https://doi.org/10.4322/CBPAT.2022.062

USO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA DETECÇÃO DE INFILTRAÇÃO EM ÁREAS INTERNAS DE UMA EDIFICAÇÃO: ESTUDO DE CASO

Fernando Azeredo Coutinho[1], Fernanda Pacheco[2], Hinoel Zamis Ehrenbring[2], Roberto Christ[2] e Camila Simonetti[3*]

*Autor de contato: cacaks@hotmail.com

[1] Especialista em Patologia e Perícia das Edificações, UNISINOS, São Leopoldo, Brasil
[2] Instituto Tecnológico em Desempenho e Construção Civil, itt Performance, UNISINOS, São Leopoldo, Brasil
[3] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, Brasil

RESUMO

A infiltração nas edificações surge a partir da entrada indesejada de água e é causada, entre outros, pela ineficiência do sistema de impermeabilização. Essa falha se manifesta em fissuras, desplacamento e manchamento. Tais anomalias favorecem a precoce degradação da edificação, podendo assim impactar também na habitabilidade dos ambientes. A termografia infravermelha é uma técnica não destrutiva que possibilita a detecção de infiltração, uma vez que há variação de temperatura, favorecendo a percepção nesta técnica. O objetivo desse trabalho foi detectar e avaliar manifestações patológicas decorrentes de infiltrações em um posto de saúde na cidade de Triunfo/RS, apoiado na termografia como principal técnica para analisar regiões com concentração de umidade. O estudo foi feito de forma passiva e após um dia chuvoso. Os resultados mostraram que, mesmo sutis variações de temperatura, são capazes de alterar o termograma e tornar visível a detecção da umidade. Os locais onde havia infiltração apresentaram temperatura menor em relação a áreas próximas sem umidade, como esperado. As variações térmicas aferidas variaram de 1 ºC a 2 ºC. Diante do que foi proposto, a técnica empregada alcançou com sucesso o objetivo.
Palavras-chave: termografia; umidade; inspeção; infiltração; manifestações patológicas.

ABSTRACT

Water infiltration in buildings arises from the undesirable entrance of water and it is caused by the inefficiency of the waterproofing system. This failure manifests in fissures, cement displacement and cement staining. This anomaly favors the precocious degradation of the building and can impact also in the habitability of the environments. The infrared thermography is a non-destructive technique that allows the detection of water infiltration, since there is a variation of the temperature, helping the perception in this technique. The objective of this paper is to detect and to measure pathological manifestations arising by water infiltration in a health center in the city of Triunfo in the state of Rio Grande do Sul, supported in the thermography as the main technique to analyze

sections with high presence of humidity. This study was done in a passive form after a rainy day. The results showed that even subtle variations of temperature can change the thermogram and allowing the humidity detection visible. The places where there was infiltration showed lower temperature when related to close areas with no humidity. The thermal variations varied from 1 ºC to 2 ºC. The technique reached successfully its objectives.
Keywords: thermography; humidity; inspection; infiltration; pathological manifestations.

1. INTRODUÇÃO

A presença de água em locais indesejados tem efeito negativo no ponto de vista da durabilidade das edificações, dado que, sua ocorrência pode suscitar a ocorrência de manifestações patológicas. Esse reparo de manifestação causado pela água é, muitas vezes, oneroso, e de difícil diagnóstico, podendo causar problemas para o construtor e ao usuário final (BERNHOEFTV; MELHADO, 2009).

As manifestações patológicas relacionadas à umidade, são mais frequentes e difíceis de solucionar. Geralmente a umidade manifesta-se na forma de mancha, mofo, fissura, entre outros (JONMOV et al., 2013). Na maioria dos casos de infiltração, a falha na impermeabilização é a principal responsável, uma vez que preserva a edificação exposta às intempéries do ambiente (OTHMAN et al., 2015).

A ocorrência de umidade é comumente avaliada através de métodos destrutivos, porém, segundo Freitas, Carasek e Cascudo (2014), prioriza-se o uso de metodologias semi ou não destrutivas, de forma a evitar inconveniências aos usuários. A termografia por infravermelho é uma técnica eficiente e possui a vantagem ser não destrutiva, sendo possível detectar objetos não visíveis sem contato físico, além de apresentar resultado instantâneo (BARREIRA; FREITAS, 2007; BAGAVATHIAPPAN et al., 2013).

A termografia é apoiada na percepção da radiação infravermelha que é emitida por um objeto e detectada por um aparelho que assimila o tipo de transferência de calor, que se chama de radiação, isso faz com que seja possível a análise das manifestações patológicas com mais precisão (MEDEIROS, 2016). Diversos autores como Barreira (2004), Rehman et al. (2016), O'Grady, Lechowska e Harte (2017) dentre outros, relatam que a aplicação dessa técnica à construção civil é relativamente nova e apresenta-se como um método bastante útil.

Tendo em vista os benefícios da termografia, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a potencialidade do ensaio na detecção de umidade em áreas internas localizadas em um ambiente hospitalar público, de forma a analisar os danos existentes. Para tal, foi analisada uma edificação de um centro de saúde, onde possui consultórios das mais diversas especialidades, centro de vacinação e farmácia no município de Triunfo/RS.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceitos iniciais da termografia por infravermelho

A técnica de termografia consiste na medição da radiação infravermelha manifestada a partir de um determinado alvo, para isso são utilizados equipamentos de termografia infravermelha com a função de captar a radiação e transformá-la em sinais elétricos que possibilitam uma definição em

forma de imagem. Assim, com a distribuição da temperatura superficial do alvo, revela-se uma escala de cores correspondentes a esta temperatura (KYLILI et al., 2014; FERREIRA, 2016; ABNT NBR 16969, 2021).

A aplicação da termografia é classificada como qualitativa e quantitativa, contudo, existem tipos de análises que utilizam a aplicação passiva e ativa, sendo diferenciadas pelo tipo de estímulo utilizado na medição (MILHOMEN, 2019).

A termografia qualitativa é a análise das cores resultantes no termograma comparadas com uma situação padrão para determinar possíveis manifestações. A termografia quantitativa visa acompanhar numericamente essas variações, assim conseguindo verificar e acompanhar a severidade destas anomalias (REBELO, 2017; ALAM et al., 2016; ITC, 2008).

A termografia passiva utiliza estímulos naturais na emissão de radiação pelo alvo para ser captada pelo termovisor, já a termografia ativa necessita de uma energia projetada proveniente de uma lâmpada ou de outra fonte projetora de calor para reproduzira temperatura do alvo em estudo (MANDAGUE, 2001; BARREIRA et al., 2015).

2.2 Aspectos da termografia

De acordo com a NBR 15424 (ABNT, 2016), a emissividade é a relação da radiação emitida por um corpo real em estudo e o que seria emitido por um corpo negro, à mesma temperatura e comprimento de onda, podendo apresentar valores entre 0 (refletor perfeito) e 1 (corpo negro). O parâmetro da emissividade depende exclusivamente da superfície do material, sendo fundamental a correta escolha do valor, para que não seja gerado um termograma equivocado e, consequentemente, uma interpretação incorreta (AVDELIDIS & MOROPOULOU, 2003).

A maioria dos materiais utilizados na construção civil apresentam valores de emissividade altos, maiores que 0,8, o que favorece a medição, pois os maiores valores se destacam mais do que os outros ao seu redor, por refletirem mais radiação (TAYLOR; COUNSELL; GRILL, 2014). Em contrapartida, os materiais de menor emissividade aproximam temperaturas dos seus arredores devido à baixa radiação refletida, dificultando a sua visualização (ITC, 2008).

De acordo com a NBR 15424 (ABNT, 2016), a temperatura refletida ou reflexão do material consiste na radiação proveniente de outros objetos. Fato que limita a análise termográfica de materiais com superfície lisa e brilho, pois estes refletem a radiação infravermelha de outro corpo, desse modo o operário deve possuir experiência de forma a evitar essa distorção e possíveis prejuízos na sua análise (BAUER; PAVÓN, 2015). De forma prática, ao identificar um possível reflexo, é preciso realizar um teste para eliminar dúvidas. Move-se a câmera em relação a região em análise, alterando a angulação, e, caso a região também se mova evidencia-se um efeito reflexo (BAUER et al., 2015). Árvores, prédios e outros formadores de sombras no local a ser estudado podem levar a conclusões equivocadas se não detectados no momento da análise, pois distorcem localmente a temperatura real do alvo (BARREIRA, 2004).

A resolução geométrica é definida pelo tamanho do detector projetado pelas lentes no alvo (ITC, 2013). O Campo de Visada Instantâneo ou *Istantaneous Field of View* (IFOV) indica o menor objeto que pode ser representado em uma imagem do visualizador com relação a distância de medição, dimensionado na forma de ângulo, em miliradianos (mrad) (PAVÓN, 2017; MILHOMEM, 2019).

Cada pixel do termograma é a representação da temperatura captada pelo sensor que constitui a resolução da câmera. Os sensores são conhecidos como microbolômetros e possuem a característica de serem sensíveis a radiação infravermelha. Assim mede-se a radiação incidida sobre eles, quanto maior a quantidade, maior será a resolução térmica do termo visor. Existem termovisores comerciais de 80x60, 160x120, 320x240, 640x480, 1024x768 pixels/ microbolômetros, dentre outros (ITC, 2018).

Ocorrem distorções das temperaturas obtidas nos termogramas quando há variação de distância e angulação. Ainda assim, a variação de ângulo apresenta maior influência sobre as temperaturas do que a distância entre a câmera e o alvo, uma vez que a emissividade é alterada conforme a variação do ângulo obtido das imagens (AIDAR & BAUER, 2018; BAUER; PAVÓN; HILDENBERG, 2015; MALDAGUE, 2000). Quando há aumento da distância entre câmera e alvo, acontece uma ampliação e perda de precisão, isso ocorre porque cada pixel do termograma é responsável por determinada área do objeto de estudo, fazendo uma média de temperaturas nela e, quando há aumento da distância, cada pixel fica responsável por uma área maior (AIDAR, 2019). A angulação pode afetar a análise termográfica. Maldague (2000) e Aidar et al. (2018) afirmam que as imagens obtidas de um ângulo de até 60º não interferem nas informações obtidas do termograma.

O foco é um parâmetro essencial a ser verificado no momento da inspeção, pois ele não pode ser ajustado posteriormente e necessitará de uma nova análise do local. Uma imagem não nítida pode acarretar a distorção da percepção de uma anomalia crítica, dada a importância de o termograma ser retirado de uma imagem o mais nítida possível. Caso contrário, resultará em uma conclusão incorreta (FLUKE, 2009).

2.3 Anomalias térmicas detectadas no edifício

Segundo Silva (2012), com o uso da termografia é possível encontrar tantos elementos construtivos, estruturais ou não estruturais quanto anomalias. Um estudo realizado por Marcelino (2020) demostra que foi possível identificar claramente elementos com laje de concreto armado, pilares e tijolos maciços, isso se dá pela diferença térmica encontrada na presença de diferentes materiais, devido às propriedades físicas e químicas de cada um deles (CORTIZO, 2007).

A avaliação de fissuras pode ser realizada utilizando a termografia infravermelha, devido a camada de ar no interior de uma fissura e sua geometria caraterística (estreita/fina), agindo como fatores facilitadores na detecção por termogramas (MILHOMEM, 2019). Bauer (2016) enfatiza que a análise deve ser feita em diferentes horários do dia para acompanhar o comportamento da manifestação patológica.

A manifestação patológica caracterizada pelo descolamento de peças cerâmicas pode ser observada pela análise termográfica em razão da diferença de temperatura entre a presença de ar, resultado da perda de aderência da peça cerâmica, e as peças vizinhas aderidas corretamente. Isso só é possível devido a espessura fina da peça (PAVÓN, 2017). Durante o dia as peças em descolamento apresentam-se no termograma como área mais quentes e à noite como áreas mais frias (LOURENÇO et al, 2017).

Os materiais da construção civil, em sua predominância, têm característica porosa, por consequência a umidade consegue se espalhar nesses materiais com facilidade até ocupar todos os poros (AIDAR, 2018). As oscilações no comportamento térmico entre materiais de variadas taxas

de umidade provêm das diferentes características de comportamentos entre eles, e só são suscetíveis à visualização da umidade em decorrência da redução da temperatura na superfície quando há evaporação da água e da maior capacidade térmica desses materiais no seu estado úmido, resultando na diminuição da temperatura na região (BARREIRA; ALMEIDA; DELGADO, 2016).

A umidade pode ser detectada por meio da técnica da termografia infravermelha, através da alteração de temperatura na superfície do objeto em ocorrência do esfriamento evaporativo, diminuição da resistência térmica e aumento significativo da capacidade de calor do objeto úmido (FERREIRA, 2016). Tanto a umidade ascendente quanto a causada pela chuva, permitem o uso da técnica de termografia, sendo ela considerada um ensaio válido para detecção de umidade em elementos da construção (BARREIRA & ALMEIDA, 2019).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A inspeção foi realizada em uma edificação pública da área de saúde no município de Triunfo/RS, em agosto de 2021, no período de 08:00 a 10:30. O estudo baseou-se exclusivamente na utilização da termografia por infravermelho como ensaio não destrutivo, a fim de verificar anomalias causadas por umidade na edificação. A edificação vistoriada pode ser observada na Figura 1.

Figura 1 – Edificação vistoriada



Fonte: Google Earth Pro (2021).

O parâmetro para escolha dos locais para elaboração deste estudo foi a procura de ambientes que fossem possíveis detectar evidências mínimas da presença de anomalias. O estudo ocorreu em períodos chuvosos para que se pudesse observar as anomalias causadas, principalmente oriundas da infiltração.

A aplicação da termografia foi qualitativa, pois se priorizou as diferenças visuais térmicas (pontos quentes e frios) identificando possíveis defeitos que, a princípio, deveriam ser homogêneos. A técnica foi aplicada de maneira passiva, sem nenhum estímulo artificial, dependendo unicamente das condições naturais do clima.

A câmera termográfica utilizada foi a FLIR C5. Na Tabela 1 constam algumas características do equipamento.

Tabela 1 – Configurações da câmera

Características da câmera	Flir C5
Resolução IR	160x120
Sensibilidade térmica	<70mK
Precisão	±3 °C
Faixa de Temperatura	-20 a 400 °C
IFOV	6,3 mrad/pixel

Fonte: Manual FLIR C5.

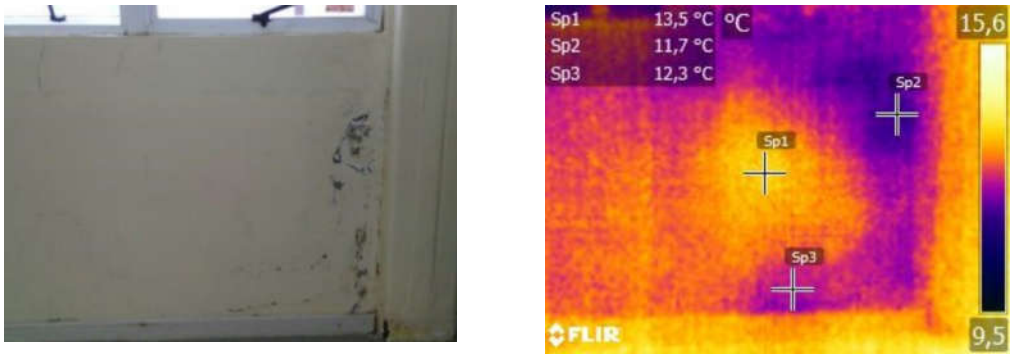
A umidade relativa do ar no ambiente era por volta de 55%, conforme termômetro no local. A velocidade do vento externo à edificação era de 11 km/h, contudo o estudo foi realizado em ambiente interno, o que acabou não tendo influência direta dessa variável. A temperatura no ambiente variou de 16 ºC a 18 ºC no período da inspeção e a distância da câmera foi variada entre 1,5 m e 3 m. A emissividade dos locais inspecionados foi determinada pelo método que consiste na utilização de um material com a emissividade já conhecida na área do alvo em que a emissividade necessita de ser medida, essa metodologia está descrita na NBR 16969 (ABNT, 2021). O material conhecido adotado foi a “fita preta” que, segundo Barreira (2004) e Anhas (2018), apresenta uma emissividade em torno de 0,95. Foi colada a fita na região do alvo para que se pudesse ter a emissividade, tal propriedade é adquirida mediante a interação da temperatura da parede sendo igual à da fita, correspondendo à emissividade real do objeto de estudo.

A temperatura refletida também deve ser ajustada. Nesse estudo foi adotado o procedimento refletor, descrito na NBR 16969 (ABNT, 2021). Inicialmente ajustou-se a câmera com emissividade 1 e a distância para 0, em seguida se colocou a câmera termográfica paralela a um pedaço de papel alumínio com aspecto amassado, mas estendido. É necessário obter três termogramas com o objetivo de tornar viável a realização da média das temperaturas aparentes refletidas com o intuito de utilizar de maneira compensatória no estudo.

4. RESULTADOS

Nesta edificação foram analisados três paredes e dois forros, as paredes apresentavam revestimento de pintura na face que foi aplicada a termografia e os forros eram do tipo modular de fibra de vidro. A Figura 2(a) traz a parede interna do segundo pavimento (PI1), com fachada ao leste, localizada abaixo de uma esquadria de janela. É possível notar a degradação da pintura devido a infiltração proveniente da ineficiência da vedação desta janela. A Figura térmica 2(b) apresenta uma região com a temperatura mais fria do que as demais, podendo caracterizar a infiltração que percola até a interface do rodapé com a parede.

Figura 2 – Parede interna do segundo pavimento (PI1)
a) imagem digital e b) imagem térmica

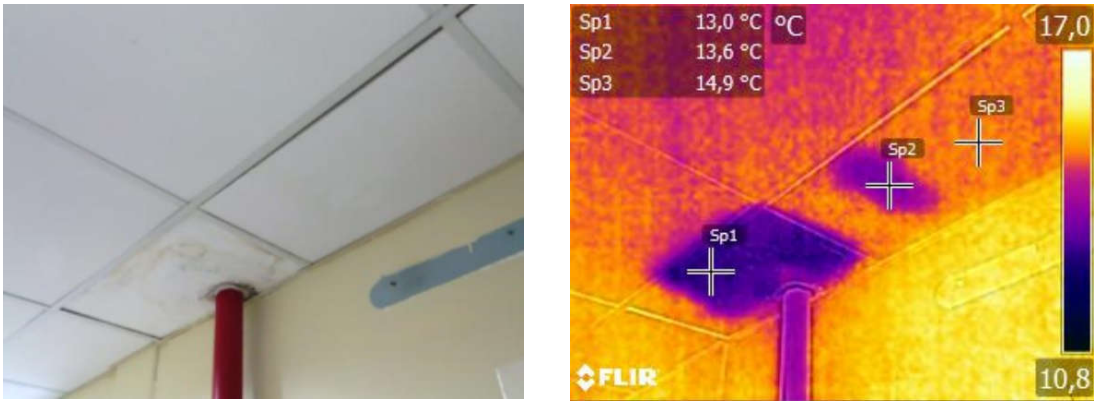


Fonte: os autores.

A diferença de temperatura entre as áreas com e sem infiltração é de aproximadamente 1,8 ºC (Sp1= 13,5 ºC – Sp2= 11,7 ºC). Neste caso, onde há presença de umidade a termografia por infravermelho proporciona a visualização destes locais.

A Figura 3(a) apresenta duas regiões mais frias no forro modular do segundo pavimento (FM1) e, próximo à tubulação do hidrante notam-se mancha de bolor, já a placa ao lado não apresenta sinais de umidade. Contudo, na Figura térmica 3(b), se percebe uma área com temperatura menor, indicando uma possível infiltração do telhado, a menor diferença de temperatura na região é de 1,3 ºC (Sp3= 14,9 ºC – Sp2= 13,6 ºC), ainda assim é evidenciada na técnica. A maior diferença da região com menor temperatura é de 1,9 ºC (Sp3= 14,9 ºC – Sp1= 13 ºC); essa diferença de contraste entre as regiões revela as áreas que estão úmidas (tons frios) e secas (tons quentes) (EDIS; FLORES-COLEN; BRITA, 2014).

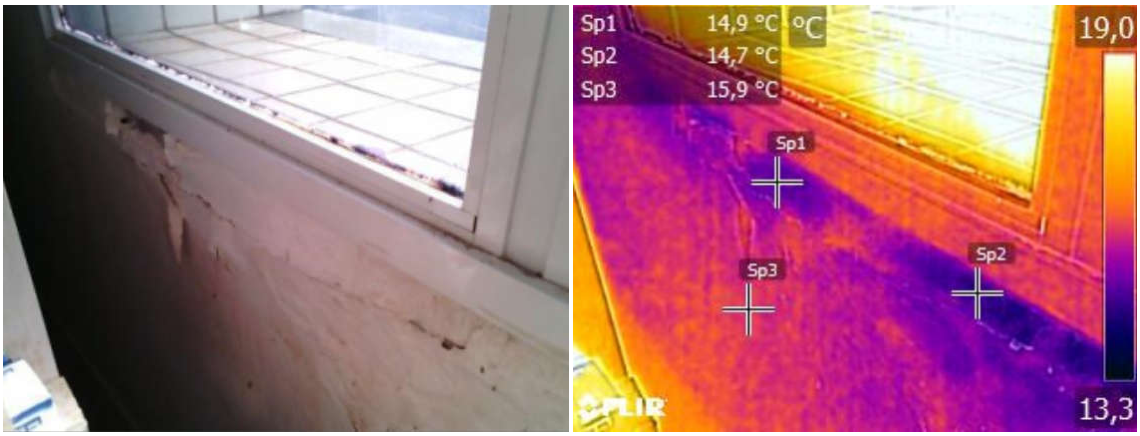
Figura 3 – Forro modular do segundo pavimento (FM1)
a) imagem digital e b) imagem térmica



Fonte: os autores.

A parede interna do segundo pavimento (PI2) fica localizada na fachada norte, há falta de desempenho quanto a estanqueidade que pode ser confirmada a partir da Figura 4. Na Figura 4(a) evidencia-se a degradação da pintura, a formação de bolhas e bolor. A Figura térmica 4(b) esclarece que a umidade está vindo da esquadria, em razão da diferença de temperatura entre Sp1 e Sp2 em relação à Sp3. A diferença de temperatura é de 1,2 ºC (Sp1= 14,7 ºC – Sp3= 15,9 ºC).

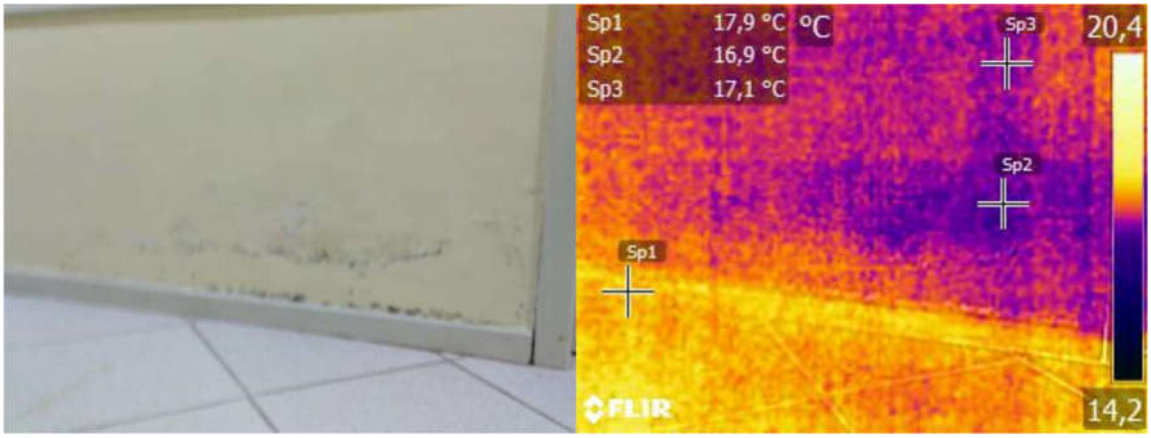
Figura 4 – Parede interna do segundo pavimento (PI2)
a) imagem digital e b) imagem térmica



Fonte: os autores.

Também no primeiro pavimento foi analisada uma parede interna (PI3) que não faz divisa com área externa, nela foi identificado umidade ascendente, proveniente de uma impermeabilização incorreta ou inexistente. A Figura 5(a) exibe uma manifestação patológica característica de umidade próxima ao rodapé. Na Figura térmica 5(b) mostra uma região mais fria na parte superior onde já se revelou o dano, uma vez que tal manifestação tem a tendência de subir pelo elemento. Há diferença de temperatura de 1 ºC (Sp2 – Sp3), segundo bibliografia esse valor já é suficiente que seja feita leitura precisa da anomalia (MANDAGUE, 2001).

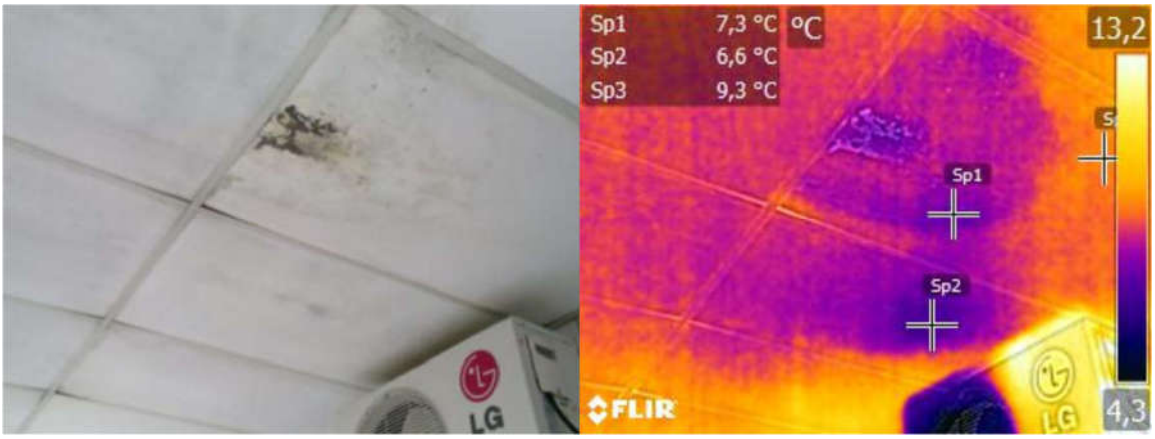
Figura 5 – Parede interna do primeiro pavimento
a) imagem digital e b) imagem térmica



Fonte: os autores.

O forro (FM2) fica em uma área externa no primeiro pavimento, sendo este coberto, conforme se vê na Figura 6. A variação de temperatura de 2 ºC (Sp3 – Sp2) é explicada pelo telhado da cobertura que não passa por manutenções como limpeza de calhas, o que acarreta vazamentos.

Figura 6 – Forro em área externa do segundo pavimento
a) imagem digital e b) imagem térmica



Fonte: os autores.

Os resultados obtidos nesse estudo concordam com o descrito em outros trabalhos como o de Rocha, Santos, Póvoas (2020) e Rocha et al. (2018) sobre detecção de manifestações patológicas relacionadas a umidade e infiltração interna de edificações. Apesar de que os contrastes térmicos tenham sido em torno de 1 ºC a 2 ºC, concederam a possibilidade de detecção das áreas que apresentavam regiões úmidas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo aplicar a termografia por infravermelho para detecção de infiltrações. A técnica proporcionou identificar as manifestações patológicas de forma passiva, sem prévia manipulação térmica. Variações térmicas inferiores a 1 ºC puderam ser detectadas, entretanto, quanto maior a variação térmica melhor e mais clara será a análise. Nesse caso, utilizar a termografia ativa possibilitaria identificar com maior precisão as anomalias.

As condições climáticas têm influência na detecção de anomalias, pois é necessário que a região afetada apresente variação térmica para ser notada. Uma infiltração, por exemplo, pode ser mais bem observada na presença de chuva. O ambiente externo é muito mais influenciado pelo clima, uma vez que está sujeito às intempéries.

A técnica se mostrou eficiente no auxílio a inspeções de obras civis. Tem como benefício central ser um método não destrutivo, especialmente na avaliação de infiltrações. Apesar de possuir fácil leitura, a técnica exige treinamento prévio para o correto manuseio do equipamento, tratamento posterior das imagens e interpretação dos resultados.

Os resultados apresentados foram satisfatórios e permitiram contribuir com pesquisas para investigação de manifestações patológicas voltadas a infiltrações, visando aprimorar o diagnóstico e fornecer análises mais assertivas.

Por tratar-se de uma técnica recente, ainda faltam estudos que permitam analisar imagens termográficas oriundas de efeitos provocados artificialmente em protótipos construtivos em laboratório. Ou ainda, que avaliem de forma comparativa uma mesma manifestação patológica alterando parâmetros como emissividade, temperatura refletida e outros. Esses parâmetros podem ser indicados como sugestões de trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15424: Ensaios não destrutivos - Termografia - Terminologia**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16969: Ensaios não destrutivos - Termografia infravermelha - Princípios gerais**. Rio de Janeiro, 2021.

AIDAR, L. A. G. **Metodologia de inspeção e análise de termogramas para estudo de fachadas em revestimento cerâmico**. 2019. 209 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2019.

AIDAR, L.; MILHOMEM, P.; BAUER, E. Análise das possíveis variações nos termogramas provocadas por alterações no ângulo de obtenção das imagens. *In:* Congresso Brasileiro de Patologia das Construções, 3., 2018. **Anais [...]**. Campo Grande: Associação Brasileira de Patologia das Construções, 2018.

ALAM, F. W. A.; PINZ, F. P.; TORRES, A. S.; PALIGA, C. M. **Potencial da termografia infravermelha na detecção de manifestações patológicas ocultas ocasionadas pela umidade acidental em paredes de alvenarias cerâmicas com revestimento de argamassa e pintura**. Revista de Arquitetura IMED, v. 5, n. 1, p. 28–47, 2016.

AVDELIDIS, N.P.; MOROPOULOU, A. Emissivity considerations in building thermography. **Energy and Buildings**, 2003. 35(7): p. 663-667.

BARREIRA, E.; ALMEIDA, R. M. S. F. **Infrared thermography for building moisture inspection**. 1. ed. Springer: 2019.

BARREIRA, E.; ALMEIDA, R. M. S. F.; DELGADO, J. M. P. Q. Infrared thermography for assessing moisture related phenomena in building components. **Construction and building materials**, v. 110, p. 251-269, 2016.

BAUER, E. et al. Facades inspection with infrared thermography: cracks evaluation. **Journal of Building Pathology and Rehabilitation**, v. 1, n. 2, p. 1–7, 2016.

BAUER, E.; PAVÓN, E. Termografia de infravermelho na identificação e avaliação de manifestações patológicas em edifícios. **Concreto e Construções**, p. 93–98, 2015.

BERNHOEFT, L. F.; MELHADO, S. B. A importância dos sistemas de impermeabilização na durabilidade das estruturas. *In*: Congreso Iberoamericano, 1.; Jornada “Técnicas de Restauración Y Conservación Del Patrimonio”, 8., 2009. **Anais [...].** Buenos Aires, 2009.

EDIS, E.; FLORES-COLEN, I.; DE BRITO, J. Passive thermographic detection of moisture problems in façades with adhered ceramic cladding. **Construction and Building Materials**, v.51, p.187-197, 2014.

FERREIRA, J. P. B. **A termografia de infravermelhos na avaliação dos fenómenos de humidificação e secagem**. 2015. 151 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, Portugal, 2016.

FLIR SYSTEMS®. **Manual do operador**: FLIR bxx series, FLIR ixx series. Canada: FLIR Systems, Inc. 2010.

ITC. **Termografia Nivel 1**. Manual do curso. Infrared T ed. Sao Paulo: 2008.

JONOV, C. M. P.; NASCIMENTO, N. de O.; PAULA E SILVA, A. de. Avaliação de danos às edificações causados por inundações e obtenção dos custos de recuperação. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 3, p. 75-94, jul./set. 2013.

KYLILI, A.; FOKAIDES, P. A.; CHRISTOU, P.; KALOGIROU, S. A. Infrared thermography (IRT) applications for building diagnostics: A review. **Applied Energy**, v. 134, p. 531–549, dez. 2014.

MALDAGUE, X. Applications of infrared thermography. **Trends in Optical Nondestructive Testing**, p. 591–609, 2000.

MALDAGUE, X. P. Introduction to NDT by active infrared thermography. **Materials Evaluation**, v.60, n.9, p.1060-1073, 2001.

MEDEIROS, G. **Métodos de ensaios não destrutivos para estruturas de concreto**. 2010. Disponível em: http://www.cimentoitambe.com.br/metodos-de-ensaios- nao-destrutivos-para-estruturas-de-concreto/. Acesso em 11 fev 2016.

MILHOMEM, M.; AIDAR, L.; BAUER, E. Estudo da evolução da temperatura nas regiões das fachadas com termografia. *In*: Conferência sobre patologia e reabilitação de edifícios, 6., 2018. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018.

O'GRADY, M.; LECHOWSKA, A.; HARTE, A. Infrared thermography technique as in-situ method of assessing heat loss through thermal bridging. **Energy and Buildings**, v. 135, p. 20-32, 2017.

OTHMAN, N. L. et al. A case study on moisture problems and building defects. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 170, p. 27-36, 2015.

REBELO, D. **Avaliação quantitativa dos resultados da termografia de infravermelho aplicada ao estudo da humidade**. 2017. 98 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, Portugal, 2017.

REHMAN, S. et al. Nondestructive test methods for concrete bridges: a review. **Construction and Building Materials**, v. 107, n. 15, p. 58-86, 2016.

ROCHA, J. H. A.; SANTOS, C. F. dos; OLIVEIRA, J. B. de; ALBUQUERQUE, L. K. dos S.; PÓVOAS, Y. V. Detecção de infiltração em áreas internas de edificações com termografia infravermelha: estudo de caso. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 4, p. 329-340, out./dez. 2018.

ROCHA, J. H. A.; SANTOS, C; PÓVOAS, Y. V. Detecção de infiltração devido a causas acidentais com termografia infravermelha: Estudo de Caso. **Revista Construindo**, v. 12, n. 1, p. 46-55, 2020.

SILVA, D. D. S. **Diagnóstico de patologias em fachadas utilizando termografia**. 2012. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, Portugal, 2012.

TAYLOR, T.; COUNSELL, J.; GILL, S. Combining thermography and computer simulation to identify and assess insulation defects in the construction of building façades. **Energy and Buildings**, v. 76, p. 130–142, 2014.