

OS RISCOS DE PONTOS QUENTES EM SISTEMA ELÉTRICO E A IMPORTÂNCIA DA INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA

Leonardo Luciano Santos Silva¹, Olavo Antônio de Oliveira Reis², Cláudio Abdalla da Cunha³, Agaone Donizete Silva², Diego Almeida de Oliveira³, Alan Kardec Candido dos Reis²

¹Discente da Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG, Ituiutaba, Brasil
(leonardoluciano5@gmail.com)

²Docente da Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG, Ituiutaba, Brasil

³Bacharel em Engenharia Elétrica. Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG, Ituiutaba, Brasil

Resumo: Os sistemas elétricos estão sujeitos a falhas que afetam a segurança e a confiabilidade das instalações. Entre os principais riscos estão os pontos quentes, causados por conexões frouxas, sobrecargas, isolamento danificado ou componentes envelhecidos, podendo provocar incêndios, queima de equipamentos e paralisações. A inspeção termográfica permite identificar variações térmicas e ações corretivas antecipadas, reduzindo riscos e custos.

Palavras-chave: Pontos quentes; Inspeção termográfica; Manutenção preditiva

INTRODUÇÃO

A inspeção termográfica tem vindo sendo uma ferramenta indispensável para a manutenção preditiva em sistemas elétricos, sendo essencial para a identificação de pontos quentes (áreas de aquecimento anormal que indicam falhas potenciais) em instalações elétricas. Esses pontos, se não detectados a tempo, podem resultar em sérios riscos, como incêndios, danos a equipamentos e interrupções no fornecimento de energia, afetando a segurança dos colaboradores e a continuidade dos processos produtivos. Dessa forma, a aplicação correta da termografia contribui significativamente para a redução de custos operacionais e aumento da confiabilidade dos sistemas elétricos.

Este trabalho tem como foco a realização de ensaios de campo utilizando uma câmera termográfica da marca FLIR (modelo E6390) para inspeções em painéis elétricos, disjuntores e transformadores na unidade industrial da JBS, localizada em Itapetinga, Bahia. A escolha deste local se deve à sua importância como unidade produtiva e à necessidade constante de garantir a integridade dos sistemas elétricos para evitar paradas não planejadas que comprometam a produção e segurança.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia adotada consiste em medições térmicas sistemáticas, onde as temperaturas serão analisadas segundo critérios pré-estabelecidos: temperaturas abaixo de 70°C indicam condição normal, entre 70°C e 100°C sinalizam a necessidade

de atenção, e acima de 100°C exigem intervenção imediata. Essas faixas foram definidas com base em normas técnicas e literatura especializada, proporcionando um parâmetro seguro para a tomada de decisões e prevenção de falhas.

A problemática deste estudo está centrada na identificação de pontos quentes em instalações elétricas industriais, muitas vezes invisíveis em inspeções visuais convencionais, mas que representam riscos reais de falhas graves e acidentes. A ausência ou inadequação na detecção desses pontos pode ocasionar prejuízos financeiros elevados, além de colocar em risco a segurança do ambiente de trabalho.

Portanto, o objetivo geral deste trabalho é demonstrar a importância da inspeção termográfica como ferramenta preditiva para a manutenção de sistemas elétricos industriais, evidenciando a metodologia adequada para sua execução e destacando os benefícios para a indústria, tanto em termos de segurança quanto de eficiência operacional. Como objetivo específico, serão realizados ensaios de campo na unidade da JBS, visando validar a aplicação prática da termografia para monitoramento e diagnóstico de condições térmicas anormais em componentes elétricos críticos.

Estado da Arte

A inspeção termográfica vem ganhando destaque como uma das principais técnicas de manutenção preditiva aplicadas a sistemas elétricos, devido à sua eficácia na identificação de pontos quentes - áreas



com elevação anormal de temperatura, indicativas de falhas iminentes. Esses pontos geralmente resultam de conexões frouxas, sobrecargas, componentes envelhecidos ou isolamento danificado, fatores amplamente abordados por Pietrzak e Kordek (2025) e corroborados por guias técnicos nacionais como o da Produttivo (2024).

O avanço tecnológico tem ampliado as possibilidades de aplicação da termografia, especialmente com o uso de câmeras infravermelhas de alta resolução, sensores de monitoramento contínuo e até robôs autônomos equipados com visão térmica, voltados para inspeções em ambientes de alta complexidade, como subestações de ultra-alta tensão (Liu et al., 2025).

A confiabilidade das medições termográficas está diretamente associada à correção de variáveis externas, como a temperatura ambiente e a velocidade do vento, que impactam na interpretação das imagens térmicas. Estudos como os de Kot et al. (2024) e Pietrzak e Kordek (2025) destacam a importância de ajustar essas condições para uma avaliação precisa da gravidade das anomalias.

Além disso, pesquisas recentes têm explorado o uso da inteligência artificial, especialmente redes neurais profundas, para automatizar a detecção de falhas térmicas com maior precisão e agilidade, reduzindo a possibilidade de erros humanos na interpretação dos dados (Shaikh et al., 2024).

Guias e publicações nacionais reforçam a relevância da inspeção termográfica como ferramenta preventiva, com impacto direto na redução de riscos de incêndios, diminuição de perdas elétricas, e no aumento da vida útil dos equipamentos (Aplica Engenharia, 2024; Pix Force, 2024). A documentação adequada dessas inspeções - com imagens térmicas, parâmetros elétricos e condições ambientais - é apontada como essencial para garantir a rastreabilidade e a eficiência das ações corretivas (Bindt, 2025).

Nesse contexto, observa-se uma tendência crescente na integração da termografia com tecnologias digitais e preditivas, consolidando-a como uma ferramenta estratégica não apenas para a manutenção, mas para a gestão inteligente da confiabilidade elétrica em ambientes industriais e de infraestrutura crítica.

Sistemas Elétricos e Manutenção Preditiva

Os sistemas elétricos são essenciais para o funcionamento de indústrias, comércios e residências. Com o aumento da complexidade e da demanda por confiabilidade, a manutenção desses sistemas tornou-se uma prioridade estratégica. A manutenção preditiva, ao contrário da corretiva ou preventiva tradicional, tem como objetivo antecipar falhas antes que estas causem prejuízos

significativos, utilizando tecnologias avançadas para monitoramento contínuo (Pietrzak; Kordek, 2025).

A termografia infravermelha é uma das ferramentas mais utilizadas nesse contexto, sendo aplicada principalmente em sistemas de média e alta tensão, painéis elétricos, transformadores, conexões e motores, onde anomalias térmicas indicam problemas ocultos no sistema elétrico (Produttivo, 2024).

Pontos Quentes: Causas e Consequências

Pontos quentes são zonas de aquecimento anormal causadas por falhas elétricas ou mecânicas, que geralmente passam despercebidas até que resultem em acidentes ou falhas graves. Dentre as causas mais frequentes destacam-se conexões frouxas, sobrecarga de corrente, oxidação de contatos, falhas de isolamento e envelhecimento de componentes (Kot et al., 2024).

Essas anomalias térmicas podem levar a sérias consequências, como: incêndios elétricos; danos irreversíveis a equipamentos; interrupções no fornecimento de energia; risco de choque elétrico para operadores e redução da vida útil dos componentes elétricos (Pix Force, 2024; Bindt, 2025).

A Termografia Infravermelha como Ferramenta de Diagnóstico

A termografia consiste na captação da radiação infravermelha emitida por objetos, transformando-a em imagens térmicas que indicam variações de temperatura. Com essa técnica, é possível detectar aquecimentos anormais sem a necessidade de contato físico com os componentes, o que a torna ideal para ambientes de risco (Shaikh et al., 2024).

Câmeras termográficas modernas oferecem alta sensibilidade térmica e resoluções adequadas para ambientes industriais, permitindo a identificação precisa de falhas. Além disso, sistemas automatizados com monitoramento contínuo e o uso de inteligência artificial têm contribuído para análises mais rápidas e assertivas (Liu et al., 2025).

Normas Técnicas e Boas Práticas

A utilização da termografia em sistemas elétricos deve obedecer a normas técnicas e procedimentos bem definidos. No Brasil, a norma ABNT NBR 5410 estabelece critérios para instalações elétricas em baixa tensão, enquanto a NBR ISO 18434-1 aborda técnicas de monitoramento térmico.

Boas práticas recomendam que as inspeções sejam realizadas periodicamente e em momentos de carga plena, garantindo a detecção precisa de anomalias térmicas. O uso de registros fotográficos, relatórios padronizados e histórico de medições é essencial para

a rastreabilidade dos dados e planejamento de ações corretivas (Aplica Engenharia, 2024).

Aplicações e Benefícios Práticos

Além da prevenção de falhas, a inspeção termográfica contribui para a redução de custos operacionais, minimização de paradas emergenciais e aumento da segurança operacional. Empresas que adotam essa tecnologia conseguem identificar falhas em estágios iniciais, evitando acidentes e perdas de produção (Pix Force, 2024).

A integração da termografia com sistemas inteligentes de gestão da manutenção representa uma tendência crescente, com resultados positivos em setores como energia, indústria de transformação, telecomunicações e transportes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ESTUDO DO CASO

Local da Inspeção

O estudo de caso foi realizado na subestação elétrica principal da unidade frigorífica da JBS Friboi, localizada em Itapetinga, Bahia. Essa unidade é responsável por atividades de abate, processamento de 630 animais por dia, com lucro líquido de mais de 7 milhões por mês.

Operando com demanda ativa média de aproximadamente 2000 kW, distribuída entre setores produtivos, administrativos e de refrigeração industrial. A instalação possui quatro transformadores trifásicos de 750 kVA, com tensão primária de 13,8 kV e secundária de 380 V, que atendem áreas específicas da planta, conforme a seguinte configuração:

Tabela 1. Relação de transformadores.

Transformador	Capacidade	Setor Atendido
Trafo 01	750 kVA	Indústria geral (produção e administração)
Trafo 02	750 kVA	Fábrica de Farinha (FFCO)
Trafo 03	750 kVA	Sala de Máquinas – Regime Baixo (-35 °C)
Trafo 04	750 kVA	Sala de Máquinas – Regime Alto (-10 °C)

A sala de máquinas é um dos setores de maior consumo energético da unidade, operando com

compressores de amônia em dois regimes térmicos distintos:

Regime de baixa temperatura (-35 °C), com potência instalada de aproximadamente 800 CV (588 kW);

Regime de alta temperatura (-10 °C), com potência instalada de aproximadamente 750 CV (551 kW).

Essa distribuição permite isolamento de falhas, maior segurança elétrica e planejamento de manutenções setorializadas, além de possibilitar o monitoramento específico de cargas críticas como os sistemas de refrigeração.

As inspeções termográficas foram realizadas entre 14/05/2025 e 09/06/2025, com foco nos quatro transformadores, painéis elétricos, disjuntores principais e cabos condutores associados. A escolha desta planta industrial deve-se à sua complexidade operacional e à necessidade constante de manutenção preditiva para garantir segurança e eficiência.

Equipamentos e Ferramentas Utilizadas

As inspeções termográficas foram conduzidas utilizando uma câmera termográfica da marca FLIR, modelo E6390, com resolução de 464x348 pixels, sensibilidade térmica de < 0,04 °C e faixa de medição de -20°C a 650°C. Esse equipamento oferece imagens térmicas de alta precisão, ideal para ambientes industriais. Para análise e documentação dos dados, utilizou-se o software FLIR Thermal Studio Suite.

Outros instrumentos utilizados: Equipamentos de proteção individual (EPI), conforme NR-10.

Metodologia

A metodologia consistiu na realização de inspeções termográficas em painéis elétricos, disjuntores e transformadores localizados nas áreas de produção e distribuição elétrica da planta industrial. As medições foram feitas com os equipamentos energizados e operando sob carga típica, conforme recomendação das normas ABNT NBR 5410 e NBR ISO 18434-1.

A placa do transformador informa que a elevação máxima de temperatura do enrolamento é de 50 °C, com base em uma temperatura ambiente de 40 °C, totalizando um limite operacional de até 90 °C.

No entanto, a temperatura de classe de isolamento (tipo B) é de até 105 °C, conforme normas técnicas da ABNT (NBR 5356 e IEC 60076). Com isso, podemos reclassificar os resultados térmicos da inspeção com base em três faixas atualizadas.

Algumas empresas renomadas como a JBS, Petrobras, Eletrobras, ABB, Fluke, FLIR, adotam o seguinte modelo:



Tabela 2. Relação de faixa críticas por temperatura

Faixa de Temperatura (°C)	Classificação	Ação Recomendada
Até 70 °C	Condição normal	Sem necessidade de intervenção
71 °C a 90 °C	Faixa de atenção (monitoramento) Faixa de atenção (monitoramento)	Monitoramento regular
Acima de 90 °C	Intervenção necessária	Ação corretiva imediata

Resultados Obtidos

As inspeções revelaram diversos pontos com elevação térmica fora dos padrões aceitáveis. Foram coletadas leituras em transformadores ao longo de vários dias, evidenciando variações de temperatura nas entradas e saídas das fases R, S e T, bem como nas carcaças dos transformadores e nos cabos condutores. Os dados apontaram tendências de aquecimento progressivo em alguns componentes, especialmente nos transformadores 01 e 02, sugerindo maior carga ou possíveis desequilíbrios de fase, conforme mostrado na tabela em anexo.

Estudo de termografia realizado

-- 14/05/2025

Transformador 01

Entrada (R/S/T): 43,8 / 45,1 / 44,5 °C

Saída (R/S/T): 49,4 / 51,3 / 50,8 °C

Temp. Transformador: 55,5 °C

Temp. Cabos: 39,9 °C

Transformador 02

Entrada (R/S/T): 50,2 / 51,6 / 50,4 °C

Saída (R/S/T): 45,3 / 49,5 / 53,8 °C

Temp. Transformador: 61,9 °C

Temp. Cabos: 43,8 °C

Transformador 03

Entrada (R/S/T): 36 / 35,2 / 35,4 °C

Saída (R/S/T): 35 / 36,6 / 38,7 °C

Temp. Transformador: 64,8 °C

Temp. Cabos: 32,3 °C

Transformador 04

Entrada (R/S/T): 33,9 / 32,1 / 33,4 °C

Saída (R/S/T): 41 / 41,5 / 43,5 °C

Temp. Transformador: 44,1 °C

Temp. Cabos: 34,8 °C

-- 16/05/2025

Transformador 01

Entrada (R/S/T): 39,9 / 38,5 / 40,2 °C

Saída (R/S/T): 45,8 / 45,5 / 44,2 °C

Temp. Transformador: 48,5 °C

Temp. Cabos: 37 °C

Transformador 02

Entrada (R/S/T): 41 / 43 / 41,5 °C

Saída (R/S/T): 49,4 / 49 / 49 °C

Temp. Transformador: 53 °C

Temp. Cabos: 35,3 °C

Transformador 03

Entrada (R/S/T): 33,5 / 32,2 / 33,8 °C

Saída (R/S/T): 42,2 / 46,4 / 40 °C

Temp. Transformador: 64,5 °C

Temp. Cabos: 39,1 °C

Transformador 04

Entrada (R/S/T): 36,3 / 37 / 36,5 °C

Saída (R/S/T): 38,1 / 39,1 / 42,4 °C

Temp. Transformador: 43,3 °C

Temp. Cabos: 34 °C

-- 19/05/2025

Transformador 01

Entrada (R/S/T): 47,2 / 50,9 / 49,5 °C

Saída (R/S/T): 55,4 / 56,8 / 51,4 °C

Temp. Transformador: 56,9 °C



Temp. Cabos: 45,1 °C

Transformador 02

Entrada (R/S/T): 56,5 / 58,6 / 56,7 °C

Saída (R/S/T): 62 / 57,4 / 61,8 °C

Temp. Transformador: 65,4 °C

Temp. Cabos: 45,9 °C

Transformador 03

Entrada (R/S/T): 33,3 / 35,2 / 35,7 °C

Saída (R/S/T): 43 / 44,9 / 41,5 °C

Temp. Transformador: 62 °C

Temp. Cabos: 36,5 °C

Transformador 04

Entrada (R/S/T): 39,8 / 40 / 39,7 °C

Saída (R/S/T): 38,7 / 42,8 / 44,2 °C

Temp. Transformador: 46 °C

Temp. Cabos: 36,5 °C

-- 20/05/2025

Transformador 01

Entrada (R/S/T): 49 / 42,8 / 43,5 °C

Saída (R/S/T): 49,5 / 49 / 50,4 °C

Temp. Transformador: 52,3 °C

Temp. Cabos: 40,5 °C

Transformador 02

Entrada (R/S/T): 45,1 / 48,7 / 47 °C

Saída (R/S/T): 49 / 53 / 50,8 °C

Temp. Transformador: 56,6 °C

Temp. Cabos: 39,8 °C

Transformador 03

Entrada (R/S/T): 36,4 / 37,3 / 38,8 °C

Saída (R/S/T): 49 / 51 / 45,3 °C

Temp. Transformador: 64,6 °C

Temp. Cabos: 39,6 °C

Transformador 04

Entrada (R/S/T): 39,7 / 38,8 / 38,5 °C

Saída (R/S/T): 41 / 42,2 / 44,7 °C

Temp. Transformador: 45,4 °C

Temp. Cabos: 37,4 °C

-- 21/05/2025

Transformador 01

Entrada (R/S/T): 45,5 / 42,5 / 43,5 °C

Saída (R/S/T): 49,1 / 49,3 / 49,6 °C

Temp. Transformador: 53,6 °C

Temp. Cabos: 40,8 °C

Transformador 02

Entrada (R/S/T): 47,2 / 51,2 / 48,4 °C

Saída (R/S/T): 53 / 54,5 / 53,8 °C

Temp. Transformador: 58 °C

Temp. Cabos: 41,3 °C

Transformador 03

Entrada (R/S/T): 35,8 / 36,6 / 37,3 °C

Saída (R/S/T): 45 / 43 / 43,7 °C

Temp. Transformador: 63,7 °C

Temp. Cabos: 36,7 °C

Transformador 04

Entrada (R/S/T): 39,9 / 37 / 36,6 °C

Saída (R/S/T): 41 / 43 / 43,7 °C

Temp. Transformador: 46,6 °C

Temp. Cabos: 38,8 °C

-- 22/05/2025

Transformador 01

Entrada (R/S/T): 41,1 / 42,3 / 43 °C

Saída (R/S/T): 49,1 / 49,5 / 50,6 °C

Temp. Transformador: 53,5 °C

Temp. Cabos: 42,3 °C

Transformador 02



Entrada (R/S/T): 45,2 / 47,8 / 45,5 °C

Saída (R/S/T): 54,6 / 53,8 / 50,7 °C

Temp. Transformador: 57,2 °C

Temp. Cabos: 49,3 °C

Transformador 03

Entrada (R/S/T): 35,7 / 36,9 / 37,6 °C

Saída (R/S/T): 52,1 / 51,8 / 44,3 °C

Temp. Transformador: 65,9 °C

Temp. Cabos: 40,5 °C

Transformador 04

Entrada (R/S/T): 38,8 / 40,3 / 37,1 °C

Saída (R/S/T): 42,5 / 44,4 / 45 °C

Temp. Transformador: 46,1 °C

Temp. Cabos: 37,9 °C

-- 23/05/2025

Transformador 01

Entrada (R/S/T): 48,5 / 45 / 48,6 °C

Saída (R/S/T): 58,6 / 57 / 53,1 °C

Temp. Transformador: 57,8 °C

Temp. Cabos: 47 °C

Transformador 02

Entrada (R/S/T): 58,3 / 59,7 / 58,4 °C

Saída (R/S/T): 63,1 / 62,3 / 65 °C

Temp. Transformador: 65,5 °C

Temp. Cabos: 43,5 °C

Transformador 03

Entrada (R/S/T): 37,6 / 36,4 / 39,1 °C

Saída (R/S/T): 50 / 48,8 / 45 °C

Temp. Transformador: 66 °C

Temp. Cabos: 38,6 °C

Transformador 04

Entrada (R/S/T): 41,6 / 39,7 / 37,5 °C

Saída (R/S/T): 41,3 / 41,5 / 41,5 °C

Temp. Transformador: 44,6 °C

Temp. Cabos: 35,7 °C

-- 26/05/2025

Transformador 01

Entrada (R/S/T): 46,5 / 49,3 / 49,2 °C

Saída (R/S/T): 56,3 / 57 / 57,3 °C

Temp. Transformador: 57,8 °C

Temp. Cabos: 45,6 °C

Transformador 02

Entrada (R/S/T): 55,2 / 57,2 / 56,1 °C

Saída (R/S/T): 63,1 / 57,6 / 63,1 °C

Temp. Transformador: 63,4 °C

Temp. Cabos: 42,4 °C

Transformador 03

Entrada (R/S/T): 36 / 37,1 / 37,3 °C

Saída (R/S/T): 44,6 / 46,4 / 43,5 °C

Temp. Transformador: 65,7 °C

Temp. Cabos: 37,5 °C

Transformador 04

Entrada (R/S/T): 38,4 / 38,8 / 37,5 °C

Saída (R/S/T): 40 / 42 / 43,5 °C

Temp. Transformador: 44,4 °C

Temp. Cabos: 36,7 °C

-- 27/05/2025

Transformador 01

Entrada (R/S/T): 51,4 / 55 / 54,2 °C

Saída (R/S/T): 61,6 / 61,8 / 61,8 °C

Temp. Transformador: 60,3 °C

Temp. Cabos: 49,8 °C

Transformador 02

Entrada (R/S/T): 63 / 66,4 / 64,9 °C

Saída (R/S/T): 66,4 / 66,9 / 67,3 °C

Temp. Transformador: 69,8 °C



Temp. Cabos: 42,8 °C

Transformador 03

Entrada (R/S/T): 38,5 / 39 / 41,2 °C

Saída (R/S/T): 44,2 / 45,3 / 47,1 °C

Temp. Transformador: 67,6 °C

Temp. Cabos: 41,7 °C

Transformador 04

Entrada (R/S/T): 36,4 / 36,5 / 36,8 °C

Saída (R/S/T): 47 / 41,5 / 44,9 °C

Temp. Transformador: 47,7 °C

Temp. Cabos: 40,2 °C

-- 28/05/2025

Transformador 01

Entrada (R/S/T): 50,9 / 52,8 / 52,3 °C

Saída (R/S/T): 60,8 / 60,6 / 60,4 °C

Temp. Transformador: 59,9 °C

Temp. Cabos: 49,1 °C

Transformador 02

Entrada (R/S/T): 60,3 / 61,6 / 60,8 °C

Saída (R/S/T): 65,2 / 62,8 / 66,5 °C

Temp. Transformador: 68,7 °C

Temp. Cabos: 45,2 °C

Transformador 03

Entrada (R/S/T): 39,3 / 41,1 / 41,7 °C

Saída (R/S/T): 42,6 / 49,1 / 48,7 °C

Temp. Transformador: 69,5 °C

Temp. Cabos: 42,1 °C

Transformador 04

Entrada (R/S/T): 42,5 / 43,2 / 41,8 °C

Saída (R/S/T): 42,8 / 43 / 45 °C

Temp. Transformador: 48,5 °C

Temp. Cabos: 40 °C

-- 29/05/2025

Transformador 01

Entrada (R/S/T): 50 / 53,8 / 54,5 °C

Saída (R/S/T): 60 / 61,4 / 61,5 °C

Temp. Transformador: 61,8 °C

Temp. Cabos: 50,6 °C

Transformador 02

Entrada (R/S/T): 57,3 / 59,3 / 58,4 °C

Saída (R/S/T): 60,7 / 61,3 / 58,1 °C

Temp. Transformador: 68,4 °C

Temp. Cabos: 45,2 °C

Transformador 03

Entrada (R/S/T): 40,9 / 41 / 41,8 °C

Saída (R/S/T): 49 / 45,7 / 45,7 °C

Temp. Transformador: 70,3 °C

Temp. Cabos: 43,9 °C

Transformador 04

Entrada (R/S/T): 36,5 / 36,6 / 36,6 °C

Saída (R/S/T): 43,2 / 44,8 / 45,8 °C

Temp. Transformador: 47,2 °C

Temp. Cabos: 40 °C

-- 30/05/2025

Transformador 01

Entrada (R/S/T): 49 / 52,7 / 51,6 °C

Saída (R/S/T): 53 / 59,6 / 60,3 °C

Temp. Transformador: 59,6 °C

Temp. Cabos: 48,8 °C

Transformador 02

Entrada (R/S/T): 60 / 62 / 61 °C

Saída (R/S/T): 59 / 62 / 66,4 °C

Temp. Transformador: 68,5 °C

Temp. Cabos: 46,9 °C

Transformador 03



Entrada (R/S/T): 39,1 / 40,8 / 41,5 °C

Saída (R/S/T): 44 / 47 / 47,6 °C

Temp. Transformador: 60,4 °C

Temp. Cabos: 39,7 °C

Transformador 04

Entrada (R/S/T): 38 / 37 / 41,3 °C

Saída (R/S/T): 46 / 45 / 45,3 °C

Temp. Transformador: 48,2 °C

Temp. Cabos: 41 °C

-- 02/06/2025

Transformador 01

Entrada (R/S/T): 38,2 / 40,3 / 38,4 °C

Saída (R/S/T): 45 / 48 / 46,5 °C

Temp. Transformador: 50,1 °C

Temp. Cabos: 38,9 °C

Transformador 02

Entrada (R/S/T): 43 / 46,4 / 44,1 °C

Saída (R/S/T): 49 / 51 / 50,5 °C

Temp. Transformador: 50,2 °C

Temp. Cabos: 37,5 °C

Transformador 03

Entrada (R/S/T): 34,1 / 34,7 / 35 °C

Saída (R/S/T): 48,8 / 47 / 43,9 °C

Temp. Transformador: 64,8 °C

Temp. Cabos: 37,2 °C

Transformador 04

Entrada (R/S/T): 36,8 / 36,8 / 34 °C

Saída (R/S/T): 37,9 / 39,5 / 39 °C

Temp. Transformador: 42,2 °C

Temp. Cabos: 36,7 °C

-- 03/06/2025

Transformador 01

Entrada (R/S/T): 46,4 / 49,5 / 46,9 °C

Saída (R/S/T): 54,2 / 55,8 / 57,2 °C

Temp. Transformador: 57,7 °C

Temp. Cabos: 44,9 °C

Transformador 02

Entrada (R/S/T): 55,6 / 58,3 / 54,2 °C

Saída (R/S/T): 61 / 60 / 62 °C

Temp. Transformador: 62,8 °C

Temp. Cabos: 41 °C

Transformador 03

Entrada (R/S/T): 35,8 / 37 / 37,4 °C

Saída (R/S/T): 45 / 44,3 / 44,1 °C

Temp. Transformador: 68,8 °C

Temp. Cabos: 38,5 °C

Transformador 04

Entrada (R/S/T): 33,8 / 32,5 / 33,7 °C

Saída (R/S/T): 43,6 / 42 / 42,8 °C

Temp. Transformador: 44,3 °C

Temp. Cabos: 38,6 °C

-- 04/06/2025

Transformador 01

Entrada (R/S/T): 49,9 / 53,7 / 51,5 °C

Saída (R/S/T): 59,3 / 60,7 / 61,3 °C

Temp. Transformador: 61,7 °C

Temp. Cabos: 49,3 °C

Transformador 02

Entrada (R/S/T): 50,4 / 63,8 / 59,9 °C

Saída (R/S/T): 62 / 64 / 66,9 °C

Temp. Transformador: 69,4 °C

Temp. Cabos: 47,4 °C

Transformador 03

Entrada (R/S/T): 41,1 / 40,3 / 41,5 °C

Saída (R/S/T): 46,1 / 48,6 / 47,8 °C

Temp. Transformador: 70,2 °C



Temp. Cabos: 39,1 °C

Transformador 04

Entrada (R/S/T): 36,6 / 37,4 / 36,5 °C

Saída (R/S/T): 44 / 45 / 47,5 °C

Temp. Transformador: 48,3 °C

Temp. Cabos: 40,3 °C

-- 05/06/2025

Transformador 01

Entrada (R/S/T): 49 / 52,8 / 51,2 °C

Saída (R/S/T): 54 / 59,6 / 59,3 °C

Temp. Transformador: 60,6 °C

Temp. Cabos: 48,3 °C

Transformador 02

Entrada (R/S/T): 58,5 / 61,8 / 58,6 °C

Saída (R/S/T): 61 / 63,4 / 64,4 °C

Temp. Transformador: 66,8 °C

Temp. Cabos: 45 °C

Transformador 03

Entrada (R/S/T): 39 / 40 / 41 °C

Saída (R/S/T): 48 / 51,4 / 56 °C

Temp. Transformador: 69,4 °C

Temp. Cabos: 42,7 °C

Transformador 04

Entrada (R/S/T): 37,4 / 36,1 / 36,3 °C

Saída (R/S/T): 40 / 42,4 / 44,4 °C

Temp. Transformador: 45,9 °C

Temp. Cabos: 40,4 °C

-- 06/06/2025

Transformador 01

Entrada (R/S/T): 48 / 51 / 49 °C

Saída (R/S/T): 49 / 51 / 57,7 °C

Temp. Transformador: 57,5 °C

Temp. Cabos: 47 °C

Transformador 02

Entrada (R/S/T): 55,8 / 63,1 / 54,2 °C

Saída (R/S/T): 62,2 / 61,9 / 65,7 °C

Temp. Transformador: 66,1 °C

Temp. Cabos: 42,4 °C

Transformador 03

Entrada (R/S/T): 48,9 / 47,2 / 40,8 °C

Saída (R/S/T): 39,4 / 40,3 / 46,9 °C

Temp. Transformador: 68,9 °C

Temp. Cabos: 39 °C

Transformador 04

Entrada (R/S/T): 36,4 / 35,5 / 35,4 °C

Saída (R/S/T): 42,3 / 43,3 / 43,4 °C

Temp. Transformador: 45,3 °C

Temp. Cabos: 39,6 °C

Análise segundo os novos critérios:

- Todos os transformadores operaram dentro da faixa de normalidade (≤ 70 °C), considerando os dados de entrada, saída e cabos.

- O transformador 02 apresentou 68,4 °C na carcaça, entrando na faixa de atenção, o que requer monitoramento contínuo.

- O transformador 03, utilizado na sala de máquinas de baixa temperatura (- 35 °C), apresentou 70,3 °C na carcaça, limite superior da faixa normal, indicando que pode haver sobrecarga temporária ou falhas de ventilação.

- O transformador 04 foi o mais estável termicamente, com valores bem abaixo da faixa de atenção.

Análise e Discussão

A análise dos dados demonstrou que a inspeção termográfica é uma ferramenta eficiente para identificar anomalias térmicas invisíveis a inspeções visuais convencionais. A intervenção rápida em pontos críticos evitou possíveis falhas com consequências sérias, como incêndios ou paradas emergenciais.

Além disso, a documentação dos pontos inspecionados, com imagens e registros de temperatura, permitirá o acompanhamento da



evolução das condições dos componentes e embasará decisões futuras no plano de manutenção.

CONCLUSÃO

A realização das inspeções termográficas na subestação da unidade JBS Itapetinga demonstrou, de forma prática, a eficácia dessa tecnologia como ferramenta de manutenção preditiva. Os dados obtidos permitiram identificar antecipadamente zonas com aquecimento anormal, possibilitando intervenções corretivas antes que falhas maiores ocorressem.

Destaca-se o comportamento térmico dos transformadores 01, 02 e 03, que apresentaram níveis de aquecimento próximos ao limite de atenção em diversas medições, evidenciando a necessidade de acompanhamento contínuo. Já o transformador 04 manteve temperaturas estáveis e abaixo do ponto de preocupação, refletindo boas condições operacionais.

Conclui-se que a inspeção termográfica contribui significativamente para a segurança, eficiência e confiabilidade dos sistemas elétricos industriais. Sua adoção contínua deve ser incentivada como prática essencial na gestão de ativos elétricos, promovendo a prevenção de acidentes, a redução de custos com manutenção corretiva e a maior disponibilidade operacional dos equipamentos.

REFERÊNCIAS

- Aplica Engenharia. Medição termográfica em instalações elétricas: guia completo. Aplica Engenharia, 2024. Disponível em: <https://aplicaengenharia.com.br/medicao-termografica-em-instalacoes-eletricas-guia-completo>. Acesso em: 1 jun. 2025.
- Bindt. Revealing the Invisible: How Thermographic Imaging is Transforming Electrical Inspections. British Institute of Non-Destructive Testing, 2025. Disponível em: <https://www.bindt.org/News/may-2025/revealing-the-invisible>. Acesso em: 1 jun. 2025.
- Kot, Maciej et al. Thermographic Measurements in Electrical Power Engineering. Applied Sciences, v. 14, n. 11, p. 4920, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/11/4920>. Acesso em: 1 jun. 2025.
- Liu, Qing; Wang, Wei; Chen, Hang. Automated Thermal Fault Detection in Ultra-High Voltage Substation Equipment. ResearchGate, 2025. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/391801823>. Acesso em: 1 jun. 2025.
- Pietrzak, Maciej; Kordek, Adam. Conducting Thermographic Inspections in Electrical Substations: A Survey. ResearchGate, 2025.

Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/364449306>. Acesso em: 1 jun. 2025.

Pix Force. Inspeção termográfica em subestação de energia: o que é e como funciona. Pix Force, 2024. Disponível em: <https://pixforce.ai/pt-br/inspecao-termografica-o-que-como-funciona>. Acesso em: 1 jun. 2025.

Produttivo. Inspeção termográfica: o que é, importância e como realizar. Produttivo Blog, 2024. Disponível em: <https://www.produttivo.com.br/blog/inspecao-termografica>. Acesso em: 1 jun. 2025.

Shaikh, Salman; Kadri, M. A.; Dawood, Y. Deep Learning Model for Detection of Hotspots Using Infrared Thermography. Journal of Electrical Systems and Information Technology, v. 11, n. 1, 2024. Disponível em: <https://jesit.springeropen.com/articles/10.1186/s43067-024-00148-y>. Acesso em: 1 jun. 2025.