

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE ESPECIALIZAÇÃO EM GERÊNCIA DE MANUTENÇÃO

MARCELO VITALI PAGNUSSAT

**APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA PARA MELHORIA DO  
DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA EM UMA INDÚSTRIA  
MADEIREIRA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2016

MARCELO VITALI PAGNUSSAT

**APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA PARA MELHORIA DO DESEMPENHO DA  
MANUTENÇÃO PREDITIVA EM UMA INDÚSTRIA MADEIREIRA**

Monografia de especialização apresentada ao Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gerência de Manutenção.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rodrigues

CURITIBA

2016



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA PARA MELHORIA DO DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA EM UMA INDÚSTRIA MADEIREIRA

por

MARCELO VITALI PAGNUSSAT

Esta Monografia foi submetida em vinte e oito de março de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Gerência de Manutenção. O candidato foi avaliado pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Marcelo Rodrigues, Dr.  
Coordenador de Curso

#### ***ORIENTAÇÃO***

---

Marcelo Rodrigues, Dr.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
**Orientador**

---

Roberto Candido, Dr.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
**Coorientador**

#### ***BANCA EXAMINADORA***

---

Francielly Elizabeth Castro Silva, Me.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Álvaro Peixoto de Alencar Neto, Me.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso

Dedico este trabalho primeiramente a Deus pela serenidade e sabedoria, a todos os amigos que me ajudaram e torceram por mim em especial ao professor Marcelo Rodrigues.

## **AGRADECIMENTO**

Ao Professor Orientador, braço amigo de todas as etapas deste trabalho pela sua atenção e dedicação.

A minha família, pela confiança, motivação e compreensão.

Aos amigos e colegas, pela força e pela vibração com o nosso sucesso em relação a esta jornada.

Aos Professores e colegas de Curso, pois juntos trilhamos uma etapa importante de nossas vidas.

“Tudo que é seu encontrará uma maneira de  
chegar até você”

Chico Xavier

## RESUMO

A execução deste trabalho visa demonstrar a aplicação da manutenção preditiva, com auxílio da termografia, realizada nos equipamentos e componentes elétricos em uma Indústria Madeira. Inicialmente é apresentada a evolução da manutenção, sua aplicabilidade dentro do conceito de gestão da manutenção industrial, e as políticas de manutenção aplicadas pelas empresas, conhecidas como: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva.

A manutenção preditiva com auxílio da termografia como é denominada, permite em tempo real e sem a necessidade de parada no processo produtivo o acompanhamento da temperatura e formação de imagens denominadas termogramas, os quais são utilizados para diagnosticar pontos críticos e a antecipação de possíveis falhas em equipamentos e componentes elétricos, os quais sofrem grandes variações devido às altas temperaturas, o que a termografia visa diagnosticar com antecedência. Por fim, são apresentados os dados coletados, as soluções e manutenções realizadas durante a execução do trabalho.

**Palavras-chave:** Preditiva, Termografia, Manutenção, Temperatura.

## ABSTRACT

The execution of this work aims to demonstrate the application of predictive maintenance, with the help of thermal imaging, performed on equipment and electrical components in a Wood Industry in Curitiba - Paraná. Initially shows the evolution of maintenance, their applicability within the concept of industrial maintenance management and maintenance policies applied by companies, known as corrective maintenance, preventive maintenance and predictive maintenance. Predictive maintenance with the aid of thermal imaging as it is called, allows real-time without stopping the production process temperature monitoring and imaging called thermograms, which are used to diagnose critical points and the anticipation of possible equipment failures and electrical components, which vary significantly due to high temperatures, which aims to diagnose thermography in advance. Finally, we present the data collected, the solutions and maintenance performed during the execution of the work.

**Keywords:** Predictive, Thermography, Maintenance, Temperature.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - VARIAÇÃO DA TEMPERATURA IMAGEM TÉRMICA.....	32
FIGURA 02 - RADIAÇÃO DOS CORPOS.....	34
FIGURA 03 - DEMOSTRAÇÃO DA BANDA DE INFRATERMELHO.....	37
FIGURA 04 - TERMOGRAMA DE UM TRANSFORMADOR BT .....	38
FIGURA 05 - CÂMERA TERMOGRÁFICA UTILIZADA FLUKE TI 10.....	40
FIGURA 06 - TERMOGRAMA DE AQUECIMENTO FASE R CABO DE ALIMENTAÇÃO DISJUNTOR . .....	43
FIGURA 07- IMAGEM DO DISPOSITIVO ONDE FOI EFETUADA A MEDIÇÃO.....	44
FIGURA 08 - FATOR DE CORREÇÃO DE VELOCIDADE DO VENTO .....	45
FIGURA 09 - FATOR DE CORREÇÃO DE CARGA. ....	46
FIGURA 10 - CLASSIFICAÇÃO TÉRMICA DAS PROVIDÊNCIAS.....	46
FIGURA 11 - MODELO DE RELATÓRIO TERMOGRAFICO .....	55
FIGURA 12 - TERMOGRAMA INFRATERMELHO PONTO 12 .....	59
FIGURA 13 - IMAGEM REAL DO PONTO 12.....	60
FIGURA 14 – TERMOGRAMA INFRATERMELHO PONTO 26 .....	61
FIGURA 15 - IMAGEM REAL DO PONTO 26.....	62
FIGURA 16 – TERMOGRAMA INFRATERMELHO DO PONTO 41 .....	63
FIGURA 17 - IMAGEM REAL DO PONTO 41.....	64

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 01 - TEMPERATURA MÁXIMA DOS COMPONENTES.....	32
QUADRO 02 - TEMPERATURA MÁXIMA DOS COMPONENTES.....	33
QUADRO 03 - TEMPERATURA MÁXIMA NOS TRANSFORMADORES SECOS ...	33
QUADRO 04 - TEMPERATURA MÁXIMA NOS TRANSFORMADORES A ÓLEO...	33
QUADRO 05 – EMISSIVIDADE DOS MATERIAIS .....	39
QUADRO 06 – FATOR DE CORREÇÃO DE VELOCIDADE DO VENTO .....	42
QUADRO 07 – FATOR DE CORREÇÃO DE CARGA. ....	43
QUADRO 08 - CLASSIFICAÇÃO TÉRMICA E PROVIDÊNCIAS. ....	43
QUADRO 09- REFERÊNCIA PARA CRITICIDADE .....	47

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - ROTEIRO DE INSPEÇÃO.....	57
TABELA 02 - ROTEIRO DE INSPEÇÃO.....	57
TABELA 03 - ROTEIRO DE INSPEÇÃO.....	58

## LISTA DE GRAFICOS

GRÁFICO 01 - PONTOS NORMAIS E PONTOS QUENTES.....	65
GRÁFICO 02 - PONTO QUENTE EM EMERGÊNCIA, URGÊNCIA / PROGRAMADO.....	66

## LISTA DE ABREVIATURAS

AT	– Alta Tensão
BT	– Baixa Tensão
EPI	– Equipamento de Proteção Individual
EPR	– Etileno Propileno
FCC	– Fator de Correção de Carga
FCVV	– Fator de Correção da Velocidade do Vento
FET	– Fator de Elevação de temperatura
INP	– Inspeção
KM	– Quilômetro.
NR	– Número
PVC	– Cloreto de Polivinila
SEC	– Seccionadora
TC	– Transformador de corrente
TMA	– Temperatura Máxima Admissível
TP	– Transformador de potência
TRAFO	– Transformador
XLPE	– Polietileno Reticulado

## LISTA DE SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
NBR – Norma Brasileira De Regulamentação  
S/A – Sociedade Anônima  
IF – Instituto Federal

## LISTA DE SÍMBOLOS

- Å – Angstrom  
μ – Mícron  
°C – célsius

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	14
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	15
1.3 PROBLEMA .....	15
1.4.1 Objetivo geral .....	16
1.4.2 Objetivos específicos .....	<b>16</b>
1.5 JUSTIFICATIVA .....	17
2.1 SISTEMAS OU POLÍTICAS DE MANUTENÇÃO.....	21
2.1.1 Tipos de Manutenção.....	22
2.1.2 Manutenção corretiva.....	<b>22</b>
2.1.2.1 Manutenção corretiva não planejada .....	<b>23</b>
2.1.2.2 Manutenção corretiva planejada .....	<b>24</b>
2.1.3 Manutenção preventiva .....	<b>24</b>
2.1.4 Manutenção preditiva .....	<b>26</b>
2.1.4.1 Análise de Tendência da falha .....	<b>28</b>
3.1 TEMPERATURA .....	32
3.2 INFRAVERMELHO .....	34
3.3 TERMOGRAMAS.....	35
3.4 TERMOVISORES .....	36
3.5 EMISSIVIDADE.....	38
3.6 APLICAÇÕES NA ÁREA ELÉTRICA .....	39
3.7 TÉCNICAS DE ENSAIOS .....	42
3.8 GRAU DE INTERVENÇÃO .....	43
4 METODOLOGIA.....	45
4.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	45
4.2 PROCEDIMENTOS.....	46
4.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA .....	49
5 ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....	53
6 CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS.....	65

## 1 INTRODUÇÃO

A demanda por qualidade dos serviços e melhorias dos processos industriais visa manter as empresas competitivas no mercado conseqüentemente precisam estar preparadas para este mercado desafiador e de grande concorrência. Sendo assim, a tendência é exigir o máximo de eficiência no setor produtivo. Portanto para que a produção atinja o máximo de sua capacidade e seja mínimo o tempo perdido por falhas dos equipamentos.

### 1.1 TEMA

A manutenção preditiva atua de maneira segura contra falhas, evitando as paradas inesperadas de seus equipamentos, sendo que, é inadmissível esperar que o equipamento quebre parando a produção, para só depois pensar em uma manutenção.

O fator mais importante pela escolha da manutenção preditiva, é que este tipo de manutenção é fundamentada em dados coletados por meio de técnicas de inspeções periódicas com equipamentos adequados, e estes dados posteriormente são analisados e transformados em valores importantes nas decisões das empresas.

Muitas empresas ainda não se despertaram para a importância da manutenção no processo produtivo, e ainda atua de forma corretiva “quebra-conserta”, ou seja, o reparo dos equipamentos ocorre após a avaria, isso constitui a forma mais cara de manutenção quando encarada do ponto de vista total do sistema.

Dentro do conceito de manutenção mundial e como solução a manutenção preditiva, essa pode ser uma ferramenta aplicada para antecipar falhas e deve ser considerada uma ferramenta de grande importância para a empresa.

Vários itens que representam a importância da manutenção preditiva são aqui citados:

- Ganho de tempo na produção;

- Redução das despesas com serviços técnicos e de gastos imprevistos com compras de peças;
- Reparos mais baratos por serem mais simples e exigirem menos mão de obra;
- Redução de quantidade de manutenção corretiva;
- Menor custo de produção;
- Aumento da vida útil e eficiência dos equipamentos;
- Qualidade de trabalho e segurança para os funcionários.

Se a empresa mantiver um sistema eficiente de manutenção preditiva, terá seus equipamentos funcionando em perfeitas condições de trabalho, mantendo a organização no setor produtivo, reduzindo as interrupções inesperadas, com maior conservação do seu patrimônio, produtividade e segurança.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Aplicação da manutenção preditiva em equipamentos elétricos e quadros elétricos por meio da inspeção termográfica realizada em uma empresa de madeira localizada na cidade de Curitiba Paraná.

## 1.3 PROBLEMA

A formulação do problema deste trabalho consiste em identificar preditivamente o potencial de falhas nos equipamentos e componentes elétricos da Empresa de Madeiras, evitando assim paradas inesperadas durante os processos produtivos garantindo a disponibilidade dos equipamentos e a qualidade de seus produtos.

Aplicando a manutenção preditiva por meio da inspeção termográfica é possível detectar e diagnosticar elevadas temperaturas em sistemas e equipamentos elétricos diagnosticando as falhas, podendo assim, antecipar a manutenção e evitar a interrupção total ou parcial da empresa.

A termografia permite a emissão de laudos indicando problemas crônicos, ilustrados com os respectivos termogramas e registros fotográficos dos pontos de calor excessivo, visando assim, o monitoramento e acompanhamento das tendências de falhas que possam ocorrer, e com isso garantir o prolongamento da disponibilidade operacional dos equipamentos.

Além disso, a análise termográfica permite uma melhor programação da execução das tarefas de manutenção, minimização de mão de obra e sobressalentes envolvidos garantindo o planejamento da manutenção nas instalações sem interrupção do processo produtivo.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo geral

Identificar e reportar as situações observadas através das inspeções termográficas nas instalações elétricas e máquinas elétricas, indicando suas causas e criticidade em que deverão ocorrer as manutenções em uma indústria Madeireira.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Revisão bibliográfica
- Avaliar a tecnologia do uso de termografia
- Identificar falhas em sistemas e equipamentos elétricos através da inspeção termográfica;
- Utilizar os dados coletados por meio do Termovisor para antecipar falhas;
- Verificar pré-requisitos técnicos e de Sistema de Segurança do Trabalho;
- Determinar urgência para intervenção das anomalias identificadas;



## 1.5 JUSTIFICATIVA

A termografia vem sendo utilizada nas indústrias para a análise e estudo de falhas em equipamentos e componentes elétricos que sofrem alterações térmicas, e por esse motivo possam sofrer alguma falha ocasionando paradas inesperadas nos equipamentos durante a produção.

Na indústria madeireira, as falhas elétricas podem gerar paradas inesperadas, conseqüentemente, perdas de produção, o que justifica a utilização da manutenção preditiva em sistemas elétricos através da termografia.

Assim, algumas vantagens podem ser relacionadas:

- Não há a necessidade de desligamento do equipamento, sendo que os dispositivos e componentes do equipamento podem ser monitorados a distância em tempo real para a verificação de possíveis falhas;
- Não ocorre qualquer dano ao equipamento;
- Maior disponibilidade ao equipamento;
- Redução de manutenções corretivas;
- Fornecimento de informações para os planos de manutenção;
- Aumento da confiabilidade e segurança dos equipamentos;
- Planejamento confiável já que se dispõe de informações precisas para programação das manutenções;
- Segurança na realização dos trabalhos de manutenção.

Vale resaltar que este trabalho ainda não havia sido realizado na madeireira, tornando este trabalho ainda mais desafiador e mostrando a importância do tema proposto.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 2 é abordada a estrutura da manutenção na indústria ao longo dos anos e como a manutenção surgiu dentro das indústrias. Também no capítulo 2 são apresentadas as políticas de manutenção e como são estruturadas dentro das organizações.

Até 1914 as empresas não tinham setores de manutenção em suas fábricas. Com a falta da manutenção as empresas tinham quebras e falhas constantes. Após as empresas notarem a necessidade de manutenção a partir desta época, surgem os primeiros setores de manutenção.

Nesta fase o setor de engenharia de manutenção assume posição mais destacada como departamento passando a desenvolver ações de manutenção visando à redução de custos e paradas de máquinas, desenvolvendo seus próprios controles.

No capítulo 3 é abordada a termografia, sua aplicabilidade dentro das indústrias, principais características tecnológicas, técnicas de ensaios e principais normas aplicadas na aplicação da termografia.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-EMPÍRICA

A manutenção surge na indústria no final do século XIX juntamente com a industrialização mecanizada que mudou o cenário industrial trocando homens por máquinas (LOURIVAL, 2005)

Até 1914 as empresas ainda não contavam com o departamento específico de manutenção. Segundo Souza (2011, p.18), “com a falta de manutenção estas empresas tinham as quebras e falhas constantes, e seus equipamentos reparados imediatamente com o efetivo disponível, era o quebra e conserta”.

Após a primeira Guerra Mundial (1914 – 1930), apareceram às primeiras ações desenvolvidas por profissionais com o conhecimento e dedicação exclusiva para ocorrências de falhas (SOUZA, 2011, p.18).

Após as empresas notarem a necessidade de garantir a disponibilidade da produção sem paradas ou quebras indesejadas, a partir desta época, surgem os primeiros “Setores de Manutenção”. Como efeito da constante produção, houve um grande aumento da mecanização industrial e os equipamentos, de robusto e simples, passaram a ser complicados, exigindo uma manutenção mais especializada e não somente voltada à correção, mais sim à prevenção (SIMEÓN, 2008).

Surge então a Manutenção Preventiva, com início da década de 1970, motivada pelos processos de mudanças ocorridos na década anterior nas indústrias (SIMEÓN, 2008).

Nessa fase, o setor de Engenharia de Manutenção assume posição mais destacada como um departamento, segundo Souza (2011, p.19), “passando a desenvolver seus próprios controles de manutenção e processos de análise dos resultados visando à redução de custos de manutenção”.

A organização da manutenção deve ser baseada primordialmente em um plano bem elaborado, estudado com grande cuidado e objetividade e que leva em consideração todos os elementos da instalação, até os mínimos detalhes da organização e da metodologia que é empregada, visando à obtenção de lucro. É importante reduzir custos, mas realizá-los de maneira eficiente (Souza, 2011, p.19).

Todos os departamentos da empresa devem estar envolvidos, desde a chefia até o nível mais baixo da instituição. Todos devem contribuir e colaborar, para que tudo seja realizado de uma maneira integrada, abrangendo todos os

componentes da instalação. A instalação deve ser considerada uma unidade funcionando harmoniosamente e de maneira global (NEPOMUCENO, 1989).

A obtenção de uma operação otimizada do departamento de manutenção, cuja atuação e desempenho sejam realmente satisfatórios, exigem que sejam satisfeitas as condições seguintes (NEPOMUCENO, 1989):

- A organização deve possuir profissionais habilitados e treinados;
- Um fator de importância capital ao bom gerenciamento da manutenção é a fixação do tempo, período e prazo de execução de um serviço qualquer;
- A coordenação dos homens, materiais, ferramentas, acessórios, é essencial para que os serviços sejam executados no local predeterminado, na hora que foram programados;
- É essencial que a gerência de manutenção planeje e coloque em execução um processo adequado de controle das atividades de seu departamento;
- É preciso ficar claro que, quando uma instalação possui um departamento, divisão ou sessão de manutenção esta na origem lucros;
- Conjunto de divisões que constituem a instalação industrial deve trabalhar de maneira harmônica e visar todos eles os mesmos objetivos.

Segundo Augusto (1999), os profissionais de manutenção passaram a ser mais exigidos no atendimento adequado a seus clientes e ficou claro que as tarefas que desempenham, resulta em impactos diretos ou indiretos no produto ou serviço que a empresa oferece aos seus clientes. O que tantas vezes passou despercebido para os executivos no passado, hoje está bem óbvio. A falta de manutenção e confiabilidade pode significar lucros reduzidos, mais custos de mão de obra e estoques, clientes insatisfeitos e produtos de má qualidade. A busca acirrada de vantagens competitivas mostra que o custo da manutenção não esta sob controle e é um fator importante no incremento do desempenho global dos equipamentos.

De acordo com Augusto (1999), o melhoramento contínuo das práticas de manutenção assim como as reduções de seus custos são resultados da utilização do ciclo da Qualidade Total como base no processo de gerenciamento. Melhorias significativas nos custos de manutenção e disponibilidade dos equipamentos vêm sendo atingidas, através da consideração dos seguintes itens:

- Absorção de algumas atividades pelas equipes de operação dos equipamentos;
- Melhoria contínua do equipamento;
- Educação e treinamento dos envolvidos na atividade de manutenção;
- Coleta de informações, avaliação e atendimento as necessidades dos clientes;
- Estabelecimento de prioridades adequadas aos serviços;
- Avaliação de serviços necessários e desnecessários;
- Análise adequada de relatórios e aplicação de soluções simples, porém estratégicas;
- Planejamento da manutenção com “enfoque na estratégia de manutenção específica por tipo de equipamento”.

## 2.1 SISTEMAS OU POLÍTICAS DE MANUTENÇÃO

Conforme norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 5462:1994:

Manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida, definido como qualquer parte, conjunto, dispositivo, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente.

Kardec (1999) entende que o conceito moderno de manutenção visa garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados. A manutenção é um conjunto de técnicas e de organização capaz de conservar tão bem quanto novas, máquinas, instalações e edificações, durante o maior tempo possível, com máxima eficiência, tendo sempre em vista diminuir desperdício, satisfazer e motivar tanto os que recebem como os que fazem manutenção.

Existem três formas de se fazer a manutenção em equipamentos, deixar quebrar para consertar, fazer revisões e trocas após tempo predeterminado, ou fazer

medições com instrumentos apropriados, a fim de descobrir qual o momento exato em que será necessário um reparo. Para os autores essas formas deram origem às classificações usuais de manutenção corretiva ou de emergência, manutenção preventiva e manutenção preditiva (KARDEC, 1998).

### 2.1.1 Tipos de Manutenção

Conforme afirmam Kardec (1998, p.30), “a maneira pela qual é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações caracteriza os vários tipos de manutenção”.

Segundo Kardec (1998, p.30):

“Algumas práticas básicas definem os tipos de manutenção que são manutenção corretiva não planejada, manutenção corretiva planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva e manutenção detectiva”.

É importante observar que estas não são novos tipos de manutenção, mas ferramentas que permitem a aplicação dos tipos principais de manutenção citados anteriormente (KARDEC 1998).

### 2.1.2 Manutenção corretiva

Esta manutenção nunca vai deixar de existir, porém pode ser minimizada com ações de planejamento e melhoria contínua de máquinas e equipamentos.

Para Viana (2002, p.10):

“Manutenção corretiva é a intervenção imediata, necessária para impedir graves consequências aos instrumentos e equipamentos de produção, e à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente.”

Para Souza (2011, p.21) “chamamos de manutenção corretiva a atividade técnica responsável pela correção de uma falha identificada em um determinado componente do equipamento”.

Conforme afirma Kardec (1998, p.32), “manutenção corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado”.

Ainda de acordo com Kardec (1998, p.32), “a manutenção corretiva pode ser dividida em duas classes: manutenção corretiva não planejada, e manutenção corretiva planejada”.

#### 2.1.2.1 Manutenção corretiva não planejada

Neste tipo de manutenção podem ocorrer paradas aleatórias durante o processo produtivo e a intervenção tem que ser imediata. Não é possível evitar este tipo de parada.

Segundo Kardec (1998, p.32):

“Manutenção corretiva não planejada é a correção da falha de maneira aleatória. Caracteriza-se pela ação da manutenção em fato já ocorrido, seja esta uma falha ou um desempenho menor que o esperado.”

A manutenção corretiva não planejada implica em altos custos, pois a quebra inesperada pode acarretar perdas de produção, perda da r este qualidade do produto e elevados custos indiretos de manutenção.

Além disso, quebras aleatórias podem ter consequências bastante graves para o equipamento, isto é, a extensão dos danos pode ser bem maior (KARDEC E PINTO 1998).

“Quando uma empresa tem a maior parte de sua manutenção corretiva na classe não planejada, seu departamento de manutenção é comandado pelos equipamentos e o desempenho empresarial da organização, certamente, não está adequado às necessidades de competitividade atuais (KARDEC E PINTO 1998, p.32).”

### 2.1.2.2 Manutenção corretiva planejada

Um trabalho planejado é sempre mais barato, mais rápido e mais seguro do que um trabalho não planejado, e sempre de melhor qualidade.

A característica principal da manutenção corretiva planejada é função da qualidade de informações fornecidas pelo acompanhamento do equipamento.

Segundo Karde (1998, p.34) “a adoção de uma política de manutenção planejada pode advir de vários fatores”:

- Possibilidade de compatibilizar a necessidade da intervenção com os interesses da produção;
- Aspectos relacionados com a segurança;
- Melhor planejamento dos serviços;
- Garantia da existência de sobressalentes, equipamentos e ferramental;
- Garantia da existência de recursos humanos com a tecnologia necessária para a execução dos serviços em quantidades suficientes.

“A manutenção corretiva planejada é a correção do desempenho menor do que o esperado ou da falha, por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra (KARDEK 1998, p.34).”

### 2.1.3 Manutenção preventiva

Conforme norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 5462:1994 define a manutenção preventiva como:

“A manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinados a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.”

A Manutenção Preventiva apresenta algumas vantagens, como a continuidade do funcionamento do equipamento, parando somente para consertos em horas programadas, 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 (ZAIONS, 2003).

O método preventivo leva a produção a programar-se de forma mais precisa com relação à programação de paradas de manutenção e a própria programação da produção (ZAIONS, 2003).

Conforme afirma Kardec (1998, p.34):

“A manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda de desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo.”

Souza, por sua vez, define que (2011, p.22):

“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 apoia a manutenção corretiva através da aplicação de uma metodologia de trabalho periódico, ou ainda é responsável pela intervenção que poderá interromper ou não a produção de uma maneira planejada e programada.”

O controle de estoque de peças é sempre um problema na indústria que afeta o departamento de manutenção e uma das metas da manutenção preventiva é ajudar no controle de estoque e reposição de peças identificando a prioridade de uso das peças através de listas de peças críticas dos equipamentos (SOUZA, 2011).

No entanto para alguns autores existem alguns perigos na implantação de uma política de manutenção preventiva que refletem diretamente no custo da manutenção (KARDEC E NASCIF 2009) são estes:

- Planejamento das intervenções mal elaborado, muitas vezes além do necessário ou aquém do necessário (subconservador);
- Falha humana nas intervenções;
- Falha de sobressalentes;
- Contaminações introduzidas no sistema de óleo e em outros sistemas;
- Danos durante partidas e paradas e testes;
- Falhas dos Procedimentos de Manutenção;

Para Souza (2011, p.22) “toda manutenção preventiva deve ser planejada e prevista, portanto não haverá imprevisto na manutenção preventiva”. Com a implantação da manutenção preventiva podemos ter expectativas de:

- Reduzir o envelhecimento ou degradação dos equipamentos;
- Melhorar o estado técnico operacional do equipamento;
- Atuar antes dos custos de intervenções altos;
- Eliminar ou reduzir ao mínimo os riscos de quebra dos equipamentos;
- Diminuir os tempos de imobilização do equipamento para concerto;
- Normalizar o equipamento e suas peças sobressalentes;
- Assegurar uma diminuição dos trabalhos;
- Realizar os reparos nas melhores condições para a operação;
- Programar os trabalhos de conservação;
- Suprir as causas de acidentes graves, garantindo a confiabilidade nos equipamentos.

#### 2.1.4 Manutenção preditiva

Conforme as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 5462:1994, a manutenção preditiva é definida como sendo o tipo de manutenção que garante uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de medições e análise, utilizando-se de meios de supervisão ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e corretiva.

De acordo com Souza (2011, p.36) “manutenção preditiva é aquela que indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam seus desgastes ou processo de degradação”.

Manutenção preditiva são as manutenções que permitem garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir a um mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva (OTANI, 2008).

Para Kardec e Nascif (2009, p.44) a manutenção preditiva é a atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática.

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

Segundo Souza (2011, p.36) trata-se da manutenção que prognóstica o tempo de vida útil das máquinas e equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado baseado na condição ou manutenção condicionada.

Segundo Souza (2011, p.36) os objetivos da manutenção preditiva são:

- Predizer a ocorrência de uma falha ou degeneração;
- Determinar, antecipadamente, a necessidade de correção em uma peça específica;
- Eliminar as desmontagens desnecessárias para inspeção;
- Aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos para operação;
- Reduzir o trabalho de emergência e urgência não planejadas;
- Impedir a ocorrência de falhas e aumento dos danos;
- Aproveitar o grau de confiança no desempenho de um equipamento no processo;
- Determinar previamente as interrupções de fabricação para cuidar dos equipamentos;
- Redução de custos de manutenção;
- Aumento da produtividade e conseqüentemente da competitividade.

A manutenção preditiva será tanto mais eficiente quanto mais rápida for detectada a variação dos parâmetros, tornando possível prever, com uma antecedência satisfatória, quais as providências que devem ser tomadas para evitar uma parada ou pane não programada. É importante que o responsável pela manutenção esteja em condições de determinar quais parâmetros são importantes, estabelecer limites admissíveis para a operação e implantar métodos de medição, acompanhamento e registrar adequadamente os parâmetros observados e suas variações com o funcionamento do equipamento (SOUZA, 2011).

A manutenção preditiva deve ser estabelecida com extremo cuidado, pois necessitam de informações precisas sobre o funcionamento do equipamento, as condições ambientais que o equipamento trabalha o processo de envelhecimento de cada componente e a confiabilidade dos instrumentos de medição (NEPOMUCENO, 1989).

#### 2.1.4.1 Análise de Tendência da falha

Segundo Souza (2011, p37) “a análise de tendência da falha baseia-se no monitoramento da tendência, seguindo as medições periódicas e contínuas de parâmetros indicadores da condição de funcionamento e estado do equipamento”.

“A análise de tendência da falha baseia-se no monitoramento da tendência, seguindo as medições periódicas e contínuas de parâmetros indicadores da condição de funcionamento e estado do equipamento”.

Souza (2011, p.41) “A manutenção preditiva com o monitoramento de vários parâmetros pode ser desenvolvida com o emprego de diversos métodos e técnicas”, para utilização destas técnicas necessitou atender a alguns requisitos e algumas vantagens tais como:

- Os operadores dos instrumentos de medição devem ser treinados e habilitados para tal operação e análise;
- Os instrumentos sejam aferidos e calibrados;
- Corpo técnico capaz de interpretar os dados coletados e emitir diagnósticos;
- A gerência confie nos diagnósticos apresentados pelo seu corpo técnico;
- Decisões devem ser tomadas com base nos diagnósticos.

### 3 TERMOGRAFIA

Neste capítulo é apresentado o conceito de termografia fundamenta no estudo da temperatura de objetos que apresentam aquecimento por alguma avaria ocorrida em objetos, também são apresentadas as imagens térmicas dos objetos em forma de fotografia para a visualização das avarias.

Para Kardec e Nascif (2010, p.268):

Temperatura é um dos parâmetros de mais fácil compreensão e o acompanhamento da sua variação permite constatar alteração na condição de equipamentos, de componentes e do próprio processo.

A figura 01 apresenta a fotografia da caixa de ligação de um motor elétrico e sua respectiva imagem térmica ou termograma como é definido pela técnica efetuada pelo técnico de inspeção termográfica coleta através do termovisor.

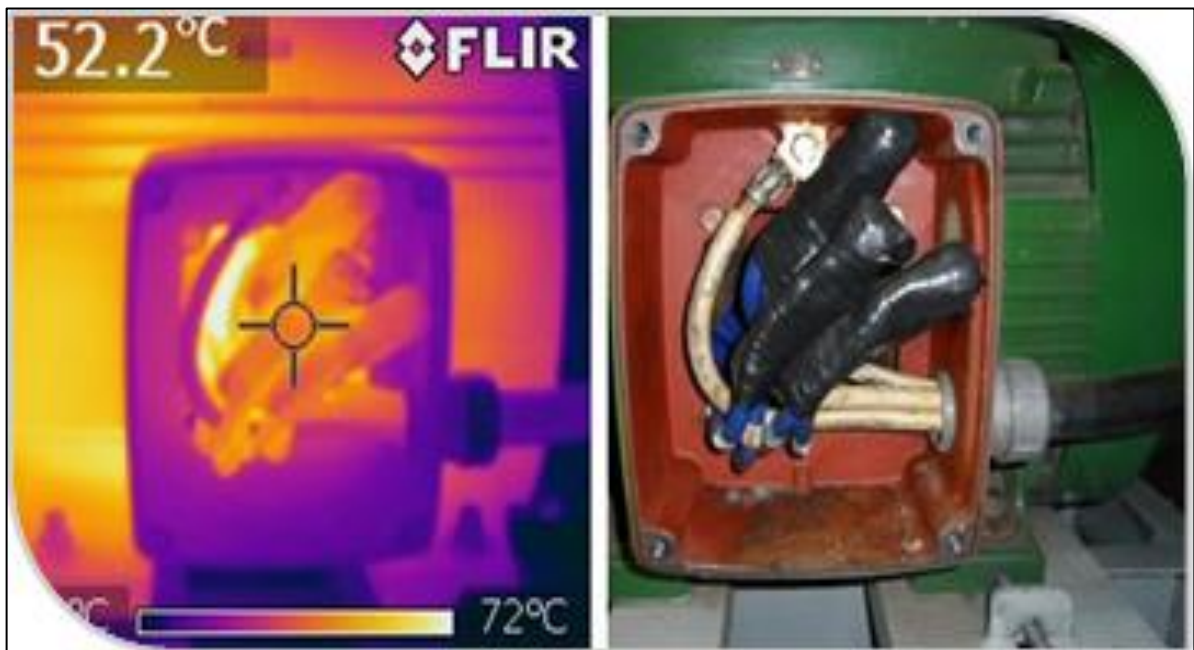


FIGURA 01 – VARIAÇÃO DA TEMPERATURA IMAGEM TÉRMICA  
FONTE – O AUTOR

A termografia capta a radiação e converte na imagem que representa a distribuição da temperatura superficial do objeto.

“A temperatura é um dos parâmetros de mais fácil compreensão e o acompanhamento de sua variação é muito importante tanto para equipamentos elétricos como mecânicos, pois permite constatar uma alteração na condição de equipamentos, componentes e do próprio processo como um todo (SOUZA, 2011, p.42).”

Segundo a ABNT NBR 15424:2006 Terminologia, o termo termografia é definido como sendo Técnica de sensoriamento remoto que possibilita a medição de temperaturas e a formação de imagens térmicas (chamadas termogramas) de um componente, equipamento ou processo, a partir da radiação infravermelha, naturalmente emitida pelos corpos, em função de sua temperatura.

“A termografia é a técnica preditiva que permite o acompanhamento de temperatura e a formação de imagens térmicas, que é denominada de termogramas, essa poderosa ferramenta é utilizada no diagnóstico precoce de falhas e outros problemas em componentes elétricos, mecânicos e em processo produtivos de indústrias (SOUZA, 2011, p.43).”

Segundo Caramalho (2012, p.5) “a termografia permite a medição à distância e sem contato das temperaturas superficiais dos objetos observados”.

“Todos os corpos acima do zero absoluto (- 273,15 °C) emitem calor, que é constantemente absorvido e reemitido por nós próprios e por tudo o que nos rodeia; termografia é o termo usado para descrever o processo de tornar essas radiações térmicas visíveis e susceptíveis de interpretação e utiliza a banda espectral dos infravermelhos. De uma forma simplista, podemos dizer que a termografia é a técnica que estende a visão humana através do espectro infravermelho (CARAMALHO, 2012, p.5).”

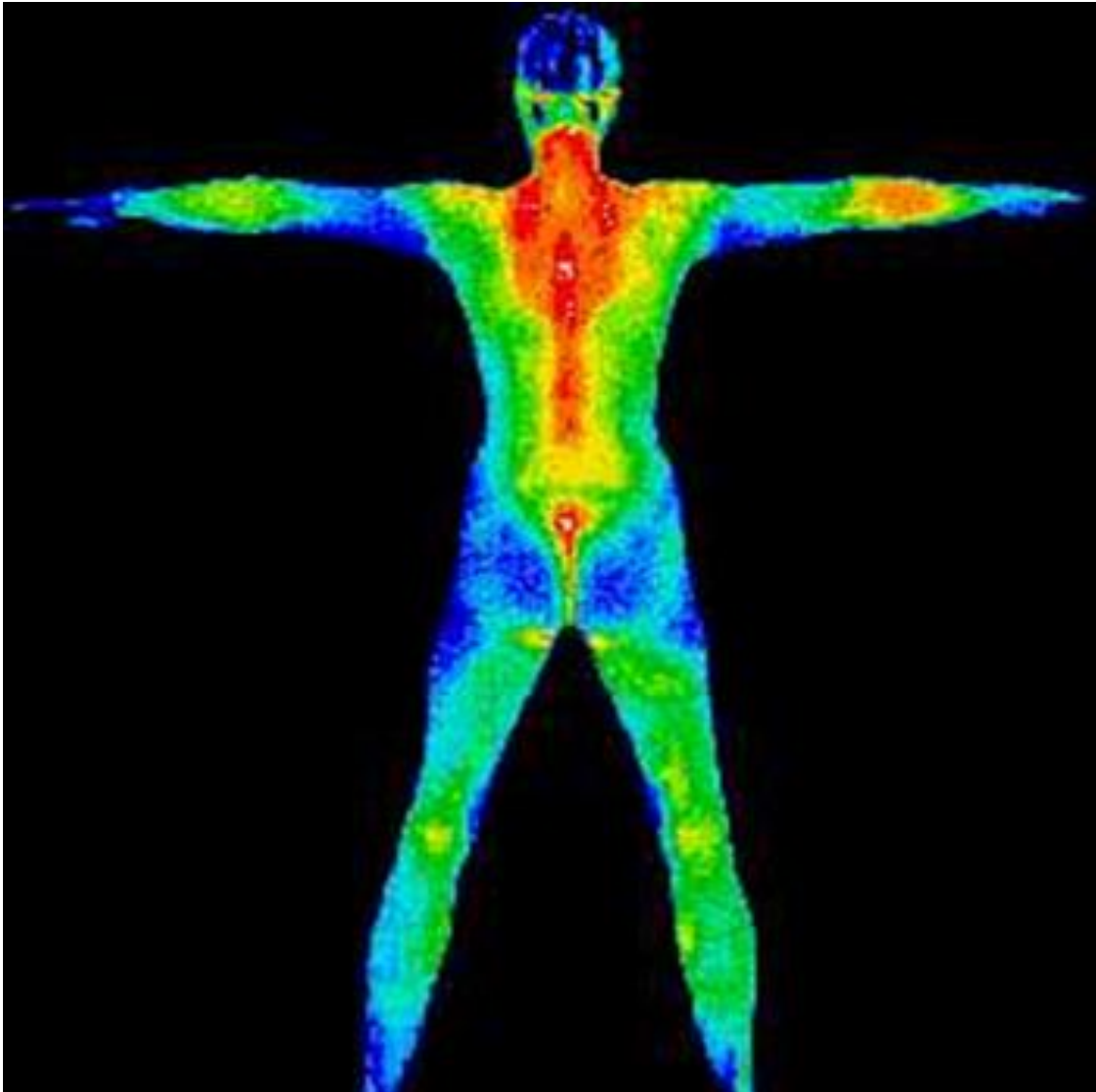


FIGURA 02 – RADIAÇÃO DOS CORPOS  
FONTE: CARAMALHO (2012)

Na figura 02 apresenta-se o gráfico das temperaturas da superfície da pele, usando uma câmera infravermelha de alto desempenho. O aparelho detecta a radiação infravermelha (calor) emitida pelo corpo, podendo refletir uma fisiologia normal ou anormal. Uma cor é atribuída baseada na temperatura registrada naquela parte da pele.

### 3.1 TEMPERATURA

A temperatura é um dos parâmetros de mais fácil compreensão e o acompanhamento de sua variação é muito importante tanto para equipamentos elétricos como mecânicos, pois permite constatar uma alteração na condição de equipamentos, componentes e do próprio processo como um todo (SOUZA, 2011, p.42).

Segundo Caramalho (2012, p.53) “quem vai executar a inspeção termográfica deve ter conhecimento que as temperaturas ambientes excessivamente elevadas alteram a capacidade de carga dos equipamentos”.

A temperatura máxima admissível (TMA), Segundo Caramalho (2012, p.53) “é uma das variáveis mais importantes para uma correta implementação de um programa de manutenção preventiva em equipamentos e componentes elétricos”.

Ou seja, é a temperatura máxima sob a qual o componente pode funcionar e não deve ser ultrapassada. O seu valor pode ser conhecido através das especificações técnicas dos componentes, ou junto dos fabricantes (CARAMALHO, 2012, p.53).

Na impossibilidade de se conhecerem estes valores, recomenda-se a consulta das tabelas fundamentadas em normas internacionais, em tabelas de alguns fabricantes, referências da IEC e na experiência de vários autores, incluindo os meus próprios conhecimentos, adquiridos ao longo destes mais de 25 anos em inspeções de termografia (CARAMALHO, 2012, p.53).

Nos quadros 01, 02, 03, e 04 são mostradas as temperaturas máximas dos componentes para a aplicação da termografia.

COMPONENTE	TMA (°C)
Cabo condutor com isolamento em PVC (cloreto de polivinil)	70
Cabo condutor com isolamento em EPR (borracha etileno propileno)	90
Cabo condutor com isolamento em XLPE (polietileno reticulado)	90
Ligações com parafusos	70
Ligações e barramentos de baixa tensão (BT)	90
Ligações recobertas de prata ou níquel	90

QUADRO 01 - TEMPERATURA MÁXIMA DOS COMPONENTES  
 FONTE: CARAMALHO (2012)



COMPONENTE	TMA (°C)
Régua de bornes	70
Fusível (corpo)	100
<b>Alta e média tensão</b>	
Cabo condutor isolado, até 15 KV	70
Cabo condutor isolado para alta tensão	60
Ligações em linhas aéreas de transporte e distribuição de energia	50

QUADRO 02 - TEMPERATURA MÁXIMA DOS COMPONENTES  
 FONTE: CARAMALHO (2012)

TRANSFORMADORES SECOS	Ponto mais quente - TMA (°C)
Classes térmicas dos materiais isolantes	
Classe térmica (A)	105
Classe térmica (B)	130
Classe térmica (F)	155
Classe térmica (H)	180

QUADRO 03 - TEMPERATURA MÁXIMA NOS TRANSFORMADORES SECOS  
 FONTE: CARAMALHO (2012)

TRANSFORMADORES A ÓLEO	TMA (°C)
Ligações	60
Corpo	90

QUADRO 04 - TEMPERATURA MÁXIMA NOS TRANSFORMADORES A ÓLEO  
 FONTE: CARAMALHO (2012)

A temperatura máxima admissível é uma das variáveis mais importantes para uma correta implantação de um programa de manutenção preventiva em equipamentos e componentes elétricos. Ou seja, a máxima temperatura que o componente elétrico pode funcionar e não devem ser ultrapassadas. O seu valor pode ser conhecido através das especificações técnicas de componentes elétricos junto dos fabricantes.

Na impossibilidade de se conhecerem estes valores, recomenda-se a consulta dos quadros a cima apresentada (quadros 01, 02, 03 e 04) fundamentada em normas internacionais, em tabelas de alguns fabricantes, referências da IEC.

### 3.2 INFRAVERMELHO

Segundo Caramalho (2012, p.16) “o espectro eletromagnético é dividido arbitrariamente em diversas regiões de comprimento de onda, designadas por bandas, distinguidas pelos métodos utilizados para produzir e detectar a radiação”.

A termografia utiliza a banda espectral dos infravermelhos, na extremidade da onda curta, a fronteira situa-se no limite da percepção visual, na área a vermelho, na extremidade de onda longa, funde-se com os comprimentos de onda das micro-ondas e radioelétricas, em termos de milímetros, muito embora os comprimentos de onda sejam fornecidos em  $\mu\text{m}$  (mícron), são ainda frequentemente utilizadas outras unidades para medir o comprimento de onda nesta região espectral, por exemplo, o nanômetro (nm) e o Ångström (Å) (CARAMALHO, 2012, p.16).

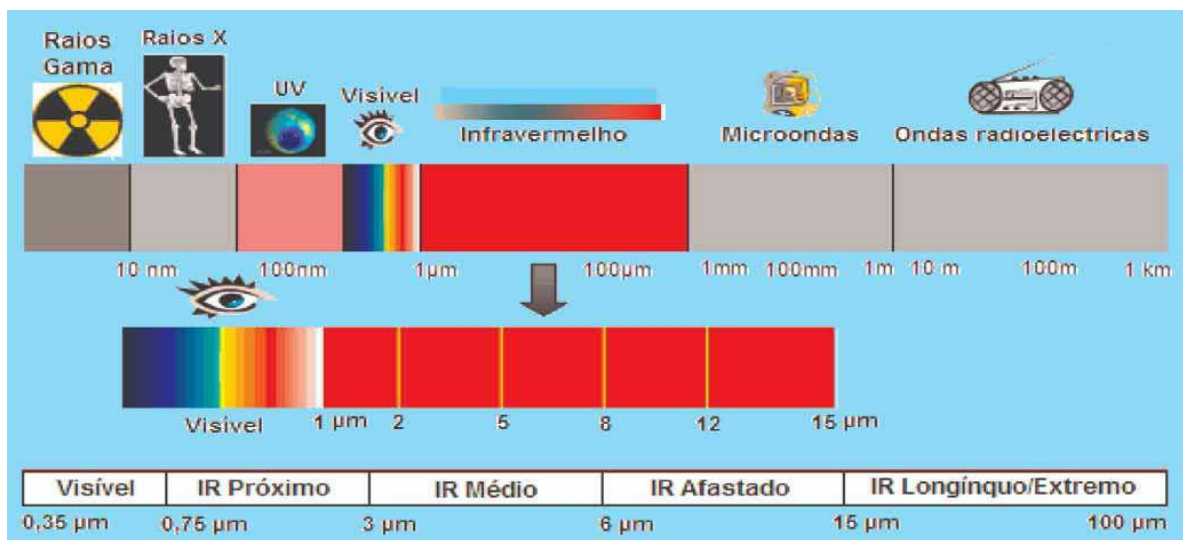


FIGURA 03 – DEMONSTRAÇÃO DA BANDA DE INFRAVERMELHO  
 FONTE: CARAMALHO (2012)

Na figura 03, apresenta-se a banda espectral dividida em regiões de comprimento de ondas, designadas por bandas, distinguidas pelo método utilizado para produzir e detectar a radiação.

O espectro eletromagnético é dividido arbitrariamente em diversas regiões de comprimento de onda, designadas por bandas. A radiação eletromagnética infravermelha tem comprimento de onda entre 1 micrômetros e 1000 micrômetros.

### 3.3 TERMOGRAMAS

Todos os corpos emitem energia, embora, muitas vezes, não possamos ver ou sentir, ela é facilmente detectada em termogramas. A termografia é o método de registro fotográfico de padrões de calor emitidos por um determinado corpo. São através da aplicação deste método que se obtêm os termogramas. Os termogramas são as imagens que foram convertidas pelas câmaras termográficas. Estas traduzem em sinais elétricos as radiações infravermelhas emitidas pelas diferentes partes de um corpo, sinais esses que se convertem em imagem visível num tubo de raios catódicos. Os termogramas apresentam diversas cores, conforme a temperatura a que as diferentes zonas se encontram.

Segundo a ABNT NBR 15424:2006, Ensaio não destrutivo - Termografia – Terminologia - item 2.57, define termograma como Imagem obtida a partir da radiação térmica (infravermelha), naturalmente emitida pelos corpos, em função de sua temperatura.

Na figura 4 apresenta-se um termograma de um transformador de baixa tensão. O gráfico da imagem térmica mostra as respectivas temperaturas do componente. Temperatura ambiente onde se encontra o componente de 22,5 graus *Celsius*, temperatura no núcleo do transformador de 40 graus *Celsius*, temperatura máxima registrada no componente de 63,7 graus *Celsius*.

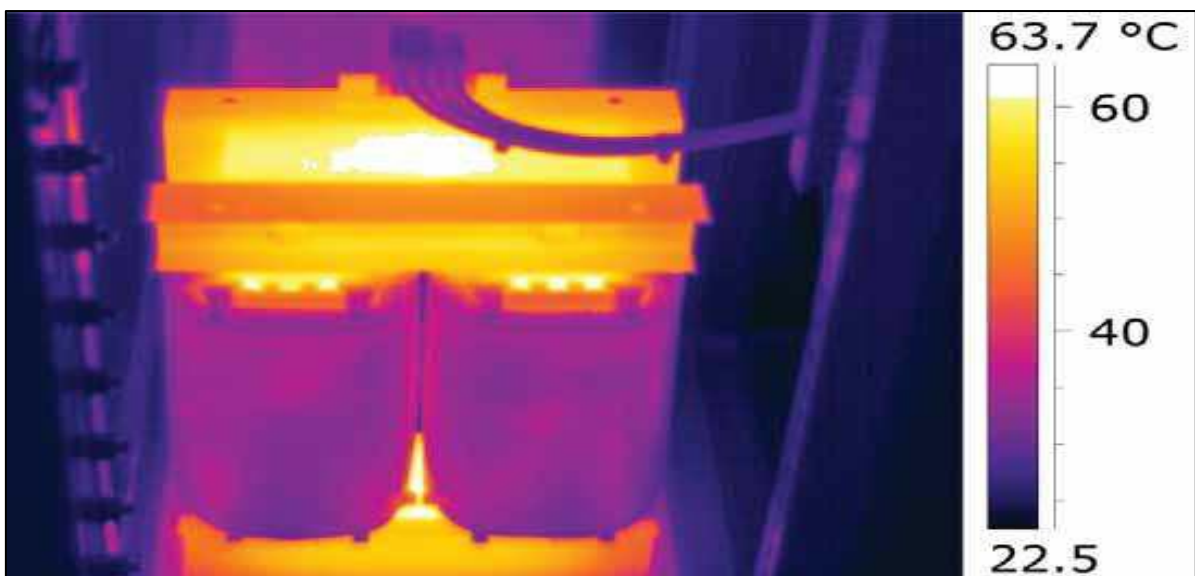


FIGURA 04 – TERMOGRAMA DE UM TRANSFORMADOR DE BAIXA TENSÃO  
FONTE: CARAMALHO (2012)

### 3.4 TERMOVISORES

Segundo a ABNT NBR 15424:2006, Ensaaios não destrutivos - Termografia - Terminologia - item 2.55, define termovisores como equipamentos destinados a detectar a radiação térmica e convertê-la em sinais eletrônicos que, devidamente processados, permitem a formação de imagens térmicas e a medição remota de temperaturas.

“Atualmente, com equipamentos de alta precisão e dimensões reduzidas, aos termos câmeras, assim chamadas, câmeras sensíveis à radiação infravermelha, permitem ao operador efetuar medições de temperatura (sem qualquer contato físico) de processo, no qual a temperatura desempenha o papel de variável relevante nos processos de falha. Os resultados são apresentados instantaneamente (SOUZA, 2011, P.43).”

Assim, usando um termovisor, fica extremamente fácil a localização de regiões quentes ou frias, por meio da interpretação dos termogramas que fornecem imagens, com recursos que permitem abranger uma faixa de temperatura que vai de -20°C a 1.500°C, com opção de filtros especiais, fornecendo uma imagem de qualidade, independente da presença do sol ou outra fonte de calor intensa. Sua leveza, pequeno tamanho e autonomia permitem sua utilização em locais de difícil acesso (SOUZA, 2011).

“Uma câmara termográfica mede e reproduz em imagens a radiação de infravermelhos emitida por um objeto. O fato de a radiação resultar da temperatura da superfície do objeto possibilita que a câmara calcule e mostre essa temperatura (CARAMALHO, 2012, P.31).”

Na Figura 6 apresenta-se a imagem de um termovisor Fluke TI10 utilizado nas medições realizadas neste trabalho.



FIGURA 05 - CÂMERA TERMOGRÁFICA UTILIZADA FLUKE TI 10  
FONTE: O AUTOR

Um termovisor exibe a imagem em diversas cores que representam graus diferentes de temperatura. Por meio dessa imagem, é fácil e rápido verificar visualmente as temperaturas da superfície e identificar pontos quentes. Pontos quentes e elevação de temperatura geralmente indicam que existe um problema ou que há risco iminente de ocorrer um problema.

Segundo catálogo Fluke Corporation (2006, 2007), além de mostrar graficamente as diferenças de temperatura, essas unidades medem e armazenam as temperaturas de cada ponto da imagem. Subsequentemente, todos esses pontos de dados podem ser chamados e usados em análises detalhadas de problemas potenciais ou simplesmente na monitoração de tendências num mesmo local ao longo do tempo.

Ainda segundo catálogo Fluke Corporation (2006, 2007) os termovisores são projetados para as condições mais difíceis de trabalho, esses termovisores totalmente radiométricos e de alto desempenho são ideais para a identificação e solução de problemas em instalações elétricas, equipamentos eletromecânicos,

instrumentação de processo, sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado e outros equipamentos.

### 3.5 EMISSIVIDADE

Segundo Comitti (2003), “a emissividade é a relação entre a energia irradiada (ou fluxo de radiação emitido), em um dado comprimento de onda, por um corpo qualquer e um corpo negro à mesma temperatura”.

Ainda na norma NBR 15424:2006, o termo emissividade é definido como:

“Parâmetro adimensional que estabelece a relação entre a quantidade de energia irradiada por um corpo em estudo e a que seria emitida por um corpo negro, a mesma temperatura e comprimento de onda. A emissividade varia entre 0 e 1.”

Segundo Fluke Corporation (2006, 2007), todas as superfícies emitem calor ou energia infravermelha. O nível da emissão varia muito conforme a superfície e referido pelo termo “emissividade”. Materiais e revestimento pintados geralmente tem alta emissividade; alumínio polido, por exemplo, tem baixa emissividade. Para medir com exatidão a temperatura de um material é necessário ajustar a emissividade do material de acordo com a aplicação específica.

“A relação entre a radiação emitida por um objeto e a que emitiria o corpo negro à mesma temperatura e mesmo comprimento de onda, é uma definição para emissividade e o seu valor está compreendido entre 0 e 1. Este é o parâmetro mais importante para a medição da temperatura dos objetos de interesse e o seu valor deve ser introduzido corretamente nos sistemas de termografia (CARAMALHO, 2012, p.69).”

As câmeras termográficas normalmente possuem ajuste de emissividade que corrige a indicação de temperatura, considerando a emissividade da superfície, que deve ser informada pelo usuário conforme indicação das tabelas que acompanham o equipamento informando a emissividade do material a ser medido (CARAMALHO, 2012, p.69).

A relação entre a radiação emitida por um objeto e a que emitiria o corpo negro à mesma temperatura e mesmo comprimento de onda. Valor está compreendido entre 0 e 1 e os valores são tabelados conforme Quadro 05 abaixo.

<b>TABELA DE EMISSIVIDADES</b>	
Alumínio anodizado (preto, opaco)	0,95
Aço inoxidável oxidado	0,85
Amianto (papel)	0,93 – 0,95
Amianto (ladrilho de pavimento)	0,94
Borracha	0,95
Carbono (pó de carvão / pó de graite)	0,96 – 0,97
Chumbo oxidado	0,63
Cobre oxidado	0,60 – 0,70
Cobre muito oxidado	0,88 – 0,90
Ferro galvanizado	0,85
Madeira	0,80 – 0,90
Papel amarelo	0,72
Papel preto opaco	0,89
Pavimento em asfalto	0,96
Pele humana	0,98
Plástico	0,90 – 0,94
Porcelana branca, brilhante	0,70 – 0,75
Porcelana vitrificada	0,92
Reboco - Gesso	0,9
Tijolo alvenaria	0,94

QUADRO 05 – EMISSIVIDADE DOS MATERIAIS  
 FONTE: CARAMALHO (2012)

### 3.6 APLICAÇÕES NA ÁREA ELÉTRICA.

Segundo ABNT NBR 15572:2012, Guia para inspeção de equipamentos elétricos e mecânicos, as anomalias por aquecimento em componentes elétricos são usualmente geradas por um acréscimo de resistência, que pode ser causado por conexões mal fixadas ou deterioradas, curtos-circuitos, sobrecargas, desequilíbrio ou falta de carga e componentes colocados ou instalados inadequadamente, defeitos na isolação elétrica e arrefecimento.

Segundo Souza (2011, p.43) durante a inspeção, na forma de imagens térmicas ou termogramas, a termografia integra-se perfeitamente as técnicas de manutenção preditiva, de equipamentos, como redes e instalações elétricas, painéis, subestações e motores.

Para Kardec e Nascif (2009, p.273) “a termografia é a técnica preditiva que permite o acompanhamento de temperaturas e a formação de imagens térmicas, conhecidas por termogramas”.

Conforme as ilustrações das figuras a seguir obtidas pela pesquisa do trabalho são apresentadas imagens de um disjuntor feitas pela câmera termográfica onde se verifica a elevação da temperatura na fase R figura 06 e a imagem 07 foto real coletada pela câmera termográfica identificando o dispositivo onde foi executada a medição conforme imagem térmica figura 06 e figura 07 imagem real.

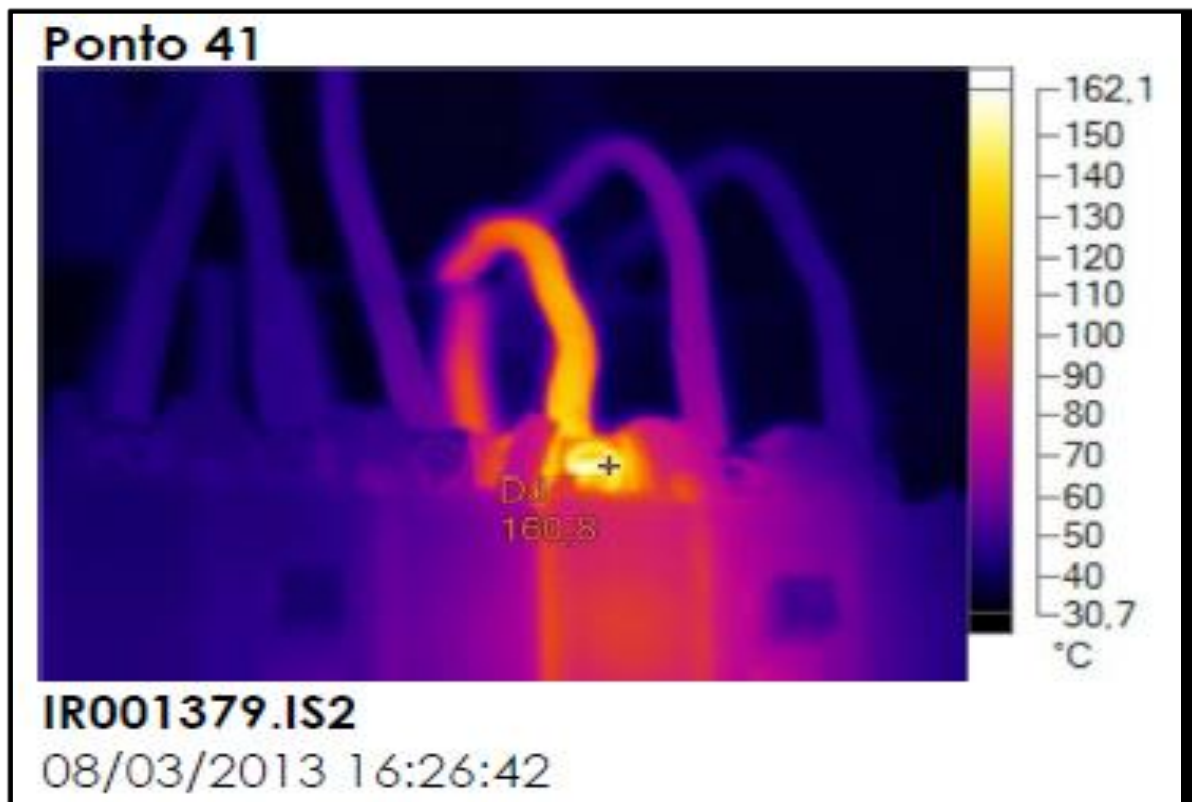


FIGURA 06 - TERMOGRAMA DE AQUECIMENTO FASE R CABO DE ALIMENTAÇÃO DISJUNTOR  
FONTE: O AUTOR





FIGURA 07 - IMAGEM DO DISPOSITIVO ONDE FOI EFETUADA A MEDIÇÃO.  
FONTE: O AUTOR.

Segundo Souza (2011, p.43) “pelo fato de ser a temperatura a principal variável detectável no processo de falha de uma instalação elétrica, é onde está concentrada a maior aplicação da termografia na área industrial”.

Neste caso toda instalação elétrica e máquinas elétricas podem receber inspeções através da termografia. A inspeção termográfica em instalações elétricas identificará problemas causados pelas relações entre corrente versus resistência elétrica, normalmente provocada por conexões frouxas, corroídas, oxidadas ou por falhas em componentes em si. Além disso, erros de projeto, falhas em montagens e até o excesso ou falta de manutenções preventivas podem provocar sobreaquecimento nos sistemas elétricos (SOUZA 2011).

Para os diagnósticos de falhas potenciais elétricas, a termografia infravermelha parte do princípio de que a potência de tais máquinas que não saem na forma de serviço, de alguma maneira está se transformando em perdas e sendo dissipada no meio, através de efeito Joule (SOUZA 2011).

### 3.7 TÉCNICAS DE ENSAIOS

Segundo ABNT NBR 15866:2010 metodologia de avaliação de temperatura de trabalho de equipamentos em sistemas elétricos, esta norma se destina a orientar a metodologia de avaliação térmica, qualitativa e/ou quantitativa, a ser realizada pelo responsável da análise termográfica, de acordo com as diversas situações e contextos em que os diferentes equipamentos elétricos estão submetidos.

Ainda segundo ABNT NBR 15866:2010 em ambas as situações é necessário haver um conhecimento prévio da distribuição da temperatura superficial (ou pelo menos que possa ser assumida com certa segurança), como um referencial comparativo com a distribuição real obtida durante o ensaio. O caso mais simples ocorrerá quando a distribuição da temperatura for uniforme e as descontinuidades se manifestarem como áreas quentes (por exemplo: componentes com maior resistência elétrica em uma instalação), ou áreas frias (fluxo interno de ar nos materiais).

Segundo a norma, a N-2475, utilizada pela Petrobras, que classifica como valor final de diversos cálculos, um Fator de Elevação de Temperatura ou FET. A N-2475 detalha como forma de análise dos resultados termográficos os seguintes tópicos:

a) Fator de Correção de Velocidade do Vento – FCVV

Para medições externas, segue a tabela de correção conforme Quadro 6.

Velocidade do Vento (m/s)	até 1	2	3	4	5	6	7
FCVV	1	1,37	1,64	1,86	2,06	2,23	2,39

QUADRO 06 – FATOR DE CORREÇÃO DE VELOCIDADE DO VENTO  
FONTE: NORMA N-2475.

b) Fator de Correção de Carga

O FCC é obtido em função da corrente nominal e a corrente medida, visualizado na tabela conforme Quadro 07 a seguir.

Carga %	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50
FCC	1	1,11	1,23	1,38	1,56	1,77	2	2,37	2,78	3,3	4

QUADRO 07 – FATOR DE CORREÇÃO DE CARGA.  
 FONTE: NORMA N-2475.

### c) Fator de Elevação de Temperatura

O valor deve ser analisado na tabela a seguir conforme Quadro 08 para se classificar o grau de criticidade e as providencias cabíveis de atuação.

Fator de Elevação de Temperatura (FET)	Classificação Térmica	Providência
0,9 ou mais	Severamente aquecido	Manutenção imediata
0,6 a 0,9	Muito aquecido	Manutenção programada
0,3 a 0,6	Aquecido	Em observação
Até 0,3	Normal	Normal

QUADRO 08 - CLASSIFICAÇÃO TÉRMICA E PROVIDÊNCIAS.  
 FONTE: NORMA N-2475

## 3.8 GRAU DE INTERVENÇÃO

Segundo Caramalho (2012, p.57) “se detecta um sobreaquecimento, é feita, logo na altura, uma avaliação do grau de intervenção recomendado e que pode ser”:

**(1) – Ligeiro sobreaquecimento:** Corrigir na próxima ação de conservação. Vigiar as temperaturas obtidas e as condições de serviço do equipamento não coloca em risco a instalação durante alguns meses.

**(2) – Sobreaquecimento de nível médio:** Reparação com parada programada. As temperaturas obtidas e as condições de serviço do equipamento já recomendam alguma atenção, pelo que se deve preparar a sua reparação para uma data que não afete muito o normal funcionamento da instalação, por exemplo, durante o período noturno ou num fim de semana, não devendo esta ação ultrapassar os 3 meses entre a data em que foi detectado o sobreaquecimento e a data de intervenção.

**(3) – Forte sobreaquecimento:** Reparação urgente. As temperaturas obtidas e as condições de serviço do equipamento colocam sérios riscos de incidente a muito curto prazo, pelo que a sua reparação deve ser efetuada com a máxima brevidade.

**(4) – Muito forte sobreaquecimento:** Intervenção imediata. As temperaturas obtidas e o estado do equipamento indiciam risco de ruptura a qualquer momento.

## 4 METODOLOGIA

O estudo apresentado foi realizado em uma Indústria e Comércio de Madeiras, com objeto social Industrialização e beneficiamento de quaisquer madeiras, bem como o comércio de madeiras em geral, inclusive importação e exportação com ramo de atividade o desdobramento e beneficiamento de madeira de lei em geral localizado em CURITIBA – PARANÁ.

A Empresa é especialista na fabricação de madeira laminada e madeira para móveis que a colocam como líder na produção destes derivados de madeira.

Ao longo de seus 78 anos de existência tem a preocupação de melhorar cada vez mais seus processos e pessoas para poder garantir a satisfação de seus clientes pelo mundo.

### 4.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O delineamento deste trabalho consiste em identificar e reportar preventivamente o potencial de falhas nos equipamentos e componentes elétricos através da inspeção termográfica prevenindo assim paradas inesperadas durante os processos produtivos garantindo a disponibilidade dos equipamentos e a qualidade dos produtos.

A partir do estudo apresentado, a presente pesquisa caracterizou-se como qualitativa, pois segundo a indicação de Triviños (1987), a abordagem qualitativa é mais indicada para estudos que visem à análise de aspectos implícitos da prática organizacional.

Trata-se de um estudo, que visa, através da investigação, identificar estudar e comparar os dados coletados através da inspeção termográfica com a técnica de termografia como ferramenta de manutenção preditiva utilizada para diagnosticar possíveis falhas nos equipamentos elétricos e sistemas elétricos industriais sem a necessidade de interrupção do sistema.

Conforme afirma Gil (1996), o estudo é definido como sendo um método de pesquisa que descreve parte ou totalidade de um processo, podendo ser usado na investigação de fatos das mais diversas áreas do conhecimento.

Caracteriza-se como um estudo intenso e exaustivo que permite o seu conhecimento em profundidade e que apresenta algumas vantagens em relação a outros delineamentos como a visualização do problema em sua totalidade, simplicidade nos processos de coleta de dados e sua análise, além de incentivar o pesquisador a novas descobertas (GIL 1996).

“Através da realização de um estudo é possível explicar ou descrever um sistema de produção ou sistema técnico no âmbito particular ou coletivo. Assim, este procedimento é considerado uma importante ferramenta para os pesquisadores que tem por finalidade entender “como” e “por que” funcionam as coisas (JUNG, 2004, p.158).”

## 4.2 PROCEDIMENTOS

No instante da inspeção em um componente elétrico, será realizada uma rigorosa seleção preliminar para determinar se este componente se encontra em situação normal ou não. Caso não esteja em situação normal, o caso é registrado para posterior diagnóstico informado no relatório entregue ao cliente.

São verificados então, a temperatura do componente, temperatura ambiente, temperatura máxima admissível do componente, carga nominal e carga do componente no momento da medição.

Máxima Temperatura Admissível (MTA): Utilizam-se como máxima temperatura admissível de componentes de diversos fabricantes, valores indicativos obtidos através de ensaios e experiência em campo, de acordo com a classificação abaixo:

Média Tensão (Componentes com tensão de trabalho acima de 1kV):

$MTA = (30^{\circ}\text{C} + \text{Temperatura Ambiente}).$

Baixa Tensão:

Cabos Isolados e Terminais:  $MTA = 70^{\circ}\text{C}.$

Barramentos e Conexões (Cobre / Alumínio): MTA = 100°C.

Contatos e Articulações de Seccionadoras e Disjuntores: MTA = 100°C.

Corpos de Fusíveis: MTA = 100°C.

As falhas e os riscos ao sistema detectados são classificados segundo critério de prioridade de manutenção e grau de abrangência dos equipamentos que venham apresentar problemas, conforme descrição abaixo:

- Emergência (>MTA ou Equipamentos Vitais)
- Urgente (entre 80% e 100 % do MTA)
- Programada (Entre 60% e 80% do MTA)
- Normal (Abaixo de 60% do MTA)

Estes critérios não são rígidos, e a experiência de campo do profissional que executa a termografia é de vital importância para a avaliação das condições térmicas dos equipamentos.

De uma forma geral tem-se no Quadro 09 a abaixo apresentado como referência de temperatura típica de operação nos componentes.

Equipamento	Temperatura Típica de Operação
Transformadores a Seco (Bobinas)	Conforme Classe de Temperatura (Geralmente classe F: 155°C.
Transformadores a Óleo (Tanque)	Temperatura topo do tanque 70°C.
Cabos de Baixa Tensão	Com carregamento nominal Cobertura PVC: 70°C.
Cabos de Média Tensão	Com carregamento nominal Cobertura XLPE: 90°C.
Isoladores de Média Tensão	Temperatura ambiente
Barramentos - conexões barra/barra	Até 100°C.
Disjuntores – conexões disjuntor/cabo	Até 70°C.
Disjuntores – conexões disjuntor/barramento	Até 100°C.
Cabos de Baixa Tensão - conexões cabo/barra	Até 70°C.
Fusíveis - fusível/barramento	Até 100°C.
Fusíveis - fusível/cabo	Até 70°C.

QUADRO 09- REFERÊNCIA PARA CRITICIDADE  
FONTE: O AUTOR.

Por último foram obtidas as fotografias reais digitais e os termogramas digitais (imagens térmicas) para a localização e registro dos pontos relevantes das inspeções. Todas as imagens termográficas foram salvas no cartão de memória da câmera termográfica e após a inspeção é transferidas a um computador, onde um *software* de termografia permitiu um refino das imagens térmicas que auxiliaram na identificação dos pontos exatos com problema através da identificação da temperatura que está afetando os componentes observados em relação aos componentes em bom estado e deste ponto determinar o grau de prioridade da manutenção.

Estes procedimentos foram adotados para que o trabalho tivesse os resultados esperados e a inspeção não sofresse alterações devido a erros de parâmetros e de planejamento.



### 4.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA

Na realização da amostra foram selecionados 41 equipamentos. Para a seleção dos equipamentos foi adotado como avaliativo os equipamentos com grau de uso e prioridade para produção não tendo a necessidade de termografar todos os equipamentos.

Os equipamentos selecionados estão apresentados no quadro 7, no período de 08/03/2013 a 29/03/2013. Destes 41 locais, 3 pontos foram classificados como quentes, sendo destes: 1 emergência, 1 urgência e 1 programado. Para o estudo a população é considerada 100% das amostras.

A seleção dos equipamentos serve como tag dos equipamentos e servirá para a identificação dos equipamentos no relatório indicando em quais equipamentos foi identificado o defeito e as ações a serem tomadas pela equipe técnica.

Os critérios adotados para escolha dos equipamentos foram:

- Grau de importância para produção.
- Patrimônio
- Regime de operação
- Frequência de falha
- Saúde e segurança
- Meio ambiente
- Tempo de funcionamento.

<b>NÚMERO PONTOS</b>	<b>LOCAL</b>	<b>EQUIPAMENTO</b>
1	Poste de entrada	Chave Mateus e grampo de linha
2	Poste de entrada	Isolador de ancoragem buchas de passagem
3	Poste de entrada	Para-raios externo
4	Cabine de entrada - Baia 1	Conexões das barras isoladas TC e TP
5	Cabine de entrada - Baia 1	Buchas de passagem
6	Cabine de entrada - Baia 2	Buchas de passagem, chave seccionadora
7	Cabine de entrada - Baia 2	TC de proteção isoladores
8	Cabine de entrada - Baia 3	Isoladores, conexões de barramento
9	Cabine de entrada - Baia 3	Disjuntor, chave seccionadora e buchas
10	Cabine de entrada - saída	Buchas de passagem e para raio externo
11	Cabine de entrada - saída	Isolador de ancoragem e grampo de ligação
12	Cabine 1	Isolador de ancor. grampo ligação conexões
13	Cabine 1 - baia 1	Bucha de passagem conexões e barramentos
14	Cabine 1 - baia 1	Isoladores, chave seccionadora trafo 8 AT
15	Cabine 1 - baia 1	Trafo 8 saída BT
16	Cabine 1 - baia 2	Bucha de passagem Chave sec. Base fusível TF1
17	Cabine 1 - baia 2	Isolador chave sec. Conexões Trafo 2 AT e BT
18	Cabine 1 - baia 2	Isolador chave sec. Conexões Trafo 3 AT e BT
19	Cabine 1 - baia 2	Isolador chave sec. Conexões Trafo 4 AT e BT
20	Cabine 1	Disjuntor de BT trafo 2
21	Cabine 1	Disjuntor de BT trafo 3
22	Cabine 1	Disjuntor banco capacitores
23	Cabine 1	Disjuntor de BT 500A trafo 4
24	Cabine 1	Quadro caldeira conterma
25	Cabine 1	Bucha de passagem terminações para-raios
26	Cabine 4 (cubículo metálico)	Cabos terminações isoladores conexões
27	Cabine 4 (cubículo metálico)	Disjuntor
28	Cabine 4 (cubículo metálico) B2	Cabos terminações isoladores conexões
29	Cabine 4 (cubículo metálico) B3	Chave sec. Trafo 05
30	Cabine 4 (cubículo metálico) B3	Disjuntor BT 400A Trafo 5
31	Cabine 4 (cub. Metálico) Baia 3	Trafo
32	Cabine 2 - baia 1	Conexão, barramentos, para-raios terminações
33	Cabine 2 - baia 2	Conexão, barramentos, isoladores chave seccionadora
34	Cabine 2 - baia 3	Conexão, barramentos, isoladores chave seccionadora
35	Cabine 2 - baia 3	Trafo & AT e BT
36	Cabine 2 - baia 4	Chave seccionadora trafo 6 AT e BT
37	Cabine 2	Chave seccionadora 630A geral BT
38	Cabine 2	Disjuntor 400A linha verniz
39	Cabine 3	Cabos entrada terminações conexões
40	Cabine 3	Chave seccionadora trafo AT e BT
41	Cabine 3	Disjuntor BT

QUADRO 07 – PONTOS E EQUIPAMENTOS TERMOGRAFADOS

FONTE: O AUTOR.

#### 4.4 COLETA DE DADOS

Foram examinados os transformadores de potência, de medida de serviços auxiliares, descarregadores de sobre tensões, disjuntores e seccionadores e barramentos, caixas fim de cabo, bancos de capacitores, isoladores, ligações à terra, cabos condutores e de terra, pinças de amarração e de suspensão, uniões, equipamentos de corte e de proteção, seccionadores aéreos, descarregadores de sobre tensões, contadores e disjuntores, estes foram os principais itens inspecionados.

A coleta foi realizada através da medição de temperatura dos painéis elétricos e subestações de transformação de energia elétrica da Madeireira, com câmera TI 10 Fluke. As medições foram executadas por um técnico especialista em termografia.

Os equipamentos utilizados para coleta de dados foram:

- Termovisor TI 10 Fluke;
- Termo-migro-anemômetro;
- Máquina fotográfica digital;
- Lanterna;
- Rádio para comunicação;
- Computador portátil.

Equipamentos de proteção Individual (EPI) utilizados:

- Capacete;
- Óculos de segurança;
- Bota de segurança com solado para riscos elétricos.

A coleta de dados seguiu o seguinte procedimento:

Em uma distância segura aproximadamente 1 metro do equipamento a ser analisado, posicionando a câmera na frente do equipamento, ela encontrou os pontos quentes.

Executado esta ação o técnico configurou a câmera para modo digital para fotografar a imagem real do equipamento.

Durante a realização da termografia alguns equipamentos apresentaram anomalias, ou seja, temperatura acima do esperado, neste caso a ação das irregularidades e correção das falhas nos equipamentos foi classificado como:

- **Emergência** – Reparar imediatamente os componentes;
- **Urgência** – Reparar o mais rápido possível os componentes;
- **Programado** – Programar a parada do equipamento para reparar;
- **Normal** – Temperatura próxima a admissível fazer acompanhamento da tendência.

Após a coleta de dados o técnico elaborou um termograma especificando detalhadamente qual o equipamento que necessitava de intervenção. Também nesta fase foram especificadas a criticidade de intervenção e as recomendações necessárias para que o problema fosse resolvido além do planejamento do reparo como programação de parada, peças sobressalentes e mão de obra aplicada. A figura 11 a seguir demonstra um modelo de termograma gerado.

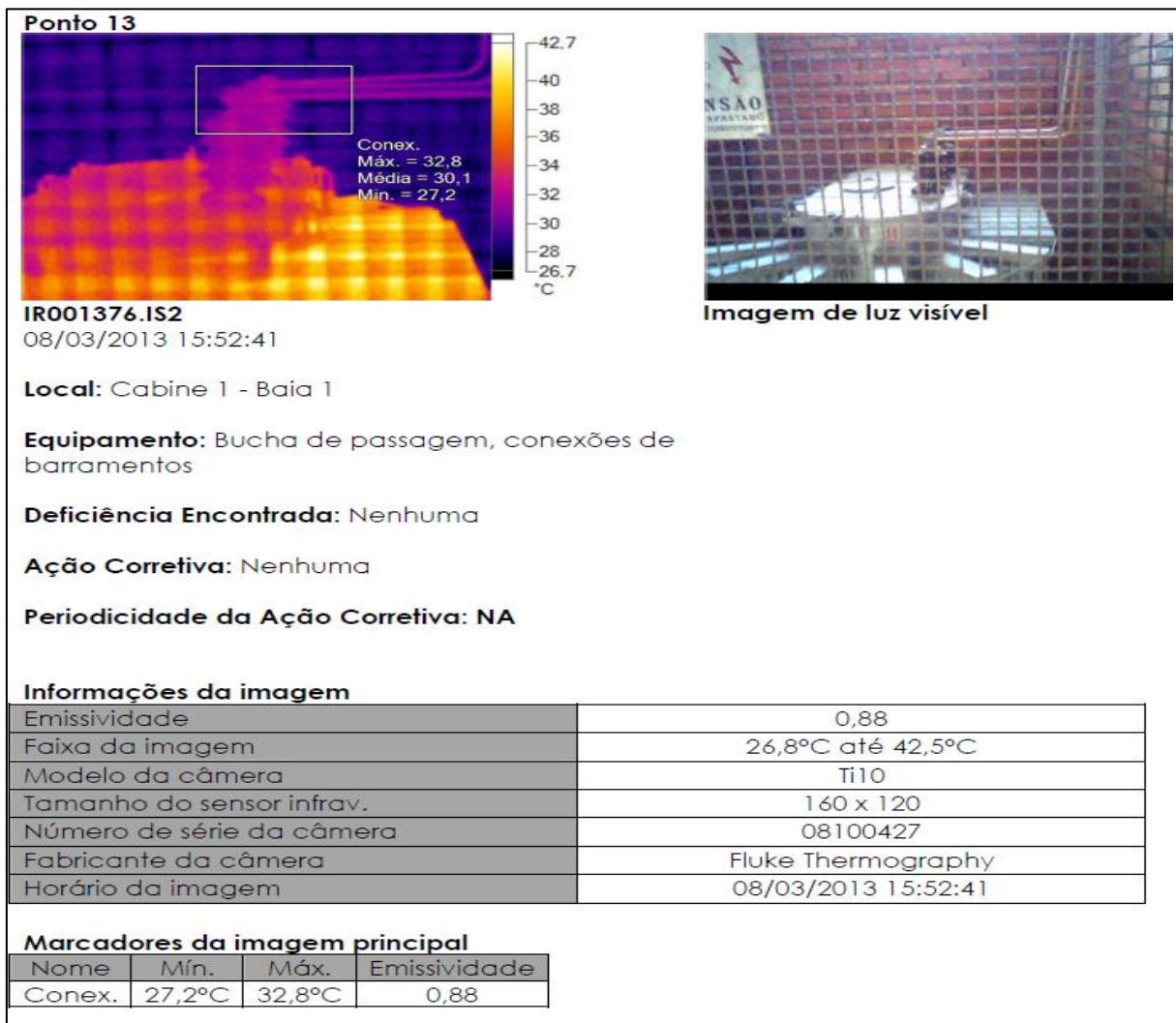


FIGURA 11- MODELO DE RELATÓRIO TERMOGRAFIA.  
FONTE: O AUTOR.

## 5 ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Para demonstração dos resultados foi utilizado como base os dados coletados nos equipamentos através da câmera termográfica durante as inspeções. Estas informações estão nas planilhas de roteiro de inspeção onde constam as informações dos dados coletados como resultado.

Conforme as planilhas para cada equipamento que apresentou uma anomalia foi gerado um termograma com as informações: local onde estão localizados os equipamentos; equipamento que foi detectado a anomalia; deficiência encontrada; ação corretiva para a anomalia detectada; periodicidade da ação corretiva.

Os equipamentos inspecionados durante a inspeção estão listados na tabela a seguir tabelas 1, 2 e 3 e também nas tabelas estão relacionados os equipamentos que apresentaram anomalias conforme roteiro de inspeção programado.

Selectas s.a.		ROTEIRO DE INSPEÇÃO (TERMOGRAFIA)						NR 01			
EMPRESA		UNIDADE		DATA INSPEÇÃO		ACOMPANHAMENTO INSPEÇÃO					
GaeSan		Selectas Curitiba		08/03/2013		Marcelo Vitali Pagnussat					
NÚMERO PONTOS	LOCAL	EQUIPAMENTO	ANÁLISE DA INSPEÇÃO								
			INSPEÇÃO			DEFICIÊNCIA		AÇÃO CORRETIVA			
			INP	OP	NP NR	PQ	TERMO	PROG	URG	EMER	
1	Poste de entrada	Chave Mateus e grampo de linha	INP	OP							
2	Poste de entrada	Isolador de ancoragem buchas de passagem	INP	OP							
3	Poste de entrada	Para-raios externo	INP	OP							
4	Cabine de entrada Baia 1	Conexões das barras isoladas TC e TP	INP	OP							
5	Cabine de entrada Baia 1	Buchas de passagem	INP	OP							
6	Cabine de entrada Baia 2	Buchas de passagem, chave seccionadora	INP	OP							
7	Cabine de entrada Baia 2	TC de proteção isoladores	INP	OP							
8	Cabine de entrada Baia 3	Isoladores, conexões de barramento	INP	OP							
9	Cabine de entrada Baia 3	Disjuntor, chave seccionadora e buchas	INP	OP							
10	Cabine de entrada - saída	Buchas de passagem e para raio externo	INP	OP							
11	Cabine de entrada - saída	Isolador de ancoragem e grampo de ligação	INP	OP							
12	Cabine 1	Isolador de ancor. grampo ligação conexões				X	1375			X	
13	Cabine 1 - baia 1	Bucha de passagem conexões e barramentos	INP	OP							
14	Cabine 1 - baia 1	Isoladores, chave seccionadora traf 8 AT	INP	OP							
15	Cabine 1 - baia 1	Transformador 8 saída BT	INP	OP							
LEGENDA											
(INP - INSPECIANDO) (OP - OPERACIONAL) (PQ - PONTO QUENTE) (PRO - PROGRAMADO) (URG - URGENTE 7 DIAS) (EME - EMERGÊNCIA "IMEDIATO" (TERM - TERMOGRAMA GRAVADO) (NR - NÃO REALIZADO) (NP - NÃO POSSUI)											
EXECUTOR DA INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA		Supervisor de elétrica - Lucas Hammerschmidt									
RESPONSÁVEL PELA INSPEÇÃO TERMOGRAFIA		Rogério Santos Júnior (Crea - SP-178378/D				CERTIFICADO DO EQUIPAMENTO			FLUKE T110 - NR 16980/08		

TABELA 1 – ROTEIRO DE INSPEÇÃO  
FONTE: O AUTOR.

Selectas s.a.		ROTEIRO DE INSPEÇÃO (TERMOGRAFIA)							NR 01	
EMPRESA		UNIDADE		DATA INSPEÇÃO		ACOMPANHAMENTO INSPEÇÃO				
GaeSan		Selectas Curitiba		08/03/2013		Marcelo Vitali Pagnussat				
NÚMERO PONTOS	LOCAL	EQUIPAMENTO	ANÁLISE DA INSPEÇÃO							
			INSPEÇÃO			DEFICIÊNCIA		AÇÃO CORRETIVA		
			INP	OP	NP NR	PQ	TERMO	PROG	URG	EMER
16	Cabine 1 baia 2	Bucha de passagem. Chave sec. Base fusível TF1	INP	OP						
17	Cabine 1 baia 2	Isolador chave sec. Conexões Trafo 2 AT e BT	INP	OP						
18	Cabine 1 baia 2	Isolador chave sec. Conexões Trafo 3 AT e BT	INP	OP						
19	Cabine 1 baia 2	Isolador chave sec. Conexões Trafo 4 AT e BT	INP	OP						
20	Cabine 1	Disjuntor de BT trafo 2	INP	OP						
21	Cabine 1	Disjuntor de BT trafo 3 (chave)	INP	OP						
22	Cabine 1	Disjuntor banco capacitores	INP	OP						
23	Cabine 1	Disjuntor de BT 500A trafo 4	INP	OP						
24	Cabine 1	Quadro caldeira conterma	INP	OP						
25	Cabine 1	Bucha de passagem terminações para-raios	INP	OP						
26	Cabine 4 (cubículo metálico)	Cabos terminações isoladores conexões				X	1377	X		
27	Cabine 4 (cubículo metálico)	Disjuntor	INP	OP						
28	Cabine 4 (cubículo metálico) B2	Cabos terminações isoladores conexões	INP	OP						
29	Cabine 4 (cubículo metálico) B3	Chave sec. Trafo 05	INP	OP						
30	Cabine 4 (cubículo metálico) B3	Disjuntor BT 400A Trafo 5	INP	OP						
LEGENDA										
(INP - INSPECIANDO) (OP - OPERACIONAL) (PQ - PONTO QUENTE) (PRO - PROGRAMADO (URG - URGENTE 7 DIAS) (EME - EMERGÊNCIA "IMEDIATO" (TERM - TERMOGRAMA GRAVADO) (NR - NÃO REALIZADO) (NP - NÃO POSSUI)										
EXECUTOR DA INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA		Supervisor de elétrica - Lucas Hammerschmidt								
RESPONSÁVEL PELA INSPEÇÃO TERMOGRAFIA		Rogério Santos Júnior (Crea - SP-178378/D			CERTIFICADO DO EQUIPAMENTO			FLUKE T110 - NR 16980/08		

TABELA 2 – ROTEIRO DE INSPEÇÃO

FONTE: OS AUTORES

Selectas s.a.		ROTEIRO DE INPEÇÃO (TERMOGRAFIA)							NR 01	
EMPRESA		UNIDADE		DATA INSPEÇÃO		ACOMPANHAMENTO INSPEÇÃO				
GaeSan		Selectas Curitiba		08/03/2013		Marcelo Vitali Pagnussat				
NÚMERO PONTOS	LOCAL	EQUIPAMENTO	ANÁLISE DA INSPEÇÃO							
			INSPEÇÃO			DEFICIÊNCIA		AÇÃO CORRETIVA		
			INP	OP	NP NR	PQ	TERMO	PROG	URG	EMER
31	Cabine 4 (cub. Metálico) Baia 3	Transformador	INP	OP						
32	Cabine 2 baia 1	Conexão, barramentos, para-raios terminações	INP	OP						
33	Cabine 2 baia 2	Conexão, barramentos, isoladores chave secciona	INP	OP						
34	Cabine 2 baia 3	Conexão, barramentos, isoladores chave secciona	INP	OP						
35	Cabine 2 baia 3	Trafo & AT e BT	INP	OP						
36	Cabine 2 baia 4	Chave seccionadora trafo 6 AT e BT	INP	OP						
37	Cabine 2	Chave seccionadora 630A geral BT	INP	OP						
38	Cabine 2	Disjuntor 400A linha verniz	INP	OP						
39	Cabine 3	Cabos entrada terminações conexões	INP	OP						
40	Cabine 3	Chave seccionadora trafo AT e BT	INP	OP						
41	Cabine 3	Disjuntor BT	INP			X	1378/1379			X
LEGENDA										
(INP - INSPECIANDO) (OP - OPERACIONAL) (PQ - PONTO QUENTE) (PRO - PROGRAMADO (URG - URGENTE 7 DIAS) (EME - EMERGÊNCIA "IMEDIATO" (TERM - TERMOGRAMA GRAVADO) (NR - NÃO REALIZADO) (NP - NÃO POSSUI)										
EXECUTOR DA INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA		Supervisor de elétrica - Lucas Hammerschmidt								
RESPONSÁVEL PELA INSPEÇÃO TERMOGRAFIA		Rogério Santos Júnior (Crea - SP-178378/D			CERTIFICADO DO EQUIPAMENTO			FLUKE T110 - NR 16980/08		

TABELA 3 - ROTEIRO DE INSPEÇÃO

FONTE: O AUTOR.

## 5.1 ANÁLISES DOS TERMOGRAMAS

A seguir são apresentados os termogramas com as causas e manutenções realizadas.

No ponto 12 foi detectado aquecimento na fase L1 do isolador de saída cabine 01. Este isolador serve para isolar os equipamentos que conduzem a corrente elétrica da massa das estruturas onde se encontram.

Utilizado em apoios a barramentos, linhas aéreas, passa muros (passagens do interior para o exterior e vice versa), em seccionadores e outros órgãos de corte e proteção.

Este equipamento tem importância impactante na produção, pois a interrupção do mesmo pode deixar toda a planta industrial sem energia elétrica e todo processo produtivo será interrompido.

Por meio da programação foi executada a manutenção e a ação tomada foi à troca do isolador que estava com defeito podendo com presença de umidade dar passagem de corrente à massa (terra), com consequentes disparos e saídas de serviço da linha aérea que alimenta este ponto. Com esta ação a anomalia foi eliminada. Na figura 12 a seguir é mostrada a imagem termográfica do ponto 12.

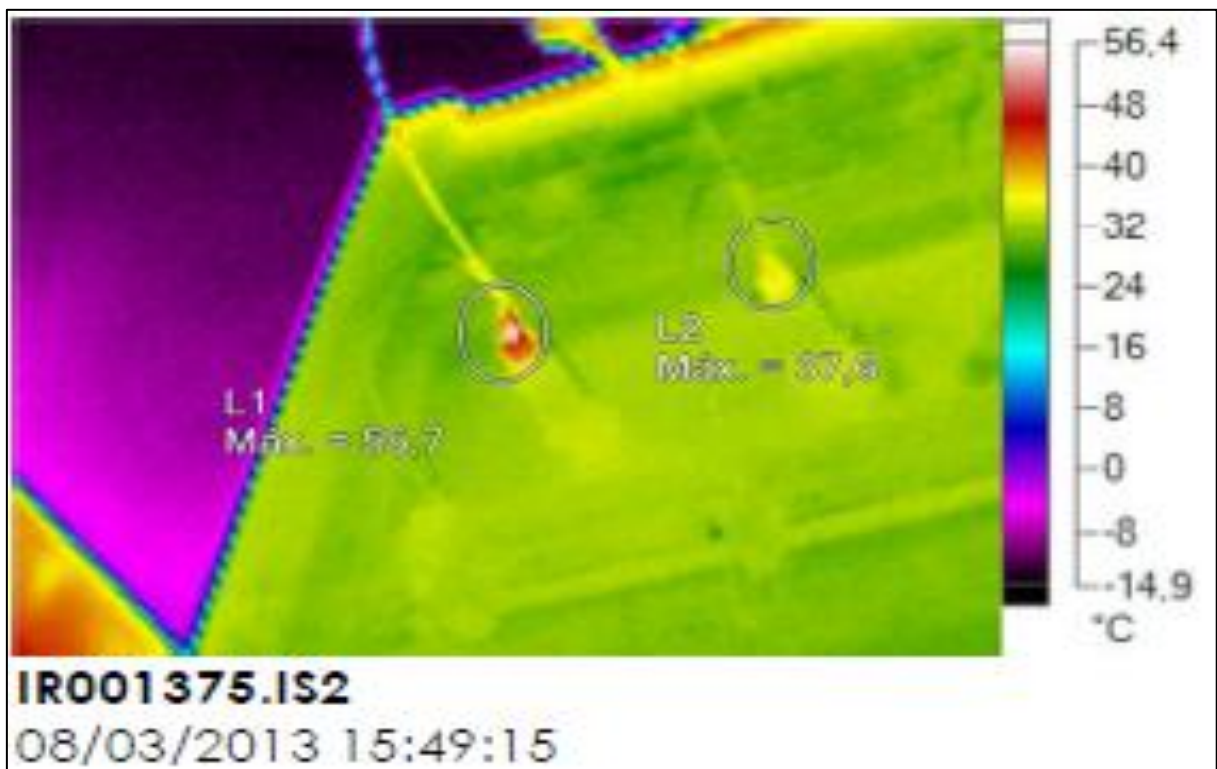


FIGURA 12 - TERMOGRAMA INFRAVERMELHO PONTO 12  
 FONTE: O AUTOR.

Na figura 13 é mostrada a imagem real do ponto 12.



FIGURA 13 - IMAGEM REAL DO PONTO 12  
 FONTE: O AUTOR.

No Quadro 08 são apresentadas as informações referentes ao termograma do ponto 12.

<b>NR PONTO AQUECIDO</b>	12
<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Cabine 1
<b>EQUIPAMENTO</b>	Isolador de Ancoragem
<b>DEFICIENCIA ENCONTRADA</b>	Aquecimento em conexão
<b>CAUSA</b>	Isolador fragmentado
<b>AÇÃO</b>	Trocar isolador
<b>GRAU INTERVENÇÃO</b>	URGENTE
<b>EMISSIVIDADE</b>	0,88
<b>DATA IMAGEM</b>	8/3/13 15:49
<b>TEMPERATURAS</b>	Fase L1 55,7°C L27,8°C



QUADRO 08 - INFORMAÇÕES DA IMAGEM DO PONTO 12  
FONTE: O AUTOR.

No ponto 26 detectou-se um aquecimento na fase L3 do disjuntor de interrupção, este disjuntor serve para o comando e proteção de um determinado circuito elétrico, que atua em condições previamente estabelecidas, ou seja, é um aparelho que abre (interrompe o circuito) sempre que a intensidade de corrente nominal é ultrapassada. A interrupção da corrente elétrica pode ser manual ou automática e os disjuntores atuam em condições de sobrecarga e de curto-circuito.

O impacto deste dispositivo na produção não tem influência significativa, por se tratar de um disjuntor de uma bomba de água que bombeia água para uma cisterna e existe uma reserva de água em um caixa com 40 mil litros, não impactando diretamente na produção.

Através da programação foi executada a manutenção e a ação tomada foi o reaperto da conexão de saída da fase L3 do disjuntor, com esta ação a anomalia foi eliminada.

Na figura 14 é mostrada a imagem termográfica do ponto 26.

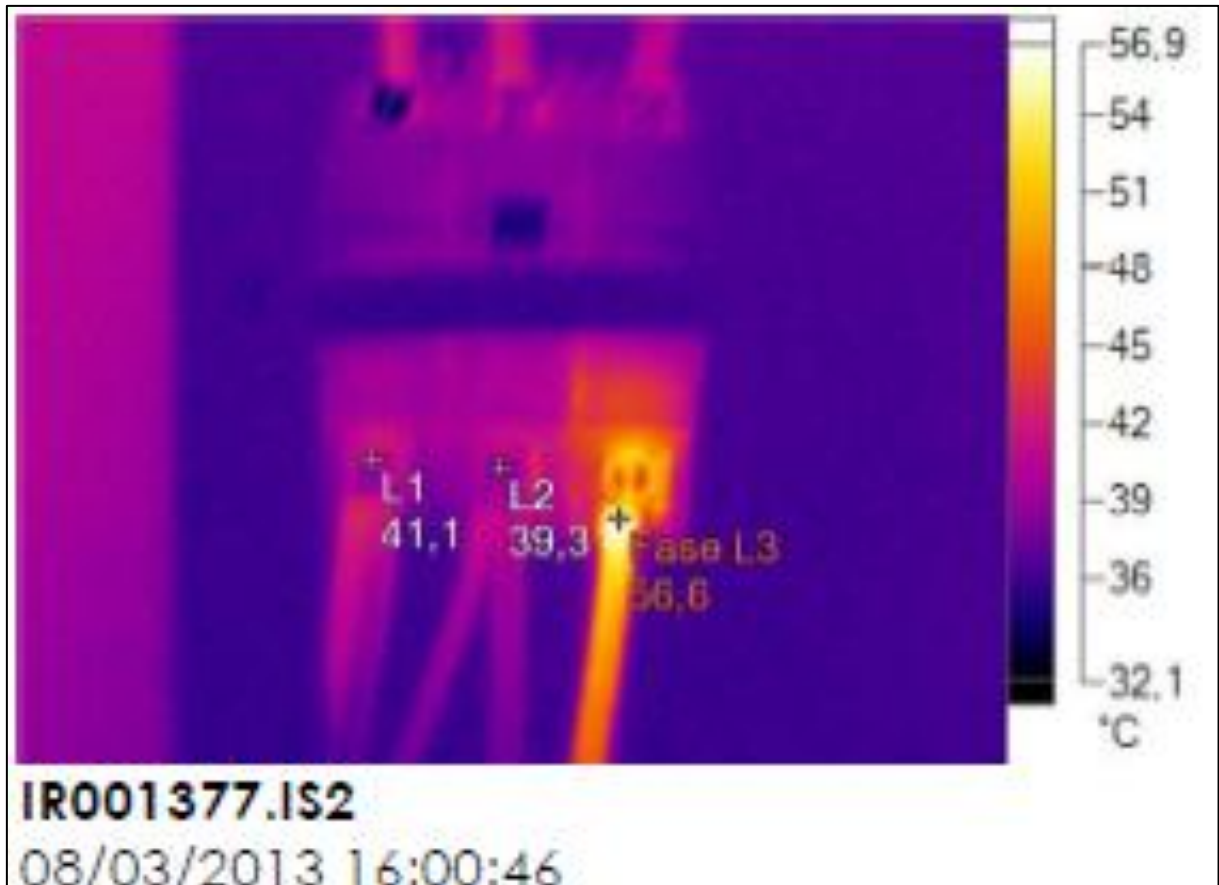


FIGURA 14 - TERMOGRAMA INFRAVERMELHO PONTO 26  
FONTE: O AUTOR.

Na figura 15 é mostrada a imagem real do ponto 26



FIGURA 15 - IMAGEM REAL DO PONTO 26  
 FONTE: O AUTOR.

Quadro 09 são apresentadas as informações referentes ao termograma do ponto 26.

<b>NR PONTO AQUECIDO</b>	26
<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Cabine 4
<b>EQUIPAMENTO</b>	Disjuntor 100 A
<b>DEFICIENCIA ENCONTRADA</b>	Aquecimento em conexão
<b>CAUSA</b>	Carga acima nominal
<b>AÇÃO</b>	Reaperto, limpeza, substituição caso necessário.
<b>GRAU INTERVENÇÃO</b>	Programada
<b>EMISSIVIDADE</b>	0,88
<b>DATA IMAGEM</b>	8/3/13 16h00min
<b>TEMPERATURAS</b>	Fase L1- 41,1°C; L2 - 39,3°C; L3 - 56,6°C

QUADRO 09 - INFORMAÇÕES DA IMAGEM DO PONTO 26  
 FONTE: O AUTOR.

No ponto 41 foi detectado um aquecimento na fase L1 do disjuntor de interrupção. Esta situação foi a mais grave sendo que o disjuntor apresentava temperatura muito alta 157,8°C e as ações foram imediatas. Por meio da

programação foi executada a manutenção e as ações tomadas foram à troca do disjuntor de 100A e dos cabos de alimentação que estavam derretidos podendo causar danos maiores como incêndio, curtos circuitos no painel elétrico.

Como a carga estava mal dimensionada foi tomada como ação alternativa a retirada de algumas cargas deste disjuntor para que não sofresse novamente sobreaquecimento, com estas ações as anomalias foram eliminadas.

Na figura 16 é mostrada a imagem termográfica do ponto 41.

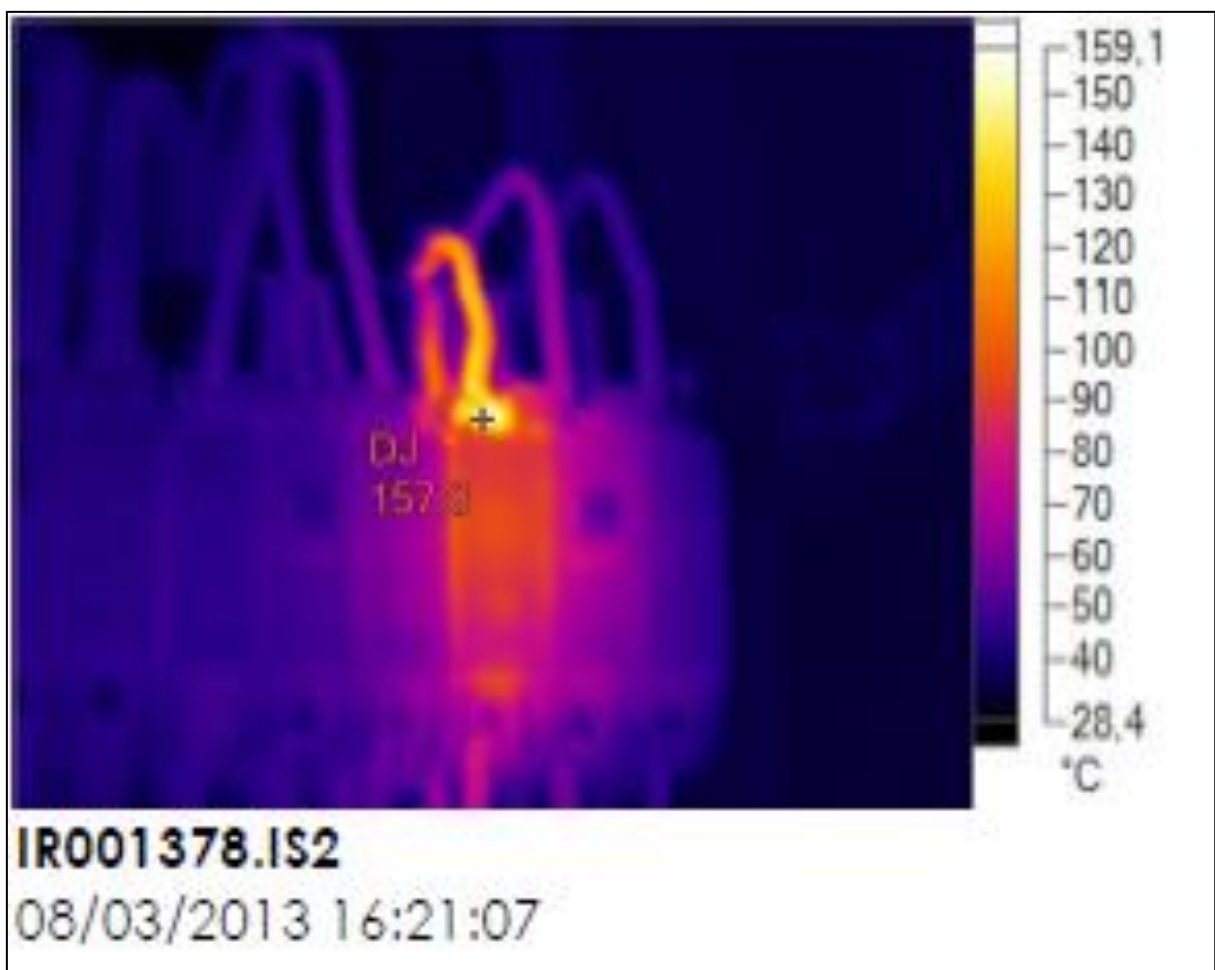


FIGURA 16 - TERMOGRAMA INFRAVERMELHO PONTO 41.  
FONTE: O AUTOR.

Na figura 17 é mostrada a imagem real do ponto 41.



FIGURA 17- IMAGEM REAL DO PONTO 41.  
FONTE: O AUTOR.

No quadro 10 são apresentadas as informações referentes ao termograma do ponto 41.

<b>NR PONTO AQUECIDO</b>	41
<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Cabine
<b>EQUIPAMENTO</b>	PGBT - DJ
<b>DEFICIENCIA ENCONTRADA</b>	Aquecimento na fiação
<b>CAUSA</b>	Mau contato conexão
<b>AÇÃO</b>	Substituir cabo e disjuntor com sobreaquecimento. Cabos acima da temperatura nominal.
<b>GRAU INTERVENÇÃO</b>	Emergência
<b>EMISSIVIDADE</b>	0,88
<b>DATA IMAGEM</b>	8/3/13 16h21min
<b>TEMPERATURAS</b>	157,8°C

QUADRO 10 - INFORMAÇÕES DA IMAGEM DO PONTO 41  
FONTE: O AUTOR.

A seguir são apresentados os gráficos dos pontos que apresentaram anomalias:

O gráfico 1 a seguir apresenta os pontos quentes em relação ao normais e estão divididos em porcentagem em relação ao número de equipamentos inspecionados. Dos 41 pontos inspecionados apenas 3 pontos apresentaram anomalias totalizando 7% dos equipamentos inspecionados. Pode-se perceber que este total é pequeno em relação ao total de 41 equipamentos inspecionados, mas que estes 3 pontos detectados poderiam trazer danos irreparáveis e possível parada de uma planta fabril. Por isso é muito importante diagnosticar as falhas antecipadamente para poder agir na anomalia.

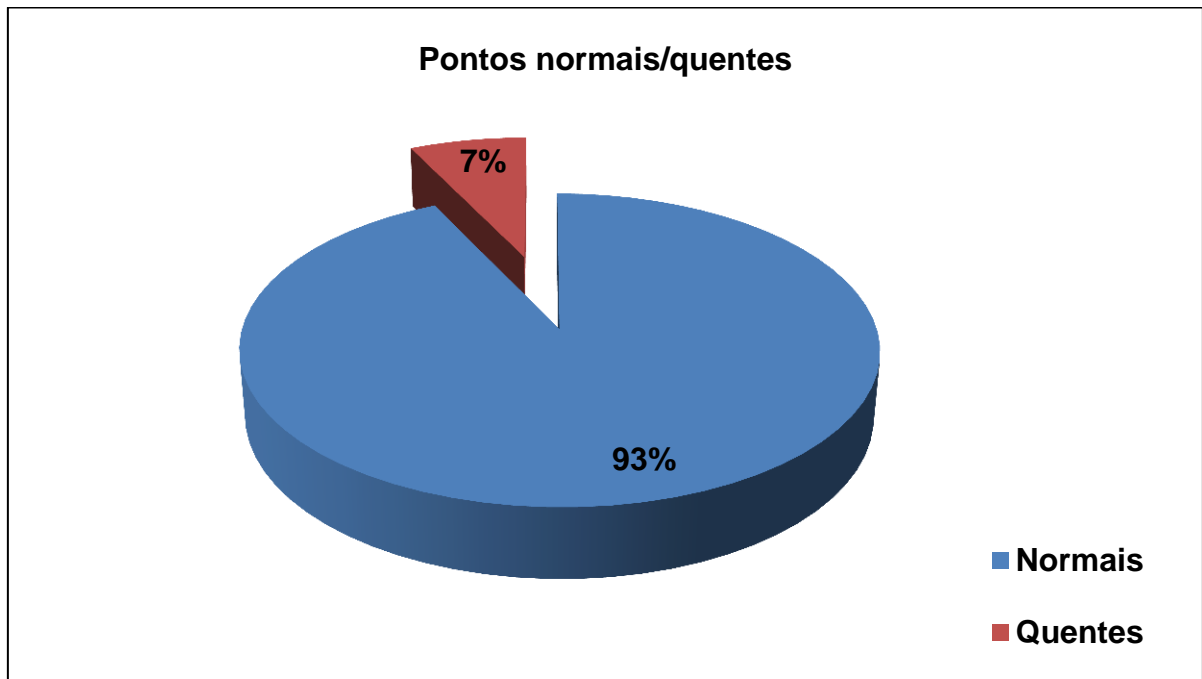


GRÁFICO 1 - PONTOS NORMAIS E PONTOS QUENTES  
FONTE: O AUTOR

No gráfico 2 dois são separados os pontos quentes e tem o objetivo de mostrar o grau de intervenção e os tipos de ocorrências.

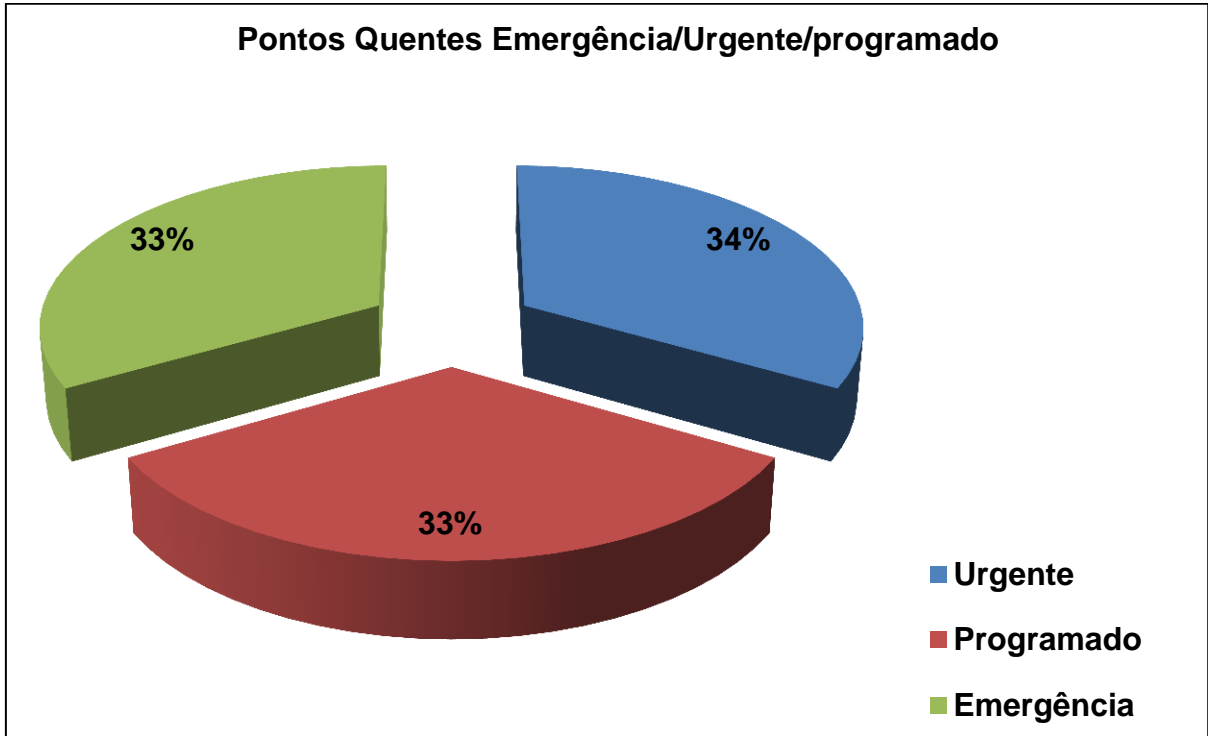


GRÁFICO 2 - PONTOS QUENTES EM EMERGÊNCIA / URGENTE / PROGRAMADO  
FONTE: O AUTOR

## 6 CONCLUSÃO

Quanto às recomendações técnicas das solicitações das manutenções todas foram realizadas conforme as recomendações técnicas e realizadas pela equipe de manutenção onde o trabalho em equipe na empresa tem papel fundamental na obtenção dos resultados.

Um dos pontos negativos que a empresa realiza a termografia uma vez ao ano e como sugestão poderia aumentar a periodicidade das medições para garantir ainda mais a efetividade do acompanhamento termográfico.

Durante o trabalho foram encontradas algumas dificuldades que podem ser citadas: As normas vigentes não oferecem parâmetros e métodos precisos precisando ainda da experiência em campo para que a execução tenha êxito. Isto é caracterizado por ser a técnica de termografia ainda pouco difundido nas indústrias e muito abrangente em relação a gama de equipamentos e situações que podem ser analisadas.

Foi preciso pesquisar bastante para ter os resultados que o trabalho alcançou. Também durante a realização do trabalho em campo foram encontradas algumas dificuldades, pois as cabines de medição e de transformadores não possuíam identificação e foi preciso identificar todos os pontos de coletas para facilitar rota de inspeção.

Os objetivos do trabalho foram atingidos com a demonstração dos resultados das medições realizadas nos 41 equipamentos onde foram indicadas as falhas e criticidades podendo as manutenções ser programadas e realizadas com antecedência a pane. Outro ponto atendido com a termografia foi à identificação das falhas, segurança na execução das intervenções e o planejamento quanto ao grau de criticidade das intervenções também foram atingidos como objetivos do trabalho.

O apoio da empresa foi fundamental para o sucesso do trabalho realizado. Este apoio é fundamental para a indústria que deseja buscar a excelência em um mundo competitivo e globalizado nos dias atuais.



## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Marcio T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. Itajubá: Escola Federal de Engenharia. Disponível em: <[www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf](http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf)> Acesso em 16/07/2013.

**A CAUSA oculta... Thermoglob: Termografia em estado da arte!. 10 dez. 2008.** Disponível em: <<http://termografia-em-estado-de-arte.blogspot.com/>>. Acesso em: 15/12/2012.

ANDRADE, Ednardo B. **Apostila de Gestão da Manutenção**. Florianópolis, CEFET/SC, 2002.

ANTONIOLLI, EDILAR B., **Estudo comparativo de técnicas de medição e análise de vibrações para a manutenção preditiva em mancais de rolamentos**. Florianópolis, 1999.

**APLICAÇÕES termográficas na manutenção: onde normalmente erramos!** Nova Manutenção y Qualidade, v. 62, p. 28-32. Seção Técnica. Disponível em: <<http://myq.com.br/html/revistas/62/MyQ62ter.pdf>>. Acesso em: 16/12/2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5462: **Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR- 5462: **Confiabilidade- terminologias**. Rio de Janeiro, 1981.

BRITTO, R. de; PEREIRA, M. A.v **Manutenção autônoma: estudo de caso em empresa de porte médio do setor de bebidas**. In: VII SEMEAD, Seminário de Estudos de Administração da USP – Universidade de São Paulo, 2003.

CARAMALHO, Alberto. **25 anos em termografia**. 1ª ed. Portugal: Bubok, 2012.

COMITTI, Alexandre; SOUSA, Antônio Heronaldo de; Universidade do Estado de Santa Catarina. **Aplicação de termo visão em manutenção industrial**. 2003. 73 f. Monografia (especialização) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Curso de Especialização em Automação Industrial, 2003.

CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 18º, 2003, Porto Alegre. **A situação da manutenção no Brasil.**

FLUKE CORPORATION (©2006, 2007). All rights reserved. **Specificatins subject to change without notice.** Printed in U.S.A. 9/2007 2686907-B-PT-N-Rev B.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

JUNG, Carlos Fernando. **Metodologia Para Pesquisa & Desenvolvimento.** Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil Editora, 2004.

KARDEC, Alan. **Manutenção : Função estratégica / Alan Kardec.** 3.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção Função Estratégica,** 2 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica.** 2 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio; BARONI, Tarcísio. **Gestão Estratégica e Técnicas Preditivas.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. *Fundamentos de metodologia científica.* [S.l.]: Atlas, 2010. p.28

LEWIS, BERNARD T; PEARSON, WILLIAM. **Manual de Manutenção Preventiva.** Rio de Janeiro: Enisa, 1965, p.89.

MIRSHAWKA, V.; **Manutenção Preditiva: Caminho para Zero Defeitos,** 1 ed. São Paulo: Makron Books, McGraw-Hill, 1991.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N.L. **Manutenção - Combate aos Custos da Não-Eficácia: A Vez do Brasil.** São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1993.

MITCHELL, JOHN S., **Levantamento Eficiente das Condições de Máquinas visando um Desempenho Satisfatório em Produção Ininterrupta.** Apresentado Na 84 convention on Advanced Maintenance Technology and Diagnostics Techniques, Institution of Diagnostic Engineers, London, September 1984.

MOUBRAY, John. **Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade**. São Paulo: Aladon, 1996.

NEPOMUCENO, L. X., **Técnicas de Manutenção Preditiva**. São Paulo; Editora Edgard Blücher Ltda, 1989, Volumes I e II.

Petrobrás, Inspeção termográfica em sistemas elétricos N-2475 Ver. C, Petrobrás, Fev, 2005.

PINTO, ALAN KARDEC, **Manutenção: função estratégica**. Qualitymark Ed., 1999.

**Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense.**

Disponível em:

<<http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/1801/979>>  
acesso em 10/11/2013.

SANTOS, VALDIR APARECIDO D., **Manual prático da manutenção industrial**. São Paulo; Ícone, 1999.

SERVIÇO de termografia. MGS Tecnologia. Disponível em:

<<http://www.mgstecnologia.com.br/termografia.html>>. Acesso em: 20/12/2012.

SIMEÓN, Edgar Jhonny Amaya. **Aplicação de técnicas de inteligência artificial no desenvolvimento de um sistema de manutenção baseada em condição**.

Dissertação (Mestre em sistemas Mecatrônicos), Universidade de Brasília, 2008.

SOUZA, Valdir Cardoso de. **Organização e gerenciamento da manutenção :**

**programação e controle de manutenção** / Valdir Cardoso de Souza. 4. Ed. São Paulo: All Printe Editora. 2011.

TAVARES, LOURIVAL AUGUSTO, **Administração moderna da manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Pólo Publicações Ed., 1999.

TAVARES, Lourival Augusto. **Administração moderna da manutenção**. RIO DE JANEIRO: Novo Polo, 1999. p.208

TERMOVISÃO. Brasília, DF: Alencar Instalações. Disponível em:

<[http://www.alencarinstalacoes.com.br/?page\\_id=21](http://www.alencarinstalacoes.com.br/?page_id=21)>. Acesso em: 30/08/2013

TERMOVISOR TI10 FLUKE. Disponível em:  
<<http://www.fluke.com/fluke/brpt/termovisores/fluke-ti9.htm?PID=56189>>. Acesso em: 10/11/2013

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

VAZ, José Carlos. **Gestão da Manutenção Preditiva: Gestão de Operações**. Fundação Vanzolini: Ed. Edgard Blücher, 1997.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa científica em administração**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2005.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM, planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002, p.192

ZAIONS, Douglas Roberto. **Consolidação da Metodologia de Manutenção Centrada na Confiabilidade em uma Planta de Celulose e Papel**. 219f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.