

TERMOGRAFIA COMO FERRAMENTA DE INVESTIGAÇÃO TÉRMICA EM FACHADAS DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS

Pedro Henrique Gonçalves (1); Carina Folena Cardoso (2) Michele Tereza Carvalho(3)

(1) Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil - UNB, docente, arquiteto.ph@gmail.com, Universidade Federal de Goiás, Avenida Bom Pastor, n.º 8, Setor Areião, Cidade de Goiás / GO, (62) 98130-8040

(2) Mestre, docente, carinafolena@ufg.br, Universidade Federal de Goiás, Avenida Bom Pastor, n.º 8, Setor Areião, Cidade de Goiás / GO, (32) 99102-1739

(3) Doutora, docente, micheletereza@gmail.com, Universidade de Brasília, Prédio SG-12, 1º andar, Campus Darcy Ribeiro, Brasília - DF, (61) 98221-5800

RESUMO

Sabe-se que a temperatura superficial acaba por alterar a temperatura do ar, gerando desconforto no ambiente interno e aumentando a necessidade de consumo energético para a obtenção de conforto nas edificações. Em regiões de clima tropical, com características de elevada temperatura e níveis de radiação solar, é aconselhável a aplicação de materiais com baixa densidade, que tenham uma baixa absorção da radiação, proporcionando menores ganhos de calor, melhorando o bem-estar dos usuários e reduzindo o consumo de energia. Este trabalho tem como objetivo investigar os ganhos de calor da envoltória (como, por exemplo, fachadas de taipa de pilão e pau-a-pique) de uma edificação histórica tombada na Cidade de Goiás – GO a fim de analisar o comportamento térmico dos materiais empregados nas edificações da cidade. A termografia é uma técnica recente que auxilia no estudo do comportamento térmico de materiais. A técnica consiste no uso de imagens térmicas geradas a partir da detecção da radiação infravermelha. Para isto, utilizam-se câmeras especiais que permitem mapear os gradientes de temperatura na superfície dos objetos analisados, sendo este o método deste trabalho: o uso da técnica na investigação das temperaturas superficiais com captação de imagens em infravermelho com medições em 6 períodos do dia na envoltória da edificação (fachadas, pisos e cobertura). Os resultados demonstraram o grande potencial do uso da termografia como ferramenta de avaliação do desempenho térmico das edificações tombadas, revelando a relação de trocas de calor entre os materiais que constituem as fachadas históricas, servindo principalmente como mecanismo de tomada de decisões nos processos de restauro.

Palavras-chave: Termografia; desempenho térmico; edificações históricas.

ABSTRACT

It is known that the surface temperature eventually changes the air temperature, generating discomfort in internal environment and increasing the need for energy consumption in order to provide comfort in the buildings. In regions of tropical climate, with both high temperature and levels of solar radiation, it is advisable to apply materials with low density, low radiation absorption, which provide lower heat gains, improving the well-being of users and reducing energy consumption. This work aims to investigate the heat gains of envelope (such as pug pestle or cob wall's façades) of a historic building located in the city of Goiás-GO, in order to analyze the thermal behavior of its materials. The thermography is a recent technique that assists the studies about materials thermal behavior. The technique consists in the use of thermal images, which are generated from the infrared radiation detection. For this, special cameras are used to map temperature gradients in the surface of analyzed objects. The methods applied to this work are: the use of thermography on the investigation of surface temperatures with infrared image capture with measurements in six periods of a day, considering the building envelope (façade, floors and roof). The results showed the great potential of using thermography as an evaluation tool of thermal performance on historic buildings. It also reveals the relation of heat exchanges between the materials that constitute the historic façades, mainly serving as a mechanism of decision making in the restoration processes.

Keywords: Thermography; Thermal performance; historic buildings

1. INTRODUÇÃO

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. (FIGUEREDO; MANTILLA; BREMER, 2016). De acordo com Cortizo (2007), a compreensão contemporânea do patrimônio deixou de se ater apenas às qualidades estéticas do bem em si, ampliando-se ao cotidiano da vida, no exercício da cultura e no desenvolvimento socioeconômico das comunidades, constituindo-se em um dos importantes responsáveis por sua identidade e qualidade de vida. As edificações históricas apresentam peculiaridades com relação aos sistemas construtivos e desafios de manutenção: materiais e técnicas construtivas em desuso, ação de intempéries sobre os materiais, falta de documentação sobre os materiais que compõem a edificação e até mesmo a avaliação do conforto do usuário no ambiente onde ele está inserido.

O conforto pode ser definido como a condição da mente a qual expressa a satisfação do usuário no ambiente no qual está inserido. O ambiente construído deve garantir qualidade de habitabilidade e a saúde dos usuários, considerando ambas as variáveis internas e externas da edificação, sendo a envoltória da edificação o limitador espacial do ambiente interno para o externo. Segundo o manual para aplicação do RTQ-C (PROCEL, 2014), a envoltória pode ser comparada à pele da edificação, tratando-se do conjunto de elementos construtivos que estão em contato com o meio exterior, que compõe os fechamentos dos ambientes internos em relação ao ambiente externo.

Sabe-se que a temperatura superficial acaba por alterar a temperatura do ar, gerando desconforto no ambiente interno e aumentando a necessidade de consumo energético para a obtenção de conforto nas edificações. Em regiões de clima tropical, com elevada temperatura e níveis de radiação solar, é aconselhável a aplicação de materiais com baixa densidade, que tenham uma baixa absorção da radiação, proporcionando menores ganhos de calor, melhorando o bem-estar dos usuários e reduzindo o consumo de energia. A radiação solar é responsável por uma parcela significativa da carga térmica nos edifícios, sendo ela direta ou difusa. Ao ser absorvida pelas superfícies exteriores, origina um armazenamento de calor que, por convecção e condução, pode aquecer e causar o desconforto no espaço urbano e, conseqüentemente, no interior das edificações, contribuindo para a necessidade de condicionamento artificial nos ambientes internos (MONTEIRO e LEDER, 2013).

Vemos que as edificações que compõem o patrimônio histórico possuem características próprias em comparação com as edificações atuais. No caso das patologias, suas causas são algumas vezes oriundas de uma série de fatores específicos, causadas pelas singularidades encontradas nas edificações. Devido a essas singularidades, os estudos das patologias das construções exigem técnicas não destrutivas, as quais se têm mostrado bastantes úteis na detecção e caracterização de problemas ocorridos nos materiais, elementos de construção e soluções estruturais, tornando-se importantes para o estudo das manifestações patológicas que as edificações apresentam nos dias de hoje (ALAM *et al.*, 2016), de forma a não causar ou agravar danos à edificação.

De acordo com Figueredo; Mantilla; Bremer (2016) é importante destacar que nos instrumentos de preservação e recomendações para intervenção em edificações históricas estão diretrizes ligadas à não descaracterização dos sistemas construtivos tradicionais, com intervenções de caráter pouco invasivo preservando sempre que possível o material e o desenho original das soluções técnicas das edificações. Considerando que o diagnóstico do estado de conservação é o primeiro passo para uma intervenção em edificações históricas, o uso de técnicas de avaliação com métodos não destrutivos, como a termografia infravermelha, é aconselhável para não lhe causar danos adicionais (DORREGO, J. *et al.*, 2003, p. 1).

A termografia trata-se de uma técnica que consiste no princípio da capacidade de todos os materiais emitirem energia sob a forma de calor na zona de radiação infravermelha do espectro eletromagnético, sendo uma técnica auxiliar de inspeção de grande aplicação nos estudos de patologias e anomalias nas edificações. A técnica baseia-se no fenômeno físico de que todo objeto com temperatura acima de zero absoluto (-273,15 °C) emite radiação eletromagnética em função da excitação das moléculas das quais é constituído. Como técnica não destrutiva e não invasiva, tem como base a detecção da radiação infravermelha emitida naturalmente pelos corpos com intensidade proporcional à sua temperatura. Por meio desta técnica é possível identificar regiões ou pontos onde a temperatura está alterada com relação a um padrão pré-estabelecido ou conhecido, gerando termogramas (imagens térmicas) da superfície do objeto estudado.

2. OBJETIVO

A partir da explanação nas alíneas acima, este trabalho tem como objetivo investigar os ganhos de calor da envoltória de uma edificação histórica tombada na Cidade de Goiás – GO a fim de analisar o comportamento térmico dos materiais empregados nas edificações da cidade.

3. MÉTODO

Esta pesquisa explora a aplicação da termografia em intervalos de tempo contínuos no estudo do comportamento térmico dos materiais que compõem as edificações históricas na cidade de Goiás, em comparação às metodologias tradicionais de estudos de termografia onde são realizadas apenas uma captura de imagem em um ponto. Vale mencionar que dentre as principais técnicas construtivas aplicadas nas arquiteturas coloniais de Goiás estão: o pau-a-pique, adobe, alvenarias de pedra, alvenarias de tijolo e taipa de pilão (UNESCO, 2001a).

3.1 A Cidade e o clima

Localizada a aproximadamente 130 quilômetros de Goiânia, a cidade de Goiás foi a primeira capital do estado de mesmo nome (transferida para Goiânia em 1937) e sua ocupação se deu em função da exploração do ouro no interior do país entre os séculos XVIII e XIX. Seu conjunto urbano é formado por edificações que mantiveram as principais características da arquitetura colonial, incluindo o uso recorrente de materiais locais e técnicas vernaculares, fato que a levou a ser reconhecida como Patrimônio Cultural Mundial pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, em 2001 (UNESCO, 2001b).

Goiás é reconhecida por seu clima quente e calor excessivo (PORTAL DA CIDADE DE GOIÁS, 2016). A cidade se situa em uma região de transição geológica acidentada (UNESCO, 2001a) e se desenvolveu nas margens do Rio Vermelho, no vale entre a Serra Dourada e a Serra do Faina. O seu clima pode ser caracterizado como tropical úmido, típico do Cerrado, apresentando duas estações bem definidas: uma quente e úmida e outra quente e seca. As temperaturas médias em Goiás variam entre 17°C (mínima) a 35°C (máxima). Portanto, analisar o desempenho térmico das edificações e materiais das arquiteturas históricas de Goiás de forma a aferir sua adequação a essa condicionante climática é imprescindível em uma análise de conforto ambiental e mesmo de sustentabilidade.

3.2 Objeto de estudo

Este estudo foi realizado, especificamente, em uma edificação centenária tombada na cidade Goiás, que segue uma tradição de implantação típica da urbanística portuguesa, construída sobre o alinhamento da via pública e com paredes laterais sobre o limite dos terrenos (REIS FILHO, 2000). A casa em questão apresenta uma envoltória erigida através de pau-a-pique com pintura à base de cal. O pau-a-pique, segundo Vasconcellos (1979), tornou-se um sistema bastante utilizado nas vedações das arquiteturas coloniais por sua leveza, pouca espessura, economia e rapidez na construção. Esse tipo de técnica construtiva recebe esse nome porque se consiste na alocação de paus roliços perpendicularmente entre os baldrames da fundação e os frechais dos telhados, neles se fixando por meio de furos ou pregos. Perpendicularmente aos paus, cujo diâmetro varia em cerca de dez a quinze centímetros - o que condiciona a espessura das paredes -, são colocadas ripas ou varas. Essa grelha era amarrada com diferentes gêneros próprios para cordas. Por vezes fixadas em prego, essa armadura era capaz de receber e sustentar o barro, que preenchia seus vazios, cuja largura variava em torno de um palmo (VASCONCELLOS, 1979). A casa ainda apresenta um sistema de cobertura caracterizado por um telhado de três águas e é dotada de esquadrias de madeira padronizadas em relação às demais construções em seu entorno. Para este estudo as esquadrias que compõem a fachada da edificação foram mantidas fechadas durante todo o processo. A Figura 1 ilustra em amarelo a parcela da habitação que foi utilizada como objeto de estudo, devido ao fato de ser toda a fachada da casa composta pelos mesmos materiais e com mesmo nível de sombreamento, supõe-se então que o desempenho global da fachada será o mesmo.



Figura 1. Objeto de estudo

Os equipamentos utilizados na pesquisa foram: uma câmera termográfica, um termômetro infravermelho e uma estação meteorológica. A câmera termográfica é da marca Flir, modelo One com as seguintes especificações; sensor térmico com faixa espectral de 8 – 14 μm , campo de visão Horizontal $46^\circ \pm 1^\circ$ / Vertical $35^\circ \pm 1^\circ$, intervalo de temperatura entre -20°C a 120°C (68°F - 248°F), detecção da variação térmica de 0.1°C e precisão de $\pm 3^\circ\text{C}$. Os dados climatológicos foram monitorados por meio da estação sem fio, Weather Wise Instrument Pro, a qual possui sensores externos e internos que medem temperatura, umidade, precipitação, velocidade e direção do vento. E os dados de temperatura superficial interna e externa foram coletados utilizando o termômetro infravermelho da marca Mastech, modelo MS6520A; com faixa de temperatura de entre -20°C a 300°C (-4°F a 572°F), emissividade 0,95, faixa espectral: 8 ~ 14 μm e os dados foram anotados a mão.

A medição foi realizada com a câmera termográfica colocada a 1,5m de altura do chão faceando a superfície da fachada da edificação e posicionada a uma distância tanto interna como externamente que possibilite a captura da imagem sem perder o campo de vista da câmera (FOV). Hart (1991) afirma que a emissividade pode variar com o ângulo (dependendo do material a ser observado), embora não significativamente, até ângulos maiores que 65° , inclusive. É também importante reconhecer que, quando perpendicular a um alvo, a câmara pode agir como uma fonte de radiação refletida, podendo influenciar o resultado.

A determinação da Temperatura Aparente Refletida (TAR) foi efetuada a cada horário, empregando o método da lâmina de alumínio corrugada, conforme prescreve a ASTM E1862. Os valores da emissividade foram mensurados em campo como prescreve a norma ASTM 1933, por meio do método de fixação de uma fita isolante preta (corpo negro) sobre a superfície estudada e após 01h:30min é medido a temperatura superficial da fita, e posteriormente, corrigir os valores de emissividade das demais superfícies em relação ao valor obtido da temperatura medida na fita.

As condições do clima foram monitoradas inicialmente dois dias antes do início das medições a fim de garantir uma condição mais constante das variáveis climáticas e, para garantir que a captura das imagens não fosse afetada negativamente pelo ajuste do sensor da câmera à temperatura atmosférica, a câmera foi ligada 30 min antes de iniciar o estudo (VOLLMER e MOLL-MANN, 2010). Outros fatos importantes que foram considerados sobre as condições do experimento são dia de céu encoberto, sem chuvas, velocidade dos ventos abaixo de 1 m/s e existência de diferença de temperatura mínima entre o ar externo e interno (Hart, 1991).

As capturas das imagens geraram no total 14 imagens ao longo do dia em intervalos de duas horas, iniciando-se às 08:00 horas e finalizando às 22:00 horas. Após o período de captação, todas as imagens foram avaliadas utilizando o software FLIR Tools. Este software permite o ajuste das imagens para as mesmas amplitudes de temperatura (entre temperaturas mínimas e máximas). Permitindo a criação de uma sequência de imagens que cobrem o mesmo intervalo de temperatura, mostrando a evolução das trocas de calor para serem vistas mais claramente e finalizando com uma análise dos dados coletados.

A norma americana ASHRAE 55 (2004) propõe índices de temperatura do ar interno em relação à temperatura do ar externo para que o usuário se sinta confortável (Figura 2). Estes índices foram baseados na teoria adaptativa do conforto térmico proposta por De Dear, Brager e Cooper (1997) onde as expectativas térmicas dos ocupantes de uma edificação serão dependentes da temperatura externa, desta forma a temperatura interna pode alterar de acordo com as mudanças naturais do clima, havendo então a possibilidade de se prover controle deste ambiente aos usuários, estabelecendo, desta forma, uma maior tolerância dos usuários a maiores flutuações nas condições ambientais.

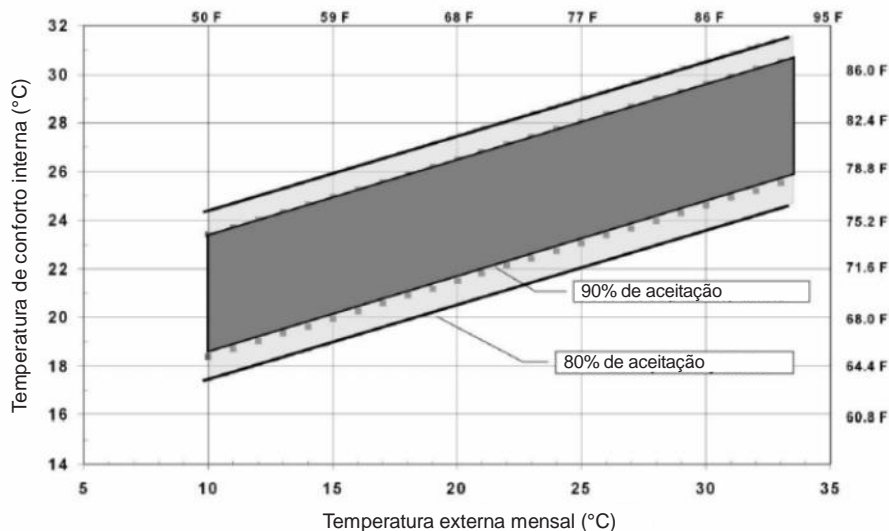


Figura 2. Índice de conforto proposto pela Ashrae 55, 2004: Variação de temperatura operativa aceitável em ambientes ventilados naturalmente.

A análise das condições de conforto no interior da edificação foi feita adotando-se os intervalos confortáveis de temperatura estabelecidos na norma AHRAE 55 (Figura 2). A temperatura operativa interna ideal ou de neutralidade térmica pode ser relacionada com a média mensal da temperatura externa pela expressão:

$$T_o = 0,31T_e + 17,8 \quad (\text{eq. 1})$$

Onde:

T_e : é a temperatura média externa mensal;

T_o : é a temperatura operativa interna ideal, quando o T_e varia na faixa de 10 °C a 35 °C.

Neste trabalho considera-se a temperatura do ar interno igual à temperatura radiante média, com um limite de aceitabilidade de 80% em relação às condições térmicas de conforto e, para o cálculo da temperatura operativa ideal, a variável “ T_e ” será valorada utilizando todos os valores de temperatura externa medidas ao longo do levantamento e não a média do dia.

4. RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados da pesquisa realizada. Os testes na edificação tombada foram realizados no dia 11 de dezembro de 2016, e as condições climáticas corresponderam às premissas apresentadas na metodologia: céu encoberto e velocidade dos ventos abaixo de 1 m/s (dado coletado, 0,4 m/s). As temperaturas do ar, umidade do ar, emissividade e temperatura refletida foram medidas no momento da captura de cada imagem e posteriormente os dados foram utilizados para correção de valores de temperatura no *software Flir tools*.

A Figura 3 ilustra as temperaturas externas e internas medidas no objeto de estudo durante o desenvolvimento da pesquisa, e os resultados mostram que as temperaturas internas em relação às temperaturas externas, comparativamente aos índices estabelecidos pela ASHRAE 55, estão dentro dos limites de aceitabilidade de 80% de conforto térmico (entre 22°C a 30°C). Porém vale ressaltar que, para que se efetive esta afirmação, é preciso correlacionar as variáveis de velocidade e a umidade do ar, já que as mesmas podem modificar a sensação de conforto do usuário.

Ao analisar os dados ilustrados pela figura, nota-se que a partir da primeira medição (08:00h) a temperatura do ar interno da edificação já estava acima da temperatura do ar externo. Esse fato pode estar relacionado com o envelope da edificação, que pode apresentar uma alta inércia térmica, armazenando calor ao longo do

dia e liberando por um período prolongado para o interior da edificação devido à baixa amplitude térmica do ar. Vale mencionar que os dias anteriores à medição apresentaram céu encoberto, o ambiente interno não possui nenhuma outra fonte de calor e o mesmo foi mantido fechado durante todo o levantamento, aberto somente no momento das medições, na tentativa de evitar fatores que pudessem influenciar na coleta de dados.

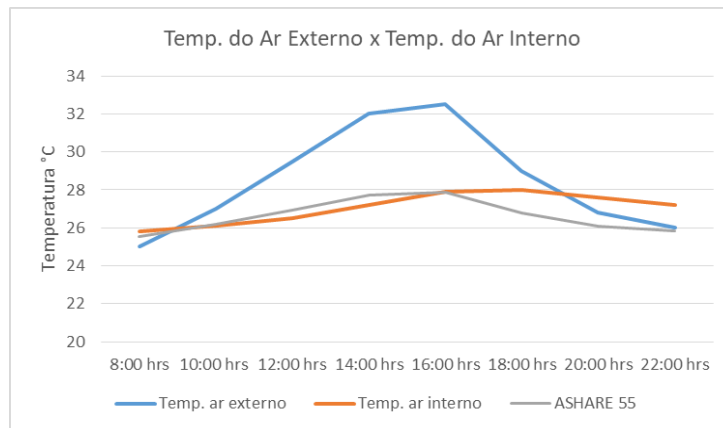


Figura 3. Temperatura do ar externa e interna.

Outro dado importante a ser comentado sobre os resultados é que as médias de temperatura do ar interno apresentam valores elevados já no início do dia, mantendo uma baixa amplitude térmica em média 27°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) ao longo de todo o período do levantamento. Comparando os resultados de temperatura do ar com os índices estabelecidos pela ASHRAE 55 (2004) não houve nenhum período em que a temperatura do ar interno fosse considerada confortável. Nota-se a necessidade de um estudo em um período de 24h para complementar este debate, a fim de justificar se internamente as edificações históricas apresentam um desconforto térmico também durante as madrugadas na cidade de Goiás. A Figura 4 ilustra as imagens termográficas capturadas no período de 08:00 às 22:00 das superfícies externa e interna da edificação.

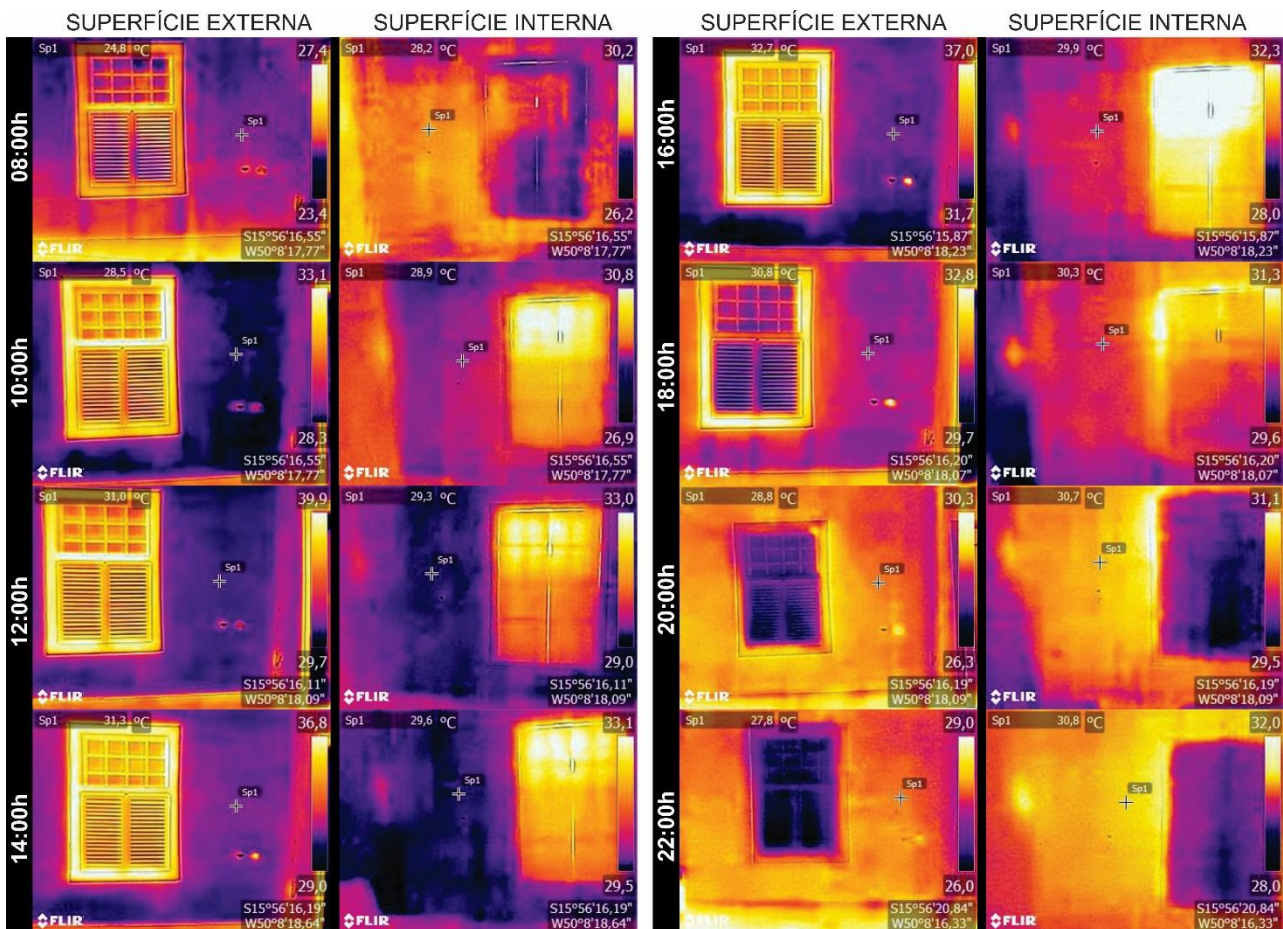


Figura 4. Imagens termográficas.

As imagens termográficas mostram que os materiais que compõem a fachada da edificação tombada possuem desempenhos térmicos distintos. As esquadrias de madeira influenciadas pela sua cor superficial escura (Azul escuro) absorvem mais radiação que as superfícies de cores claras (Branco), assim como já é difundido e debatido na literatura. Pode-se notar também que, durante o período de aquecimento da Terra as superfícies, externa e interna, vão aumentando sua temperatura. Contudo, após o pôr do sol, a superfície externa começa a ceder calor para o meio externo devido à diferença de temperatura e a superfície interna continua aumentando sua temperatura devido à inércia térmica do material (Figura 5).

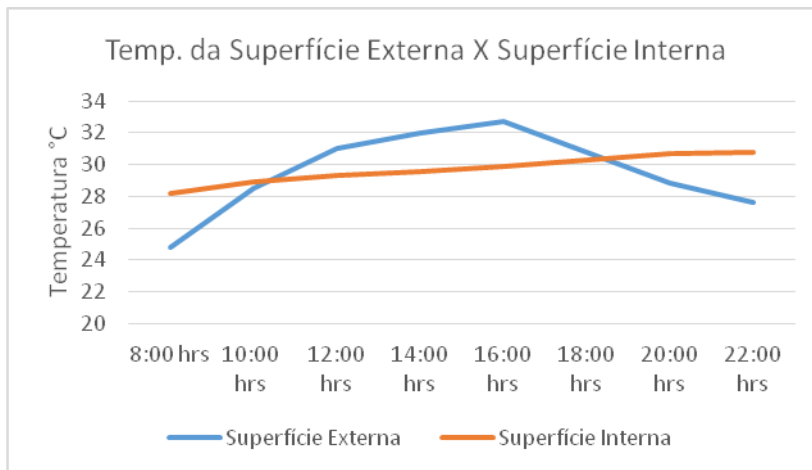


Figura 5. Temperatura da superfície externa e interna.

A Figura 6 ilustra a relação entre a temperatura do ar do ambiente interno e a temperatura da superfície interna da parede. Nota-se que as duas variáveis aumentam a temperatura até o período da 18:00h e após, a temperatura do ar interno começa a diminuir, sendo que a da parede segue aumentando, porém com menor variação. A alta inércia térmica dos materiais da fachada da edificação estudada influencia na manutenção da temperatura do ar interno após a redução da radiação global que incide sobre a edificação. Vale pontuar, ainda, que o fluxo de calor é influenciado pelas diferenças de temperatura entre os meios, podendo aumentar ou diminuir o tempo da troca do calor.

Os dados coletados neste trabalho ilustram a existência de uma baixa amplitude térmica entre o ar externo e o ar interno, e, entre a superfície interna e o ar interno, justificando a baixa amplitude térmica do ambiente interno. A alta inércia térmica e a baixa diferença de temperaturas (exemplo; superfície externa 31°C e superfície interna 29,3°C) faz com que o calor leve mais tempo para realizar suas trocas por condução passando pelo meio sólido (parede) em sequência realizar suas trocas por radiação e por convecção, resultando no aumento da temperatura do ar no interior do ambiente constantemente por um período de tempo prolongado.

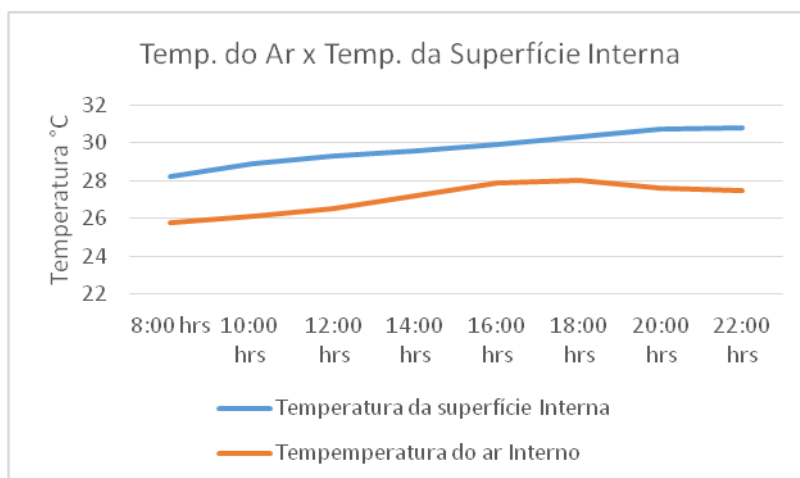


Figura 6. Temperatura do ar interno e a temperatura da superfície interna.

5. CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho ilustraram a necessidade do aprofundamento a respeito das edificações que compõem o patrimônio cultural da cidade de Goiás e a sua relação com o clima a qual está inserida. Estudar o ciclo de aquecimento e resfriamento da edificação auxiliaria nas tomadas de decisões em futuras intervenções, havendo a necessidade de um estudo mais aprofundado utilizando todas as variáveis climáticas. Como já é sabido, o acabamento superficial dos elementos construtivos, influenciam diretamente o desempenho térmico do sistema como um todo, alternando as trocas de calor e o conforto dos usuários. Os resultados sobre o estudo de caso demonstraram que os sistemas construtivos da edificação não são adequados para o clima da cidade de Goiás. A fachada de pau-a-pique possui uma alta inércia térmica, proporcionando uma diminuição das amplitudes térmicas internas devido a sua capacidade térmica de armazenar calor e transferi-lo para o ambiente interno. Esta estratégia se mostra indesejável para as edificações da cidade de Goiás, devido à pequena diferença na amplitude térmica ao longo do dia na cidade, que repercute em um ambiente com a temperatura do ar indesejável como é mostrado nos resultados. Uma hipótese seria estudar em que momento do dia a superfície interna e a temperatura do ar entram em equilíbrio e começam a ceder calor para o meio externo ao longo do ano. Outra possibilidade é investigar se as estratégias construtivas vernaculares aplicadas nas edificações da cidade de Goiás seriam de fato eficientes.

O uso das imagens termográficas é uma técnica que vem ganhando espaço no Brasil especialmente na área da construção civil por ser uma metodologia de avaliação não destrutiva. Podendo ser uma ferramenta de grande importância nas avaliações de desempenho térmico e patológicas na edificação. No caso das edificações que compõem o patrimônio cultural, pouco se sabe do desempenho dos materiais utilizados em suas técnicas construtivas, dificultando muitas vezes as escolhas a serem tomadas no caso de futuras intervenções no bem tombado. No caso do desempenho térmico, a termografia mostrou ser uma ferramenta de grande importância no auxílio do gestor em suas tomadas de decisão para a melhoria da questão do conforto ambiental arquitetônico e urbano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAM, Fernando Wulff; PINZ, Francielli Priebbernow; TORRES, Ariela da Silva; PALIGA, Charlei Marcelo. Potencial da termografia infravermelha na detecção de manifestações patológicas ocultas ocasionadas pela umidade acidental em paredes de alvenarias cerâmicas com revestimento de argamassa e pintura. *Revista de Arquitetura IMED*, 5(1): 28-47, jan./jun. 2016 - ISSN 2318-1109.
- ASHRAE 55-2004. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta. 2004.
- CORTIZO, E. C.. **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.
- DE DEAR, R. J.; BRAGER, G. S.; COOPER, D. J. **Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference – Final Report on ASHRAE RP 884**. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, USA, 1997.
- 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.
- 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.
- FLIR, **FLIR Tools**. Version 2.0 (39), FLIR Systems, 2013.
- J.M. Hart, **A Practical Guide to Infra-red Thermography for Building Surveys**, Building Research Establishment, Garston, Watford, 1991.
- MONTEIRO, José Rodrigo Viana; LEDER, Solange Maria. **A aplicação da Termografia como ferramenta de investigação térmica no espaço urbano**. In: VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis –ELECS. 2011, Vitória. Anais... Espírito Santo, 2011.
- PORTAL DA CIDADE DE GOIÁS. **Aspectos geográficos da cidade Goiás**. Disponível em: <http://www.goiasgo.com.br/geografia_de_goias.html>. Acesso em 01 dez. 2016.
- PROCEL- **Manual de Aplicação do RTQ-C**. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/m_anualv02_1.pdf. Acesso em 10/10/2014.
- REIS FILHO, N.G. **Quadro da Arquitetura no Brasil**. São Paulo: Perspectiva, 2000.
- UNESCO. **WHC Nomination Documentation: Historic Centre of the Town of Goiás**. Brasil, 2001a.
- UNESCO. **Retrospective Statement of Outstanding Universal Value**. Brasil, 2001b.
- VASCONCELLOS, S. **Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1979.
- VOLLMER, M. MÓLLMANN, K.-P. **Infrared Thermal Imaging**. Fundamentals, Research and Applications, Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 2010