



APLICAÇÃO DO MÉTODO TU DELFT NA ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO DE ARAGUAÍNA-TO

APPLICATION OF THE TU DELFT METHOD IN THE ANALYSIS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN AN EDUCATIONAL INSTITUTION IN ARAGUAÍNA-TO

Isabel Cristina Borges dos SANTOS¹
Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)
E-mail: isabelc.borges30@gmail.com

Joanna da Silva AGUIAR¹
Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)
E-mail: joanna01aguiar@gmail.com

Indira Queiroz Macambira BEZERRA
Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)
E-mail: indiraqmb@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2492-8909>

RESUMO

Este trabalho aborda a aplicação da metodologia TU Delft no diagnóstico de manifestações patológicas em edificações, com foco em uma instituição de ensino localizada em Araguaína-TO. A pesquisa se fundamenta na necessidade de análises técnicas rigorosas para identificar falhas estruturais e prevenir potenciais riscos em construções. O método TU Delft, desenvolvido pela Universidade Técnica de Delft, combina etapas de investigação forense, análise do ciclo de vida da construção e utilização da técnica de árvore de falhas, proporcionando uma abordagem sistemática e precisa. Foram coletados dados in loco, incluindo registros fotográficos, além de análises históricas e técnicas dos materiais e processos envolvidos. Os resultados incluem um diagnóstico das patologias identificadas e a validação da eficácia da metodologia TU Delft no contexto brasileiro. O estudo visa contribuir para a segurança e durabilidade das edificações, oferecendo uma ferramenta confiável para engenheiros e especialistas da área.

¹ Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos – UNITPAC, Araguaína/TO, Brasil. E-mail: isabelc.borges30@gmail.com; joanna01aguiar@gmail.com

Palavras-chave: Forense. Engenharia. Patologias.

ABSTRACT

This study addresses the application of the TU Delft methodology in diagnosing pathological manifestations in buildings, focusing on a University Center located in Araguaína, TO, Brazil. The research emphasizes the need for rigorous technical analyses to identify structural failures and prevent potential risks in constructions. The TU Delft method, developed by Delft University of Technology, combines forensic investigation stages, life cycle analysis, and the fault tree technique, providing a systematic and precise approach. Data were collected on-site, including photographic records, as well as historical and technical analyses of materials and processes involved. The expected results include an in-depth diagnosis of the identified pathologies and validation of the TU Delft methodology's effectiveness in the Brazilian context. This study aims to contribute to the safety and durability of buildings, offering a reliable tool for engineers and field specialists.

Keywords: Forensic. Engineering. Pathologies.

INTRODUÇÃO

Apesar dos inúmeros avanços tecnológicos ao longo da história da humanidade, especialmente no campo da construção civil, observa-se um crescimento significativo de problemas relacionados ao desempenho estrutural das edificações. Tais problemas, frequentemente decorrentes de falhas ao longo da vida útil das construções, manifestam-se sob diversas formas, como trincas, fissuras, rachaduras e infiltrações, sendo denominados manifestações patológicas.

O diagnóstico preciso dessas manifestações nem sempre é simples, exigindo do engenheiro civil uma abordagem técnica rigorosa e sistematizada. Como ressalta Stimson (2018), o profissional que atua em investigações de falhas construtivas deve ser capaz de identificar e analisar adequadamente essas patologias, adotando metodologias que assegurem a confiabilidade do diagnóstico.

Nesse contexto, destaca-se a engenharia forense, área responsável por investigar tecnicamente as causas de falhas, acidentes e degradações em edificações. Essa vertente da engenharia responde a perguntas fundamentais como “o quê?”, “quem?”, “quando?”, “onde?” e “como?”, fornecendo subsídios essenciais tanto para a correção das falhas quanto para a responsabilização legal quando necessário. O fator humano, aliás, é uma das principais origens de falhas nas construções, reforçando a importância do engenheiro forense como perito em processos judiciais que demandam conhecimento técnico especializado.

Diante disso, este trabalho propõe a aplicação da metodologia desenvolvida pela Universidade Técnica de Delft (TU Delft), referência internacional em inovação e precisão na engenharia forense. Através dessa abordagem sistemática, foi possível diagnosticar e analisar detalhadamente as manifestações patológicas observadas em uma instituição de ensino localizada em Araguaína – TO, identificando suas causas e possíveis consequências com elevado grau de confiabilidade.

A escolha da referida instituição de ensino justifica-se pela relevância do seu papel social e educacional na cidade, aliada à necessidade de avaliação técnica diante de manifestações patológicas visíveis em suas instalações. O objetivo principal deste trabalho é analisar a aplicabilidade e a eficácia da metodologia TU Delft no diagnóstico dessas manifestações, comparando-a com os métodos tradicionais utilizados na engenharia civil.

Nesse sentido, busca-se responder à seguinte pergunta de pesquisa: em que medida a metodologia TU Delft oferece maior eficácia no diagnóstico de manifestações patológicas em edificações, em comparação aos métodos convencionais? Para isso, o estudo está estruturado em capítulos que abordam, respectivamente, os fundamentos teóricos sobre patologias construtivas e engenharia forense, a descrição da metodologia TU Delft, a apresentação do estudo de caso, a análise dos dados coletados e, por fim, as considerações finais com propostas de intervenção e manutenção.

Justificativa

O método tradicional mais difundido no Brasil é aquele proposto por Helene (2002), que organiza o processo de investigação em etapas como caracterização, levantamento de causas, diagnóstico e proposta de intervenção. No entanto, essa

metodologia demanda do engenheiro civil um alto grau de experiência profissional e conhecimento prévio para realizar inferências precisas a partir de observações empíricas. Sua aplicabilidade, portanto, pode ser limitada quando se busca uma abordagem mais padronizada, objetiva e baseada em dados estruturados.

Em contraste, a metodologia desenvolvida pela Universidade Técnica de Delft (TU Delft) propõe um modelo mais elaborado e sistemático, baseado em princípios da engenharia forense internacional. Essa abordagem favorece maior precisão no diagnóstico das manifestações patológicas ao adotar protocolos investigativos com forte base científica, que incluem coleta de dados em campo, análise de evidências, modelagens e avaliação das condições estruturais.

Segundo o manual de engenharia forense da TU Delft (Delft University Of Technology, 2014), o processo de investigação deve responder de forma lógica e estruturada às perguntas fundamentais: “O quê?”, “Quem?”, “Quando?”, “Onde?”, “Como?” e “Por quê?”. O uso da TU Delft reduz a subjetividade técnica e amplia a confiabilidade dos resultados, sobretudo em ambientes onde a segurança e o desempenho das edificações são prioritários.

Nesse contexto, a escolha pela aplicação da metodologia TU Delft justifica-se não apenas pela sua eficácia técnica, mas também pelas condições específicas da edificação analisada: uma instituição de ensino localizada em Araguaína – TO. Trata-se de uma estrutura com significativa circulação de pessoas e que apresenta manifestações patológicas visíveis, como fissuras e infiltrações em áreas de uso comum, o que motivou a necessidade de um diagnóstico técnico detalhado.

Além disso, o fácil acesso à edificação e a colaboração da equipe gestora facilitaram a coleta de dados e a aplicação do método de forma eficiente. Essa instituição desempenha papel fundamental na formação acadêmica da população local e no desenvolvimento educacional e econômico da cidade, o que torna ainda mais relevante a análise da sua integridade física e funcional. Garantir a segurança estrutural desse espaço é essencial para preservar vidas, assegurar a continuidade das atividades educacionais e evitar prejuízos ao patrimônio público.

Em ambientes educacionais, a presença de manifestações patológicas — ainda que aparentemente simples, como fissuras ou infiltrações — pode indicar falhas estruturais mais graves, muitas vezes invisíveis em um primeiro momento. Por isso, é

imprescindível que essas patologias sejam avaliadas com métodos confiáveis, que assegurem a detecção precoce de riscos e embasem intervenções corretivas adequadas. A adoção da metodologia TU Delft neste estudo visa justamente oferecer um modelo técnico mais preciso e replicável para esse tipo de diagnóstico, contribuindo para o aperfeiçoamento das práticas de manutenção e gestão predial no setor educacional.

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo ressaltar a aplicação da metodologia Tu Delft no diagnóstico de manifestações patológicas em uma instituição de ensino em Araguaína-TO.

REFERENCIAL TEÓRICO

Manifestações Patológicas

De acordo com Bolina, Tutikian e Helene (2019), as manifestações patológicas são tudo aquilo que pode ser observado e caracterizado como um problema na edificação, sendo comparáveis a "doenças" aparentes na estrutura, degradando sua aparência, funcionalidade e segurança, como didaticamente aparece na Figura 1.

Figura 1: As "doenças" aparentes na estrutura.

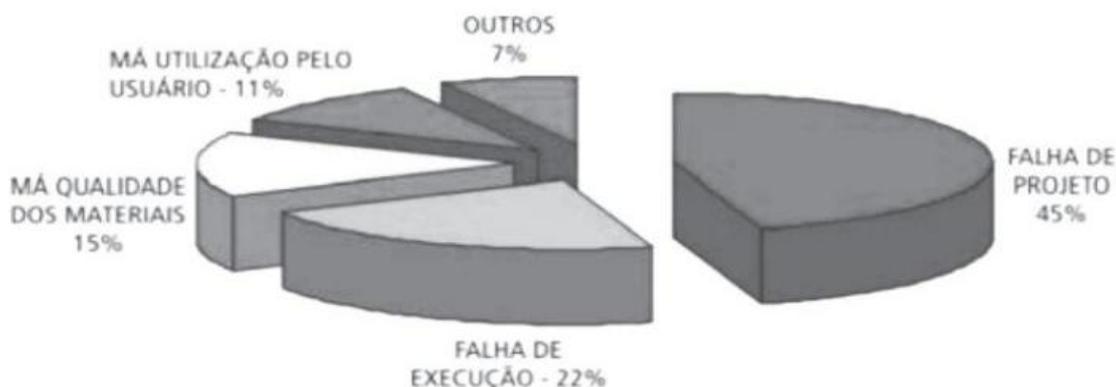


Fonte: Bolina, Tutikian e Helene (2019).

Os exemplos disso são: fissuras, trincas, deformações, infiltrações, manchas, entre outros. Essas manifestações podem aparecer devido a inúmeros fatores ao longo

da vida útil de uma edificação, no entanto é importante dizer que o envelhecimento da edificação não é uma patologia, antes se trata de um processo natural, inerente e digno de qualquer edificação. A ABNT (NBR 15575-1 2013) define vida útil como a medida temporal de durabilidade que cada elemento que compõe da estrutura deve desempenhar a função para qual foi designado. Alguns desses fatores podem estar relacionados a má escolha dos materiais utilizados na execução da obra, a mão de obra inadequada, a falhas nos projetos, ou a degradação da edificação, entre outros fatores (Figura 2) causando assim futuros problemas técnicos e estruturais dela, além de colocar em risco a segurança dos usuários. Na figura 2 é apresentado um gráfico em pizza com as distribuições das principais causas das patologias nas estruturas.

Figura 2: As principais causas das patologias.



Fonte: Adaptado de Helene, 2002 .

Engenharia Forense

O profissional de engenharia civil, busca agregar novas tecnologias junto ao crescimento da área, e objetiva o sucesso na sua gestão com o cenário atual. No entanto, este profissional enfrenta a pressão mercadológica de introduzir novas tecnologias, buscar êxito nas execuções e diminuir as falhas. Com isso, o desacerto, tanto na camada de produtos como na de serviços, ocasionam desvantagens tanto para o profissional, como para terceiros envolvidos no trabalho.

Esses desacertos podem ocasionar incidentes, relacionados a diversos fatores incluindo por exemplo, erros de execução, negligência de manutenção, mão de obra mal qualificada, erros de projeto, escolha de materiais e outros. De acordo com

Vykopalová (2013), citado por Bomtempo (2016), a maioria dos acidentes resulta de falhas e erros atribuídos à intervenção humana. Tendo em vista que esses incidentes são recorrentes, a engenharia civil forense desempenha um papel fundamental, investigando as causas deles ou de possíveis acidentes que possam vir a acontecer devido às manifestações patológicas que surgem nas edificações.

Segundo Noon (2001), a engenharia forense consiste na aplicação dos conceitos para a resolução de questões que são associadas a acidentes, degradação de propriedades etc. Segundo o mesmo autor, ela também pode ser definida como a prática profissional que estipula as causas de falhas de um sistema técnico através da aplicação dos conceitos da metodologia que busca soluções em ocorrências de incidentes.

Detusch (2013) define as falhas de sistema técnico como um estado ou condição em que este sistema específico não pode cumprir de forma prevista, as suas funções. Diante do exposto, é função do perito da área de engenharia civil coletar os dados necessários para o estudo e investigação, junto com evidências físicas como fotografias e registros do problema, para posteriormente contribuir com as técnicas e procedimentos, em busca da resolução.

Destaca-se a importância do perito da engenharia civil, ademais, em processos judiciais, onde há a necessidade de um especialista na área, para que a investigação tenha detalhes pertinentes a respeito do problema, e que a partir deles haja uma resolução efetiva. Nelson Nór apud Giovanny Gerolla (2011) afirma que: “O perito civil avalia as causas de um acidente, como o desmoronamento de um edifício por falha estrutural, patologia, anomalias ou qualquer desempenho insatisfatório da edificação decorrente de má-execução, erro de projeto ou falha no material”.

A ABNT (NBR 13752:1996), que trata das perícias de engenharia civil, aborda os parâmetros para a execução da perícia, incluindo a definição de irregularidades, patologias e diretrizes para sua resolução. De acordo com Stimson (2018), a principal característica que um engenheiro civil que trabalha com investigações precisa possuir é a capacidade de identificar falhas e coletar as informações do local em que elas acontecem para posteriormente realizar as análises em laboratório. As falhas mencionadas acima fazem parte da patologia, que foi conceituada por Deutsch (2013) como o estudo das manifestações patológicas relacionadas à deterioração das

edificações, sendo elas, as trincas, fissuras, infiltrações, danos por umidade excessiva e outros.

Portanto, a engenharia forense tem como objetivo lidar com quaisquer questões que frequentemente apresentam grande complexidade para serem respondidas, e que estão relacionadas à degradação, acidentes, crimes e eventos catastróficos. Ela reúne e aplica princípios e metodologias da engenharia, e a partir disso o perito civil realiza uma espécie de “engenharia reversa” para determinar como a falha ocorreu.

Patologias do Concreto Armado

As patologias do concreto armado ocorrem quando, por algum motivo, as estruturas de concreto armado estão comprometidas ou com o seu funcionamento ameaçado. Existem uma infinidade de fatores que levam a deterioração do concreto armado, pois alguns agentes afetam diretamente o concreto e outros afetam diretamente as armaduras e isso dificulta a sua classificação.

Em sua maioria, as patologias de concreto armado podem ser evitadas por meio de um bom projeto, uma boa execução e com materiais adequados para o tipo de construção a ser feita, além de um planejamento de manutenções preventivas. As principais manifestações patológicas em estruturas de concreto armado são fissuras, trincas, corrosão de armadura, desagregação de concreto e outros.

Metodologia de Diagnóstico: Tu Delft

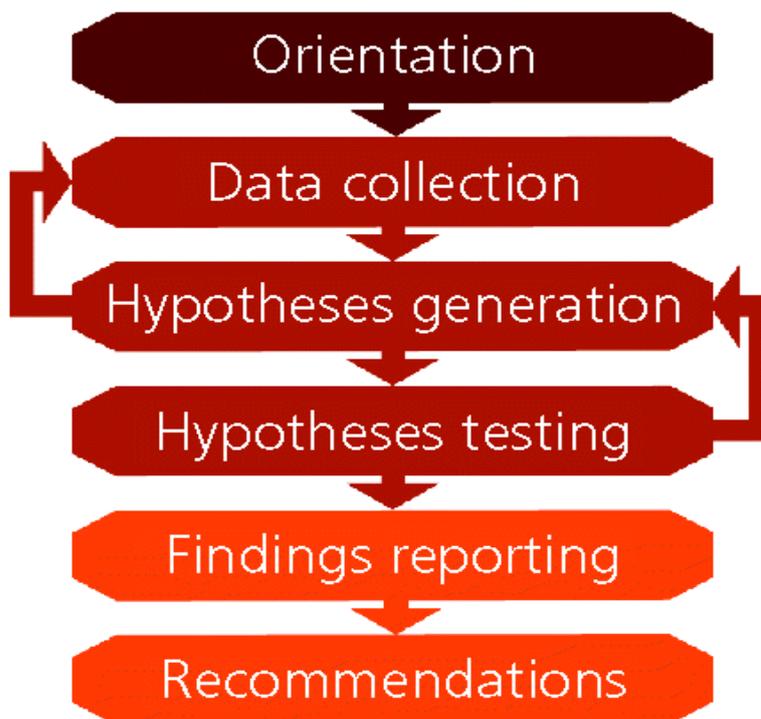
A Universidade Tecnica de Delft, com base em teorias estabelecidas na literatura e nas melhores práticas de investigações forenses em diversas áreas da engenharia, desenvolveu a metodologia de diagnóstico Tu Delft, ela combina três elementos da engenharia forense, adaptados pelos autores para uso na investigação de problemas patológicos, de modo a se ajustarem da melhor forma possível ao contexto proposto.

Entre o material de pesquisa utilizado para realização do trabalho, está “Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. 6. ed.” (Helena, 2002), “Perícias de engenharia: a apuração dos fatos. 2. ed.” (Deutsch, 2013), artigos disponíveis no Portal TU Delft Research.

Etapas da Investigação

Essa técnica denomina-se como um sistema organizado de etapas criadas (Figura 3) para orientar o processo forense. Essa técnica, proposta por Delft, é dividida em diferentes etapas: orientação, coleta de dados, geração e teste de hipóteses, elaboração de relatório de descobertas e recomendações. Na fase de orientação, é realizada a identificação das partes interessadas no estudo, dos envolvidos e da estratégia a ser adotada para a coleta de dados. A coleta de dados, por sua vez, é subdividida em duas partes. Na primeira parte, enfoca-se na investigação in loco, através de entrevistas com pessoas que frequentam o local, e na realização de registros fotográficos. Já na segunda parte, realiza-se uma pesquisa de dados referentes a eventos similares ao investigado.

Figura 3: As seis etapas de investigação.



Fonte: Adaptado de Improving reliability in forensic engineering, 2018.

Na etapa de geração de hipóteses, o perito elabora uma lista contendo várias possibilidades de diagnóstico, seguindo uma sequência de eventos, para compreender o que pode ter causado as falhas. Essas hipóteses são submetidas a testes sucessivos,

visando a identificação daquela mais coerente e lógica. A sistematização dessas explicações é dividida em quatro etapas.

1. Examinar cada uma das fases do ciclo de vida.
2. Dar um zoom em cada etapa dentro de cada fase.
3. Para cada etapa, ler o diagrama da árvore de falhas.
4. Se necessário, percorrer o ciclo de vida quantas vezes precisar, dependendo do que for encontrado.

Posteriormente, é feito um relatório com todas as informações adquiridas nas etapas de investigação.

Ciclo da Vida

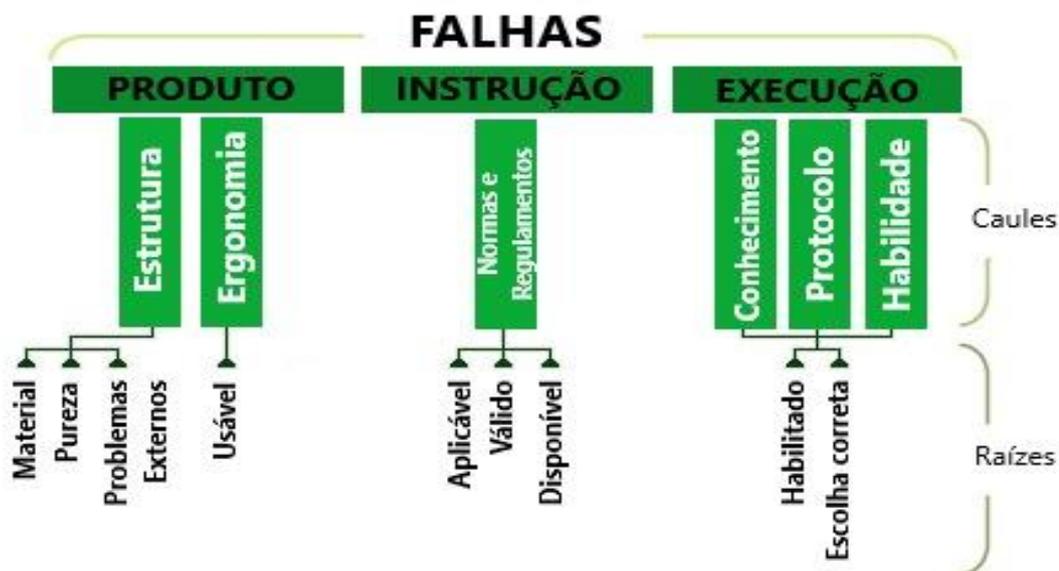
A segunda técnica é o ciclo da vida, pois uma construção passa por diversas fases ao longo de sua existência, e é importante considerar essas fases ao investigar uma falha. Nesta etapa, é realizada a análise de todas as características e elementos constituintes da edificação, manutenções realizadas até o fim da sua vida útil. A técnica é dividida em desenvolvimento, produção, utilização e reciclagem.

A Árvore de Falhas

Essa técnica reconhece que identificar uma falha é um fenômeno complexo e multifacetado. A metodologia aborda a categorização das causas de falhas que podem estar relacionadas ao problema em questão. O diagrama da árvore de falhas representa o método mais sistemático e complexo dentre os três abordados. Isso se deve ao fato de que ele compreende etapas detalhadas que exigem uma verificação minuciosa de todas as possíveis causas do problema.

São feitas perguntas diretas, como: a falha ocorreu no produto, nas instruções de aplicação ou na execução? Uma investigação pode iniciar com a identificação das falhas do produto, que podem estar relacionadas às raízes causais de integridade ou ergonomia. A integridade se refere a problemas relacionados ao estado ou sistema físico do produto. Já a ergonomia refere-se a problemas decorrentes do design do sistema técnico que dificultam o uso fácil e sem erros do sistema. O método permite descobrir as causas potenciais de falha com maior precisão e assertividade em comparação com os métodos convencionais de investigação patológica.

Figura 4: A árvore de falhas.



Fonte: Adaptado de Terwel, Schuurman e Loeve, (2018).

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

O presente trabalho é classificado como pesquisa científica aplicada, uma vez que envolve a adoção de uma metodologia estrangeira com conceitos inovadores na área, adaptada para lidar com patologias na construção civil brasileira. O foco da pesquisa foi as manifestações patológicas identificadas em uma instituição privada de ensino superior em Araguaína-TO, juntamente com seus elementos estruturais.

Durante as etapas de investigações foram coletadas informações relevantes sobre o local estudado. A instituição analisada tem cerca de 25 anos e conta com uma área total construída de 25.067,29 m², composta por nove blocos utilizados para fins acadêmicos e administrativos, além dos ambientes externos como clínicas, ginásio, lanchonete, campos etc. A estrutura da instituição possui dois pavimentos: inferior e superior. A análise concentrou-se no piso inferior dos blocos D, E e J (Figura 5).

Figura 5: Posição geográfica da instituição analisada.



Fonte: Google Earth.

Os dados obtidos durante a análise indicam que os blocos D e E possuem aproximadamente 20 anos de construção, enquanto o bloco J, também analisado, possui cerca de 11 anos, sendo, portanto, o mais recente entre os avaliados na Instituição de Ensino Superior (IES).

Esses blocos possuem uma média de circulação semanal de 2.830 pessoas, de acordo com informações coletadas junto ao departamento de apoio ao discente, da universidade objeto de estudo.

O estudo do ciclo de vida considera o contexto histórico do edifício, bem como todos os elementos relevantes relacionados à sua construção. Na etapa anterior, foram obtidas informações fornecidas pelo Departamento de Manutenção Predial, indicando que os blocos analisados, D e E, possuem aproximadamente 20 anos de construção, enquanto o bloco J, também avaliado, apresenta 11 anos de construção, sendo, portanto, o mais recente dessa instituição de ensino.

Métodos

A metodologia adotada foi a TU Delft, a qual se baseia em três etapas da engenharia forense: etapas da investigação, ciclo de vida e árvore de falhas. A etapa de

investigação marcou o início da análise, envolvendo a coleta de dados, questionamentos sobre a estrutura e registros dos elementos físicos presentes, proporcionando uma investigação aprofundada do local estudado.

O processo de aplicação do método na análise das patologias encontradas na Instituição iniciou-se pela etapa de investigação, na qual foi possível caracterizar o modelo de manutenção adotado para os ambientes da instituição. O departamento de manutenção predial da IES é composto por uma equipe multidisciplinar, incluindo electricista, pedreiros, jardineiro, pintor e técnico de eletricidade, responsáveis pelas atividades periódicas e preventivas da infraestrutura. Serviços relacionados a ampliações ou construções de novos espaços são realizados por empresas terceirizadas.

Em relação à rotina de manutenção, são realizadas vistorias quinzenais para identificação de patologias nas edificações. Quando detectados problemas, é formalizado um chamado no sistema interno, que dá sequência ao processo de reparo. Após a abertura do chamado, realiza-se o levantamento dos materiais necessários para a correção, seguido da execução dos serviços de manutenção.

Complementarmente, cada setor da instituição realiza inspeções periódicas em seus ambientes de trabalho, acionando o departamento de manutenção sempre que são identificadas necessidades de intervenção.

A árvore de falhas é um sistema dedutivo que permite identificar os elementos que podem levar a estrutura a uma possível falha ou evento não previsto. Posteriormente, com todas as informações reunidas, das três fases do método de TU Delft, e a partir do processo de investigação realizado, obteve-se o diagnóstico da edificação estudada.

Para além disso, foi confeccionada uma ficha de identificação de análise de danos onde aponta-se quais patologias estão contidas em cada ambiente analisado. Assim sendo, a ficha é representada por fotografias. Segundo Tinoco (2009) o ideal é que estas fichas sejam de rápido e fácil compreensão, além de apresentarem um tamanho apropriado para que sua utilização técnica realize ações seguras.

Além das informações relativas à estrutura, também foi realizada a coleta de dados por meio de registros fotográficos das manifestações patológicas identificadas nos espaços mencionados anteriormente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo no local selecionado foi realizado entre os meses de dezembro de 2024 e março de 2025, período em que foram feitas as coletas de dados, e os registros fotográficos. As visitas técnicas realizadas ao longo desse intervalo contribuíram significativamente para a compreensão das condições estruturais da instituição.

No transcorrer do estudo, identificou-se que a principal interessada na investigação patológica realizada é a própria instituição de ensino, uma vez que os resultados obtidos contribuem diretamente para a preservação e manutenção do edifício.

Durante a etapa de investigação, foram identificadas patologias construtivas evidentes, com destaque para manifestações em elementos de concreto armado, fissuras, infiltrações e não estanqueidade.

Uma manifestação patológica identificada foi a exposição das armaduras em uma viga localizada na escada/rampa de acesso ao Bloco D da instituição, como mostra a Figura 6. Conforme mencionado anteriormente, trata-se de uma manifestação patológica em estrutura de concreto armado, resultante de diversos fatores.

Figura 6: Cobrimento inadequado de armadura.



Fonte: Autor, 2025.

Neste local ocorreram intervenções na estrutura analisada, sendo que inicialmente foi construída uma escada com rampa interligando o bloco D superior ao bloco D inferior. Entretanto, a rampa apresentava uma inclinação incompatível com as exigências da NBR 9050:2020, assim, foi necessária a reconstrução da rampa, de modo a atender corretamente aos parâmetros estabelecidos pela norma.

Relacionando essa ocorrência ao ciclo de vida da edificação, é possível considerar que intervenções anteriores na escada, ao longo de sua vida útil, assim como o intenso fluxo de pessoas na área, podem ter contribuído significativamente para o agravamento ou surgimento da patologia observada.

Essa falha está associada ao desempenho do produto, tendo como caule ocasional a própria estrutura do local. A provável causa dessa patologia é o cobrimento inadequado do concreto, o que favorece a corrosão das armaduras. Para a correção do problema, é necessário realizar o cálculo do cobrimento conforme as exigências normativas, preparar adequadamente o substrato, realizar a limpeza e o tratamento das armaduras corroídas, e aplicar os materiais reparadores adequados, de modo a restaurar o desempenho estrutural e a durabilidade da viga.

Outra manifestação patológica identificada foi a abertura anormal da junta de dilatação localizada no pavimento inferior do Bloco E (Figura 7). Nesse caso, a falha está associada ao desempenho do produto, enquanto o caule ocasional está relacionado à ergonomia, uma vez que o sistema construtivo apresenta limitações que podem gerar riscos ou desconfortos aos usuários. A causa mais provável para o surgimento da patologia é a carbonatação do concreto, aliada ao desgaste natural do sistema ao longo do tempo, o que compromete a integridade e a funcionalidade da junta de dilatação. Esse processo de deterioração pode expor armaduras, permitir infiltrações e prejudicar os movimentos estruturais que esse tipo de junta deve absorver.

Figura 7: Abertura da junta de dilatação.



Fonte: Autor, 2025.

A intervenção corretiva recomendada consiste na limpeza cuidadosa da área afetada, no tratamento das armaduras eventualmente corroídas (seguindo os procedimentos indicados na literatura técnica, como passivação e uso de argamassas específicas), e na recuperação da junta com materiais elásticos e compatíveis, de modo a restaurar tanto o desempenho estrutural quanto a funcionalidade da dilatação.

Outra patologia comumente observada na instituição refere-se às infiltrações em forros de gesso e PVC, conforme ilustrado na Figura 8, que apresenta uma infiltração no forro de gesso do bloco J. A falha está associada ao produto, e o caule ocasional também tem relação com a estrutura. A provável causa dessa patologia foi uma abertura no telhado ou a ausência de calhas e rufos, algo que não foi visualizado na visita in loco.

Figura 8: Infiltração em forro de gesso.



Fonte: Autor, 2025.

Para correção deste problema se faz necessário a identificação do local em que a água entra e posteriormente a sua vedação correta.

Além das patologias previamente mencionadas, foram identificadas fissuras nas paredes do bloco J (Figura 9), cuja origem está associada a falhas de execução. A manifestação patológica observada está relacionada ao deficiente adensamento da argamassa de emassamento, aliado à aplicação da pintura sem o devido tempo de cura. Ademais, a proximidade da fissura com uma esquadria sujeita a movimentações pode ter contribuído para o surgimento do problema, em função das tensões adicionais geradas na região.

Figura 9: Fissura na parede.



Fonte: Autor, 2025.

A solução recomendada consiste na remoção da camada de massa e da pintura existente, seguida pela reaplicação do emassamento, respeitando os critérios técnicos de adensamento e o tempo de cura adequado antes da nova pintura.

Ademais, na parte externa do bloco J, foi identificada uma manifestação patológica relacionada à perda de estanqueidade (Figura 10), decorrente de impermeabilização inadequada em área molhada.

Figura 10: Perda de estanqueidade.



Fonte: Autor, 2025.

Essa falha compromete a proteção da edificação contra a infiltração de água, podendo gerar danos progressivos aos elementos construtivos, como degradação de revestimentos, eflorescências e até comprometimento estrutural em casos mais severos.

A ausência de um sistema de impermeabilização eficiente indica falhas na etapa de execução ou na escolha de materiais inadequados para a função de vedação. Essa deficiência é particularmente crítica em áreas molhadas, onde a exposição constante à umidade exige um tratamento técnico rigoroso.

A correção proposta para essa patologia envolve, primeiramente, a limpeza completa da área afetada, seguida da secagem adequada da superfície. Posteriormente, deve-se realizar a aplicação de um sistema de impermeabilização tecnicamente adequado, respeitando as orientações dos fabricantes quanto à preparação da base,

número de demãos, tempo de cura e demais procedimentos necessários para garantir a estanqueidade da área.

De modo geral, considerando o tempo de uso e a intensidade de ocupação da edificação, torna-se evidente a necessidade de manutenções preventivas e corretivas realizadas de forma contínua, a fim de preservar a integridade da estrutura e garantir a segurança dos usuários. Com a análise, observou-se que apesar das entrevistas indicarem a realização de vistorias quinzenais com o objetivo de identificar a necessidade de manutenções, percebe-se que as patologias detectadas nas mesmas são, em sua maioria, de caráter superficial. Isso se deve ao fato de as inspeções estarem voltadas predominantemente para aspectos visuais e aparentes das anomalias, não contemplando, de forma mais aprofundada, possíveis falhas de natureza estrutural.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da metodologia TU Delft demonstrou ser eficiente para sistematizar o diagnóstico de manifestações patológicas em edificações. Ao oferecer um roteiro estruturado e questionamentos estratégicos, a abordagem facilitou o rastreamento das causas-raiz, mesmo para profissionais em formação. Além disso, contribuiu significativamente para a melhoria do processo de manutenção predial, oferecendo subsídios técnicos precisos para a tomada de decisão.

Ademais, o estudo teve como escopo aplicar, de maneira sistemática e adaptada ao contexto brasileiro, a metodologia TU Delft na identificação, análise e tratamento de manifestações patológicas na edificação objeto de estudo. Fundamentado nos procedimentos de Van Hees et al. (2007) e em conformidade com as normas ABNT NBR 5674:2012, que trata da manutenção de edificações, e ABNT NBR 16280:2014, que regula reformas em edificações, o trabalho centrou-se na avaliação de fissuras, umidade ascensional e eflorescências, culminando em propostas de intervenção técnica e diretrizes para gestão de manutenção.

Ao longo do desenvolvimento, verificou-se que as patologias observadas resultaram principalmente de falhas na execução de juntas de dilatação e na impermeabilização de elementos construtivos, associadas a sobrecargas pontuais e variações sazonais de umidade. Essas condições favoreceram a oxidação de armaduras,

a perda de aderência dos revestimentos e a deposição de sais nos substratos, evidenciando a necessidade de ações preventivas e corretivas imediatas.

Como recomendações para a gestão de manutenção, propõe-se a institucionalização de um plano semestral de inspeções, com registros digitais padronizados, complementado por treinamentos anuais da equipe técnica.

Por fim, sugere-se, em estudos futuros, o desenvolvimento de modelos preditivos que utilizem técnicas de aprendizado de máquina para correlacionar variáveis ambientais à incidência de patologias, ampliando o caráter preventivo das intervenções.

REFERÊNCIAS

BOMTEMPO, José. **Segurança no trabalho em edificações**. São Paulo: Editora Exemplo, 2016.

BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. R. L. **Patologia de estruturas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. Disponível em: <https://p.br/items/cf26f594-ec98-4cf0-b7f9-bdcf4dc02b34>. Acesso em: 2 set. 2024.

DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. **Forensic Engineering Manual**. TU Delft Publishing, 2014.

DEUTSCH, Simone Feigelson. **Perícias de engenharia: a apuração dos fatos**. 2. ed. São Paulo: LEUD, 2013. 222p.

GEROLLA, Giovanni. **Manual de perícia em engenharia civil**. São Paulo: Editora Exemplo, 2011.

HELENE, Paulo R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 6. ed. Pini, São Paulo: 2002. 218p.

NOON, Randall. **Forensic engineering investigation**. 1. ed. Florida: CRC Press, 2001. 488p.

STIMSON, William A. **Forensic systems engineering: evaluating operations by discovery**. 1. ed. Hoboken: WILEY, 2018. 340p.

TERWEL, Karel; SCHUURMAN, Michiel; LOEVE, Arjo. **Improving reliability in forensic engineering: the Delft approach**. Proceedings of the Institution of Civil Engineers – forensic engineering. v. 171, n. 3, ago./2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1680/jfoen.18.00006>>. Acesso em 28 nov. 2024.

TINOCO, José. **Segurança do trabalho em edificações**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

APLICAÇÃO DO MÉTODO TU DELFT NA ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO DE ARAGUAÍNA-TO. Isabel Cristina Borges dos SANTOS; Joanna da Silva AGUIAR; Indira Queiroz Macambira BEZERRA. JNT Facit Business and Technology Journal. QUALIS B1. ISSN: 2526-4281 - FLUXO CONTÍNUO. 2025 – MÊS DE MAIO - Ed. 62. VOL. 02. Págs. 401-421 <http://revistas.faculdefacit.edu.br>. E-mail: jnt@faculdefacit.edu.br.

VAN HEES, R. P. J. et al. **Assessment methodology for building conservation**. Delft: TU Delft Press, 2007.