https://doi.org/10.4322/CBPAT.2022.085

ENSAIO DE CONDUTÂNCIA ELÉTRICA PARA DETECÇÃO DE FALHAS EM SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO COM O MÉTODO HOLIDAY DETECTOR VIA SECA

Julie Anne Braun [1]*, André Fornasaro[2]
*Autor de contato: julie.braun@unifesp.br (marcado com um asterisco entre os autores)

[1] Mestre em Inovação na Construção Civil, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, Brasil
[2] Engenheiro Civil, ILD Brasil, São Paulo, Brasil

RESUMO

Sistemas de impermeabilização são aplicados em estruturas de concreto como barreiras protetoras contra a entrada de fluídos e agentes agressivos. No entanto, se houver falhas em algum dos componentes deste sistema o seu desempenho no quesito estanqueidade pode ser comprometido e levar ao surgimento de manifestações patológicas. O presente estudo objetiva apresentar uma metodologia de diagnóstico de falhas em sistema de impermeabilização com o ensaio de condutância elétrica utilizando equipamento *Holiday Detector* via seca. Um estudo de caso em uma laje de cobertura com manta asfáltica, porém com problemas de infiltração, foi realizado. Ensaios de caracterização foram feitos para avaliar as propriedades mecânicas do material, uma vez que a quantidade de descontinuidades encontradas no ensaio de condutância elétrica foi significativa. Os resultados indicaram que as manifestações patológicas encontradas na cobertura estavam relacionadas ao material e não a falhas executivas ou de projeto.

Palavras-chave: sistemas de impermeabilização; ensaio de condutância elétrica; estanqueidade; Holiday Detector.

ABSTRACT

Waterproofing systems are applied in concrete structures as protective barriers against the entry of fluids and aggressive agents. However, if there are failures in any of the components of this system, its performance in terms of watertightness can be compromised and lead to the appearance of pathological manifestations. The present study aims to present a methodology for diagnosing failures in waterproofing systems with electrical conductivity testing using Holiday Detector. A case study was carried out on a roof slab with bituminous sheet, but with leakage problems. Characterization tests were performed to evaluate the mechanical properties of the material, since the amount of discontinuities found in the electrical conductance test was significant. The results indicated that the pathological manifestations found in the roof were related to the material and not to project or construction failures.

Keywords: waterproofing systems; electrical conductivity test; watertightness; Holiday Detector

1. INTRODUÇÃO

O processo de degradação de elementos construtivos ocorre da interação físico-química destes com o ambiente. Tal interação é propiciada a partir do movimento de agentes agressivos para o interior dos materiais (BERTOLINI, 2014, p. 31). Pesquisas anteriores indicam a umidade como o fator externo à edificação que mais influência na patologia das construções, podendo se manifestar em falhas em maior magnitude a nível estrutural, ou em menor grau a nível estético, como o mofo por exemplo (GASPAR; BRITO, 2008; MENEZES; GLÓRIA GOMES; FLORES-COLEN, 2015; SILVEIRA; PINTO; WESTPHAL, 2019).

Segundo May (2005) cerca de 75% das falhas nos sistemas construtivos de edifícios estão relacionadas ao ataque da estrutura pela água. Saliba e Júnior (2019) em seu estudo verificaram que 45 de um total de 49 imóveis apresentavam infiltrações, dos quais 95,6% tinham idade de até 5 anos. Ainda em seu estudo, os citados autores constataram que do montante de imóveis observados, 33 apresentavam deficiência no sistema de impermeabilização, sendo 74% com idade de até 5 anos (SALIBA; JÚNIOR, 2019).

Estas recorrentes falhas encadeiam outras, uma vez que não é atribuída apenas a água intrinsecamente a origem dos problemas, mas da soma dos demais agentes que com ela interagem, tais como os íons de cloreto e sulfatos presentes no ambiente, assim como micro-organismo, os quais aceleraram o mecanismo de degradação (GASPAR; BRITO, 2008; MENEZES; GLÓRIA GOMES; FLORES-COLEN, 2015). Para tanto, a rápida detecção do surgimento de manifestações patológicas devem ser percebidas, visto que suas ocorrências ocasionam falhas que de acordo com a norma NBR 15575-parte 1 podem “prejudicar a utilização do sistema ou do elemento, resultando em desempenho inferior ao requerido” (ABNT, 2021a), além de causar frustrações e transtornos aos usuários.

No Brasil, tradicionalmente o teste de estanqueidade com lâmina d’água é aplicado em sistemas de impermeabilização, seja como critério de desempenho, seja para verificar a origem dos vazamentos (ABNT, 2010). Porém este método tem grandes limitações, pois não pode ser utilizado em superfícies verticais e inclinadas. Ensaios de condutância elétrica com equipamentos eletrônicos tem sido utilizado para verificar a estanqueidade para fins de controle de qualidade, e para detecção de manifestações patológicas em sistemas de impermeabilização (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2014; NACE INTERNATIONAL, 2006). O princípio do ensaio de condutância elétrica está na propriedade da maior parte dos materiais de impermeabilização serem isolantes elétricos.

Neste estudo, será apresentada uma metodologia de inspeção para avaliar o desempenho da estanqueidade de sistemas de impermeabilização pela realização de um teste de estanqueidade com a tecnologia “Holiday Detector”. Esse é um método de ensaio não destrutivo, permitindo que sejam feitas inspeções em sistemas de impermeabilização, desde que não haja outras camadas sobre a impermeabilização tais como a camada de proteção mecânica ou a camada de revestimento cerâmico por exemplo. O estudo objetiva contribuir para uma melhor percepção do diagnóstico de falhas em sistemas de impermeabilização complementado por um estudo de caso realizado em uma laje de cobertura em um edifício residencial. O valor agregado de correlacionar o ensaio de estanqueidade, com a tecnologia “Holiday Detector”, com resultados laboratoriais do material de impermeabilização também é discutido.

2. FUNDAMENTAÇÃO

2.1 Ensaio de condutância elétrica (Determinação de descontinuidades)

O ensaio de condutância elétrica objetiva detectar descontinuidades em camadas de impermeabilização. O termo descontinuidade é aplicado para indicar uma interrupção na estrutura física ou na configuração de um revestimento isolante, criando uma condição para livre trajetória da corrente elétrica (NACE INTERNATIONAL, 2006). O ensaio permite que se localize perfurações, rasgos ou cortes, que não seriam detectados visualmente com facilidade (DOS SANTOS, 2021; MATEUS FACCIO, 2017).

A norma ASTM D7877 é aplicada especificamente para detecção de falhas em sistemas de impermeabilização em superfícies verticais ou horizontais. Dentre os materiais aplicados na camada impermeável do sistema e que são possíveis da aplicação do ensaio de condutância elétrica cita-se as mantas compostas por: polietileno de alta densidade (PEAD), polipropileno (PP), cloreto de polivinila (PVC), termoplástico de poliolefina (TPO), acetato de vinila (EVA), borracha de etileno-propileno-dieno (EPDM) e asfalto. Se forem membranas moldadas no local, os materiais existentes no mercado nacional, e que podem ser testados com a tecnologia Holiday Detector são as membranas à base de: poliuretano, resinas acrílicas emulsionadas, asfalto, polimelmetacrilato (PMMA) e poliuréia. As membranas cimentícias normalmente são condutoras de eletricidade, e por esse motivo não são passíveis de serem testadas com essa tecnologia.

2.2 Premisas fundamentais para a localização do vazamento em impermeabilização

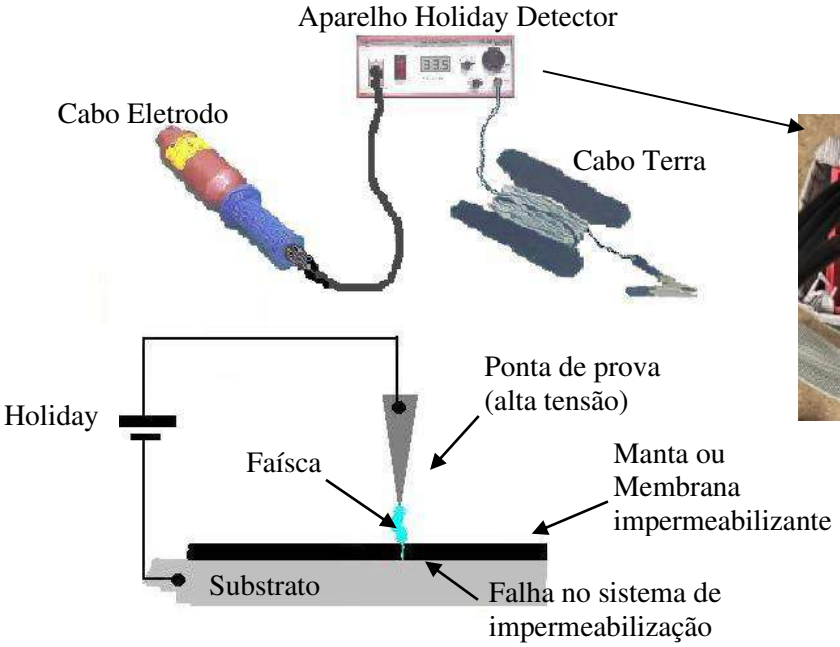
Segundo a norma ASTM D7877 (2014), o princípio do método de localização de vazamento por condutância é o uso de um potencial elétrico entre a camada impermeável eletricamente isolante e o substrato subjacente. O método utiliza um potencial de alta tensão, no qual um eletrodo é movido pela superfície da camada impermeável. O eletrodo é carregado a um elevado potencial em relação ao substrato abaixo. Em um local de ruptura (falha, descontinuidade ou defeito), ocorre a formação de um arco elétrico entre o eletrodo e o substrato abaixo. A descarga do arco então é detectada eletronicamente, e o operador do ensaio é alertado por meio de um sinal sonoro e visual (faísca).

A localização do vazamento por condução elétrica requer que o material do substrato diretamente abaixo da camada impermeável seja suficientemente condutor para o método de teste empregado. Na maioria dos casos, um substrato de concreto é suficientemente condutivo para permitir este método. Em situações extremas em que o substrato não é condutor, pode ser possível instalar um material condutivo diretamente sob a camada impermeável para facilitar o teste, mas essa não é uma condição de trabalho usual no Brasil. O ensaio com o equipamento Holiday Detector, categorizado como de alta tensão, pode ser realizado em superfícies horizontais ou verticais secas, utilizando uma corrente limitada a uma tensão relativamente alta (até 66 KV).

2.3 Equipamento *Holiday Detector*

O equipamento *Holiday Detector* é composto por um gerador de pulsos autoalimentado por uma bateria, e dois terminais, sendo um conectado a um ponto de aterramento, geralmente na estrutura do prédio, e o outro, conectado diretamente ao eletrodo de teste, que é utilizado para a varredura da superfície impermeabilizada. As Figuras 1 e 2 ilustram os componentes constitutivos do equipamento Holiday Detector.

Figura 1- Equipamento Holiday Detector com acessório



Fonte: Adaptado de ETCLASS (2018)

Figura 2- Fonte de energia (bateria) geradora da tensão elétrica.



Fonte: os autores (2022)

As condições da superficie a ser ensaiada são de suma importancia para que os resultados do ensaio sejam verdadeiros. A manta ou membrana deve estar absolutamente curada e seca, de acordo com as especificações do fabricante do material, antes da realização do ensaio. Além disso, quaisquer vestígios de água ou umidade devem ser removidos da camada impermeável. Estas condições são relevantes para evitar falsas indicações durante o ensaio.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho apresenta, por meio de um estudo de caso, a aplicação de uma metodologia para diagnóstico de falhas em um sistema de impermeabilização, sendo dividido em três etapas. A primeira etapa do estudo envolveu a coleta de dados por inspeção visual, quando foi feita a identificação dos locais onde havia manifestação patológica decorrente da umidade, tais como manchas, mofo e pontos de percolação de água.

Na segunda etapa, foi realizado o ensaio de condutância elétrica via seca para detecção de falhas no sistema de impermeabilização com uso do equipamento eletrônico Holiday Detector. Este ensaio teve como referência a norma ASTM D7877 (2014). O equipamento utilizado é o modelo ETC-CX, portátil, analógico, com tensão máxima de 55.000 V, nº de série 9830-F. Como a área inspecionada é uma laje plana, foi acoplado ao cabo eletrodo uma escova plana metálica como dispositivo explorador.

A terceira etapa envolveu a coleta de amostras do material impermeabilizante para caracterização em laboratório. A coleta consistiu na retirada de uma amostra do rolo de manta asfáltica restante da época da instalação do sistema, o qual estava armazenado e protegido em local seco e livre de ações das intempéries. A amostra foi obtida do mesmo lote da fabricação da manta aplicada nas

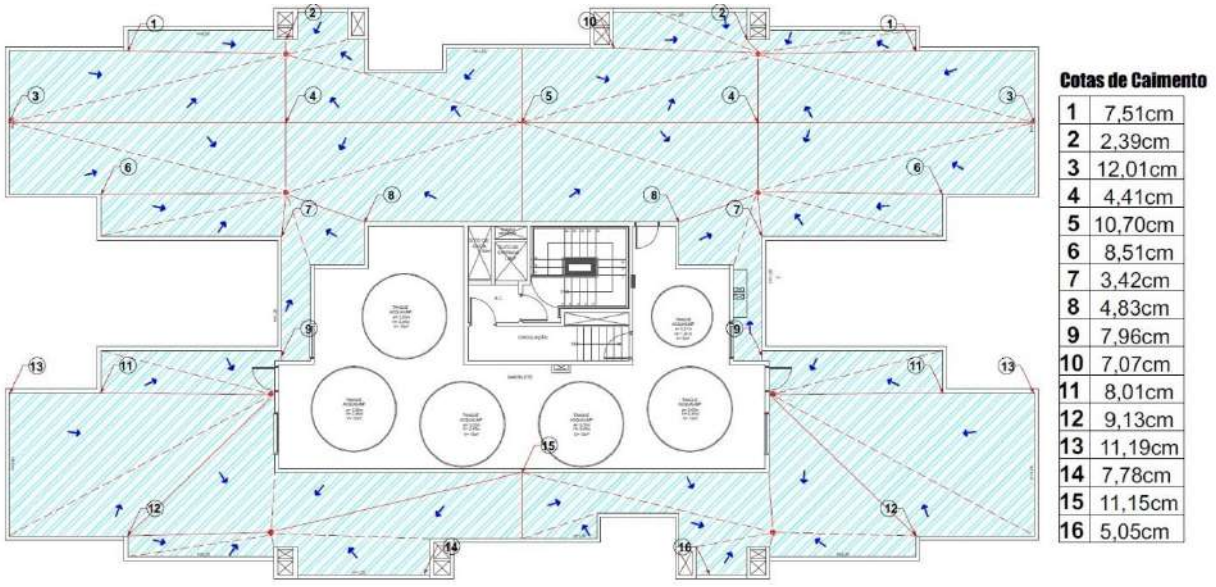
áreas com falhas. Os ensaios aplicados no estudo de caso visaram a verificação da conformidade com os parâmetros mínimos de aceitação estabelecidos na norma ABNT NBR 9952 (2014).

3.1 Descrição do estudo de caso

O estudo de caso foi realizado em uma cobertura impermeabilizada de uma edificação residencial, com 15 pavimentos. A laje de cobertura em concreto armado, acessível para trânsito eventual de pessoal para serviços de manutenção, possui uma área total de 498 m² de sistema de impermeabilização instalado. O sistema aplicado teve como referência um projeto específico de impermeabilização, contratado previamente à execução dos serviços. A Figura 3 apresenta a planta da laje de cobertura com a indicação das áreas e o sistema de impermeabilização projetado. As setas em azul compõem o diagrama com cotas de caimento da água no sentido dos coletores.

No projeto foi especificada a aplicação de uma manta asfáltica estruturada com véu de poliéster, tipo II, classe B, espessura 4 mm, com acabamento na face superior em grânulos minerais de ardósia. Este acabamento superficial, geralmente, tem por finalidade a proteção do sistema contra ação dos raios solares, sem a necessidade de demais camadas de revestimento acima desta (ABNT, 2014b). Neste projeto este acabamento foi especificado para que não se precisasse utilizar uma camada de argamassa de proteção mecânica, diminuindo a sobrecarga na estrutura. A aderência do material ao substrato foi feita com o uso de maçarico de GLP (gás liquefeito de petróleo), em um processo denominado soldagem autógena.

Figura 3- Planta da laje de cobertura com representação do sistema de impermeabilização com diagrama com cotas de caimentos da água.



Fonte: os autores (2022)

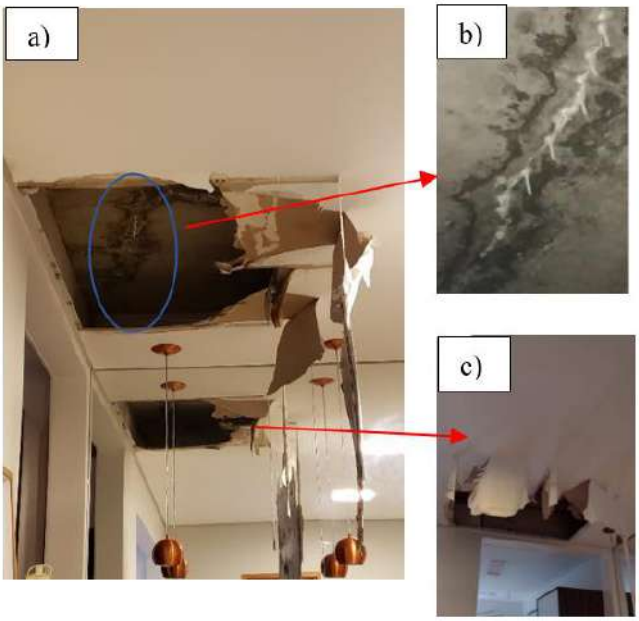
4. METODOLOGIA DE DETECÇÃO DE FALHAS EM IMPERMEABILIZAÇÃO

4.1 Levantamento de dados

A laje de cobertura apresentava um sistema de impermeabilização já instalado, que datava da época da construção do edifício. Contudo, depois de cerca de 4 anos de uso o sistema apresentou falhas

e consequente perda de estanqueidade. A inspeção visual partiu da análise das manifestações patológicas ocorridas no apartamento localizado imediatamente abaixo da laje de cobertura impermeabilizada. Observou-se que o fluxo de água se dava ao longo da extensão de uma fissura no concreto. Como indicado na Figura 4a, com a intensa infiltração de água, houve a ruptura do sistema de revestimento de gesso do forro. Ademais, foi observada a manifestação de eflorescências, assim como a formação de cristais de sais de carbonato de cálcio lixiviados pela água (estalactites).

Figura 4- a) Sistema de forro danificado devido a infiltração de água; b) Eflorescência com formação de sais lixiviados do concreto (estalactites); c) Ruptura do forro de gesso.



Fonte: os autores (2022)

A partir da análise das manifestações patológicas, a solução especificada foi a reforma completa do sistema de impermeabilização da cobertura com a utilização da manta asfáltica com acabamento em grãos de ardósia. Para tanto, foi contratado um projeto de impermeabilização (*Vide* Figura 3). A execução dos serviços foi realizada por uma empresa especializada, e teve acompanhamento do projetista de impermeabilização.

Quando do término da aplicação da manta asfáltica foi feito o ensaio de estanqueidade com o equipamento Holiday Detector, e não fora encontrado nenhum tipo de falha. É importante salientar que a aprovação no teste de estanqueidade não é um certificado de garantia da obra; ele representa uma fotografia de todo o sistema no exato instante de sua realização. Porém, o uso da área, e principalmente a depender dos fatores de envelhecimento ao longo do tempo, vão determinar o desempenho do sistema e sua consequente vida útil.

Deste modo, apesar do sistema ter sido aprovado no teste de estanqueidade quando do término da instalação, começou a apresentar falhas cerca de 7 meses depois. Em uma segunda análise visual foi detectada a presença de umidade no forro do apartamento inferior à laje de cobertura (Figura 5). Como indicado na Figura 6, a água percolou novamente para o interior da edificação por uma fissura já existente desde a primeira falha da impermeabilização.

Figura 5 - Manifestação de umidade no sistema de forro de gesso



Fonte: os autores (2022)

Figura 6 - Infiltração de água em fissuras da laje de cobertura com a lixiviação do concreto



Fonte: os autores (2022)

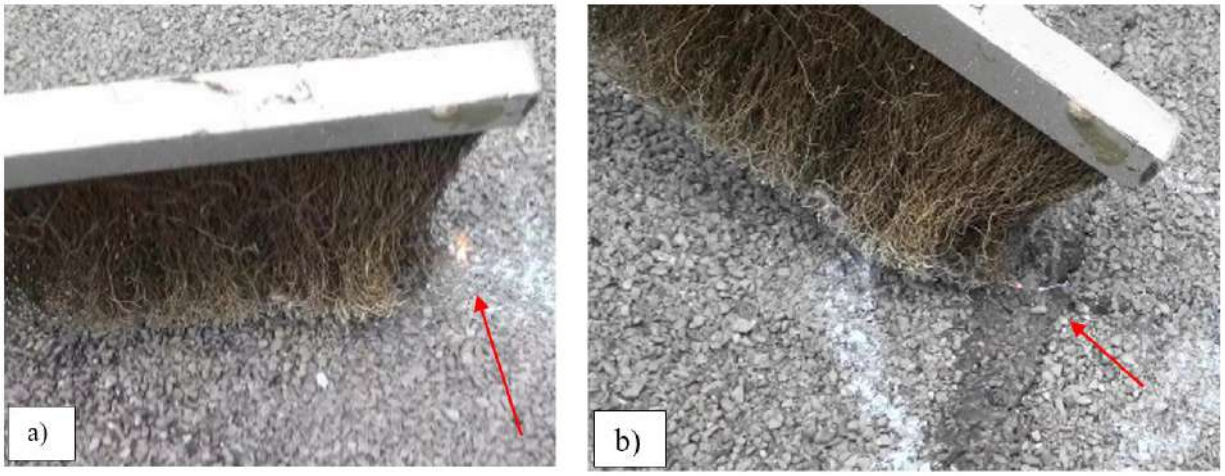
Com o retorno das infiltrações, para diagnosticar a origem das manifestações patológicas foram adotadas duas vias. A primeira para verificação de falhas de execução e possíveis descontinuidades no material, com uso do ensaio de condutância elétrica. E a segunda para verificação das propriedades mecânicas da manta asfáltica aplicada, com ensaios de caracterização em laboratório.

4.2 Ensaio de condutância elétrica com equipamento Holiday Detector

Como etapa prévia do ensaio, a calibração do equipamento foi ajustada à tensão adequada de acordo com a configuração da camada impermeável a ser inspecionada. Conforme indicação do fabricante do equipamento (ETCLASS), a tensão foi ajustada com base na espessura do sistema, sendo 10 kV/mm. Como o sistema de impermeabilização é de 4 mm, a tensão de 40 kV foi aplicada.

O ensaio consistiu em percorrer a superfície da camada impermeável com o uso de um eletrodo explorador acoplado a uma escova metálica de 1 metro de largura. Com velocidade constante, máxima de 20 cm/s, o eletrodo foi mantido em contato com a superfície investigada durante todo o tempo de ensaio. Quando houve uma falha na impermeabilização um arco voltaico foi formado e um aviso sonoro foi emitido pela sirene do equipamento. A Figura 7 a e b mostra a liberação de uma faísca do eletrodo, indicando a direção do ponto em que ocorreu fuga de corrente elétrica pela camada impermeável.

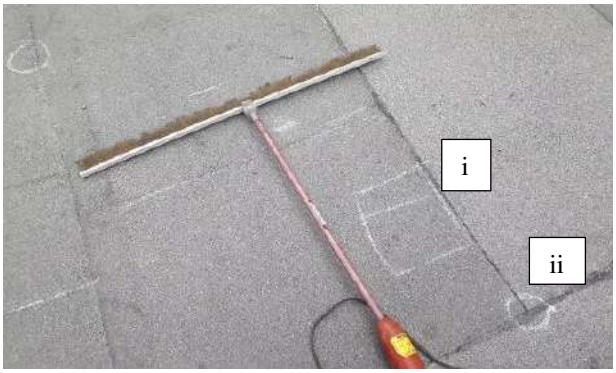
Figura 7 - Detecção de falha no sistema de impermeabilização com a liberação de faísca durante a inspeção.



Fonte: os autores (2022)

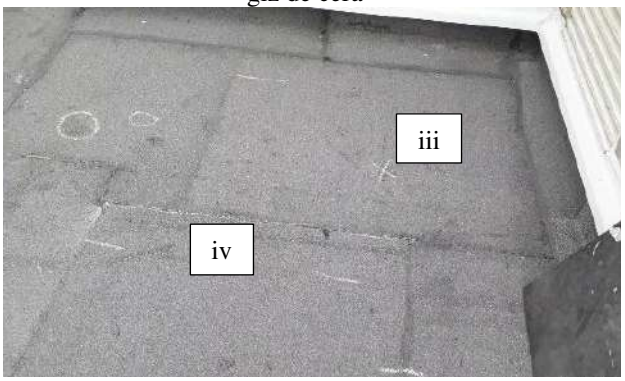
As Figuras 8 e 9 apresentam a marcação do ponto ou área defeituosa com uso de um lápis de cera quando da detecção de uma falha. Como indicado nas figuras, as falhas foram mapeadas tanto em pequenas regiões (i), em pontos específicos de emendas entre uma e outra manta (ii), em pontos isolados (iii), quanto em uma extensão linear (iv). Ao final da varredura de toda a área impermeabilizada foi constatado a média de 3 a 4 pontos ou regiões de falha por metro quadrado.

Figura 8 - Eletrodo explorador acoplado a escova metálica



Fonte: os autores (2022)

Figura 9 - Pontos e áreas com falhas com marcação em giz de cera



Fonte: os autores (2022)

5. ANÁLISES E RESULTADOS

5.1 Ensaios laboratoriais

A Tabela 1 apresenta os resultados dos ensaios de caracterização realizados para a manta asfáltica utilizada na laje de cobertura. Observa-se que de todos os resultados apresentados na Tabela 1, o material não atendeu ao critério da norma NBR 9952 (ABNT, 2014) para o ensaio de flexibilidade à baixa temperatura, tendo por outro lado superado os demais critérios para as mantas do tipo II-B.

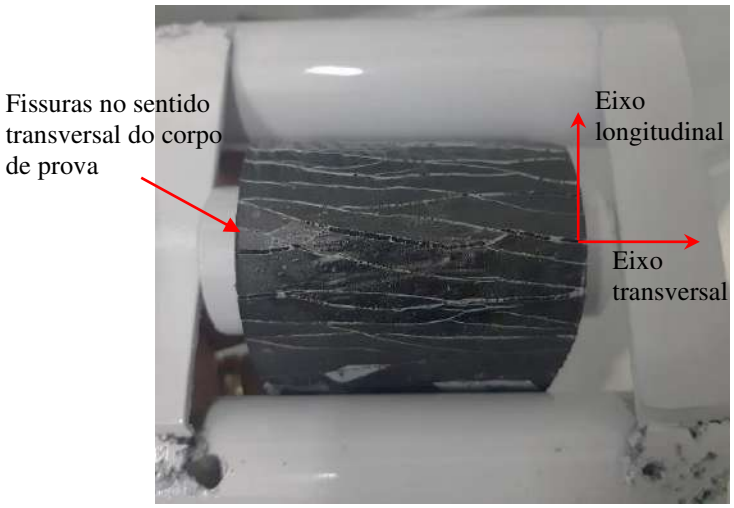
Tabela 1- Resultados dos ensaios de caracterização da manta asfáltica tipo II, Classe B.

Ensaio	Resultados	Valores de referência NBR 9952 (ABNT, 2014)
Espessura (mm)	4,09	4,00
Resistência ao impacto	Leve marca na manta, porém sem apresentar perfuração	Nenhuma perfuração e nenhuma marca
Escorrimento	Sem deslocamento da massa asfáltica	Sem deslocamento da massa asfáltica
Flexibilidade a baixa temperatura (-5°C)	Fissuras e rupturas visíveis	Sem fissuras ou rompimentos
Absorção de água (%)	< 1	Máx. 1,5
Resistência à Tração (N)	493,3	180
Alongamento na ruptura (%)	31,5	2
Estabilidade dimensional (%)	0, 55 eixo longitudinal; 0,67 eixo transversal	Máx. 1
Punção estática	Sem perfuração e nem marca	Sem perfuração
Resistência ao rasgamento (N)	137,2 eixo longitudinal; 133,7 transversal.	Mín. 100
Estanqueidade (M.C.A)	20	Mín. 10

Fonte: os autores (2022)

A Figura 10 indica as fisuras que ocorreram no corpo de prova após ensaio mecânico de flexibilidade a baixa temperatura (-5°C). Nota-se que ao longo de toda a amostra houve a formação de fissuras padronizadas no sentido transversal. Para análise do comportamento do material uma segunda etapa de ensaios foi realizada, na qual os corpos de prova foram submetidos à temperatura de 0°C. Contudo, os resultados obtidos foram similares aqueles dos corpos de prova ensaiados a temperatura de -5°C.

Figura 10 - Ensaio de flexibilidade a baixa temperatura de manta asfáltica, tipo II, classe B, com acabamento com grânulos de ardósia, apresentou fissuras ao longo de toda a extensão da amostra.



Fonte: os autores (2022)

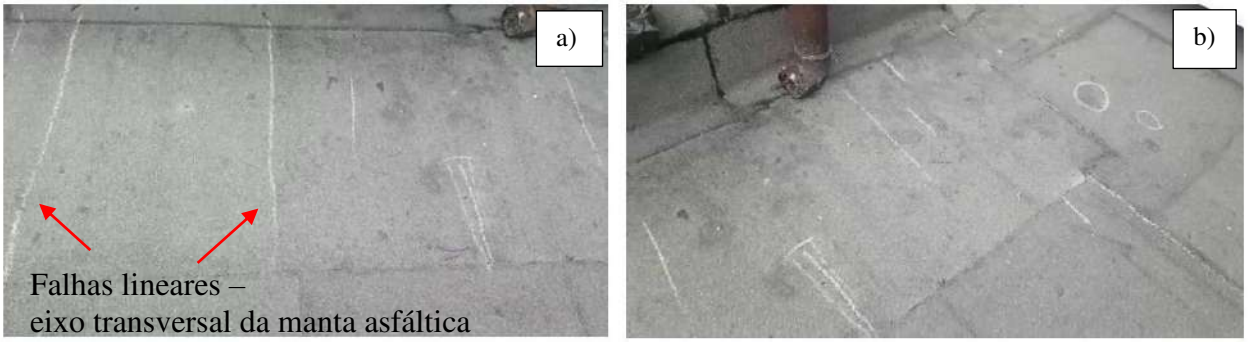
O asfalto como uma classe especial de polímeros termoplásticos é consideravelmente sensível à variação da temperatura, pois amolece tendendo a fluir quando aquecidos ou sob pressão, e enrijece ao ser resfriado (EBEWELE, 2000, p. 31; SMITH; HASHEMI, 2012, p. 332). Essa característica é atribuída a temperatura de transição vítrea – Tg, que é o fator governante das alterações de comportamento em polímeros (ASKELAND; WRIGHT, 2014, p. 524). Desta forma, a nível macroscópico, as fissuras ocorridas na manta asfáltica (Figura 10) podem ser relacionadas à perda de mobilidade das moléculas das cadeias poliméricas quando abaixo da temperatura de transição vítrea. Ademais, com deslocamento das cadeias limitadas, consequentemente ocorre um aumento na rigidez e na ductilidade de materiais poliméricos (VAN LOOCK; FLECK, 2018), fatores estes que podem ter corroborado para a baixa resistência às fissuras da manta asfáltica ensaiada.

5.2 Ensaio de condutância elétrica

O ensaio de condutância elétrica foi realizado na laje de cobertura para verificar a estanqueidade do sistema ao término da sua instalação. Porém, após 7 meses do fim dos serviços o sistema apresentou falhas levando a infiltração de água para o interior da edificação. Como indicado no item 4.2, com o equipamento Holiday Detector foi possível detectar cerca de 3 a 4 falhas por metro quadrado, e com variações nos padrões dessas falhas.

Durante a inspeção do sistema de impermeabilização, a geometria de falha mais observada quando do fechamento de arco voltaico pelo equipamento foi em formato linear. Este formato de falha indica o surgimento de fissuras ao longo da manta aderida. Como mostrado na Figura 11 a e b, o formato linear das falhas, no sentido transversal da manta asfáltica, pode ser comparado com as fissuras surgidas ao longo do corpo de prova após ensaio de flexibilidade à baixa temperatura (Figura 10).

Figura 11 - Padrão linear de falha detectado no ensaio de condutância elétrica



A exposição do sistema às condições climáticas e às variações de temperatura ao longo de períodos de outono, inverno e de metade da primavera pode de ter acelerado o processo de degradação do material. Ainda que a manta asfáltica fosse autoprotegida, por grânulos minerais de ardósia, mostrou-se com alterações significativas ao longo do tempo. Estas falhas detectadas acarretaram a perda de estanqueidade, culminando com a percolação de água durante os períodos chuvosos para o interior da edificação. Como indicado na metodologia, item 4.2, o ensaio de condutância elétrica, com uso da tecnologia Holiday Detector, possibilitou a avaliação do desempenho do sistema no quesito estanqueidade de forma precisa e com menor transtornos para o usuário da edificação.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo apresentou uma metodologia de diagnóstico de falhas em sistemas de impermeabilização com ensaio de condutância elétrica utilizando o equipamento Holiday Detector. Com o uso desta metodologia foi possível detectar os locais e formatos das falhas no sistema, o que não seria possível de ser feito apenas com análise visual e com o teste tradicional de lâmina d'água.

Dada a elevada quantidade de descontinuidades ao longo do sistema foi necessário realizar ensaios de caracterização na manta asfáltica. Os resultados apontaram que a perda de estanqueidade do sistema de impermeabilização estava relacionada ao asfalto utilizado na fabricação das mantas asfálticas, que ao ser submetido ao ensaio de flexibilidade a baixa temperatura (-5 °C e 0°C) apresentou fissuras.

Ressalta-se que o material apresentou resultado de resistência à tração em cerca de 270% superior aos parâmetros normativos. Assim como o alongamento na ruptura, que foi cerca de 16 vezes maior do que o estabelecido em norma. No entanto, ainda que os valores tenham superado consideravelmente os parâmetros, o sistema apresentou falhas de desempenho em campo. Depreende-se disto que os critérios previstos na norma contemplam o espectro de critérios técnicos que uma manta asfáltica deve atender para apresentar um resultado satisfatório em campo. Desta forma, a fissuração após ensaio de flexibilidade à baixa temperatura da manta asfáltica mostrou significativo impacto no desempenho do sistema quando em uso.

Por fim, a aplicação do ensaio de condutância elétrica aliado às análises do material em laboratório mostraram-se pertinentes para um diagnóstico preciso e suficiente para embasar uma solução para uma nova intervenção.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D7877: Standard Guide for Electronic Methods for Detecting and Locating Leaks in. Pennsylvania, v. i, p. 1–7, 2014. DOI: 10.1520/D7877-14.1.

ASKELAND, Donald R.; WRIGHT, Wendelin J. **Ciência e Engenharia dos materiais**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9952: Manta asfáltica para impermeabilização. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. 2021.

BERTOLINI, Luca. **Materiais de construção. Patologia, reabilitação e prevenção.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2014.

DOS SANTOS, Julie Anne Braun. **Desenvolvimento de metodologia para avaliação da transferência de fissuras em sistemas de impermeabilização aderidos**. 2021. Universidade de São Paulo, *[S. l.]*, 2021. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3153/tde-01022022-120008/.

EBEWELE, Roberto O. **Polymer science and technology**. 1. ed. New York: CRC Press LLC, 2000.

GASPAR, Pedro L.; BRITO, Jorge De. Quantifying environmental effects on cement-rendered facades: A comparison between different degradation indicators. **Building and Environment**, *[S. l.]*, v. 43, n. 11, p. 1818–1828, 2008. DOI: 10.1016/j.buildenv.2007.10.022.

MATEUS FACCIO. **Avaliação de revestimento anticorrosivo orgânico aplicado em válvulas do tipo esfera para operações subsea**. 2017. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.

MENEZES, A.; GLÓRIA GOMES, M.; FLORES-COLEN, I. In-situ assessment of physical performance and degradation analysis of rendering walls. **Construction and Building Materials**, v. 75, p. 283–292, 2015. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2014.11.039. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.11.039.

NACE INTERNATIONAL. SP 0188: Standard Recommended Practice Discontinuity (Holiday) Testing of New Protective Coatings on Conductive Substrates2006. p. 1–8.

SALIBA, Geovana Chaves Lisboa; JÚNIOR, Antônio Neves de Carvalho. **Estudos das manifestações patológicas encontradas em Edifícios de Belo Horizonte e Nova Lima com até 30 anos de idade**. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E

PERÍCIAS 2019.

SILVEIRA, Vinicius De Castro; PINTO, Mônica Martins; WESTPHAL, Fernando Simon. Influence of environmental factors favorable to the development and proliferation of mold in residential buildings in tropical climates. **Building and Environment**, v. 166, p. 106421, 2019. DOI: 10.1016/j.buildenv.2019.106421.

SMITH, William F.; HASHEMI, Javad. **Fundamentos de engenharia e Ciência dos materiais**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH Editora, Grupo A, McCRAW-HILL, 2012.

VAN LOOCK, Frederik; FLECK, Norman A. Deformation and failure maps for PMMA in uniaxial tension. **Polymer**, *[S. l.]*, v. 148, p. 259–268, 2018. DOI: 10.1016/j.polymer.2018.06.027.