

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR – MG**

**COORDENAÇÃO GERAL DE GRADUAÇÃO**

**DAVI BORGES DE OLIVEIRA**

**MANUTENÇÃO PREDITIVA COM ÊNFASE EM TERMOGRAFIA:  
UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA  
SUCROALCOOLEIRA.**

**FORMIGA – MG**

**2012**

**DAVI BORGES DE OLIVEIRA**

**MANUTENÇÃO PREDITIVA COM ÊNFASE EM TERMOGRAFIA:  
UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA  
SUCROALCOOLEIRA.**

Monografia apresentada à Coordenação  
Geral de Graduação do UNIFOR-MG  
como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia de  
Produção.

Orientador: Prof. Mst. Murilo Machado de Barros

**FORMIGA - MG**

**2012**

**MANUTENÇÃO PREDITIVA COM ÊNFASE EM TERMOGRAFIA:  
UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA  
SUCROALCOOLEIRA.**

Monografia apresentada à Coordenação  
Geral de Graduação do UNIFOR-MG  
como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia de  
Produção.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Mst. Murilo Machado de Barros  
Orientador

---

Prof. Dr. Alex Magalhães de Almeida  
Examinador  
UNIFOR - MG

Formiga, 5 de dezembro de 2012.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço esta conquista primeiramente a DEUS, aos meus pais Paulo e Maria José pelo amor incondicional e por sempre me apoiarem nas minhas decisões.

Agradeço aos meus irmãos Denise, Sebastião e Danilo pelo incentivo e motivação.

Agradeço a minha namorada Beatriz que sempre me alegrou e me confortou nas dificuldades.

Ao meu orientador Murilo Machado que direcionou as minhas idéias e me mostrou o caminho a ser seguido para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor e coordenador Marcelo Carvalho que sempre me ajudou.

E a todos meus amigos e colegas que fizeram parte desta minha caminhada meu muito obrigado.

## RESUMO

O presente estudo tem como objetivo demonstrar a importância da manutenção preditiva com ênfase na termografia em uma indústria sucroalcooleira, bem como mostrar os benefícios da implantação de tal procedimento. Inicialmente foi efetuada uma análise do atual mercado da indústria sucroalcooleira. Em seguida, foi exposto o conceito de manutenção e como está ocorrendo sua evolução nas empresas, sendo descrito cada tipo de manutenção – corretiva, preventiva, preditiva e manutenção produtiva total (TPM). Foi realizado um estudo de caso mostrando a importância da manutenção preditiva com ênfase na termografia em equipamentos elétricos, destacando os benefícios adquiridos com este método. O estudo foi realizado em uma indústria sucroalcooleira situada na região centro-oeste do estado de Minas Gerais, que produz aproximadamente 2.500.000 toneladas cana/safra. Neste tipo de indústria, a existência de um departamento de manutenção com equipamentos que atuem com suas funções requeridas no processo, de modo seguro e por mais tempo, é indispensável. Ao final da pesquisa, concluiu-se que a manutenção preditiva desta indústria funciona de maneira eficaz, evitando paradas indesejadas bem como perdas no processo produtivo.

Palavras-chave: Manutenção preditiva, Termografia, Indústria sucroalcooleira.

## **ABSTRACT**

This study aims to demonstrate the importance of predictive maintenance with emphasis on thermography in a sugarcane industry, and show the benefits of implementing such a procedure. Initially there it will be done an analysis of the current market of the sugarcane industry. Then, the concept of maintenance will be exposed and how it is evolving in the companies, describing each type of maintenance - corrective, preventive, predictive and total productive maintenance (TPM). A study case was realized showing the importance of predictive maintenance with emphasis on thermography on electrical equipment, showing the obtained benefits with this method. The study was conducted in a sugar industry located in the middle-west part of the state of Minas Gerais, which produces approximately 2,500,000 tons cane / crop. In this type of industry, the existence of a maintenance department with equipments that operate with their functions required in the process, in a safely way and for longer, is indispensable. At the end of the study, it was concluded that this industry predictive maintenance works effectively avoiding unwanted stoppages and losses in the production process.

Keywords: predictive maintenance, Thermography, Sugarcane Industry.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> : Termografia Ccm Torre de Resfriamento Destilaria.....	24
<b>FIGURA 2</b> : Foto Digital Ccm Torre de Resfriamento Destilaria.....	25
<b>FIGURA 3</b> : Iceberg.....	26
<b>FIGURA 4</b> : Câmera termográfica TI 25.....	29
<b>FIGURA 5</b> : Termograma.....	31

## **LISTA DE ABEVIATURAS**

**Ccm** - Centro de controle de máquinas

**TPM** - Manutenção Produtiva Total

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> : Exemplo dos valores da Máxima Temperatura Admissível.....	30
<b>Quadro 2</b> : Equipamentos analisados.....	32

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> : Tipo de falha apresentado nos equipamentos.....	28
<b>Gráfico 2</b> : Tipo de intervenção.....	29

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.1.2 OBJETIVO GERAL .....	13
1.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
1.3 PROBLEMA.....	14
1.4 HIPÓTESE.....	14
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1 ATUAL MERCADO DAS INDÚSTRIAS SUCROALCOOLEIRO NO BRASIL.....	15
2.1 DEFINIÇÕES DE MANUTENÇÃO.....	16
2.1.1 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO .....	18
2.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	19
2.3 MANUTENÇÃO PREVENTIVA .....	20
2.4 MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	21
2.4.1 ANÁLISE DE TENDÊNCIA DA FALHA.....	22
2.4.2 MEDIÇÕES E ANÁLISES DE VÁRIOS PARÂMETROS .....	22
2.4.3 TEMPERATURA.....	23
2.4.4 PRINCIPAIS MÉTODOS E MEDIÇÃO DE TEMPERATURA.....	23
2.4.5 TERMOGRAFIA .....	23
2.5 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM) .....	25
2.5.1 OBJETIVOS DA TPM.....	26
3 METODOLOGIA.....	28

3.1 MÉTODOS DE TRABALHO.....	28
3.3 COLETA DE DADOS .....	28
4.0 ANÁLISES DOS RESULTADOS.....	31
CONCLUSÃO .....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

## 1 INTRODUÇÃO

Toda empresa busca produzir com qualidade, evitando perdas e maximizando o lucro. Assim, para atingir maior produtividade e competitividade, a produção mecanizada e automatizada tem garantido a fabricação de melhores produtos, em grandes escalas e a custos reduzidos.

Desta forma, a manutenção nasceu da necessidade de se manter máquinas e equipamentos operando de forma eficiente, uma vez que qualquer parada na cadeia produtiva pode gerar grandes perdas e prejuízos.

Nas empresas, as áreas que tem tido maior destaque são as de produção e manutenção, uma vez que, trabalhando juntos, estes setores são responsáveis por produzirem em tempo hábil e com a qualidade adequada, garantindo o bom funcionamento da organização, bem como a satisfação de seus clientes.

O presente trabalho busca mostrar como a Manutenção Preditiva com ênfase em Termografia, auxilia o setor de Manutenção Elétrica, corrigindo e prevendo qualquer anormalidade nos equipamentos e máquinas, evitando paradas indesejadas ou não programadas.

Pretende-se ainda, mostrar como as ações corretivas e preventivas, podem evitar quebras inesperadas nas máquinas e equipamentos, apresentando recomendações no sentido de manter o bom funcionamento.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.2 OBJETIVO GERAL**

O objetivo deste trabalho é mostrar a importância e aplicabilidade da termografia através da manutenção preditiva em uma usina sucroalcooleira, sendo possível detectar falhas nos sistemas elétricos que possam comprometer o processo produtivo da empresa, evitando perdas e paradas indesejadas.

### **1.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Apresentar a utilização da termografia como ferramenta da manutenção preditiva aplicada nos sistemas elétricos da empresa estudada, como forma de melhorar a eficácia e a confiabilidade dos equipamentos analisados.
  
- Analisar as recomendações dos termogramas e executar as tratativas recomendadas para o bom funcionamento dos equipamentos.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

No mercado econômico é cada vez maior a concorrência entre as empresas. A sobrevivência de uma organização depende de suas habilidades de se inovar e efetuar melhorias contínuas na sua produção e instalações.

Como forma de alavancar seus resultados, as empresas vêm buscando cada vez mais ferramentas de gerenciamento e organização para que possam ter maior competitividade, qualidade, confiabilidade e maior produtividade.

Uma destas ferramentas de gerenciamento e organização está na manutenção que tem o poder de planejamento das atividades em busca do zero defeito.

Desta forma, o estudo justifica-se pela importância da manutenção preditiva com ênfase em termografia aplicada nas empresas, buscando aumentar o tempo de aproveitamento industrial, evitando assim, paradas indesejadas ocasionadas por falhas nos equipamentos elétricos.

## **1.3 PROBLEMA**

Diante de falhas nos sistemas elétricos, comprometendo a produção, como tem sido utilizada a termografia, através da manutenção preditiva em uma indústria sucroalcooleira?

## **1.4 HIPÓTESE**

A ausência da termografia em unidades industriais ocasionam constantes paradas de equipamentos elétricos, resultando em falhas, perdas de processo, atrasos na produção e quebras, levando a prejuízos financeiros.

Desta forma, a termografia, através da manutenção preditiva, é utilizada com a finalidade de prevenção, eliminando as falhas decorrentes da elevação de temperatura dos equipamentos elétricos.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

Serão apresentados nesta seção os seguintes tópicos: o atual mercado das indústrias sucroalcooleiras no Brasil; conceito de manutenção; evolução da manutenção nas empresas e descrição de cada tipo de manutenção - corretiva, preventiva, preditiva e manutenção produtiva total (TPM).

### **2.1 ATUAL MERCADO DAS INDÚSTRIAS SUCROALCOOLEIRO NO BRASIL**

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento, (CONAB) as lavouras de cana de açúcar no Brasil estão em constante expansão. As perspectivas para atual safra 2012/13 são boas. As usinas encerraram as suas moagens na safra passada dois meses antes do período normal, o que dá à cana-de-açúcar um período maior de desenvolvimento que na safra passada.

A área de cultivo que será colhida na safra 2012/13 pelas indústrias sucroalcooleiras está estimada em 8.527,8 mil hectares, distribuídos em todos os estados produtores conforme, suas características. O estado de São Paulo é o maior produtor de cana-de-açúcar com 51,82% (4.419,46 mil hectares), seguido por Goiás com 8,69 (741,38 mil hectares) Minas Gerais com 8,46% (721,86 mil hectares), Paraná com 7,13% (608,38 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 6,50% (554,29 mil hectares), Alagoas com 5,26% (448,86 mil hectares), e Pernambuco com 3,63% (309,74 mil hectares). Nos demais estados produtores as áreas são menores com representação abaixo de 3%.

A área de plantio para a próxima safra apresentou um acréscimo de 2,1% ou 171,7 mil hectares em relação à safra do ano passado, 2011/12. A produtividade média deste ano está estimada em 69.963 Kg/he, 4,3% maior que a safra de 2011/12, que foi de 67.060 Kg/he.

A previsão do total de cana moída para safra 2012/13 é de 596,63 milhões de toneladas, com aumento de 6,5% em relação à safra 2011/12, que foi de 560,36 milhões de toneladas, significando que a quantidade que será moída deve ser 36,3 milhões de toneladas a mais que na safra anterior. A

produção de cana-de-açúcar da região Centro- Sul deve ser de 530,5 milhões de toneladas, 7,2% maior que a produção da safra anterior.

A produção de esmagamento de cana destinada para fabricação de açúcar é de 50,42% da previsão de moagem de 596,65 milhões de toneladas, correspondendo a 300,82 mil toneladas.

A produção de açúcar está estimada em 38,99 milhões de toneladas, 8,41% maior que a produção do ano passado. Desta produção, 87,5% concentra-se nas usinas da região Centro-Sul, principalmente nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul, e nas usinas dos estados Alagoas, Pernambuco e na região Nordeste.

A produção do etanol está estimada em 23,49 bilhões de litros, 3,21% maior que a produção da safra 2011/12. Para esta produção foram destinados 49,58% da produção de cana-de-açúcar, o equivalente a 295,81 milhões de toneladas. Esta produção de etanol localiza-se na região Centro-Oeste e Sudeste com 91,0% total fabricado, principalmente no estado de São Paulo (50,53%), Goiás (13,12%), Minas Gerais (8,34%), Mato Grosso (4,23%), Mato Grosso do Sul (7,94%) e Paraná (5,55%). Conab (2012).

## **2.1 DEFINIÇÕES DE MANUTENÇÃO**

Souza cita em sua obra (2011), que, conforme a Associação Francesa de Normalização a Manutenção é um conjunto de ações que permitem restabelecer um bem para seu estado específico, ou medidas para garantir um determinado serviço. Nesta obra, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, a manutenção é 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. A manutenção pode incluir uma modificação de um item.

Ainda de acordo com Souza (2011), os objetivos centrais da manutenção são:

- Sempre relacionados com a produção e operação e para que a manutenção exerça suas atividades com eficiência,

confiabilidade, eficácia e com baixo custo, é necessário estabelecer algumas diretrizes.

- Estão relacionados diretamente com a sua própria definição que e manter os equipamentos o mais próximo possível das condições iniciais do seu projeto e instalação da empresa.
- Provocar, através de estudos técnicos e organizacionais, as melhorias e modificações tecnológicas necessárias para que venha a atender as necessidades da produção.
- Reduzir, zerar o tempo de parada por emergência e urgência que causam perdas no processo de produção.
- Manter a segurança industrial e pessoal para uma boa realização dos serviços, manter a limpeza, a ordem e a higiene conforme as necessidades e normas.
- Manter um bom nível de consumo tanto para os equipamentos e instalações como: eletricidade, vapor, ar comprimido, água e gases especiais não só em função dos custos que elas representam para o processo, como também pela possível identificação de falhas ou degeneração dos equipamentos considerando as perdas e vazamentos.
- Garantir o máximo de utilização e aproveitamento dos recursos disponíveis.
- Assessorar a produção, visando estabelecer um programa coerente e adequado de manutenção preventiva ou reparos planejados.
- Auxiliar a produção na elaboração de check-list ou plano preventivo de conservação rotineiro formando o profissional operador no perfil do mantenedor autônomo envolvendo inspeções, lubrificações, limpezas ajustes, etc.

### 2.1.1 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

No final do século XIX, surgiu a manutenção industrial, juntamente com a indústria mecanizada.

Até 1914 as empresas não contavam com o departamento 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.

Estas atividades eram realizadas na maioria das vezes pelo próprio operador da máquina, a questão era fazer o equipamento voltar a trabalhar, os fins justificavam os meios já que os equipamentos eram robustos e não contavam com tecnologia.

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

Após estes fatos as empresas notaram a necessidade de garantir uma produção constante sem paradas ou quebras indesejadas tendo, a partir desta época, surgido 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 na prevenção, Simeón (2008).

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

Surge ainda na década de 1970, o sistema *Just in time* tornando-se uma tendência mundial, onde estoques reduzidos para a produção em andamento significava que pequenas pausas na produção/entrega naquele momento poderiam paralisar a fábrica. Kardec; Nascif (2009 p.3).

Nesta mesma época, a manutenção passa a ser vista como produtiva, e filosofias orientais começam a ser incorporadas nas indústrias, como é o caso da Manutenção Produtiva Total, conhecida pela sigla inglesa TPM/MTP – Total Productive Maintenance. Takahashi; Osada, (1993). A Manutenção Produtiva Total (TPM) tem como objetivo criar um autogerenciamento no local de trabalho, uma vez que os operadores assumem a propriedade de seu equipamento e passam a ter total responsabilidade sobre o mesmo. Assim, é possível eliminar as paradas e falhas criando-se total confiança no processo produtivo. Souza( 2011, p.85).

Com a implementação dos computadores nos anos 80, houve um grande salto na manutenção, e começaram a aparecer os primeiros softwares de gerenciamento.

## **2.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA**

Segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994) a manutenção corretiva é definida como, manutenção efetuada após ocorrência de uma quebra ou falha inesperada, destinada a colocar um item em condição de executar uma função requerida.

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.

Segundo Kardec; Nascif (2009, p.38) Manutenção corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado.

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. 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. Conforme citação acima, a manutenção corretiva em equipamentos e máquinas somente será realizada após uma falha em componente do equipamento ou peça.

## 2.3 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Conforme as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994) Manutenção Preventiva é definida como a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, 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; 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.

Conforme Souza (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 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.

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.

## 2.4 MANUTENÇÃO PREDITIVA

Conforme as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994) Manutenção Preditiva é definida como manutenção que permite 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.

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 os seus desgastes ou processo de degradação.

Segundo Otani (2008) 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.

Para Kardec; Nascif (2009, p.44) 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, daí o nome manutenção condicionada.

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.

#### **2.4.1 ANÁLISE DE TENDÊNCIA DA FALHA**

A análise de tendência da falha baseia-se no monitoramento da tendência, seguindo as medições periódicas e contínuas de um ou vários parâmetros indicadores da condição de funcionamento e estado do equipamento. Souza (2011, p37).

#### **2.4.2 MEDIÇÕES E ANÁLISES DE VÁRIOS PARÂMETROS**

Através das medições e análises de vários parâmetros, o sistema permite uma avaliação mais detalhada pela medição de um ou vários parâmetros que acontece numa dada altura, que interfere-se no estado e condição de funcionamento do equipamento. Segundo 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 necessitamos nos atentar a 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.

### **2.4.3 TEMPERATURA**

Segundo Souza (2011, p.42) 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. Para Kardec; 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.

### **2.4.4 PRINCIPAIS MÉTODOS E MEDIÇÃO DE TEMPERATURA**

- Termômetro de contato
- Fitas indicadoras de temperatura
- Medição de temperatura por radiação
- Pirômetro de radiação e sistema infravermelho

### **2.4.5 TERMOGRAFIA**

Segundo Souza (2011, p.43) 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.

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 processo de falha. Os resultados são apresentados instantaneamente.

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; 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. A figura 1 apresenta uma imagem do disjuntor feita pela câmera termográfica, e podemos verificar a elevação da temperatura na fase R.

A figura 1 representa a medição da termografia (em foto infravermelha do disjuntor) referente ao equipamento apresentado na figura 2.

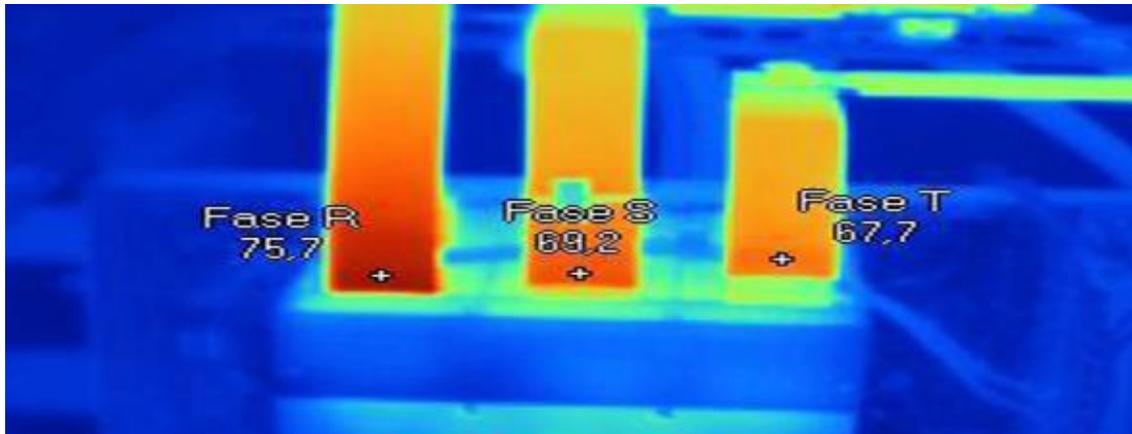


FIGURA 1 : Termografia Ccm Torre de Resfriamento Destilaria  
FONTE: Elaboração Própria



FIGURA 2 :Foto Digital Ccm Torre de Resfriamento Destilaria  
FONTE: Elaboração Própria

## 2.5 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)

O conceito básico da TPM é a reformulação e a melhoria da estrutura empresarial a partir da reestruturação e melhoria das pessoas e dos equipamentos, com envolvimento de todos os níveis hierárquicos e a mudança da postura organizacional. Em relação aos equipamentos, significa promover a revolução junto á linha de produção, através da incorporação da “quebra zero”, “defeito zero”, e “acidente zero”.

A ideia da “quebra zero” baseia-se no conceito de que a quebra é a falha visível. A falha visível é causada por uma coleção de falhas invisíveis como um iceberg. A figura a seguir mostra com clareza a ideia das falhas como um iceberg. Souza (2011).



FIGURA 3 : Iceberg

FONTE: Elaboração Própria Adaptado de Souza (2011)

### 2.5.1 OBJETIVOS DA TPM

Kardec; Nascif (2009, p.195) A TPM objetiva a eficácia da empresa através de maior qualificação das pessoas e melhoramentos introduzidos nos equipamentos. Também prepara e desenvolve pessoas e organização aptas para conduzir as fabricas do futuro dotadas de automação. Para Souza (2011, p.90) Os objetivos da TPM estão relacionados com a melhoria da estrutura da empresa em termos matérias (máquinas, equipamentos, ferramentas, matéria-prima, produtos etc.) e em termos humanos com o aprimoramento das capacitações dos profissionais envolvido conhecimentos, habilidades e atitudes.

Deste modo, o perfil dos empregados deve ser adequado através de treinamento/capacitação:

**OPERADORES:** Execução de atividades de manutenção de forma espontânea (lubrificação, regulagens... )

**MANTENEDORES:** Execução de tarefas na área da mecatrônica

**ENGENHEIROS:** Planejamento, projeto e desenvolvimento de equipamentos que “não exijam manutenção”.

Os operadores passam a executar tarefas mais simples, que antes eram executadas pelo pessoal da manutenção, e a equipe de manutenção com tarefas de maior complexidade (Kardec; Nscif, 2009).

Segundo Souza (2011, p.91) Para uma eficiência melhor do método TPM e melhoria do índice é essencial a eliminação das seis perdas que são:

- Perdas por quebras: são perdas para manutenção corretivas em emergência e urgência.
- Perdas por ajustes (setup): são as demoras por troca de ferramentas e ajustes. É o preparo da máquina para produzir o novo item.
- Perdas em pequenas paradas/tempo ocioso: são os tempos de esperas e retomada de operação. É a quantidade de itens que deixa de ser produzido por parada para pequenos ajustes ou por ociosidade, por exemplo máquina operando em vazio.
- Perdas por baixa velocidade: são as perdas por operação em velocidade reduzida em relação ao padrão normal. É a quantidade de itens que deixa de ser produzido por equipamentos estejam operando em velocidades reduzidas.
- Perdas por qualidade insatisfatória: são as perdas decorrentes de peças defeituosas ou fora do padrão estabelecido pelo cliente.
- Perdas com startup: são as perdas ocorridas no início de operação das máquinas. É a quantidade de itens perdidos por qualidade insatisfatória quando o processo ainda não entrou em regime de produção.

A TPM é baseada em 8 pilares de sustentação segundo Souza (2011)

1. Manutenção autônoma e espontânea;
2. Planejamento da manutenção;
3. Melhorias individuais e específicas;
4. Educação, treinamento e integração;
5. Engenharia e controle da manutenção;
6. Manutenção da qualidade e confiabilidade;
7. Meio ambiente, higiene e segurança;
8. Manutenção nos escritórios.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 MÉTODOS DE TRABALHO**

A coleta de dados deste trabalho foi realizada por pesquisa quantitativa, descritiva, bibliográfica e ainda análise documental (Vergara, 2011).

Os dados foram coletados por meio de uma câmera termográfica e tratados de acordo com a sua criticidade.

Foram analisados 23 equipamentos no período de 23/05/2012 à 13/08/2012.

Após coletados, foram emitidos os termogramas com as especificações dos equipamentos e suas respectivas anomalias.

Por fim, foram construídos dois gráficos. O primeiro, com o objetivo de demonstrar o tipo de falha apresentada no equipamento e o número de ocorrência. O segundo gráfico, com o objetivo de demonstrar o tipo de intervenção e a urgência, bem como o número de ocorrência dessas intervenções.

#### **3.3 COLETA DE DADOS**

A coleta foi realizada através da medição de temperatura dos painéis elétricos, com a câmera TI 25 Fluke igual a da figura 4. A medição foi efetuada por um técnico preditivo capacitado e treinado para tal função. Com a câmera termográfica é possível coletar dados a uma distância segura, sem que haja contato com o equipamento analisado, onde foram encontradas as informações para a realização deste estudo.



FIGURA 4: Câmera termográfica TI 25  
FONTE: Retirada site Fluke

A coleta de dados foi realizada da seguinte maneira: em uma distância segura (de aproximadamente 1 metro) do equipamento a ser analisado, com a câmera em mãos, o técnico configura a mesma para imagem infravermelha, para que possa coletar a imagem térmica. Posicionando a câmera na frente do equipamento, ela evidenciará os pontos quentes do equipamento. Feito isso, o técnico configura a câmera para foto digital, para que seja capturada a imagem real do equipamento. Ainda com a câmera, ele acionará a opção áudio, onde é possível gravar comentários sobre o equipamento, facilitando a elaboração dos termogramas.

Uma das variáveis mais importantes na termografia é a Máxima Temperatura Admissível (MTA) nos componentes elétricos. Ela pode ser obtida a partir das especificações técnicas dos fabricantes. Não sendo possível obter estes valores pelos fabricantes, recomenda-se a utilização de 90°C como valor de referência para conexões e componentes metálicos e 70°C para cabos isolados.

A máxima temperatura admissível é baseado nas normas da ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR5410:2008. Apud Spamer (2009), o quadro 1 apresenta a temperatura máxima admissível nos equipamentos, sendo que qualquer valor acima do apresentado pode indicar uma anomalia de um componente.

Temperatura da chave geral, disjuntores de alta tensão e transformadores (°C)					
Chave geral		Disjuntor de alta		Trafo de alta	Trafo de baixa
Corpo	Conexão	Corpo	Conexão	Conexão	Conexão
60	70	70	75	75	75
Temperatura dos contadores, régua de bornes e disjuntores de BT (°C)					
Régua de bornes		Contadores		Disjuntores BT	
Conexão		Corpo	Conexão	Corpo	Conexão
75		70	65	65	70
Temperatura do barramento cobre, base de fusível Nh e diazed BT (°c)					
Barramento de cobre		Base Nh		Base diazed	
Corpo		Corpo	Conexão	Corpo	Conexão
75		65	70	65	70

Quadro 1 – Exemplo dos valores da Máxima Temperatura Admissível  
Fonte: Spamer 2009

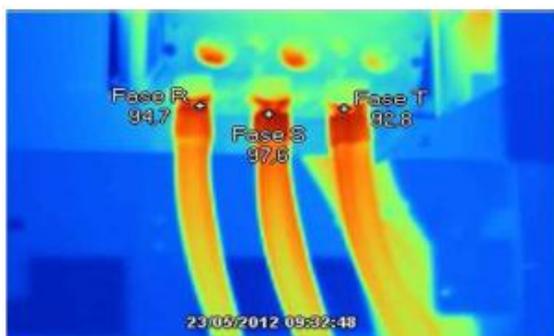
Caso os equipamentos apresentem anomalias, ou seja, temperatura acima do esperado, conforme a tabela acima, para ação das irregularidades e correção das falhas nos equipamentos será classificado como eminente, certa, provável, e reincidência.

- Iminente: exige uma intervenção imediata, substituir componentes e inspecionar os adjacentes.
- Certa: reparar o mais rápido possível, substituindo os componentes e se necessário conferir os circuitos adjacentes.
- Provável: reparar quando possível, e verificar possíveis danos nos componentes.
- Reincidência: anomalias com histórico de intervenção anterior.

Após a coleta de dados com a câmera termográfica, o técnico preditivo elabora um termograma especificando detalhadamente em foto infravermelha e em foto digital em qual equipamento deverá ser realizada a inspeção. Especifica ainda, qual o ponto está apresentando a falha e tipo da mesma, de acordo com a criticidade; qual temperatura deverá ser corrigida e as recomendações para que o problema encontrado seja resolvido o mais rápido e com segurança. A figura 5 abaixo apresenta o modelo de um termograma.

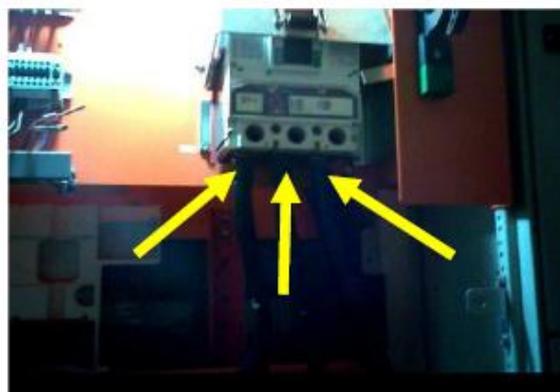
Cliente	:		<b>Anomalia</b>
Local/ Setor	:	CCM Torre da fabrica	
Equipamento	:	IR000068 Bomba de agua N2 CCM Torre da fabrica	
Componente	:	Ligação Baixa Tensão	<b>Relatório</b> RT01-001
Termografista	:	AC. Cliente :	<b>Termograma</b> 68

Problema	:	Sobreaquecimento nos terminais de saída do disjuntor, Fase R, S e T
Obs	:	



Parâmetros do Termograma	
Data e Hora :	23/05/2012 09:37
Qualitativa	-----
Quantitativa	X
Emissividade	ε 0,95
Temperatura Refletida	°C 22
Temperatura Ambiente	°C 27
Velocidade do Vento	m/s 0
Temperatura Corrigida	°C 97,6
Delta T ( ΔT ) = P1 - P2	°C 4,8
Carga ( Usual = 100 % )	% 100
Corrente Fase : R S T	-----

TIPO DE FALHA	
<input type="checkbox"/>	Iminente
<input checked="" type="checkbox"/>	Certa
<input type="checkbox"/>	Provável
INFORMAÇÃO	
	Informação
	Evolução de Temperatura
	Reincidente
RECOMENDAÇÕES	
<input checked="" type="checkbox"/>	Manutenções e Reparos
<input checked="" type="checkbox"/>	Avaliar os Componentes
<input checked="" type="checkbox"/>	Verificar Sobrecarga
<input type="checkbox"/>	Substituir Componentes
<input type="checkbox"/>	Refazer Ligações
<input type="checkbox"/>	Verificar Circuito, Adequar Componentes
<input checked="" type="checkbox"/>	Reapertar todas as Conexões



--	--

INTERVENÇÃO :	<input type="checkbox"/>	Imediata	<input checked="" type="checkbox"/>	Programar Serviço	<input type="checkbox"/>	Urgente	<input type="checkbox"/>	Rotina
---------------	--------------------------	----------	-------------------------------------	-------------------	--------------------------	---------	--------------------------	--------

O.S. nº	SERVIÇO EXECUTADO	REPARADOR	DATA

FIGURA 5 :Termograma do Disjuntor do CCM Torre da Fabrica  
FONTE: Elaboração Própria

#### 4.0 ANÁLISES DOS RESULTADOS

As falhas encontradas foram classificadas como: iminente, certa, provável, e reincidência.

Dentro dos painéis analisados estão contadores, disjuntores, régua de bornes, barramentos, chave geral, entre outros.

Nos equipamentos que apresentaram algum tipo de anomalia, foi gerado um termograma, conforme quadro 2, adicionado a uma ordem de serviço para que o mesmo seja executado de acordo com a criticidade apresentada nos equipamentos.

Conforme descrito acima, os resultados encontrados, após medição do técnico foram:

EQUIPAMENTOS ANALIZADOS			
Local	Equipamento	Tipo de falha	Tipo de Intervenção
CCM Torre da Fabrica	Disjuntor Bba de água N°2	Certa	Programar Serviço
CCM Torre da Fabrica	Disjuntor Bba de água N°4	Certa	Programar Serviço
CCM Fabrica de Açúcar	ContatorBba de caldo caledado N°2	Iminente	Imediata
CCM Tratamento de Caldo	ContatorBba de recirculação do fallingfilm N°1	Iminente	Imediata
CCM Tratamento de Caldo	Porta fusível Bba N°2 de vácuo dos evaporadores	Iminente	Imediata
CCM Moenda	Régua de borner, conexão Bba de caldo misto secundário para peneira	Iminente	Imediata
CCM Tratamento de Caldo	Disjuntor do barramento principal do CCM	Iminente	Imediata
CCM Tratamento de Caldo	Disjuntor de saída de baixa do CCM	Provável	Rotina
CCM Tratamento de Caldo	Disjuntor Bba de água para hidratador de cal	Iminente	Imediata
CCM Tratamento de Caldo	Porta fusível Bba de vácuo N°3	Provável	Rotina
CCM Tratamento de Caldo	Disjuntor Bba de recirculação do fallingfilm N°3	Provável	Rotina
CCM Tratamento de Caldo	Porta fusível Bba de xarope N°1	Iminente	Imediata
CCM Fabrica de Açúcar	Saída do fusível centrifuga cont 12 N°2	Iminente	Imediata
CCM Moenda	Régua de borne, conexão Bba de caldo misto secundário para peneira	Iminente	Imediata
CCM Tratamento de Caldo	Disjuntor alimentação do barramento do CCM	Iminente	Imediata
CCM Tratamento de Caldo	Disjuntor alimentação geral do CCM	Provável/Reincidência	Rotina
CCM Tratamento de Caldo	ContatorBba de recirculação do fallingfilm N°1	Iminente/Reincidência	Imediata
CCM Tratamento de Caldo	Porta fusível Bba de embebição dos condensados N°2	Provável	Rotina
CCM Tratamento de Caldo	Porta fusível Bba N°1 de água condensada para evaporadores	Iminente	Imediata
CCM Tratamento de Caldo	Barramento do quadro de energia da fabrica	Provável	Rotina
CCM Fabrica de Açúcar	Contator centrifuga N°2	Certa	Programar Serviço
CCM Fabrica de Açúcar	Contator Centrifuga Fivilly	Certa	Programar Serviço
CCM Torre de Resfri.Fabrica	Disjuntor Bba de água N°2 torre de resfriamento da fabrica	Provável	Programar Serviço

#### Quadro 2 – Equipamentos analisados

Fonte: Coleta de dados 2012

De acordo com o quadro 2 demonstrado acima, o gráfico 1 apresenta a quantidade e o tipo de falha dos 23 equipamentos analisados.

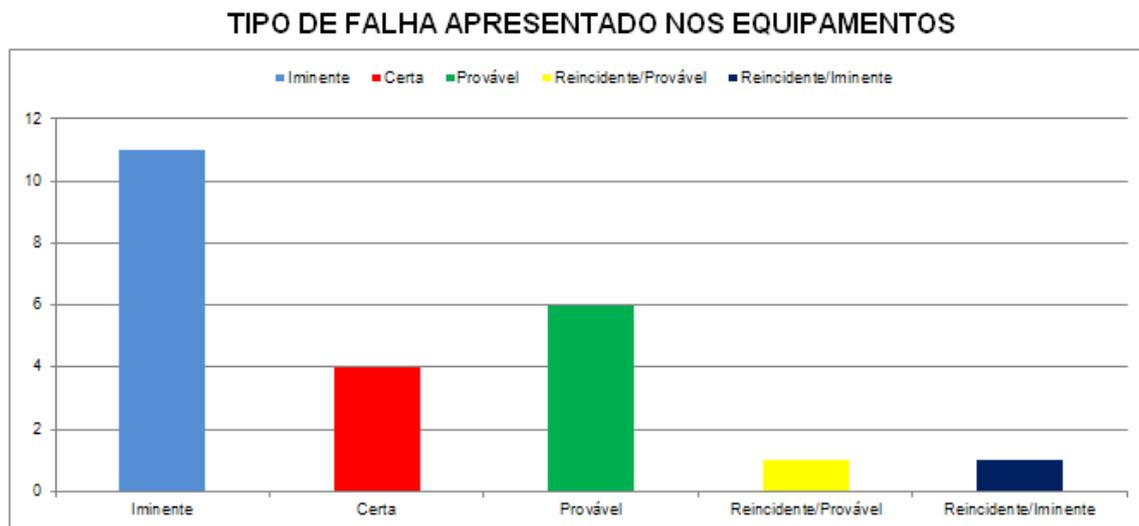


GRAFICO 1 - Tipo de falha apresentado nos equipamentos  
 FONTE: Coleta de dados das análises 2012

Podemos verificar que dos 23 equipamentos analisados, 11 apresentam o tipo de falha iminente, exigindo assim uma intervenção imediata nos equipamentos. Neste caso, deve-se executar a manutenção de acordo com o recomendado pelo termograma, substituindo os equipamentos se necessário, e inspecionando todo o circuito elétrico adjacente.

Do tipo de falha certa que foram detectados em 4 equipamentos, devendo ser reparados o mais rápido possível, substituindo os componentes necessários e conferindo os circuitos adjacentes. Deve-se ainda, fazer um agendamento para que se possa executar o serviço em uma parada programada.

Do tipo de falha provável, que foram detectados em 6 equipamentos, será necessária uma manutenção de rotina quando possível, para que seja feita a reparação e verificação de danos nos componentes do equipamento.

As falhas reincidente/provável e reincidente/imminente apresentaram 1 falha de cada tipo sendo efetuada a manutenção de acordo com a criticidade de eminente e provável.

O gráfico 2 apresenta o tipo de intervenção e a urgência com que com que deverá ser tratada a manutenção dos equipamentos. Sendo assim, caso a intervenção seja eminente, a parada será imediata. Caso seja certa, a intervenção será como uma manutenção de rotina. Caso seja provável, a intervenção será programar o serviço para que o mesmo seja executado.

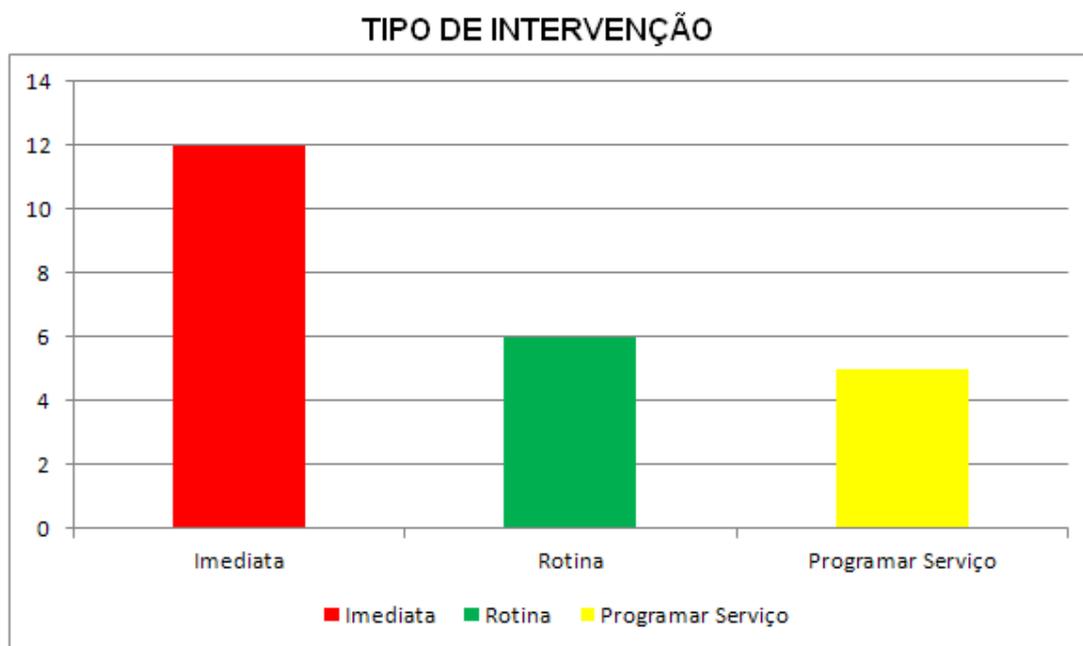


GRAFICO 2 - Tipo de intervenção  
FONTE: Coleta de dados das análises 2012

O tipo de intervenção dos 23 equipamentos analisados foram 12 eminentes, que exige uma intervenção imediata para que seja e efetuado a manutenção de acordo com as recomendações dos termogramas, 6 rotina onde será efetuada uma manutenção de rotina e 5 programar serviço para que o manutenção seja feita em uma parada ou em outro momento mais propicio.

## CONCLUSÃO

Através deste trabalho, conclui-se que na indústria sucroalcooleira estudada, a manutenção preditiva com ênfase em termografia, tem larga utilização e importância nos equipamentos elétricos, devido à sua criticidade no processo produtivo e ao alto nível de investimento nos mesmos.

Na indústria em questão foram apresentadas informações relevantes relacionadas às atuais práticas de manutenção preditiva, termografia, monitoramento, análise e diagnóstico dos equipamentos. Estes resultados são utilizados no dia-a-dia, contribuindo para o aprimoramento e qualidade das práticas de manutenção.

Dentre os equipamentos analisados nesta indústria, estão contadores, disjuntores, régua de bornes, barramentos, chave geral, entre outros, totalizando 23 equipamentos. Deste total, constatou-se que 11 apresentam falha do tipo eminente, 4 falha certa; 6 provável; 1 falha certa/provável e 1 apresenta o tipo de falha eminente/provável.

Com relação ao tipo de intervenção nesses equipamentos, 12 equipamentos tiveram intervenção imediata; 6 de rotina (executada no decorrer do dia-a-dia) e 5 equipamentos com intervenção programada.

Após essas análises e intervenções, constatou-se que foram efetuadas as manutenções de acordo com o recomendado nos termogramas, evidenciando assim, o funcionamento de maneira eficaz e eficiente da utilização da termografia na indústria sucroalcooleira estudada.

Nesta indústria, a termografia é bem utilizada, mas em períodos muito distantes. Sugere-se portanto, a continuidade desta ferramenta de manutenção em períodos mais curtos, com aplicação de um cronograma e *checklist* para um acompanhamento mais efetivo do processo produtivo, garantindo, desta forma, maior confiabilidade na disposição dos equipamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **2º Levantamento da safra. 2012**. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_09\\_05\\_09\\_11\\_59\\_bol\\_etim\\_cana\\_portugues\\_-\\_agosto\\_2012\\_2o\\_lev.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_05_09_11_59_bol_etim_cana_portugues_-_agosto_2012_2o_lev.pdf). Acesso em 20 set, 2012.

SPAMER, Fernanda Rosa. **Técnicas preditivas de manutenção de máquinas rotativas**. 2009. 254f. Trabalho de conclusão de curso, Obtenção grau de Engenheiro Eletricista, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SIMEÓN, Edgar Jhonny Amaya. **Aplicação de técnicas de inteligência artificial no desenvolvimento de um sistema de manutenção baseada em condição**. 2008.193f. Dissertação (Mestre em sistemas Mecatrônicos), Universidade de Brasília.

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.

TAKAHASHI, Yoshikasu. **TPM/MPT: Manutenção produtiva total** / Yoshikazu, Takahashi Osada; tradução outras palavras. São Paulo Imam, 1993.

**TERMOVISOR FLUKE Ti25**. Disponível em: <http://www.fluke.com/fluke/brpt/Thermal-aging/Ti25.htm?PID=56723>. Acesso em: 27 mar. 2012.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em Administração**. 13. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

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

KARDEC, Alan. **Manutenção : Função estratégica** / Alan Kardec. – 3.ed. ver. e ampl. – Rio de Janeiro : Qualitymark : Petrobras, 2009.

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.