



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

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

O USO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA PARA DETECÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS¹

SILVA, Arthur José da (1); VIÉGAS, Diego José Araújo (2); PÓVOAS, Yêda Vieira (3)

(1) UPE, e-mail: arthur.j.s@hotmail.com; (2) UPE, e-mail:
diegoaraujoviegas@hotmail.com; (3) UPE, e-mail: yeda.povoas@gmail.com

RESUMO

Em fachadas revestidas com placas cerâmicas, muitas vezes é necessário a realização de ensaios destrutivos para avaliação de seu desempenho, principalmente quando se é verificado o descolamento. Esta pesquisa tem por objetivo apresentar a termografia infravermelha como um possível método de avaliação não destrutivo, no qual imagens são captadas e, por meio de diferença de temperatura, áreas problemáticas são diferenciadas por apresentação de diferença de cores. A presente pesquisa baseou-se na observação e levantamento de manifestações patológicas de três fachadas do Bloco I da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco e de outra no Condomínio Edf. Internacional, vizinho à escola. Após a inspeção visual, foi realizada a análise da termografia infravermelha, de hora em hora, como objetivo de se obter as melhores imagens de acordo com a emissão de calor ao longo do dia, comparando o comportamento das fachadas dispostas em diferentes posições. Os resultados puderam indicar pontos onde havia problemas a partir da diferença de temperatura e revelar manifestações patológicas não aparentes. Verificou-se que as fachadas apresentavam quase os mesmos tipos de manifestações de acordo com a orientação das mesmas. Sendo assim, a termografia infravermelha demonstrou ser um método eficaz, rápido e que pode auxiliar no diagnóstico de manifestações patológicas nas edificações.

Palavras-chave: Termografia infravermelha. Manifestação patológica. Fachada.

ABSTRACT

In facades with ceramic tiles, it is often necessary to carry out destructive tests to evaluate its performance, especially when it is checked the detachment. This research aims to present the Infrared thermography as a possible method of non-destructive test, in which images are captured and, the problem areas are distinguished by color difference presentation. This research was based on observation and survey of pathological manifestations in three facades of the university and another in a neighboring building to the university. First, the visual inspection was done and afterwards, the infrared thermography at each hour to obtain the best images under the emission of heat throughout the day, comparing the behavior of facades arranged in different positions. The results might indicate points where there were problems from the temperature difference and reveal hidden pathological manifestations. It was found that the facades had almost the same kinds of events according to their orientation. Therefore, the infrared thermography has demonstrated to be an effective and rapid method that can facilitate the diagnosis of pathological manifestations in buildings.

¹ SILVA, Arthur José da; VIÉGAS, Diego José Araújo; PÓVOAS, Yêda Vieira. O uso da termografia infravermelha para detecção de manifestações patológicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

Keywords: *Infrared thermography. Pathological manifestation. Facade.*

1 INTRODUÇÃO

As manifestações patológicas podem gerar desconforto e risco, tanto para as pessoas que utilizam diretamente o empreendimento quanto para os transeuntes de seu entorno. Além disso, podem reduzir a vida útil da edificação (MARANTE, 2012).

A detecção das manifestações patológicas se torna mais ágil, eficaz e não destrutiva ao se utilizar a câmera termográfica, que é uma ferramenta interessante para realizar a inspeção.

A palavra “termografia” é proveniente da junção de duas palavras gregas, *therme* que quer dizer calor, e *grafia* que é a escrita. Entende-se por uma técnica ou um método que permite mapear uma região a partir de certa diferença de temperatura que a superfície emite, já que todo corpo acima do Zero Absoluto emite radiação, permitindo a visualização a partir do espectro infravermelho (CORTIZO, 2007).

A figura gerada é chamada de termograma ou imagem térmica. A emissão da radiação infravermelha dos objetos é o que torna possível a obtenção das imagens sem contato (ITC, 2014).

Segundo Tarpani et al. (2009), os termogramas exibem as diferentes temperaturas de um determinado local da amostra na forma de gradientes de coloração (escala policromática) ou de tonalidades de cinza (escala monocromáticas).

A termografia ainda é pouco utilizada na construção civil para identificar manifestações patológicas. A identificação pode ser feita devido à dissipação do calor quando algum defeito é encontrado, pois a partir da dissipação das ondas de calor, uma diferença de temperatura irá surgir e a leitura a partir da câmera termográfica pode ocorrer. Dessa forma, o presente trabalho visa apresentar a utilização da termografia infravermelha como proposta para inspecionar fachadas revestidas com placas cerâmicas a fim de localizar anomalias não aparentes, possibilitando que se façam intervenções necessárias para evitar danos maiores a edificações.

2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS

A palavra “patologia” vem da junção de duas palavras gregas: *pathos* (sofrimento ou doença) e *logia* (estudo), ou seja, a patologia é um ramo da ciência que estuda as diferentes doenças, indicando suas causas e como se apresentam.

Na área da engenharia civil a patologia nas edificações vem estudar todas as falhas construtivas que, por algum motivo, aparecem na edificação e prejudicam o seu correto funcionamento, seja ele estrutural, funcional ou estético.

Cada material que constitui uma edificação possui um diferente coeficiente

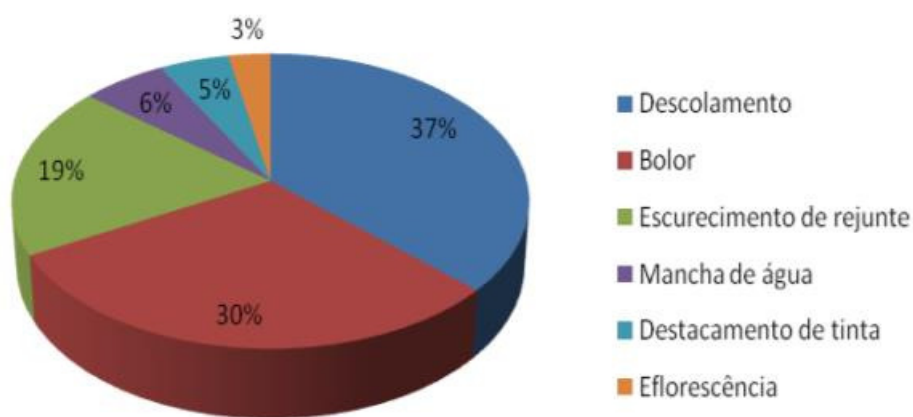
de dilatação térmica. Isso significa que cada material irá se deformar de forma diferente de acordo com a ação da temperatura. É justamente no contato entre os materiais que essa diferença de dilatação pode provocar o aparecimento de manifestações patológicas (SILVA, 2015).

No caso das fachadas revestidas com cerâmica, a interação entre o substrato, a placa cerâmica, a argamassa e o rejunte deve ser de forma harmoniosa a fim de que não cause, por exemplo, descolamentos e trincas devido às tensões de tração que são ocasionadas em todo o conjunto.

O aparecimento destas manifestações patológicas passa uma impressão de que a edificação foi mal construída, que não existe manutenção periódica ou que ainda pode oferecer algum risco. Outrossim, tais manifestações geralmente ocorrem ao mesmo tempo já que as fissuras e/ou trincas são caminho de entrada de umidade e temperatura para o interior do revestimento, favorecendo o aparecimento de manchas e o fenômeno do descolamento do revestimento.

Em uma pesquisa realizada na cidade do Recife, a principal manifestação patológica encontrada em fachadas de edificações foi o descolamento do revestimento cerâmico, que alcançou 37%, seguido do bolor (30%), escurecimento de rejunte (19%), mancha de água (6%), destacamento de tinta (5%) e eflorescência (3%) (Figura 1) (MATIAS; PÓVOAS, 2009).

Figura 1 – Principais patologias encontradas em pesquisa



Fonte: Matias; Póvoas (2009)

3 A TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

Segundo Cortizo (2007 apud TAVARES, 2004), alguns conceitos de termografia são amplamente definidos por alguns pesquisadores da área:

- Willians et al. (1980) – de acordo com o autor, a termografia pode ser descrita como sendo um ensaio térmico não destrutivo, utilizado na obtenção do perfil de temperatura superficial em estruturas e, subsequentemente, a correlação da informação obtida com algumas imperfeições internas;
- Krapez et al. (1994) – definiram o ensaio térmico não destrutivo como uma técnica de diagnose, que avalia o comportamento temporal do campo de temperatura superficial de uma estrutura excitada

termicamente;

- Giorleo et al. (2002) – de acordo com o autor, a termografia é uma técnica não destrutiva, bidimensional, utilizada na medição do campo de temperatura da superfície de todos os tipos de materiais;
- Sakagami et al. (2002) – afirmam que a termografia é uma das mais poderosas técnicas de medição de temperatura sem contato.

De acordo com Tavares (2006 apud MALDAGUE, 2001), a termografia pode ser dividida em dois tipos, segundo a fonte estimulante de calor:

- Termografia passiva: onde o material contém uma parcela de calor armazenada ou recebe estímulo de uma fonte natural (energia solar);
- Termografia ativa: necessita de uma fonte externa de estímulo de calor sobre o material.

Na termografia passiva, de acordo com Viégas (2015), deverá existir uma diferença de temperatura entre a superfície ou objeto analisado e o ambiente no qual ele se apresenta.

Este tipo de análise confere ao observador mais características qualitativas que quantitativas, o que faz com que o resultado obtido seja de análise daquele que coleta as informações. É o tipo de inspeção que é mais utilizada nas áreas de manutenção preventiva e preditiva, instalações elétricas e processos industriais.

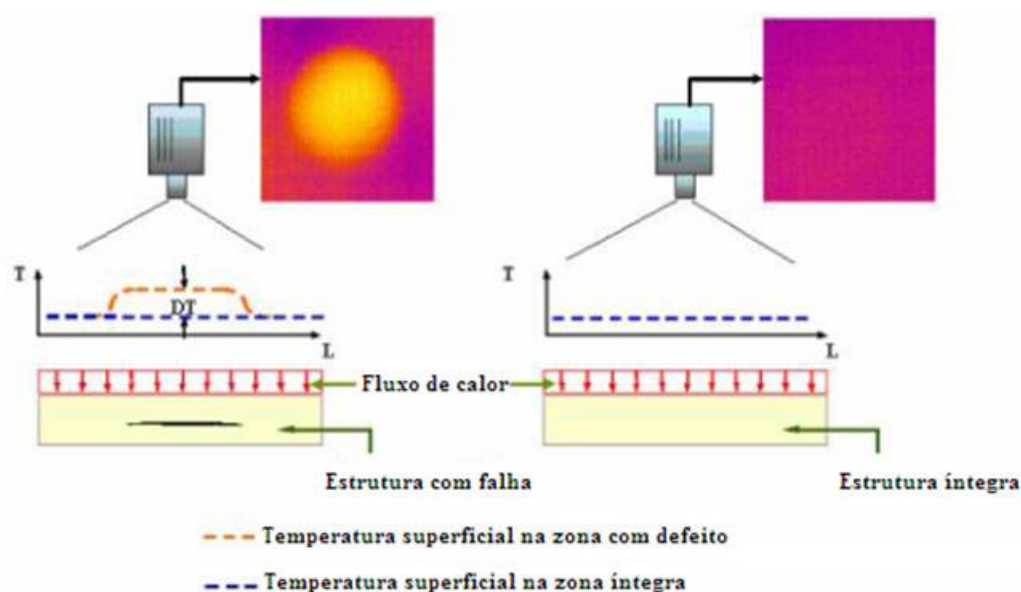
Sobre o uso mais específico da termografia nas edificações para identificação de problemas, Tavares (2006) comenta que:

Titman (2001) emprega esta metodologia não só na localização de perdas de calor pontuais na estrutura (provocada, por exemplo, por defeitos em juntas), mas, também, na identificação de tubulações de água quente, tubulações de ar condicionado, dentre outras. No caso de avaliações prediais utilizando-se termografia passiva, a análise pode ser feita tanto no período de aquecimento (do início da manhã até o horário de maior incidência solar), quanto do resfriamento (do horário de maior incidência até o anoitecer).

Na termografia ativa deseja-se coletar imagens com mais características quantitativas que qualitativas. Na literatura há alguns relatos do uso da termografia ativa para a identificação de estruturas e falhas não visíveis. A partir desses estudos, comprovou-se que houve um maior potencial, tanto de quantidade quanto de qualidade, nas verificações dos defeitos encontrados (CORTIZO, 2007).

Na Figura 2 pode ser visto um exemplo de como a termografia irá apresentar uma imagem quando um corpo apresenta uma falha. Na imagem da esquerda, mostrando uma superfície com falha, a imagem termográfica evidencia a diferença de temperatura, através da diferença de cores, indicando um local com defeito. Na imagem da direita, é apresentada uma superfície íntegra, o que é confirmado pela imagem termográfica que apresenta uniformidade na coloração, o que indica uma superfície sem defeito.

Figura 2 – Representação da termografia apresentando superfície com e sem defeito



Fonte: Tavares (2006 apud Andrade, 2000)

4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa alguns procedimentos foram tomados a fim de se detectar manifestações patológicas com o uso da termografia infravermelha.

Primeiramente foram observados a localização, a área, o horário de incidência solar e as manifestações patológicas visíveis nas fachadas escolhidas.

Posteriormente foi feita a análise termográfica por infravermelho das fachadas do Bloco I da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI-UPE) e de uma fachada do Condomínio Edifício Internacional, edificação ao lado da POLI-UPE, de hora em hora, das 7 às 18 horas, com o objetivo de se obter as melhores imagens de acordo com a emissão de calor ao longo do dia (termografia passiva).

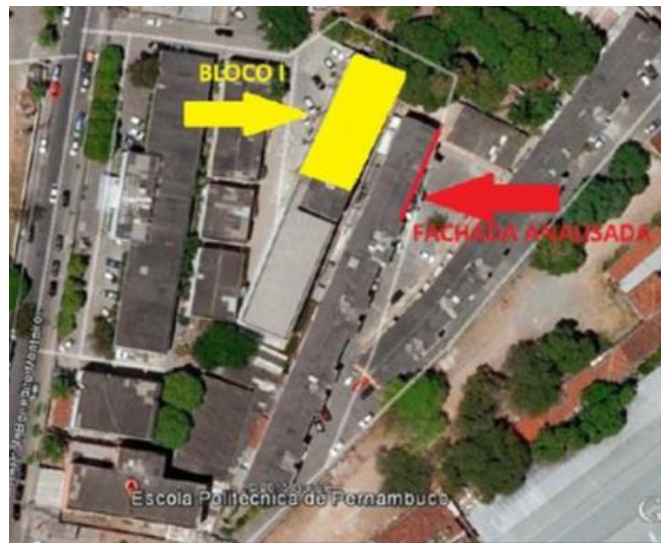
4.1 Caracterização do local estudado

A Figura 3 apresenta a localização do Bloco I da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI-UPE) situada à Rua Benfica, 455, na cidade de Recife.

As fachadas estudadas do Bloco I foram nomeadas em fachadas A, B e C, e estão a noroeste, nordeste e sudeste, respectivamente (Figura 4).

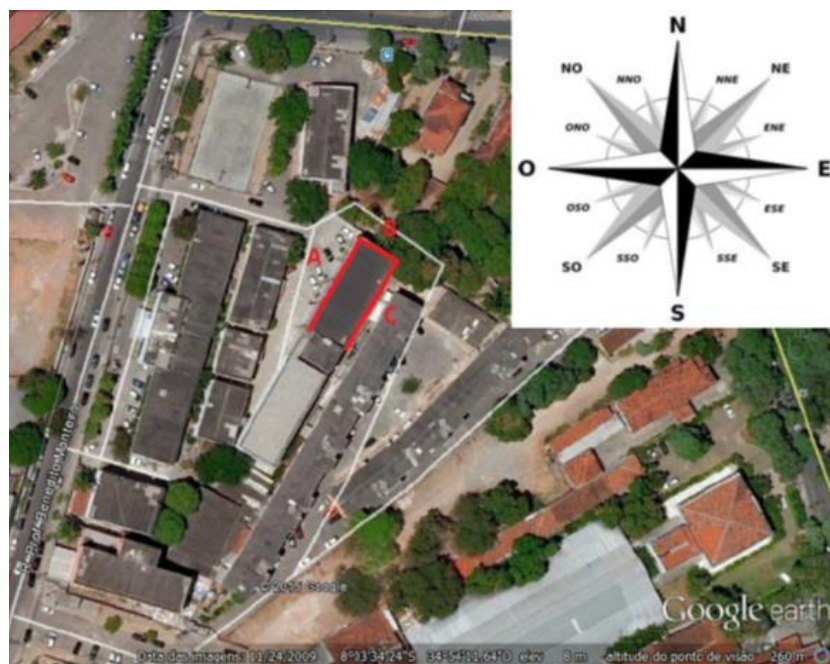
Além destas fachadas, foi realizado um estudo comparativo entre a fachada C e uma das fachadas do Condomínio Edifício Internacional, edificação ao lado do Bloco I da POLI-UPE, indicada na Figura 3.

Figura 3 – Localização do Bloco I da POLI-UPE e da fachada estudada do Condomínio Edifício Internacional



Fonte: <https://maps.google.com.br/>

Figura 4 – Localização das fachadas estudadas do Bloco I da POLI-UPE



Fonte: <https://maps.google.com.br/>

4.2 Realização da análise por termografia infravermelha

Inicialmente foi realizada uma inspeção visual para verificar possíveis pontos de ocorrência de manifestações patológicas. Posteriormente foi feita análise por termografia passiva, utilizando-se a câmera termográfica FLIR E-60.

As fachadas foram analisadas a partir de uma distância de aproximadamente 7 metros, que foi estipulada como a melhor distância para visualizar os alvos inspecionados e obter as imagens. Os termogramas

foram captados das 7 às 18 horas nas fachadas B e C e das 11 às 18 horas na fachada A, pelo motivo de a mesma não receber incidência solar nas primeiras horas da manhã, inviabilizando a observação de manifestações patológicas a partir da termografia.

Para observar como a fachada se comportava ao longo do dia e indicar o melhor horário para captação das imagens, foi definido um ponto com manifestação patológica a ser observado termograficamente.

Antes de iniciar a obtenção dos termogramas os seguintes passos foram concluídos: ajuste do foco da câmera; observação dos dados de entrada para a câmera, como umidade relativa e temperatura atmosférica; e determinação da emissividade.

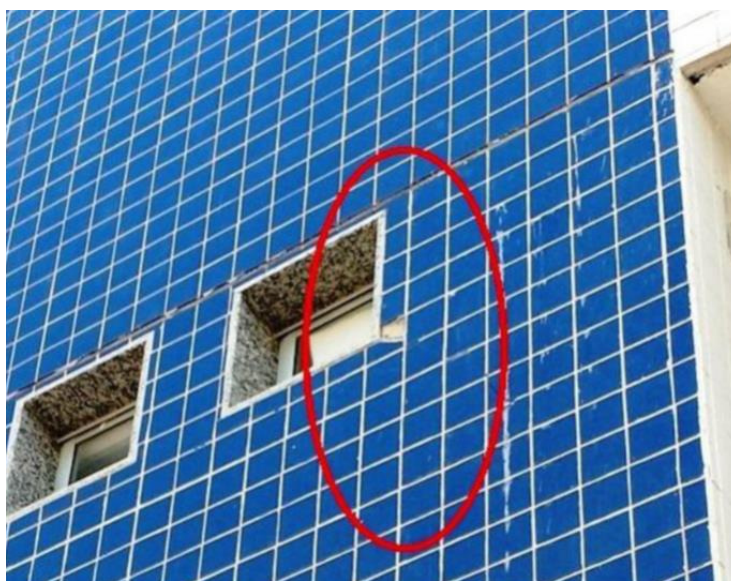
A umidade relativa e a temperatura atmosférica foram obtidas por um termohigrômetro. A emissividade foi determinada fazendo uso de uma fita preta padrão, de emissividade conhecida. Foi medida a temperatura no ponto da fita e logo após, em uma região próxima da mesma. A emissividade foi alterada até que a temperatura registrada na área da fita fosse igual à temperatura nos arredores.

5 ESTUDO DE CASO

5.1 Fachada A

No momento da inspeção visual pôde ser observada a presença de manifestações patológicas como, por exemplo, formação de bolor e mofo no rejunte, trincas e descolamento de placas cerâmicas. Os descolamentos, em sua maioria, estão próximos às janelas existentes, evidenciando uma angulação de 45° (Figura 6).

Figura 6 – Visualização de trinca e descolamento de placa cerâmica próxima à janela

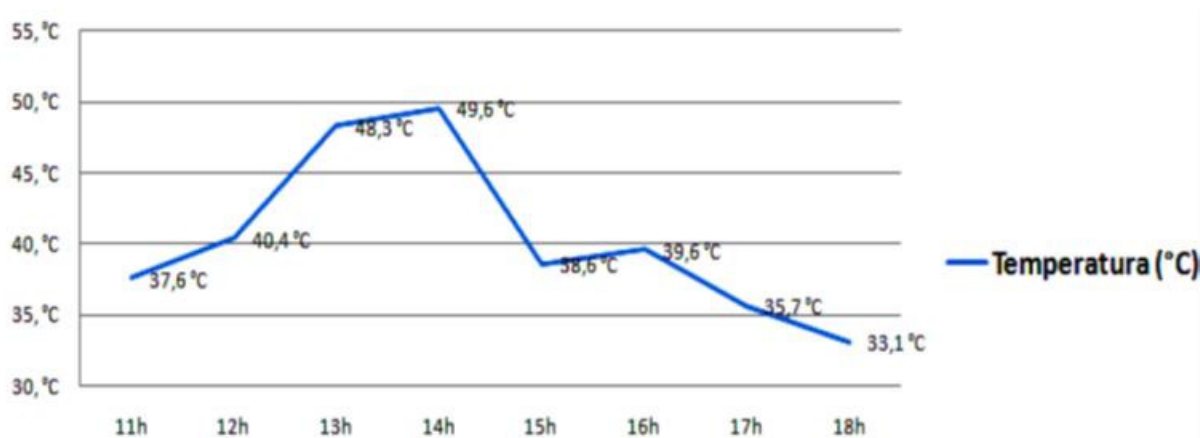


A fachada “A”, revestida com placa cerâmica azul e branca, está situada a noroeste e não recebe incidência solar pela manhã. A incidência solar é recebida apenas à tarde. Por esta razão, a captação das imagens termográficas foi realizada das 11 às 18 horas a uma distância de, aproximadamente, 7 metros do alvo.

A emissividade determinada pelo método da fita preta apresentou os seguintes valores: 0,84 para a placa cerâmica azul e 0,94 para a placa cerâmica branca.

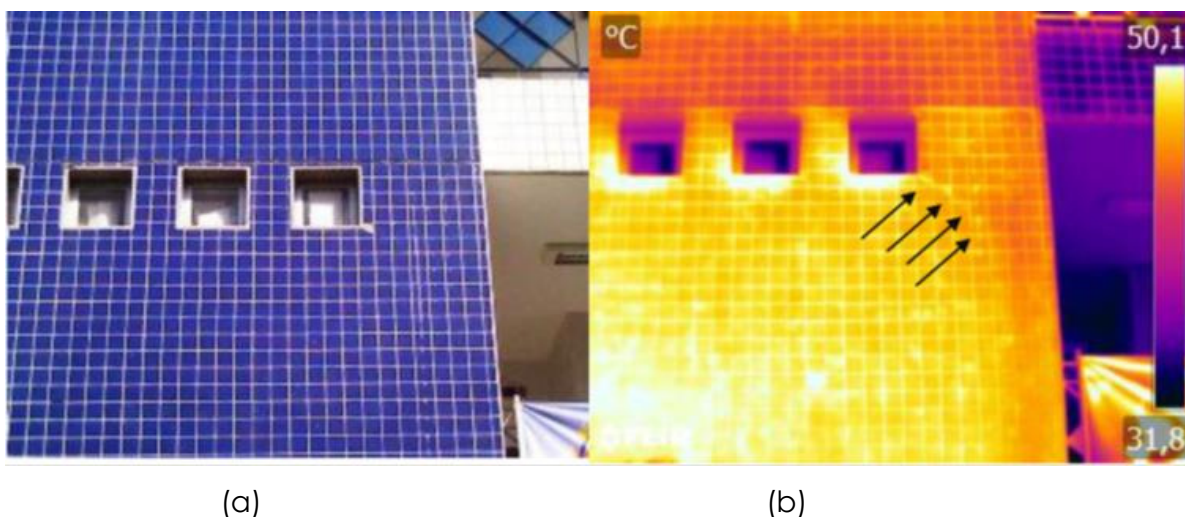
O melhor período para realização da análise termográfica e visualização das manifestações patológicas foi entre 14 e 15 horas. A Figura 7 mostra que este horário representa um momento de resfriamento da fachada logo após indicar sua máxima temperatura, por volta das 14 horas.

Figura 7 – Temperatura da fachada A ao longo do dia



Através do termograma da Figura 8 foi possível notar que a trinca tem extensão maior do que aparenta, atestando a eficácia do ensaio em detectar patologias além das que estão visíveis.

Figura 8 – Visualização de trinca através de fotografia comum (a) e através da termografia infravermelha (b)



5.2 Fachada B

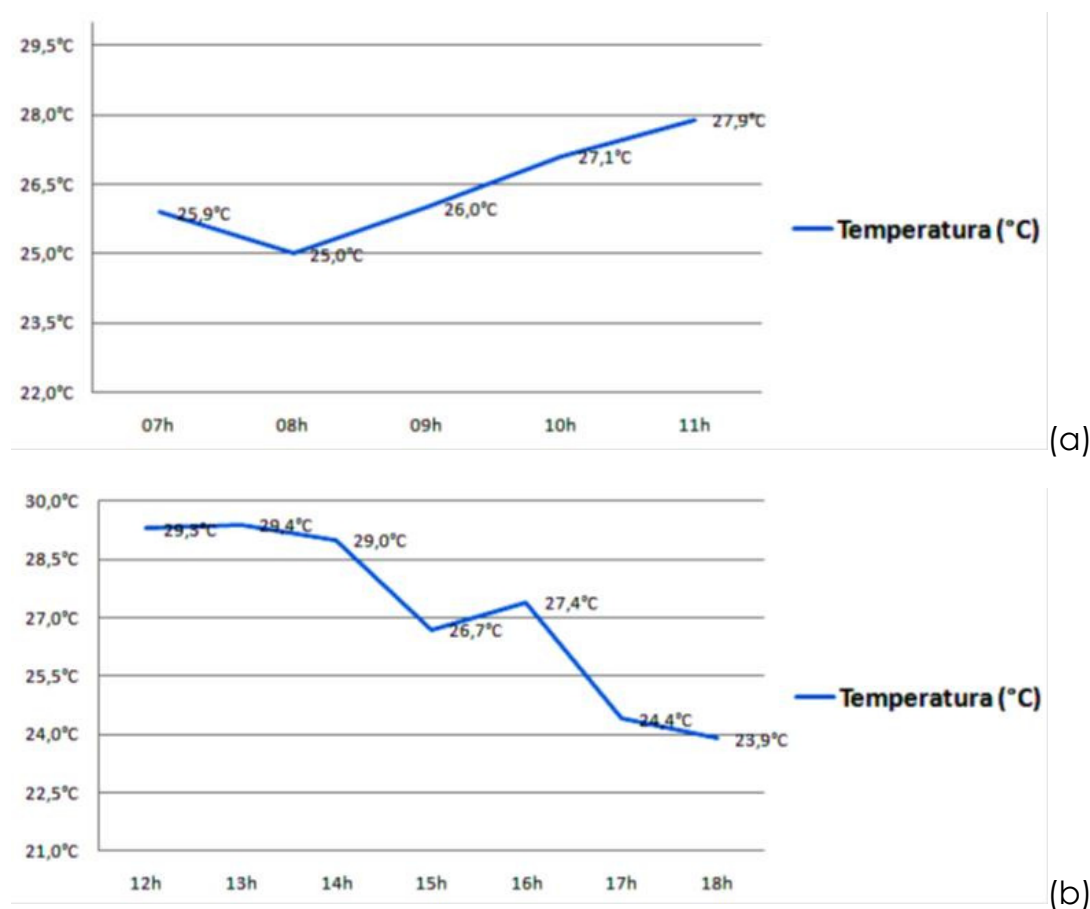
Na inspeção visual não foram encontradas manifestações patológicas em grande quantidade, a não ser a presença de trincas em pontos variados.

A fachada "B" é revestida de placa cerâmica azul e se apresenta na forma de um paredão sem vãos abertos, ou seja, sem janelas. A sua orientação a nordeste garante iluminação solar desde as primeiras horas do dia, o que garante o aquecimento da fachada durante o período da manhã e o seu resfriamento durante a tarde. A captação das imagens termográficas foi realizada das 7 às 18 horas a uma distância de, aproximadamente, 7 metros do alvo. Nesta fachada foi necessário inclinar a câmera para obtenção das imagens.

A emissividade determinada pelo método da fita preta foi de 0,84.

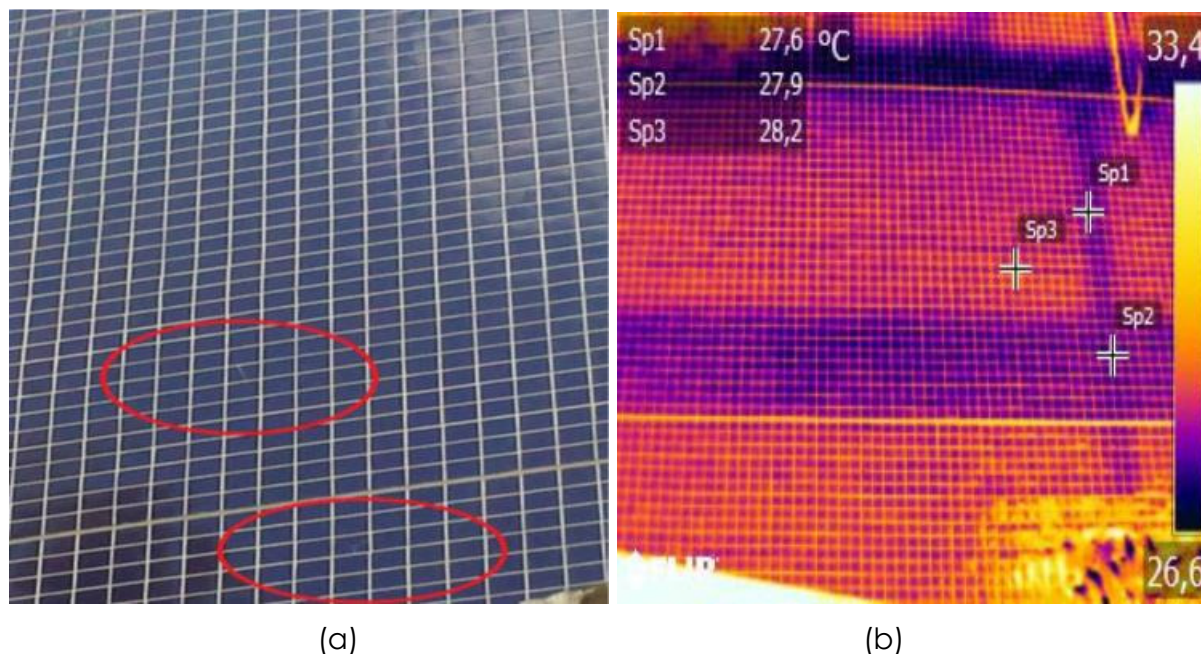
A partir da observação das imagens e da verificação da temperatura em um mesmo ponto, foi notado que os melhores horários para captação dos termogramas foram das 9 às 10 horas, por apresentar maior ganho de temperatura, evidenciando melhores imagens e com melhor nitidez; e das 14 às 15 horas, momento em que a fachada passa pelo resfriamento (Figura 9).

Figura 9 – Temperatura da fachada B (a) pela manhã; (b) à tarde



Neste caso não foi possível, através da termografia, a observação das trincas na cerâmica, conforme observadas pela inspeção visual. Pode-se justificar esse fato devido a fatores como a distância de captação, ao tamanho das trincas e à angulação entre o equipamento e a fachada analisada (Figura 10).

Figura 10 – Visualização de trinca através de fotografia comum (a) e não visualização através da termografia infravermelha (b)



5.3 Fachada C

Na inspeção visual foram observados alguns descolamentos de placa cerâmica, bem como formação de bolor e mofo no rejunte.

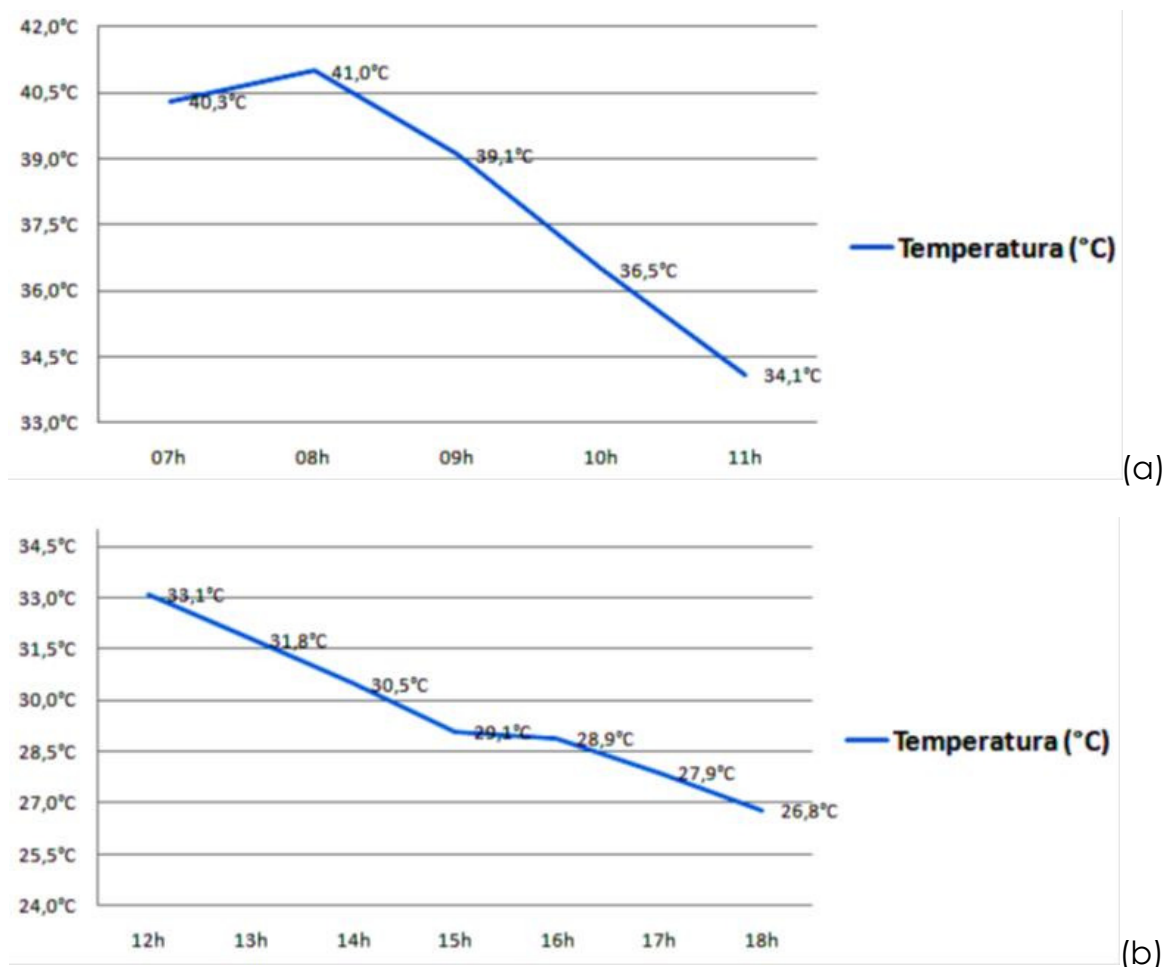
A fachada "C" é revestida de placa cerâmica branca e azul e apresenta uma densa quantidade de janelas de correr provenientes das salas de aula. Ao lado desta fachada existe um prédio que em determinado horário do dia provoca sombra na mesma, ocasionando uma diminuição de temperatura nessas áreas. A captação das imagens termográficas foi realizada das 7 às 18 horas a uma distância de, aproximadamente, 7 metros do alvo, na placa cerâmica branca. Nesta fachada foi necessário inclinar a câmera para obtenção das imagens.

A emissividade determinada pelo método da fita preta foi de 0,94.

A partir da observação das imagens e da verificação da temperatura em um mesmo ponto foi notado que o melhor horário de captação das imagens, no período da manhã, foi das 9 às 10 horas, e o melhor horário no período da tarde foi das 14 às 15 horas (Figura 11). Apesar de ser uma fachada com orientação nordeste, o que garante boa iluminação solar durante a manhã, uma edificação muito próxima impede que haja

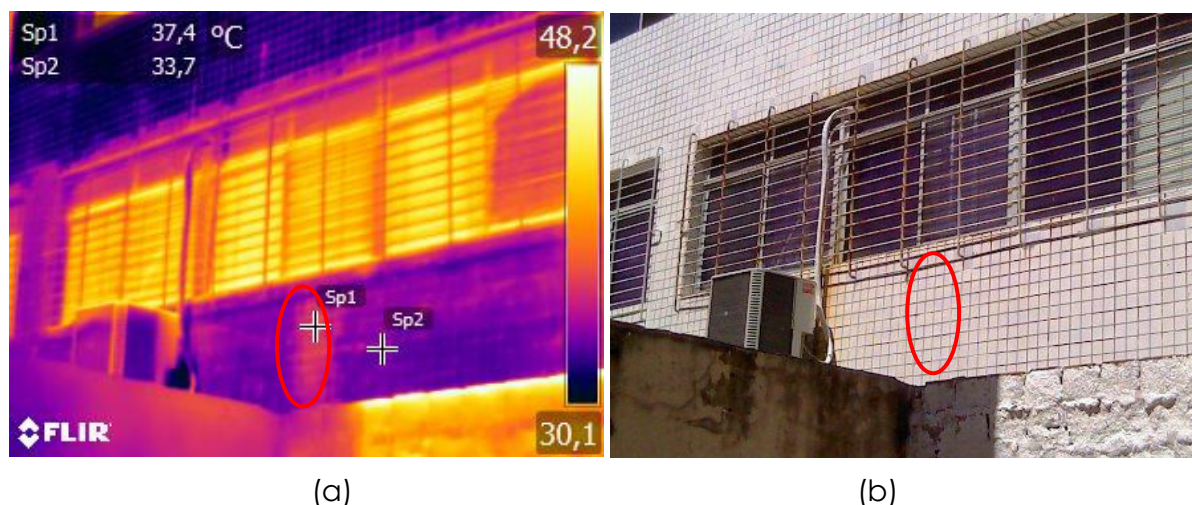
incidência solar a partir de determinado horário, o que provavelmente causa um resfriamento antecipado da fachada. No período das 14 às 15 horas há a maior diminuição da temperatura em um intervalo de 1 hora, 1,4°C, ou seja, foi o período que mais conferiu liberação de calor no período, conferindo o melhor horário para a captação das imagens.

Figura 11 – Temperatura da fachada B (a) pela manhã; (b) à tarde



A partir dos termogramas obtidos pôde-se verificar a presença de algumas manifestações patológicas. Na Figura 12a há a diferença de temperatura entre uma pequena área e a área ao redor, o que pode evidenciar a presença de algum defeito. Nota-se, entretanto, que visivelmente não se consegue observar nenhum problema (Figura 12b), o que pode ser um indício de alguma manifestação patológica não aparente, como um descolamento de placa cerâmica, tanto pela forma que se apresenta na imagem térmica, quanto pela predisposição desta fachada sofrer esse tipo de manifestação, já que outros pontos de descolamento haviam sido observados. Vale ressaltar que esse defeito só foi possível de ser observado das 9 às 10 horas, que foi exatamente o melhor horário para captação das imagens. Devido à altura do local e à dificuldade de acesso, não foi possível a realização de ensaio complementar para saber se a área em evidência apresentava som cavo ou não.

Figura 12 – Termograma indicando possível presença de manifestação patológica (a) e fotografia mostrando que não há defeitos visíveis (b)



5.4 Comparativo entre fachada C e fachada do Condomínio Edf. Internacional

Visando melhor entendimento da fachada C e de seu comportamento quanto às suas manifestações patológicas, foi realizado um estudo complementar em uma das fachadas do Condomínio Edf. Internacional, que fica adjacente à POLI.

A fachada observada obedece à mesma orientação da fachada C, portanto, apresentam praticamente as mesmas condições climáticas. O que difere são fatores como a incidência de sol e chuva, que são maiores que no Bloco I, já que o Condomínio Edf. Internacional serve como uma espécie de anteparo para a fachada da universidade.

Durante a inspeção visual pôde ser verificado que a ocorrência de descolamento de placa cerâmica vermelha era massiva na fachada do edifício (Figura 13).

Figura 13 – Visualização de descolamento de placa cerâmica vermelha

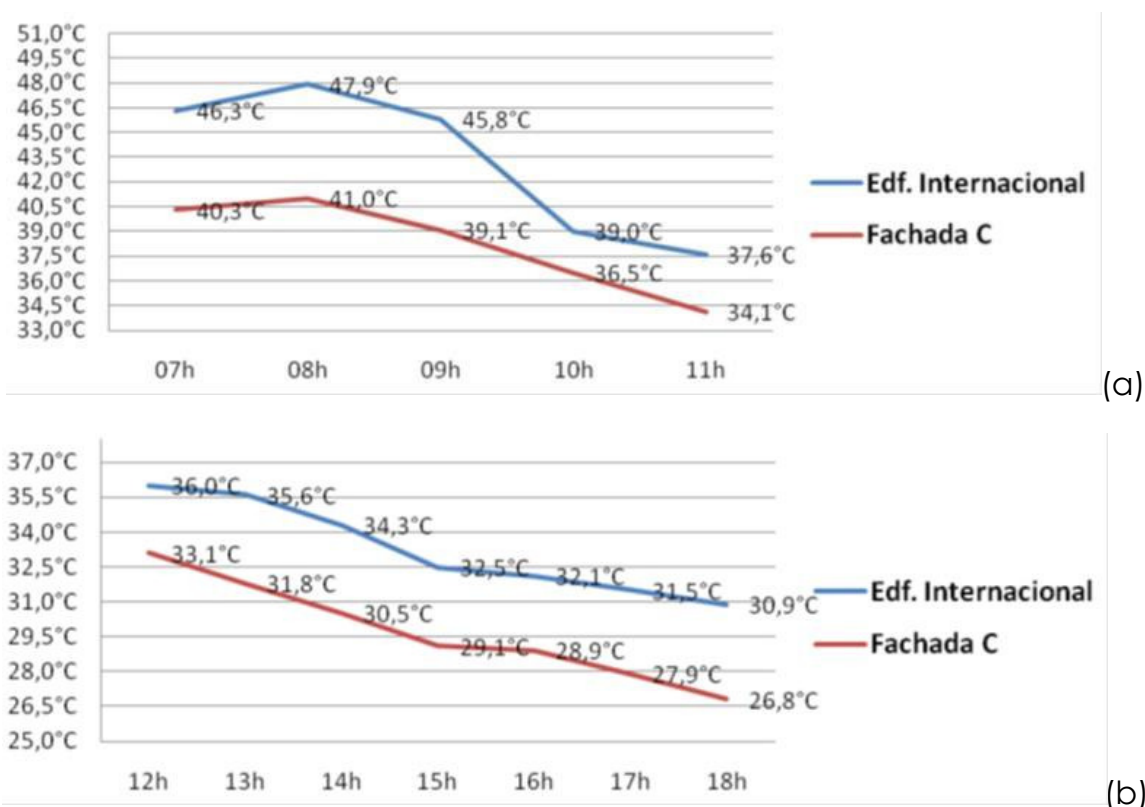


A captação das imagens termográficas foi realizada das 7 às 18 horas a uma distância de, aproximadamente, 7 metros do alvo.

A emissividade determinada pelo método da fita preta foi de 0,93 para a placa cerâmica de coloração avermelhada e de 0,88 para o revestimento em pedra natural.

O comportamento da curva do aquecimento e resfriamento ao longo do dia em um mesmo ponto para as duas fachadas foi muito semelhante, diferenciando apenas na temperatura, que foi observada mais elevada no condomínio que na universidade (Figura 14). O motivo provável é a maior incidência direta de sol no período de aquecimento da fachada do Edf. Internacional. Os melhores horários para captação dos termogramas foi das 9 às 10 horas e das 14 às 15 horas.

Figura 14 – Comparativo da temperatura da fachada C do Bloco I e da fachada do Edf. Internacional (a) pela manhã; (b) à tarde



Foi observada uma área com temperatura mais elevada nas imediações dos descolamentos que foram visíveis (Figura 15). Para verificar se existia descolamento ou não, foi realizado ensaio de percussão para atestar a ocorrência de som cavo, o que caracterizou o descolamento da placa cerâmica.

Dessa forma, é possível afirmar que a fachada C não apresenta um comportamento isolado na questão dos descolamentos, pois a fachada do Condomínio Edf. Internacional apresenta, em grau bem maior, os mesmos

tipos de manifestações patológicas. A questão da orientação geográfica, ligada à incidência de sol e chuva e da manutenção, provavelmente foram essenciais para que os mesmos tipos de manifestações ocorressem nas edificações próximas.

Figura 15 – Local que visivelmente não apresenta manifestação patológica (a) e região de temperatura mais elevada indicando um descolamento (b)



6 CONCLUSÕES

A termografia infravermelha se apresentou como um método não destrutivo passível de ser utilizado para verificação de descolamento de placas cerâmicas, antes mesmo de elas se tornarem visíveis, o que lhe dá uma boa vantagem para que medidas e correções sejam efetuadas com antecedência.

Para que os termogramas forneçam boas imagens, alguns parâmetros devem ser analisados como a umidade, a temperatura ambiente e a emissividade do objeto. O melhor período para análise é aquele em que há maior liberação de calor pelo objeto, e não o período onde há o pico de temperatura.

Ao comparar duas fachadas com mesma orientação geográfica e com mesma incidência de sol e chuva, verificou-se que as mesmas apresentavam o mesmo desempenho de aquecimento e resfriamento ao longo do dia, e problemas patológicos semelhantes, notando-se agravantes devido à cor do revestimento utilizado.

A termografia infravermelha demonstrou ser um método rápido, eficaz e bastante útil para a área da engenharia civil.

REFERÊNCIAS

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**, 2007. Tese (Doutorado em

Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

MARANTE, M. I. Para onde caminha a gestão da energia em grandes edificações. **Revista Infra**, ed. 137, Abr. 2012.

MATIAS, G.A.; PÓVOAS, Y. V.. **Estudo de métodos construtivos e materiais aplicados no revestimento cerâmico em fachadas de edificações**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade de Pernambuco. 2009.

SILVA, A. J. **Análise de infravermelho para detecção de manifestações patológicas no prédio da Poli UPE**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade de Pernambuco. 2015.

TARPANI, J.R.; ALMEIDA, E.G.R. de; SIMENCIO, E.C.A.; MOTA, L.P.; PAZ, J.H.A.A. Inspeção termográfica de danos por impacto em laminados de matriz polimérica reforçados por fibras de carbono. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 19, n. 4, p. 318-328, 2009.

TAVARES, S.G. **Desenvolvimento de uma metodologia para aplicação de ensaios térmicos não destrutivos na avaliação da integridade de obras de arte**, 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

VIÉGAS, D.J.A. **Utilização da termografia infravermelha em fachadas para certificação de descolamento de revestimento**. 2015. Dissertação (Mestrado – Construção Civil) Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2015.