil do painel, devido à fadiga, fluência, impactos sofridos, esforços mecânicos e variações de temperatura e umidade (Almeida, 2009). Os principais problemas encontrados em painéis sanduíche são resumidos na Figura 1.

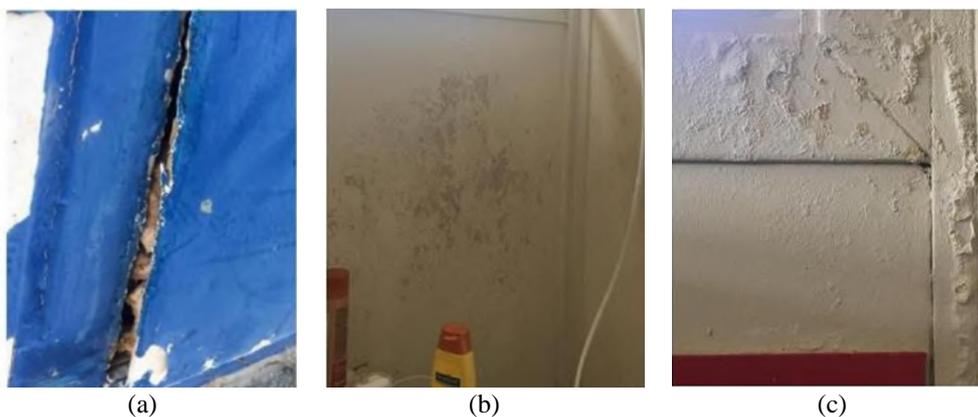
Figura 1: Principais problemas encontrados em painéis sanduíche.



Fonte: Silva (2015).

Segundo Lira (2019), dentre as manifestações patológicas encontradas no sistema inovador painéis WS, pode-se citar manchas e desagregação do revestimento, desgaste do revestimento e segregação das camadas dos painéis. Para a autora, as manchas e desagregação do revestimento em áreas molhadas, que apresentaram o maior índice de identificação, podem ter como causa provável o revestimento inadequado para essas áreas específicas. Para a segregação dos painéis, a autora cita como causa provável a falha na fixação dos painéis, deixando espaço para que a água da chuva penetrasse nessa interface de fixação. A umidade interna do painel ocasiona a separação das camadas, mais especificamente entre a placa de gesso e a placa de poliéster. Danos de segregação, manchas e desagregação são ilustrados na Figura 2.

Figura 2: Segregação (a), manchas (b) e desagregação (c) do revestimento dos painéis WS.



Fonte: Lira (2019).

Segundo Almeida (2009), diversas ações podem causar a degradação dos painéis sanduíche, referindo-se aos carregamentos prolongados (peso próprio, neve), os carregamentos cíclicos (vento, tráfego em caso de pisos), as variações de temperatura, a umidade, as radiações solares ou até mesmo certos impactos. Como consequência dessas ações têm-se aumentos de deformação, perda da capacidade resistente e degradação das propriedades dos materiais.

2.3 Manifestações patológicas em alvenaria de vedação

Para Rodrigues et al. (2020), o crescente surgimento das manifestações em alvenaria se dá, principalmente, pela

comunicação precária ou até mesmo a falta de comunicação entre engenheiros, projetistas e os fabricantes de materiais. Dentre os principais defeitos encontrados na alvenaria de acordo com sua origem e/ou formas de manifestação têm-se: a ação da umidade, a fissuração, o envelhecimento dos materiais e o desajustamento em face de determinadas exigências funcionais como exigências de segurança, conforto ou economia (Silva, 2002).

As causas dessas manifestações são classificadas por Silva (2002), entre causas humanas, ações naturais, desastres naturais e desastres de causas humanas. As causas humanas podem estar ligadas na fase de concepção, execução ou utilização da edificação. Os agentes dessa causa podem estar relacionados a inadequação do ambiente, má qualidade do material, degradação dos materiais e/ou a ausência ou insuficiência de manutenções.

Em relação às ações naturais, podem ser divididas em ações físicas (variações de temperatura, temperaturas extremas,...), ações químicas (oxidação, carbonatação, radiação solar,...) e ações biológicas (fungos, bolores,...). Quanto aos desastres naturais, são exemplos sismos, deslizamentos de terra e cheias. Quanto aos desastres de causas humanas, pode-se citar fogo, explosão, choque e inundações.

Pode-se destacar a fissura como sendo a principal manifestação que incide sobre as construções, tornando-se importantes devido a três aspectos: o aviso de um eventual estado perigoso, o comprometimento do desempenho da obra e o constrangimento psicológico que a fissuração exerce sobre o usuário da edificação (Thomaz, 2020). A interferência da fissura no desempenho da edificação pode comprometer a estanqueidade, o conforto visual, acústico, tátil e a durabilidade da edificação, além de se tornarem um caminho para a passagem de água da chuva, provendo a deterioração precoce do edifício (Lordsleem Jr & Franco, 1998).

Os revestimentos possuem como principal finalidade a proteção às superfícies de pisos e paredes da ação de agentes de degradação, sendo alguns deles relacionados à ação da água, do vento, da radiação solar ou também associados à variação de temperatura e partículas diversas presentes no ar. A regularização dos elementos de vedação ou dos fechamentos em geral (paredes, pisos e tetos) também é uma função dos revestimentos, contribuindo assim, com a proteção acústica e térmica segurança ao fogo e resistência ao desgaste superficial (Gomide et al., 2015).

A alvenaria de vedação é geralmente recoberta por revestimento argamassado. Para os revestimentos argamassados, as manifestações patológicas mais comuns são as fissuras, vesículas, empolamentos e descolamentos em placas, tendo como agente mais prejudicial ao revestimento a ação da água, principalmente no uso em fachadas (Goebel, 2018).

Dentre as principais manifestações patológicas encontradas em revestimentos no geral, tem-se: fissuras ou trincas, umidade (infiltrações, vazamentos), manchas (fungos, bolor), eflorescência, deslocamentos e descolamentos (Gomide et al., 2015).

2.4 Inspeção predial

A definição de inspeção predial reproduzida por Gomide et al. (2015) é apresentada como avaliação das condições técnicas de uso e de manutenção da edificação, visando orientar a manutenção e a qualidade predial total.

O objetivo da inspeção predial é detectar falhas de manutenção e operação nas edificações que se encontram em plena utilização, além da análise de anomalias construtivas provenientes da própria construção e anomalias funcionais provenientes do uso da edificação (Gomide et al., 2006).

De acordo com a norma de Inspeção Predial do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE, 2012), as anomalias e as falhas são classificadas de acordo com sua origem e risco. O Quadro 1 apresenta de forma esquemática essa classificação.

Quadro 1: Classificação das anomalias e das falhas.

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

Fonte: IBAPE (2012) e Lira (2009).

As anomalias podem ser classificadas quanto ao grau de risco, sendo que Gomide et al. (2015) descrevem como sendo:

- Crítico: Impacto irrecuperável, relativo ao risco contra a saúde, segurança do usuário e do meio ambiente, bem como a perda excessiva de desempenho, recomendando intervenção imediata;
- Regular: Impacto parcialmente recuperável relativo ao risco quanto à perda parcial de funcionalidade e desempenho, recomendando programação e intervenção a curto prazo;
- Mínimo: Impacto recuperável relativo a pequenos prejuízos, sem incidência ou a probabilidade de ocorrência dos riscos acima expostos recomendando programação e intervenção a médio prazo.

Existem maneiras diferentes de catalogação de manifestações patológicas, dentre as quais se destacam a matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência). De acordo com Sotille (2014), a matriz GUT é uma ferramenta de qualidade que define prioridade nas mais diversas ações para resolução do problema. De acordo com essa matriz, os danos patológicos recebem pontuações referentes a esses itens, como esclarece Gomide et al. (2009):

- Gravidade: Representa o impacto do problema caso ele venha a acontecer. Vão desde pequenos incômodos ou desconfortos e deterioração do meio ambiente, até ferimento em pessoas e perdas de vidas humanas;
- Urgência: Classifica a evolução dos danos patológicos, vão desde a não evolução, evolução em longo e médio prazo até evolução em curto prazo e imediata;
- Tendência: Classifica o tempo para ocorrência, representando o tempo disponível ou necessário para resolver um determinado problema. Vão desde evento imprevisto ou prognosticado para breve, até eventos prestes a ocorrer e em ocorrência.

A Classificação da Matriz GUT, de acordo com grau e notas, é indicada no Quadro 2.

Quadro 2: Classificação da Matriz GUT.

Grau	Nota	Gravidade	Urgência	Tendência
MÁXIMO	10	Risco à vida dos usuários, colapsoda edificação, dano ambiental grave	Evolução imediata	Em ocorrência
ALTO	8	Risco de ferimentos aos usuários, avaria não recuperável na edificação, contaminação localizada	Evolução no curto prazo	A ocorrer
MÉDIO	6	Insalubridade aos usuários, deterioração elevada da edificação, desperdício dos Recursos naturais	Evolução no médio prazo	Prognóstico para breve
BAIXO	3	Incômodo aos usuários, degradação da edificação, uso não racional dos recursos naturais	Evolução no longo prazo	Prognóstico para adiante
MÍNIMO	1	Depreciação imobiliária	Não evoluirá	Imprevisto

Fonte: Gomide et al. (2009).

3. Metodologia

A metodologia dessa pesquisa conta com estudo de caso, sendo o fenômeno a ser estudado os danos patológicos em duas escolas de educação infantil, fenômeno relevante para a sociedade uma vez que aborda a qualidade das construções públicas em um importante nicho de atuação que é o ensino (Pereira et al., 2018). O estudo de caso foi planejado em etapas, iniciando pela escolha dos empreendimentos e caracterização das escolas. Após, por meio de observação e levantamento do fenômeno, foi realizada a coleta de dados utilizando a Norma de Inspeção Predial Brasileira (IBAPE, 2012). Essa etapa proporcionou a obtenção de evidências necessárias para se chegar em um resultado confiável, procurando indicar as possíveis causas do problema e seu grau de risco para as edificações.

Uma vez que os dados foram coletados, a técnica de análise empregada foi a matriz GUT. Segundo Yin (2015), este é um estudo quali-quantitativo nos quais os resultados qualitativos são complementados por análises numéricas. O autor menciona que um tipo de estudo não exclui o outro, e sim, complementa de modo a fornecer um melhor entendimento do fenômeno em estudo.

3.1 Caracterização dos empreendimentos

Os empreendimentos adotados para o estudo de caso são duas edificações públicas que abrigam escolas de educação infantil, ambas localizadas na cidade de Canoas/RS. A cidade de Canoas está situada na região metropolitana de Porto Alegre, com uma população de 323.827 (IBGE, 2010). As escolas escolhidas para este estudo foram construídas com base no projeto padrão do FNDE, classificada como Tipo B.

As escolas infantis apresentam o mesmo projeto básico e possuem aproximadamente o mesmo tempo de uso. A Escola 1 é construída com sistema inovador em painéis sanduíche WS. Já a Escola 2, escolhida para o comparativo, possui o sistema construtivo convencional. Ou seja, estrutura de concreto para toda a edificação, inclusive para o pátio coberto, paredes em alvenaria de blocos cerâmicos comuns e laje pré-moldada em todos os blocos. A Figura 3 apresenta a fachada das duas escolas.

No âmbito da educação, o Município possui em torno de quarenta escolas infantis, tendo uma das maiores redes de ensino do Estado. A escolha dos empreendimentos, além da relevância do estudo deste sistema, se deu a partir da facilidade de acesso à obra, bem como a permissão para acesso ao sistema de monitoramento da obra e os documentos necessários para apoio, como Memorial Descritivo e Manual de Uso e Operação.

Figura 3: Fachada da Escola 1 (a) e da Escola 2.



Fonte: site da Prefeitura Municipal de Canoas (recuperado de <https://www.canoas.rs.gov.br/servicos/endereco-das-escolas-do-ensino-fundamental>).

3.2 Características das inspeções

Na Escola 1, a visita foi acompanhada pela fiscal da obra que estava fiscalizando alguns serviços que estavam sendo executados para a conclusão total do empreendimento. A obra foi iniciada em 2013, com um prazo para conclusão de 150 dias, sofreu com problemas de paralisação por motivos contratuais relacionados a falência da empresa que estava executando a escola, sendo inaugurada apenas em junho de 2016, sem a sua definitiva conclusão. Foi possível a entrada em quase todos os ambientes da escola, exceto em algumas salas que estavam fechadas, totalizando uma área de análise de 869,57 m², 66% do total da edificação.

A visita na Escola 2, com sistema de alvenaria convencional, foi acompanhada pela diretora da escola. A escola foi inaugurada em janeiro de 2015 e segue a mesma tipologia de projeto da Escola 1, também padrão do FNDE. Para seguir o padrão da Escola 1, foi verificado a mesma área de ambientes, totalizando a área de 869,57 m².

3.3 Levantamento e análise de danos patológicos

O levantamento foi realizado através de visitas ao local dos empreendimentos e entrevistas com os profissionais da área pública, responsáveis pelas escolas. Além disso, foi aplicada a matriz GUT, método que permite identificar os problemas organizando em ordem de prioridade a serem resolvidos.

Na Escola 1, a pesquisa foi embasada na análise visual e registros fotográficos, autorizado pelo responsável da instituição, limitando-se apenas a análise dos painéis de vedação e sua estrutura de perfis pultrudados. Em ambas as escolas, não foram analisados o sistema de cobertura, sistema de piso e instalações elétricas e hidráulicas das edificações.

Para a análise, primeiramente foi elaborado o Quadro 3 com as principais manifestações patológicas encontradas em cada escola, seu respectivo registro fotográfico, acrescentando as principais causas para o surgimento do dano, a classificação e as recomendações para reparação. Após essa análise, cada manifestação foi caracterizada dentro dos parâmetros da Matriz GUT, quanto a sua prioridade. O preenchimento do Quadro 3 utilizou como referência a classificação adotada pela Norma de Inspeção Predial Brasileira (IBAPE, 2012), conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 3: Principais manifestações patológicas encontradas em cada escola.

Manifestação	Local de verificação	Possível causa	Classificação
Descrição do sintoma observado.	Onde se concentrava a manifestação, nas paredes internas ou externas, no topo, meio ou base do painel ou da parede.	Foram especificadas quais as possíveis causas para cada anomalia identificada.	Podem ser derivadas de fatores endógenos, exógenos, naturais e funcionais. As falhas originadas da falta de manutenção foram divididas em falhas de planejamento, falhas de execução, falhas operacionais e falhas gerenciais.

Fonte: Autores (2022).

4. Resultados

4.1 Principais danos patológicos encontrados na Escola 1

Após a compilação dos registros da vistoria, foi possível identificar 8 tipologias de manifestações patológicas encontradas, elencadas na Tabela 1.

Tabela 1: Percentual de ocorrência de manifestações patológicas na Escola 1.

Manifestação Patológica	Escola 1	
	Nº de ocorrências	%
Segregação das camadas dos painéis	17	23,61
Degradação do revestimento externo dos painéis	13	18,06
Degradação da moldura de esquadria em perfis pultrudados	5	6,94
Degradação do revestimento em áreas molhadas	5	6,94
Manchas de umidade nos painéis externos de cobertura	15	20,83
Manchas de umidade no topo dos painéis internos	5	6,94
Manchas de umidade na base dos painéis internos	6	8,33
Corrosão de perfis metálicos	6	8,33
	72	100%

Fonte: Autores (2022).

Através da Tabela 1, é possível verificar que a segregação das camadas dos painéis, as manchas de umidade dos painéis externos de cobertura e a degradação do revestimento externo dos painéis, são as manifestações com maior ocorrência na edificação, totalizando 45 das 72 ocorrências identificadas. Em complemento, a Tabela 2 resume a análise das manifestações patológicas na Escola 1, enquanto a Figura 4 ilustra as manifestações patológicas na referida unidade.

Tabela 2: Análise das manifestações patológicas na Escola 1.

Manifestação	Local de verificação	Possíveis causas	Classificação	Figura
Descolamento dos painéis, entre placa de gesso e placa de compósito	Paredes externas (em todo perímetro do painel) e parede interna (base do painel)	Falha na fixação dos painéis nos perfis	Anomalia endógena – execução	4(a)
Desagregação da pintura externa dos painéis	Paredes externas diretamente expostas à chuva	Não execução do plano de manutenção	Falha de execução	4(b)
Degradação e manchas de umidade nas molduras das esquadrias	Paredes internas (áreas molhadas) e paredes externas	Falha na instalação da esquadria	Anomalia endógena – execução	4(c)
Desagregação do revestimento nas áreas de cozinha e lavanderia	Áreas molhadas (cozinha e lavanderia)	Falta de manutenção	Falha de execução	4(d)
Manchas de infiltração nos painéis de cobertura	Beirais e painéis de cobertura no entorno do pátio coberto	Falha no dimensionamento do projeto de cobertura/ execução dos elementos construtivos	Anomalia endógena	4(e)
Infiltração entre painéis de cobertura e painéis de parede	Painéis internos	Falha no dimensionamento do projeto de cobertura/ execução dos elementos construtivos	Anomalia endógena	4(f)
Manchas de umidade e degradação do revestimento	Base dos painéis internos de áreas molhadas	Falha na execução da impermeabilização entre perfil e fundação	Anomalia endógena	4(g)
Corrosão dos perfis metálicos usados na cobertura	Forro dos ambientes internos	Ação química/eletroquímica do meio	Anomalia natural	4(g)

Fonte: Autores (2022).

Figura 4: Imagens das manifestações patológicas na Escola 1.



Fonte: Autores (2022).

O descolamento dos painéis sanduíche foi verificado em sua maioria, nas áreas de fachada da escola. Nas áreas internas da escola, foi verificada a separação das camadas do painel apenas uma vez, na sala de repouso. Já nas áreas de fachada, observou-se o descolamento na grande maioria dos painéis, partindo sempre das bordas. A colagem dos painéis é realizada em prensas à vácuo, ligados por um adesivo a base de poliuretano. Esta manifestação pode ser classificada como anomalia endógena pela possível falha de execução no momento de fixação dos painéis no perfil, possibilitando a entrada de água entre perfil e painel.

A degradação do revestimento externo dos painéis também foi verificada na grande maioria das áreas de fachada, principalmente nos painéis que estão expostos diretamente às intempéries. O Memorial Descritivo e o Manual de Uso e Operação

do sistema, analisado pelos autores, indica que as paredes externas possuem acabamento em *Gel Coat* e a parte decorativa nas cores azul, vermelho e amarelo possuem acabamento em pintura esmalte poliuretânica alifática automotiva brilhante, com alta resistência ao intemperismo. Porém, o Memorial Descritivo oriundo do fornecedor cita que os painéis *Wall System* podem dispensar o processo de pintura quando utilizamos o *Gel Coat*, que é o caso desta edificação na parte externa. No entanto, no momento da primeira manutenção anual, os painéis deverão ser pintados na parte externa e repintados na parte interna. Este serviço deve ser realizado por profissional capacitado.

Nessa manutenção anual, as paredes deveriam ser pintadas com tinta acrílica ou sintética de construção civil em cima do *Gel Coat*; e nas partes decorativas com esmalte poliuretânico, o que segundo a fiscal da obra, infelizmente não ocorreu. A durabilidade do acabamento das paredes externas, com a devida manutenção preventiva, seria de 5 anos.

Segundo Martins e Martins (2011), a não preparação de um material compósito frente à exposição à radiação ultravioleta (UV), sendo por uma tinta protetora ou um material de revestimento, resulta na degradação superficial, que, em longo prazo, poderá atingir as fibras de reforço, deixando-as amostra. Esse pode ser um ponto limitante para aplicação do sistema construtivo em edificações do poder público, que podem sofrer com a escassez de recursos para a manutenção preventiva.

As esquadrias são fixadas em contramarco de perfil pultrudado, com 6 mm de espessura e abas de 7,5 cm do lado externo, coladas no painel. Identificou-se cinco ocorrências de áreas danificadas ao redor das esquadrias, observadas na parte interna e externa dos sanitários, e nas esquadrias internas da sala multiuso. Observou-se que as esquadrias dos sanitários estão totalmente expostas, sem um elemento de cobertura, com beiral, para amenizar o contato da esquadria com a água da chuva, possibilitando a entrada também para o lado interno da esquadria.

Nessa situação, a causa pode estar ligada com a falha de instalação da esquadria, principalmente do contramarco, prejudicando o desempenho dela quanto à estanqueidade. Segundo Luduvico (2016), é a manifestação patológica com maior incidência em esquadrias, atribuídas principalmente pela falha na execução. A autora esclarece que, para a vedação no perímetro das esquadrias de qualquer material, os vãos devem ser preenchidos por selantes do tipo polissulfetos, poliuretanos ou silicones. Em instalações com contramarco, o material vedante deve ser aplicado em todo o perímetro de sua aba.

A ocorrência de degradação do revestimento em áreas molhadas foi identificada cinco vezes. Na cozinha, o dano se encontra próximo à torneira, e na lavanderia, próximo ao tanque de lavar. Ou seja, existe a ocorrência de respingos nos painéis dessas áreas molhadas, devido justamente às atividades com o uso de água. Como nos painéis externos, que deveriam receber uma pintura em sua primeira manutenção, os painéis internos das áreas molhadas também deveriam ser repintados nas áreas com acabamento em *Gel Coat*, o que também não ocorreu. No entanto, nos locais de aplicação do *Gel Coat*, as áreas se encontravam com um nível alto de degradação, o que torna questionável quanto ao desempenho deste produto.

Para Lira (2019), que observou os danos patológicos em sistema de painéis WS em Alagoas/MA, este foi o dano com maior incidência. A autora justifica que, por mais que o *Gel Coat* seja a melhor solução para o revestimento de fibra de vidro, não é possível identificar, *in loco*, a ação deste produto frente à ação de umidade, devendo ser investigado pelos fabricantes o motivo pelo qual o *Gel Coat* não está promovendo seus benefícios. Na Figura 4(d) é possível verificar áreas degradadas com a aplicação de *Gel Coat*.

Na parte externa, a cobertura é composta por beirais com largura de 1,20 m, os quais se encontram, em sua maioria, com manchas de infiltração. Observaram-se goteiras presentes nos beirais, podendo estar relacionado com o fato que a cobertura não está totalmente estanque à água da chuva, já que também foi evidenciado o aparecimento de goteiras na cozinha.

O vazamento de água no telhado pode ocorrer devido a elementos insuficientes de cobertura como rufos, além da inclinação insuficiente ou calhas subdimensionadas. Infiltrações em coberturas ocasionadas por defeitos nas telhas, como telhas quebradas ou deslocadas pelo vento, podem ser facilmente resolvidos através de rotinas de inspeção para detecção e posterior manutenção corretiva. A integridade do sistema de cobertura interfere no desempenho de outros elementos da edificação, por

isso faz-se necessário um estudo mais aprofundado a respeito do desempenho do sistema de cobertura e a causa das infiltrações.

Como pode ser observado nas Figuras 4(e), 4(f) e 4(g), as manchas de umidade se concentram nos painéis de cobertura, no topo dos painéis internos, entre os painéis de forro e de parede e na base dos painéis internos de parede. Manchas de umidade em painéis de forro na parte externa foram observadas na grande maioria da edificação, sendo a segunda manifestação de maior ocorrência, localizadas tanto nos beirais quanto nos painéis que se localizam no pátio coberto. Na cozinha, notou-se também o aparecimento de goteiras por conta da penetração de água, ainda mais evidenciada por conta do tempo chuvoso no dia da visita. A infiltração de água acarretou neste caso a degradação do revestimento dos painéis, tanto no forro quanto na parede, na parte superior e inferior.

De acordo com o Manual de Uso e Operação do fornecedor, as manchas de umidade em paredes e pisos podem indicar problemas de canalização. Porém, observando os projetos hidráulicos nas áreas onde foi observada a infiltração, não há passagem de tubulações.

As manchas na base do painel foram observadas nos sanitários do bloco administrativo, tendo como possível causa a umidade ascendente proveniente do solo por falha da vedação entre o perfil da base e a fundação, neste caso, o radier. Como consequência, é possível observar a degradação do revestimento.

A exposição à umidade pode incluir efeitos da exposição direta do painel a chuva e devido à umidade atmosférica da região. Segundo Sousa (2011), a propagação da umidade em polímeros resulta em mudanças mecânicas, termofísicas e químicas no material. O autor cita que, em muitos casos, a umidade propaga-se por capilaridade para a região de interface fibra-matriz, causando efeitos nocivos nas ligações entre fibras e a matriz, resultado, muitas vezes, na perda da sua integridade.

Os painéis de forro foram encaixados e colados nas vigas em perfis pultrudados, e onde há a necessidade de dividir a modulação dos painéis foi utilizado perfis metálicos em formato de “H”. A Figura 4(h) ilustra a corrosão dos perfis metálicos, encontrados na cozinha, lavanderia, sala multiuso e repouso.

A corrosão pode ser definida como sendo a destruição ou deterioração de um material devido a sua reação com o meio. Essa deterioração pode ocorrer devido à ação química ou eletroquímica do meio ambiente. A falta de um sistema protetor nos perfis pode favorecer o aparecimento da manifestação.

4.2 Principais danos patológicos encontrados na Escola 2

Após a compilação dos registros da vistoria, foi possível identificar oito tipologias de manifestações patológicas encontradas, elencadas na Tabela 3.

Tabela 3: Percentual de ocorrência de manifestações patológicas na Escola 2.

Manifestação Patológica	Escola 1	
	Nº de ocorrências	%
Deslocamento do revestimento cerâmico	10	32,26
Degradação do revestimento do teto	8	11,11
Fissuras a 45° em aberturas	3	4,17
Desgaste ou perda do rejunte entre placas cerâmicas	3	4,17
Fissuras verticais na parede	2	2,78
Fissuras nas paredes de fachada	5	6,94
	31	100%

Fonte: Autores (2022).

Na Escola 2, as maiores ocorrências de manifestação patológica foram o deslocamento do revestimento cerâmico, a degradação do revestimento do teto e as fissuras nas paredes de fachada, totalizando 23 das 31 ocorrências identificadas. Em complemento, a Tabela 4 resume a análise das manifestações patológicas na Escola 2, enquanto a Figura 5 ilustra as

manifestações patológicas na referida unidade.

Tabela 4: Análise das manifestações patológicas na Escola 2.

Manifestação	Local de verificação	Possíveis causas	Classificação	Figura
Descolamento de placas cerâmicas nas áreas de fachada da edificação	Paredes de fachada	Erro na execução das juntas/assentamento da placa	Anomalia endógena - execução	5(a)
Empolamento da pintura	Teto dos ambientes externos	Utilização de revestimentos inadequados para áreas externas	Falha de planejamento	5(b)
Desgaste e perda do rejunte entre placas cerâmicas	Cerâmica das áreas molhadas	Falhas no assentamento da cerâmica	Anomalia endógena - execução	5(c)
Fissuras a 45° em esquadrias	Esquadrias externas	Ausência de vergas e contra vergas	Anomalia endógena – execução	5(d)
Fissuras verticais	Paredes internas e externas	Retração do concreto	Anomalia endógena – projeto	5(e)
Fissuras mapeadas	Paredes de fachada	Retração da argamassa	Anomalia endógena – execução	5(f)

Fonte: Autores (2022).

Figura 5: Imagens das manifestações patológicas na Escola 2.



Fonte: Autores (2022).

A base das paredes externas, com altura de 50 cm, é revestida com cerâmica 10x10 cm, assentadas com argamassa industrial indicada para áreas externas. Segundo Seabra et al. (2020), as razões que causam o deslocamento estão ligadas a diversos motivos, tais como, o preparo inadequado da base, limpeza mal executada e o preparo inadequado da argamassa colante, além da forma indevida para assentamento das placas cerâmicas.

O deslocamento do revestimento cerâmico foi observado na edificação dez vezes, sendo oito vezes encontradas nas paredes externas, o que evidencia que as possíveis causas do deslocamento pode ter sido do erro na execução das juntas, no assentamento, ao não realizar a dupla colagem ou não respeitar o tempo em aberto da argamassa, prejudicando a aderência da

placa na parede. Sabe-se que as áreas externas possuem um índice de dilatação das peças, e retração das juntas maior que nas áreas internas, por isso foi utilizada da argamassa industrial como rejunte. O Memorial Descritivo da edificação frisa que deve ser obedecida a orientação do fabricante quanto à espessura das juntas, que quando executadas incorretamente, não absorvem as movimentações de atividades que a fachada está sujeita.

Para o acabamento do teto das paredes externas, foi usada tinta à base de látex na cor branca, indicada para áreas internas por não oferecer grande impermeabilidade e não possuir bom acabamento em ambientes úmidos. É possível analisar na Figura 5(b) que as paredes estão pintadas na cor azul. Podem ter sido pintadas com o intuito de reparar o dano, sem a devida correção da superfície, resultando assim na formação de empolamentos em forma de bolhas. De acordo com Reichert (2020), a presença de bolhas com umidade e o empolamento da pintura são provocados pela diminuição do tempo da hidratação da cal e a aplicação prematura de tinta em superfícies úmidas. A cal quando hidratada de forma atrasada no revestimento, provoca o estufamento do revestimento, formando vesículas esbranquiçadas.

O destacamento da cerâmica pode ocorrer devido a perda de aderência do rejunte entre as pastilhas cerâmicas, deixando a região vulnerável a percolação de água na interface entre a placa e a argamassa colante e sua posterior evaporação, gerando uma pressão negativa e empurrando a cerâmica para fora do revestimento (Batista, 2020). Na Figura 5(c), é possível observar que as placas cerâmicas próximas à torneira já estão quase deslocando.

A perda de estanqueidade das juntas, muitas vezes, pode iniciar logo após a execução, explicadas por procedimentos inadequados de limpeza que promovem a deterioração de parte do material constituinte, que somados aos ataques agressivos do meio ambiente, ou solicitações devido a movimentos diferenciais, desencadeiam em um estado de vulnerabilidade de sua integridade (Rodrigues, 2020).

Mais de um tipo de fissura foram encontradas na Escola 2. Dentre as causas para o surgimento de fissuras destacam-se desde problemas estruturais, problemas durante a execução do revestimento, até a escolha da composição e dos materiais da argamassa. As fissuras a 45 graus foram observadas apenas três vezes em portas e em janelas. No Memorial Descritivo da edificação estão especificadas a utilização de vergas e de contravergas de concreto, com 12 cm de espessura e embutidas na alvenaria, sendo seu comprimento 30 cm mais longa em relação as laterais da janela. Sabe-se que esses elementos têm a função de neutralizar a concentração de tensões nos cantos de portas e de janelas, sendo a causa mais provável das fissuras a 45 graus a ausência ou a má execução de vergas e contravergas nas regiões de aberturas.

A presença de fissura vertical pode ocorrer devido à movimentação de elementos construtivos por retração de produtos à base de cimento, ou da união de diferentes materiais, como alvenaria e concreto. Além disso, as variações dimensionais que o material pode sofrer por conta da absorção de umidade também causam fissuras, denominadas fissuras verticais por expansão. Essa umidade provém dos próprios componentes construtivos, da execução da obra em si, da água da chuva, umidade do ar e umidade do solo (Lacerda, 2019).

As fissuras mapeadas normalmente são causadas pela retração da argamassa no revestimento devido à cura inadequada. As fissuras mapeadas também foram citadas no estudo de Salustio (2020), que indica como causa da retração do revestimento a excessiva evaporação de água de amassamento da argamassa, por tratar-se de uma área com exposição direta ao sol. Denomina-se esse processo como higrotermia, que se caracteriza pela perda de água e razão do calor do meio externo.

4.3 Análise comparativa

Após o detalhamento de todas as manifestações patológicas encontradas nas Escolas 1 e 2, foi possível agrupar as manifestações encontradas na Tabela 5, obtendo assim um panorama geral, comparando manifestações comuns aos dois empreendimentos.

Tabela 5: Comparativo de ocorrência das manifestações patológicas nas Escolas 1 e 2.

Manifestação Patológica	Escola 1		Escola 2	
	Nº de ocorrências	%	Nº de ocorrências	%
Segregação das camadas	17	23,61	0	0,00
Degradação do revestimento externo	13	18,06	8	25,81
Degradação da moldura de esquadria	5	6,94	0	0,00
Degradação do revestimento em áreas molhadas	5	6,94	0	0,00
Manchas de umidade nos painéis externos de cobertura	15	20,83	0	0,00
Manchas de umidade no topo dos painéis internos	5	6,94	0	0,00
Manchas de umidade na base dos painéis internos	6	8,33	0	0,00
Corrosão de perfis metálicos	6	8,33	0	0,00
Deslocamento do revestimento cerâmico	0	0,00	10	32,26
Desgaste ou perda do rejunte entre placas cerâmicas	0	0,00	3	9,68
Fissuras a 45° em aberturas	0	0,00	3	9,68
Fissuras verticais na parede	0	0,00	2	6,45
Fissuras mapeadas nas paredes de fachada	0	0,00	5	16,13
	72	100%	31	100%

Fonte: Autores (2022).

Avaliando a Tabela 5, percebe-se que apenas uma manifestação patológica comum às duas escolas é a degradação do revestimento externo. A degradação do revestimento se refere à pintura utilizada, que para os dois casos, se classificam como vícios de manutenção, ou seja, originados na etapa de utilização. Essa manifestação possui um grande percentual de ocorrência, sendo o terceiro maior índice na Escola 1 e o segundo maior índice na Escola 2.

Em relação ao uso do sistema convencional, pode-se notar que a maior parte dos danos patológicos advém de acabamento, revestimento e fixação de peças cerâmicas, danos que não surgem no sistema construtivo inovador, sendo uma vantagem o seu acabamento. Assim, observando as manifestações patológicas da Escola 2, atribui-se a parte majoritária dos danos ao revestimento argamassado.

Em relação ao sistema inovador, nota-se uma quantidade grande de tipologias de manifestações e um grande percentual de ocorrência. Para os três maiores percentuais, o dano se estende por todo perímetro da escola, causando um grande desconforto aos usuários. Observou-se o impacto da ação da água sobre a estrutura, direta ou indiretamente. Muitas das falhas de execução tornaram a estrutura suscetível à entrada de água, o que acarretou grande degradação dos painéis além das manchas de umidade.

Para o sistema convencional, nota-se o aparecimento de fissuras no revestimento argamassado, o que pode comprometer o desempenho da edificação no que se refere à estanqueidade à água e durabilidade. Porém, a maioria das manifestações encontradas, exceto o deslocamento da cerâmica observados em muitos pontos da fachada, são manifestações pontuais e de fácil correção, um ponto positivo quanto a etapa pós-obra. Para o caso do sistema inovador, as manifestações se encontram de forma generalizada nas fachadas, considerando além do custo para a reforma, a escassez da mão de obra especializada para prestação de serviços durante o uso.

A Tabela 6 demonstra o percentual de classificação das manifestações para ambas as escolas. É possível observar que mais da metade das ocorrências de manifestações nas escolas são classificadas como anomalias endógenas, totalizando 68,9% do total de ocorrências, originadas na fase de projeto, materiais ou execução da edificação. Das manifestações analisadas nas duas escolas, as falhas na execução apresentam-se como as que mais ocasionam danos às edificações.

Tabela 6: Percentual de classificação das manifestações.

Classificação das manifestações	Percentual (%)
Anomalia endógena	68,9
Anomalia natural	5,8
Falha de execução	17,5
Falha de planejamento	7,8

Fonte: Autores (2022).

4.4 Matriz GUT

Após todo o levantamento e análise das manifestações patológicas, foi identificada a ordem de priorização de cada dano através da metodologia GUT, apresentada na Tabela 7. A pontuação foi atribuída com base nas hipóteses de evolução dos danos e as consequências para a edificação e para os seus usuários.

Tabela 7: Aplicação da matriz GUT.

Manifestação	Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	GxUxT	Ordem de priorização
Segregação das camadas dos painéis	8	8	10	640	1°
Fissuras verticais	8	8	8	512	2°
Deslocamento do revestimento cerâmico	6	6	8	288	3°
Fissuras a 45° em aberturas	6	6	8	288	3°
Degradação do revestimento externo dos painéis	6	6	6	216	4°
Manchas de umidade nos painéis externos de cobertura	6	6	6	216	4°
Degradação do revestimento do teto	3	6	10	180	5°
Manchas de umidade no topo dos painéis internos	6	6	3	108	6°
Manchas de umidade na base dos painéis internos	6	6	3	108	6°
Desgaste ou perda do rejunte entre placas cerâmicas	3	6	8	144	6°
Degradação do revestimento em áreas molhadas	3	6	6	108	7°
Degradação da moldura de esquadria em perfis pultrudados	3	3	6	54	8°
Corrosão dos perfis metálicos	3	6	3	54	8°
Fissuras mapeadas	3	3	1	9	9°

Fonte: Autores (2022).

Dentro da metodologia GUT, as manifestações mais urgentes a serem solucionadas, estando entre as três primeiras posições do ranking de prioridade, são a segregação das camadas dos painéis, as fissuras tanto verticais quanto em 45 graus e o deslocamento cerâmico.

Devido à grande exposição às intempéries, como o caso da segregação dos painéis das fachadas e a umidade nos painéis de cobertura da Escola 1, os painéis podem vir a se desintegrar por completo por conta da dilatação térmica que podem sofrer comprometendo por completo a estrutura e o seu desempenho. Além do risco de queda em usuários por conta da desintegração.

Na Escola 2, as fissuras também foram elencadas como prioridade alta pois as mesmas, segundo Helene e Silva Filho (2011) podem indicar que a estrutura está se comportando de forma inadequada. O autor cita que a fissuração pode ser associada a fenômenos de retração e térmicos, ou devido a movimentações diferenciais, decorrências em que se tem pouca repercussão da fissuração. Ainda assim, a fissura pode trazer problemas de estanqueidade e de desempenho. Para a correta indicação e possível evolução da fissura, Helene e Silva Filho (2011) indica o monitoramento através de procedimentos, por exemplo, um quadro fissuratório, com o mapeamento das fissuras, posição, extensão, aplicação de sensores como fissurômetro para um exame da abertura.

5. Considerações Finais

Este trabalho buscou comparar a ocorrência de manifestações patológicas em um sistema inovador e em um sistema convencional, em edificações destinadas a educação infantil. Para isso, como estudo de caso, foram eleitas duas escolas no município de Canoas.

Após análise global, observou-se a ocorrência de seis tipologias de manifestações patológicas, com altos índices de ocorrência, principalmente nas fachadas das edificações. Buscou-se entender se as manifestações identificadas possuíam relação com o sistema construtivo utilizado, analisando o dano quanto a sua origem e classificando-o. Como resultado, encontrou-se um percentual de 67% para os danos que têm sua origem por anomalias endógenas, principalmente durante a sua execução. A explicação pode ser encontrada na literatura como lacunas em detalhamento de projetos, especificações de materiais e serviços, ou falta de mão de obra qualificada para a construção.

Quanto aos sistemas inovadores, a literatura indica que quando não são devidamente testados sob condições climáticas as quais estarão expostos, registra-se desempenho insatisfatório e crescente aparecimento de danos patológicos. Esses parâmetros foram identificados na Escola 1, pois o sistema *Wall System* apresentou muitas manifestações ligadas a grande exposição do sistema às intempéries e a estrutura não se mostrou totalmente estanque a água. Foram observadas infiltrações juntamente com a presença de degradação do revestimento, tanto em painéis quanto na sua estrutura de perfis pultrudados. As infiltrações evoluíram para as camadas mais internas dos painéis, o que conseqüentemente causou a separação das camadas, dano identificado dezessete vezes na edificação.

Em se tratando da composição do painel e seu comportamento, as fibras de vidro utilizadas nos painéis compósitos da estrutura não apresentaram resistência satisfatória à umidade. As propriedades do painel estão totalmente ligadas à combinação de elementos utilizados, variando também de acordo com os meios de fabricação, quantidades utilizadas e orientação das fibras. A umidade pode ser apontada como um dos grandes problemas que condicionam os materiais compósitos, podendo comprometer a integridade do material devido à perda de aderência entre fibra e matriz.

Com relação à Escola 2, os resultados apontam para um menor índice de aparecimento de danos (seis manifestações) em comparação com a Escola 1 (dezessete manifestações). No entanto, analisando os danos através da metodologia matriz GUT na Tabela 7, as fissuras registradas estão em segundo e terceiro lugar em grau de prioridade. Ou seja, apesar do maior índice de ocorrência de danos na Escola 1, a Escola 2 apresenta danos com altos graus de priorização e que precisam de atenção quanto a reparação.

Independentemente do tipo de sistema construtivo adotado, a deterioração das edificações por falta de manutenção preventiva é uma constante. A necessidade de inspeções e de manutenções periódicas, como a repintura na primeira manutenção anual, bem como a necessidade de impermeabilização periódica para locais expostos como fachadas e coberturas, não foram cumpridas. A manutenção corretiva prolonga a durabilidade dos materiais e dos sistemas, assegurando assim a durabilidade da edificação durante sua vida útil.

Assim, os danos patológicos identificados nessa pesquisa não têm intuito de desestimular o uso de sistemas construtivos inovadores, mas sim incentivar a utilização desse sistema com conhecimento técnico e parâmetros normativos que possam alcançar plenamente o desempenho do produto. Além da redução de custos de produção e rapidez no processo construtivo, ressalta-se a importância da adoção das metodologias inovadoras focando no desempenho no uso da edificação e na facilidade de manutenção.

Referências

- ABNT NBR 15575. (2021). *Edificações habitacionais – Desempenho*. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT NBR 5674. (2012). *Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção*. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- Almeida, M. I. (2009). *Comportamento estrutural de painéis sanduíche compósitos para aplicações na indústria da construção* (Dissertação de Mestrado). Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Batista, A. R. O. et al. (2020). Avaliação e qualificação das patologias de fachadas em cerâmica de um residencial em Salvador. *Anais do Congresso Internacional de Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, V.
- Bolina, F. L., Tutikian, B. F., & Helene, P. R. L. (2019). *Patologia das Estruturas*. Oficina de Textos.
- Câmara Brasileira da Construção Civil. (2016). Catálogo de inovação na construção civil. Brasília: Autor. Recuperado de https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Catalogo_de_Inovacao_na_Construcao_Civil_2016.pdf
- Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. (2013). Metodologias Inovadoras. Recuperado de <https://www.fnnde.gov.br/programas/proinfancia/eixos-de-atuacao/mobiliario-e-equipamentos-2>
- Goebel, C. (2018). *Hierarquização das principais manifestações patológicas em quatro edificações escolares no município de Pelotas –RS* (Dissertação de Mestrado). Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, Brasil.
- Gomide T. L. F., Neto, J. C. P. F., & Gullo, M. A. (2009). *Normas técnicas para engenharia diagnósticas em edificações*. PINI.
- Gomide T. L. F., Neto, J. C. P. F., & Gullo, M. A. (2015). *Engenharia Diagnóstica em Edificações*. PINI.
- Gomide, T. L. F., Pujadas, F. Z., & Neto, J. C. P. F. (2006). *Técnicas de Inspeção e Manutenção Predial*. PINI.
- Helene, P. & Silva Filho, L. C. (2011). Análise de Estruturas de Concreto com Problemas de Resistência e Fissuração. In G. C. Isaia (Coord.), *Concreto: Ciência e Tecnologia* (1a ed., Cap. 32, pp. 1129-1174). Instituto Brasileiro de Concreto.
- Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia. (2012). Norma de Inspeção Predial Nacional. Autor. Recuperado de <http://ibape-nacional.com.br/biblioteca/wp-content/uploads/2012/12/Norma-de-Inspe%C3%A7%C3%A3o-Predial-IBAPE-Nacional.pdf>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico do Brasil de 2010. <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>
- Lacerda, E. S., Santos, J. B., & Pinheiro, I. (2019). Fissuras em alvenaria de vedação. *Anais do 17º Simpósio de TCC e 14º Seminário de IC*. Brasília, DF, Brasil.
- Lira, V. Q. (2019). *Manifestações Patológicas em vedações verticais inovadoras: Estudo de Caso* (Dissertação de Mestrado). Universidade de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.
- Lordsleem JR, A. C., & Franco, L. S. (1988). *Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação: Avaliação da capacidade de deformação*. Boletim Técnico. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
- Luduvico, T. S. (2016). *Desempenho a estanqueidade à água: Interface janela e parede* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.
- Martins, B., & Martins, J. L. (2011). *Manual de controle de qualidade e durabilidade de estruturas em GFRP* (Dissertação de Mestrado). Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
- Pereira A. S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica* (free e-book). Santa Maria: o Núcleo de Tecnologia Educacional da Universidade Federal de Santa Maria. https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/358/2019/02/Metodologia-da-Pesquisa-Cientifica_final.pdf
- Reichert, S. (2020). Análise das manifestações patológicas em edificações históricas: Um estudo de caso nas fachadas do conjunto urbano da praça XV de novembro em Florianópolis – SC. *Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções*. Fortaleza, CE, Brasil, IV. <http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.345>
- Rodrigues, E. D. C. et al. (2020). Manifestações Patológicas: Fatores que influenciam no seu aparecimento em prédios residenciais. *Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções*. Fortaleza, CE, Brasil, IV. <http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.315>
- Salustio, J. et al. (2020). Análise de manifestações patológicas em mercado público no município de Tabuleiro do Norte/CE. *Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções*. Fortaleza, CE, Brasil, IV. <http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.016>
- Seabra, K., Santos, A., & Silva, A. (2020). Deslocamento de revestimento cerâmico em fachadas - estudo de caso. *Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções*. Fortaleza, CE, Brasil, IV. <http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.021>
- Silva, A. L. S. (2015). Defeitos em painéis sanduíche. Porto Alegre: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. <https://www.senairs.org.br/documentos/defeitos-em-paineis-sanduiche>
- Silva, J. M. (2002). Alvenarias não estruturais - Patologias e estratégias de reabilitação. *Anais do Seminário sobre Paredes de Alvenaria*. Porto, Portugal. <http://www.hms.civil.uminho.pt/events/alvenaria2002/artigo%20pag%20187-206.pdf>
- Sotille, M. (2014). Matriz GUT. <https://www.pntech.com.br/PMP/Dicas%20PMP%20-%20Matriz%20GUT.pdf>

Sousa, J. P. G. M. (2011). *Durabilidade de perfis pultrudidos de vinil éster reforçado com fibras de vidro (GFRP)* (Dissertação de Mestrado). Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal.

Thomaz, E. (2020). *Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação*. Oficina de Textos.

Tribunal de Contas da União. (2016). Relatório de Fiscalização. https://www.camara.leg.br/internet/comissao/index/mista/orca/orcamento/OR2018/Fiscobras2017/anexo/SINTETICOS/Sint%C3%A9tico_2016_490.pdf

Trierweiler, B. R. et al. (2020). Análise de manifestações patológicas em uma edificação escolar em Itajaí/SC. *Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções*. Fortaleza, CE, Brasil, IV. <http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.195>

Tutikian, B. & Pacheco, M. (2013). *Inspección, Diagnóstico y Prognóstico en la Construcción Civil* (Boletín Técnico). Mérida, Yucatán, México: Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción Internacional (ALCONPAT Internacional).

Yin, R.K. (2015). *O estudo de caso*. Bookman.