

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS CORNÉLIO PROCÓPIO  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO  
INDUSTRIAL

GRAYCE LAIS DOS SANTOS CARNEIRO

**TERMOGRAFIA PARA A INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS  
ELÉTRICOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO

2017

GRAYCE LAIS DOS SANTOS CARNEIRO

TERMOGRAFIA PARA A INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS  
ELÉTRICOS

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação como requisito parcial para a conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Me. Marco Antonio Ferreira Finocchio

CORNÉLIO PROCÓPIO

2017

**GRAYCE LAIS DOS SANTOS CARNEIRO**

**TERMOGRAFIA PARA A INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS  
ELÉTRICOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado às 17h30min do dia 27 de março de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Me. Marco Antônio Ferreira Finocchio  
Professor Orientador  
UTFPR/ Campus Cornélio Procópio

---

Esp. Carlos Alberto Paschoalino  
Professor Convidado  
UTFPR/ Campus Cornélio Procópio

---

Esp. Edmar Piacentini Junior  
Professor Convidado  
UTFPR/ Campus Cornélio Procópio

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico este trabalho a minha mãe Maria do Carmo dos Santos.

## **AGRADECIMENTOS**

Estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida, portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte de minha gratidão.

Primeiramente a Deus por me abençoar, por ter me dado forças, persistência e sabedoria para concluir o curso.

Ao meu orientador Professor Me. Marco Antonio Ferreira Finocchio por ter me orientado, sempre disposto a ajudar para que fosse possível a conclusão desse trabalho.

A banca composta pelos Professores Especialistas Carlos Alberto Paschoalino e Edmar Piacentini Junior por terem acreditado na elaboração desse trabalho e pelas valiosas dicas que agregaram conteúdo ao mesmo.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

A medição por infravermelho para verificação de instalações elétricas de baixa e média tensão tornou-se partes integrante das inspeções anuais de rotina. Trata se de um procedimento econômico e versátil. Mas para assegurar a execução de medição confiável, que produzam resultados consistentes devem ser observados os aspectos como os apresentados desta monografia.

**Palavras-chave:** Termômetro infravermelho, emissividade, termografia.

## **ABSTRACT**

Infrared measurement for verification of low and medium voltage electrical installations has become an integral part of routine annual inspections. It is an economical and versatile procedure. But to ensure reliable measurement execution, which produce consistent results should be observed aspects such as those presented in this monograph.

**Keywords:** Infrared thermometer, emissivity, thermography

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>09</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	11
1.2 OBJETIVO .....	11
<b>2 MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS E COMPONENTES.....</b>	<b>12</b>
2.1 EMISSIVIDADE.....	13
2.2 MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	14
2.3 MANUTENÇÃO PREVENTIVA .....	15
2.4 MANUTENÇÃO CORRETIVA.....	16
2.5 ELIMINAÇÃO DE FALHAS .....	16
<b>3 MANUTENÇÃO POR TERMOGRAFIA.....</b>	<b>18</b>
3.1 MEDIÇÃO EXECUTADA POR INFRAVERMELHO .....	19
3.1.1 Fusíveis NH e rosqueamento .....	19
3.1.2 Conexões de disjuntores .....	21
3.1.3 Barra de conectores.....	21
3.1.4 Barramentos blindados .....	22
3.1.5 Equipamentos de media tensão.....	23
<b>4 ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>24</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>33</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>34</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagem termografica .....	10
Figura 2: Diagrama simplificado de um sistema de diagnóstico de falhas.. .....	17
Figura 3: Conexão de barramentos, vista termografica.....	19
Figura 4: Conexão preste a falhar .....	20
Figura 5: Temperaturas maiores de 400°C em um fusível NH.....	20
Figura 6: Falha no terminal do disjuntor. ....	21
Figura 7: Aquecimento no conector.....	22
Figura 8: Falha em barramento blindado. ....	22
Figura 9: Aquecimento de um transformador de corrente. ....	23
Figura 10: Análise de tendencia .....	25
Figura 11: Imagem termográfica disjuntor 225A. ....	26
Figura 12: Diagrama Unifilar do QGBT. ....	27
Figura 13: Imagem termográfica disjuntor 225A. ....	28
Figura 14: Variáveis elétrica.....	29
Figura 15: Temperatura do componente.....	29
Figura 16: Imagem termográfica disjuntor 225A.. ....	30
Figura 17: Imagem termográfica disjuntor 225A.. ....	30
Figura 18: Variáveis elétrica.....	31
Fotografia 1: Máquina de ar condicionado (31kW, 99A).....	25
Fotografia 2: Disjuntor 225A.....	28

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Emissividade. ....	14
Tabela 2 – Medidas Eléctricas e físicas. ....	28
Tabela 3 – Medidas Eléctricas e físicas. ....	31

# 1 INTRODUÇÃO

A termografia (grego *therme*, significando calor; e *grafia*, escrita) é uma técnica que permite mapear um corpo ou uma região com o intuito de distinguir áreas de diferentes temperaturas, sendo, portanto uma técnica que permite a visualização artificial da luz dentro do espectro infravermelho.

As vibrações de campos elétricos e magnéticos que se propagam no espaço, a velocidade da luz de forma mutuamente sustentada da origem às ondas eletromagnéticas. E o conjunto de ondas eletromagnéticas de todas as frequências forma o espectro eletromagnético. O infravermelho corresponde a uma faixa de frequência eletromagnética naturalmente emitida por qualquer corpo à temperatura próxima à do ambiente (22°C), com intensidade proporcional à quarta potência de sua temperatura.

A emissão de ondas eletromagnéticas pelos corpos aquecidos é estudada na física mediante o que denomina-se por radiação de corpo negro, sendo essa descrita pela Lei de Planck.

O estudo da radiação térmica de corpos negros apresenta-se na história da física como o principal fenômeno que levou ao desenvolvimento da mecânica quântica.

A termografia hoje tem um papel muito importante na área de manutenção preditiva.

Através da sua utilização, é possível eliminar muitos problemas de produção, evitando falhas elétricas, mecânica e fadiga de materiais.

A termografia vem sendo amplamente utilizada como método para monitorar a temperatura dos componentes, com o objetivo de detectar os problemas térmicos em seu estágio inicial, evitando as paradas desnecessárias dos equipamentos.

A termografia infravermelha, é conhecida hoje, com termovisores portáteis capazes de detectar e converter, em tempo real, a radiação infravermelha em imagens visíveis e com a possibilidade de medição de temperatura, só foi possível devido a diversos estudos e descobertas, das quais uma das mais importantes, foi partir da descoberta da radiação infravermelha, (SANTOS,2006, p.19).

A descoberta da radiação infravermelha é atribuída a Willian Herschel, um Astrônomo, antes do século 19. Herschel tentava descobrir quais as cores do espectro que eram responsáveis pelo aquecimento de objetos, usando um prisma para refletir a luz do sol, concluiu que a temperatura aumentava na medida que a luz passava da cor violeta para a vermelha, e a maior temperatura ocorria na faixa do além do visível, sobre o qual Herschel nomeou de raios caloríficos, são hoje conhecidos como raios infravermelhos (MENDONÇA, 2005).

A energia térmica ou infravermelha é uma onda invisível que possui comprimento de onda muito longo para ser detectado pelos olhos humano, quanto mais alta a temperatura de um objeto, maior é a radiação infravermelha emitida. O calor detectado por uma câmera termográfica pode ser medido de forma muito precisa e sem contato físico, não apenas para monitorar o comportamento térmico, mais também para identificar e avaliar a gravidade do aquecimento.

A câmara termográfica por infravermelhos é um aparelho que detecta calor (energia infravermelha), convertendo-o em sinal elétrico e produzindo imagens, efetuando assim cálculos de temperatura.

A termografia não substitui os testes de rotina e nem elimina as necessidades de inspeções visuais, testes funcionais, medição de corrente, etc., que devem ser realizados no escopo dos ensaios de rotina. Porém representa um método muito útil de medição complementar que possibilita o exame e a avaliação do estado do equipamento. Uma das grandes vantagens é a possibilidade de executar as medições com o equipamento em funcionamento (sob tensão).

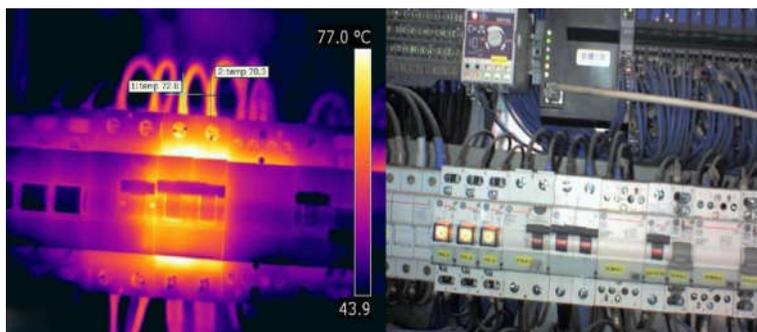


Figura 1 – Imagem termográfica

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A termografia infravermelha pode ser uma ferramenta essencial na manutenção preventiva das grandes indústrias, que consistem de um conjunto de ações realizadas em intervalos de tempo ou de funcionamento da máquina.

Considerando que toda quebra de equipamentos provocados por disfunção em componentes, tem sido uma prática bastante utilizada pelas indústrias. Sendo uma técnica utilizada como método para monitorar a temperatura dos componentes, evitando aquecimento excessivo e possíveis falhas. Desta forma, o estudo justifica-se pela importância da manutenção preventiva aplicado nas empresas, buscando aumentar o tempo de aproveitamento dos equipamentos e instalações, evitando assim, paradas indesejadas ocasionadas por falhas nos equipamentos elétricos.

As vantagens da monitoração dos equipamentos pela termografia, são capazes de classificar os componentes elétricos aquecidos considerando as temperaturas máximas admissíveis para cada tipo de componente.

## 1.2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é empregar a termografia infravermelha para detectar falhas em máquinas e equipamentos elétricos, que possam comprometer os processos das indústrias, mostrando a importância e aplicabilidade através da manutenção preventiva que fará com que “funcione de modo seguro e eficiente, reduzindo a probabilidade de quebra”. A maior parte dos equipamentos elétricos apresenta diferenças térmicas, que pode ajudar na localização rápida e precisa em sua fase inicial (KELCH, SEFFRIN, 1999; SHULTZ, 2005).

## **2. MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS E COMPONENTES**

O segmento de manutenção apresentou evolução significativa ao longo dos últimos 70 anos. Desde os anos 30, a manutenção passou por três gerações:

### **Primeira Geração**

Antes da 2ª guerra mundial, numa época em que a indústria era pouco mecanizada, com equipamentos simples e superdimensionados.

A produtividade não era prioritária, com o foco voltado para a Manutenção Corretiva.

### **Segunda Geração**

Período da 2ª guerra até os anos 60 ocorreu uma pressão por produção, com pouca disponibilidade de mão de obra para a indústria. Com a forte mecanização e a maior complexidade das instalações industriais, exigiu-se disponibilidade e confiabilidade de máquinas para a produção (evitar falhas). Surgiu a Manutenção Preventiva, com intervenções programadas em intervalos pré-definidos. Com isto, os custos de manutenção e a necessidade de investimentos em peças de reposição, passaram a destacar-se, forçando as empresas a melhorar suas programações, criando-se os Sistemas de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM). Este sistema está relacionado ao planejamento, programação, coordenação, execução e controle garantindo melhores recursos na manutenção.

### **Terceira Geração**

A partir da década de 70, as paradas na produção começaram a ter repercussões, diminuindo a produtividade e afetando o custo dos produtos. A

aplicação de preventivas sistemáticas, com paradas de máquinas para revisão, nem sempre se adaptava ao processo industrial.

Começava a surgir a Manutenção sob Condição, ou Manutenção Preditiva. Iniciou-se a interação entre as fases de projeto, fabricação, instalação e manutenção de equipamentos com a disponibilidade exigida no processo industrial.

Empresas com modernos sistemas de manutenção que exigiam altos índices de disponibilidade de equipamentos, adotando os conceitos de Preditiva, com forte ênfase em Planejamento e Controle de Manutenção e Técnicas de Inspeção Preditiva. Conforme citam os autores (KARDEC; NASCIF, 2006).

A necessidade de uma operação confiável, segura e contínua dos equipamentos é o motivo principal da realização de uma inspeção termográfica. O bom resultado da inspeção depende grande parte do conhecimento do funcionário.

Para o manuseio desse equipamento requer a capacitação dos operadores. Além do conhecimento das limitações dos equipamentos, os operadores devem saber se as informações colhidas são confiáveis e se podem orientar as ações da manutenção. Os programas aplicativos utilizados são capazes de classificar os componentes elétricos aquecidos considerando as temperaturas máximas admissíveis para cada tipo de componente além da influência da carga e do vento (em instalações externas). Um aplicativo assim permite a emissão de relatórios com a classificação correta dos componentes aquecidos em termos de criticidade e de risco para o sistema produtivo (VERATTI, 2011)

## 2.1. EMISSIVIDADE

A emissividade determina a capacidade de uma superfície emitir radiação, sendo um termo usado para descrever as características de emissão de energia de material medido. A Tabela 1 apresenta a emissividade de alguns materiais.

**Tabela 1 - Emissividade**

<b>SUBSTÂNCIA</b>	<b>EMISSIVIDADE TÉRMICA</b>	<b>SUBSTANCIA</b>	<b>EMISSIVIDADE TÉRMICA</b>
Asfalto	0,9	Oxido de cromo	0,81
Concreto	0,94	Oxido de cobre	0,78
Cimento	0,96	Oxido de ferro	0,78 a 0,82
Areia	0,90	Papel	0,70 a 0,94
Terra	0,92 a 0,96	Verniz	0,80 a 0,95
Agua	0,92 a 0,96	Vidro	0,90 a 0,95
Gelo	0,92 a 0,98	Madeira de lei	0,90

Existem diversos métodos para se determinar a emissividade de um objeto. Os fabricantes de termômetros de radiação costumam publicar tabelas para os materiais mais comuns. Elas servem como orientação, mas não pode se esquecer de observar a condição da superfície e o comprimento de onda de operação, que também interferem na emissividade.

## 2.2. MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção preditiva baseada na condição utiliza medições e métodos de processamento de sinais para diagnosticar a condição do equipamento durante operação. As técnicas de monitoramento incluem: análise de vibração, ultrassom, ferrografia, tribologia, monitoria de processo, inspeção visual, e outras técnicas de análise não destrutivas. A combinação destas técnicas oferece os meios de monitoramento direto de todos os equipamentos e sistemas críticos em uma fábrica (ALMEIDA, 2011).

Um sistema de manutenção termográfico possui recursos que permitem a realização de tarefas de análise preditiva nos campos de redes elétricas, equipamentos mecânicos, redes de vapor, fornos, reatores e processos.

Em vez de esperar as falhas do equipamento, a empresa deve optar por uma manutenção preditiva. A manutenção preditiva através da termografia em equipamentos mecânicos e elétricos reduz a manutenção corretiva; reduz os custos de manutenção e o consumo de energia elétrica, pois contribui para o prolongamento da eficiência operacional dos sistemas analisados.

Através de técnicas preditivas é feito o monitoramento da condição e a ação, quando necessária, é realizada através de manutenção corretiva planejada.

### 2.3. MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A Manutenção Preventiva é definida como a manutenção efetuada em intervalos pré-determinados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falhas ou a degradação.

Segundo Zaians (2003) a Manutenção Preventiva apresenta algumas vantagens, como a continuidade do funcionamento do equipamento, parando somente para consertos em horas programadas, com isto a empresa terá maior facilidade para cumprir seus programas de produção. É obter a utilização máxima do equipamento nas tarefas de produção, com a correspondente redução do tempo de máquina parada e custo da manutenção.

Segundo Kardec; Nascif (2009, p.42) Manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano preventivamente elaborado, baseados em intervalos definidos de tempo.

Com a implantação da termografia na manutenção preventiva podemos ter algumas expectativas de reduzir o envelhecimento ou degradação dos equipamentos, eliminar ou reduzir ao mínimo os riscos de quebra dos equipamentos e diminuir os tempos de imobilização do equipamento para concerto.

Conforme Souza (2011), manutenção preventiva, é uma atividade que tem como objetivo principal a prevenção da ocorrência de uma falha ou uma parada do equipamento por quebra, também apoiar a manutenção corretiva através da aplicação de uma metodologia de trabalho periódico, ou ainda a responsável pela intervenção que poderá interromper ou não a produção de uma maneira planejada e programada.

## 2.4. MANUTENÇÃO CORRETIVA

A Manutenção corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado. Para Souza (2011) chamamos de manutenção corretiva a atividade técnica responsável pela correção de uma falha identificada em um determinado componente do equipamento. A manutenção corretiva exige que se tenha á mão alguns equipamentos mínimos, bem como a existência de oficinas adequadas para poder concluir rapidamente os serviços solicitados. A manutenção corretiva em equipamentos e máquinas elétrica, somente será realizada após uma falha em componente do equipamento ou peça.

## 2.5. ELIMINAÇÃO DAS FALHAS

Em grande parte os aquecimentos surgem devido ao aumento das resistências de contatos e conexões, também existem componentes com altas temperaturas causadas pelas escolhas erradas.

Na classificação das falhas a associação das seguradoras (Vds) estabelece uma tabela para facilitar aos operadores a avaliação dos equipamentos elétricos e eliminar primeiro os pontos de falha considerando os mais perigosos.

Principalmente na área de media tensão, existe conexão planas. Em todas as falhas térmicas é importante não se limitar apenas no reaperto dos parafusos, pois isto não leva a eliminação das falhas. Em todo o caso é necessário abrir a conexão e limpar ambas as superfícies com a escova de aço.

A Figura 2 apresenta um esquemático do sistema de diagnóstico de falhas.

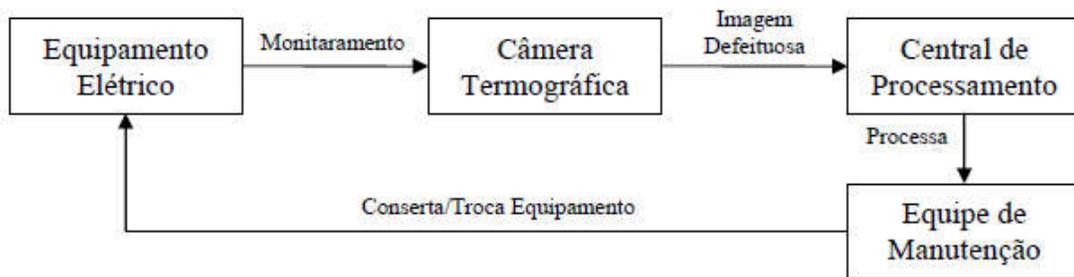


Figura 2 – Diagrama simplificado de um sistema de diagnóstico de falhas.

### 3 MANUTENÇÃO POR TERMOGRAFIA

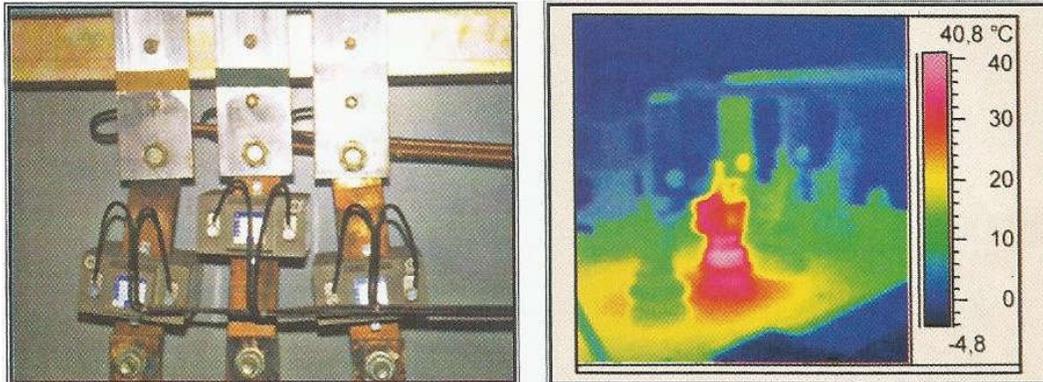
A termografia, ou a geração de imagens térmicas, pode ser utilizada em aplicações tais como a inspeção de equipamentos elétricos, de processos e no diagnóstico de construções. Os equipamentos elétricos incluem motores, equipamentos de distribuição, quadros de comando, subestações entre outras. Equipamentos de processo incluem equipamentos de montagem e manufatura automatizados. Os diagnósticos de construção incluem a verificação de umidade em telhados e inspeções de vazamento de ar e detecção de umidade no isolamento de prédios. Dentre essas aplicações, são mais comumente utilizados para inspecionar a integridade de sistemas elétricos (FLUKE, 2009).

Dentro da prática termográfica, os componentes que envolvam eletricidade tem a maior aplicação, onde se inspeciona aquecimento em acionamentos, aquecimento em bornes, aquecimento em componentes elétricos, quadros de comando até subestações de energia. Em eletricidade e eletrônica, a monitorização constante e a detecção precoce de alterações na temperatura de um determinado componente permitem a prevenção de falhas de maquinaria e consequentes perdas de produtividade, além de resultar em redução significativa nos custos com manutenção corretiva por falhas indesejadas de máquinas, por conta de defeitos em componentes elétricos que as integram (AFONSO,2010; FLUKE,2009).

Seguindo este mesmo pensamento, em 1972 foi implantada a prática da termografia em FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS, que é uma distribuidora de energia, onde a manutenção preditiva em todas as subestações da empresa, tem como foco principal a prática termográfica, apresentando ótimos resultados, dentre eles uma maior confiabilidade do sistema de distribuição de energia, detectando problemas em seu estágio inicial, evitando desta forma paradas indesejadas, e consequente maior produtividade e operacionalidade de seus sistemas de distribuição de energia (ARAÚJO, 2008).

Através desta técnica é possível identificar regiões onde a temperatura está alterada em relação a um padrão estabelecido. “É baseada na medida da radiação eletromagnética emitida por um corpo a uma temperatura acima do zero absoluto” (MALDAGUE,1993; DERENIAK, 1996).

É uma técnica de manutenção que detecta por radiação infravermelha a temperatura de equipamentos elétricos como disjuntores, chaves seccionadoras, bases, fusíveis, barramentos e condutores em geral. Esta técnica pode ser observada na inspeção de um barramento Figura 3.



**Figura 3 – Conexão de barramentos, visão termográfica.**

A medição de temperatura pode ser realizada por medição sem contato, na qual termômetro de infravermelho e termovisores podem ser empregados, (HOLST, 2000).

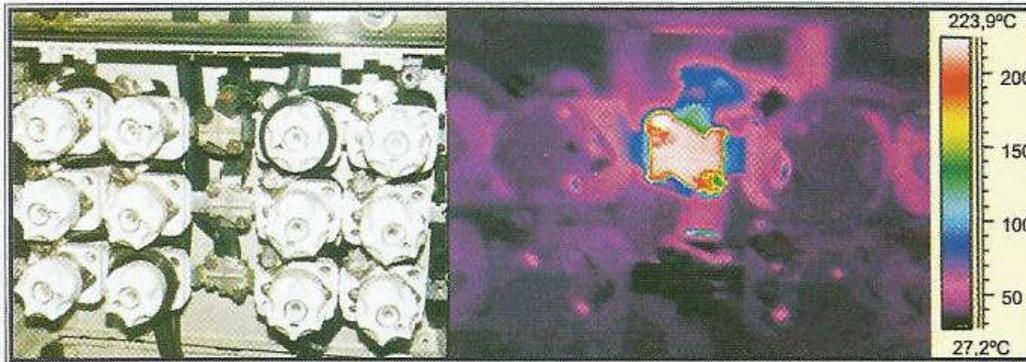
### 3.1. MEDIÇÕES EXECUTADAS POR INFRAVERMELHO

Termografia por infravermelho pode ser aplicada em diversas áreas onde o conhecimento sobre os padrões de calor e temperaturas associadas proverão dados relevantes sobre um processo, sistema ou estrutura. A detecção de falhas incidentes em equipamentos elétricos é uma dessas áreas onde é bastante aplicada (KELCH, SEFFRIN, 1999).

#### 3.1.1. Fusíveis NH e Rosqueados

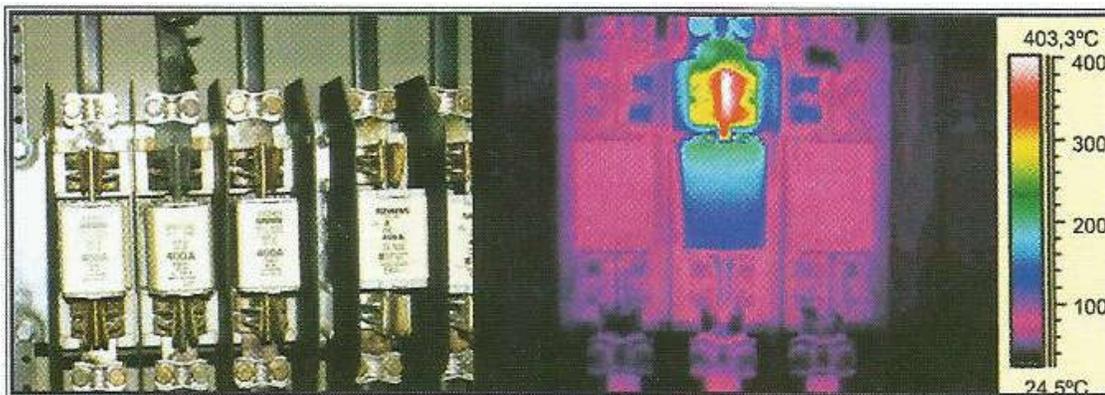
Na Figura 4 e 5 são de elementos de proteção com danos bem avançados, prestes a falhar ou incendiar. Na Figura 4 mostra uma caixa de distribuição com fusíveis rosqueados. O terminal superior este fortemente

oxidado pelas altas temperaturas e a isolação dos cabos, queimada. Provavelmente as conexões aparafusadas se soltaram.



**Figura 4 – Conexão prestes a falhar.**

Na Figura 5, a mola de contato do fusível NH sofreu tanta fadiga no decorrer do tempo que a pressão de contato não é mais suficiente para conduzir a corrente. A resistência de passagem aumenta tanto que as peças adjacentes chegam a incandescer. Neste fusível, a temperatura já passou de 400°C. Devido ao intenso calor, a pressão da mola diminui ainda mais, a resistência de contato aumenta e na melhor das hipóteses o equipamento falha.



**Figura 5 – Temperaturas maiores de 400°C em um fusível NH.**

### 3.1.2. Conexões de Disjuntores

Um simples controle visual do terminal inferior do disjuntor já teria indicado a falha. Mas será que se inspecionado todos os equipamentos elétricos seria possível verificar o aquecimento. Infelizmente não, pois o departamento de manutenção tem poucos colaboradores e não sobra muito tempo para ser inspecionado visualmente com regularidade. Sendo assim os controles regulares das instalações elétrica através da termografia tornam se ainda mais importantes.

No terminal interior do disjuntor, Figura 6, o cobre apresenta cor bem alterada. A operação continua fez a temperatura de uma conexão subir a quase 423°C. Quando a temperatura aumenta nos componentes, eles precisam ser substituídos, pois a camada de oxido espessa eleva significativamente a resistência do contato também dentro do disjuntor. Assim a continuidade de operação do disjuntor seria muito arriscada e a próxima falha seria certa.



**Figura 6 – Falha no terminal de um disjuntor.**

### 3.1.3. Barras de Conectores

Este tipo de aquecimento, Figura 7, só pode ser localizado pelo uso da termografia, que possui a vantagem de descobrir no estagio inicial, podendo eliminar a falha em pouco tempo, evitando a para indesejada da fabrica. Na Figura 6 não teria chamado a atenção no controle visual, pois a capa plástica não esta colorida.

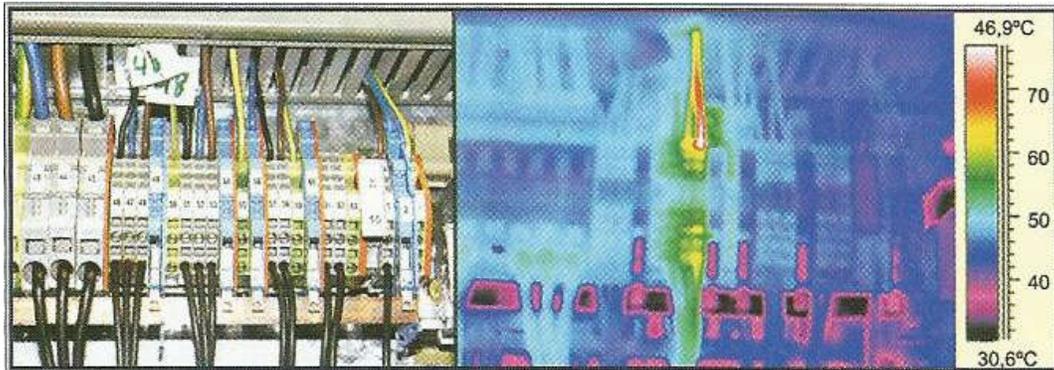


Figura 7 – Aquecimento no conector.

#### 3.1.4. Barramentos Blindados

Os barramentos em geral são de difíceis acessos, pois muitas vezes são instalados sobre as máquinas, de três a quatro metros de altura. A Figura 8 mostra um barramento defeituoso. Portanto a verificação regular por meio de câmera infravermelha é muito recomendada, a fim de que os pontos falhos não sejam descobertos somente no momento do incêndio.

Para inspecionar os barramentos requer em também câmeras infravermelho de alto valor, com objetiva intercambiais para a execução de uma análise tecnicamente correta.

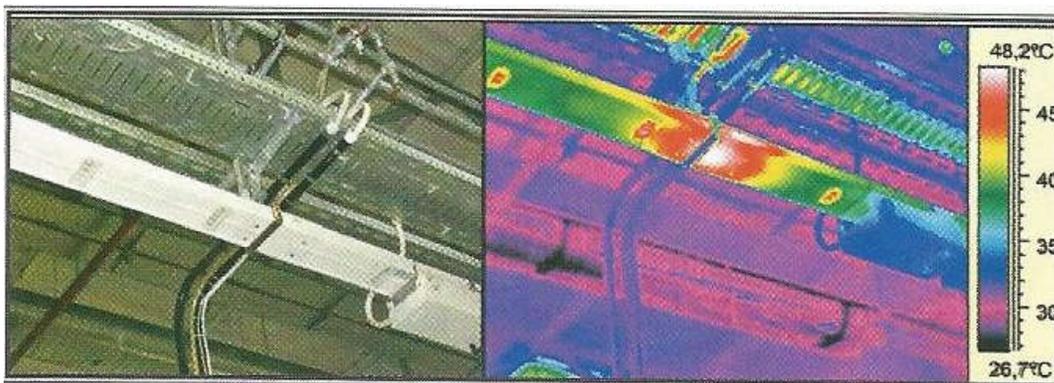


Figura 8 – Falha em barramento blindado

### 3.1.5. Equipamentos de Média Tensão

Os equipamentos de media tensão sempre apresentam falhas, devido o sobreaquecimento. Além do controle visual as instalações de media tensão não permitem outras inspeções durante a operação. Esta inspeção e manutenção preventiva necessita de um desligamento programado.

Na Figura 9 mostra uma falha no interior de um transformador de corrente. Como frequentemente a termografia é uma inspeção comparativa das três fases que permite reconhecer claramente o forte aumento de temperatura no condutor.



**Figura 9 – Aquecimento de um transformador de corrente**

## 4. ESTUDO DE CASO

O objetivo desse estudo do ponto de vista de suas características elétricas e operacionais foi apresentar por meio de análises, técnicas como auxílio da ferramenta câmera termográfica, para certificar a tomada de decisão no diagnóstico das falhas, assim evitando alguma despesa desnecessária, como a troca de uma peça que não seja a real fonte de defeito na planta e trabalhando de forma que a manutenção preventiva seja aplicada e evitando a manutenção corretiva.

Uma Instituição X do setor bancário com 10 agências fornece para seus clientes uma estrutura mínima para conforto e segurança de seus clientes.

Portanto, essa Instituição X passa por manutenções na área Elétrica em um dado intervalo de tempo (mensal).

Em um desses ciclos mensais na Manutenção Preventiva foi constatado que um equipamento de ar condicionado que fica na Casa de Máquinas, estava apresentando interrupções anormais no seu funcionamento, a cada 5 minutos havia uma parada e após 5 segundos passados, a máquina voltava a funcionar novamente no mesmo ciclo de operação, fotografia 1.

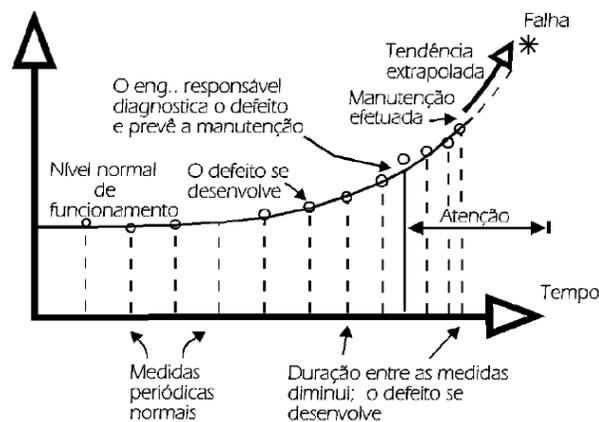


Fotografia 1 - Máquina de ar condicionado (31kW, 99A)

Diante de tal fato foi tomada a decisões de utilizar as seguintes técnicas:

- Limpeza no quadro elétrico, reaperto nos bornes e aplicar um limp-contato.
- Balanceamento de Cargas, ajustes na máquina, teste de aterramento (NBR 5410, 2004).
- Medir Grandezas Elétricas (tensão, corrente, potência), Circuito Trifásico desequilibrado e equilibrado (NILSON, RIEDEL, 1999).
- Monitoramento da máquina durante certo período, para avaliar o comportamento até que sua operação afastar-se do ponto de desempenho.

Assim, aplicou-se então o conceito de Manutenção Preditiva e Preventiva que indica as condições reais de funcionamento da máquina com base em dados que informam o seu desgaste (figura 10).



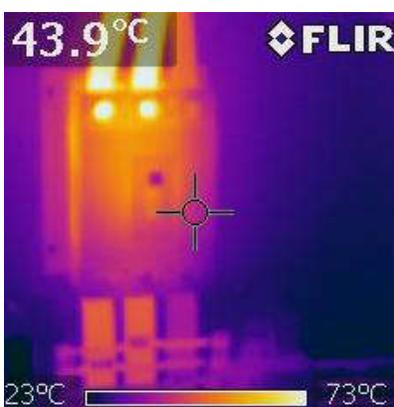
**Figura 10 - Análise de tendência**

A manutenção que prediz o tempo de vida útil dos componentes da máquina constatou que mesmo após todas essas intervenções o problema persistia.

Desta forma foi necessário trabalhar com a técnica, da Termografia, com auxílio da Câmera de Termovisão.

Essa nova ferramenta, a Câmera de Termovisão, calcula e mostra através das imagens a temperatura interna e da superfície do objeto a ser estudado, o que não seria possível com um termômetro digital e muito menos seria visível no espectro em que enxergamos.

Analisando todo o circuito elétrico da Casa de Máquinas através da termografia constatou-se que através da imagem da Figura 11, que o Disjuntor de 225A, tripolar do Quadro de Distribuição Geral (QGBT) estava com uma temperatura interna elevada, fora dos padrões, ocasionando o problema no desligamento da máquina de ar condicionado.



**Figura 11 - Imagem termográfica disjuntor 225A**

Como pôde ser visto na imagem da Figura 11, a variação de temperatura no disjuntor variam de 23°C a 73°C, as partes mais escuras da imagem mostram que a temperatura está mais baixa e as partes mais claras mostram um aumento significativo da temperatura na mesma chave termomagnética, portanto está fora dos padrões normais de funcionamento, que seria na faixa de temperatura (°C) admissível de menor ou igual a 40°C (MAMEDE FILHO, 2001).

Já em uma imagem comum seria impossível esta análise, como pode ser observado na, Fotografia 2, o disjuntor de 225A ligado na sua entrada três cabos condutores de 240mm<sup>2</sup> por fase (R,S,T) e na sua saída possuindo três barramentos (verde, amarelo e vermelho).



Fotografia 2 - Imagem do disjuntor 225A

Segundo o Diagrama Unifilar (MAMEDE FILHO, 2001).

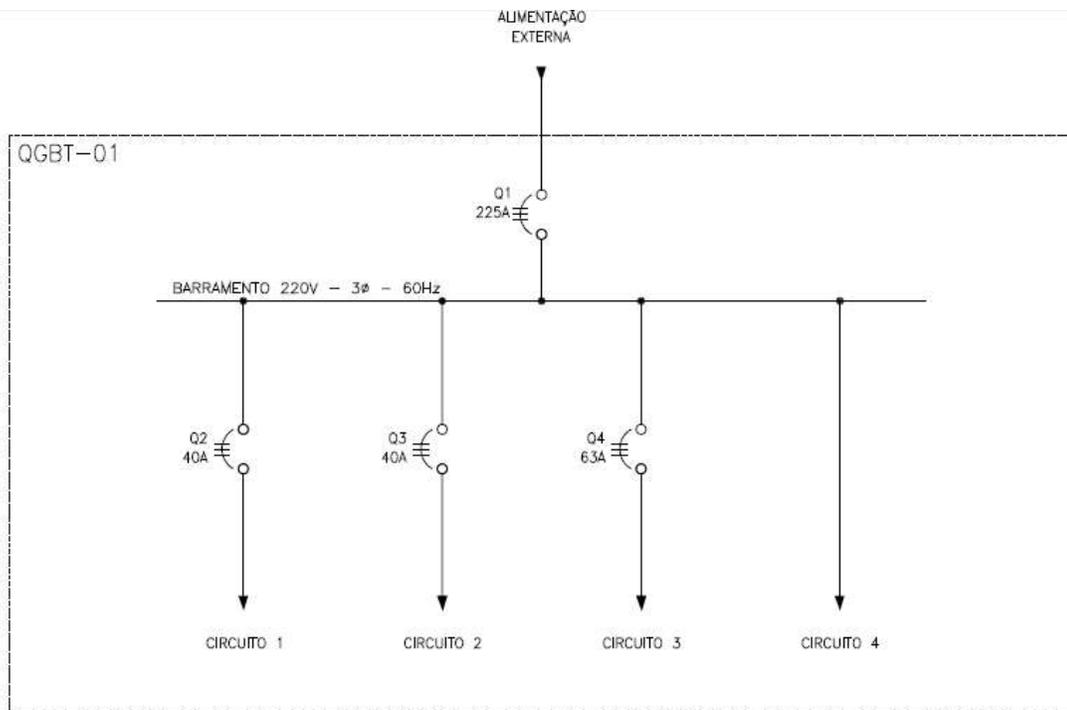


Figura 12 - Diagrama Unifilar do QGBT

Na imagem da Figura 13, pode-se observar que os números da temperatura variaram para cima.

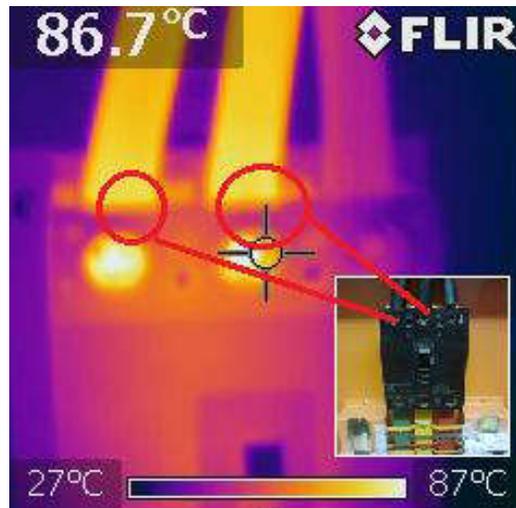


Figura 13 - Imagem termográfica disjuntor 225A

A variação de temperatura ocorreu devido a aproximação do termovisor à chave termomagnética, ou seja, diminuiu-se o campo de visão do equipamento. Tabelas e Gráficos foram criados para que todas as variáveis elétricas necessárias ao estudo fossem coletadas e que esses dados pudessem ser analisados e comparados.

Foram coletadas as medidas elétricas e físicas na chave termomagnética, mostrado na Tabela 2. O figura 14 indica o nível da tensão x corrente e o figura 15 o valor da temperatura.

Tabela 2 - Medidas elétricas e físicas

Fase	Tensão [V]	Corrente [A]	Potência Aparente [kVA]	Potência Ativa [kW]	Potência Reativa [kVAr]	Temperatura [°C]
R	124	81,2	10,07	9,7	2,7	72
S	126	79,2	9,97	8,9	4,5	86
T	125	80,6	10,08	9,6	3,05	63

### Variáveis Elétricas

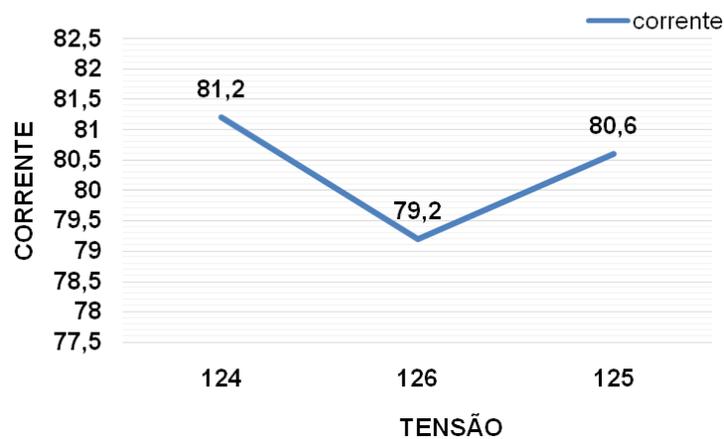


Figura 14 - Variáveis Elétricas

### Temperatura

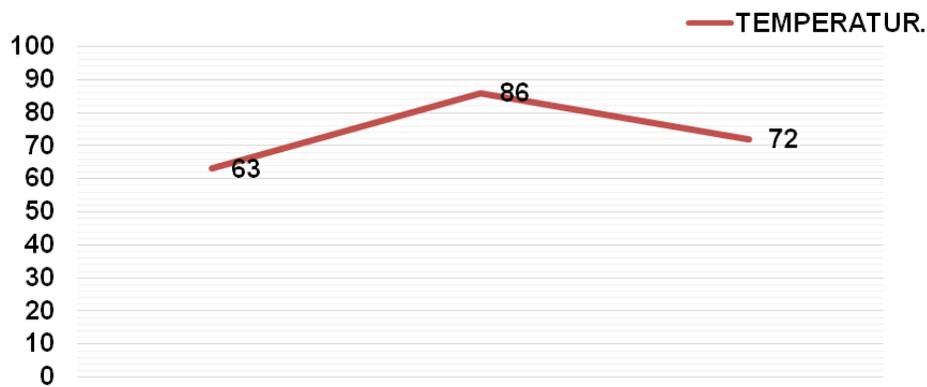


Figura 15 - Temperatura no componente

Após a análise sistemática dos dados, gráficos e imagens termográficas, ficou evidenciado e a tomada de decisão foi:

A substituição da chave termomagnética de 225A tripolar, pois concluindo que a mesma estava desgastada e apresentava fadiga, devido ao seu tempo de uso e de operação, não há recuperação deste tipo de chave.

O Disjuntor de 225A localizado no Quadro de Distribuição Geral (QGBT) foi substituído e a temperatura interna agora ficou nos níveis de padrão aceitável, ou seja, menor ou igual a 40°C, conforme observado pelas imagens da Figura 16 e Figura 17 e dados da Tabela 3, confirmando que após a

substituição de uma nova chave termomagnética de 225A tripolar o circuito está em pleno funcionamento e em equilíbrio.

Conforme pode ser visto em circuitos elétricos trifásicos em (NILSON, RIEDEL, 1999).

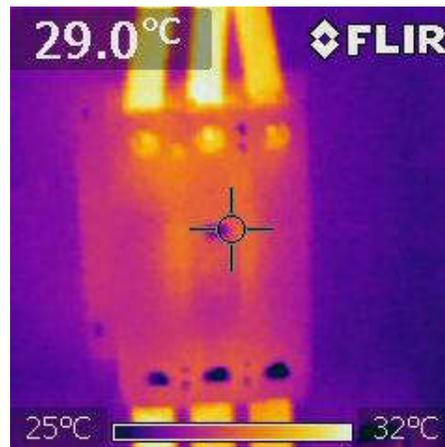


Figura 16 - Imagem termográfica disjuntor 225A

Na imagem da Figura 16, observa-se que os números da temperatura variaram para baixo.

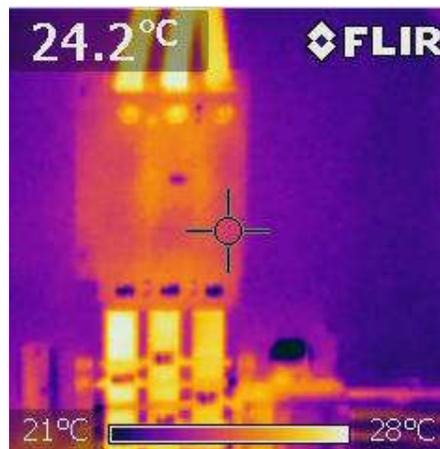


Figura 17 - Imagem termográfica disjuntor 225A

A variação de temperatura ocorreu devido a aproximação do termovisor à chave termomagnética, ou seja, diminuiu-se o campo de visão de quem está trabalhando com o termovisor.

Tabelas e Gráficos foram criados para que todas as variáveis elétricas necessárias ao estudo fossem coletadas e que esses dados pudessem ser analisados e comparados após a substituição da chave.

Foram coletadas as medidas elétricas e físicas na chave termomagnética, mostrado na Tabela 3. A figura 18 indica o nível da tensão x corrente e a figura 19 indica o valor da temperatura, de acordo com a corrente diagnosticada após a substituição do disjuntor.

Tabela 3 - Medidas elétricas e físicas

Fase	Tensão [V]	Corrente [A]	Potência Aparente [kVA]	Potência Ativa [kW]	Potência Reativa [kVAr]	Temperatura [°C]
R	124	81,2	10,07	9,7	2,7	72
S	126	79,2	9,97	8,9	4,5	86
T	125	80,6	10,08	9,6	3,07	63

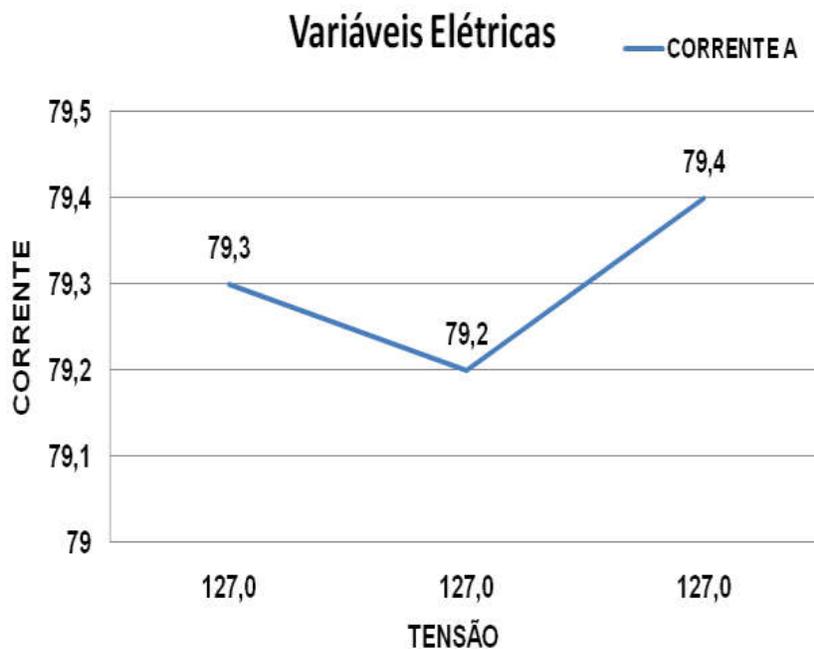
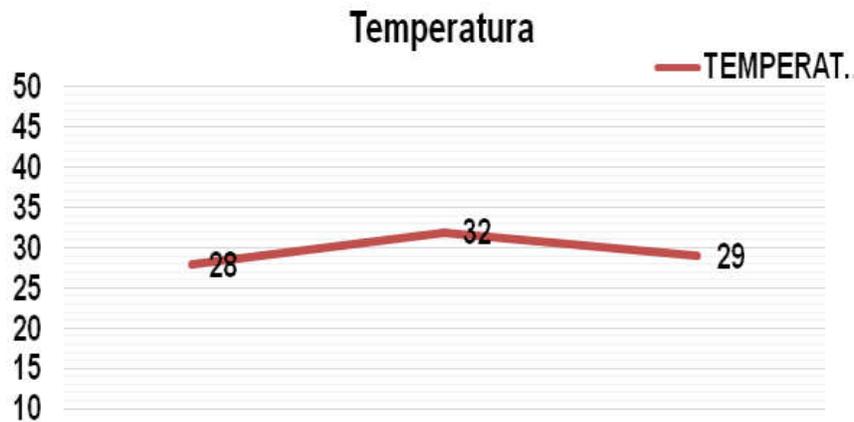


Figura 18 - Variáveis Elétricas



**Figura 19 - Temperatura no componente**

As condições de teste foram feitas com os circuitos funcionando normalmente e em plena carga e não houve alterações na temperatura, na tensão, no isolamento, na corrente nominal, o que pode se dizer que a chave termomagnética ou disjuntor tripolar de 225A terá um tempo de vida útil bem longo.

Não foi necessária a troca de cabos e barramentos e com uso da técnica da Termografia houve um favorecimento na economia de recursos financeiros, o que evitou um gasto desnecessário de materiais.

Após ter concluído toda a manutenção da máquina do ar condicionado obtivemos um resultado satisfatório através das inspeções termográficas com segurança e maior confiança.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Manutenção Preditiva e Preventiva permite prevenir danos que possam causar elevados custos nos reparos.

Como ferramenta de gerência de manutenção estas técnicas de monitoramento baseadas em condições, monitoria de processo, inspeção visual e outras técnicas de análise tem sido uma ferramenta fundamental para o gestor tomar decisões mais precisas, evitando o problema e a possíveis paradas não programadas e aumentar a disponibilidade e a confiabilidade dos equipamentos, além de melhorar a qualidade, diminuir os desperdícios e principalmente reduzir custos.

Do ponto de vista da inspeção elétrica, as medições termográficas têm utilidades indiscutíveis. Elas mostram condições que perante o olho humano seria invisível. Usando a termografia em um programa de manutenção preventiva podem economizar custos.

Os sistemas industriais são projetados e mantidos para desempenhar seu potencial produtivo dentro dos requisitos de qualidade. As práticas de manutenção do desempenho de equipamentos e máquinas têm por objetivo a implementação de técnicas que minimizem a frequência e a quantidade de operações de manutenção, a melhoria do processo de manutenção, a otimização dos recursos e a maximização da utilização dos meios de manutenção.

Em vez de esperar as falhas do equipamento, a empresa deve optar por uma manutenção preditiva. A manutenção preditiva através da termografia em equipamentos mecânicos e elétricos reduz a manutenção corretiva; reduz os custos de manutenção e o consumo de energia elétrica, pois contribui para o prolongamento da eficiência operacional dos sistemas analisados.

Uso da tecnologia em campo fez com que o resultado final seja uma melhor Manutenção Preditiva de qualidade e a implementação de políticas e processos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, João. **Termografia: teoria, procedimentos e vantagens**. 2010.  
Disponível em: <<http://www.iteag.net/termografia.pdf>>. Acesso em: 02 fev 2017.

ALMEIDA, Márcio Tadeu. **Manutenção preditiva: confiabilidade e qualidade**.  
Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

ARAÚJO, R. A.; BARBOSA, L. C.; SINISCALCHI, R. T. **X EDAO – Encontro para debates de assuntos de operação**. São Paulo, 2008.  
Disponível em: <[http://www.zonaeletrica.com.br/downloads/EDA0/11/Artigo X EDAO-  
\\_SP-A-16-Os Impactos da Aplicação da Termografia na Operação do Sistema Elétrico de FURNAS.pdf](http://www.zonaeletrica.com.br/downloads/EDA0/11/Artigo%20X%20EDA0-_SP-A-16-Os%20Impactos%20da%20Aplicação%20da%20Termografia%20na%20Operação%20do%20Sistema%20Elétrico%20de%20FURNAS.pdf)>. Acesso em: 14 nov.2016.

FLUKE. **Introdução aos princípios da termografia**. Ed. ATP, 2009.

KARDEC, A.; NASCIF, N. **Manutenção Função Estratégica**. 2.ed.3.reimp. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

KELCH, Craig K.; SEFFRIN, James R. **Infrared Thermography for PPM. Maintenance Technology**, [S.1], may. 1999. Disponível em < <http://www.mt-online.com/artigles/05-99amt01.cfm>> Acesso em :14 nov.2016.

MALDAGUE, X. **Avaliação não destrutiva de materiais por termografia infravermelha** – Verlag, p. 207, 1993.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

MENDONÇA, Luis Viegas. **Termografia por Infravermelhos Inspeção de Betão**. Disponível em<[http://www.spybuilding.com / downloads / termografia.pdf](http://www.spybuilding.com/downloads/termografia.pdf)>. Acesso em: 10 jun.2016.

SCHULTZ, Carl. **Desenvolvimento e Implementação de um Programa de Manutenção Preditiva de Infravermelhos. Tecnologia de Manutenção**,

[S.I.], mai. 2004. Disponível em <<http://www.mt-online.com/articles/0504westar.cfm>> Acesso em: 10 jun.2016.

NILSON, W. James; RIEDEL, A. Suzan;. **Circuitos elétricos**. 5. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

PELLIZARI, E.; Martins C. O. D.; MENEZES, A. F.S.; REGULY A. **Aplicações da termografia como ferramenta de manutenção preditiva em conectores elétricos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS DE MATERIAIS. Disponível em: <http://www.metallum.com.br/17cbecimat/resumos/17Cbecimat-307-001.pdf>>. Acesso em :14 nov.2016.

SANTOS, Laerte dos. **Termografia infravermelha em subestações de alta tensão desabrigadas**. Itajubá, 2006. Disponível em: <<http://adm-net-a.unifei.edu.br/phl/pdf/0032852.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2016.

SOUZA, Valdir Cardoso de. **Organização e gerenciamento da manutenção: programação e controle de manutenção** / Valdir Cardoso de Souza. – 4ª. Ed. – São Paulo: All Printe Editora. 2011.

VERATTI, Atílio Bruno. **Sistema Básico de Inspeção Termográfica**. Disponível em <<http://www.ebah.com.br/login?redirect=/content/ABAAAAxCEAE/programa-tpm-8-pilares-manutencao>>. Acesso em: 25 maio 2016.

ZAIONS, Douglas Roberto. **Consolidação da Metodologia de Manutenção Centrada na Confiabilidade em uma Planta de Celulose e Papel**. 2003.219f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.