



## XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção  
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

# EDIFICAÇÕES EM MADEIRA E PRESERVAÇÃO – O USO DE TERMOGRAFIA NA DETECÇÃO DE PATOLOGIAS EM MADEIRAS<sup>1</sup>

FIGUEREDO, César (1); MANTILLA, Edgar (2); BREMER, Cynara (3)

(1) UNIFOR, e-mail: 136.arq@gmail.com; (2) UFMG, e-mail: mantilla@dees.ufmg.br; (3) UFMG, e-mail: cyfiedler@gmail.com

### RESUMO

Esse artigo é parte da pesquisa de mestrado desenvolvido no curso de Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável e lança luz a caracterização da degradação das estruturas de madeira através 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 através da diferença de temperatura, evitando métodos intrusivos que poderiam interferir nos sistemas construtivos antigos.

**Palavras-chave:** Termografia, Ensaios Não Destrutivos, Patologias, Madeiras Antigas.

### ABSTRACT

This paper is part of the master's research developed in the course of Built Environment and Sustainable Heritage and sheds light to characterize the degradation of wooden structures through the use of a non-destructive testing : thermography technique. This work aims to present preliminary results of the use of technique to characterize flaws in woods of different species from the thermal excitation at temperatures up to 150 ° C , identifying cracks and holes in the species by temperature difference. The aim of this open up a range of possibilities for the use of thermal imaging to identify conditions in old buildings through temperature difference, avoiding intrusive methods that could interfere in the old building systems

**Keywords:** *Nondestructive Testing , Pathologies , Ancient Woods.*

## 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

---

<sup>1</sup> FIGUEREDO, César; MANTILLA, Edgar; BREMER, Cynara, Edificações em madeira e preservação – o uso de termografia na detecção de patologias em madeiras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

alvenarias através da ligação entre alvenaria e frechais. A cobertura também garante a segurança e integridade física dos usuários da edificação e constituem 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 como o IPHAN é importante investigar as origens das patologias e quais 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 a caracterização da degradação das estruturas de madeira através 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 através 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 podemos 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.” (Gonzaga, 2006, p.11).

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 a 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.

Os quadros a seguir apresentam o resumo do conteúdo desses documentos.

Quadro 1 – Princípios para a preservação das estruturas históricas em madeira

<b>Princípios para a preservação das estruturas históricas em madeira (ICOMOS-1999)</b>	
Inspeção, registro e documentação	
1.	Ressalta a importância do registro da condição da estrutura antes da intervenção e dos materiais usados nos tratamentos. Toda a documentação e amostras de partes removidas da estrutura devem ser catalogadas, com a informação sobre a tecnologia tradicional utilizada e incluir a justificativa para a escolha do material e da técnica utilizada na intervenção;
2.	Documentar as causas da degradação e ruína estrutural, por meio de um diagnóstico profundo, que pode incluir evidências documentais, inspeções físicas e análises com utilização de métodos não destrutivos. Pode englobar medidas de emergência com intervenções pontuais;□
Intervenções	
3.	O objetivo principal da preservação e conservação é manter a autenticidade histórica e a integridade do patrimônio cultural;
4.	A intervenção proposta deve de preferência usar meios tradicionais, ser reversível se for tecnicamente possível ou pelo menos não prejudicar futuros trabalhos de preservação quando estes forem necessários, além de não inviabilizar o acesso às modificações incorporadas na estrutura;
5.	Adotar o princípio da intervenção mínima, o que não exclui a possibilidade se necessário, de seu desmantelamento e sua posterior remontagem para sua reparação;
6.	Considerar a estrutura histórica como um todo, e preservar o máximo possível de material existente, incluindo os acabamentos superficiais. Se necessário devem ser reproduzidos os materiais, técnicas e texturas originais;
7.	O objetivo da restauração é conservar a estrutura histórica e sua capacidade resistente e revelar seus valores culturais, melhorando a legibilidade de sua integridade histórica, do seu estado anterior e do projeto, conforme indicado nos artigos 9-13 da Carta de Veneza. Membros removidos e outros componentes da estrutura histórica devem ser catalogados, e exemplares característicos devem ser mantidos em armazenamento como parte da documentação;
Reparação e substituição	
8.	Quando for necessária a substituição de membros degradados ou danificados, pode ser utilizada a madeira de substituição, desde que os novos membros utilizem a mesma espécie de madeira ou de melhor qualidade, devendo

<p>abranjer características naturais semelhantes. A tecnologia construtiva e a manufatura devem, se possível, corresponder às originais e os pregos e materiais secundários devem ser reproduzidos;</p> <p>9. Os novos membros ou partes dos membros devem ser distinguidos dos existentes. Não se deve reproduzir a degradação natural ou deformação dos membros substituídos. Métodos tradicionais ou modernos podem ser usados para aproximar a cor do antigo e do novo, desde que não prejudique ou degrade a superfície da madeira;</p> <p>10. Os novos membros ou partes dos membros devem ser marcados de modo discreto com gravação na madeira para sua identificação;</p>
<p><b>Materiais e tecnologias contemporâneas</b></p> <p>11. Os materiais contemporâneos, como resinas epóxi, e técnicas, como o reforço com aço estrutural, devem ser escolhidos e utilizados com o máximo de cuidado e apenas nos casos em que a durabilidade e o comportamento estrutural dos materiais e técnicas de construção foram satisfatoriamente comprovados para longos períodos. Instalações como de aquecimento e de sistemas de prevenção de incêndio devem ser instalados com o devido respeito da importância histórica e estética da estrutura ou do sítio;</p> <p>12. O emprego de preservantes químicos deve ser cuidadosamente controlado e monitorado, e só deve ser usado quando existirem garantias de benefício, quando a segurança pública e ambiental não forem afetadas, e quando a probabilidade de eficácia a longo prazo for significativa;</p>
<p><b>Monitorização e manutenção</b></p> <p>13. Adotar estratégia de monitorização e manutenção das estruturas históricas em madeira;</p>

Fonte: Os autores

Quadro 2 – Recomendações para análise, conservação e restauração estrutural do patrimônio arquitetônico

<b>Recomendações para análise, conservação e restauração estrutural do patrimônio arquitetônico (ICOMOS-2001)</b>
<p><b>Princípios gerais:</b></p> <p>1. A restauração estrutural em patrimônio arquitetônico não é um fim por si mesmo, mas um meio para preservação do edifício como um todo;</p> <p>2. Nenhuma ação deve ser realizada sem primeiramente averiguar os possíveis benefícios e danos ao patrimônio arquitetônico, exceto em casos onde medidas urgentes de salvaguarda são necessárias para evitar o colapso iminente das estruturas. Estas medidas urgentes, contudo, devem, quando possível, evitar modificar a estrutura de maneira irreversível;</p> <p>3. Estruturas deterioradas devem ser reparadas em vez de substituídas sempre que possível;</p>
<p><b>Diretrizes- Medidas corretivas na restauração estrutural em madeira:</b></p> <p>4. As operações preliminares devem identificar as espécies, que são diferentemente suscetíveis a ataques biológicos, e avaliar a capacidade resistente dos elementos individuais;</p> <p>5. Quando são introduzidos materiais de reforço ou de consolidação, sua compatibilidade com a estrutura de madeira deve ser verificada. Por exemplo, ligações de aço são susceptíveis à corrosão em associação a algumas espécies de madeira, devendo ser usados aços inoxidáveis. As intervenções não devem impedir a respiração da madeira;</p> <p>6. Como muitas estruturas de madeira foram originalmente pré-fabricadas, a desmontagem parcial ou completa pode facilitar um reparo efetivo;</p> <p>7. A madeira é na maioria das vezes usada para formar estruturas em pórticos ou tesouras onde os principais problemas são geralmente relacionados às falhas</p>

locais nos nós. As medidas de reparo mais comuns consistem em reforçar os nós ou adicionar elementos diagonais suplementares, quando for necessário, para melhorar a estabilidade às forças laterais;

Fonte: Os autores

Quadro 3 – Resumo das recomendações de intervenção em estruturas de madeira

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

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. Segundo Brito (1995) 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.” Para que estas medidas sejam eficazes, a autora cita que isso dependerá do conhecimento das características da obra desde sua criação até a intervenção, do seu 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 a 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. Este artigo lança olhar no estudo das possibilidades de utilização de termografia Infravermelha como técnica de análise NDT (Nondestructive Testing). 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 estão associadas 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 (BARREIRA, 2004, p. 27). Além disso, o manual técnico da Flir (2009, p. 160) cita as seguintes vantagens: não requer um realojamento temporário dos residentes, apresentação visual ilustrativa dos resultados, o método confirma os pontos de falha e as vias de migração da umidade. O mesmo manual aponta como desvantagem que o método detecta apenas diferencial de temperatura na superfície, ela não consegue penetrar nas paredes e não detecta danos abaixo da superfície.

No Brasil, CORTIZO (2007), 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 et al (2001), CLARK et al (2003), DORREGO et al (2003), GRINZATO et al (1998), (2001), (2002), MALDAGUE (2000), ROSINA (2001), esses trabalhos analisaram o uso de termografia como ferramenta de diagnóstico de patologias ocultas em edificações. CAVALIN et al (2006), LEMASTER (2007), LO et al (2006) e MEINLSCHMIDT (2005), 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. Através desse imageamento é possível detectar alterações de temperatura que indicam possíveis problemas patológicos.

Maldague (2001) apresenta duas técnicas para o método não destrutivo de imageamento termal: passiva e ativa. Técnica Passiva é aquela na qual os materiais já contêm 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. De acordo com Maldague (2001), a termografia passiva tem mais o caráter qualitativo, pois apresenta indicadores 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).

De acordo com Barreira (2004, p. 35), os corpos emitem ou absorvem radiações eletromagnéticas através 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 METODOLOGIA

De acordo com Råberg et al. (2007), 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. Segundo os autores a chave para o sucesso desses métodos seria a análise das características mensuráveis de uma deterioração e suas relações com a resistência do material.

No experimento realizado a fim de testar a viabilidade de utilização da termografia para detecção de falhas em madeiras, foram selecionadas três amostras diferentes de madeiras, de diferentes espécies brasileiras, com defeitos aparentes diferentes. O experimento pretende validar a possibilidade de utilização para madeiras com diferentes defeitos aparentes. Essas amostras encontravam-se com falhas aparentes. A amostra 1 apresentava furos de diâmetro aproximado de 0,5cm, representando perda de área da seção ou ataque por animais xilófagos. A segunda apresentava uma fissura oriunda do rompimento da amostra submetida a ensaio de compressão - representando uma peça estrutural que havia passado por colapso estrutural e, portanto apresentava grave patologia que poderia levar uma edificação a ruína por falha estrutural. A terceira amostra apresentava uma irregularidade na superfície, alterando sua seção transversal, representando a perda de seção resistente na peça.

As amostras foram aquecidas em intervalos e temperaturas constantes, até 153°C (Figura 1), em estufa, com controle de temperatura e umidade relativa do ar (Figura 2). Ao atingir a temperatura de 150° as peças foram colocadas na estufa por um tempo cronometrado de 30 minutos. Retiradas em seguida, imagens termográficas foram capturadas a fim de identificar pela diferença de temperatura os locais de fissuração e patologias. Realizou-se o procedimento de imageamento a cada intervalo fixo de 5 minutos, identificando o resfriamento das amostras e avaliando a detenção das falhas por contraste de temperatura. As imagens foram obtidas a uma distância de 30 cm entre câmera termográfica e amostras.

Figura 1 – Detalhe do painel de controle da estufa e do controle de temperatura e umidade relativa do ar



Fonte: Os autores

O equipamento utilizado no ensaio de campo foi uma câmera termográfica, FLIR T460, como mostrada na figura 2. Para a utilização deste, é necessário inserir o valor de 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. Ele opera em uma faixa de temperatura que varia entre  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $1200^{\circ}\text{C}$ . A câmera termográfica gera imagens que apresentam as temperaturas superficiais através de cores. O aparelho possui uma mira laser, para identificar o ponto do objeto que está sendo analisado. As demais características do equipamento são apresentadas no quadro 4. Para a emissividade (E) das madeiras utilizadas no ensaio foi adotado o valor de 0,80.

Figura 2 – Câmera termográfica FLIR T460



Fonte: Os autores

Quadro 4 – Características da câmera FLIR t460

Faixa de temperatura	$-20^{\circ}\text{C}$ a $1200^{\circ}\text{C}$
Precisão	$2^{\circ}\text{C}$
Campo de visão/dist. mín. do foco	$25^{\circ} \times 19^{\circ}/0,4\text{m}$
Foco	manual/automático
Faixa espectral	7,5 a $13\mu\text{m}$
Taxa de enquadramento	30Hz
Sensibilidade térmica	$<0,05^{\circ}\text{C}$ a $30^{\circ}\text{C}$
Tipo de detector	matriz plano focal (FPA), microbolômetro sem resfriamento
Modos de imagem	térmica/visual/fusão
Lentes	$25^{\circ}$
Emissividade	ajuste 0,1 a 1,0

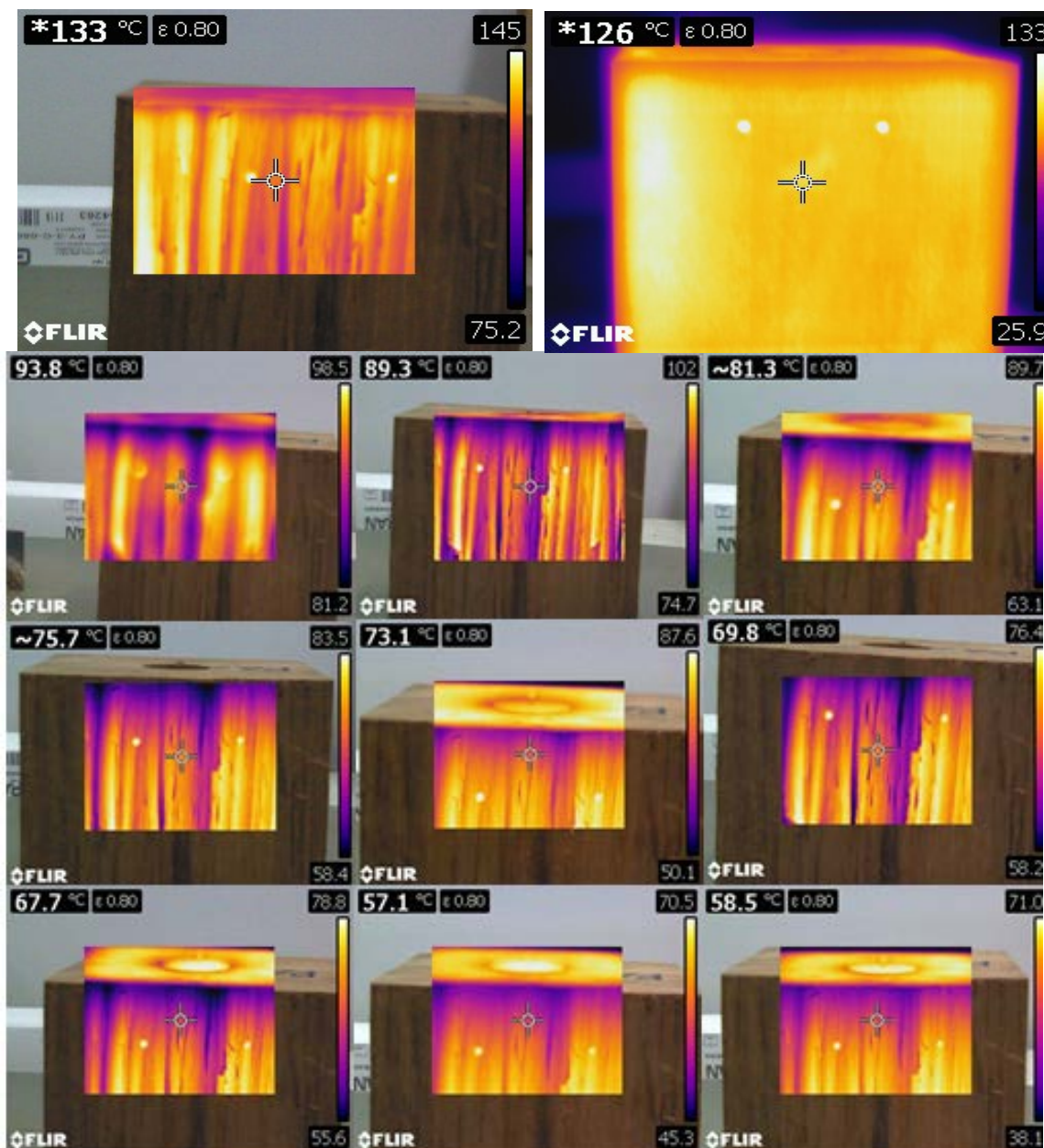
Fonte: FLIR (2009, p. 215)

A Figura 3 apresenta os termogramas da Amostra 01. Neles é possível identificar a presença de dois furos de diâmetro de 0,5cm. A partir do contraste de temperatura evidenciado pelas diferentes cores observa-se



que os furos possuem temperaturas mais elevadas que o corpo da amostra, inclusive no decorrer de seu resfriamento.

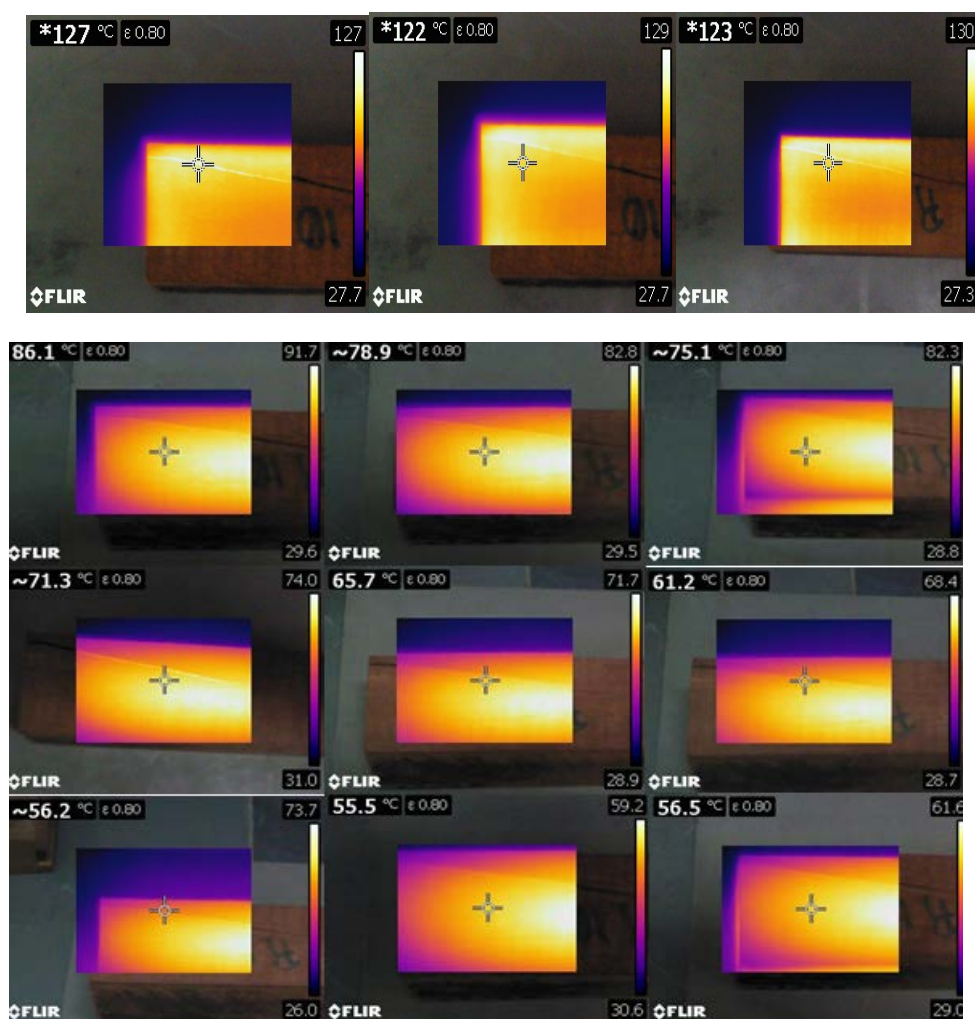
Figura 3 – Termogramas de resfriamento da Amostra 01



Fonte: Os autores

A Figura 4 apresenta os termogramas da Amostra 02. Neles é possível identificar a presença de uma fissura na superfície da amostra. A partir do contraste de temperatura evidenciado pelas diferentes cores observa-se que a fissura mantém temperatura mais elevada que o corpo da amostra, inclusive no decorrer de seu resfriamento.

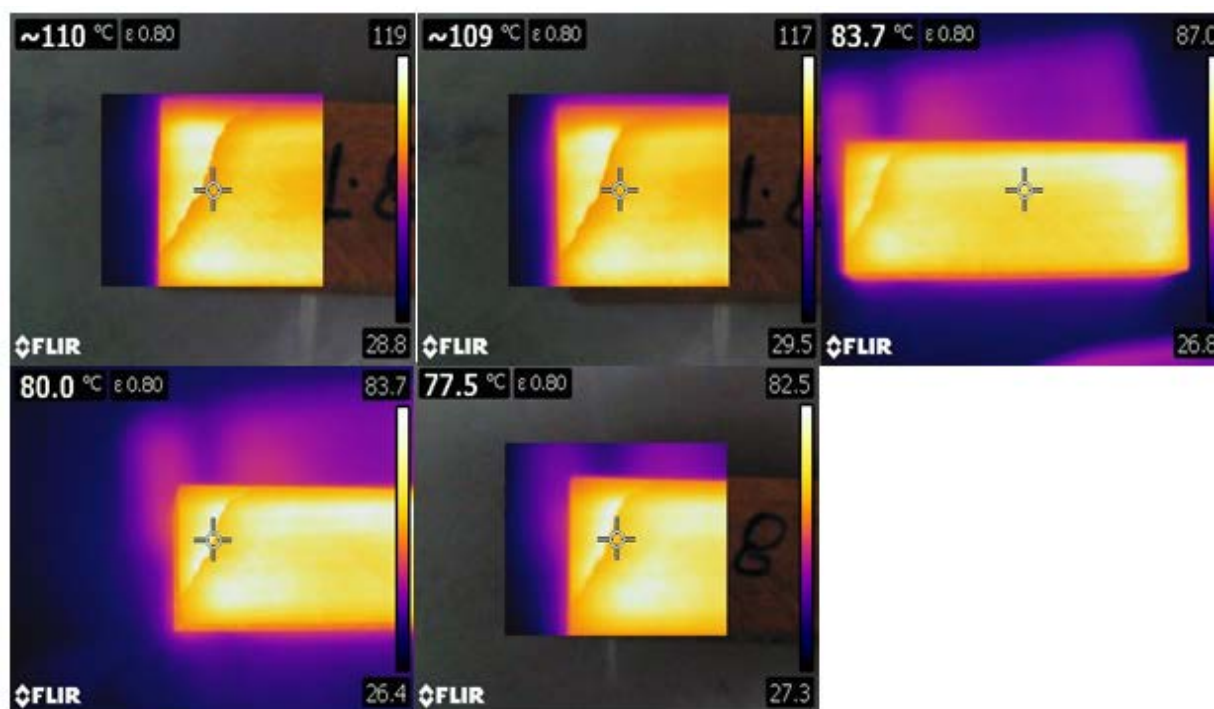
Figura 4 – Termogramas de resfriamento da Amostra 02



Fonte: Os autores

A Figura 5 apresenta os termogramas da Amostra 03. Neles é possível identificar a presença de uma falha na superfície da amostra, uma irregularidade na seção da amostra. A partir do contraste de temperatura evidenciado pelas diferentes cores observa-se que no local da irregularidade da amostra é percebida uma temperatura inferior ao restante da amostra.

Figura 5 – Termogramas de resfriamento da Amostra 03



Fonte: Os autores

A partir do imageamento termográfico foi possível observar alguns resultados. Podemos destacar inicialmente que em altas temperaturas o contraste de cores da escala termal nos defeitos aparentes é mais evidente. Áreas de defeitos que implicam perda de seção (furos ou fendas, por exemplo) mantêm temperatura superior ao restante da peça de madeira.

#### 4 CONCLUSÕES

Este trabalho de pesquisa experimental visou obter informação relevante para a análise do estado de conservação de edifícios e estruturas de madeira, utilizando madeira existente no Brasil e amplamente utilizada na construção. 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. Os testes abrem possibilidades para utilização da termografia como técnica não destrutiva de análise de estruturas antigas de madeira.

Ao analisar a eficiência do uso da termografia na identificação de manifestações patológicas em madeiras percebeu-se que a câmera termográfica, em alguns pontos, detectou alteração da temperatura superficial. Estes podem ser fissuras, fendas, furos ou alteração de seção da peça de madeira.

Não foi possível identificar defeitos internos nas amostras através da sua temperatura superficial, ou a profundidade dos defeitos. À altas temperaturas (acima de 100°C) a visualização por contraste das temperaturas melhora significativamente. Não foi possível observar ainda a interferência da temperatura dos furos na temperatura superficial das amostras.

Embora a câmera termográfica tenha um alto custo inicial, ela é uma ferramenta rápida e pode utilizar remotamente. Ela não substitui as técnicas existentes, como a análise visual e o ensaio de percussão, resistografia ou outros ensaios utilizados, mas pode-se utilizá-la como mais uma ferramenta para verificar a existência de patologias nas estruturas antigas. É preciso realizar testes *in situ* utilizando a técnica para avaliar comparativamente os resultados e aferir a influência da umidade relativa, da distância, da temperatura local e da excitação térmica da estrutura.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG pelo auxílio financeiro.

### REFERÊNCIAS

ARÊDE, A; COSTA, A. **Inspeção e diagnóstico estrutural de construções históricas**. In: A INTERVENÇÃO NO PATRIMÔNIO. PRÁTICAS DE CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO, 2002, Porto. Atas do seminário... Porto: FEUP, 2002

BARREIRA, E. S. B. M. **Aplicação da termografia ao estudo do comportamento higrotérmico dos edifícios**. 2004. 196 f. Dissertação (Mestrado em Construção de Edifícios) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto 2004.

BRITO, M. (1995). **Alternativas para a revalorização de centros urbanos: de Olinda a Barcelona como referências para uma estratégia de intervenção urbana** In: ZANCHETTI, S.; MARINHO, G.; MILLET, V. (Org.) **Estratégias de intervenção em áreas históricas: revalorização de áreas urbanas centrais**. Recife: Mestrado em Desenvolvimento Urbano – UFPE. P. 127-134.

CARLOMAGNO, G. M., MEOLA, C. **Infrared thermography in the restoration of cultural properties**. In: CONFERENCE 4360 THERMOSENSE XXIII, 2001, Orlando (FL). Proceedings of Spie 4360 ... Bellingham, Washington: SPIE –The International Society for Optical Engineering, 2001

CAVALIN P, OLIVEIRA LS, KOERICH AL, Britto AS: **Wood defect detection using grayscale images and an optimized feature set**. Proceedings of the 2006 IEEE Industrial Electronics Conference, Singapore, 3408–3412 (2006).

CLARK, M.; McCANN, D. M.; FORDE, M. C. **Application of infrared thermography to the non-destructive testing of concrete and masonry bridges**. NDT&E International, London, v. 36, p. 265-275, 2003.

CORTIZO, Eduardo Cabaleiro. **Avaliação da técnica de termografia infravermelha para identificação de estruturas ocultas e diagnostico de anomalias em edificações: ênfase em edificações do patrimônio histórico**. UFMG, 2007

DORREGO, J.; LUXÁN, M. P. ; DORREGO, F.. **Damage detection and localization of reinforcement elements in historic buildings with infrared thermography**. In: ADVANCES in concrete structure. Xuzhou Jiangsu (China): ACI – RILEM – NNSF, 2003. p. 1 – 9.

FEIO, A.O.; LOURENÇO, P.B. **Possibilidades e aplicações de ensaios não destrutivos**. In: ENCONTRO SOBRE A MADEIRA E SUAS APLICAÇÕES NOBRES "BEM UTILIZAR A MADEIRA", 1., 2005, Lisboa. Anais... Lisboa: ISISE, 2005. 1 CD-ROM.  
FLIR. **Manual do utilizador**. São Paulo, 2009

GONZAGA, Luiz A. **Madeira: Uso e Conservação**. Cadernos Técnicos do Programa Monumenta. Brasília: Programa Monumenta, 2005.

GRINZATO, E.; BISON, P. G.; MARINETTI, S. **Monitoring of ancient buildings by thermal method**. Journal of Cultural Heritage, [S.l.], n. 3, p. 21-29, 2002.

GRINZATO, E. et al. **Capturing the building history by quantitative IR thermography**. In: INTERNACIONAL CONGRESS ON SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR THE SAFEGUARD OF CULTURAL HERITAGE IN THE MEDITERRANEAN BASIN, 3rd. , Hàlcalà de Henares (Spain), 2001. p.393.

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.

GRINZATO, E. et al. **NDE of frescoes by infrared thermography and lateral heating**. In: EUROTHERM SEMINAR, 60. QIRT 98, Lodz (Poland), p.64-67, 1998.

GRINZATO, E. et al. **Non-destructive testing of wooden painting by IR thermography**. In: ECNDT, 8th, Barcelona , 2002.

GRINZATO, E.; ROSINA, E. **Infrared and thermal testing for conservation of historic building**. In: MOORE, Patrick O. (Ed.). Infrared and thermal testing. 3rd ed. Columbus (OH): American Society for Nondestructive Testing, 2001. Chapter 18, part.5.

HOLST, Gerald C. **Common Sense approach to thermal imaging**. Winter Park (FL): JCD Publishing, 2000. 377p.

LEMASTER RL: **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).

LO TY, Choi KTW: **Building defects diagnosis by infrared thermography**. Struct Surv 22, 259–263 (2004).

MALDAGUE, X. **Applications of infrared thermography in non destructive evaluation**. In: TRENDS in optical nondestructive testing (invited chapter). [S.l.]: Pramod Rastogi, 2000. p. 591-609.

MALDAGUE, X. **Infrared and Thermal testing: Nondestructive testing handbook**. 3th ed, Columbus, OH: Patrick O. Moore, 2001.

MEINLSCHMIDT P: **Thermographic detection of defects in wood and wood-based materials**. 14th International Symposium of Nondestructive Testing of Wood, Hannover, Germany (2006).

RÅBERG, U.; TERZIEV, N.; LAND, C.J. **Early soft rot colonization of Scots sapwood pine in above-ground exposure**. International Biodeterioration & Biodegradation, Birmingham, v.63, n.2, p.236-240, Mar. 2007.

ROSINA, E.; GRINZATO, E. **Infrared and thermal testing for conservation of historic buildings**. American Society for Nondestructive Testing Journal, v. 59, n. 8, 2001.