

## **DETECÇÃO DE DESTACAMENTO E FALHA DE ADERÊNCIA EM REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS UTILIZANDO A TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA**

*DETECTION OF DETACHMENTS AND ADHESION FAILURE IN MORTAR COATINGS USING INFRARED THERMOGRAPHY*

**Camila Akemi Sakamoto**

Graduanda em Arquitetura, Bolsista FAPESP de IC, Universidade Estadual Paulista – FCT/UNESP  
sakamotocamila@hotmail.com

**Cesar Fabiano Fioriti**

Professor Adjunto, Engenheiro Civil, Universidade Estadual Paulista – FCT/UNESP  
fioriti@fct.unesp.br

### **RESUMO**

No âmbito do presente trabalho foi aplicada a termografia infravermelha para que eventuais destacamentos e falhas de aderência do revestimento argamassado possam ser detectados por meio de variações na temperatura superficial de corpos de prova. Com os resultados das experimentações realizadas, de maneira qualitativa, foi verificado que a aplicação da termografia para a detecção de destacamento se fez útil e aplicável, uma vez que apresentou variações quando comparadas as áreas com e sem a presença da manifestação patológica; com relação à falha de aderência os resultados não apresentaram nenhuma diferenciação, ou seja, tanto na área com a anomalia induzida quanto na área sem não se notou diferenças nos termogramas. Concluindo que a aplicação desta técnica para áreas degradadas, a partir dos ensaios, deve ser realizada variando as temperaturas, para que se possam comparar os resultados e assim descobrir qual é a área destacada do revestimento argamassado.

**Palavras-chave:** Manifestações patológicas. Destacamento. Falha de aderência. Termografia.

### **ABSTRACT**

In the scope of the present paper infrared thermography was applied so that eventual detachments and adhesion failures of the mortar coating could be detected by means of variations in the surface temperature of specimens. With the results of the experiments performed, in a qualitative way, it was verified that the application of the thermography for the detection of detachment became useful and applicable, since it presented variations when compared the areas with and without the presence of the pathological manifestation; with respect to the adhesion failure, the results did not show any differentiation, that is, both in the area with the induced anomaly and in the area without no differences in thermograms. In conclusion, the application of this technique to degraded areas, from the tests, must be carried out by varying the temperatures, so that the results can be compared and thus to discover the outstanding area of the mortar coating.

**Keywords:** Pathological manifestations. Detachment. Adhesion failure. Thermography.

## 1. INTRODUÇÃO

A termografia infravermelha é uma técnica que trabalha convertendo a radiação térmica, emitida por um determinado objeto, em uma imagem visual, os chamados termogramas. Isso se dá pelo princípio de todos os materiais, estando eles acima do zero absoluto ( $-273^{\circ}\text{C}$ ), emitirem energia na forma de calor. Assim, a câmera detecta milhares de pontos de radiação emitidos pelo corpo e a transforma em imagem térmica (SILVA, 2007).

Por ser uma técnica de ensaio sem necessidade de contato, nem de tempo para estabilização das temperaturas, permite sua utilização em situações onde não seria possível realizar medições e análises com outras técnicas (HART, 1991). Mas, para uma correta análise dos termogramas, é fundamental um operador capacitado, com conhecimento das técnicas de construção e fenômenos da transmissão de calor, ar, umidade e também conhecimentos sobre teorias da radiação infravermelha e de outros fatores que poderão influenciar nas medições (BARREIRA, 2004).

Vem crescendo cada vez mais a aplicação da termografia, não só no campo da engenharia civil, mas também na ciência e na indústria, como cita Barreira (2004), alguns exemplos onde ela é utilizada como aliada: medicina, medicina veterinária, astronomia, setor industrial, manutenção de sistemas mecânicos, manutenção de sistemas elétricos, arqueologia, fins militares, entre outros.

A construção civil tem feito uso das técnicas não destrutivas para a caracterização de manifestações patológicas nos mais diversos elementos, materiais e partes da edificação. Nesse sentido, a termografia é a ferramenta que pode ser usada como diagnóstico, uma vez que a maior parte dos problemas dos materiais e componentes estar associada à variação de temperatura, sua utilização se torna uma grande aliada para auxiliar e compreender os fenômenos da origem das anomalias.

Assim, problemas nas edificações que muitas vezes são detectados apenas depois que já são aparentes, como aparecimento de trincas, manchas, destacamentos, fissuras, que muitas vezes se manifestam tardiamente e possivelmente irreversíveis, poderiam ter sido identificados precocemente e com isso, minimizando gastos, danos estruturais e melhor eficiência (BARREIRA, 2004; SILVA, 2012).

Um exemplo disso é dado por Sousa (2013), em seus estudos sobre a termografia analisando paredes de concreto, que revelou que as manifestações patológicas no concreto devem ser levadas em consideração pelo fato de que nas paredes de concreto não há barreiras, como rebocos ou cerâmicas, que impeçam a penetração de água. Outro fato é que há uma grande dificuldade de se identificar rapidamente anomalias nessas superfícies, pois elas não são visíveis,

aumentando silenciosamente os riscos à estrutura. Assim, o uso da termografia, por ser rápido e sem danos, é indicado para que haja tempo de solucionar os problemas.

Como outros exemplos de problemas detectados pela técnica (BARREIRA, 2004): localizar fissuras e áreas degradadas, manutenção e reabilitação de edifícios, problemas estruturais em diques/barragens/pontes, detectar defeitos nos isolamentos térmicos, definir pontos de infiltração, problemas causados pela umidade, entre outros.

Contudo, a termografia infravermelha é efetivamente utilizada para análise de problemas em edifícios, pois o diagnóstico é realizado de forma não destrutiva e sem a necessidade de proximidade entre o objeto e a câmara. Atualmente as câmaras termográficas são pequenas e portáteis, sendo mais prática a sua utilização em ensaios in situ. Porém, neste tipo de análise é fundamental a calibração do equipamento, uma vez que se pretende obter os valores reais da temperatura para o objeto em estudo. Dessa maneira, o conhecimento das principais características da câmara termográfica é fundamental para que possa ser aplicada a futuras pesquisas.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi aplicar a termografia infravermelha para que eventuais destacamentos e falhas de aderência do revestimento argamassado possam ser detectados, de maneira qualitativa, por meio de variações na temperatura superficial de corpos de prova (CP's).

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. EQUIPAMENTO**

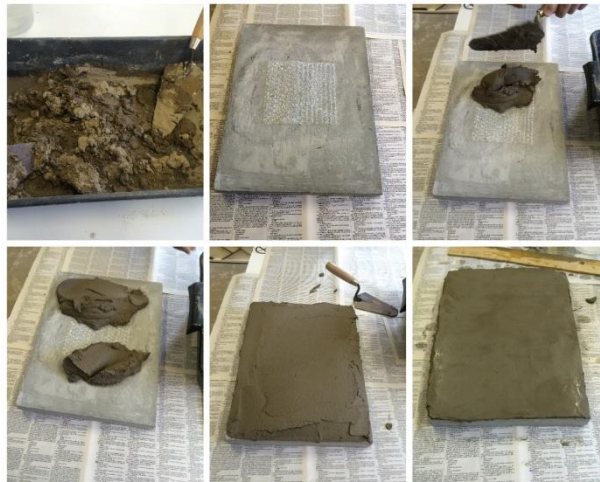
A câmara termográfica Flir Série E40, utilizada neste estudo, possui as seguintes especificações técnicas: faixa de temperatura: -20°C a 650°C; precisão: 2%; sensibilidade térmica (NETD): <0,05°C; tamanho do display colorido: 3.5" LCD touchscreen; resolução detector (pixels): 160 x 120; foco: manual; mira laser; iluminador de alvo; resolução câmara visual: 3.1 MP; 60 Hz; peso: 825 g. Trata-se de um equipamento de alta sensibilidade radiométrica, que capta a energia infravermelha emitida pela superfície de um objeto e converte-a em sinais elétricos, através do detector em matriz bidimensional não arrefecida, sendo o sinal de temperatura analógico amplificado e convertido em um sinal digital. O sinal digital é exibido como imagens térmicas coloridas ou monocromáticas.

## 2.2. MODELOS FÍSICOS

Foi avaliada com a termografia infravermelha a detecção de destacamento e a falha de aderência em CP's.

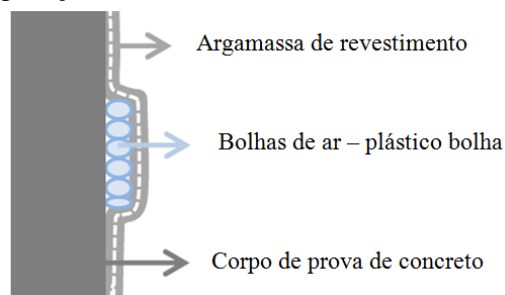
Para a detecção do destacamento foi utilizado um CP de concreto, de dimensões 40 x 30 x 4 cm, Figura 1, em que se criou artificialmente um destacamento no revestimento do CP, por meio da formação de um espaço de ar entre o CP e um reboco delgado à base de argamassa industrializada para revestimento, onde foi colocado um pedaço de plástico bolha nas dimensões 15 x 15 cm (Figura 2).

Figura 1. Montagem fotográfica com os passos que seguiram a montagem do CP com adição do plástico bolha



Fonte: Autor, 2017

Figura 2. Configuração do CP, em corte, com detalhe do plástico bolha



Fonte: Autor, 2017

Já a detecção da falha de aderência foi realizada utilizando um CP de concreto, também de dimensões 40 x 30 x 4 cm, Figura 3, em que se criou artificialmente uma falha de aderência no revestimento do CP, através da formação de um espaço sem aderência entre o CP e um reboco delgado à base de argamassa industrializada para revestimento, onde foi colocado um pedaço de

plástico de espessura fina nas dimensões 15 x 15 cm, com o intuito de não permitir nessa área a aderência da argamassa com o CP.

Figura 3. Montagem fotográfica com os passos que seguiram a montagem do CP com adição do pedaço de plástico



Fonte: Autor, 2017

### 2.3. PROCEDIMENTOS DE ENSAIO

Ambos os ensaios consistiram em uma análise dinâmica da variação da temperatura superficial ao longo do tempo, utilizando uma fonte de calor infravermelha com uma potência de 500 W (Figura 4), de forma a simular o efeito da radiação solar numa fachada. Os CP's foram colocados perpendicularmente à câmera termográfica a 1 metro de distância (posicionada com auxílio de um tripé), bem como a fonte de calor. Os ensaios foram efetuados nas condições de laboratório, com temperatura ambiente e luz natural. Foram obtidos termogramas de três em três minutos em três fases: sem fonte de calor, com fonte de calor ligada (durante trinta minutos) e após a fonte de calor ter sido desligada (durante sessenta minutos).

Figura 4. Fonte de calor de 500 W durante aquecimento de CP



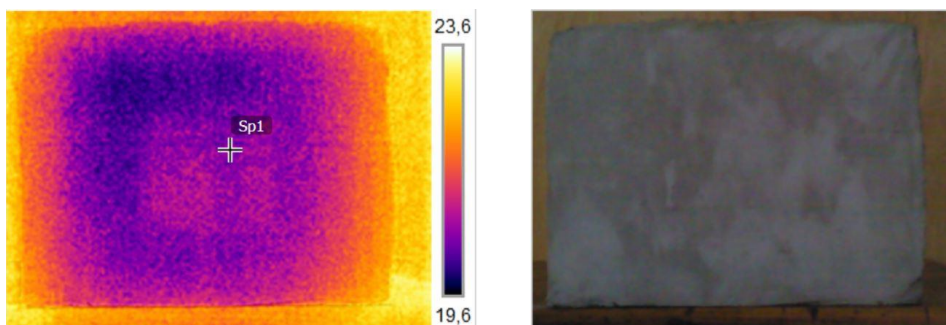
Fonte: Autor, 2017

### 3. RESULTADOS E ANÁLISE

#### 3.1. DETECÇÃO DO DESTACAMENTO COM PLÁSTICO BOLHA

O CP de concreto com o plástico bolha e argamassa foi submetido a uma fonte de calor de 500 W de potência, durante 30 minutos, simulando o efeito da radiação solar numa fachada. A Figura 5 representa o termograma e a imagem real desse CP antes de ser submetido ao aquecimento. O que se percebe através desse termograma inicial é a presença de uma mancha retangular no centro do CP, de cor mais clara do que o restante da peça. Essa cor mais clara é a área onde foi inserido o plástico bolha, e significa que está mais quente do que o restante que não possui esse elemento.

Figura 5. Termograma e imagem real do CP com o plástico bolha no seu interior



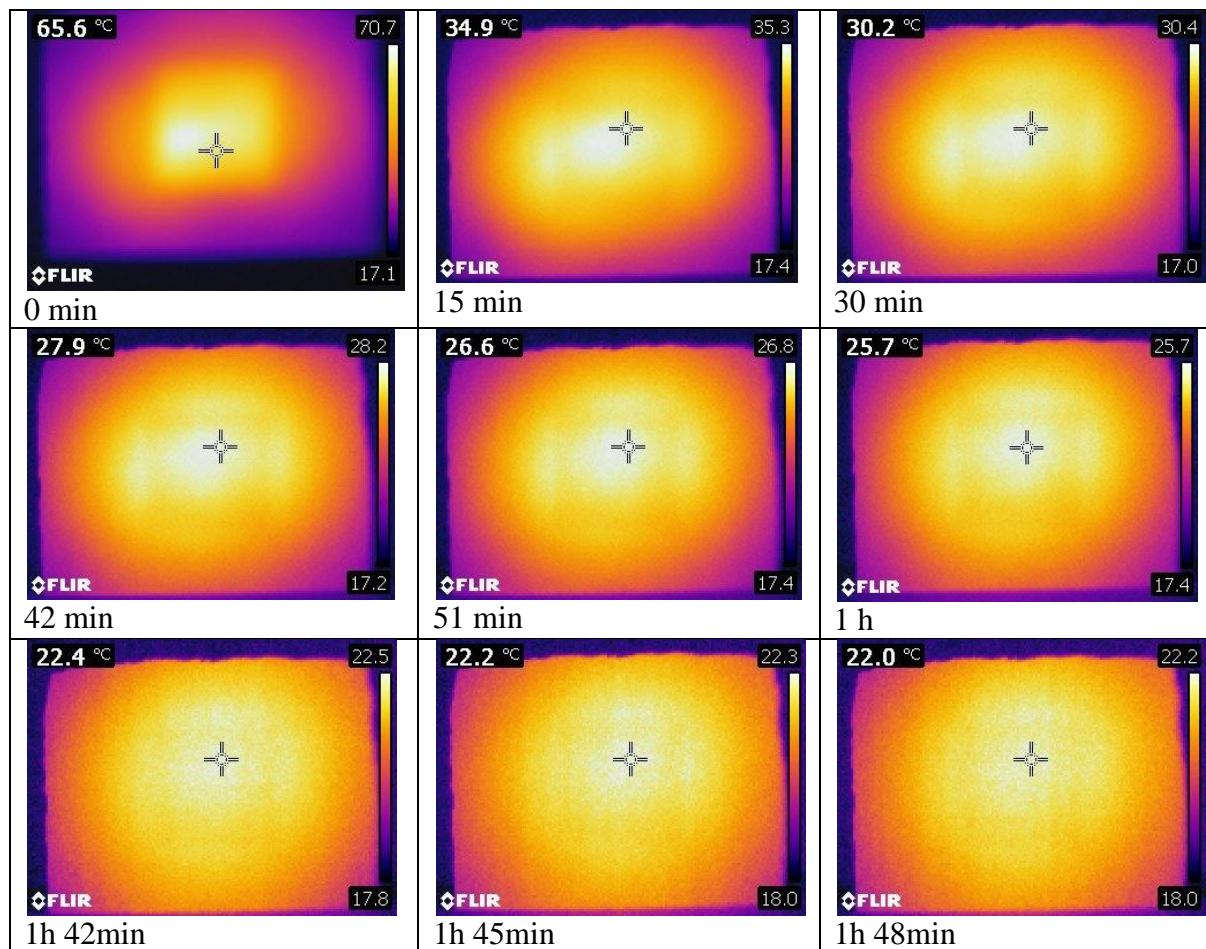
Fonte: Autor, 2017

O Quadro 1 apresenta alguns dos resultados do ensaio realizado após o aquecimento do CP com plástico bolha, pela fonte de calor por 30 minutos. O ensaio correu durante o tempo total de 108 minutos, com termogramas de 3 em 3 minutos, a fim de identificar as variações conforme o CP



fosse se resfriando. Ao analisarmos os termogramas, pode ser notada a presença da falha no revestimento, pois em todos há uma delimitação desse plástico bolha dentro do CP.

Quadro 1. Termogramas do CP com plástico bolha e o tempo de duração do ensaio



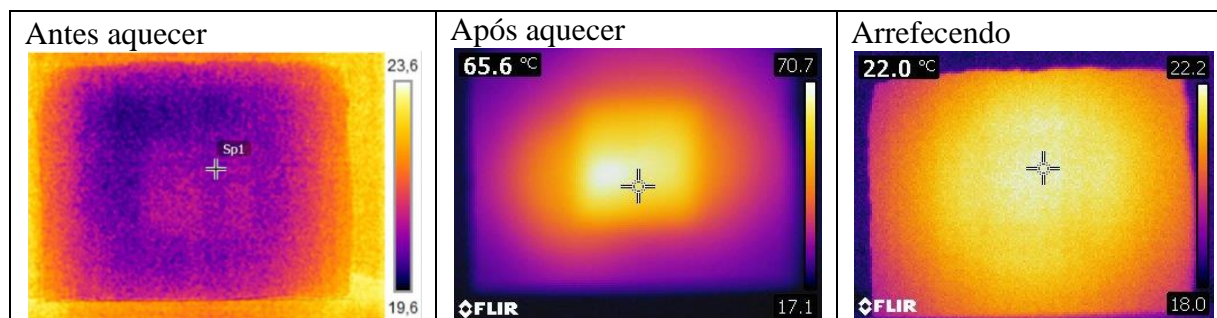
Fonte: Autor, 2017

O Quadro 1 auxilia na comparação – antes de aquecer, após aquecer e arrefecendo por 1h 48min – lado a lado. O que se pode notar é uma grande variação entre os termogramas, uma grande variedade nos gradientes de cores e de visualização. Com relação à qualidade e facilidade de visualização do plástico bolha dentro do CP, os que mais foram capazes de serem notados foram os termogramas antes e logo após aquecer, apresentando nesses espaços, cores mais claras do que o restante do CP, ou seja, estavam mais quentes do que as partes sem o plástico bolha.

O terceiro termograma do Quadro 2 apresenta poucas diferenças entre parte com a anomalia e sem. Na parte média do CP, coincidentemente sendo o centro do plástico bolha, se apresenta mais claro (quente) e escurece conforme se distancia desse centro, até chegar as bordas desse plástico bolha. Logo após sair do perímetro do plástico bolha, as temperaturas voltam a aumentar, e se resfriam conforme se aproximam no perímetro final do CP. Deve-se atentar ao fato

de que por se ter ciência da presença dessa manifestação patológica nesse CP, são notadas pequenas nuances que talvez passariam despercebidas se fosse analisado apenas o ensaio de aquecimento. Assim, o Quadro 1 comparativo se faz necessário para uma total avaliação da área a ser estudada, não só em laboratório, mas também in situ.

Quadro 2. Comparação do começo, meio e fim do ensaio



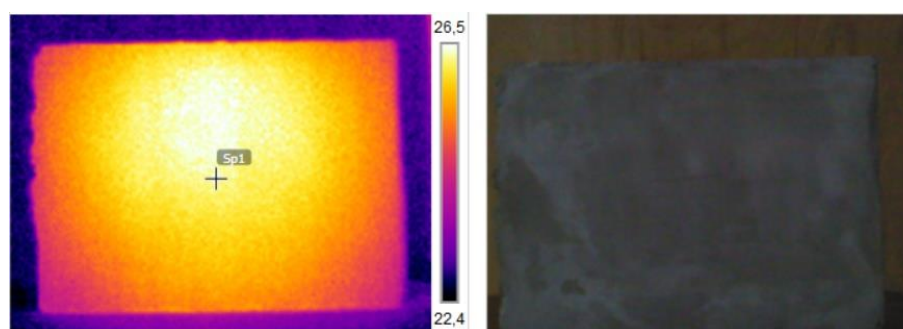
Fonte: Autor, 2017

Dessa forma, o CP com plástico bolha apresentou diferença na absorção e arrefecimento no local com o destacamento em comparação ao local sem o destacamento.

### 3.2. DETECÇÃO DA FALHA DE ADERÊNCIA COM O PLÁSTICO DE ESPESSURA REDUZIDA

A Figura 6 apresenta o CP antes de ser aquecido. Ao analisá-la não se nota a presença do plástico ou de qualquer anomalia.

Figura 6. Termograma e imagem real do CP com plástico de espessura reduzida antes de aquecer



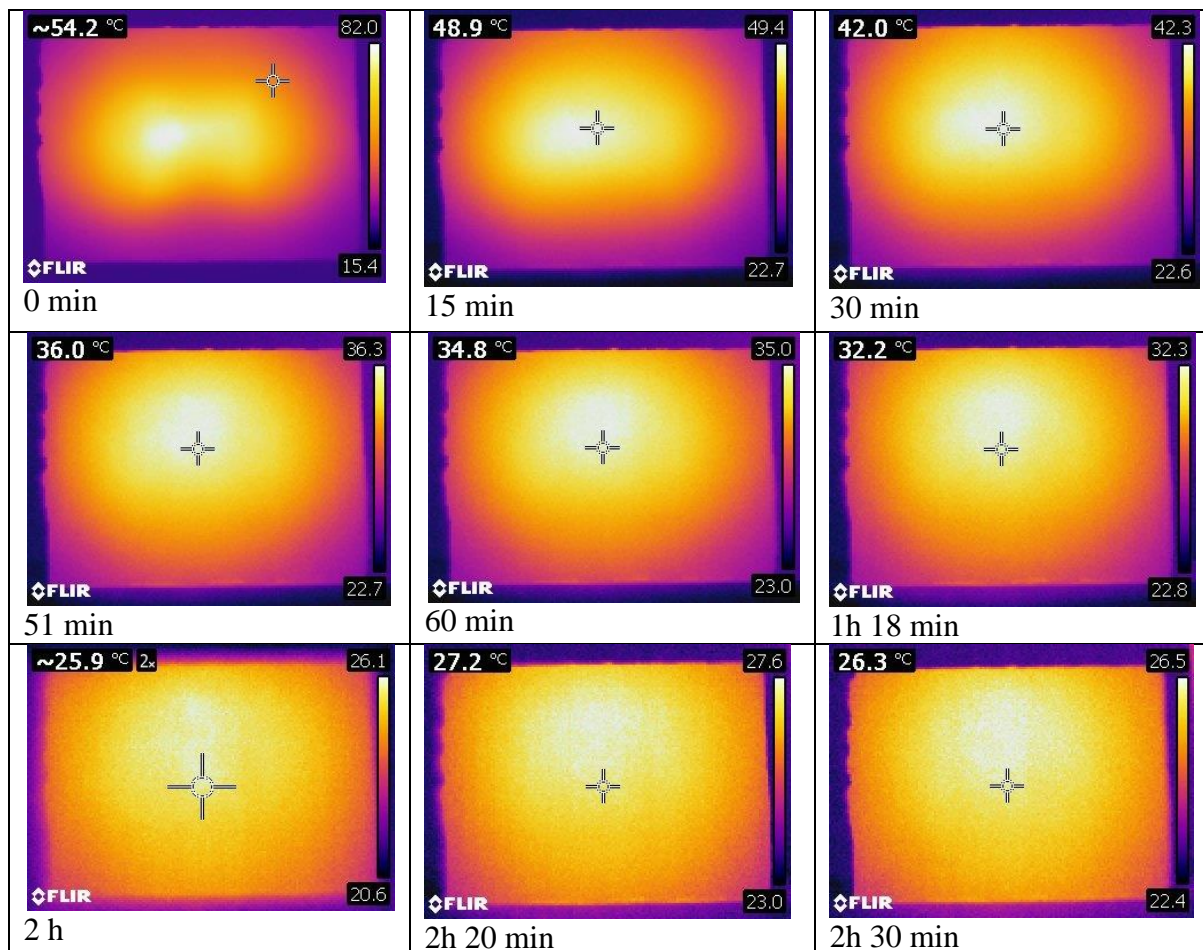
Fonte: Autor, 2017

O Quadro 3 apresenta a comparação de alguns termogramas durante a fase de arrefecimento do CP. O ensaio durou 150 minutos, em intervalos de 3 em 3 minutos. O resultado obtido foi o esperado para um CP sem qualquer tipo de anomalia, com o foco mais quente no seu centro e concentricamente se resfriando até chegar as suas bordas. Mas não se nota em nenhum



momento do arrefecimento, a presença do plástico de espessura reduzida que foi inserido para simular uma falha de aderência. Nem antes de aquecer, nem durante a fase de arrefecimento.

Quadro 3. Termogramas do CP com plástico de espessura reduzida e o tempo de duração do ensaio



Fonte: Autor, 2017

O CP com plástico de espessura reduzida não apresentou nenhuma diferenciação, ou seja, tanto na área com plástico quanto sem plástico não se notou diferenças. Possivelmente pelo fato da falha ser relativamente fina, propiciada pela pequena espessura do plástico utilizado, as temperaturas trabalharam como num CP sem a falha de aderência.

#### 4. CONCLUSÃO

Por mais simples que a técnica da termografia possa parecer, o operador da câmera deve levar em consideração influências e limitações desse processo, que podem falsear ou mascarar um diagnóstico preciso. Entende-se assim, que os resultados apresentados aqui são fruto de uma

condição térmica e espacial e de aparelho específica, que podem mudar de acordo com possíveis variações das condicionantes.

Com os resultados das experimentações realizadas, dentro dos parâmetros que foram levados em conta e das limitações do equipamento utilizado no programa experimental, de maneira qualitativa, foi verificado que a aplicação da termografia para a detecção de destacamento se fez útil e aplicável, uma vez que apresentou variações quando comparadas as áreas com e sem a presença da manifestação patológica; com relação à falha de aderência os resultados não apresentaram nenhuma diferenciação, ou seja, tanto na área com a anomalia induzida quanto na área sem não se notou diferenças nos termogramas. Concluindo que a aplicação desta técnica para áreas degradadas, a partir dos ensaios, deve ser realizada variando as temperaturas, para que se possam comparar os resultados e assim descobrir qual é a área destacada do revestimento argamassado.

Por fim, podemos afirmar que é possível ampliar ainda mais os conhecimentos sobre a aplicação da termografia na construção civil, analisando comportamentos distintos de outros parâmetros que nesse trabalho não foram levados em consideração.

## 5. AGRADECIMENTOS

À FAPESP – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, pela concessão da bolsa de iniciação científica a autora.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo auxílio financeiro para aquisição do equipamento termográfico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARREIRA, E. **Aplicação da termografia ao estudo do comportamento higrotérmico dos edifícios**. 2004. 196p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2004.

HART, J. M. *A practical guide for infra-red thermography for building surveys*. Garston, Watford, BRE, 1991.

SILVA, D. D. S. **Diagnóstico de patologias em fachadas utilizando termografia**. 2012. 82p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012.

SILVA, R. N. T. **Estudo da termografia por infravermelho: aplicações na engenharia e determinação de parâmetros termofísicos e geométricos de materiais**. 2007. 90p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, 2007.

DETECÇÃO DE DESTACAMENTO E FALHA DE ADERÊNCIA EM REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS  
UTILIZANDO A TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA.

Camila Akemi Sakamoto

**SOUSA, J. S. A análise de paredes de concreto moldadas in loco utilizando a termografia como ensaio não destrutivo.** 2013. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil) – Universidade Católica de Brasília. Brasília – DF, 2013.