

A AVALIAÇÃO POR MEIO DA TERMOGRAFIA DO CONFORTO TÉRMICO DE EDIFICAÇÃO HISTÓRICA: FAZENDA ATALAIA, AMPARO, SP

Data de submissão: 28/04/2023

Data de aceite: 02/06/2023

Jane Tassinari Fantinelli

Centro Universitário de Jaguariúna - UniEduK
Jaguariúna, SP.
<http://lattes.cnpq.br/8993597817785529>

Marcos Tognon

Universidade Estadual de Campinas – Unicamp
Campinas, SP.
<http://lattes.cnpq.br/1816303126212686>

Silvana Marielle Cardoso

Universidade São Francisco - USF
Campinas, SP.
<http://lattes.cnpq.br/2384615244574656>

RESUMO: A taipa de mão, a taipa de pilão, o adobe, a madeira, alvenarias de pedras, bambu e telhados de palhas e cerâmica tornaram-se tipologias regionais, adequada ao clima tropical brasileiro para a construção de casarões, palácios, igrejas, fortificações nos primeiros aldeamentos do séc. XVI, da coroa portuguesa no Brasil. As ordens religiosas (Jesuítas, Beneditinos, Franciscanos e Carmelitas) que possuíam arquitetos e construtores notáveis, engenheiros militares, mestres-de-obras, mestres-pedreiros e

carpinteiros portugueses e espanhóis, e posteriormente imigrantes europeus, foram os responsáveis por criar e desenvolver técnicas vernaculares utilizadas até os dias atuais. São encontradas nas edificações históricas paulistas que hoje constituem um patrimônio cultural nacional. Elas registram um momento da história da construção e dos recursos naturais que existiam em abundância no “novo mundo”. Esta pesquisa teve como objetivo investigar o comportamento térmico de alguns desses materiais enquanto tipologias regionais de paredes estruturais e de vedação, usados, em torno de 1870 pelos imigrantes italianos para a construção da Fazenda Atalaia, em Amparo, SP. As condições térmicas e de conforto ambiental foram analisadas por meio de aparelhos termográficos para verificar a influência dos materiais vernaculares nas condições ambientais internas das edificações. Para os ganhos e perdas de térmicas em uma edificação, como a refletividade, o tipo de cor das superfícies e a emissividade, a termografia, junto com outros tipos de instrumentos de medidas das condições ambientais, se apresenta como importante instrumento no auxílio da compreensão das trocas térmicas. Trata-se de estudos e pesquisas

essenciais para determinar o conforto térmico e ambiental e criar as estratégias arquitetônicas ainda na fase do processo de aprendizagem do estudante de arquitetura.

PALAVRAS-CHAVE: Termografia. Patrimônio e Conforto. Materiais vernaculares.

THEMAL COMFORT EVALUATION THROUGH THERMOGRAPHY IN A HISTORICAL BUILDING: FAZENDA ATALAIA, AMPARO, SP

ABSTRACT: The hand rammed earth, rammed earth, adobe, wood, stone masonry, bamboo and thatched roofs and ceramics, regional typologies were achieved, suitable for the Brazilian tropical climate for the construction of houses, palaces, churches, fortifications in the first settlements of the century. XVI, of the Portuguese crown in Brazil. The religious orders (Jesuits, Benedictines, Franciscans and Carmelites) that had notable architects and builders, military engineers, master builders, master masons and Portuguese and Spanish, and later European, carpenters, were responsible for creating and developing vernacular techniques used to this day. They are located in historical buildings in São Paulo that today constitute a national cultural heritage. They record a moment in the history of construction and the natural resources that existed in abundance in the “new world”. This research aimed to investigate the thermal behavior of some of these materials as regional typologies of insulated and sealing walls, used around 1870 by Italian immigrants for the construction of the Atalaia Farm, in Amparo, SP. The thermal conditions and environmental comfort were observed using thermographic devices to verify the influence of vernacular materials on the internal environmental conditions of the buildings. For thermal gains and losses in a building, such as reflectivity, the type of surface color and emissivity, thermography, along with other types of instruments for measuring environmental conditions, is presented as an important instrument in helping to understand the exchanges thermals . These are essential studies and research to determine thermal and environmental comfort and create strategies designed still in the architecture student’s learning process.

KEYWORDS: Thermography. Heritage and Comfort. vernacular materials

1 | INTRODUÇÃO

Todo corpo com temperatura acima do zero absoluto emite uma radiação térmica. A termografia constitui-se em uma técnica de registro gráfico das temperaturas superficiais das paredes e pontos de um material. Quanto maior a temperatura, maior a quantidade de radiação. A temperatura superficial pode ser medida através da captação de imagens das ondas infravermelhas emitidas por este corpo.

A técnica da termografia, de forma inovadora, permite captar estas imagens e através delas verificar a contribuição desse corpo emissor para a temperatura do ambiente. Permite transformar a emissão padrão do objeto em imagem visível, através da detecção da câmera em três componentes da radiação, a emissão, transmissão e reflexão (OCAÑA et al. 2004; CORTIZO, 2007; TOGNON; SALMAR; ANDRADE, 2013). Para os ganhos e perdas de calor em uma edificação, como a refletividade, o tipo de cor das superfícies e a emissividade, a termografia, junto com outros tipos de instrumentos de medidas das condições ambientais,

se apresenta como importante instrumento no auxílio da compreensão das trocas térmicas. Possibilita verificar a contribuição de materiais e técnicas vernaculares para a regulação das condições bioclimáticas da edificação.

A termografia pode ser descrita também 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 (WILLIAMS et al. 1980). Para Krapez et al. (1994) trata-se de um ensaio térmico não destrutivo que funciona como um diagnóstico para avaliar o comportamento temporal do campo da temperatura superficial de uma estrutura excitada termicamente (KRAPEZ et al. 1994). Observa-se entre os autores um consenso conceitual sobre o uso da termografia. Assim, ela é apresentada como sendo a técnica de um método não destrutivo, sem contato de identificação visual do gradiente de temperatura superficial de um corpo em condições ambientais (SAKAGAMI e KUBO, 2002; TAVARES, 2004).

Para Maldague (2001), a técnica de termografia poderá ser usada tanto para a alvenaria recém-construída quanto para a antiga. O autor salienta que a termografia passiva tem mais o caráter qualitativo, pois apresenta indicativos de anormalidades, enquanto o processo de excitação térmica tende a um caráter de resultados quantitativos, pela possibilidade de mensurar e controlar os eventos (fonte, tempo, intensidade e distância).

Já Holst (2000) diz que nas edificações ocorre a predominância de trabalhos de termografia passiva pelas dificuldades na excitação térmica externa, pelas dimensões do alvo e pela grande quantidade de energia necessária. Nos estudos realizados pelo autor ele conclui que as edificações expostas a uma temperatura exterior, abaixo de 0°C, e uma temperatura interior, acima de 0°C, haverá indubitavelmente a ocorrência de uma ponte térmica na alvenaria, a qual pode provocar uma mudança de fase da água debaixo da superfície do revestimento. Devido à propriedade de alta condutividade térmica da água, poderá ocorrer um fluxo de calor para fora ou para dentro das construções. Materiais com baixa condutividade térmica tendem a reduzir o fluxo de calor. De um modo geral, imagens térmicas do processo de termografia passiva apresentam, no interior das edificações, áreas úmidas com imagem de áreas quentes e áreas secas com imagens de áreas frias, isto deve ocorrer quando houver um processo de aquecimento da parede (recebendo calor do sol, por exemplo) porque a região com água se aquece mais rapidamente que a alvenaria seca. Se a parede estiver esfriando, deve acontecer o contrário (por exemplo, quando a parede não recebe mais o calor do sol – tarde ou noite).

Cortizo et al. (2008) evidenciam que os termogramas gerados na vistoria de uma edificação possibilitam a detecção de patologias construtivas e fraquezas estruturais, ao mesmo tempo que identifica os detalhes relacionados às características térmicas da construção, possibilitando à definição de medidas que melhorem a conservação de energia na edificação. Entre as principais aplicações desta técnica está a inspeções de edifícios, como por exemplo detecção de infiltrações de água, localização de fendas estruturais,

detecção de vazios e defeitos em materiais construtivos, estudos de conservação de energia e monitoramento de sistemas hidráulicos e elétricos presentes nas edificações.

Cabe ressaltar que a utilização de fontes de energia externa atuando sobre um revestimento, poderá ocasionar alteração na fixação, na cor e no brilho da camada superficial, promovendo uma patologia na obra histórica. A escolha da técnica passiva, portanto, baseia-se na menor intervenção possível no patrimônio histórico, no intuito de evitar que a carga térmica adicional acelere o processo patológico

2 | OBJETIVOS GERAIS

Analisar os efeitos da radiação solar e das trocas térmicas sobre as superfícies de uma edificação patrimonial histórica construída com materiais vernaculares, verificando a influência nas condições ambientais internas, por meio do uso da termografia.

3 | METODOLOGIA

Pesquisas bibliográficas e documentais, a fim obter aporte teórico sobre o uso da termografia como suporte técnico para a análise das condições térmicas de alvenarias históricas. A pesquisa foi experimental com levantamentos de campo quantitativo das características técnicas construtivas vernaculares das paredes da edificação denominada Tulha (ambiente Origem Maturada) na Fazenda Atalaia em Amparo (SP). Para as medições termográficas foi usado a câmara 4800 Pixels E4 FLIR-639010101; para a temperatura superficial -Texto 925; para as medições termo higrométricas THDL 400 (Luxímetro; Higrômetro; Anemômetro; Termômetro).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta pesquisa foi realizada na Fazenda Atalaia, entre março de 2021 e dezembro de 2022. Trata-se de um conjunto patrimonial, antiga Fazenda de Café, localizada em Amparo, SP, que representa um recorte do Brasil colônia, pois nela foram constatadas algumas das principais técnicas construtivas do patrimônio brasileiro. Pertenceu a Pedro Penteado, então presidente do Banco Industrial de Amparo, para a produção de café em larga escala. A data da sua construção, sugerida por Pedrosa (2018), sinaliza a presença de cafezal velho, cuja inferência permite constatar a cultura do café exercida na propriedade há pelo menos 20 anos da data que antecede a sua construção em 1890. Constituiu-se da casa sede, terreiro e tulha. Também foram encontradas “ruínas” de pedras na área lindeira à sede. A edificação de estudo foi a Tulha, que em 1881 estava inserida no terreiro de chão batido e era rodeada por alvenarias de taipa e pedra.

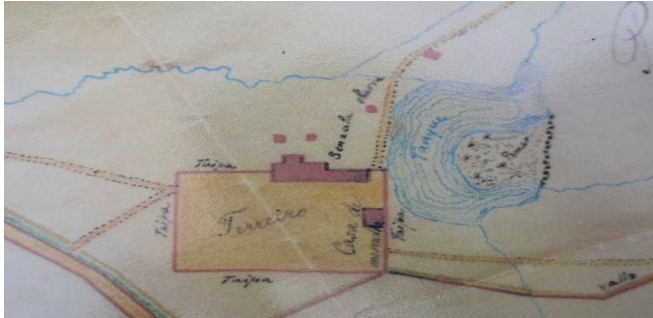


Figura 1. Planta da Casa sede, Tulha, Senzala, Olaria e Terreiro, cercados por muros de taipa em planta de 1881. (Fonte: Imagem editada por Silvana Meirielle Cardoso, 2022).

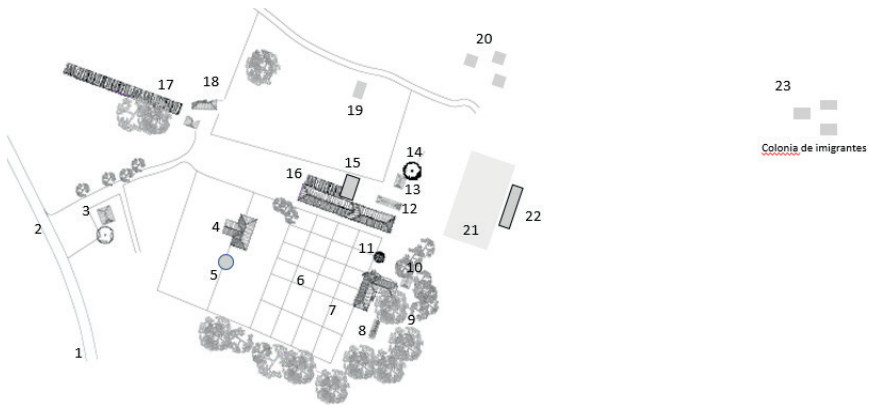


Figura 2. Localização das edificações patrimoniais na Fazenda Atalia (4-Marcenaria, 6-Terreiro de café; 16-Tulha; 9-Moradia da Fazenda, 17- Leitaria, 23-Colônia de Pedra dos imigrantes). (Fonte: Próprio Autor, 2022).

A casa de moradia do dono da fazenda ficava em uma cota de nível superior, também dentro do terreno. A senzala posteriormente foi derrubada. As técnicas construtivas da edificação e os tipos de materiais usados pelos antigos construtores foram constatados a partir dos trabalhos de restauração que começaram a ser executados por Tognon, em 2012, discriminados na Figura 3 e Tabela 1. A partir da retirada dos rebocos foram encontrados diversos tipos de alvenarias: de pedra, de tijolos, de taipa de mão, de taipa de pilão e alvenaria de blocos de concreto. Essa última foi construída recentemente, em 2015 (parede P02). A Figura 4 mostra as sucessivas etapas da construção.

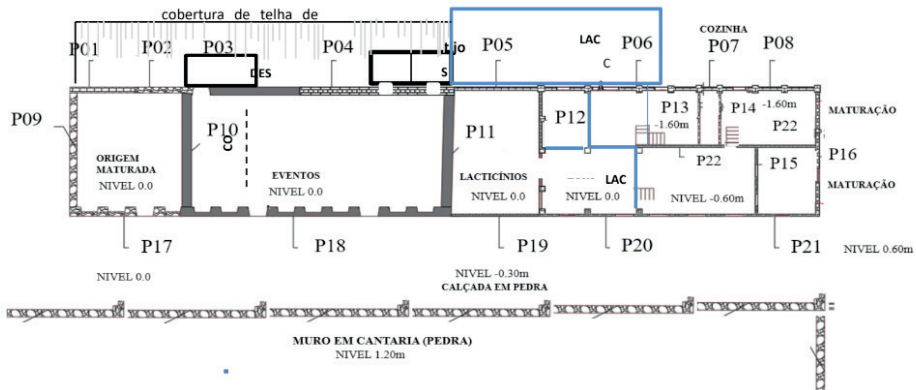


Figura 3. Planta baixa da Tulha, com as atuais atividades e a sinalização das diversas técnicas construtivas encontradas pelo restaurador Prof. Tognon. (Fonte: Próprio Autor, 2022).

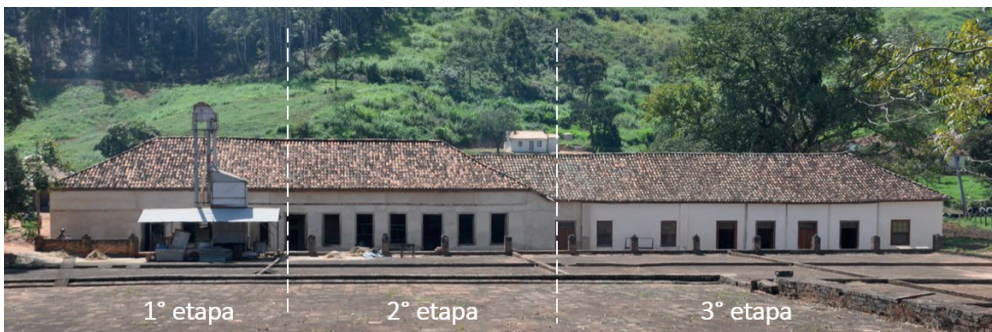


Figura 4. Vista em primeiro plano do antigo secador de café (metal). A seguir o prédio da Tulha com a sinalização das 3 etapas de sua execução, constatadas durante a restauração realizada em 2012. (Fonte: Acervo Marcos Tognon, 2013).

Parede	Material	Posição original	Posição atual
P01	Tijolo	Externa	Externa
P02	Pedra	Externa	Externa
P03	Taipa de pilão	Externa	Externa
P04	Bloco cimento	Externa	Interna
P05	Tijolo	Externa	Externa
P06	Tijolo	Externa	Externa
P07	Tijolo	Externa	Externa
P08	Tijolo	Externa	Externa
P09	Pedra	Interna	Interna
P10	Taipa	Interna	Interna
P11	Taipa	Interna	Interna
P12	Tijolo	Interna	Interna
P13	Tijolo	Interna	Interna
P14	Tijolo	Interna	Interna
P15	Taipa de mão	Interna	Interna
P16	Tijolo	Externa	Externa
P17	Pedra	Externa	Externa
P18	Taipa de plão	Externa	Externa
P19	Tijolo	Externa	Externa
P20	Taipa de mão	Externa	Externa
P21	Taipa de mão	Externa	Externa
P22	Taipa de mão	Interna	interna

Tabela 1. Levantamento das técnicas construtivas históricas encontradas na Tulha.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021

Para a experiência de verificação das condições térmicas, temperaturas internas e externas e a relação com as medições termográficas, foi escolhido o espaço Origem Maturada. Trata-se do primeiro módulo construído, de um total de três, na edificação denominada Tulha, antigo local de armazenagem do café. Foram constatadas o uso de três técnicas construtivas nas alvenarias com 4m de altura: paredes de pedra (P9 e P17), com espessura entre 60 cm a 83 cm; taipa de pilão (P1 e P10), com espessura entre 62cm a 80cm; e blocos de concreto, com isopor, tijolos de barro, reboco e emboço, com espessura total de 53 cm.

A edificação é coberta com telhas cerâmicas tipo capa e canal (fabricadas na antiga Fazenda de Café), com 50% de inclinação e com alturas entre 4,0 m, junto às alvenarias, e 7,45m no topo do telhado. A estrutura, em tesouras de madeira de lei, ainda é original e não precisou ser restaurada.

Os dados referentes às condições climáticas internas e externas do ambiente Origem Maturada foram coletados em 25 de maio de 2022, entre 12h e 14.30h. As dimensões do ambiente interno, de 8,80m de largura e 10,30m de comprimento, pé direito de 4m

(paredes) a 7,45m (átrio do telhado), determinou que o ambiente fosse dividido em 4 zonas térmicas (Figura 6), nas quais foram coletados os dados de temperatura e umidade (THDL 400), a 1.5m e 3.0m de altura do assoalho. As setas amarelas na Figura 5 mostram o local da medição das temperaturas superficiais (Texto 925) e das imagens termográficas (E4 FLIR), em duas alturas distintas, 1,5m e 3,0m.

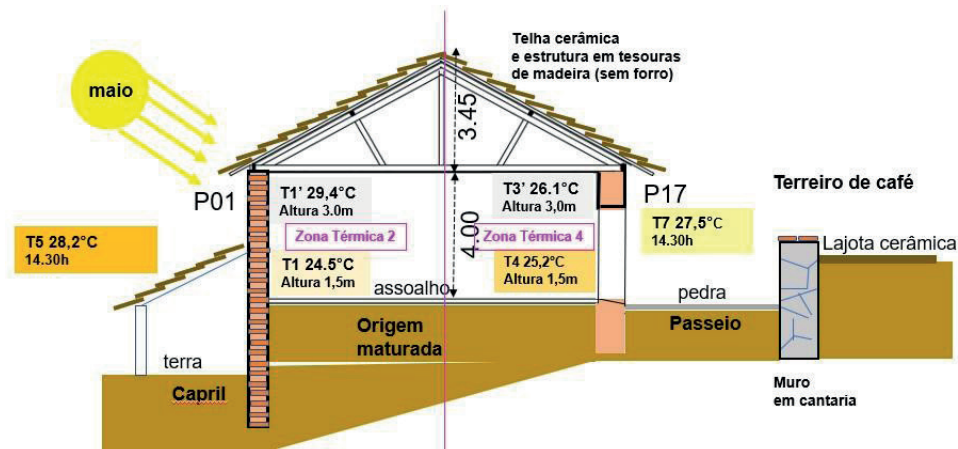


Figura 5. Corte esquemático do ambiente Origem Maturada onde foram coletadas as condições termohigrométricas e as temperaturas termográficas. (Fonte: Próprio Autor, 2022).

Os dados obtidos pelo termo-higrômetro mostraram que internamente a temperatura ambiente variou conforme a altura da coleta de dados. A 1m de altura do assoalho variou de 24,0°C a 25,2 °C; a 2,2m de altura variou de 26,6 °C a 29,9 °C (Figura 5 e 6), enquanto externamente a temperatura registrava 27,5° na face oeste e face sul (piso de pedra), e 28,2°C na face norte. Já a umidade relativa do ar no meio exterior registrou 28%, com ventos entre 0 e 0,9 m/s, e internamente ficou mais alta, variando de 40% a 45%, conforme a Zona Térmica.

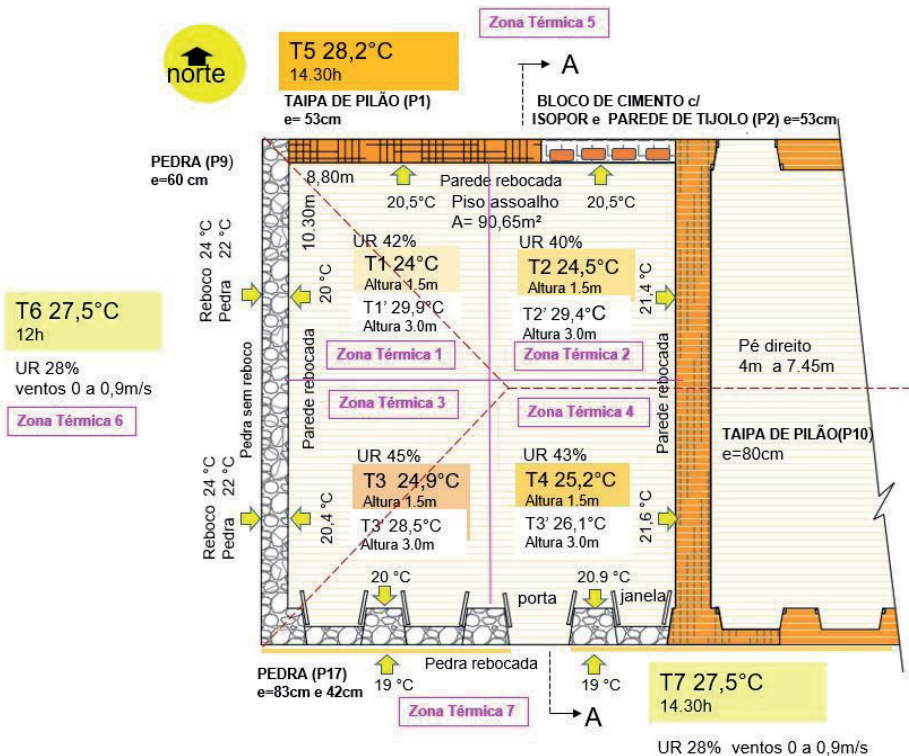


Figura 6. Planta baixa do ambiente Origem Maturada e os dados coletados nas alvenarias de pedra, de taipa de pilão e de blocos de cimento em 4 zonas térmicas internas. (Fonte: Próprio Autor, 2022).

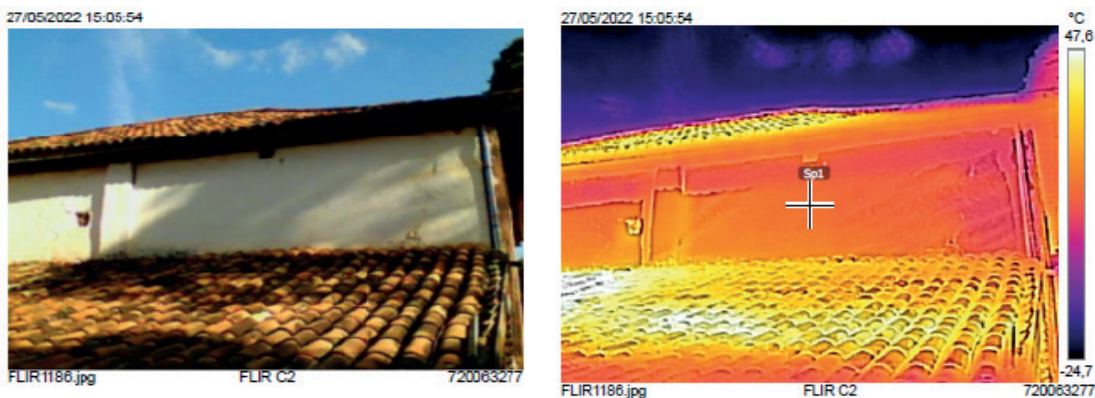


Figura 7. Alvenaria de taipa de pilão (P1) e imagem termográfica. (Fonte: Próprio Autor, 2022).

A Figura 7 mostra a imagem da face Norte da alvenaria de taipa de pilão (P1), de 53 cm de espessura e a temperatura termográfica registrada na porção sombreada, de 28,3°C (na cruzinha), enquanto o termo-higrômetro registrou 28,2°C (temperatura do ar externo).

As imagens mostram que no telhado cerâmico as temperaturas alcançaram até 47,6 °C nas áreas que não estavam sombreadas. Já internamente a temperatura superficial da parede era de apenas 20,5°C, evidenciando a alvenaria de taipa absorveu 7,8°C, embora a temperatura do ar interno estivesse entre 24°C (1,5m de altura do piso), e 29,9°C próximo do telhado. A imagem termográfica da Figura 8 mostra a cobertura sobre a Zona Térmica 1 com temperaturas que variam de 24,4°C, nas estruturas de madeira, a 34,5°C nas telhas capa e canal.

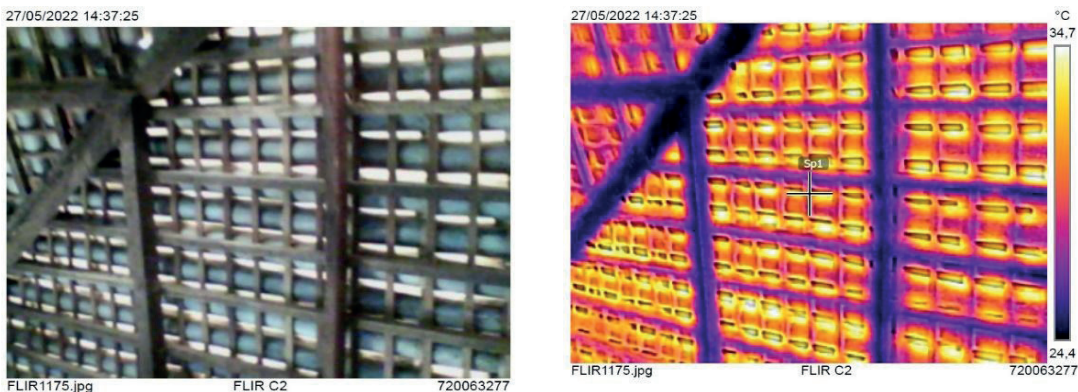


Figura 8. Cobertura com estrutura de madeira e telha de barro e a imagem termográfica mostrando as temperaturas de até 34,7 °C (Zona Térmica 1). (Fonte: Próprio Autor, 2022).

A parede lateral externa (P9), construída com 60 cm de espessura em alvenaria de pedra de arenito, com reboco apenas na face interna, foi dividida em 3 espaços e teve 4 coletas de dados, a 1,5m e 3,0 de altura, conforme Figura 6. As temperaturas superficiais externas mostraram as diferentes temperaturas refletidas: na pedra, 22°C e no cordão de borda de areia e cal, 24°C.

Os registros termográficos registraram variações entre 23,3°C a 25,6 °C , conforme o sombreamento sobre a parede (Figura 9 e 10). Internamente a temperatura superficial refletida ficou entre 20,0°C a 20,4 °C em toda a extensão da parede de 60 de espessura, mostrando que a absorção do calor foi de 3,3°C a 5,6°C, bem menor que no da taipa de pilão que foi de 7,8°C.



Figura 9. Parede de pedra patrimonial (P9) na Tulha da Fazenda Atalaia construída na técnica canjicado, tendo um cordão de borda saliente em areia e cal e parede. P17 alvenaria em pedra rebocada e P18 Alvenaria em taipa de pilão rebocado. (Fonte: Próprio Autor, 2022).

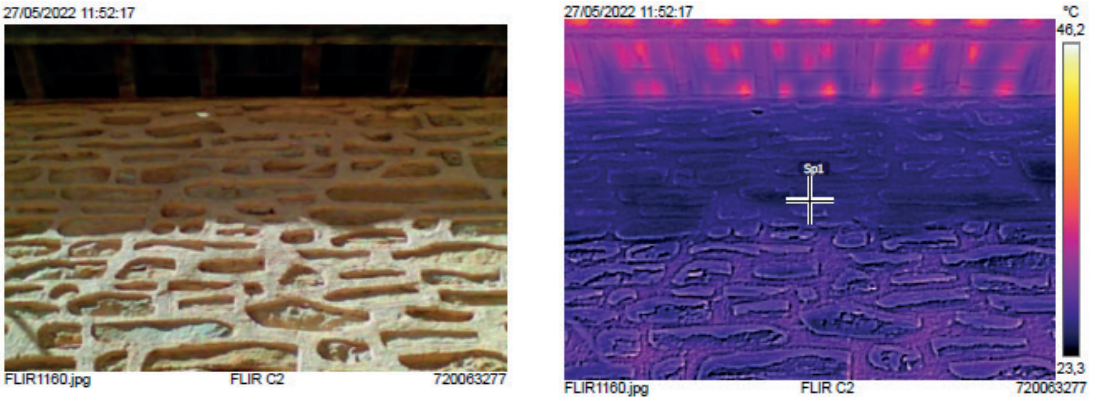


Figura 10. As temperaturas dos diferentes materiais, pedra de arenito e reboco de areia e cal, são registradas pela câmara termográfica na parede P9. (Fonte: Próprio Autor, 2022).

A parede lateral P17 (face sul - Figura 11), construída em pedra de arenito, foi rebocada interna e externamente, mas teve dois vãos de janelas fechados, constatados apenas pelas imagens termográficas que diferenciam o uso de materiais diferentes. Já na Figura 12 as imagens termográficas externas mostram que as paredes de pedra rebocada registraram temperaturas bastante baixas, a partir de 12,1°C, alcançando até 20°C. Aqui observa-se que as portas de madeira e o beiral do telhado alcançaram temperaturas mais altas que as alvenarias de pedra, ficando entre 26,7°C e 29,8 °C. A Figura 6 mostra que internamente a temperatura superficial refletida foi de 20,0°C a 20,9°C, conforme a Zona Térmica, enquanto que a externa foi de 19°C. A diferença de aproximadamente 1°C, evidencia a influência das atividades internas no local, a existência de ventilação (portas e janelas na Zona Térmica 4) e a temperatura do ar ambiente interno alcançada: a 3,0m do

assoalho 28,5°C (sem ventilação) e 26,1°C (com ventilação).

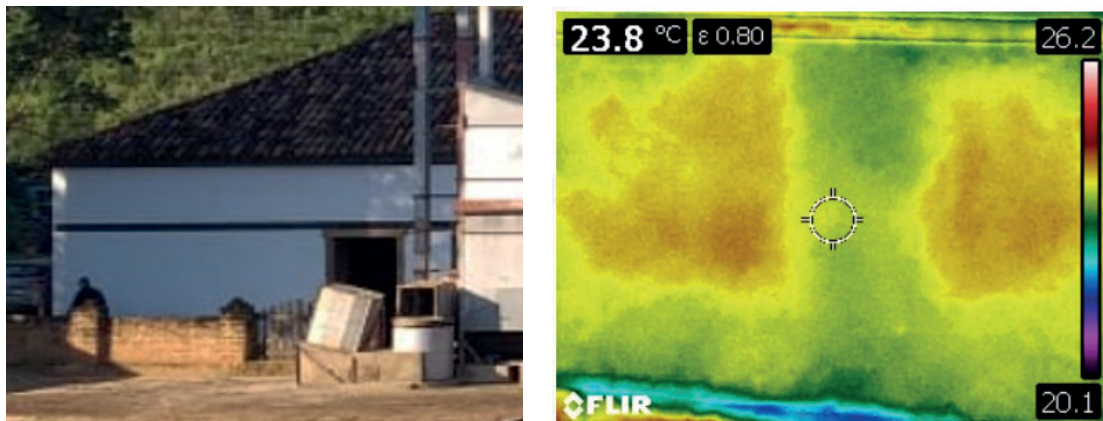


Figura 11. Termografia da parede de pedra P17, em 03/12/2021 e as diferentes temperaturas em função do uso de diferentes materiais para o fechamento dos vãos originais. (Fonte: Próprio Autor, 2021).

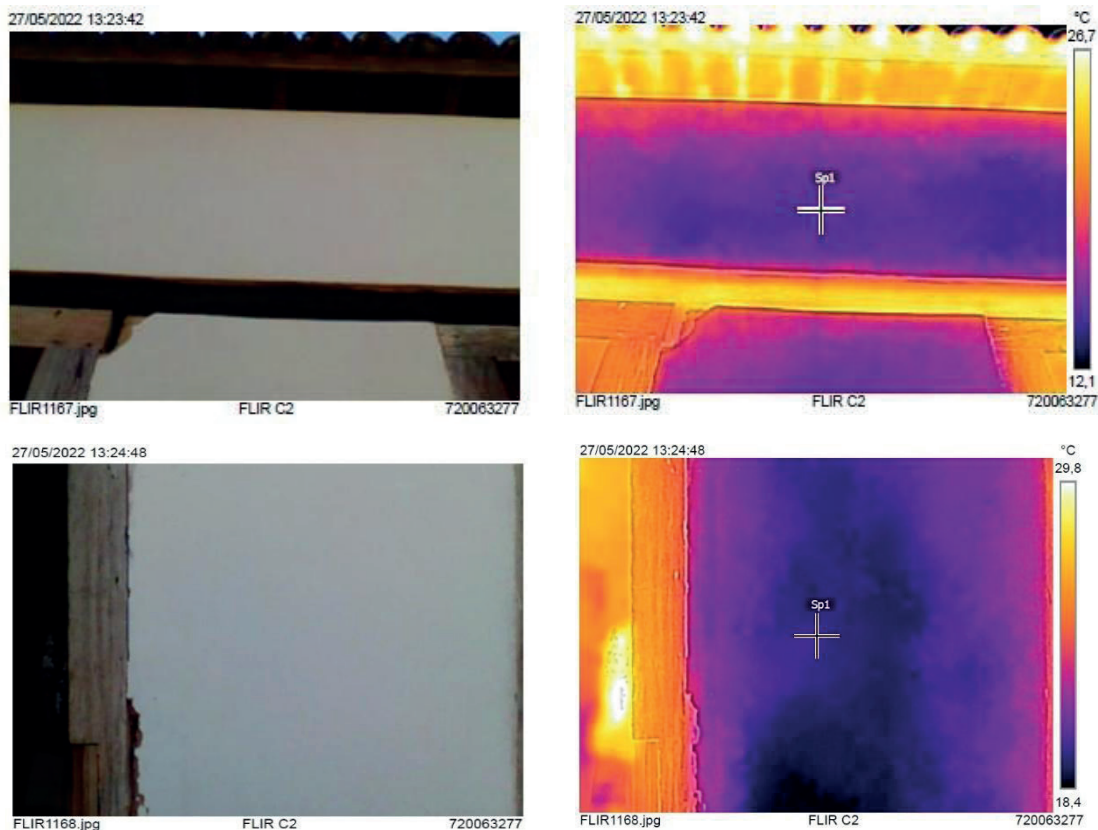


Figura 12. Vista externa da parede P17, nas alturas 1,5m e 3,0m, em alvenaria de pedra calcária rebocada e das imagens termográficas com temperaturas mais baixas, entre 12,4°C a 18,4°C. (Fonte: Próprio Autor, 2022).

As imagens termográficas internas (Figura 13) corroboraram as temperaturas superficiais e permitiram constatar os diferentes gradientes de temperatura na extensão de cada pano das alvenarias. As transmissões térmicas do calor da cobertura (sem forro) para as paredes foram notadamente evidenciadas em todas as imagens termográficas realizadas. Quanto mais distante da irradiação térmica, mais baixa é a temperatura (17,5 °C)

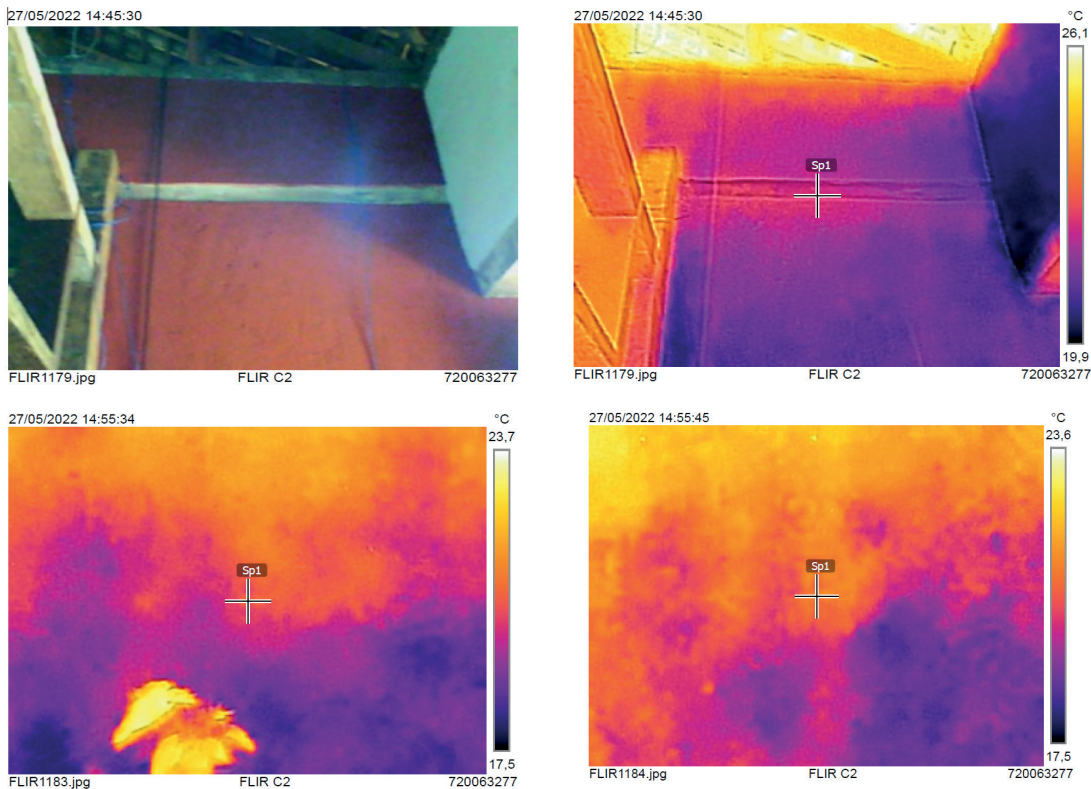


Figura 13. Imagens termográficas nas alvenarias internas variando entre 17,5 °C e 23,7°C.

(Fonte: Próprio Autor, 2022).

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa investigou apenas um dos dez cômodos da extensão edificação, construída em 1880, para abrigar uma Fazenda de Café. A memória das técnicas construtivas vernaculares do Brasil colônia estão registradas nas diversas alvenarias e tipologias espaciais que foram se agregando ao longo da edificação (Tulha) para a produção de café. Por meio de instrumentos de medição da temperatura superficial refletida, termo-higrométros e câmaras termográficas foi investigado o quanto é possível

reduzir as trocas térmicas entre o meio exterior e interior quando se adota as técnicas construtivas vernaculares. Aqui foram analisadas alvenarias de pedra e de taipa de pilão, com considerável espessura pois foram executadas para serem estruturais. Interna e externamente estão pintadas de branco, com alto grau de reflexividade. As diferenças de temperatura entre o meio exterior e interior chegaram a 7,8°C nas paredes de taipa de pilão (53 cm de espessura) e de 5,3°C nas paredes de pedra de arenito (60 cm). Também houve a conservação da umidade relativa do ar, de 28% no exterior, para 45% no interior (Zona Térmica 3). A influência do telhado de telhas cerâmicas (sem forro) para a transmissão térmica mostra a importância da cobertura como um dos agentes para o aquecimento interior e que devem ser controlados para que se possa conservar a temperatura interna proporcionada pelas estruturas vernaculares. Propõe-se a continuidade da pesquisa para incluir a influência das atividades contemporâneas e uso de novos equipamentos de transmissão térmica nesses espaços, que se mostrou nessa experiência uma excelente conservação do conforto térmico interior.

REFERÊNCIAS

CORTIZO, Eduardo. **Avaliação da Técnica de Termografia Infravermelha para Identificação de Estruturas Ocultas e Diagnóstico de Anomalias em Edificações: Ênfase em Edificações do Patrimônio Histórico**. Universidade Federal De Minas Gerais Programa De Pós-Graduação Engenharia Mecânica. 178p. Belo Horizonte, 02 de Julho de 2007.

____; BARBOSA, M. P. SOUZA, L. A. C. **Estado da arte da termografia**. Revista Fórum Patrimônio. Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável. V. 2, n. 1. 2009.

HOLST, G. C. *Common Sense approach to thermal imaging*. Winter Park. JCD Publishing, 2000. 377p.

KRAPEZ, J. C.; BALAGEAS, D.; DEON, A.; LEOUTRE, F. Detecção precoce por termografia infravermelha estimulada. Comparação com Ultrassom e Holo/Shearografia. Em: Maldague, X.P.V (eds) *Avanços no Processamento de Sinais para Avaliação Não Destrutiva de Materiais*. OTAN ASI Series, vol 262. Springer, Dordrecht. p. 303 – 321.

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

OCAÑA, S.M.; GUERREO, I.C.; REQUENA, I.G. **Evaluation Of Buildings Materials Using Infrared Thermography**. *Energy And Buildings*, V.36 (2004) P.515-523.

SAKAGAMI, T ; KUBO, S. **Aplicações de termografia de aquecimento de pulso e termografia lock-in para avaliações quantitativas não destrutivas**. *Física e tecnologia infravermelha*. Elsevier, Volume 43 (2002), edições 3–5, p 211-218. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S135044950200141X>

TOGNON, M. **O desenho e a História da Técnica na Arquitetura do Brasil colonial**. *Varia História*. Belo Horizonte, vol 27, n. 46, p. 547-556. Jul-dez 2011.

___; SALMAR, E.; ANDRADE, F. C. D. de. **Exames Não Destrutivos do Patrimônio Artístico e Arquitetônico: aplicativo da Termografia no Diagnóstico de Bens Culturais de Campinas.** 1º Forum Municipal de Pesquisas sobre Patrimônio Cultural Campineiro. 23-24 out 2013, Campinas, SP. <https://www.researchgate.net/publication/259475478>. Acesso em: maio de 2021.

VERATTI, A. B. **Termografia: princípios, aplicações e qualidade.** São Paulo: ICON Tecnologia, 1992.

WILLIAMS, J. H. Jr; MASOURI, S.H; LEE S.S. **Caracterização térmica não destrutiva pela função de transferência térmica e pelo método numérico de volumes de controle.** British Journal of Non-Destructive Testing, 1980, Leigh-On-Sea (GB), 22.