

UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA COMO TÉCNICA NÃO DESTRUTIVA NO DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS OCULTAS EM MADEIRAS DE EDIFICAÇÕES ANTIGAS

USE OF THERMOGRAPHY AS A NON-DESTRUCTIVE TECHNIQUE IN THE DIAGNOSIS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS HIDDEN IN WOOD OF OLD BUILDINGS

César A. Figueredo ⁽¹⁾, Cynara F. Bremer ⁽²⁾, Edgar V. M. Carrasco ⁽³⁾

(1) Prof. Ms, Centro Universitário de Formiga, Arquitetura e Urbanismo Formiga (MG), Brasil

(2) Prof. Dr., Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura, Belo Horizonte (MG), Brasil.

(3) Prof. Dr., Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura, Belo Horizonte (MG), Brasil.

Endereço de contato: mantilla@dees.ufmg.br

Código de identificação: T9-16

Resumo

Esse artigo tem como objetivo apresentar a viabilidade do uso técnica de termografia ativa como técnica não destrutiva para diagnóstico das patologias em madeiras de edificações antigas. Por meio do uso da técnica ativa de termografia, que utiliza o pré-aquecimento da superfície a ser observada, foram realizados experimentos a fim de se testar uma metodologia para a obtenção de termogramas e análise das condições de integridade e manifestações patológicas ocultas em madeiras antigas utilizadas em estruturas. Essa metodologia é uma contribuição dessa pesquisa ao estado da arte dos experimentos em termografia, desenvolvida em dois eixos complementares: testes em laboratório e análise em campo, avaliando a possibilidade de uso da técnica. Os resultados demonstraram a viabilidade da utilização da técnica como ferramenta de diagnóstico preliminar de patologias ocultas em madeiras.

Palavras chave: termografia; técnicas não destrutivas; patologias em madeiras; edificações antigas

Abstract

This article aims to present the feasibility of the technical use of active thermography as a non-destructive technique for diagnosis of pathologies in old buildings. Through the use of the active thermography technique, which uses preheating of the surface to be observed, experiments were carried out in order to test a methodology to obtain of thermograms and analysis of the conditions of integrity and pathological manifestations hidden in old wood used in structures. This methodology is a contribution of this research to the state of the art of thermography experiments, developed in two complementary axes: laboratory tests and field analysis, evaluating the possibility of using the technique. The results demonstrated the feasibility of using the technique as a tool for the preliminary diagnosis of pathologies hidden in wood.

Keywords: thermography; non-destructive techniques; pathologies in wood; old buildings

1. INTRODUÇÃO

A conservação dos elementos construtivos de madeira em edificações antigas é fundamental para a estabilidade e a manutenção do corpo da edificação. A maior parte das estruturas de madeira presentes em edificações históricas encontra-se em suas coberturas; logo é de suma importância sua preservação, uma vez que a cobertura protege a edificação contra intempéries e promove a amarração estrutural das alvenarias por meio da ligação entre alvenaria e frechais. A cobertura também garante a segurança e integridade física dos usuários da edificação e constitui parte integrante do patrimônio cultural.

Em função de desempenharem um papel tão importante e por possuírem difícil acesso à manutenção, as estruturas de cobertura são, em muitos casos, os primeiros elementos a serem restaurados. Ao escolher a técnica de intervenção a ser empregada o projetista deve estar ciente das consequências que esta escolha traz para o valor cultural do monumento. A técnica pode trazer prejuízos ou benefícios tanto na questão patrimonial do seu valor histórico e cultural, quanto na questão técnica, de durabilidade e segurança. Apesar de existirem manuais e cadernos técnicos importantes que se referem à restauração de estruturas de cobertura publicados por órgãos públicos é importante investigar as origens das patologias e quais são os métodos menos intrusivos de intervenção.

Esse artigo é parte da pesquisa de mestrado desenvolvido no curso de Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável e lança luz à caracterização da degradação das estruturas de madeira por meio do uso de um ensaio não destrutivo: a técnica de termografia. Este trabalho tem como objetivo apresentar resultados preliminares do uso da técnica para caracterização de falhas em madeiras de diferentes espécies a partir da excitação térmica a temperaturas até 150°C, identificando fissuras e furos nas espécies por diferença de temperatura. Pretende-se com isso abrir um leque de possibilidades para o uso da termografia para identificação de patologias em edificações antigas por meio da diferença de temperatura, evitando métodos intrusivos que poderiam interferir nos sistemas construtivos antigos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Brasil possui, hoje, dezenove sítios históricos considerados Patrimônio Histórico e Cultural da Humanidade, entre os mais de seiscentos eleitos pela UNESCO em todo o mundo. Dentre os locais pode-se ressaltar os seguintes sítios: Centro Histórico de Goiás (GO), Diamantina (MG), Olinda (PE), Ouro Preto (MG), Centros Históricos de São Luís (MA) e de Salvador (BA), que possuem edificações construídas utilizando estruturas de madeira, principalmente em suas coberturas. No Brasil as coberturas em estruturas de madeira foram inseridas no período colonial, com a chegada dos primeiros exploradores. As construções nesta época utilizavam os materiais existentes na região. Parte relevante do conjunto de edificações de valor cultural que se preserva no Brasil, é constituída por construções que fazem uso de estruturas de madeira, sobretudo em suas coberturas, ressaltando a importância da preservação da carpintaria tradicional, que tem nas sambladuras um elemento chave de sua característica construtiva.

“O conhecimento técnico do corte e do entalhe que detinham os colonizadores portugueses juntou-se à sabedoria dos indígenas quanto às características das madeiras nativas, criando uma cultura bastante específica.” [1].

É importante destacar que nos instrumentos de preservação e recomendações para intervenção em edificações históricas, em suas diferentes redações no decorrer dos anos, permanecem as diretrizes ligadas à não descaracterização dos sistemas construtivos tradicionais. Propõe-se que sejam executadas intervenções de caráter pouco intrusivo preservando sempre que possível o

material e o desenho original das soluções técnicas das edificações. É fundamental que as técnicas de reparação e restauro utilizadas nas estruturas de madeira sejam reversíveis e sejam catalogadas as espécies utilizadas no caso de reforço ou substituição de peças. De forma geral faz-se importante seguir uma metodologia de análise, registro, inspeção, diagnóstico e estudo minucioso, caso-a-caso das possíveis intervenções nas coberturas antigas.

O Conselho Internacional de Monumentos e Sítios (ICOMOS) apresenta três documentos específicos relacionados a metodologias de conservação e restauro específicos da madeira, Quadro 1.

Quadro 1 – Resumo das recomendações de intervenção em estruturas de madeira

Recomendações dos documentos ICOMOS para estruturas em madeira
<ol style="list-style-type: none"> 1. Importância do registro e documentação; 2. Importância do diagnóstico e da inspeção; 3. Substituição com madeira igual ou de melhor qualidade-durabilidade 4. Técnicas contemporâneas devem ser utilizadas com o máximo cuidado e comprovação de durabilidade; 5. Controle de substâncias químicas preservantes com uso benéfico e eficaz; 6. Importância da manutenção e monitorização de estruturas; 7. Identificação botânica e avaliação estrutural; 8. Possibilidade de desmontagem e remontagem; 9. Avaliação de nós e da estabilidade lateral; 10. Caráter didático.
Princípios dos documentos ICOMOS para estruturas em madeira
<ol style="list-style-type: none"> I. Autenticidade; II. Preferência ao emprego de técnicas tradicionais; III. Distinção harmoniosa com marcação de peças novas; IV. Reversibilidade; V. Intervenção mínima; VI. Compatibilização.

Fonte: Os autores

A atividade de Conservação e Restauração é pensada, planejada, desenvolvida e implantada para atender à necessidade de preservar a matéria e a memória daquelas obras que possuem importância histórica, artística e cultural. Os objetivos das medidas de “intervenção indireta em uma obra consistem em aumentar sua vida útil, diminuir a velocidade de envelhecimento, diminuir riscos, manter características originais e manter condições físicas e funcionais”, [2]. Para que estas medidas sejam eficazes isso dependerá do conhecimento das características da obra desde sua criação até a intervenção, do seu do entorno, das causas que produzem sua patologia e dos materiais e meios técnicos idôneos que evitam sua alteração.

Toda e qualquer intervenção para conservação ou requalificação em coberturas de edificações antigas deve começar pela análise do estado de conservação do madeiramento do telhado. O ideal é que sejam usadas técnicas não destrutivas e pouco intrusivas, de forma a não causar ou agravar danos à estrutura. O uso deste tipo de técnica não-destrutiva que abrange, entre outros, o uso de termografia é relativamente novo e pouco usado, seja pelo alto custo dos equipamentos de análise ou por sua dificuldade de aplicação prática. Na construção civil esta técnica tem sido empregada para a detecção de vazamentos, inspeção térmica de entorno de novas obras e testes térmicos para conservação de edificações. A proposta é utilizar a técnica para mapear patologias em madeiras, promovendo um novo uso para a termografia no patrimônio edificado e gerando uma forma de diagnóstico de patologias pouco intrusivo e confiável.

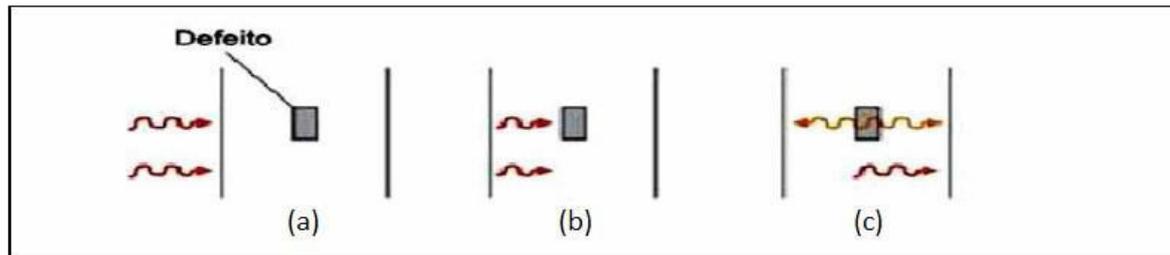
A maioria das patologias dos materiais e componentes presentes nas edificações está associada à temperatura, assim a medição desta poderá auxiliar na compreensão dos fenômenos que estão na origem das anomalias. A termografia tem como principais vantagens a detecção de objetos não visíveis, não precisa de contato físico, ensaio em tempo real, larga escala e é uma técnica não destrutiva [3]. Além disso, não requer um realojamento temporário dos residentes, possui apresentação visual ilustrativa dos resultados e confirma os pontos de falha e as vias de migração da umidade. Como desvantagem tem-se que o método detecta apenas diferencial de temperatura na superfície, não é possível penetrar nas paredes e não detecta danos abaixo da superfície [4].

No Brasil, CORTIZO [5], realizou trabalho pioneiro produzindo uma tese em que abordava o uso da termografia no diagnóstico de patologias no patrimônio histórico. No mundo alguns trabalhos relevantes realizados utilizando a termografia foram de CARLOMAGNO e MEOLA [6], CLARK *et al* [7], DORREGO *et al* [8], GRINZATO *et al* [9, 10, 11, 12, 13], MALDAGUE [14, 15], ROSINA e GRINZATO [16], entre outros. Esses trabalhos analisaram o uso de termografia como ferramenta de diagnóstico de patologias ocultas em edificações. CAVALIN *et al* [17], LEMASTER [18], LO e CHOI [19] e MEINLSCHMIDT [20], estudaram a utilização de termografia para a detecção de problemas em madeiras.

A técnica de termografia consiste no imageamento por escalas de cores da percepção da temperatura superficial de um corpo, uma vez que todo corpo com temperatura acima do Zero Absoluto emite radiação térmica. Por meio desse imageamento é possível detectar alterações de temperatura que indicam possíveis problemas patológicos. É importante ressaltar que a termografia enquanto ensaio não destrutivo não determina a patologia que acomete a estrutura, mas apenas indicia uma manifestação patológica oculta através do contraste térmico entre as diferentes partes da estrutura.

Em seu trabalho Maldague [15] apresentou duas técnicas para o método não destrutivo de imageamento termal: passiva e ativa. Técnica Passiva é aquela na qual os materiais já contém armazenamento interno de energia térmica ou são estimulados por uma fonte natural de calor (energia solar). Técnica Ativa é aquela que envolve o aquecimento ou resfriamento dos materiais para causar o fluxo de calor e o gradiente térmico necessário. A termografia passiva tem mais o caráter qualitativo, pois apresenta indicativos de anormalidades, enquanto o processo de excitação térmica tende a um caráter de resultados quantitativos, pela possibilidade de mensurar e controlar os eventos (fonte, tempo, intensidade e distância).

Os corpos emitem ou absorvem radiações eletromagnéticas por meio da agitação interna da matéria. Quando uma radiação incide sobre os corpos reais, uma parcela é absorvida e o restante é refletido ou transmitido [3]. Os equipamentos de termografia captam esta radiação infravermelha, transformam-na em sinais elétricos e geram uma imagem térmica (termograma) do corpo apresentando cores diferentes para temperaturas diferentes. É possível visualizar como é a propagação do calor no interior do corpo quando este apresenta um defeito, [21], Figura 1.



(a) um impulso de energia é aplicado à superfície; (b) o pulso de calor viaja dentro do material e encontra um defeito; (c) o defeito reflete parcialmente e transmite parcialmente o pulso. Fonte: HOLST, [21]

Figura 1: Propagação idealizada de um único pulso de calor em um material.

3. METODOLOGIA

A falta de utilização de métodos rápidos e eficazes para detectar e quantificar deteriorações em madeira é um dos fatores que retardam o prognóstico em estruturas. A chave para o sucesso desses métodos seria a análise das características mensuráveis de uma deterioração e suas relações com a resistência do material [22]. Para a avaliação do uso da termografia como método não destrutivo de determinação de patologias em madeiras, aplicou-se neste trabalho uma metodologia de análise dividida em 3 (três) etapas. Cada uma das etapas forneceu dados para as etapas subsequentes. Inicialmente foram realizados testes em laboratório, com controle de variáveis e utilizando madeiras degradadas reproduzindo a condição de uma estrutura real, avaliando os dados do ensaio. Na sequência realizou-se um experimento em campo, em uma cobertura madeira do final do século XIX com indícios de danos e patologias. Esse experimento em campo teve como objetivo verificar qualitativamente a possibilidade de utilização do imageamento termográfico como técnica de inspeção e diagnóstico de estruturas.

As etapas metodológicas foram assim divididas:

1. Determinação da emissividade da madeira a ser analisada;
2. Excitação térmica da madeira utilizando fonte de calor;
3. Realização do imageamento termográfico.

O método adotado para a determinação da emissividade foi o método do corpo negro, indicado para determinação em objetos com temperaturas inferiores a 260°C. Ele consistiu em colar uma fita isolante sobre uma parte da superfície do objeto; a área ocupada pela fita devia preencher o campo de visão do equipamento. Foi assumida a premissa de que a temperatura da fita era igual à temperatura da superfície do objeto. Mediu-se a temperatura da fita utilizando uma emissividade de 0,95. Posteriormente, após 15 minutos, mediu-se a temperatura da área adjacente ao objeto e foi ajustada a emissividade até obter-se a mesma temperatura. Esta foi a emissividade admitida para o material [3].

Para fins de realização do experimento foi necessária a utilização de uma fonte contínua de calor, capaz de ser transportada e de fácil manuseio. Após alguns testes com fontes irradiantes de calor, optou-se pela utilização de um refletor com lâmpada halógena de 500W. Com a utilização de um conector para tomadas, o refletor apresentou-se portátil, leve, de fácil manuseio e capaz de irradiar calor, chegando à temperatura de aproximadamente 250°C em sua superfície. Para a realização dos experimentos, a fonte de calor deveria ficar atrás da amostra a ser irradiada, de forma que o calor penetrasse na amostra, perpassasse seus defeitos internos e rebatesse essas alterações da onda de calor na superfície a ser imageada, conforme Figura 2.

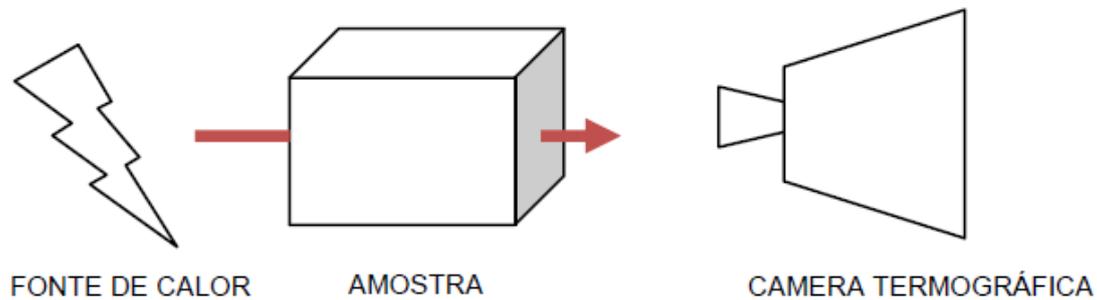


Figura 2: Esquema ilustrativo da disposição da fonte de calor.
Fonte: Os autores

Para a realização do imageamento termográfico foi necessária a determinação de 3 (três) variáveis a fim de se garantir a correta configuração do equipamento:

1. Emissividade do material;
2. Temperatura ambiente;
3. Umidade relativa do ar.

A determinação da emissividade consistiu no primeiro passo desta metodologia. A determinação da temperatura ambiente e da umidade relativa do ar foi realizada utilizando um termo-higrômetro. Uma vez determinadas essas três variáveis foi possível configurar-las na câmera termográfica a fim de se obter termogramas corretos.

O equipamento utilizado nos ensaios foi uma câmera termográfica, FLIR T460, como mostrada na Figura 3. Para a sua utilização é necessário inserir a emissividade do objeto, a temperatura ambiente e a distância até o objeto. A câmera termográfica capta os raios infravermelhos e, utilizando os valores de entrada, dá como resposta a temperatura superficial. Ela opera em uma faixa de temperatura que varia entre -20°C e 1200°C . A câmera termográfica então gera imagens que apresentam as temperaturas superficiais por meio de cores. O aparelho possui uma mira laser, para identificar o ponto do objeto que está sendo analisado. Para a emissividade (E) das madeiras utilizadas no ensaio foi adotado o valor de 0,80.



Figura 3: Câmera termográfica FLIR T460.
Fonte: Os autores

O procedimento experimental consistiu no pré-aquecimento das amostras durante o tempo determinado de 30 minutos e, em sequência, seu imageamento termográfico. A partir do contraste de temperaturas expressos nos termogramas foi possível detectar pontos de possíveis patologias das peças.

Foram realizados dois ensaios, um em laboratório e um em campo, utilizando madeiras antigas. Em laboratório foi utilizada uma amostra de madeira antiga, obtida de uma viga retirada de uma obra de reforma de assoalho de uma edificação histórica. A amostra encontrava-se bastante deteriorada. No ensaio de campo foi escolhido um telhado de edificação datada do final do século XIX. A Figura 4 apresenta os dois objetos de estudo.



Figura 4: Amostra de madeira e telhado antigo.

Fonte: Os autores

A leitura dos termogramas se deu por meio dos dados expostos nas imagens. Todos os dados foram obtidos por leitura dos equipamentos. Os termogramas disponibilizaram informações sobre a temperatura nos locais selecionados e apresentaram a imagem visual da distribuição da temperatura nas ligações. Pôde-se obter uma leitura da distribuição comparando as cores da imagem com as cores da escala térmica do termograma. Nos termogramas foram assinalados com números os pontos de alteração de temperatura que indicavam possíveis locais de patologia.

4. RESULTADOS

A análise dos termogramas utilizou como princípio a diferença de temperaturas na superfície para assinalar possíveis patologias internas da madeira. Os locais mais quentes na superfície indicaram áreas com algum tipo de patologia interna, enquanto os mais frios ou com temperatura mais homogênea representaram áreas onde não houve perda de material interno na madeira. Isso pode ser explicado pelos mecanismos de transmissão de calor. Sendo aquecida homogênea durante o mesmo período de exposição a uma fonte de calor, a madeira íntegra, sem falhas, apresenta aumento de temperatura homogêneo em toda superfície. Do contrário, a heterogeneidade do aquecimento, aponta a existência de áreas de pontes térmicas. Essas são provocadas por alteração de seção, existência de materiais com maior capacidade de condutividade térmica ou algum motivo oculto. De forma geral essas pontes térmicas aumentam a velocidade do aquecimento da superfície a ela conectada, deixando mais quentes as áreas com menos material, vazias preenchidas por ar ou água. Esses pontos mais quentes da superfície, portanto determinam áreas sob ação de agentes patológicos [21]. Na construção civil, uma variação de temperatura de 1°C até 2°C é geralmente um indicativo ou uma suspeição de existência de problemas. A partir de 4°C pode-se afirmar a existência de anormalidade no corpo [15].

As análises apresentadas foram qualitativas e visuais, tendo como dado quantitativo a diferença de temperatura. As análises prezaram por identificar áreas de possíveis patologias e observar o comportamento geral da madeira no experimento. Na Figura 5 são mostradas a amostra e o termograma gerado no ensaio em laboratório.

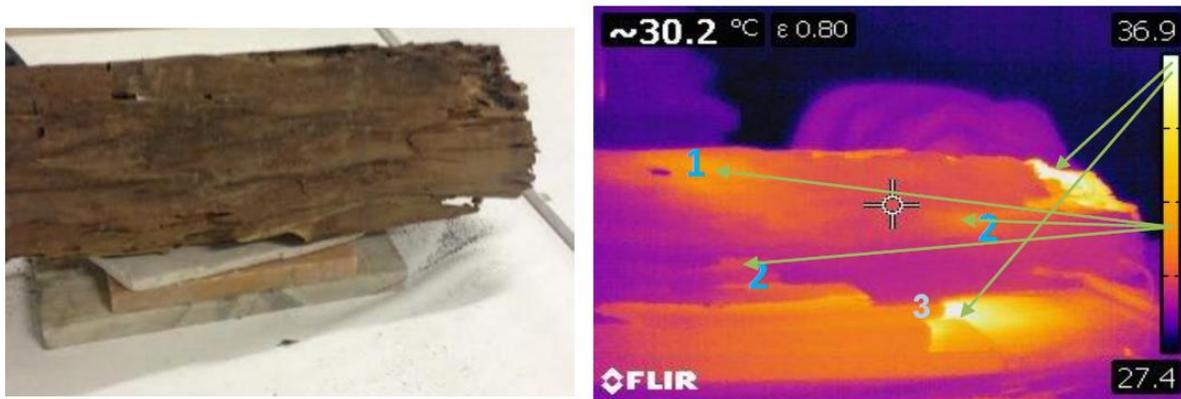


Figura 5: Amostra e Termograma.

Fonte: Os autores

A amplitude térmica do termograma foi de cerca de 9,5°C. Os intervalos de temperatura assinalados na escala termal estavam a cada 2,375°C. As setas relacionavam as regiões com heterogeneidade de temperatura do termograma na escala termal, que foram numeradas para análise. As áreas 1 e 2 apresentaram diferença de temperatura superior a 2°C em relação à temperatura da amostra (30,2°C na área do alvo), de acordo com sua localização na escala termal. A área 3 encontrava-se na região da escala termal com diferença de temperatura acima de 4°C em relação à temperatura da amostra.

A área 1 indicou a parte da amostra com maior perda de material por ataque xilófago. Observou-se que ela possuía temperatura mais elevada que das áreas circundantes. As áreas indicadas com o número 2 apresentavam locais onde é possível presumir que houve perda de material por degradação da madeira. Essas áreas possuíam temperaturas superiores ao restante da peça. A área indicada com o número 3 indicava a superfície da mesa sob a amostra que foi aquecida por condução, por meio da fonte de calor.

No estudo de campo, Figura 6, é apresentado o resultado da análise da ligação banzo superior-pontaletes, da tesoura do telhado.

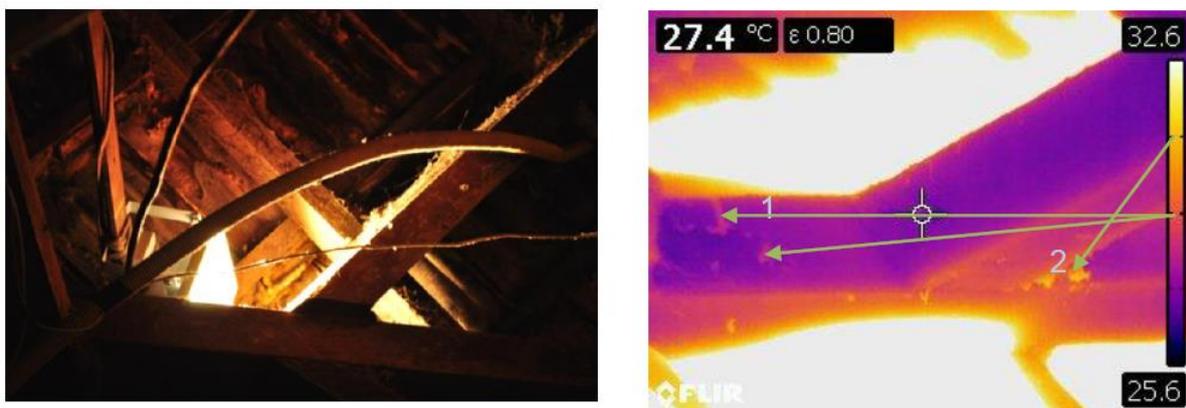


Figura 6: Ligação banzo superior-pontaletes e termograma.

Fonte: Os autores

A amplitude térmica do termograma foi de cerca de 7°C. Os intervalos de temperatura assinalados na escala termal estavam a cada 1,75°C. As setas relacionavam as regiões com heterogeneidade de temperatura do termograma na escala termal e foram numeradas para análise. A

área 1 apresentava diferença de temperatura superior a 2°C em relação à temperatura da amostra (27,4°C na área do alvo), de acordo com sua localização na escala termal. A área 2 encontrava-se na região da escala termal com diferença de temperatura acima de 4°C em relação à temperatura da amostra.

A área 1 indicava aquecimentos pontuais na superfície da ligação. Esses pontos de aquecimento indicavam áreas propensas a manifestações patológicas no interior da peça estrutural. A Área 2 apresentava aquecimento muito superior às demais. Esse aquecimento foi indicativo de possível patologia interna na área de ligação estrutural analisada.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho de pesquisa experimental visou obter informação relevante para a aplicação da termografia como ensaio não destrutivo na avaliação de patologias em madeiras antigas. Os resultados obtidos nos ensaios demonstraram a viabilidade da utilização da técnica para testes de estruturas antigas de madeira *in loco* visando diagnosticar seu estado de conservação. Ao analisar a eficiência do uso da termografia na identificação de manifestações patológicas em madeiras percebeu-se que a câmera termográfica detectou alteração da temperatura superficial, indicando locais com possíveis patologias superficiais.

A utilização do ensaio de termografia por técnica ativa, como técnica não destrutiva para diagnóstico de patologias ocultas em madeiras antigas, demonstrou-se eficaz provendo dados para uma análise preliminar do estado de conservação das ligações e da integridade do interior das madeiras. O ensaio demonstrou ser uma alternativa viável para análises não-intrusivas, identificando áreas que apresentavam maior possibilidade de ocorrência de patologias ocultas no interior das peças estruturais da ligação. Destaca-se que o ensaio não diagnostica a patologia, mas a possível manifestação oculta, trazendo dados da possível integridade da madeira.

Em ambos os casos o desenvolvimento dos experimentos teve resultados que demonstraram um potencial real de aplicação da termografia na inspeção e diagnóstico do estado de conservação das estruturas. É importante ressaltar que essa aplicação, no caso desta pesquisa, limitou-se a seu aspecto qualitativo – sua capacidade de gerar indícios de ataques patológicos na estrutura por meio do contraste de temperatura, onde áreas mais quentes, com diferenças de temperatura superior a 2°C, indicaram locais de possíveis manifestações de patologias.

A execução dos ensaios também apresentou uma série de fatores a serem observados no momento da aplicação da termografia como ferramenta de diagnóstico. Os fatores mais relevantes recaem sobre o acesso às áreas de análise. A metodologia requer que a área de análise seja acessível, para a montagem da fonte de irradiação de calor próxima da estrutura e a obtenção dos termogramas a uma distância inferior a 2 metros de distância do local analisado. Portanto, é importante o estudo do local do experimento a fim de verificar essa condicionante. Outro ponto importante é o monitoramento do aquecimento da madeira. Tratando-se de madeiras antigas e um refletor que aquece a 250°C é importante o controle para evitar superaquecimento da área irradiada, que pode levar à combustão da peça analisada.

Outros fatores importantes que são variáveis que devem ser determinadas antes do início do ensaio são:

- a) Condições térmicas do local, antes e durante o ensaio (temperatura do ambiente e umidade relativa do ar);
- b) Emissividade aferida por meio do método do corpo negro.

A termografia aplicada às ligações em coberturas antigas de madeira constituiu um ensaio não destrutivo eficaz e bastante rápido. Além disso, permitiu a realização de ensaios em tempo real, possibilitou a detecção de possíveis locais falhas internas na estrutura e pôde ser aplicada na edificação em funcionamento. Recomenda-se que a termografia seja utilizada como diagnóstico

preliminar. Para o aprofundamento na identificação das patologias é necessário a realização de ensaios intrusivos como resistografia, tomografia por percussão para análises mais específicas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à CAPES e à FAPEMIG pelo apoio na pesquisa desenvolvida.

REFERÊNCIAS

- [1] GONZAGA, L. A. 'Madeira: Uso e Conservação. Cadernos Técnicos do Programa Monumenta'. Programa Monumenta (2005).
- [2] BRITO, M. 'Alternativas para a revalorização de centros urbanos: de Olinda a Barcelona como referências para uma estratégia de intervenção urbana' (1995).
- [3] BARREIRA, E. S. B. M. 'Aplicação da termografia ao estudo do comportamento higrótico dos edifícios'. Dissertação (Mestrado em Construção de Edifícios) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto (2004).
- [4] FLIR. 'Manual do utilizador'. São Paulo (2009).
- [5] CORTIZO, E. C. 'Avaliação da técnica de termografia infravermelha para identificação de estruturas ocultas e diagnóstico de anomalias em edificações: ênfase em edificações do patrimônio histórico'. UFMG (2007)
- [6] CARLOMAGNO, G. M., MEOLA, C. 'Infrared thermography in the restoration of cultural properties'. CONFERENCE 4360 THERMOSENSE XXIII (2001)
- [7] CLARK, M. *et al.* 'Application of infrared thermography to the non-destructive testing of concrete and masonry bridges'. NDT&E International, London, v. 36, p. 265-275 (2003).
- [8] DORREGO, J. *et al.* 'Damage detection and localization of reinforcement elements in historic buildings with infrared thermography'. ADVANCES in concrete structure. RILEM (2003).
- [9] GRINZATO, E. *et al.* 'Monitoring of ancient buildings by thermal method'. Journal of Cultural Heritage, [S.l.], n. 3, p. 21-29 (2002).
- [10] GRINZATO, E. *et al.* 'Capturing the building history by quantitative IR thermography'. INTERNACIONAL CONGRESS ON SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR THE SAFEGUARD OF CULTURAL HERITAGE IN THE MEDITERRANEAN BASIN, 3rd., Hálcalà de Henares (Spain) (2001).
- [11] GRINZATO, E. *et al.* 'Monitoring of the Scrovegni Chapel by IR thermography: Giotto at infrared'. Infrared Physics & Technology, Exeter (GB), v. 43, p. 165-169 (2002).
- [12] GRINZATO, E. *et al.* 'NDE of frescoes by infrared thermography and lateral heating'. EURO THERM SEMINAR, 60. QIRT 98, Lodz (Poland), p.64-67 (1998).
- [13] GRINZATO, E. *et al.* 'Non-destructive testing of wooden painting by IR thermography'. ECNDT, 8th, Barcelona (2002).
- [14] MALDAGUE, X. 'Applications of infrared thermography in non destructive evaluation'. TRENDS in optical nondestructive testing (invited chapter). [S.l.]: Pramod Rastogi, p. 591-609 (2001).
- [15] MALDAGUE, X. 'Infrared and Thermal testing: Nondestructive testing handbook'. 3th ed, Columbus, OH: Patrick O. Moore (2001).
- [16] ROSINA, E.; GRINZATO, E. 'Infrared and thermal testing for conservation of historic building'. MOORE, Patrick O. (Ed.). Infrared and thermal testing. 3rd ed. Columbus (OH): American Society for Nondestructive Testing, Chapter 18, part.5 (2001).
- [17] CAVALIN, P. *et al.* 'Wood defect detection using grayscale images and an optimized feature set'. Proceedings of the 2006 IEEE Industrial Electronics Conference, Singapore, 3408–3412 (2006).
- [18] LEMASTER R. L.: 'The use of advanced lighting techniques to detect localized and biological surface defects in wood'. Proceedings of the 18th International Wood Machining Seminar, Vancouver, Canada, 257–267 (2007).
- [19] LO T.Y., CHOI, K.T.W. 'Building defects diagnosis by infrared thermography'. Struct Surv 22, 259–263 (2004).

- [20] MEINLSCHMIDT, P.: 'Thermographic detection of defects in wood and wood-based materials1. 14th International Symposium of Nondestructive Testing of Wood, Hannover, Germany (2006).
- [21] HOLST, G. C. 1Common Sense approach to thermal imaging1. Winter Park (FL): JCD Publishing, (2000).
- [22] RÅBERG, U. *et al.* 'Early soft rot colonization of Scots sapwood pine in above-ground exposure'. International Biodeterioration & Biodegradation, v.63, n.2, p.236-240, (2007).