

**TERMOGRAFIA APLICADA A CONSTRUÇÕES
HISTÓRICAS BRUTALISTAS PAULISTAS
COM FOCO NAS OBRAS DE PAULO MENDES DA ROCHA**

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Coordenadoria de Fomento à Pesquisa - Pró-reitoria de Pesquisa e
Pós-Graduação

Joanna de Almeida Rangel Pereira ¹
Apoio: *PIVIC Mackenzie*

Guilherme Antonio Michelin ²

Escola de Engenharia (EE) ¹

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo ²

<10348331@mackenzista.com.br>
< guilherme.michelin@mackenzie.br >

RESUMO

Esta pesquisa investiga o uso da termografia infravermelha como ferramenta de diagnóstico não destrutivo aplicada à conservação de edificações tombadas em concreto armado aparente, com foco na arquitetura brutalista paulista. O estudo é de caráter exploratório e qualitativo e tem como objeto duas obras emblemáticas de Paulo Mendes da Rocha: o Ginásio do Clube Atlético Paulistano e o Museu Brasileiro da Escultura e Ecologia (MuBE). Embora ambos compartilhem desafios semelhantes de preservação, apenas o ginásio pôde ser submetido ao levantamento termográfico, já que o MuBE não autorizou a aplicação da técnica, evidenciando limitações institucionais no acesso a bens tombados.

O procedimento metodológico envolveu inspeções visuais, registros fotográficos e simulação teórica baseada em parâmetros técnicos da câmera FLIR, complementados por imagens de referência. As análises externas identificaram indícios de infiltração e corrosão em áreas expostas do concreto, enquanto as análises internas, realizadas com auxílio de soprador de calor, mostraram a viabilidade de detecção de descontinuidades térmicas associadas a manifestações patológicas. Os resultados reforçam a aplicabilidade da termografia como instrumento eficaz para o diagnóstico precoce e o monitoramento contínuo de estruturas, respeitando a integridade dos bens culturais. Conclui-se que, apesar da resistência inicial de alguns órgãos e instituições, a técnica apresenta potencial relevante para ser incorporada como prática complementar na conservação de edificações históricas modernas.

Palavras-chave: termografia infravermelha; concreto armado; patologias construtivas; conservação patrimonial; arquitetura brutalista.

ABSTRACT

This research investigates the use of infrared thermography as a non-destructive diagnostic tool applied to the conservation of listed reinforced concrete buildings, with a focus on Paulista Brutalist architecture. The study is exploratory and qualitative in nature, examining two emblematic works by Paulo Mendes da Rocha: the Gymnasium of Clube Atlético Paulistano and the Brazilian Museum of Sculpture and Ecology (MuBE). Although both share similar preservation challenges, only the gymnasium was subjected to thermographic survey, as MuBE did not authorize the application of the technique, highlighting institutional limitations regarding access to protected heritage sites.

The methodological procedure involved visual inspections, photographic records, and theoretical simulation based on technical parameters of the FLIR camera, complemented by

reference images. External analyses identified signs of infiltration and reinforcement corrosion in exposed concrete areas, while internal analyses, conducted with the aid of a heat blower, demonstrated the feasibility of detecting thermal discontinuities associated with pathological manifestations. The results reinforce the applicability of thermography as an effective tool for early diagnosis and continuous monitoring of structures, while preserving the integrity of cultural assets. It is concluded that, despite the initial resistance of some institutions, the technique shows significant potential to be incorporated as a complementary practice in the conservation of modern historic buildings.

Keywords: infrared thermography; reinforced concrete; building pathologies; heritage conservation; Brutalist architecture; Paulo Mendes da Rocha.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Matildes (2022), o estudo das manifestações patológicas na construção civil é cada vez mais relevante, pois influencia diretamente a qualidade, o desempenho e a segurança das edificações. Em estruturas de concreto armado, essas patologias podem comprometer a integridade física e o valor histórico e cultural, sobretudo em edificações tombadas. O termo “patologia” vem do grego *pathos* (doença) e *logos* (estudo) e, na engenharia civil, refere-se à análise de falhas e danos em elementos construtivos para identificar causas, avaliar consequências e propor soluções corretivas e preventivas.

Entre as patologias mais críticas está a corrosão das armaduras, causada pela penetração de agentes agressivos como dióxido de carbono (carbonatação) e cloretos, resultando em perda de aderência aço-concreto, fissuras e destacamento do cobrimento. Essas condições comprometem a segurança estrutural e exigem métodos de diagnóstico eficientes.



Figura 1- Corrosão de armaduras está entre as manifestações patológicas mais preocupantes em uma obra.

Fonte: Banco de Imagens cimento itambé

A termografia infravermelha surge como ferramenta de inspeção não destrutiva capaz de identificar variações térmicas superficiais associadas a infiltrações, delaminações, vazios e outras falhas internas, sem a necessidade de intervenção física. Essa abordagem é especialmente útil em bens tombados, cuja integridade arquitetônica deve ser preservada. O tombamento, previsto no Decreto-Lei nº 25/1937, protege bens culturais, exigindo que intervenções sejam autorizadas por órgãos de preservação como o Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN.



Figura 2- O Casarão dos Fabricantes, no Centro, estava tombado provisoriamente e sofreu um incêndio em 2020

Fonte: Fabiane de Paula/ diário do nordeste

No Estado de São Paulo, o Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo - CONDEPHAAT, e no município de São Paulo o Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio Histórico, Cultural e Ambiental da Cidade de São Paulo - CONPRESP, atuam na regulamentação e proteção de patrimônios históricos e culturais, mas enfrentam desafios como falta de equipe técnica mais ampla e ausência de ferramentas diagnósticas compatíveis com o levantamento de dados necessários para suporte ao desenvolvimento de ações necessárias para sua preservação integral. Nesse cenário, a termografia apresenta-se como alternativa promissora, permitindo identificar anomalias internas de forma rápida, precisa e não invasiva.

Esta pesquisa tem como objetivo avaliar a viabilidade e eficácia da termografia infravermelha na conservação de edificações históricas em concreto armado aparente, característico do brutalismo. Serão analisados dois estudos de caso: o Ginásio do Clube Atlético Paulistano e o Museu Brasileiro da Escultura e Ecologia (MuBE), ambos projetados por Paulo Mendes da Rocha e tombados. A análise buscará verificar se a técnica é capaz de fornecer dados úteis para o diagnóstico precoce de patologias, contribuindo para futuras aplicações em edificações similares.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

A patologia dentro da construção civil foca no estudo das “doenças” que ocorrem nas edificações, para assim identificar as suas causas, efeitos e soluções (GOES, 2021). Com isso as patologias nas estruturas de concreto armado são frequentes, principalmente por falhas no

projeto, execução, uso de materiais de baixa qualidade, negligência na manutenção ou condições ambientais (GOES,2021; NOVAES; POZNYAKOV,2021).

2.1.1 FISSURAS E TRINCAS

Segundo Matildes (2012), fissuras podem ter origem na retração plástica, variações térmicas, recalques diferenciais ou no dimensionamento inadequado. Podem ser classificadas como ativas ou inativas, sendo essencial considerar sua abertura, profundidade e evolução para avaliar a gravidade. Essas fissuras funcionam como canais de acesso para agentes agressivos, acelerando a deterioração da estrutura (COUTO, 2007).

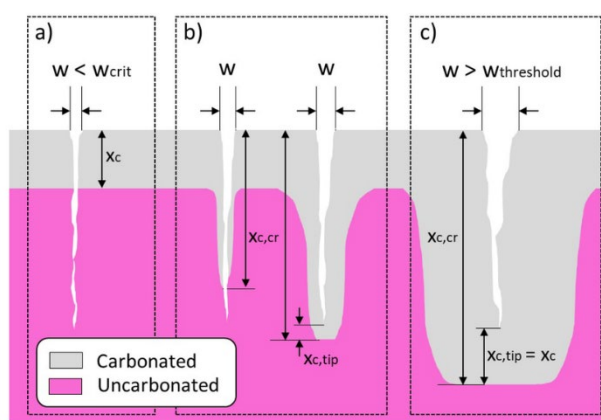


Figura 3- Esquema da influência de fissuras na profundidade da carbonatação: fissura larga acelera processo de ataque químico (SCHULTHEIB et al., 2023).

2.1.2 CORROSÃO DAS ARMADURAS E CARBONATAÇÃO

De acordo com Matildes (2022), a carbonatação reduz o pH do concreto, comprometendo sua passividade e gerando corrosão nas armaduras. Gonçalves (2015) aponta como principais causas desse processo a execução inadequada, baixa qualidade dos materiais, presença de cloretos e ausência de manutenção preventiva. A expansão do aço corroído provoca fissuras e o deslocamento da camada de cobrimento.

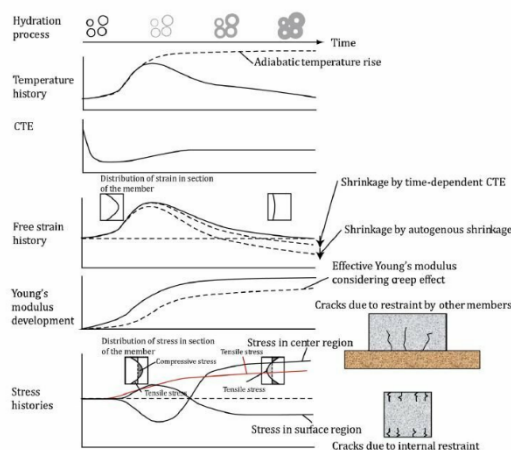


Figure 1 Schematic figure for cracking of mass concrete

Figura 4- Gráfico esquemático sobre desenvolvimento de fissura associada à carbonatação do concreto, destacando como a presença de trincas facilita penetração de CO_2 e aceleração do processo .

2.1.3 SEGREGAÇÃO, NINHOS DE CONCRETAGEM E EFLORESCÊNCIA

A segregação, geralmente provocada pela falta de adensamento ou pela dosagem incorreta dos materiais, resulta em zonas com agregados expostos e ausência de coesão interna (MATILDES, 2022). Já a eflorescência é causada pela migração de sais solúveis à superfície, formando depósitos brancos visíveis, indicadores de umidade interna contínua (SILVA, 2021).

2.1.4 UMIDADE, MOFO E MANUTENÇÃO DEFICIENTE

Goes (2021) destaca que o mofo e o bolor são manifestações patológicas recorrentes, especialmente em ambientes com pouca ventilação ou submetidos à ação contínua da água. Para Silva (2021), essas patologias também resultam da falta de manutenção periódica, contribuindo para a degradação acelerada da edificação.

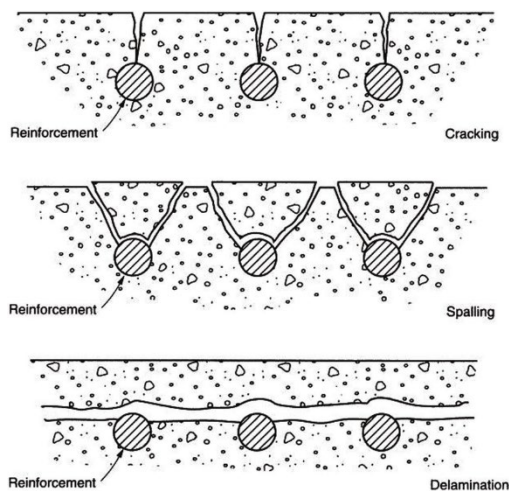


Figura 5- Ilustração do dano no concreto causado por corrosão da armadura e delaminação devido à expansão do óxido (chipping) .

2.1.5 DURABILIDADE E DESEMPENHO ESTRUTURAL

Segundo Helene (2004), a durabilidade do concreto não é uma propriedade inerente, mas depende da correta dosagem dos materiais, da compactação, da cura e da espessura do cobrimento — conhecidos como os “4C”. A norma ABNT NBR 6118 (2014) estabelece limites para a abertura de fissuras de acordo com a classe de agressividade ambiental.

2.1.6 PRIORIZAÇÃO NA INTERVENÇÃO

Martins (2017) propõem o método GUT — Gravidade, Urgência e Tendência — como ferramenta para priorizar o tratamento das patologias. A corrosão das armaduras, por representar risco estrutural imediato, é frequentemente classificada como de prioridade máxima.

A compreensão das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado é essencial não apenas para obras convencionais, mas também para construções com elevado valor arquitetônico e simbólico. Nesse sentido, destacam-se edificações que utilizam o concreto aparente não só como componente estrutural, mas como linguagem estética, como é o caso das obras do movimento brutalista. Para contextualizar o recorte desta pesquisa, é necessário apresentar os fundamentos da arquitetura brutalista paulista, com ênfase nas obras do arquiteto Paulo Mendes da Rocha.

2.2 ARQUITETURA BRUTALISTA PAULISTA E CONCRETO APARENTE

A arquitetura brutalista surgiu como um desdobramento da arquitetura moderna, tendo como um de seus principais fundamentos os princípios estabelecidos por Le Corbusier. No contexto brasileiro, o brutalismo paulista (1950–1980) incorporou características marcantes como o uso do concreto armado aparente, volumes geométricos puros e a exposição da estrutura como elemento expressivo. Essa abordagem ficou conhecida como a “verdade estrutural”, pois o projeto arquitetônico e estrutura se fundem em um único conceito formal (ATHANOPOLIS; KENCHIAN, 2017).

Segundo Sanvitto (2013), o brutalismo paulista assume uma postura ética perante a sociedade, propondo soluções arquitetônicas voltadas para uma vida comunitária mais justa, com espaços compartilhados, abertos e sem hierarquizações rígidas entre funções ou pessoas.

Zein (2005) classifica a arquitetura brutalista em seis categorias fundamentais:

- Partido arquitetônico: organização do programa em um volume único, concentrando todas as funções;

- Composição espacial: uso de grandes vãos livres, evitando compartimentações excessivas;
- Elevações: relação marcada entre cheios e vazios, com destaque para a iluminação zenital natural;
- Sistema construtivo: emprego predominante de estruturas de concreto armado, utilizando lajes nervuradas, pórticos rígidos e vãos generosos;
- Texturas aparentes: superfícies de concreto com acabamento bruto;
- Ambiência luminosa: exploração da luz natural como elemento qualificador do espaço.

2.2.1 POR QUE PAULO MENDES DA ROCHA?

O arquiteto Paulo Archias Mendes da Rocha (1928–2021) é uma das figuras centrais da arquitetura moderna e brutalista brasileira. Formado pela FAU Mackenzie em 1954, recebeu o Prêmio Pritzker em 2006 e consolidou sua carreira também no ensino, como professor da FAU-USP, até 1999 (ATHANOPOLIS; KENCHIAN, 2017).

Mendes da Rocha é hoje um dos arquitetos de maior destaque do panorama brasileiro. Sem dúvida um arquiteto moderno pela sua formação, por seu temperamento, por suas obras, assim tem se mantido: no marco das grandes verdades modernas aprendidas em seu momento áureo. (ZEIN, 2000)

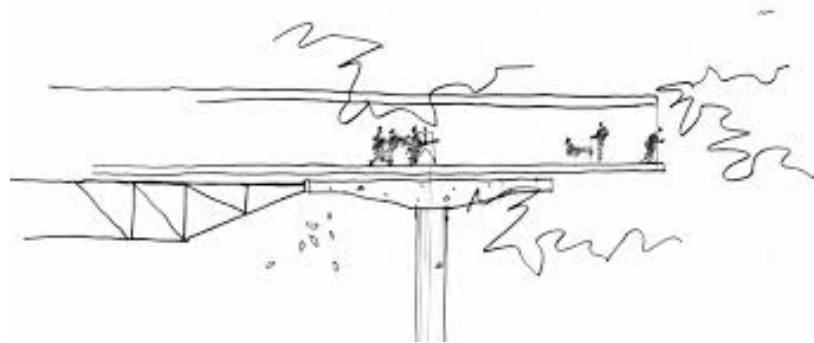


Figura 6- Croqui conceito Paulo Mendes da Rocha. Fonte: MMBB

Com apenas três anos de formado, venceu o concurso para o Ginásio do Clube Atlético Paulistano (1958), uma de suas obras mais emblemáticas. Em 1970, projetou o Pavilhão do Brasil na Expo Osaka, e em 1986, o Museu Brasileiro da Escultura (MuBE), ambas incluídas nesta pesquisa (ZEIN, 2000). Sua produção caracteriza-se por intervenções mínimas com inteligência técnica e poética, como na Pinacoteca do Estado de São Paulo (1993–1998) e no Centro Cultural FIESP (1997–1998).

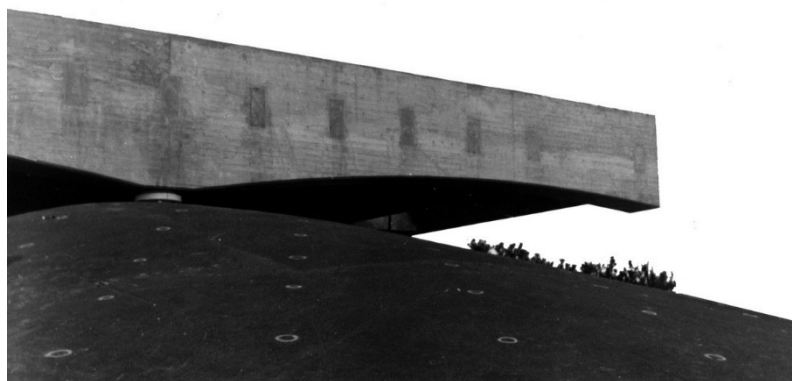


Figura 7- Pavilhão do Brasil na Exposição Mundial de Osaka, Japão. Fonte: Archdaily Brasil

Pela relevância no brutalismo paulista e pelo uso expressivo do concreto armado aparente, as obras de Mendes da Rocha foram escolhidas como objeto de estudo. A ausência de revestimentos torna essas estruturas mais expostas a agentes externos, exigindo técnicas de diagnóstico não destrutivo. Nesse contexto, a termografia infravermelha se destaca como recurso estratégico para identificar anomalias estruturais sem comprometer a integridade física do patrimônio moderno.

2.3 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA APLICADA À ENGENHARIA CIVIL

A termografia infravermelha é uma técnica de ensaio não destrutivo (END) que identifica variações de temperatura na superfície dos materiais por meio da captação da radiação térmica emitida, convertida em imagens chamadas termogramas. Diferenças térmicas podem indicar infiltrações, delaminações, fissuras ou corrosão de armaduras (SILVA; NUNES, 2018). Na engenharia civil, destaca-se por permitir a detecção de falhas ocultas sem intervenção física, como umidade não visível, vazios em concreto e indícios de corrosão.

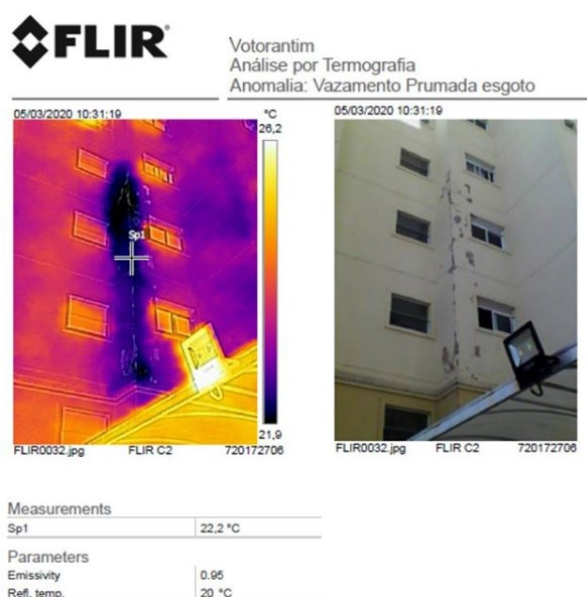


Figura 8- Termograma de fachada com variações térmicas evidenciando possíveis infiltrações ou delaminações.

Segundo Rocha (2020), pode ser usada de forma qualitativa, para identificar padrões térmicos anômalos, ou quantitativa, com medições de temperatura pontuais. Sua principal vantagem é ser um método rápido, seguro e não invasivo, ideal para edificações históricas e tombadas, onde o acesso físico é restrito. Contudo, sua eficácia depende de contraste térmico adequado e fatores como incidência solar, vento e espessura do elemento. Rocha (2017) observa que, em cobrimentos de concreto superiores a 3 cm, a detecção de corrosão é menos confiável, recomendando-se o uso combinado com outros ensaios, como ultrassom.

No contexto da conservação de edificações modernas em concreto aparente, a termografia é estratégica. Apesar de pouco exploradas no Brasil em restauração, Bernardi e Lopes (2020) ressaltam seu potencial para manutenção preventiva e mapeamento precoce de falhas, preservando o valor histórico e estético das obras.

2.4 CONSERVAÇÃO DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS E O USO DE TÉCNICAS NÃO DESTRUTIVAS

A conservação de edificações históricas exige procedimentos alinhados aos princípios da preservação patrimonial. O Decreto-Lei nº 25/1937 determina que intervenções em bens tombados devem preservar sua integridade física e simbólica, evitando alterações que comprometam sua autenticidade (BRASIL, 1937). Métodos de inspeção não destrutivos, como ultrassom, esclerometria e mapeamento de anomalias, são essenciais para avaliar o estado estrutural sem danos à materialidade ou à linguagem arquitetônica, especialmente em estruturas de concreto aparente, onde a superfície possui função estrutural e expressiva.



Figura 9- Edifício da FAUUSP da Cidade Universitária e sua característica “Caixa Paulista”. Fonte: Acervo FAU USP

Em São Paulo, a FAU-USP (1969), de Vilanova Artigas, e o SESC Pompeia (1977–1986), de Lina Bo Bardi, ambos tombados, ilustram esses desafios. Suas ações de conservação priorizam manutenções preventivas, reparos localizados e uso de materiais compatíveis. No entanto, persistem limitações na detecção precoce e no monitoramento contínuo das estruturas, o que evidencia a necessidade de tecnologias diagnósticas mais precisas.



Figura 10- Sesc Pompeia Fonte: Vogue Casa

Nesse cenário, a termografia infravermelha surge como alternativa promissora para identificar infiltrações, delaminações, fissuras e corrosão de armaduras sem contato físico. Por ser rápida, segura e não invasiva, apresenta grande potencial na preservação de edificações modernas e brutalistas, onde a integridade estética e material é prioridade.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa, de caráter exploratório e abordagem qualitativa, tem como objetivo avaliar o uso da termografia infravermelha como ferramenta complementar no diagnóstico de manifestações patológicas em edificações tombadas de concreto armado aparente. Foram definidos como estudos de caso o Ginásio do Clube Atlético Paulistano e o Museu Brasileiro da Escultura (MuBE), obras emblemáticas do brutalismo paulista projetadas por Paulo Mendes da Rocha e protegidas por diferentes instâncias de tombamento.

A aplicação será conduzida de forma teórica, com base nos parâmetros técnicos da câmera FLIR E5 (faixa espectral de 7,5 a 14 μm e resolução térmica inferior a 0,05 $^{\circ}\text{C}$), visando simular a detecção de infiltrações, vazios, falhas de aderência e indícios iniciais de corrosão das

armaduras. O procedimento metodológico inclui o levantamento de informações e registros visuais das obras, a seleção de termogramas de referência, a parametrização da técnica, a simulação e análise comparativa com dados obtidos, concluindo com a discussão sobre a aplicabilidade do método na conservação de bens patrimoniais modernos.

No caso do Ginásio do Clube Atlético Paulistano, foi possível realizar o levantamento termográfico, que serviu de base para a análise prática dos resultados. Já no MuBE, não houve autorização para a execução dessa etapa, restringindo o estudo a uma abordagem documental e interpretativa, a partir de registros técnicos e bibliográficos. Essa limitação não enfraquece a pesquisa; ao contrário, evidencia um aspecto relevante da problemática investigada: os entraves institucionais e burocráticos que dificultam a implementação de novas técnicas de diagnóstico não destrutivo em bens tombados.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 GINÁSIO DO CLUBE ATLÉTICO PAULISTANO



Figura 11- Foto Ginásio Clube Atlético quando inaugurado Fonte: Archdaily

Projetado por Paulo Mendes da Rocha em parceria com João Eduardo de Gennaro (1958–1961), o Ginásio do Clube Atlético Paulistano é um marco do brutalismo paulista e da arquitetura moderna brasileira, premiado com o Grande Prêmio da Bienal de Artes de 1961

(ARCHDAILY, 2011). Sua estrutura é formada por seis pilares periféricos, de formato dinâmico, dispostos em círculo e sustentando uma cobertura anelar de concreto armado apoiada por cabos metálicos tensionados, permitindo um vão livre central de cerca de 35 m (WIKIARQUITECTURA, 2023). O projeto abriga quadra, arquibancadas e áreas de apoio, mantendo a clareza espacial e a expressividade do concreto aparente. Em reconhecimento à sua relevância arquitetônica e histórica, o edifício foi tombado pelo CONDEPHAAT em 1992, assegurando sua preservação como patrimônio da arquitetura moderna paulista.

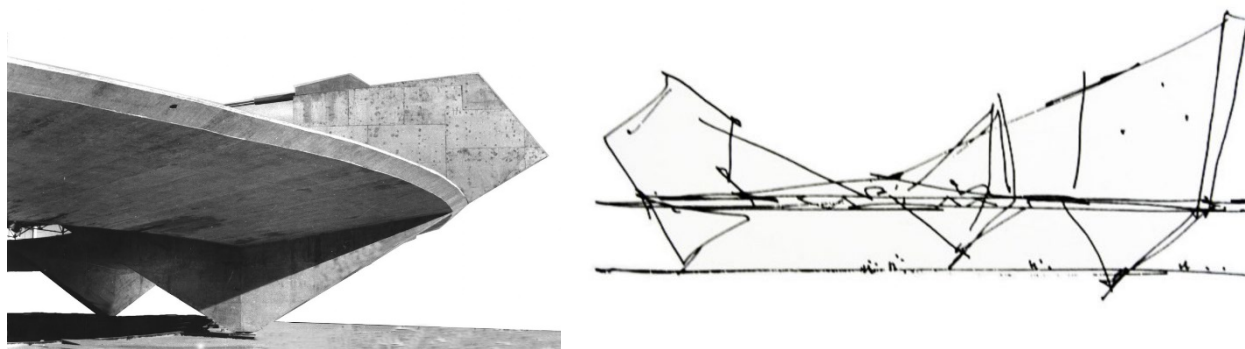


Figura 12/13 - Foto e croqui dos pilares do Ginásio Clube Atlético Fonte: Archdaily

Ao longo das décadas, o Ginásio do Clube Atlético Paulistano sofreu modificações significativas em sua configuração interna. As demandas crescentes do clube por novos departamentos, salas administrativas e espaços de apoio técnico levaram à criação de fechamentos e divisões no vazio central originalmente concebido por Paulo Mendes da Rocha. Essas adaptações funcionais, ainda que necessárias ao longo do tempo, comprometeram a clareza espacial e a fluidez de circulação que eram características centrais do projeto original. Apesar dessas alterações, a volumetria externa e a estrutura principal permanecem preservadas, mantendo o valor arquitetônico da obra.

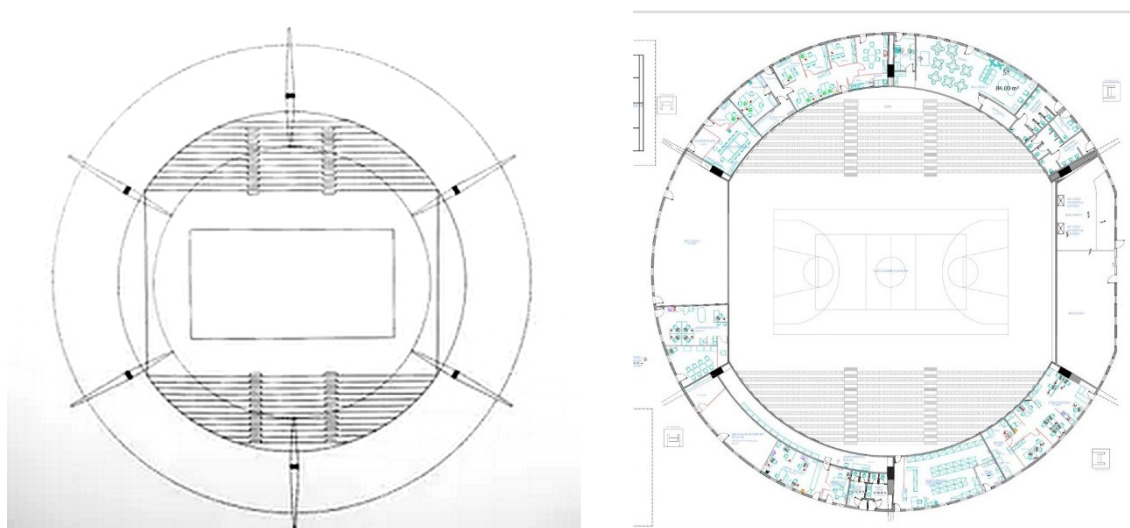


Figura 14/15 - Planta original e Planta atual do ginásio após intervenções Fonte: Archdaily/ Departamento de Cultura do Ginásio Atlético Paulistano

Atualmente, o clube discute um plano de recuperação que prevê a remoção progressiva dessas repartições internas e a introdução de um fechamento em vidro ao redor do ginásio. A proposta não busca uma restauração literal da configuração inicial, mas sim resgatar o caráter de espaço aberto e coletivo pensado pelo arquiteto, conciliando as necessidades contemporâneas de uso com a valorização da concepção brutalista original. Como obra em concreto aparente, o edifício continua apresentando patologias típicas desse material, como fissuras, manchas de umidade e sinais iniciais de corrosão das armaduras, e, até o momento, não há registros de aplicação sistemática de métodos avançados de inspeção não destrutiva no local.

Nesse contexto, este trabalho propõe a aplicação teórica da termografia infravermelha como ferramenta complementar às inspeções visuais. A seguir, apresenta-se o levantamento termográfico simulado do Ginásio, com análise das imagens e interpretação dos resultados à luz das condições estruturais atuais.

4.2 MUSEU BRASILEIRO DA ESCULTURA E ECOLOGIA (MUBE)

Projetado por Paulo Mendes da Rocha em parceria com os engenheiros estruturais Júlio Kassoy e Mario Franco, o Museu Brasileiro da Escultura e Ecologia (MuBE) foi construído entre 1986 e 1995, a partir de projeto vencedor de concurso nacional. Considerado uma das expressões mais radicais do brutalismo brasileiro, o conjunto é marcado pela imponente laje de concreto armado aparente, suspensa sobre o terreno e apoiada em apenas quatro pontos — dois fixos e dois móveis —, solução que permite movimentações estruturais decorrentes de variações térmicas e retração do concreto (ROCHA; BAUMGART, 1996). Com cerca de 60 metros de comprimento e 12 de largura, o vão livre foi viabilizado pelo uso de concreto de alta resistência ($f_{ck} = 350 \text{ kgf/cm}^2$) e aço CP190-19000, aliado à protensão por cabos de aço encunhados para neutralizar esforços gravitacionais e controlar deformações.



Figura 16 - Foto externa do MuBE Fonte: Archdaily

A concepção remete à “pedra no céu”, como definiu o próprio arquiteto, dialogando com referências ancestrais como Stonehenge e com a reflexão de Galileu Galilei sobre a “fraqueza dos gigantes” (GALILEI, 1638 apud DOCUMENTÁRIO MuBE 003, 2023). Tombado em 2016 pelo CONPRESP, o MuBE, por sua condição de concreto aparente sem revestimento, apresenta vulnerabilidades típicas, como manchas de umidade e fissuras superficiais, exigindo intervenções pontuais e não invasivas.

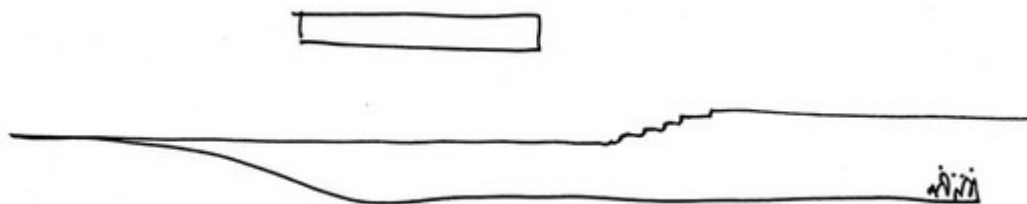


Figura 17 - Croqui do Paulo Mendes da Rocha sobre o conceito pedra no céu Fonte: Archdaily

Diante dessas características, este estudo havia previsto a realização de um levantamento termográfico no MuBE, com o objetivo de avaliar a aplicabilidade da técnica como recurso complementar às inspeções visuais. No entanto, a autorização para a aplicação prática não foi concedida, o que evidencia uma limitação recorrente em pesquisas desse tipo: a resistência ou o desconhecimento acerca do caráter não invasivo da termografia em bens tombados. Apesar dessa restrição, a análise do caso permanece relevante, uma vez que reforça a necessidade de ampliar a divulgação e a aceitação de métodos de diagnóstico não destrutivos como parte das estratégias de conservação de edificações modernas em concreto aparente.

4.3 DISCUSSÃO

A aplicação teórica da termografia infravermelha no Ginásio do Clube Atlético Paulistano permitiu observar como a técnica pode contribuir para a conservação de edificações brutalistas em concreto aparente. A análise externa revelou variações térmicas significativas em pilares e superfícies expostas, evidenciando zonas que podem ser entendidas como infiltrações, manchas de umidade e indícios de fissuração que, em longo prazo, podem comprometer o desempenho estrutural. Esses achados reforçam a vulnerabilidade de estruturas sem revestimento às ações do tempo e a importância do diagnóstico precoce.

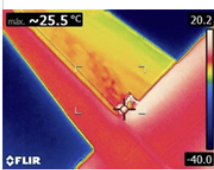
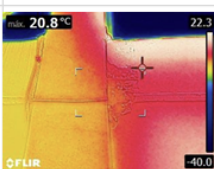
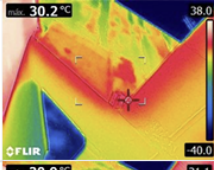
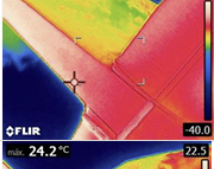
Nº	Local/Elemento	Imagem térmica	Foto Local	Data	Hora	Temp. Máx.	Observações visuais	Interpretação Termográfica
1	Pilar 4 (externo)			11/08/2025	14:45	25.5°C	Manchas escuras e início e corrosão aparente.	- Mancha amarelada-esverdeada irregular na junção, com contraste com o entorno mais quente (vermelho). - Aquecimento diferenciado próximo a junta estrutural, possível presença de umidade interna ou microfissuras no ponto de ligação estrutural
2	Pilar 6 (externo)			11/08/2025	14:50	20.8°C	Fissuras próximas à ligação estrutural.	- Área danificada levemente mais fria, indicando retenção de umidade. - Contorno térmico distinto entre concreto íntegro e degradado. - Corrosão ativa das armaduras e perda de aderência do cobrimento.
3	Pilar 1 (externo)			11/08/2025	14:52	30.2°C	Áreas esbranquiçadas e desgaste de pintura.	-Padrão térmico irregular acima do ponto danificado, com variação brusca entre áreas mais quentes e mais frias. -Diferença de condutividade térmica indicando umidade associada a descolamento de cobrimento.
4	Pilar 3 (externo)			11/08/2025	15:02	20.9°C	Acúmulo de sujeira e manchas próximas a juntas.	Diferença de temperatura sugere infiltração.
5	Pilar 5 (externo)			11/08/2025	15:05	24.2°C	Manchas de umidade e desgaste superficial no concreto.	- Distribuição térmica irregular (vermelho, laranja, amarelo), sugerindo variação de absorção e possível infiltração difusa. - Desgaste superficial e possível umidade em microfissuras, mas sem falha estrutural evidente.

Tabela 1 – Levantamento e análise das áreas externas com câmera termográfica Fonte: Autoria própria

Nas análises internas, foi necessário o uso de soprador de calor para intensificar o contraste térmico e aumentar a precisão das leituras. Esse recurso permitiu identificar de forma mais clara áreas críticas, como regiões com falhas de aderência e possíveis delaminações do concreto, que dificilmente seriam detectadas por inspeções visuais convencionais. O procedimento mostrou que a combinação da termografia com estímulos térmicos controlados amplia o potencial da técnica no mapeamento de anomalias ocultas.

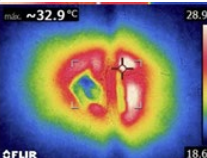
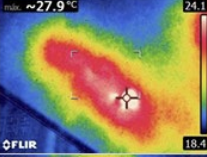
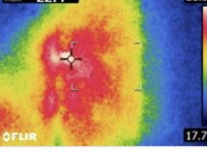
Nº	Local/Elemento	Imagem térmica	Foto Local	Data	Hora	Temp. Máx.	Observações visuais	Interpretação Termográfica
6	Pilar 1 (interno com soprador de calor)			11/08/2025	15:22	32.9°C	Exposição de armadura e perda de cobrimento.	Ponto quente com formato irregular, possível corrosão.
7	Pilar 4 (interno com soprador de calor)			11/08/2025	15:40	27.9°C	Sinais de infiltração próximos a pontos de ligação.	Área aquecida alinhada a fissuras superficiais.
8	Pilar 4 (interno com soprador de calor)			11/08/2025	15:42	22.4°C	Pequenos pontos de desgaste no concreto.	Pequena anomalia térmica detectada.

Tabela 2 - Levantamento e análise das áreas internas com câmera termográfica e soprador de calor Fonte: Autoria própria

De modo geral, os resultados indicam que a termografia infravermelha é uma ferramenta eficaz para complementar métodos tradicionais de inspeção, oferecendo diagnósticos não invasivos e detalhados. Sua aplicação em obras modernistas e brutalistas, como as de Paulo Mendes da Rocha, pode orientar estratégias de manutenção preventiva e garantir maior preservação de bens tombados, conciliando a conservação estrutural com o respeito à autenticidade arquitetônica.

5. CONCLUSÃO

A pesquisa buscou avaliar a aplicação da termografia infravermelha como ferramenta de apoio na identificação de manifestações patológicas em edificações brutalistas de concreto armado aparente. A escolha do Ginásio do Clube Atlético Paulistano e do Museu Brasileiro da Escultura (MuBE), ambos de Paulo Mendes da Rocha, permitiu refletir sobre os desafios de conservação dessas obras e sobre a importância de métodos não destrutivos no campo da preservação patrimonial.

Os levantamentos realizados no ginásio mostraram que a técnica é capaz de identificar indícios de infiltrações, falhas de aderência e possíveis processos de corrosão de armaduras que

difícilmente seriam percebidos apenas por inspeções visuais. Já no caso do MuBE, a ausência de autorização para a execução do levantamento destacou uma limitação importante: a falta de conhecimento e aceitação da termografia como método seguro e não invasivo por parte de alguns órgãos e instituições de preservação.

Dessa forma, este estudo reforça o potencial da termografia infravermelha como recurso técnico para o diagnóstico e acompanhamento de obras tombadas, especialmente as de concreto aparente. Ao mesmo tempo, evidencia a necessidade de ampliar a disseminação dessa tecnologia entre profissionais e entidades de preservação, para que sua aplicação seja compreendida como uma aliada da conservação e não como uma ameaça. Assim, a pesquisa contribui para abrir caminhos na integração de métodos modernos de análise às práticas de manutenção preventiva e preservação do patrimônio arquitetônico brasileiro.

6. REFERÊNCIAS

ARCHDAILY. *Ginásio do Clube Atlético Paulistano / Paulo Mendes da Rocha*. 2011. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-11521/ginásio-clube-atletico-paulistano-paulo-mendes-da-rocha>. Acesso em: 18 ago. 2025.

ATHANOPOLIS, Maria; KENCHIAN, André. *Paulo Mendes da Rocha*. São Paulo: Cosac Naify, 2017.

BERNARDI, M.; LOPES, F. *A utilização de termografia infravermelha na conservação do patrimônio moderno*. Revista Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 15, n. 2, 2020.

BRASIL. Decreto-Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937. *Organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional*. Rio de Janeiro: Diário Oficial da União, 1937.

DOCUMENTÁRIO MuBE003. *Museu Brasileiro da Escultura e Ecologia: Pedra no céu*. São Paulo: 2023.

GALILEI, Galileu. *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*. Leiden: Elsevier, 1638.

MATILDES, Caio Messias. *Concreto armado e suas patologias*. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 7, n. 1, p. 122–135, 2022.

RABELLO, Sonia. *Tombamento e Patrimônio Cultural no Brasil*. Revista de Direito Administrativo, v. 270, p. 207–225, 2015.

ROCHA, Paulo; BAUMGART, Flávio. *Relato técnico do projeto estrutural do MuBE*. São Paulo: IPT, 1996.

ROCHA, L. S. *Aplicações da termografia em estruturas de concreto*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

ROCHA, L. S.; et al. *Avaliação de corrosão em concreto armado por termografia infravermelha*. Revista Engenharia Civil, v. 61, n. 2, 2017.

SILVA, Maria Eduarda de Almeida; SILVA, Elzelis Muller da; et al. *Patologias no concreto armado em elementos de projetos estruturais: uma revisão*. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 11, n. 4, p. 45–58, 2020.

SILVA, T.; NUNES, R. *Termografia infravermelha aplicada à engenharia civil*. Revista Técnico-Científica de Engenharia Civil, v. 10, n. 2, p. 1–14, 2018.

WIKIARQUITECTURA. *Ginásio do Clube Atlético Paulistano*. 2023. Disponível em: <https://es.wikiarquitectura.com>. Acesso em: 18 ago. 2025.

ZEIN, Ruth Verde. *A arquitetura de Paulo Mendes da Rocha: forma, espaço e construção*. São Paulo: Editora Nobel, 2000.