



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS-CMPF
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Luan Leite dos Santos

Diagnóstico de Patologias na Construção Civil: Aplicação da Termografia Infravermelha.

PAU DOS FERROS-RN

2024

Luan Leite dos Santos

Diagnóstico de Patologias na Construção Civil: Aplicação da Termografia Infravermelha.

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em ENGENHARIA CIVIL.

Orientador: Prof. Dr. Adelson Menezes Lima.

PAU DOS FERROS-RN

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S237 Santos, Luan Leite dos.
Diagnóstico de Patologias na Construção Civil:
Aplicação da Termografia Infravermelha. / Luan
Leite dos Santos. - 2024.
49 f. : il.

Orientador: Adelson Menezes Lima.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de --Selecione um
Curso ou Programa--, 2024.

1. Termografia. 2. Manutenção. 3. Inspeção. 4.
Intervenção. I. Lima, Adelson Menezes , orient.
II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LUAN LEITE DOS SANTOS

Diagnóstico de Patologias na Construção Civil: Aplicação da Termografia Infravermelha.

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros – CMPF, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

DATA DA APROVAÇÃO: 25/10/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Adelson Menezes Lima (UFERSA)

Presidente

Me. Vinícius Navarro Varela Tinoco (UFERSA)

Examinador

Prof. Dra. Sâmara de Cavalcante Paiva (UFERSA)

Examinador

Mozar Leite de Araújo Lima (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, Maria das Graças Leite de Araújo por ter me criado e incentivado a estudar e buscar na educação a mudança para nossas vidas.

A minha avó Ana Bertini Leite de Araújo e minhas tias, Maria Telma Leite de Araújo, Margarida Leite de Araújo e Suzana Leite de Araújo, que ajudaram na minha formação como pessoa.

E a minha namorada Khelly Beatriz Oliveira Cardozo, por estar comigo nos momentos bons e ruins e por sempre me dar força para seguir melhorando.

Ao meu orientador Dr. Adelson Menezes Lima, por ter me motivado a fazer esse projeto e se disposto a me orientar e fazer parte dessa etapa importante da minha formação.

RESUMO

A termografia é um método de inspeção não destrutiva e não invasiva, centrado na detecção da radiação infravermelha emitida por objetos de acordo com sua temperatura. Este trabalho investiga o uso da termografia infravermelha como método não destrutivo para identificar manifestações patológicas nos blocos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Pau dos Ferros. Após uma revisão bibliográfica e inspeção visual em diversos prédios, foi realizada a análise das imagens térmicas, revelando problemas como infiltrações e aquecimento do sistema elétrico em diversos blocos da universidade. O estudo sugere intervenções como a impermeabilização de lajes, reparo das camadas de proteção, reavaliação do dimensionamento dos condutores, limpeza e manutenção preventiva para evitar danos futuros.

Palavras-chave: Termografia, Inspeção, Manutenção, Intervenção.

ABSTRACT

Thermography is a non-destructive and non-invasive inspection method focused on detecting infrared radiation emitted by objects according to their temperature. This work investigates the use of infrared thermography as a non-destructive method to identify pathological manifestations in the buildings of the Federal Rural University of the Semi-Arid (UFERSA), Pau dos Ferros campus. After a literature review and visual inspection of several buildings, thermal image analysis was conducted, revealing issues such as water infiltration and overheating of the electrical system in various university blocks. The study suggests interventions such as slab waterproofing, repair of protective layers, reevaluation of conductor sizing, cleaning, and preventive maintenance to avoid future damage.

Keywords: Thermography, Inspection, Maintenance, Intervention.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Espectro eletromagnético	14
Figura 2: Espectro eletromagnético	15
Figura 3: Termografia de um transformador	19
Figura 4: Análise comparativa entre conexões similares.	20
Figura 5: Avaliação quantitativa.	20
Figura 6: Termograma dos terminais de um disjuntor trifásico apresentando falha em uma das fases.....	21
Figura 7: Falha no isolamento e vazamento de um chuveiro.	24
Figura 8: Localização da tubulação do dreno de ar condicionado - Verificação de vazamento.	24
Figura 9: Fluxograma do trabalho.	26
Figura 10: Imagem aérea do campus.....	28
Figura 11: Câmera térmica utilizada.	29
Figura 12: Patologia causada por rompimento de manta térmica.	30
Figura 13: Vista superior do bloco de laboratórios LTI.	32
Figura 14: Pontos de umidade em vigas e treliças.....	32
Figura 15: Formação de poças d'água por falta de declividade no Bloco de aulas 1.....	35
Figura 16: Acúmulo de água superficial sobre laje de concreto 1.....	37
Figura 17: Imagem térmica da parte inferior da laje onde ocorre a formação de poças d'água.	37
Figura 18: Quadro de distribuição de cargas - Bloco 2 de aulas (Interno).....	39
Figura 19: QDC Bloco de aulas 2.....	40
Figura 20: Quadro de distribuição de cargas – Bloco 2 de aulas (Externo).	41
Figura 21: Imagem QDC – Bloco de aulas 2 (Externo).	42
Figura 22: Quadro de distribuição- Bloco dos professores 2(interno)	43
Figura 23: Imagem QDC – Bloco de professores 2.	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação e recomendações para sobreaquecimento em componentes elétricos.	22
Quadro 2: Ações recomendadas de manutenção para equipamentos elétricos conforme resultados da inspeção termográfica.	22
Quadro 3: Soluções necessárias para os QDCs analisados com a câmera térmica.	45

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1. TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA	14
3.1.1. Método qualitativo	15
3.1.2. Método quantitativo	16
3.2. EMISSIVIDADE DOS MATERIAIS.	17
3.3. INSPEÇÃO	17
3.4. MANUTENÇÃO	18
3.5. APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS.	19
3.6. APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA EM INSTALAÇÕES PREDIAIS.	23
4. METODOLOGIA	26
4.1 COLETA DE INFORMAÇÕES E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.	26
4.2 INSPEÇÃO VISUAL DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS.	26
4.3 VERIFICAÇÃO COM CÂMERA TÉRMICA.	27
4.4 COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS.	27
4.5. DIAGNÓSTICO.	27
4.6. PROGNÓSTICO E RECOMENDAÇÕES.	27
4.7. INTERVENÇÃO.	28
4.8. CÂMERA UTILIZADA PARA AS INSPEÇÕES.	28
5. RESULTADOS	30
5.1. BLOCO DE LABORATÓRIOS 1.	30
5.2. BLOCO DE LABORATÓRIOS DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO (BTI).	32
5.3. BLOCO DE AULAS 1.	34
5.4. BIBLIOTECA.	36
5.5. BLOCO DE AULAS 2 (INTERNO).	39
5.6. BLOCO DE AULAS 2 (EXTERNO).	41
5.7. BLOCO DOS PROFESSORES 2.	43
6 CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48

1. INTRODUÇÃO

Na área de manutenção, a termografia é um método de inspeção não destrutiva e não invasiva, centrado na detecção da radiação infravermelha emitida por objetos de acordo com sua temperatura. Usando essa técnica, é viável encontrar áreas ou pontos com variações de temperatura em relação a um padrão já determinado ou conhecido, Tutikian; Pachaco (2013).

Apesar da termografia ser reconhecida na engenharia, sua aplicação na construção civil brasileira é limitada. A técnica, embora promissora para estudar manifestações patológicas, exige a definição de critérios e padrões para identificar anomalias com segurança. Destaca-se o potencial da termografia devido à agilidade e simplicidade na inspeção.

O surgimento de problemas nas construções é atribuído a diversos fatores, muitas vezes combinados, resultando em manifestações patológicas. Detectar anomalias precocemente é enfatizado como eficiente e econômico para intervenções futuras, Tutikian; Pachaco (2013).

A investigação de manifestações patológicas envolve a identificação, quantificação e avaliação da gravidade do problema. A precisão do diagnóstico depende de informações detalhadas que consideram os mecanismos e variáveis influentes no desenvolvimento do problema, Bauer et al. (2014).

Neste contexto, Juliani (2019), que realizou inspeção visual e termográfica sobre a chaminé de duas caldeiras de uma planta industrial na região metropolitana de Grande Vitória, estado do Espírito Santo, conseguiu demonstrar a importância do uso dessa tecnologia. Assim como Cunha (2016), ao analisar o desempenho do revestimento cerâmico de uma edificação.

Desta forma, o presente trabalho tem como proposta principal destacar a importância da termografia como uma ferramenta eficiente na identificação precoce de manifestações patológicas. Ao explorar estudos de casos relevantes da UFERSA - CAMPUS PAU DOS FERROS, e aplicações práticas da técnica, usando a câmera termográfica nos blocos da Universidade, busca-se demonstrar sua viabilidade para melhorar a manutenção e prolongar a vida útil das construções. A aplicação dessa metodologia oferece um diagnóstico preciso, permitindo intervenções mais rápidas.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Identificar possíveis patologias utilizando a câmera termográfica infravermelha nos blocos da UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido – CMPF.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar revisão bibliográfica abrangente sobre as aplicações da termografia infravermelha na construção civil, destacando estudos relevantes sobre detecção de patologias em alvenaria e sistemas elétricos.
- Investigar casos práticos de utilização da termografia infravermelha em edificações reais, analisando relatórios técnicos, laudos de inspeção e resultados obtidos, com ênfase em identificação e localização de anomalias.
- Identificar manifestações patologias nos blocos da UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido – CMPF, trazendo prováveis causas e soluções.

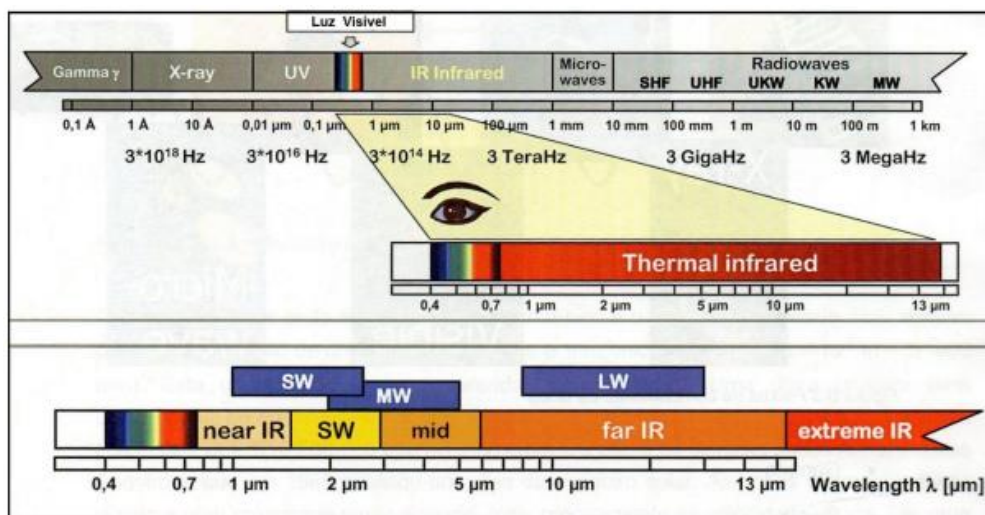
3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

A técnica de termografia infravermelha usa a radiação infravermelha que os objetos emitem para formar imagens térmicas. Essa radiação não pode ser vista pelo olho humano e tem comprimentos de onda mais longos que a luz visível. A técnica se baseia no fato de que todos os materiais emitem energias térmicas diferentes, permitindo a criação de imagens térmicas sem tocar nos objetos, Juliane (2019).

A tecnologia infravermelha, ao registrar a radiação térmica que os objetos emitem, virou uma ferramenta útil na área da construção civil. O uso dessa técnica tem sido cada vez mais aproveitado para a identificação de patologias em estruturas, como alvenaria e sistemas elétricos. A habilidade de ver variações térmicas que não são visíveis a olho nu possibilita uma avaliação completa da situação estrutural, permitindo reconhecer áreas com possíveis problemas, como vazamentos, infiltrações, defeitos no isolamento térmico, ou até mesmo problemas elétricos, que podem envolver pontos de aquecimento anormal em fios, Cunha (2016). Na Figura 1, é apresentada a região do espectro que o olho humano pode ver.

Figura 1: Espectro eletromagnético

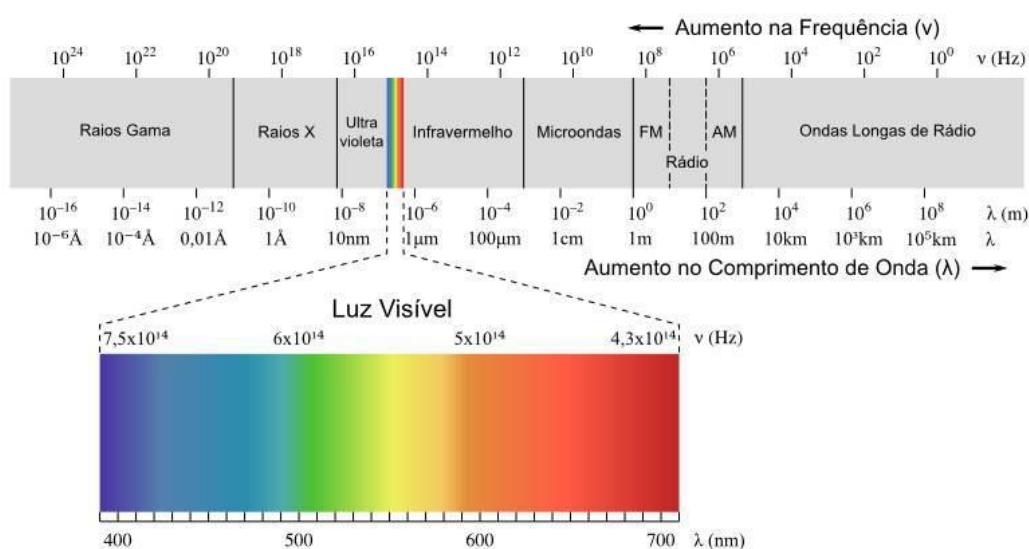


Fonte: ITC (2014).

O infravermelho, que tem uma frequência um pouco menor que a luz visível, é normalmente relacionado às ondas de calor. Essas ondas podem fazer com que os átomos e as moléculas se movimentem mais, sendo sentidas como calor quando nos aproximamos de fontes, como uma fogueira.

A energia térmica que as ondas de infravermelho carregam tem um papel importante na sensação de calor que experimentamos em situações do dia a dia. Por outro lado, a luz visível é aquela que pode estimular os olhos humanos, sendo um espectro específico dentro do grande espectro eletromagnético. Ao contrário de alguns animais que podem ver outras partes do espectro, como infravermelho e ultravioleta, a luz visível é captada pelos seres humanos, Cunha (2016). Ela cobre uma faixa estreita de comprimentos de onda, ficando entre 700 nm e 400 nm no espectro, sendo essa faixa responsável pela variedade de cores visíveis, como mostra a Figura 2.

Figura 2: Espectro eletromagnético



Fonte: Shirozaki (2016).

Assim, a relação entre a radiação térmica do infravermelho, associada ao calor percebido, e a luz visível, responsável pelas cores visíveis aos olhos humanos. Essas informações contribuem para compreender a diversidade do espectro eletromagnético e suas aplicações, como na percepção sensorial e nas interações térmicas cotidianas.

A subdivisão da termografia em métodos qualitativos e quantitativos oferece flexibilidade na abordagem das análises.

3.1.1. Método qualitativo

O método qualitativo na termografia infravermelha enfoca o perfil e não os valores térmicos específicos. A abordagem qualitativa visa descobrir a presença de anomalias e sua localização, conforme destacado por Bauer et al. (2015). Diferentemente do método

quantitativo, a análise qualitativa não requer a determinação exata da temperatura; em vez disso, concentra-se na percepção aparente da temperatura, permitindo a coleta de dados interpretáveis de forma mais rápida, como ressaltado por Rocha e Póvoas (2017).

Essa característica distintiva do método qualitativo na termografia infravermelha contribui para a atribuição do termo "laudos instantâneos" a essa técnica. Ou seja, a capacidade de fornecer avaliações instantâneas e visuais das condições térmicas de uma estrutura ou sistema, sem a necessidade de medições precisas de temperatura. Isso torna a análise qualitativa particularmente valiosa em situações em que uma rápida identificação de possíveis anomalias é essencial para a tomada de decisões imediatas em relação à manutenção ou correção de problemas Rocha e Póvoas (2017).

Portanto, o método qualitativo na termografia infravermelha se destaca como uma ferramenta eficiente para inspeções preliminares, onde a ênfase está na detecção rápida de irregularidades, proporcionando laudos visuais e instantâneos que orientam ações subsequentes para garantir a integridade e eficiência de estruturas e sistemas Bauer et al (2015).

3.1.2. Método quantitativo

Quando o objetivo da termografia infravermelha é classificar o nível de gravidade de anomalias, o método adotado torna-se quantitativo, requerendo ajustes e medições precisas de parâmetros termográficos, como emissividade, distância e temperatura refletida, conforme destacado por Bauer et al (2015). É crucial ressaltar que o método quantitativo é aplicado como segunda etapa, seguindo a análise qualitativa. Essa sequência é fundamental, pois a análise inicial qualitativa proporciona uma compreensão preliminar e identificação de possíveis anomalias, sendo uma etapa essencial para orientar a aplicação eficaz do método quantitativo.

A análise quantitativa na termografia infravermelha, ao considerar os parâmetros específicos mencionados, busca uma caracterização mais precisa das condições térmicas e a determinação exata das temperaturas envolvidas. Ao contrário da abordagem qualitativa, a qual enfoca principalmente a identificação e localização de anomalias, a análise quantitativa oferece uma avaliação mais aprofundada e objetiva da gravidade dos problemas identificados.

A decisão de seguir a análise qualitativa antes da quantitativa é fundamentada na necessidade de uma compreensão preliminar e rápida das condições, evitando uma abordagem meramente comparativa. Isso garante que a aplicação do método quantitativo seja informada pela análise qualitativa, tornando o processo de inspeção mais eficiente e evitando

interpretações inadequadas ou subjetivas. Dessa forma, a combinação sequencial desses métodos na termografia infravermelha proporciona uma abordagem abrangente para a identificação e avaliação de anomalias térmicas em estruturas e sistemas, Bauer et al (2015).

3.2. EMISSIVIDADE DOS MATERIAIS.

A emissividade (ϵ) de uma superfície, conforme Barreira (2004), é definida como a razão entre a radiância dessa superfície e a radiância do corpo negro, sendo influenciada pelo comprimento de onda, direção de observação e temperatura da superfície. Representando a capacidade de uma superfície emitir radiação, a emissividade é crucial na termografia infravermelha, uma vez que os termovisores medem a radiação e não a temperatura diretamente Madding (2002).

Os valores de emissividade variam de 0 a 1, sendo 0 para um refletor perfeito e 1 para um emissor perfeito, conhecido como Corpo Negro. A emissividade pode variar com a direção de observação, comprimento de onda e temperatura da superfície, Gaussorgues (1994).

Para obter medições precisas de temperatura, o termografista deve conhecer a emissividade da superfície e informar ao termovisor. Medir a emissividade antes da medição é recomendado, embora em sistemas elétricos de alta tensão, essa prática possa ser desafiadora. Para mitigar erros, Santos (2012) sugere medir a temperatura em áreas com maior emissividade, como regiões com oxidação, corrosão, sujeira ou cavidades, garantindo uma maior exatidão nas leituras do termovisor. Uma visão mais perpendicular da superfície é também aconselhada para evitar erros relacionados ao ângulo de visão, destacando a importância dessas práticas na obtenção de resultados precisos na termografia infravermelha Barreira et al (2004).

3.3. INSPEÇÃO

A inspeção, uma atividade técnica especializada, envolve a coleta de dados, exame detalhado da construção, elaboração de relatórios e avaliação do estado da obra, conforme Helene (2007). Ela compreende a criação de ficha de antecedentes, exame visual da estrutura, levantamento de danos, seleção de regiões para ensaios e análises físico-químicas, escolha de técnicas de ensaio, medições e análises mais precisas.

Os procedimentos podem variar de simples a investigativos complexos, dependendo da extensão e natureza do problema, podendo incluir inspeções preliminares e detalhadas. A inspeção termográfica, em específico, utiliza termovisores que captam radiação infravermelha

e a transformam em termogramas, indicando áreas com variações de temperatura através de cores.

A inspeção termográfica opera com base no princípio de que todos os objetos emitem radiação térmica acima do zero absoluto. A câmera termográfica converte essa radiação em uma imagem térmica, onde cada cor representa uma faixa de temperatura específica.

Durante a inspeção termográfica, a detecção de anomalias ocorre pela análise das variações de temperatura. Locais com temperaturas anormalmente altas ou baixas podem indicar sobrecargas em circuitos elétricos, falhas mecânicas, vazamentos de calor em isolamentos térmicos ou problemas de refrigeração em equipamentos. A integração da termografia nesse processo de inspeção fornece uma abordagem eficaz para identificação precoce de potenciais problemas estruturais e elétricos, Helene (2007).

3.4. MANUTENÇÃO

A manutenção, independentemente de sua tipologia e aplicação, é definida como o "conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes de atender às necessidades e segurança dos usuários" (ABNT NBR 5674:2012). Dentre as várias formas e tipos de manutenção, destacam-se a manutenção corretiva, preventiva e preditiva, cada uma com sua aplicação específica e momento adequado.

A manutenção corretiva, como o próprio nome indica, atua na correção de falhas, quebras ou defeitos, implementando intervenções para restaurar a operação normal. Em contraste, a manutenção preventiva é realizada periodicamente, antecipando-se às falhas e garantindo o funcionamento eficaz dos sistemas. Os procedimentos preventivos são programados e seguem intervalos predefinidos.

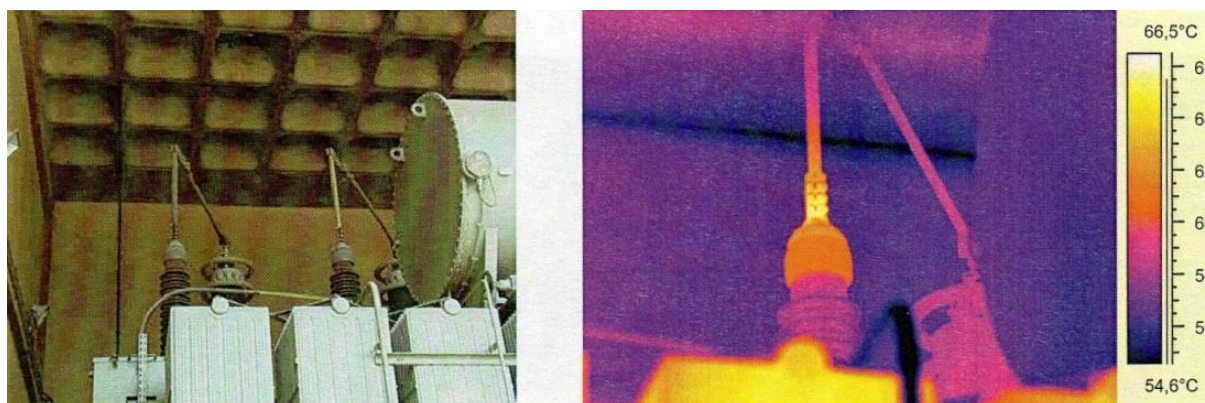
A manutenção preditiva, também conhecida como detectiva, monitora o desempenho do sistema por meio de instrumentação, como no caso da termografia infravermelha. Esta forma de manutenção, também chamada de Engenharia de Manutenção, é considerada a mais eficiente para garantir o desempenho e a vida útil da edificação, reduzindo as chances de falhas. A utilização de técnicas preditivas, como a termografia, destaca-se como uma abordagem proativa na manutenção, permitindo a identificação precoce de anomalias e contribuindo para a integridade e confiabilidade dos sistemas (ABNT NBR 5674:2012).

3.5. APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS.

A termografia se destaca como uma ferramenta extremamente valiosa e singular principalmente por conta das imagens que proporciona. A capacidade de visualizar padrões e identificar a localização exata de uma anomalia é fundamental. Apenas uma única leitura de temperatura não fornece informações suficientes. Para analisar essas imagens, utilizamos métodos qualitativos (comparativos) e quantitativos (medição). Com isso, as anomalias devem ser classificadas por ordem de prioridade para direcionar os processos de manutenção e reparo Kersul (2014).

Essa avaliação é crucial, especialmente porque estamos atuando em um ambiente onde outros equipamentos e materiais também operam sob as mesmas condições de carga e temperatura. Por exemplo, ao iniciar uma inspeção termográfica em um transformador, é a avaliação qualitativa que identifica os pontos de anomalia, como se observa na Figura 3.

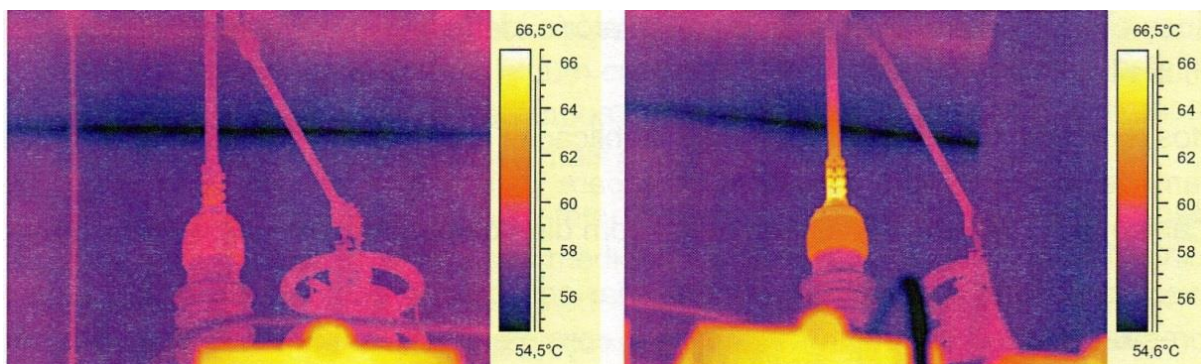
Figura 3: Termografia de um transformador



Fonte: ITC (2014).

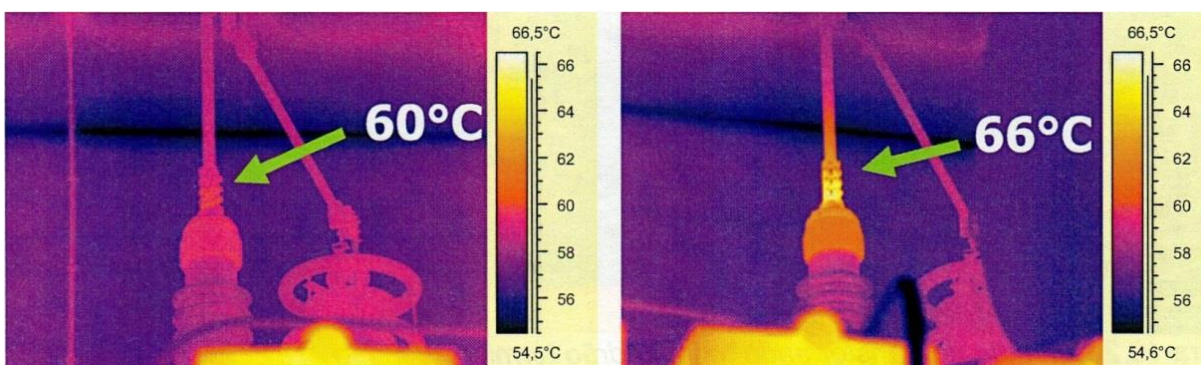
Após identificar o ponto de anomalia, realizamos uma comparação com uma conexão similar e constatamos que o padrão observado é totalmente distinto, conforme ilustrado na Figura 4. A conexão fria não apresenta nenhum padrão suspeito e, inicialmente, é considerada normal. Já a segunda conexão segue para uma avaliação quantitativa, conforme mostra a Figura 5.

Figura 4: Análise comparativa entre conexões similares.



Fonte: ITC (2014).

Figura 5: Avaliação quantitativa.



Fonte: ITC (2014).

Na termografia de instalações elétricas, pode-se comparar uma fase com outra, uma conexão quente com um cabo adjacente. Em aplicações de isolamento térmico, como em edifícios, casas ou fornos de usinas (refratários), a termografia das paredes deve exibir uniformidade ou, pelo menos, seguir um padrão esperado. Se algum ponto específico fugir desse padrão normal, uma análise mais detalhada é necessária, Kersul (2014).

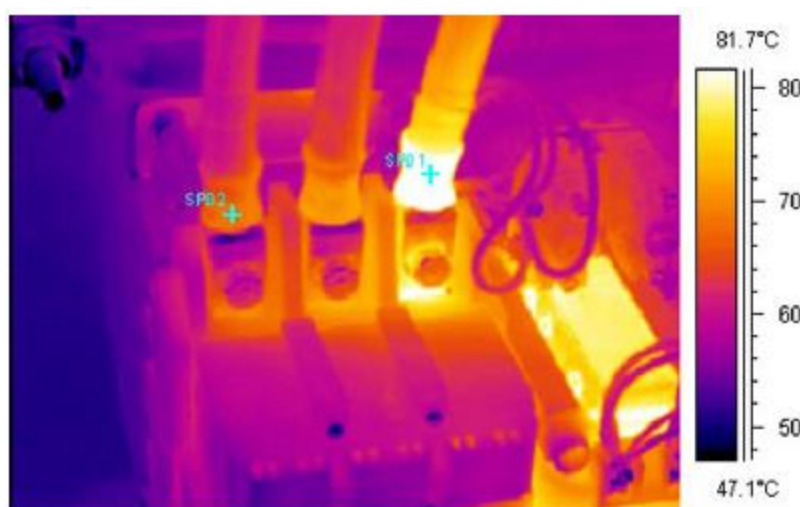
Uma grande vantagem desse método é que o valor (e o desconhecimento) da emissividade tem um impacto mínimo no resultado, já que um erro similar seria introduzido na medição de todos os componentes, exercendo pouca influência na análise comparativa entre eles, Kersul (2014).

Um exemplo desse método é a simples comparação entre as temperaturas medidas nos cabos das três fases fisicamente paralelas. Diferenças nas temperaturas medidas podem indicar

uma carga desbalanceada ou até mesmo impedâncias diferentes nas três linhas, geralmente causadas por erros de projeto ou montagem.

A Figura 6 mostra um termograma dos terminais de um disjuntor trifásico. Pela comparação, é evidente que a fase mais à direita (86°C) apresenta algum defeito, já que as duas fases mais à esquerda estão operando a uma temperatura consideravelmente mais baixa (68°C), Muniz e Mendes (2019).

Figura 6: Termograma dos terminais de um disjuntor trifásico apresentando falha em uma das fases.



Fonte: Muniz e Mendes (2019).

Normalmente, uma variação de 2°C entre componentes semelhantes é considerada uma indicação de possível falha. Diferenças de 4°C são vistas como evidência de comportamento irregular e devem ser examinadas. Esse procedimento é também denominado método qualitativo, Boshnakov et al (2011).

Após a identificação da falha, a prioridade para sua correção é amplamente determinada pela filosofia de manutenção da empresa, com o suporte de critérios técnicos. Tomando como base uma carga de 100%, o sobreaquecimento, que ocorre quando as temperaturas superam as esperadas para o componente, é geralmente classificado em três categorias, conforme descrito no quadro 1, Muniz e Mendes (2019).

Quadro 1: Classificação e recomendações para sobreaquecimento em componentes elétricos.

Categoria	Sobreaquecimento	Recomendação
1	Menor que 5°C	O componente deve ser monitorado com maior frequência.
2	De (5 a 30) °C	O componente deve ser reparado assim que possível, mas as condições operacionais e de carga devem ser levadas em conta para definição do prazo.
3	Acima de 30°C	O componente deve ser reparado imediatamente, mas as condições de carga devem ser consideradas.

Fonte: Muniz e Mendes (2019).

Para as inspeções qualitativas, que envolvem a comparação de temperaturas entre componentes similares, também há orientações sobre as ações de manutenção a serem tomadas com base nos resultados dessas inspeções. Exemplos dessas orientações estão apresentados no quadro 2, Muniz e Mendes (2019).

Quadro 2: Ações recomendadas de manutenção para equipamentos elétricos conforme resultados da inspeção termográfica.

Diferença de temperatura entre componentes similares	Sobreaquecimento	Ação recomendada
De (1 a 3) °C	De (1 a 10) °C	Continuar monitorando
De (4 a 15) °C	De (11 a 20) °C	Reparar assim que for possível
-----	De (21 a 40) °C	Monitorar continuamente até que o reparo seja feito
Acima de 15°C	Acima de 40°C	Reparar imediatamente

Fonte: Muniz e Mendes (2019).

Outros pesquisadores sugerem que é viável comparar a temperatura operacional de componentes distintos, desde que façam parte do mesmo circuito, ou seja, que conduzam a

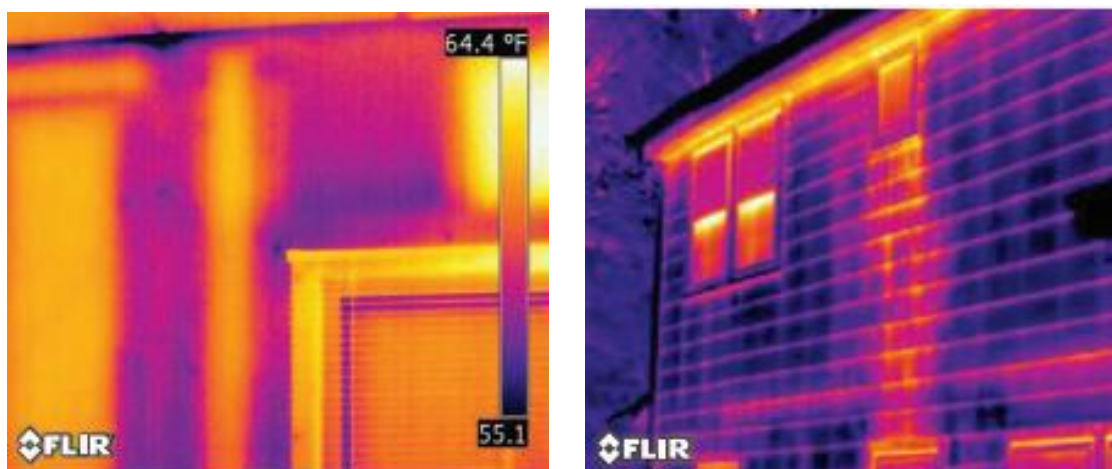
mesma corrente. Isso é possível se os critérios de diagnóstico forem estabelecidos a partir de medições realizadas na instalação elétrica enquanto ela estiver em bom estado de funcionamento. Com base nesses parâmetros de variação normal de temperatura entre os componentes, é possível definir critérios de "atenção" e "alarme", que devem ser baseados na relação entre as elevações de temperatura dos dois componentes analisados. Essa relação deve permanecer aproximadamente constante, independentemente da carga e das condições ambientais. Variações em torno de 9% na relação das elevações de temperatura indicariam uma situação de atenção, enquanto variações de 17% caracterizariam uma condição de alarme, Korendo; Florkowski (2000).

3.6. APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA EM INSTALAÇÕES PREDIAIS.

Muitas manifestações patológicas podem ser facilmente identificadas por serem visíveis, o que causa desconforto aos usuários e apresenta diversos riscos, já que essas manifestações estão expostas na superfície da edificação, em um estágio avançado. Já as manifestações patológicas ocultas, como o descolamento do revestimento, que são mais difíceis de detectar, podem ser reveladas com o uso da termografia, sendo identificadas ainda em estágios iniciais, Juliane (2019).

O uso crescente da termografia por infravermelho na construção civil se deve ao fato de ser um método não destrutivo, destacando-se como uma ferramenta eficaz de diagnóstico. Com a câmera termográfica, é possível detectar e registrar diversos problemas, como falhas em isolamentos térmicos, danos causados por infiltrações de água, vazamentos de ar, problemas elétricos, vazamentos em dutos, áreas com mofo e até a presença de pragas destrutivas, como cupins, Kersul (2014). As Figuras 7 e 8 identificam algumas falhas detectadas com o uso dessa tecnologia.

Figura 7: Falha no isolamento e vazamento de um chuveiro.



Fonte: Muniz e Mendes (2019).

Basicamente, todo material, antes de apresentar falhas, passa por uma variação em sua temperatura. A termografia infravermelha permite identificar anomalias relacionadas a mudanças detectáveis nas propriedades térmicas, como o fluxo de calor e as temperaturas resultantes, além de sinais patológicos próximos à superfície, Pavón (2017). Com o uso dessa técnica, é possível identificar falhas sob revestimentos cerâmicos, pois essas áreas apresentam temperaturas mais altas que o entorno durante o fluxo de calor positivo e temperaturas mais baixas durante o fluxo de calor negativo Bauer et al (2014).

Usando a câmera termográfica, é possível identificar problemas como fissuras e pontos de infiltração. Nessas áreas, a imagem se apresenta mais clara (tendendo ao amarelo), indicando uma temperatura mais elevada. Já nas regiões onde a imagem aparece mais escura (próxima ao preto), a temperatura é mais baixa, conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8: Localização da tubulação do dreno de ar condicionado - Verificação de vazamento.



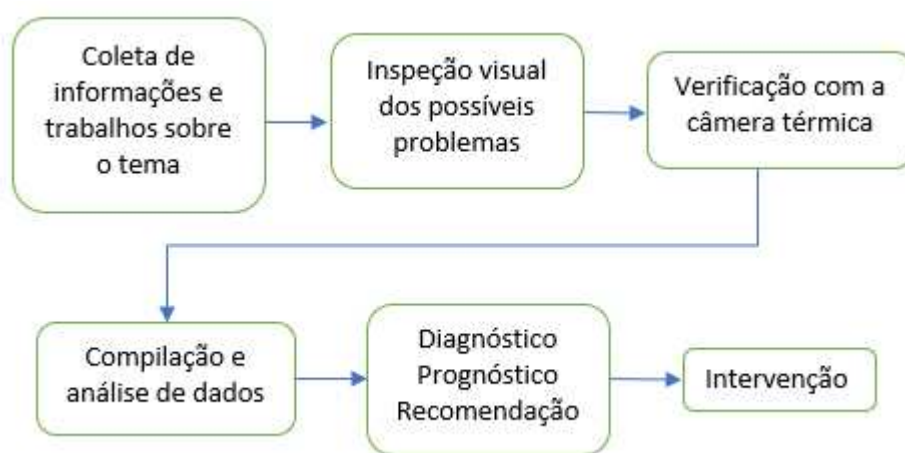
Fonte: Kersul (2014).

A termografia possui várias utilizações no campo da construção e manutenção de edificações. É possível observar a localização do dreno do ar-condicionado embutido na alvenaria, confirmando a ausência de vazamentos na tubulação. Esse tipo de análise com termografia é uma avaliação preventiva. Ela permite identificar possíveis problemas, como vazamentos ou falhas nas instalações, antes que eles causem danos maiores. Ao detectar a ausência de vazamentos no dreno do ar-condicionado, por exemplo, está sendo verificado preventivamente o estado da tubulação, garantindo a integridade do sistema e evitando reparos emergenciais no futuro, Kersul (2014).

4. METODOLOGIA

Como forma de seguir uma sequência, a metodologia deste trabalho foi elaborada para garantir uma abordagem sistemática e rigorosa na avaliação de sistemas construtivos utilizando a termografia infravermelha (TI). As etapas metodológicas foram delineadas conforme o fluxograma da Figura 9, assegurando uma coleta abrangente de dados, análise detalhada e formulação de recomendações fundamentadas de acordo com a seguinte sequência.

Figura 9: Fluxograma do trabalho.



Fonte: Autor (2024).

4.1 COLETA DE INFORMAÇÕES E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

Inicialmente, foi realizada uma extensa revisão bibliográfica sobre o uso da termografia infravermelha na construção civil. Esta etapa envolveu a análise de artigos científicos, dissertações, teses, normas técnicas e livros especializados e documentos do setor de infraestrutura da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com o objetivo de compreender os princípios teóricos, as aplicações práticas, as limitações e os critérios para a interpretação dos dados termográficos. A revisão também permitiu identificar estudos de caso relevantes e metodologias anteriormente empregadas em investigações similares.

4.2 INSPEÇÃO VISUAL DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS.

Antes da aplicação da termografia, foi conduzida uma inspeção visual detalhada dos sistemas construtivos nos prédios analisados: Blocos de laboratórios 1 e 2, LTI, Bloco de aulas 1, Bloco dos professores 2 e biblioteca da UFERSA. Esta inspeção visou identificar sinais

visíveis de manifestações patológicas, como fissuras, umidade, manchas, descolamentos de revestimentos e falhas nos sistemas elétricos. A inspeção visual forneceu um contexto inicial para a aplicação da TI e ajudou na identificação de áreas prioritárias para a avaliação termográfica.

4.3 VERIFICAÇÃO COM CÂMERA TÉRMICA.

Nesta etapa, foi realizada a verificação com a câmera térmica, um equipamento capaz de detectar variações de temperatura na superfície dos materiais. A câmera térmica foi utilizada para analisar as áreas identificadas durante a inspeção visual, bem como outras áreas potencialmente problemáticas. Durante esta etapa, foram capturadas imagens termográficas que revelaram discrepâncias no fluxo de calor, indicando possíveis anomalias como infiltrações, descontinuidades em materiais e falhas em sistemas elétricos.

4.4 COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS.

As imagens termográficas capturadas foram compiladas e submetidas a uma análise detalhada. Esta análise envolveu a interpretação das variações de temperatura detectadas, comparando-as com os padrões conhecidos e os critérios estabelecidos na literatura. A análise permitiu quantificar as anomalias detectadas e avaliar a gravidade dos problemas identificados, considerando variações de temperatura de 1°C a 2°C como indicativos de problemas iniciais e variações de 4°C ou mais como sinais de anormalidades mais graves.

4.5. DIAGNÓSTICO.

Com base na análise dos dados termográficos e nas observações da inspeção visual, foi elaborado um diagnóstico das condições dos sistemas construtivos avaliados. Este diagnóstico incluiu a identificação das manifestações patológicas detectadas, a localização precisa das anomalias e uma avaliação preliminar das causas subjacentes. O diagnóstico forneceu uma base sólida para a formulação de recomendações e intervenções.

4.6. PROGNÓSTICO E RECOMENDAÇÕES.

A partir do diagnóstico, foi elaborado um prognóstico das possíveis evoluções das manifestações patológicas, considerando cenários com e sem intervenções corretivas. Com base neste prognóstico, foram formuladas recomendações detalhadas para a manutenção e reparação dos sistemas construtivos. As recomendações incluíram ações preventivas e corretivas

específicas, priorizadas de acordo com a gravidade das anomalias e a urgência das intervenções necessárias.

4.7. INTERVENÇÃO.

Por fim, as recomendações foram apresentadas às partes interessadas na UFERSA para a implementação das intervenções necessárias. O acompanhamento das intervenções foi sugerido como uma etapa complementar, visando monitorar a eficácia das ações corretivas e a melhoria das condições dos sistemas construtivos ao longo do tempo.

A Figura 10 contém as marcações dos pontos analisados nas instalações da UFERSA-Campus Pau dos Ferros.

Figura 10: Imagem aérea do campus.



Fonte: Google Earth 2024.

4.8 CÂMERA UTILIZADA PARA AS INSPEÇÕES.

A FLIR E6 é uma câmera termográfica robusta de apontar e capturar que pode ajudar a fazer inspeções com uma eficiência bastante satisfatória. Localiza e identifica problemas rapidamente, com resolução térmica de 240×180 (43.200 pixels) e imagens térmicas vibrantes, suportadas pelo aprimoramento MSX® (Multi-Spectral Dynamic Imaging), patenteado pela

FLIR. Com uma tela sensível ao toque de 3,5 polegadas e 640×480 , a E6 Pro. A Figura 11 ilustra a câmera retirada do site da Flir (Flir, 2014).

Figura 11: Câmera térmica utilizada.



Fonte: Flir,2024.

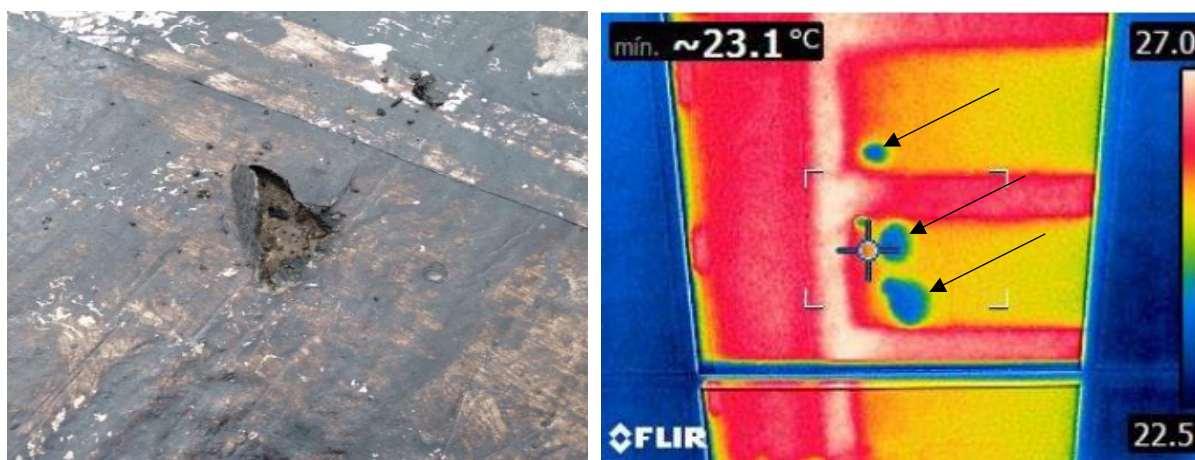
5. RESULTADOS

Nesta seção, foram analisadas imagens térmicas de alguns blocos da universidade, com o intuito de verificar algumas alterações nas edificações da UFERSA- CMPF.

5.1. BLOCO DE LABORATÓRIOS 1.

A Figura 12 mostra a soltura da camada de proteção contra umidade e as rachaduras do piso sobreposto acontece nos dois blocos de laboratórios (1 e 2), sinalizando potenciais problemas no cuidado da construção e favorecendo a entrada de água no teto, Tinoco; Erick; Monteiro (2023). A condição atual do revestimento asfáltico resulta em infiltrações na estrutura da laje, ocasionando fragilização na construção e prejuízos internos ao edifício, como mostrado na Figura 12, onde é possível observar claramente os pontos de umidade na laje (vista por dentro do edifício), indicados pelas setas.

Figura 12: Patologia causada por rompimento de manta térmica.



(a) Desprendimento de manta de impermeabilização. (b) Pontos de umidade na laje do bloco de laboratórios 1.

Fonte: Tinoco; Erick; Monteiro (2023).

Diagnóstico

Com base na imagem que mostra o rompimento da camada de proteção contra umidade e rachaduras no piso sobreposto nos blocos de laboratórios 1 e 2, juntamente com a condição atual do revestimento asfáltico, o diagnóstico aponta para problemas significativos na integridade estrutural e na impermeabilização do edifício. Os pontos de umidade na laje, indicados pelas setas na Figura 12, corroboram a presença de infiltrações na estrutura da laje.

Prognóstico

Com base no diagnóstico, o prognóstico sugere que, se não forem tomadas medidas corretivas, os problemas na construção tendem a se agravar. A fragilização da estrutura devido às infiltrações pode levar a danos mais sérios e a prejuízos internos ao edifício.

Intervenção

As intervenções necessárias para lidar com os problemas identificados podem incluir:

1. Reparo da camada de proteção contra umidade e do piso sobreposto: É essencial corrigir as áreas onde a camada de proteção contra umidade se soltou e reparar as rachaduras no piso sobreposto para evitar a entrada de água.
2. Revisão e reparo do revestimento asfáltico: O revestimento asfáltico deve ser inspecionado e reparado para garantir uma barreira eficaz contra a umidade. Se necessário, pode ser considerada a aplicação de um novo revestimento.
3. Impermeabilização da laje: Para evitar infiltrações futuras, é recomendável realizar um processo de impermeabilização na laje, garantindo uma proteção adequada contra a entrada de água.
4. Avaliação da estrutura interna: Uma avaliação completa da estrutura interna do edifício deve ser realizada para identificar possíveis danos causados pelas infiltrações. Quaisquer elementos estruturais comprometidos devem ser reparados ou substituídos conforme necessário.
5. Implementação de medidas preventivas: Além das intervenções corretivas, medidas preventivas, como manutenção regular e monitoramento contínuo, devem ser implementadas para evitar futuros problemas relacionados à umidade e à integridade estrutural.

Como não foram feitas análises preditivas para prever os possíveis problemas, as soluções tornam-se mais difíceis. Então, a análise preditiva, na intervenção 5, torna-se sempre o meio mais viável financeiramente.

5.2. BLOCO DE LABORATÓRIOS DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO (BTI).

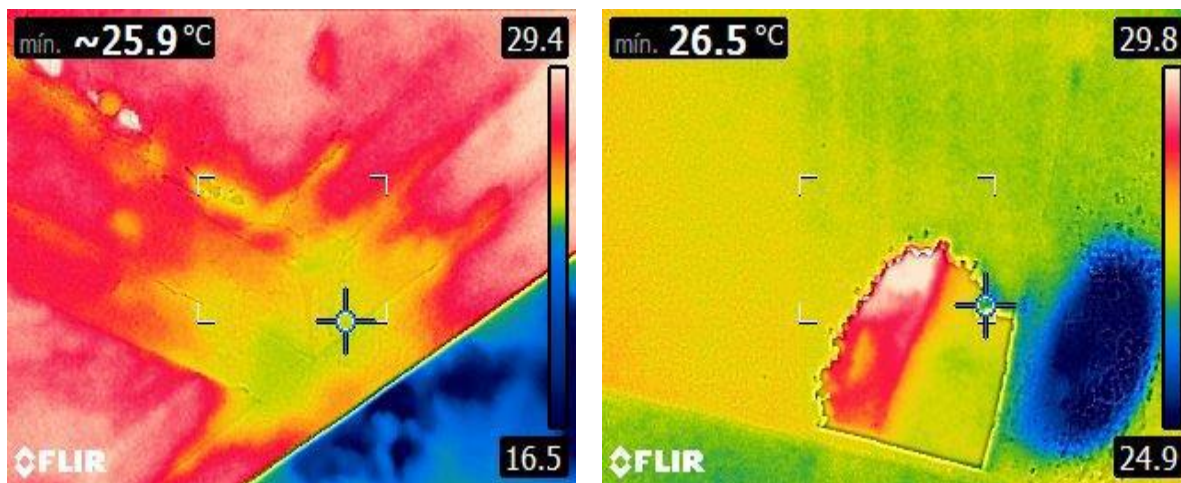
Como é possível observar na Figura 13, a ausência da camada de impermeabilização com manta asfáltica e a consequente degradação da laje, resultando em fissuras e infiltrações por toda sua extensão, Tinoco; Erick; Monteiro (2023).

Figura 13: Vista superior do bloco de laboratórios LTI.



Fonte: Fonte: Tinoco; Erick; Monteiro (2023).

Figura 14: Pontos de umidade em vigas e treliças.



Fonte: Fonte: Tinoco; Erick; Monteiro (2023).

Diagnóstico

Ao analisar a Figura 13, fica evidente a ausência da camada de impermeabilização com manta asfáltica na laje. Essa camada é fundamental para proteger a estrutura contra a entrada de água, um elemento que pode causar danos significativos ao longo do tempo. A degradação

da laje, resultante dessa ausência, é claramente visível, manifestando-se em fissuras que percorrem toda a extensão da superfície.

Essas fissuras são portas de entrada para a água, permitindo a infiltração em diversos pontos da laje, conforme evidenciado na Figura 14. A presença de infiltrações é evidenciada pelo diferencial de temperatura nas vigas, indicando um possível comprometimento desses elementos estruturais. Além disso, o ponto de infiltração na treliça representa uma área específica onde a água está infiltrando de forma mais intensa.

Os pontos de infiltração e fissuras são indicativos de danos estruturais que podem comprometer a integridade da laje, colocando em risco não apenas a superfície, mas também elementos estruturais adjacentes, como vigas e treliças. A situação atual sugere um estado avançado de degradação, demandando intervenções imediatas para evitar danos irreversíveis e prejuízos mais extensos ao edifício.

O diagnóstico, portanto, aponta para uma condição crítica da impermeabilização e da estrutura da laje, com infiltrações generalizadas e evidências visíveis de danos. Essa análise fundamentada é crucial para direcionar as intervenções necessárias e desenvolver um plano de ação abrangente, garantindo a restauração da integridade estrutural e a prevenção de problemas futuros.

Prognóstico

O prognóstico sugere que, se não forem realizadas intervenções adequadas, os problemas na laje e nas áreas afetadas continuarão a se agravar. A degradação da laje, as fissuras e as infiltrações representam riscos significativos para a integridade estrutural do edifício, podendo levar a danos mais sérios, incluindo possíveis consequências para as vigas e treliças.

Intervenção

As intervenções necessárias para lidar com esses problemas podem incluir:

1. Reconstrução ou reparo da camada de impermeabilização: A camada de impermeabilização com manta asfáltica deve ser aplicada ou reparada para proteger a laje contra a entrada de água.
2. Tratamento das fissuras e restauração da laje: As fissuras existentes na laje devem ser tratadas e reparadas para restaurar sua integridade estrutural, como por exemplo, o Preenchimento com Epóxi ou Argamassa Polimérica: Para fissuras que afetam a

integridade estrutural, o ideal é o uso de um material como resina epóxi ou argamassa polimérica de alta aderência. Essas opções promovem uma vedação eficiente e reforçam a estrutura.

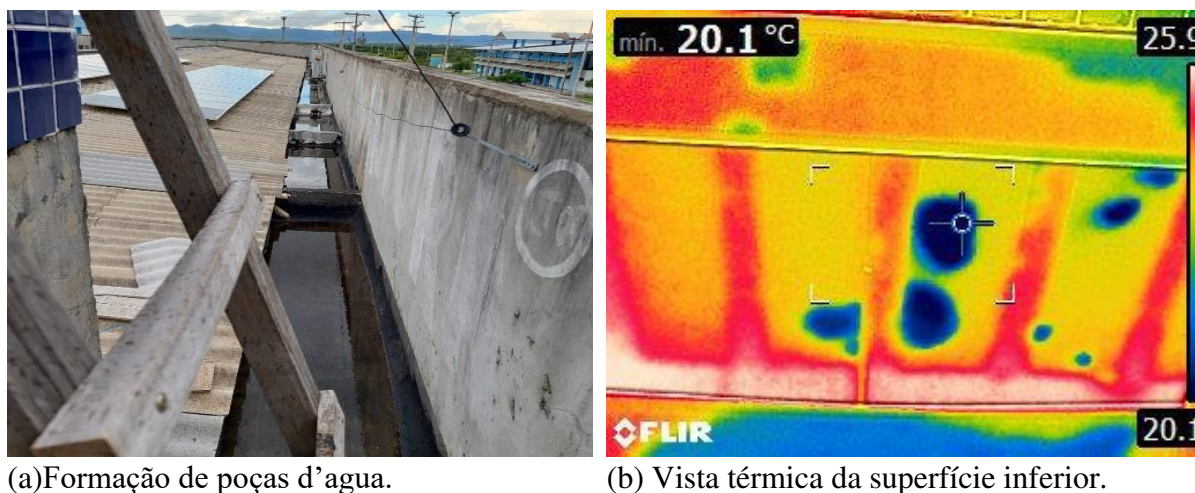
3. Avaliação e possível reparo das vigas e treliças: O diferencial de temperatura nas vigas e o ponto de infiltração na treliça exigem uma avaliação cuidadosa. Possíveis danos devem ser identificados e reparados conforme necessário para garantir a estabilidade estrutural.
4. Melhorias na drenagem: Avaliar e melhorar o sistema de drenagem para garantir que a água seja eficientemente direcionada para fora da estrutura, reduzindo assim a probabilidade de infiltrações.
5. Monitoramento contínuo: Implementar um programa de monitoramento contínuo para detectar qualquer sinal de problemas futuros e realizar manutenção preventiva regularmente.
6. Revisão do projeto e especificações: Verificar se o projeto original e as especificações atendem aos padrões de impermeabilização adequados e fazer ajustes conforme necessário.

É essencial contar com a orientação de profissionais qualificados, como engenheiros estruturais e especialistas em impermeabilização, para realizar uma avaliação detalhada e implementar as intervenções necessárias de maneira eficaz.

5.3 BLOCO DE AULAS 1.

A presença de poças d'água sobre lajes Figura 15(a) é um problema recorrente que pode ser causado por diversos fatores. Uma das causas mais frequentes pode ser a falta de inclinação adequada na laje, ou seja, a ausência de uma declividade suficiente para permitir o escoamento da água da chuva, o que pode ocasionar estes acúmulos de água na superfície da laje.

Figura 15: Formação de poças d'água por falta de declividade no Bloco de aulas 1.



(a) Formação de poças d'água.

(b) Vista térmica da superfície inferior.

Fonte: Fonte: Tinoco; Erick; Monteiro (2023).

Com base nos problemas de infiltração relatados anteriormente, foi constatado que as infiltrações persistem na estrutura da laje, resultando em pontos de menor temperatura que são indicativos de umidade, como pode ser observado na Figura 15(b). Em decorrência dessas infiltrações persistentes, ocorreu a avaria do forro da edificação. É importante que as infiltrações sejam solucionadas para evitar danos ainda maiores à estrutura da edificação.

Diagnóstico

O diagnóstico da situação descrita revela uma série de problemas inter-relacionados que contribuem para as infiltrações persistentes e a formação de poças d'água sobre as lajes. Os principais fatores identificados são:

1. Falta de Inclinação Adequada nas Lajes:

A ausência de inclinação suficiente na laje para permitir o escoamento adequado da água da chuva é apontada como uma das causas prováveis para a formação de poças d'água. Essa condição cria acúmulos de água na superfície da laje, aumentando o risco de infiltrações.

2. Infiltrações Persistentes na Estrutura da Laje:

Apesar da averiguação prévia e das intervenções mencionadas, as infiltrações persistem, evidenciadas pelos pontos de menor temperatura na Figura 15(b). Esses pontos indicam áreas úmidas, sugerindo que a água continua a penetrar na estrutura da laje, causando danos e comprometendo sua integridade.

Em decorrência das infiltrações persistentes, houve uma consequência direta na estrutura interna do edifício, com o forro caindo em vários locais. Isso sugere que a água infiltrada comprometeu não apenas as lajes, mas também elementos estruturais adicionais, resultando em danos visíveis e na necessidade de intervenção imediata.

Prognóstico

O prognóstico para a situação apresentada indica que, se as infiltrações não forem corrigidas de maneira efetiva, os danos à estrutura do edifício continuarão a se agravar. A queda do forro em vários locais demonstra que os efeitos das infiltrações já estão impactando a integridade de elementos internos da construção. Sem intervenções adequadas, a estrutura do edifício pode enfrentar danos mais extensos e prejuízos adicionais.

Intervenção

As intervenções necessárias para abordar essa situação podem incluir:

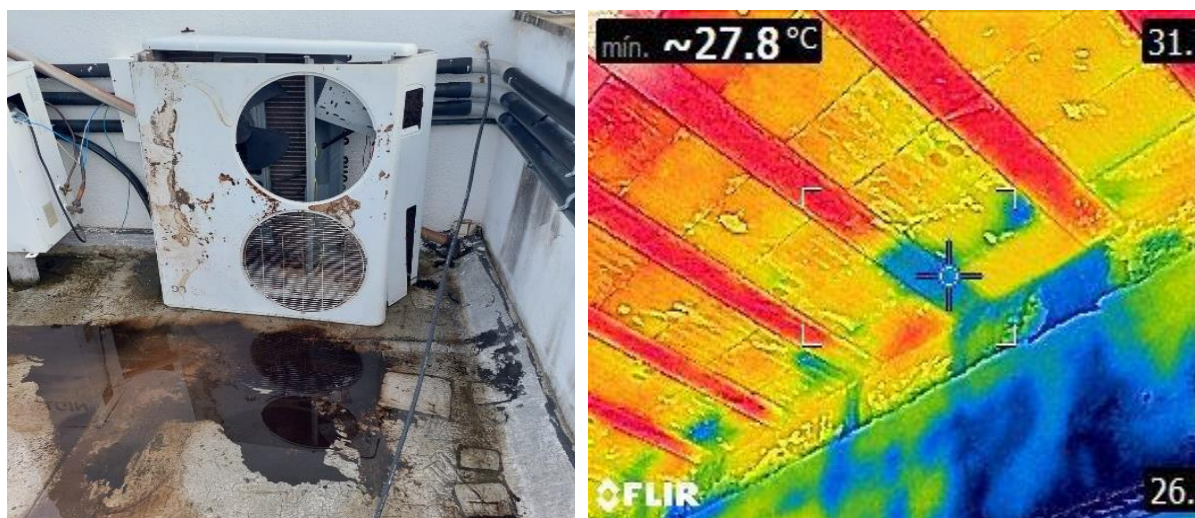
1. Reparo das Infiltrações na Estrutura da Laje: Identificação e reparo das áreas afetadas pela infiltração, incluindo possíveis substituições de materiais danificados e aplicação de soluções impermeabilizantes.
2. Restauração e Reforço da Estrutura Interna: Restauração do forro e reforço de elementos estruturais afetados pelas infiltrações para garantir a estabilidade interna do edifício.
3. Melhorias no Sistema de Drenagem: Avaliação e melhoria do sistema de drenagem ao redor do edifício para prevenir futuras infiltrações.
4. Monitoramento Contínuo: Implementação de um sistema de monitoramento para acompanhar a eficácia das intervenções e detectar eventuais problemas precocemente.

A colaboração de profissionais qualificados, como engenheiros civis e especialistas em impermeabilização, é crucial para planejar e executar as intervenções de forma adequada, visando a recuperação e a preservação da integridade estrutural do edifício.

4.4 BIBLIOTECA.

A Figura 16 ilustra a presença de acúmulo de água na superfície da laje de concreto, um problema comum decorrente da falta de inclinação adequada. Já nas imagens termográficas exibidas nas Figuras 16(b) e 17, ficam evidentes os danos provocados pela infiltração da água que se acumula sobre a laje. Nessas imagens, é possível identificar infiltrações nas vigas, lajotas e treliças, assim como a propagação dessas infiltrações para a alvenaria de vedação.

Figura 16: Acúmulo de água superficial sobre laje de concreto 1.

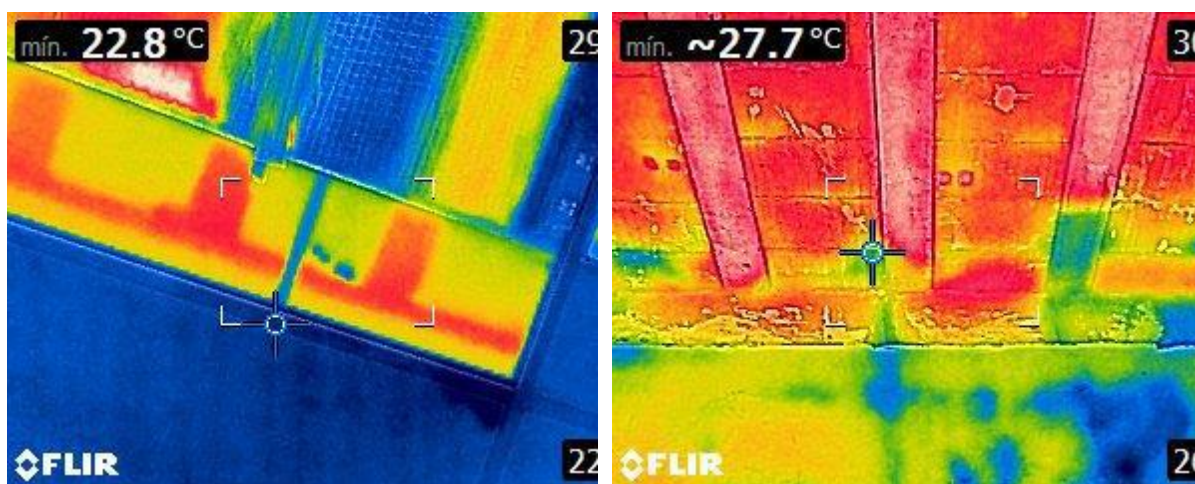


(a) Água sobre a superfície da laje.

(b) Imagem térmica da parte inferior da laje onde ocorre a formação de poças d'água.

Fonte: Fonte: Tinoco; Erick; Monteiro (2023).

Figura 17: Imagem térmica da parte inferior da laje onde ocorre a formação de poças d'água.



Fonte: Fonte: Tinoco; Erick; Monteiro (2023).

Diagnóstico

A análise da situação descrita com base nas Figuras 16 e 17, apontam para os seguintes elementos no diagnóstico:

1. Acúmulo de Água na Superfície da Laje:

A Figura 16(a) destaca claramente o acúmulo de água sobre a superfície da laje de concreto. Este problema é atribuído à falta de declividade adequada na laje, o que impede o escoamento eficiente da água da chuva.

2. Danos Causados pela Infiltração:

As imagens termográficas das Figuras 16(b) e 17, evidenciam os danos decorrentes da infiltração da água acumulada. A infiltração afeta vigas, lajotas e treliças, bem como se propaga para a alvenaria de vedação. Os pontos identificados nas imagens termográficas representam áreas afetadas pela umidade.

Prognóstico

Com base no diagnóstico, o prognóstico aponta para uma situação crítica que exige intervenção imediata. Se o problema não for corrigido, os danos continuarão a se agravar, comprometendo a integridade estrutural da laje, vigas, treliças e alvenaria. A infiltração persistente pode levar a danos mais extensos e à deterioração de componentes estruturais, representando um risco para a estabilidade do edifício.

As intervenções necessárias para resolver esse problema incluem:

1. Correção da Inclinação da Laje: Ajuste na inclinação da laje para permitir o escoamento adequado da água da chuva e evitar o acúmulo na superfície.
2. Substituição da Manta Asfáltica em Áreas Danificadas: Identificação e substituição da manta asfáltica em áreas danificadas ou com problemas para garantir uma barreira eficaz contra a infiltração de água.
3. Reparo de Danos nas Vigas, Lajotas e Treliças: Avaliação e reparo das vigas, lajotas e treliças afetadas pela infiltração. Isso pode envolver a substituição de materiais danificados e a aplicação de soluções impermeabilizantes.
4. Melhoria na Drenagem ao Redor da Edificação: Avaliação e implementação de melhorias no sistema de drenagem para prevenir futuros acúmulos de água e infiltrações.
5. Monitoramento Contínuo: Implementação de um sistema de monitoramento para acompanhar a eficácia das intervenções ao longo do tempo e detectar eventuais problemas precocemente.

A colaboração de profissionais especializados, como engenheiros civis e especialistas em impermeabilização, é crucial para garantir que as intervenções sejam planejadas e executadas de forma eficaz, visando a recuperação da integridade estrutural do edifício.

4.5 BLOCO DE AULAS 2 (INTERNO).

Nesta parte do trabalho, serão analisadas patologias em sistemas elétricos. A grande maioria dos problemas encontrados são de fácil solução, mas que devem ser acompanhados por prevenção e possíveis manutenções para que não se tornem problemas graves. O primeiro quadro analisado é o da Figura 18. A imagem foi obtida em um horário que não é considerado de pico na faculdade, ou seja, poucas salas funcionando durante a medição. As imagens térmicas foram obtidas no horário próximo das 17:30hrs.

Figura 18: Quadro de distribuição de cargas - Bloco 2 de aulas (Interno).

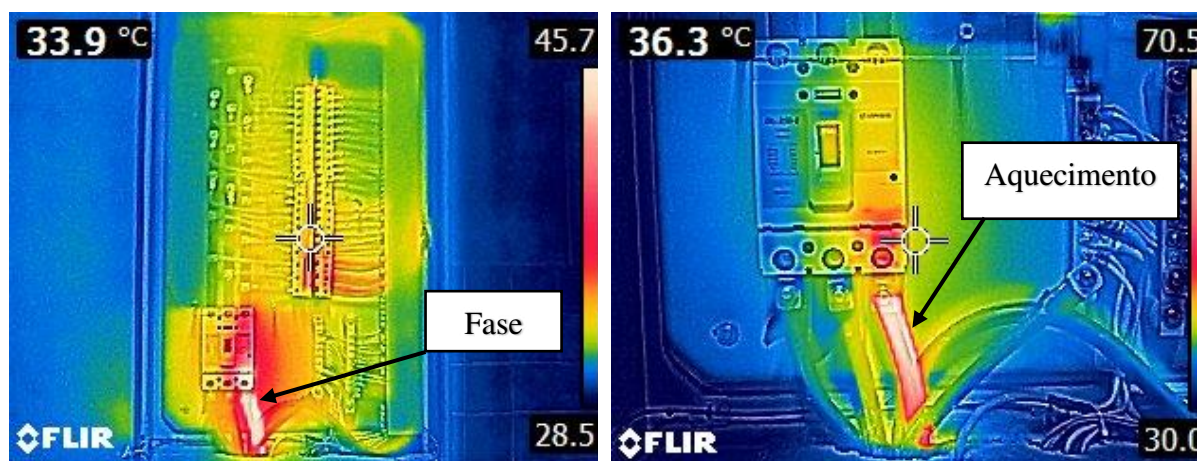


Fonte: Autor (2024).

O QDC presente na Figura 18, possui capacidade de 380 volts e é utilizado em instalações elétricas de maior porte, como indústrias, grandes edifícios ou estabelecimentos comerciais que demandam mais potência. Ele distribui a energia elétrica em tensões trifásicas, comum em sistemas que necessitam alimentar motores ou equipamentos de grande consumo. Dentro dele, há componentes como disjuntores, barramentos, fusíveis e contadores, que servem para proteger e controlar a distribuição da corrente elétrica. O quadro também organiza e

gerencia a distribuição de energia, garantindo segurança ao evitar sobrecargas e curto-circuito. Além disso, permite a separação de circuitos, facilitando a manutenção e a expansão do sistema elétrico quando necessário. Na Figura 19, pode-se observar as imagens obtidas a partir da câmera térmica.

Figura 19: QDC Bloco de aulas 2.



(a) Identificação da fiação.

(b) Constatação visual do aquecimento.

Fonte: Autor 2024.

Conforme o quadro da Figura 19, que está localizado dentro do bloco de aulas 2. Percebemos que a fase (indicada pela seta), apresenta uma coloração mais avermelhada, o que sugere um aquecimento da mesma. A fase mais aquecida no QDC é um sinal de um problema que deve ser resolvido prontamente para evitar maiores danos ao sistema elétrico e garantir a segurança e eficiência da instalação. Portanto, uma inspeção detalhada, corrigir os problemas identificados e implementar práticas de manutenção preventiva são passos essenciais para resolver e evitar futuras ocorrências semelhantes. A seguir será analisada as possíveis causas e soluções necessárias para o caso.

Diagnóstico

1. Sobrecarga: Uma das fases pode estar sobrecarregada devido a um desequilíbrio na distribuição de carga entre as fases.
2. Conexões soltas ou mal feitas: Conexões elétricas mal apertadas podem causar aumento de resistência e, conseqüentemente, aquecimento.
3. Componentes defeituosos: Disjuntores, fusíveis, ou outros componentes na fase podem estar com defeito, gerando aquecimento.

4. Problemas de Harmônicas: Presença de harmônicas nas cargas pode causar aquecimento excessivo em uma fase específica.
5. Oxidação ou Corrosão: Terminais ou barramentos oxidados podem aumentar a resistência e o aquecimento.
6. Mal dimensionamento dos condutores: Condutores subdimensionados para a carga podem superaquecer.

Prognóstico

Se o problema não for resolvido, o aquecimento contínuo pode levar a:

1. Falha dos componentes: Componentes elétricos podem falhar devido ao superaquecimento.
2. Riscos de incêndio: O calor excessivo pode danificar o isolamento dos fios e aumentar o risco de incêndios elétricos.
3. Interrupção do fornecimento: Pode ocorrer o desarme dos disjuntores ou fusíveis, interrompendo o fornecimento de energia.
4. Degradação do sistema: O sistema elétrico pode se degradar mais rapidamente, levando a manutenção e reparos mais frequentes e custosos.

4.6 BLOCO DE AULAS 2 (EXTERNO).

A Figura 20 ilustra o QDC do bloco de aulas 2. As imagens térmicas foram obtidas no horário próximo das 17:40hrs.

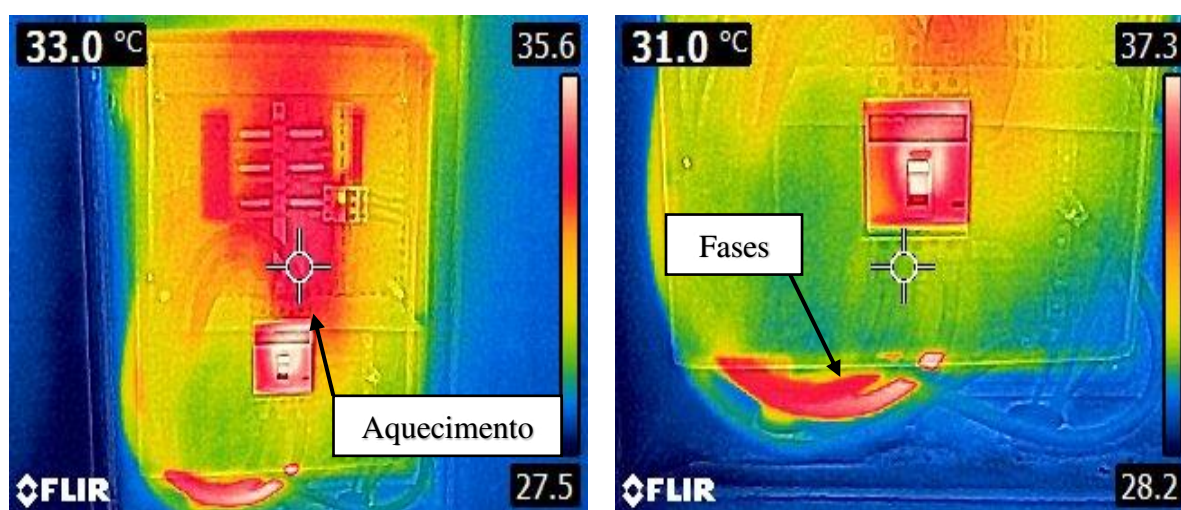
Figura 20: Quadro de distribuição de cargas – Bloco 2 de aulas (Externo).



Fonte: Autor (2024).

Este QDC também é trifásico, capacidade de 380 volts. Como está localizado no lado externo de um dos blocos de aulas da Universidade, é responsável pela distribuição de energia elétrica em sistemas de baixa tensão. Ele recebe a energia trifásica proveniente de uma subestação ou rede elétrica externa e a distribui para diferentes circuitos do prédio. Dentro desse quadro, encontram-se dispositivos como disjuntores, fusíveis, barramentos e contatos que protegem e controlam o fluxo de eletricidade, além de medidores e relés de proteção. Sua principal função é garantir a distribuição segura e eficiente da energia para diversos setores do edifício, evitando sobrecargas, curtos-circuitos e mantendo a estabilidade do fornecimento elétrico. Pode-se observar na Figura 21, as imagens térmicas do quadro.

Figura 21: Imagem QDC – Bloco de aulas 2 (Externo).



(a) Aquecimento do quadro.

(b) Detecção térmica de fases aquecidas.

Fonte: Autor (2024).

Pode-se perceber pelas imagens acima que as fases estão mais aquecidas que outras fiações, indicando que provavelmente deve haver alguns possíveis problemas. Quando duas das três fases de um Quadro de Distribuição de Circuitos (QDC) estão mais aquecidas do que a terceira, isso pode indicar problemas mais complexos. Será analisada as possíveis causas, o diagnóstico da situação, o prognóstico e a intervenção recomendada.

Diagnóstico

1. Sobrecarga Parcial: Distribuição desequilibrada de carga entre as fases, onde duas fases estão recebendo mais carga do que a terceira.
2. Conexões Elétricas Mal Feitas: Conexões soltas ou corroídas nas duas fases mais aquecidas.

3. Componentes Defeituosos: Disjuntores, fusíveis ou outros componentes defeituosos nas duas fases aquecidas.
4. Oxidação ou Corrosão: Terminais ou barramentos das duas fases aquecidas estão oxidados ou corroídos.
5. Desbalanceamento de Cargas: Equipamentos de grande consumo ligados preferencialmente às duas fases mais aquecidas.

Prognóstico

Se não for resolvido, o aquecimento das duas fases pode levar a:

1. Falha dos Componentes: Componentes elétricos podem falhar devido ao superaquecimento contínuo.
2. Riscos de Incêndio: Calor excessivo pode danificar o isolamento dos fios, aumentando o risco de incêndio.
3. Interrupções de Energia: Pode ocorrer o desarme dos disjuntores ou fusíveis, causando interrupções no fornecimento de energia.
4. Degradação do Sistema: A vida útil dos componentes do QDC pode ser reduzida, levando a maiores custos de manutenção e substituição.

4.7 BLOCO DOS PROFESSORES 2.

A Figura 22 ilustra o QDC do bloco dos professores 2. A imagem foi obtida em um horário que não é considerado de pico. As imagens térmicas foram obtidas no horário próximo das 17:50hrs.

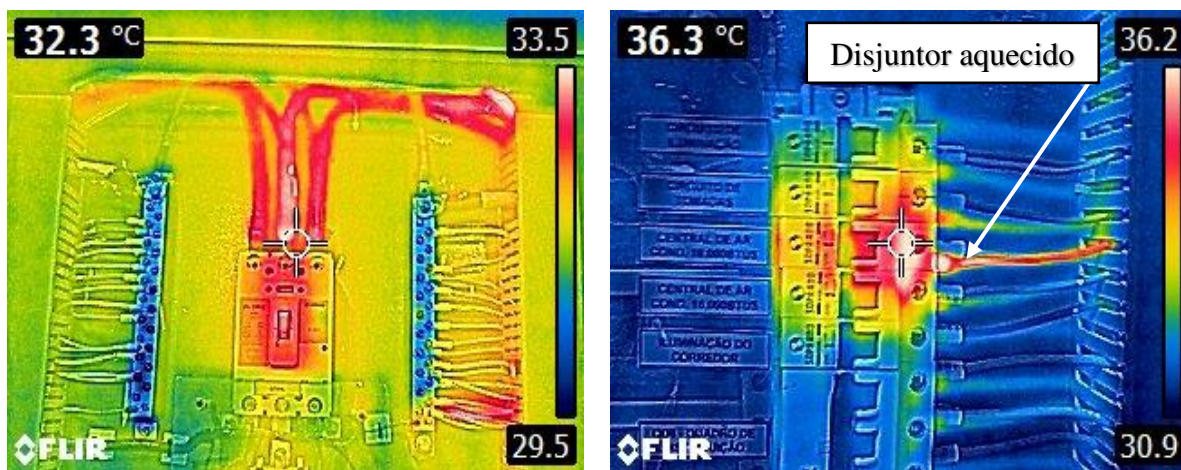
Figura 22: Quadro de distribuição- Bloco dos professores 2(interno)



Fonte: Autor (2024).

No QDC presente na Figura 22, há componentes como disjuntores, barramentos, fusíveis e contadores, que servem para proteger e controlar a distribuição da corrente elétrica. Além disso, permite a separação de circuitos, facilitando a manutenção e a expansão do sistema elétrico quando necessário. Na Figura 23, pode-se observar as imagens obtidas a partir da câmera térmica.

Figura 23: Imagem QDC – Bloco de professores 2.



(a) Imagem termica do quadro inteiro.

(b) Detalhe do disjuntor aquecido.

Fonte: Autor (2024).

Pela imagem do quadro de distribuição, é possível identificar o aquecimento de um dos disjuntores no QDC. Esse é um sinal de um problema que deve ser resolvido prontamente para evitar maiores danos ao sistema elétrico e garantir a segurança e eficiência da instalação. Realizar uma inspeção detalhada, corrigir os problemas identificados e implementar práticas de manutenção preventiva são passos essenciais para resolver e evitar futuras ocorrências semelhantes. A seguir será analisada alguns possíveis causas e soluções.

Diagnóstico

1. Sobrecarga no Circuito: O circuito protegido pelo disjuntor pode estar sobrecarregado, com mais corrente passando por ele do que o disjuntor foi projetado para suportar.
2. Conexões Soltas ou Malfeitas: Conexões elétricas soltas podem aumentar a resistência e gerar calor.
3. Disjuntor Defeituoso: O próprio disjuntor pode estar defeituoso, com componentes internos desgastados ou danificados, causando aquecimento anormal.
4. Corrosão ou Oxidação nos Terminais: Corrosão ou oxidação nos terminais do disjuntor pode aumentar a resistência elétrica e, consequentemente, o calor.

- 5. Falta de Ventilação: O QDC pode ter problemas de ventilação, dificultando a dissipação de calor.
- 6. Harmônicas e Distorções de Corrente: Cargas que geram harmônicas podem causar aquecimento adicional devido à distorção de corrente.

Prognóstico

Se o problema não for resolvido, pode haver:

- 1. Falha do Disjuntor: O disjuntor pode falhar, deixando o circuito desprotegido ou causando interrupções frequentes.
- 2. Risco de Incêndio: Aquecimento contínuo pode danificar o isolamento dos cabos e aumentar o risco de incêndios elétricos.
- 3. Interrupção do Fornecimento de Energia: Pode ocorrer desarme do disjuntor, interrompendo o fornecimento de energia aos dispositivos ou áreas conectadas a ele.
- 4. Degradação do Sistema Elétrico: O sistema elétrico pode se degradar mais rapidamente, levando a necessidades de manutenção mais frequentes e caras.

Para todos os casos analisados, as possíveis soluções são parecidas. Portanto, o quadro 3 exemplificará essas soluções baseadas nas análises obtidas em campo.

Quadro 3: Soluções necessárias para os QDCs analisados com a câmera térmica.

Quadro de possíveis soluções para os QDCs	
Local	Solução possível
Bloco de aulas 2 (Interno)	Inspeção e Aperto das Conexões; Redistribuição da Carga; Substituição de Componentes Defeituosos; Reavaliação do Dimensionamento dos Condutores; Monitoramento Contínuo.
Bloco de aulas 2 (Externo)	Inspeção e Aperto das Conexões; Substituição de Componentes Defeituosos; Verificação de Harmônicas; Verificação do condutor Neutro; Reavaliação do Dimensionamento dos Condutores.
Bloco dos professores 2	Verificação e Redistribuição da Carga; Limpeza e Manutenção Preventiva, Melhoria da Ventilação; Monitoramento Contínuo.

Fonte: Autor (2024).

Então temos que para os casos analisados, é sempre necessário verificar e apertar todas as conexões no disjuntor e nos terminais associados. Também é preciso analisar a carga no circuito e redistribuir se necessário para evitar sobrecarga e certificar-se de que a corrente no

circuito está dentro dos limites do disjuntor. Por último, assegure-se de que o QDC tem ventilação adequada para dissipar o calor gerado durante a operação e certificar de que os condutores estão dimensionados corretamente para a carga que estão suportando, se não, é preciso substituir os condutores subdimensionados.

6 CONCLUSÃO

Com base nos objetivos propostos, este trabalho reafirma a importância da termografia como uma ferramenta eficiente para a identificação precoce de patologias em edificações. Através da análise de estudos de casos na UFERSA – Campus Pau dos Ferros, o uso da câmera termográfica demonstrou seu valor ao evidenciar diversas manifestações patológicas, como infiltrações, fissuras, falhas de impermeabilização e sobrecargas elétricas. Essas questões comprometem a integridade das estruturas e expõem riscos à segurança dos usuários, evidenciando a necessidade urgente de intervenções corretivas e de um planejamento adequado de manutenção.

A aplicação prática da termografia comprovou que a técnica permite diagnósticos mais precisos e intervenções mais ágeis, reduzindo os custos associados a problemas crônicos que poderiam evoluir para falhas graves e até incêndios. As medidas corretivas propostas, como impermeabilização de lajes, redistribuição de cargas elétricas e inspeções periódicas, são essenciais para mitigar os problemas identificados, melhorando a segurança e a durabilidade das construções.

Portanto, conclui-se que a utilização da termografia infravermelha, integrada a um programa de manutenção preventiva, é uma abordagem viável e econômica para a preservação das edificações. A implementação dessa metodologia contribui para o prolongamento da vida útil das estruturas e sistemas elétricos. Este estudo reforça, assim, a relevância da termografia como uma ferramenta indispensável para a gestão de manutenção predial no contexto das construções modernas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674: Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. São Paulo, 2012.

BAUER, E. et al. **Critérios para aplicação da termografia de infravermelho passiva como técnica auxiliar ao diagnóstico de patologias em fachadas de edifícios**. DocPlayer, 2014. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/88780330-Criterios-para-aplicacao-da-termografia-de-infravermelhoppassiva-como-tecnica-auxiliar-ao-diagnostico-de-patologias-em-fachadas-de-edificios.html>>. Acesso em: 22 Dez. 2023.

BARREIRA, E. S. B. M. **Aplicação da termografia ao estudo do comportamento higrotérmico dos edifícios**. 2004. 196 f. Dissertação (Mestrado em Construção de Edifícios) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Boshnakov, K. P., Petkov, V. I., Doukovska, L. A., Borissova, D. I., Kojnov, S. L. Approaches for Diagnostic and Predictive Maintenance. Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments, 2011, vol. 8008, p. 80081Z–80081Z–9.

Cunha, Letícia Shiozaki. **Avaliação de Edificações com a utilização da Termografia como ensaio não destrutivo** – Estudo de caso. Brasília, 2016.

Ferreira, J. B., Lobão, V. W. N. **Manifestações patológicas na construção civil**. Caderno De Graduação - Ciências Exatas E Tecnológicas. 5(1):71-80, 2018. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/5853>.

GAUSSORGUES, G. Infrared Thermography. Microwave Technology Series 5, Chapman & Hall, 1994.

INFRARED TRAINING CENTER – ITC. Manual do usuário – Certificação Nível 1 – 2014.

Jadin, M. S., Taib, S. Recent progress in diagnosing the reliability of electrical equipment by using infrared thermography. Infrared Phys. Technol., vol. 55, n. 4, pp. 236–245, jul. 2012.

Juliani, Bárbara Boger Tolentino. **Avaliação da utilização e viabilidade da termografia infravermelha em inspeções de revestimentos e estruturas na construção civil**. Belo Horizonte, 2019.

Kersul, Guilherme Marques. Uso da termografia para inspeções e manutenção predial– estudo de caso. Brasília, 2014.

Korendo, Z., Florkowski, M. Trend analysis for thermographic surveys of electrical equipment. ABB Corporate Research, Krakow, 2000.

Muniz, Pablo Rodrigues, Mendes, Mariana Altoé. Termografia Infravermelha Aplicada à Manutenção Elétrica: Dos fundamentos ao diagnóstico. Vitória, 2019.

MUNIZ, P. R., MENDES, M. A. **Termografia infravermelha aplicada a manutenção elétrica: Dos fundamentos ao diagnóstico.** Vitória - Espírito Santo, 2019.

PAVÒN, E. **Critérios e padrões de comportamento para avaliação de descolamentos cerâmicos com termografia de infravermelho.** Tese de Doutorado (Faculdade de Tecnologia), Universidade Federal de Brasília, 2017.

Rocha, J. H. A., Póvoas, Y. V. **A termografia infravermelha como um ensaio não destrutivo para a inspeção de pontes de concreto armado:** Revisão do estado da arte. Revista ALCONPAT, 7(3), pp. 200-214, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v7i3.223>.

SANTOS, L. Classificação e Modelagem de Fatores de Influência sobre inspeção Termográficas em Ambientes Desabrigados. 161 f. Dissertação (Doutor em Ciências em Engenharia Elétrica), 2012.

Tinoco, Vinicius Navarro Varela; Germano, Francisco Tony Erick; Monteiro, Franklin Ayran Alves. Relatório técnico. Setor de infraestrutura UFERSA-CPMF, 2023.

TUTIKIAN, P.; PACHACO, L. Inspeção, Diagnóstico, Prognóstico na construção civil. Mérida - México, março de 2013. Associação Latino-Americana de Controle de Qualidade, Patologia e Recuperação de Obras - ALCONPAT Int.