

GIOVANE GONÇALVES

TERMOGRAFIA EM PAINÉIS ELÉTRICOS: ANÁLISE EM DISJUNTORES MOTOR


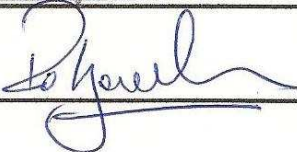
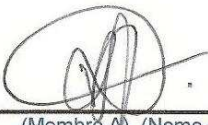
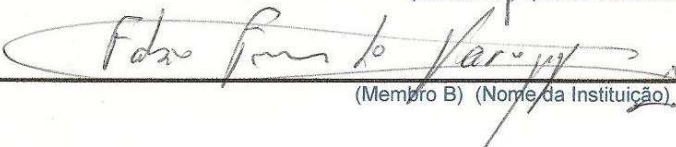
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Pós-Graduação em Manutenção Industrial do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Unidade Senai I – como requisito parcial para conclusão do curso.

Professor Orientador: Mestre Rodrigo Nogueira Correa

JOINVILLE

2010

Unidade:	SENAI JOINVILLE – UNIDADE NORTE I		
Curso:	PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL.	EM DA	Ano: 2009
Professor Orientador:	RODRIGO NOGUEROL CORREA		
Estudante:	GIOVANE GONÇALVES		
TÍTULO DO TRABALHO:	TERMOGRAFIA EM PAINÉIS ELÉTRICOS: MONITORAÇÃO DE DISJUNTORES.		
AVALIADORES:	<input type="checkbox"/>		

Descrição		Avaliação
O ESTUDANTE regularmente matriculado no Curso APRESENTOU e ou DEFENDEU seu Trabalho de Conclusão de Curso.		
As sinatura:	 (Coordenador de TCC)	
	 (Professor Orientador)	
QUANDO PREVISTO BANCA EXAMINADORA		
As sinatura:	 (Membro A) (Nome da Instituição)	
	 (Membro B) (Nome da Instituição)	
Da ta:	Joinville, 06 de abril de 2010.	

À minha querida esposa,
Jaqueline S. S. Gonçalves.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Deus, que teve misericórdia neste tempo de especialização, dando-me sabedoria e inteligência para superar as barreiras que se apresentaram principalmente nestes últimos meses. Reis dos reis e Senhor dos senhores, a ti seja a glória a honra e o louvor.

A minha querida esposa Jaqueline Susan Soares Gonçalves, por se colocar ao meu lado apoiando e motivando-me durante a elaboração deste trabalho.

Aos meus pais, Jair Bento Gonçalves e Rute Luzia de Souza Gonçalves e a minha irmã, que estiveram presentes em todos os momentos dando-me força e animo.

Aos professores que lecionaram as aulas, pela compreensão e paciência, neste processo de ensino, em especial aos professores Nogueira, Nilton e Uirã.

A empresa Schulz S.A., ao pessoal da Manutenção da Usinagem Automotiva pela convivência e pelo aprendizado adquirido durante o período de confecção da monografia, principalmente aos técnicos Adriel, Rogério e Testoni, pelo apoio e ajuda na confecção do mesmo, não esquecendo também aos companheiros do setor de Planejamento de Manutenção.

Aos amigos de classe pelo companheirismo em todas as noites de sexta e no período integral do sábado de estudo, aos professores do SENAI pelos conhecimentos fornecidos a mim.

A todos os familiares e amigos que, direta ou indiretamente, participaram da minha vida e contribuíram para este momento de grande importância e felicidade.

RESUMO

O intuito desta monografia é inspecionar o painel elétrico de um sistema de pintura, monitorando a temperatura de disjuntores motor, comparando com a temperatura de trabalho recomendada e propor ações para que esse aumento de temperatura seja sanado antes da parada do componente por manutenção corretiva. Esta monografia foi iniciada através de uma pesquisa metodológica para definição de alguns conceitos, para fundamentação teórica do trabalho. Após foi utilizada a ferramenta da qualidade PDCA, para tomada de decisões para dos problemas encontrados em relação aos aquecimentos dos disjuntores. A inspeção apresentação indicou três disjuntores com aquecimentos acima do especificado pelo fabricante, e após algumas ações preventivas e novas inspeções termográficas, constatou-se que as temperaturas atenuaram consideravelmente. Porém foi estipulada uma meta para a atenuação da temperatura e estipulado um fator de elevação de temperatura (FET), os quais não foram alcançados, devido os resultados ficarem acima da meta. Após as ações preventivas para atenuação da temperatura máximas dos disjuntores serem implantadas, foi constatado que a termografia não identifica a causa do aquecimento. A termografia indica somente temperatura da superfície ou ponto monitorado, possibilitando assim uma análise criteriosa para identificar a causa de um aquecimento indesejável.

Palavras Chaves: Termografia, Manutenção Preditiva, PDCA.

ABSTRACT

The intent of this monograph is to inspect the electrical panel of a paint system, by monitoring the temperature of motor circuit breakers and comparing it with the recommended operating temperature; and to propose actions so that this problem may be solved before the interruption of the component for corrective maintenance. This monograph starts with a theoretical research for definition of some concepts. Then, PDCA quality tool is used for helping in decision making relating to the heating of the breakers. The inspection will show three circuit-breakers with heating above the specified manufacturer's limit, and after some preventive measurements and new thermographic inspections, the temperature reduces considerably. However, a goal was set for the reduction of a prescribed temperature and “temperature rise factor” (in Portuguese, FET), which was not reached because the results remained above the target. After it has been taken preventive actions to mitigate the maximum temperature of the circuit breakers, it was concluded that thermography does not identify the cause of warming. Thermography shows only either the surface or monitored point temperature, allowing a thorough analysis to identify the cause of the undesirable heating.

Keywords: Thermography, Predictive Maintenance, PDCA.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Manutenção Corretiva Planejada	15
Figura 2 - Manutenção Corretiva Não Planejada	16
Figura 3 - Exemplo de Espectro de Vibração	18
Figura 4 - Câmera Termográfica	20
Figura 5 - Aplicação Elétrica.....	20
Figura 6 - Aplicação na Área Civil	21
Figura 7 - Aplicação na Medicina	21
Figura 8 - Espectro Eletromagnético	23
Figura 9 - Decomposição da Luz com o auxílio de um prisma	24
Figura 10 - Metal Aquecido	25
Figura 11 - Esquema simplificado de termovisor que utiliza o sensor FPA.....	28
Figura 12 - Ciclo PDCA	32
Figura 13 - Passos do PDCA	35
Figura 14 - Início das operações	36
Figura 15 – Atualidade	36
Figura 16 - Disjuntor 8F2 - Imagem Térmica.....	38
Figura 17 - Disjuntor 9F1 - Imagem Térmica.....	39
Figura 18 - Disjuntores 10F1 - Imagem Térmica.....	39
Figura 19 - Distribuição dos disjuntores no painel.....	41
Figura 20 - Indicação do corpo negro no painel elétrico.....	41
Figura 21 - Temperatura do corpo negro	42
Figura 22 - Novo disjuntor 8F2	43
Figura 23 - Novo disjuntor 9F1	43
Figura 24 - Novo disjuntor 10F1	44
Figura 25 - Disjuntores espaçados para auxiliar na troca de calor.....	44
Figura 26 – Ventilador	45
Figura 27 - 8F2 – medição 08/02/2010	46
Figura 28 - 9F1 – medição 08/02/2010	46
Figura 29 - 10F1 – medição 08/02/2010	47
Figura 30 - Disjuntor 8F2 – medição 15/02/2010	47
Figura 31 - Disjuntor 9F1 – medição 15/02/2010	48
Figura 32 - Disjuntor 10F1 – medição 15/02/2010	48

Figura 33 - Gráfico de comparação de temperatura.....	51
Figura 34 - Comparação dos valore FET	52
Figura 35 - Disjuntor 8F2 antes das modificações	58
Figura 36 - Disjuntor 9F1 antes das modificações	58
Figura 37 - Disjuntor 10F1 antes das modificações	59
Figura 38 – Características do Termovisor utilizado nas medições	60
Figura 39 – Especificações técnicas do Termovisor utilizado nas medições	61

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1.1. JUSTIFICATIVA	10
1.2. OBJETIVO	11
1.2.1. Objetivo Geral	11
1.2.2. Específicos.....	11
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	12
2.1. MANUTENÇÃO.....	12
2.1.1. TIPOS DE MANUTENÇÃO	14
2.1.1.1. Manutenção Corretiva.....	14
2.1.1.1.1. <i>Manutenção Corretiva Planejada</i>	<i>15</i>
2.1.1.1.2. <i>Manutenção Corretiva Não Planejada.....</i>	<i>15</i>
2.1.1.2. Manutenção Preventiva	16
2.1.1.3. MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	17
2.1.1.3.1. <i>Tipos de Manutenção Preditiva.....</i>	<i>18</i>
2.2. TERMOGRAFIA E A TRANSMISSÃO DE CALOR	21
2.2.1. Transmissão de Calor pela Radiação	22
2.2.1.1. Radiação Infravermelha	23
2.2.2. Termovisor	27
2.2.3. Método de análise.....	28
2.2.3.1. Fator de Correção de Velocidade do Vento – FCVV.....	29
2.2.3.2. Fator de Correção de Carga – FCC	29
2.2.3.3. Temperatura Final Corrigida – TFC	30
2.2.3.4. Critérios para Classificação das medições	30
2.2.3.4.1. <i>Elevação máxima de Temperatura Admissível - ΔT_{max}.....</i>	<i>30</i>
2.2.3.4.2. <i>Fator de Elevação de Temperatura - FET.....</i>	<i>30</i>
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	32
3.1. PDCA	32
3.1.1. Planejamento (P).....	32
3.1.1.1. Meta.....	33
3.1.2. Executar (D)	34
3.1.3. Verificação (C)	34
3.1.4. Atuação Corretiva (A).....	34
4. PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS	36

4.1. HISTÓRICO DA EMPRESA.....	36
4.2. MONITORAÇÃO DE DISJUNTORES	37
4.3. APLICAÇÃO DO PDCA	38
4.3.1. Planejamento das ações	38
4.3.1.1. Identificação do Problema.....	38
4.3.1.2. Observação.....	39
4.3.1.3. Análise	40
4.3.1.4. Plano de ação	42
4.3.2. Execução das ações.....	42
4.3.3. Verificação	45
4.3.4. Ação corretiva.....	49
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
6. CONCLUSÃO.....	53
7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	55
ANEXO A – DISJUNTORES	58
ANEXO B – INFORMAÇÕES SOBRE O TERMOVISOR UTILIZADO	60

INTRODUÇÃO

Os motores elétricos são utilizados em nos parques fabris em grandes e diversas aplicações, nos mais diversos ramos da indústria. Dentre eles se destaca o motor de indução trifásico, onde os acionamentos de partidas não são complexos e de fácil instalação e manutenção. Disjuntores, contadores, fusíveis, inversores de frequência, soft-starter são alguns exemplo de acionamentos de partida. Esses proporcionam a partida dos motores e se aplicam para cada característica única de partida de cada aplicação onde está um motor elétrico.

Em certas aplicações destes motores, qualquer parada no processo pode acarretar desperdício de material, refugo de peças, atrasos de entrega, etc. Esses problemas de fabricação estão intimamente ligados ao fator econômico, proporcionando assim grandes prejuízos para tal situação. Desta maneira, deve-se utilizar ferramentas que proporcionem o processo fluindo na vazão necessária, substituindo assim a manutenção corretiva ou a parada de máquina.

As ferramentas que proporcionam a redução da corretiva são aquelas que atacam os equipamentos, através de inspeções, antes da ocorrência da parada. Tais ferramentas são as manutenções preventivas e planejadas. Essas proporcionam a substituição de componentes (disjuntores, contadores, etc.) que possam parar uma linha por pouco ou muito tempo. Porém, esses componentes substituídos ainda não chegaram ao fim de sua vida útil. Alguns componentes podem ainda operar com segurança e garantir a funcionalidade algum tempo. Pensando nesta situação, a ferramenta preditiva foi implantada nas indústrias. Através de diversas técnicas, pode-se monitorar alguns parâmetros para determinar o momento exato de atuação para substituição de determinado componente ou peça. Isso garante a disponibilidade do equipamento, reduzindo assim uma quebra inesperada, acarretando em parada de produção.

1.1.JUSTIFICATIVA

Dentre as técnicas preditivas se destaca a termografia, a qual se aplica no monitoramento da temperatura de diversos corpos. É uma técnica acima de tudo segura, pois não necessita do contato físico para efetuar a medição, sendo muito aplicado em sistemas elétricos.

Através de um roteiro de inspeção termográfica pode-se determinar quantos problemas podem ocorrer em uma indústria. É possível monitorar painéis elétricos, processos de laminação, temperatura de peças fundidas, como principais exemplos.

Devido a importância desta ferramenta de manutenção, este trabalho relata uma inspeção termografia realizada em painéis de pintura identificando pontos que possam parar as linhas citadas, ocasionando uma parada de produção.

1.2.OBJETIVO

1.2.1.Objetivo Geral

Analisar painéis elétricos com inspeções termográficas como forma de manutenção preditiva;

1.2.2.Específicos

- a) Identificar pontos que estão acima da temperatura de trabalho de componentes localizados dentro dos painéis elétricos monitorados, relacionando-as a um fator de elevação de temperatura;
- b) Identificar fatores que influenciem no aumento da temperatura destes componentes de painéis elétricos.
- c) Propor ações que atenuem essas temperaturas através de pequenos ajustes preventivos;

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1.MANUTENÇÃO

Desde o surgimento da vida, têm-se os conceitos de manutenção implantados em nas rotinas diárias. Pode-se o cuidado com o corpo em relação a alimentação, doenças, resfriados e gripes, etc. Quando o corpo não se sente bem procura-se logo algum tipo de auxílio médico ou algum medicamento para corrigir o mal estar. Também se pode prevenir esse mal estar, diariamente o prevenindo de situações que os proporcionem. Por exemplo, qual mãe nunca falou para levar aquele casaco nos dias que ela achava que iria fazer frio. Esse tipo de manutenção, a biológica, é extremamente importante para o mantimento do corpo em perfeitas condições para uma vida saudável e de grande produtividade.

Para os equipamentos, a manutenção também é importante, principalmente para “a vida” do processo a qual esse equipamento faz parte. A manutenção, derivada do latim, “Manutenere”, que significa “ter na mão”, destina-se a restituir ou manter o estado operacional de um equipamento em suas condições normais, proporcionando assim sua efetiva produtividade e qualidade de produção. Esse conceito é alcançado pela detecção de desgastes e falhas nos equipamentos, de maneira econômica e em equipamentos selecionados de importância para o parque fabril (críticos). De acordo com Mirshawka (1991, p. 103), a definição de manutenção é “... o conjunto de ações que permitem manter ou restabelecer um bem a um estado específico ou, ainda, assegurar um determinado serviço”. O objetivo principal de um departamento de manutenção é manter os equipamentos que estão sobre sua responsabilidade.

Fazendo uma análise crítica e objetiva, verifica-se que o objetivo de um departamento de manutenção de uma indústria qualquer é manter a máxima continuidade operacional da planta ao menor custo possível, com segurança e sem agredir o meio ambiente. Todos os aspectos do trabalho convergem para a consecução desse objetivo. (VERRI, 2007, p. 3)

A manutenção de equipamentos vem acompanhando a evolução há muito tempo. Conforme Viana (2002, p. 1), a manutenção aparece efetivamente no início do século XVI, em companhia dos “novos” teares mecânicos, como função dos próprios operadores dos teares (mesmos), não sendo assim, um setor específico de manutenção. Essa nova atividade tinha a função de manter o equipamento atingindo sua meta de produção. Essa função continua como meta em todos os setores de

manutenção, porém, adquirimos novos conceitos se tratando a maneira de atuação em equipamentos.

Viana ainda divide a história da manutenção em três gerações. A Primeira Geração chega ao seu fim no início da Segunda Guerra Mundial. Nesta época a indústria não era composta de grandes tecnologias, os equipamentos eram superdimensionados. As atividades de manutenção se baseavam em apenas serviços de limpeza lubrificação e reparos após a parada do equipamento, isso era um reflexo ao foco da produção que não era produtividade. Na Segunda Geração, o período se estende do início da Segunda Guerra Mundial até os anos 60. A produtividade vira o foco da produção, devido aos reflexos do fim da guerra, que implica diretamente na disponibilidade e confiabilidade do equipamento. Isso proporcionou ao conceito de que as falhas deveriam ser evitadas, pois comprometiam aos prazos de entrega, resultando assim na manutenção preventiva. Os custos de manutenção aumentam em relação aos custos operacionais e proporciona (m) o surgimento dos sistemas de planejamento e controle da manutenção, setor que na atualidade é parte integrante da manutenção moderna. A mão de obra nesta nova geração se torna escassa devido a novas tecnologias empregadas nos equipamentos, que se tornam mais complexos. Já a Terceira Geração inicia após a década de 70 e proporciona mudanças nas indústrias. A paralisação da produção era vista como custo elevado de fabricação, devido a implantação dos conceitos de *"just-in-time"* no parque fabril com a redução de estoques. Uma pausa na produção ou na entrega poderia proporcionar a paralisação da fábrica por completo. Neste período a automatização e a mecanização aumentam e proporcionam avanços tecnológicos nas indústrias da época. Mais uma vez a disponibilidade e a confiabilidade são metas fundamentais para todas as empresas desta geração em diferentes setores (saúde, gerenciamentos de edificações, telecomunicações, e processamento de dados). Neste período as falhas devido as automatizações, eram preocupação quanto a capacidade de manter os padrões de qualidade desejáveis. Os padrões de exigência nas áreas de meio ambiente e segurança estão aumentando rapidamente no passar dos anos, e tendem a aumentarem cada vez mais. As falhas provocam serias conseqüências nestas áreas, que podem se tornar intoleráveis, proporcionando o fechamento do parque fabril a qual provoca um grande dano de segurança e/ou meio ambiente.

Embora a manutenção, seja conhecida em muitos casos, como um “mal necessário”, em relação ao custo, com um bom gerenciamento dos equipamentos e custos pode proporcionar um setor indispensável. A manutenção, por si só, é um setor que não agrega valor ao produto, por isso que tem boa fama. A manutenção é considerada um setor de serviço e o mesmo deve ser feito da maneira correta, pois influencia diretamente na produção. Se tomarmos a decisão errada em uma atuação, podemos comprometer todo um lote de produtos.

Essas decisões devem ser tomadas utilizando hoje as tecnologias de manutenção. A Engenharia de Manutenção é uma importante ferramenta para a tomada de decisões no campo da manutenção da atualidade. Ela tem o intuito de progredir com o progresso tecnológico da manutenção, através do conhecimento científico e histórico dos profissionais. Esses conhecimentos são utilizados para encontrar a solução de problemas em equipamentos, processos e dilemas que atravessam os caminhos da manutenção diariamente. Esse setor busca também a melhoria continua nos índices de manutenibilidade, produtividade, segurança e meio ambiente. As técnicas de análise de falha, estudos de campo, ensaios, busca de novos fornecedores, normalização de procedimentos gerenciamento preditivos, entre outros, proporcionam um correto e eficiente gerenciamento dos equipamentos fabris da atualidade.

Pode-se separar a manutenção da atualidade em três principais tipos:

- a) Manutenção Corretiva;
- b) Manutenção Preventiva;
- c) Manutenção Preditiva.

2.1.1.TIPOS DE MANUTENÇÃO

2.1.1.1.Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é a mais conhecida dentre os tipos de manutenção.

A manutenção pode ser definida de acordo com Kardec e Nascif (2001, p. 36) como sendo “a atuação para correção da falha ou desempenho menor do esperado”. Ela ainda pode ser separada em dois tipos:

- a) Manutenção Corretiva Planejada;
- b) Manutenção Corretiva Não Planejada;

2.1.1.1.1. Manutenção Corretiva Planejada

Segundo Kardec e Nascif (2001, p. 38), entende-se que a “manutenção corretiva planejada é a correção do desempenho menor que o esperado ou da falha, por Decisão Gerencial, isto é pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até quebrar”.

A Manutenção Corretiva Planejada é caracterizada pela atuação no equipamento de maneira planejada. O planejamento de uma manutenção é sempre mais barato, mais seguro, mais rápido, com maior qualidade e mais eficiente que uma manutenção não planejada. A Manutenção Corretiva Planejada pode ser aplicada para equipamentos em que se opta por levar o equipamento ao fim de sua vida útil. Essa medida é bem sucedida quando algum planejamento é feito, desde algum conjunto seja adquirido para a substituição ou algum kit de reparo ou um posto de trabalho com um dispositivo para agilizar a manutenção. Exemplifica-se com a figura abaixo a este tipo de manutenção. Podemos notar que existe o tempo TPM. Neste instante é conhecida a necessidade de atuação no equipamento e é iniciado o planejamento de atuação.

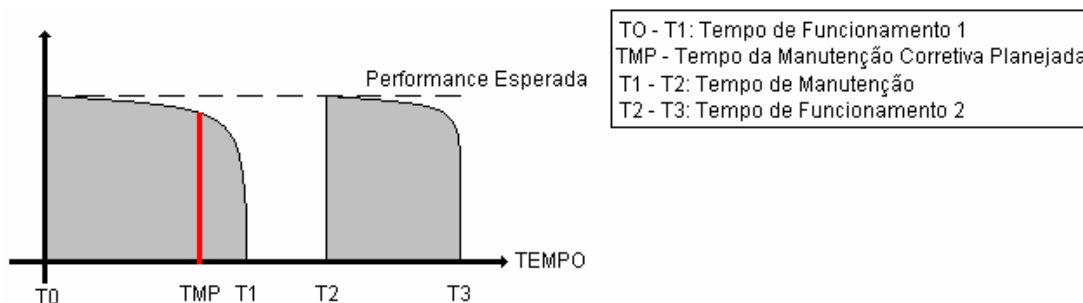


Figura 1 - Manutenção Corretiva Planejada
Fonte: adaptado de Kardec (2001)

2.1.1.1.2. Manutenção Corretiva Não Planejada

A Manutenção Corretiva Não Planejada é a correção da falha de maneira aleatória. (KARDEC e NASCIF 2001).

Ela é caracterizada pela imprevisibilidade e pela falta de previsão de retorno do equipamento à suas atividades normais, dependendo de quanto for à complexidade da falha.

Essa manutenção acarreta em um custo elevado de manutenção, devido ao equipamento estar parado. A Manutenção Corretiva atua onde possam ocorrer

conseqüências graves aos equipamentos produtivos, riscos ao trabalhador e/ou ao meio ambiente e é caracterizada de atuações aleatórias. Também é considerada de alto risco, quando são equipamentos que possam ter conseqüências bastantes graves. Para equipamentos que trabalha em plataformas de petróleo, em queimadores de estufas, empresas de cimento, empresas petroquímicas, as falhas em equipamentos a extensão dos danos pode ser muito maior quando ocorrer uma falha inesperada.

Uma característica dos setores que utilizam este tipo de manutenção como principal forma de atividade mantenedora é o fato de o setor ser comandado pelas máquinas, também conhecida como “correr atrás da máquina”. Esse tipo de gestão de atuações não está adequado as necessidades competitivas da atualidade. A figura abaixo exemplifica a Manutenção Corretiva Não Planejada.

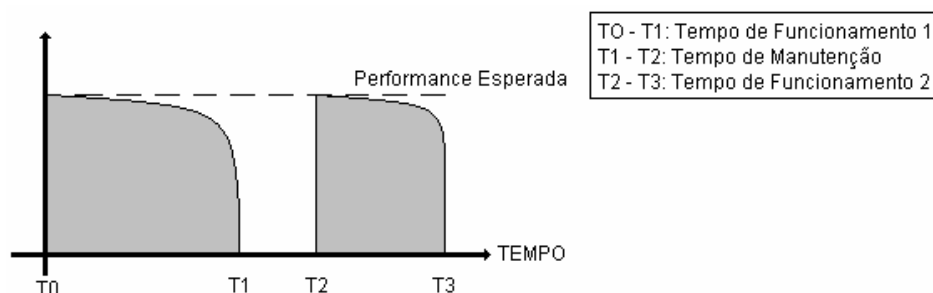


Figura 2 - Manutenção Corretiva Não Planejada
Fonte: adaptado de Kardec (2001)

2.1.1.2. Manutenção Preventiva

Viana (2002, p.10) a define como: “todo o serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, estando com isto em condições ou estado de zero defeito”.

Já Nascif e Kardec (2001, p. 39) a definem como “a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo”.

A Manutenção Preventiva atua em intervalos fixos, baseados no histórico de vida de componentes do equipamento que obteve a partir da experiência ou a do construtor com o intuito de eliminar a chance de ocorrer qualquer falha. A parada do equipamento é acordada com a produção reduzindo assim a chance de perdas de fabricação do produto. A Preventiva substitui componentes por novos numa determinada freqüência, não se dando conta da real condição do mesmo. Isso torna

esse tipo de manutenção com valor considerável. As máquinas produzem com a chance de quebra muito reduzida, porém as peças são substituídas sem atingir a total vida útil.

2.1.1.3.MANUTENÇÃO PREDITIVA

Pode-se definir a manutenção preditiva como uma manutenção inteligente, que entra em atuação na hora correta. Ela também é conhecida por Manutenção Sob Condição ou Manutenção com Base no Estado do Equipamento (Kardec e Nascif 2001). De uma forma mais técnica teríamos:

É uma expressão norte-americana definindo um tipo de manutenção condicional que permita reajustar as previsões das operações de manutenção a efetuar, estimando-se a tendência evolutiva do funcionamento não adequado detectado no equipamento ou máquina e o tempo durante o qual é possível continuar a utilizá-lo antes da avaria. (Mirshawka, 1991, p.108)

Pode-se definir também como:

[...] tarefas de manutenção preventiva que visam acompanhar a máquina ou peças, por monitoramento, por medições ou por controle estatístico e tentam prever a proximidade da ocorrência da falha. (Viana 2002, p. 11)

O foco da Manutenção Preditiva é informar as condições do equipamento. Essa monitoração é feita com o acompanhamento de diferentes parâmetros para prevenir uma falha, proporcionando uma maior disponibilidade do equipamento ou sistema de produção. Essa monitoração é feita com o equipamento ou sistema de produção em pleno funcionamento. Ao passar do tempo essas variáveis, decorrentes aos parâmetros monitorados, informam que o grau de degradação está aumentando e é necessária uma intervenção antes que ocorra uma falha. Com o acompanhamento, podemos pré-agendar uma parada do equipamento com a produção e preparamos peças e ferramentas necessárias para que tal intervenção seja bem sucedida. Essa intervenção é chamada de Manutenção Corretiva Planejada, que se caracteriza como uma manutenção corretiva, porém é executada em um período programado, onde essa parada não irá interferir na meta de produção.

O investimento em manutenção preditiva proporciona vários benefícios, um deles é a redução dos custos de manutenção, pois proporciona a utilização total da vida dos componentes monitorados. Outro benefício importante, é a implantação da “Engenharia de Manutenção”, a qual proporciona, aos técnicos, o enriquecimento de

seus conceitos relacionados a tal técnica. Esses conceitos determinam novas modificações resultando na elevação da disponibilidade dos equipamentos monitorados.

2.1.1.3.1. Tipos de Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva, como anteriormente citada, é a manutenção inteligente que proporciona a atuação no momento predestina a quebra de algum componente no equipamento. Para este monitoramento, necessitamos de algumas ferramentas preditivas as quais estão evoluindo com o passar dos anos e aumentando assim a confiabilidade dos resultados.

Pode-se monitorar as condições de um equipamento através da medição de sua vibração. “A Vibração é uma oscilação mecânica em torno de uma posição de referencia”, conforme descreve Viana (2002). Essas vibrações aparecem em nossas rotinas diárias, encontrando-as em nossas casas, no trabalho, ao dirigir um automóvel, etc. A técnica de monitoração por vibração consiste em medir a amplitude e a velocidade de vibração em alguns pontos de equipamentos rotativos, (VERRI 2007).

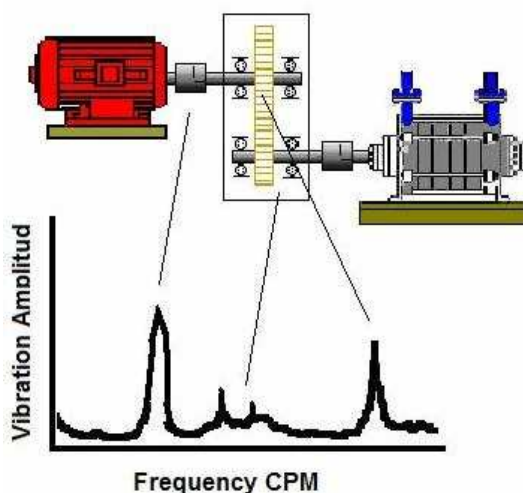


Figura 3 - Exemplo de Espectro de Vibração
Fonte: <http://83.240.136.253/MIIT/Default.aspx?tabid=284>

A medição ocorre através de acelerômetros posicionados em pontos, monitorando assim os valores de vibração. Esses valores são analisados e acompanhados, gerando assim um histórico, para observar seu processo evolutivo. Com esse histórico podemos comparar os valores onde o equipamento trabalha em

regime normal e quando trabalha em regime de pré-falha. Podemos determinar, através desta técnica, os possíveis causadores das vibrações. Em rolamentos, por exemplo, podemos determinar se a falha irá ocorrer na pista interna ou externa, nas esferas, se o rolamento está com folga acima do especificado ou se está sem filme lubrificante. Para este tipo de monitoramento, exige-se o domínio sobre o estudo das vibrações e equipamento apropriado (acelerômetros, canetas de vibração, analisador de espectro, etc.). Podemos exemplificar a medição de vibração com a figura 3.

Outra técnica importante para monitoramento do estado de um equipamento, principalmente os que usam a força hidráulica como propulsor principal, é a análise de óleos. Esta técnica tem como objetivos principais a determinação da substituição do óleo em movimento e identificação de degradação de algum componente que pertence ao conjunto, o qual se torna possível através da monitoração quantitativa de partículas sólidas presentes no fluido.

Para a análise de óleos, são analisadas, conforme critérios abaixo, as características físicas e químicas:

- a) Ponto de congelamento
- b) Ponto de fulgor
- c) Viscosidade do óleo
- d) Acidez
- e) Nível de Contaminação de água
- f) Quantidade de resíduos de carbono

Esta técnica exige equipamentos apropriados para monitoramentos de tais variáveis e conhecimento apropriado para esta técnica.

Uma das técnicas de Manutenção Preditiva utilizadas em grande escala na atualidade é a Termografia. “A termografia é uma técnica de ensaio não destrutivo que permite o sensoramento remoto de pontos ou superfícies aquecidas por meio da radiação infravermelha” (VIANA 2002, p. 14).

Esta técnica pode ser aplicada em qualquer plano de manutenção preditiva devido à realização da medição com o equipamento funcionando normalmente, sem o contato físico e de sua grande confiabilidade do resultado. Tem a principal característica do fornecimento da temperatura do componente de um equipamento, com a principal vantagem de não necessitar efetuar a parada do equipamento.

Caso as medições indiquem um possível problema, esse equipamento assim irá parar para uma manutenção corretiva planejada. Essa parada irá ser de tempo inferior em relação a uma parada por falha ou defeito deste equipamento. Ela também será com maior eficiência, pois será efetuado reparo onde existe a necessidade.

A termografia é amplamente utilizada na Indústria da atualidade. Suas principais aplicações são as Áreas Elétricas, Usinas Siderúrgicas, Fábricas de cimento e Áreas petroquímicas. As Áreas Elétricas se destacam devido o monitoramento de componentes ocorrerem sem o contato físico, contribuindo assim com a segurança do inspetor. Existem também outras aplicações para a termografia, como por exemplo, na construção civil, processos de fabricações, segurança/vigilância e na medicina, como podemos observar nas figuras seguintes.



Figura 4 - Câmera Termográfica
Fonte: <http://www.orionsistem.com.br/>

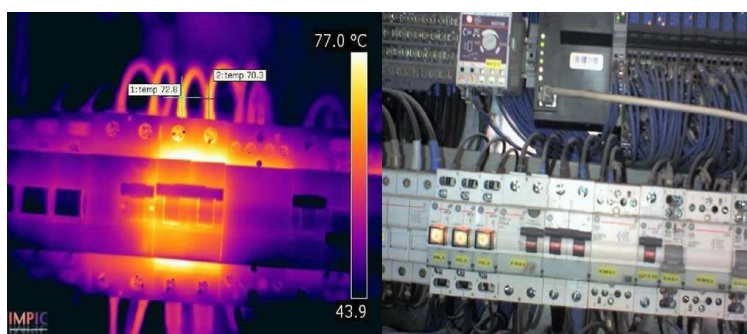


Figura 5 - Aplicação Elétrica
Fonte: <http://plantaselectricas.wordpress.com/2009/04/20/termografia-infrarroja-en-instalaciones-electricas/>

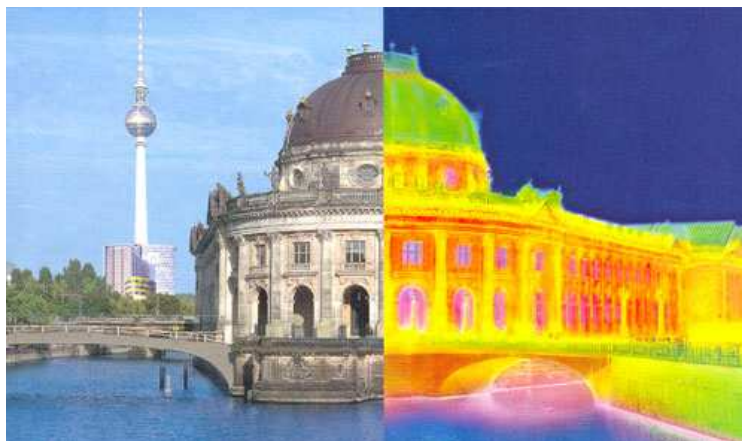


Figura 6 - Aplicação na Área Civil

Fonte: <http://www.diagnositermografiche.it/termografia/termografia.htm>

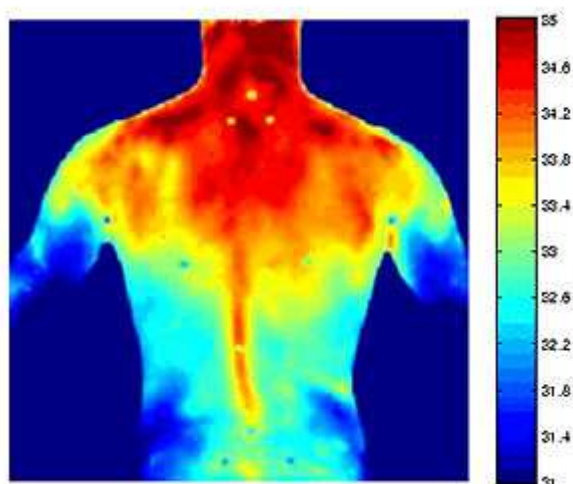


Figura 7 - Aplicação na Medicina

Fonte: http://www.gzespace.com/new/eng/Sto_QZeroC.php

2.2.TERMOGRAFIA E A TRANSMISSÃO DE CALOR

A Termometria pode ser definida como o ramo da ciência que trata da medição da temperatura, (COMITTI, 2003). A Termometria pode ser dividida em medições de contato e radiometria.

As medições de contato, como o próprio nome define, busca a obtenção da temperatura média entre dois corpos (sensor e o meio medido). Esse equilíbrio de temperatura é alcançado através da condução e convecção.

Já a radiometria, busca a medição de temperatura sem o contato entre o sensor de monitoração e o meio medido. Essa técnica baseia na detecção da radiação eletromagnética emitida por corpos em função da temperatura que se situa.

A Termografia monitora os corpos através da faixa infravermelha da luz. Tal medição tem o princípio de monitorar a intensidade proveniente dos corpos. Para conhecimento de tal técnica, necessitamos revisar alguns conceitos sobre transmissão de calor.

2.2.1. Transmissão de Calor pela Radiação

A transmissão ou transferência de calor é denominada como “a transmissão de energia de uma região para outra, como resultado de uma diferença de temperatura entre elas”, segundo (KREITH, 1977, p. 3). Em outras palavras seria a passagem de uma energia térmica, que neste momento podemos chamar de calor, de uma parte para outra de um mesmo corpo ou de um corpo para outro.

A transmissão de calor pode ser classificada de três maneiras distintas, de acordo com Kreith (1977):

a) Condução: é um processo de transmissão, onde o calor passa de uma região onde a temperatura se encontra mais elevada para outra, com temperatura mais baixa, através das partículas do meio que os separa (sólido, líquido ou gasoso), como exemplo, a troca de calor entre uma colher e um copo de água.

b) Convecção: conforme Kreith (1977, p. 4), “a convecção é um processo de transporte de energia pela ação combinada da condução de calor, armazenamento de energia e movimento da mistura”. É um movimento de massas que trocam de lugar entre si. Para exemplificar, consideremos uma sala onde é ligado um aquecedor elétrico que se encontra no chão. A partir do momento em que o ar ao redor do aquecedor se aquece, o mesmo se torna mais denso que o restante, ocasionando a movimentação do ar frio com o quente, que neste momento sobe. O movimento das massas de fluido é conhecido como convecção e as correntes de ar formadas são correntes de convecção.

c) Radiação: a radiação é a emissão de ondas eletromagnética por um corpo em equilíbrio térmico. A radiação não necessita de contato físico para a transmissão de calor, ao contrário da condução e convecção.

A radiação pode ser definida como “a energia radiante emitida por um meio em virtude de sua temperatura”, (KREITH, 1977, p. 174). A radiação térmica ocorre através da transferência de calor de um corpo sem auxílio de um meio material e ela é proporcionalmente a sua temperatura. De acordo com Comitti (2003), “Todos os corpos emitem naturalmente radiação eletromagnética em função da temperatura absoluta de acordo com a lei de Stefan-Boltzmann...”.

A radiação térmica se propaga através das ondas eletromagnéticas e elas estão presentes ao redor do mundo. Quando liga-se a TV, ouvi-se o rádio, liga-se uma lâmpada ou efetua-se um exame de Raio X. a única diferença entre elas é o comprimento de onda (figura 8).

Na mesma figura pode-se notar que a faixa de luz visível se encontra ao lado da faixa de ondas infravermelha. Os comprimentos de onda para o espectro visível ao homem, podem ser detalhados na Tabela 1.

Comprimento de onda	
Cor	Micrômetro (μm)
Violeta	0,40 a 0,446
Azul	0,446 a 0,500
Verde	0,500 a 0,578
Amarela	0,578 a 0,592
Laranja	0,592 a 0,620
Vermelha	0,620 a 0,700

Tabela 1 - Comprimento de Onda para Espectro Visível
Fonte: adaptado de www.geog.ufpr.br/disciplinas/espectro1.doc

2.2.1.1. Radiação Infravermelha

Todos os corpos que se encontra com a temperatura acima do zero absoluto (0K ou -273°C) emitem uma Radiação Térmica devido à agitação das moléculas que os constituem e essa agitação é proporcional a temperatura do corpo.

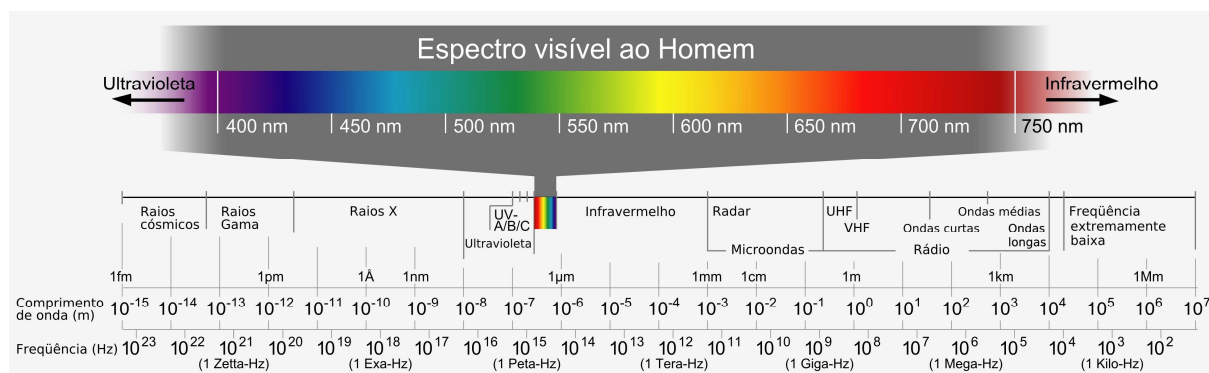


Figura 8 - Espectro Eletromagnético

Fonte: pion.sbfisica.org.br/pdc/index.php/por/multimidia/imagens/eletromagnetismo

Em 1800, Sir William Herschel descobriu a radiação infravermelha. Sua experiência tinha a finalidade de identificar filtros para poder visualizar a luz solar. Consistia em decompor a luz através de um prisma, experiência já executada 134 anos antes por Newton, e medir a temperatura com um termômetro em cada cor luminosa emitida através do prisma. Sir William percebeu que a maior temperatura foi a situada além da luz vermelha (Figura 9).

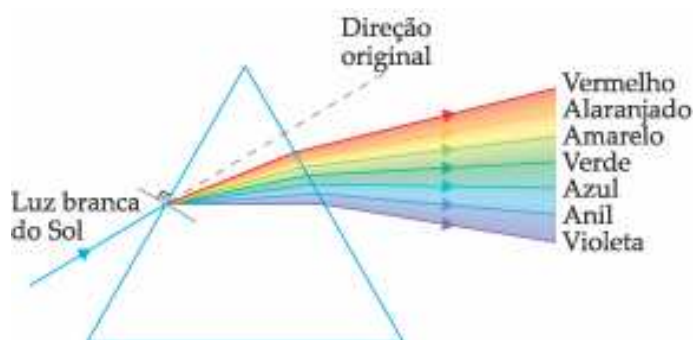


Figura 9 - Decomposição da Luz com o auxílio de um prisma

Fonte: <http://www.vestibulandoweb.com.br/fisica/teoria/introducao-optica.asp>

Os Termovisores são fabricados para detectarem a Radiação Térmica emitida pela faixa espectral do Infravermelho. Essa Radiação Térmica Infravermelha é captada pelo Termovisor e convertida em imagem térmica visível, pois a mesma ao olho humano é invisível, e posteriormente convertida em medições de temperatura. A Radiação Térmica também é emitida em outras faixas de luz como a de microondas e ultravioleta.

As ondas infravermelhas estão localizadas dentro de uma faixa de comprimento de onda que varia ao limite do vermelho (0,750 *microns*) até confundir-se com as microondas (1 milímetro). O espectro infravermelho é dividido em 4 pequenas faixas de comprimento de onda, sendo eles:

Infravermelho Próximo	0,750 a 3 <i>microns</i>
Infravermelho Médio	3 a 6 <i>microns</i>
Infravermelho Distante	6 a 15 <i>microns</i>
Infravermelho Externo	15 a 1000 <i>microns</i>

Tabela 2 - Faixa de Comprimento de Onda Radiação Infravermelha

Fonte: Adaptado de Comitti (2003)

As ondas infravermelhas, assim como as demais ondas tem uma propriedade em comum, a velocidade de propagação. As mesmas seguem a

equação apresentada em 1888 por Heinrich Hertz, quando apresentou a descoberta das ondas de rádio, comprovando a existência de demais ondas eletromagnéticas, conforme possibilidades apresentadas por James Clerk Maxwell (Comitti, 2003, p25). Sendo assim a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética é igual a velocidade de propagação da luz (299.792.458 m/s no vácuo).

$$\lambda * f = c$$

Em 1894, a Lei de Deslocamento foi publicada por Wilhelm Wien. Essa lei define a relação entre o comprimento de onda e sua temperatura serem inversamente proporcionais (Comitti, 2003), conforme equação abaixo.

$$\lambda = \frac{0,0028978}{T}$$

Essa lei tem uma aplicação comum na indústria ao aquecer uma barra de metal. A partir do momento que a temperatura aumenta, o metal emite um brilho avermelhado, que posteriormente passa para um tom de alaranjado e chegando ao branco com o aumento da temperatura.



Figura 10 - Metal Aquecido

Fonte: http://www.tenax.com.br/empresa/o_que_e_um_aco/o_que_e_um_aco.htm

Podemos utilizar a Lei de Stefan-Boltzmann para determinarmos o fluxo máximo da radiação emitida por um corpo ideal à temperatura T.

$$E_n = \sigma * T_{\text{sup}}^4$$

Onde a T_{sup} é a temperatura absoluta da superfície (K), E_n é a máxima radiação emitida por um corpo ideal, também chamado de corpo negro e σ é a constante de Stefan-Boltzmann, definida como $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$.

O corpo negro ou irradiador ideal pode ser definido como “um corpo que emite e absorve a qualquer temperatura a máxima quantidade de radiação em qualquer comprimento de onda”, segundo Kreith (1970). Um corpo negro é um corpo que absorve e emite toda a radiação que incide sobre o mesmo.

Para a radiação que incide em corpos reais, podem ocorrer três fenômenos distintos: a absorção (a), a transmissão (t) e reflexão (r). Ao somar a fração destes três fenômenos para um mesmo comprimento de onda teremos:

$$a + t + r = 1$$

Gustav Robert Kirchhoff, no ano de 1860, definiu que o corpo negro como um corpo capaz de absorver e emitir toda a radiação que incide sobre o mesmo, sendo assim considerado um absorvedor e emissor perfeito, conforme Laerte (2006). Conforme a lei de Kirchhoff, a lei estabelece que a capacidade de absorver e emitir a radiação é igual para um corpo negro. Esta emissão é definida como “Emissividade”, e pode ser definida como “a porcentagem da radiação do corpo negro emitida pela superfície no comprimento de onda λ .”, segundo Kreith (1977). Pode ser também esplanada conforme 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, 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”.

Matematicamente, pode-se definir a Emissividade conforme equação 3. Para um corpo negro, a emissividade assume valor sempre igual a 1, por ser ideal, já os corpos reais assumem valores que variam de 0 até 1.

$$\varepsilon = \frac{E_r}{E_n}$$

Para defini-se o fluxo de radiação emitido para corpos reais utiliza-se a equação abaixo.

$$E_r = \varepsilon * \sigma * T_{\text{sup}}^4$$

A emissividade irá determinar o fluxo de radiação do corpo em análise. Um corpo real emitirá um fluxo de radiação menor que a de um corpo negro, proporcionalmente a sua emissividade, para a mesma temperatura. E emissividade é proporcional ao material, ao seu estado de degradação, a sua geometria e ao seu acabamento superficial.

Tabela 3 - Principais Emissividades

Emissividade			
METAL	POLIDO	RUGOSO	OXIDADO
Alumínio	0,04	0,055	0,11 - 0,019
Inox 304	0,17	0,57	0,85
Inox 430	0,17	0,57	0,85
Bronze	0,03	0,06 - 0,2	0,6
Cobre	0,018 - 0,02	---	0,57
Ouro	0,018 - 0,035	---	---
Aço	0,12 - 0,4	0,75	0,8 - 0,95
Chumbo	0,057 - 0,075	0,28	0,63
Níquel	0,45 - 0,087	---	0,37 - 0,48
Prata	0,02 - 0,035	---	---
Estanho	0,04 - 0,065	---	---
Zinco	0,045 - 0,053	---	0,11
Ferro Galvanizado	0,228	---	0,28
Materiais Variados			
Asbesto	0,93 - 0,96		
Tijolo	0,75 - 0,93		
Carbono	0,927 - 0,967		
Vidro Liso	0,937		
Carvalho Aplanado	0,895		
Papel	0,92 - 0,944		
Plástico	0,86 - 0,95		
Porcelana Vitrificada	0,924		
Quartzo Áspero Fundido	0,932		
Material Refratário	0,65 - 0,91		
Borracha	0,86 - 0,95		
Água	0,95 - 0,963		
Pinturas, Lacas, Vernizes			
Laca Preto/Branco	0,8 - 0,95		
Esmalte (Qualquer cor)	0,85 - 0,91		
Pinturas de Óleo (qualquer cor)	0,92 - 0,96		
Pinturas em Alumínio	0,27 - 0,67		

Fonte: Adaptado de <http://www.higher.com.br/download/07.pdf>

2.2.2.Termovisor

Pode-se definir os termovisores como “equipamentos destinados a detectar a radiação térmica e converte-la em sinais eletrônicos que devidamente

processados, permitem a formação de imagens térmicas e a medição remota de temperaturas” (NBR 15424, 2006, p8).

Segundo Comitti (2003), os termovisores são equipamentos que geram imagens térmicas e possuem recursos para a análise destas imagens.

É um equipamento industrial de ampla aplicação, a qual identifica as ondas infravermelhas convertendo em imagens visíveis ao olho humano.

Os termovisores, da atualidade, utilizam como forma de coleta de imagem o sistema fixo de detecção, também conhecido como Matriz de Plano Focal (Focal Plane Array - FPA) (Laerte, 2006, p55).

Os termovisores podem ter lentes intercambiáveis para substituição a fim de atender alguma aplicação específica. As imagens geradas pode ser em preto e branco, escala de cinza, paletas de cores, dependendo das características do termovisor. São compactos e os mais atuais utilizam como forma de armazenamento digital (cartões de memória).

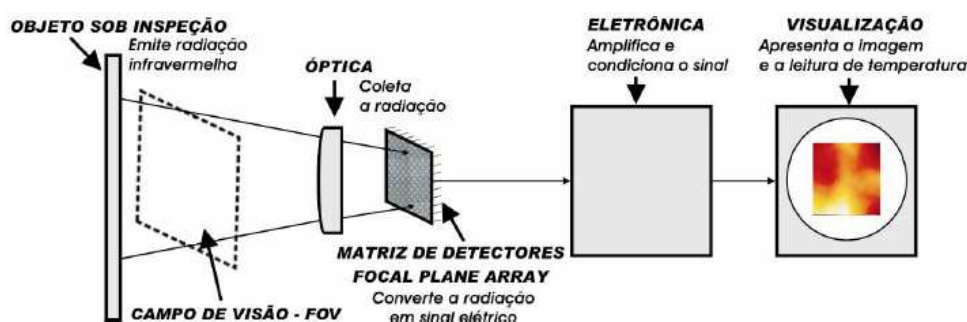


Figura 11 - Esquema simplificado de termovisor que utiliza o sensor FPA
Fonte: Laerte, p56 2006

2.2.3.Método de análise

Após a inspeção termográfica ser concluída, as fotos devem ser analisadas para decidir quais ações devem ser tomadas para solucionar tal problema encontrado. Existe uma diversidade de tabelas e formas para se classificar as condições de trabalho para cada componente elétrico. Uma delas é a utilização da recomendação do fabricante quanto à temperatura de trabalho. Essa informação é fornecida através de manuais técnicos dos componentes elétricos ou mecânicos adquiridos com site do fabricante.

Para disjuntores motor, modelo GV2ME Telemecanique, temos que a temperatura máxima de trabalho é de 40°C. Para disjuntores motor WEG MPW25, a

temperatura máxima de trabalho é de 60°C, conforme catalogo técnico do fabricante WEG e Telemecanique.

Para analisar os valores das medições termográficas também existe muitas de tabelas e informações a qual se baseiam em histórico de medições de fornecedores de serviço e teste em laboratórios. Existe também uma 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.

2.2.3.1.Fator de Correção de Velocidade do Vento – FCVV

Para medições externas, segue a tabela de correção.

Tabela 4 - FCVV para medições externas

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

Fonte: Norma N-2475

2.2.3.2.Fator de Correção de Carga – FCC

O FCC é obtido em função da corrente nominal e a corrente medida, conforme tabela e formula abaixo.

Tabela 5 – Valores do Fator de Correção de Carga

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

Fonte: Norma N-2475

$$FCC = \left(\frac{In}{Im} \right)^2$$

Onde:

FCC: Fator de correção de carga;

In: Corrente nominal;

Im: Corrente medida.

2.2.3.3. Temperatura Final Corrigida – TFC

A Temperatura Final Corrigida é obtida através da adição do valor da elevação de temperatura corrigida com a temperatura ambiente. Temos as fórmulas abaixo.

$$TFC = \Delta TC + T_a$$

O ΔTC , ou elevação de temperatura corrigida é calculado conforme abaixo.

$$\Delta TC = (T_m - T_a) \times FCC \times FCVV$$

Onde:

TFC: Temperatura final corrigida;

ΔTC : Elevação de temperatura corrigida;

T_a : Temperatura ambiente;

T_m : Temperatura medida.

2.2.3.4. Critérios para Classificação das medições

2.2.3.4.1. Elevação máxima de Temperatura Admissível - ΔT_{max}

A elevação máxima da temperatura admissível é obtida com a máxima temperatura do componente em medição e com a temperatura ambiente.

$$\Delta T_{max} = T_{max} - T_a$$

Onde:

ΔT_{max} : Elevação máxima de temperatura admissível;

T_{max} : temperatura máxima admissível, fornecida pelo fabricante;

T_a : Temperatura ambiente.

2.2.3.4.2. Fator de Elevação de Temperatura - FET

$$FET = \frac{\Delta TC}{\Delta T_{max}}$$

Onde:

FET: Fator de elevação de temperatura;

ΔTC : Elevação de temperatura corrigida;

ΔT_{max} : Elevação máxima de temperatura admissível.

Após o cálculo do FET, o valor deve ser analisado conforme tabela seguinte 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

Tabela 6 - FET, Classificação Térmica e Providências

A classificação normal indica que o componente está trabalhando dentro dos parâmetros normais de temperatura. Para a classificação aquecido, o aquecimento do componente monitorado não se mostra conclusivo e é recomendado a observação do mesmo até a próxima inspeção. Na condição muito aquecido, se caracteriza por aquecimentos que podem apresentar defeitos, mas que podem esperar para uma atuação programada. Já na classificação severamente aquecido, os componentes que estão aquecidos podem apresentar falha a qualquer momento, sendo a atuação o mais breve possível ou senão imediata.

3.PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1.PDCA

Walter A. Shewhart, físico engenheiro e estatístico americano, na década de trinta desenvolveu uma ferramenta importante para o controle estatístico de processo, sendo possível a aplicação repetida sobre qualquer problema ou processo (Fábio 2003 apud Souza 1997). Essa ferramenta é conhecida como Método de Melhorias ou PDCA e pode ser definido como “um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização” conforme Werkema (1995). Porém esse método ficou conhecido a partir da década de cinquenta, por William Edwards Deming, a partir de suas aplicações do PDCA em trabalhos desenvolvidos no Japão.

O ciclo PDCA é dividido em 4 fases distintas conforme figura abaixo.

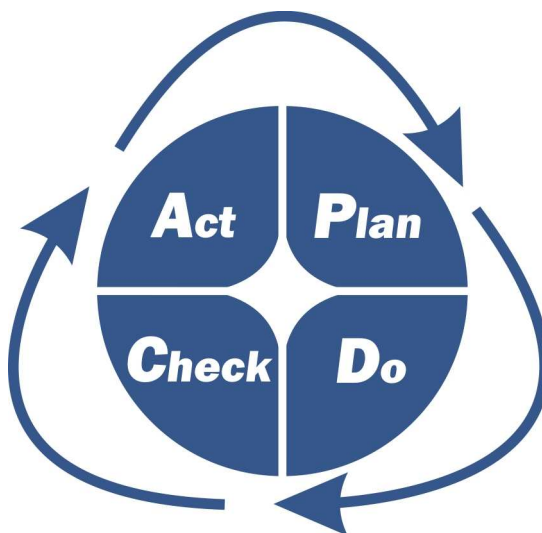


Figura 12 - Ciclo PDCA

Fonte: <http://fpconsultoria.files.wordpress.com/2009/02/pdca.jpg>

A sigla PDCA origina das palavras PLAN, DO, CHECK e ACT que significam PLANEJAR, EXECUTAR, VERIFICAR e ATUAR. Essas fases podem ser compostas das etapas (Maria, 1995 e Ana, 2005).

3.1.1.Planejamento (P)

Esta é a fase para se estabelecer ações para a solução do(s) problema(s). Essa fase pode ser dividida em duas fases. A primeira estabelece as metas a serem

alcançadas. Na segunda parte, são explanados os métodos empregados para se alcançar as metas e objetivos propostos.

Nesta fase podem-se destacar alguns passos relevantes. A identificação do problema, a observação das características do problema, a análise destes problemas descobrindo as principais causas e a ação a ser tomada para alcançar a meta desejada.

3.1.1.1. Meta

Uma meta sempre deve ser estabelecida em um produto ou serviço e um problema é uma meta não alcançada. A diferença entre o valor desejado e o valor real é a meta a ser alcançada (Fábio 2003).

Segundo Fábio, uma meta é composta de três componentes: um objetivo, um prazo e um valor.

O objetivo demonstra o intuito da meta a ser alcançada. Normalmente esse intuito é formado por um verbo no infinitivo e especifica a meta. Por exemplo, *Reduzir o índice de manutenções corretivas*.

Para a segunda parte da meta, o valor classifica quantitativamente a meta. Esse valor pode ser informado em percentual ou de ordem absoluta. Tomando novamente o exemplo citado anteriormente tem-se: *Reduzir o índice de manutenções corretivas em 40% do valor atual*.

Já o prazo, terceira parte de uma meta, é caracterizado como uma data limite para a conclusão de uma meta. Normalmente é colocada no final da meta. Assim, nosso exemplo se torna uma meta: “Reduzir o índice de manutenções corretivas em 40% em seis meses”.

Uma meta pode ser classificada em dois tipos, de acordo com WERKEMA (1995), metas para manter e metas para melhorar.

Metas para manter, conforme WERKEMA (ano 1995, p. 21), “... consta de uma faixa aceitável de valores para o item de controle considerado, representando especificações de produto proveniente dos clientes internos e externos...”. As metas para manter representam um padrão a ser seguido. Podemos exemplificar uma meta para manter “usinando uma peça de acordo com as dimensões e tolerâncias solicitadas pelo cliente”.

As metas para melhorar são aquelas onde se busca atender as novas necessidades do mercado de produção (clientes), proporcionando assim uma

produção mais enxuta (WERKEMA, 1995). A concorrência também propicia as metas de melhoria, com o intuito de melhorar o produto fabricado, novo desenho, maior resistência e novas tecnologias empregadas. Para que as metas de melhoria seja atendidas, sempre será necessárias melhorias e mudanças na forma atual de fabricação. Exemplo: “redução de 25% nos refugos de usinados por defeito de medidas fora do especificado em três meses”.

3.1.2.Executar (D)

Consiste na execução do planejamento. Nesta etapa todos os objetivos e metas serão colocados em prática, utilizando os métodos necessários para tal execução. Nesta etapa, são de extrema importância para alcançar os resultados a educação e o treinamento no trabalho.

3.1.3.Verificação (C)

Nesta fase, será verificado se os resultados encontrados após a execução estão de acordo com as metas e objetivos propostos no planejamento. A coleta e a análise destes dados fornecem informações importantes para a próxima etapa.

3.1.4.Atuação Corretiva (A)

Esta é a etapa para a atuação no problema, proporcionando que o mesmo problema não volte a ocorrer. Essas atuações podem ser classificadas em ação corretiva, quando se deseja corrigir algum defeito característico, ou oportunidade de melhoria, que possa ter sido identificada durante a execução da verificação.

Abaixo podemos visualizar de uma maneira resumida os passos do PDCA.

ETAPAS DA MELHORIA CONTÍNUA			
PDCA	FLUXO	ETAPA	OBJETIVO
P	1	Identificação do Problema	Definir claramente o problema/processo e reconhecer sua importância
	2	Observação	Investigar as características específicas do problema.
	3	Análise	Descobrir as causas básicas do problema.
	4	Plano de Ação	Conceber um plano para eliminar/controlar as causas básicas.
D	5	Execução	Eliminar/controlar as causas básicas
C	6	Verificação	Verificar se o processo está sendo efetivo.
A	7	Adequação	Agir para corrigir possíveis desvios
	8	Evolução	Planejar possíveis melhorias

Figura 13 - Passos do PDCA

Fonte:

http://1.bp.blogspot.com/_itbJeVEJoRY/SoGmMIKRvcl/AAAAAAAAAXg/T5P7w6JzD

Jk/s400/pdca+++melhoria.bmp

4.PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

Este tópico será detalhado a metodologia aplicada na monitoração da temperatura de disjuntores motor da Pintura KTL. O método utilizado para a elaboração deste TCC foi uma pesquisa documental, criando os conceitos de manutenção, de transmissão de calor, termografia e o PDCA. Posteriormente foi aplicada a ferramenta PDCA para análise do problema (aquecimentos nos disjuntores monitorados) e proporcionando possíveis ações para a solução dos mesmos.

4.1.HISTÓRICO DA EMPRESA

A Schulz S.A. teve sua fundação a partir do ano de 1963, produzindo sua própria linha de produtos com 26 funcionários apenas.



Figura 14 - Início das operações
Fonte: <http://www.schulz.com.br/sobre/>

Posteriormente, inicia a fabricação de compressores de ar, alcançando a liderança no setor de compressores em 1982. A Schulz conta com 319 mil m² sendo que 72 mil m² são de área construída.



Figura 15 – Atualidade
Fonte: <http://www.schulz.com.br/presente/>

Nesta área podemos separar em três setores principais: a Fundição, Compressores e Usinagem Automotiva. A Schulz possui produtos de sua produção a qual atende ao setor de peças automotivas. Dentre seus principais clientes se destacam Scania, Volvo e MWM. Dentre as peças usinadas na Schulz podemos

destacar a sapatas de freio, cubos de roda para caminhões, suportes de suspensões diversas. Algumas peças necessitam serem pintadas, de acordo com as especificações de cada e peça. Na Schulz essa pintura pode ser feita de duas maneiras, através do processo de pintura líquida e a pó, conhecida na Schulz como SPA (Sistema de Pintura Automotiva), e o processo de pintura por KTL (Pintura de Eletrodeposição Catódica). O processo de pintura KTL consiste na decomposição de um filme de tinta, normalmente a base de resina epóxi, através da aplicação de uma corrente elétrica contínua nas peças metálicas imersas em um banho de tinta aquosa. Previamente essas peças são tratadas através de banhos de desengraxantes, enxágüe com água e Fosfatização Tricatiônica repetidas vezes. Após a pintura epóxi, é retirado o excesso de tinta com alguns enxágües com banho de água de alta pureza e após é utilizado um processo de cura, com o auxílio de uma estufa.

4.2.MONITORAÇÃO DE DISJUNTORES

A técnica preditiva de Termografia foi implantada para a monitoração de disjuntores do painel geral da linha de pintura KTL, avaliando assim sua temperatura de trabalho. Os disjuntores que apresentaram alguma anomalia em relação a temperatura de trabalho recomendado pelo fabricante são apresentados na tabela seguinte.

Tabela 7 - Disjuntores Monitorados

PAINEL	DISJUNTOR	FAIXA DE CORRENTE
KTL	8F2	9 - 14A
KTL	9F1	13 - 18A
KTL	10F1	9 - 14A

Os disjuntores citados na tabela 4 foram monitorados através da técnica preditiva rotineira na empresa. Conforme informações técnicas dos fabricantes, a temperatura de trabalho dos disjuntores estaria dentro de uma faixa de -20 a 60°C (para disjuntores Telemecanique e WEG). Já para cabos elétricos encapados, a faixa tolerável é de 70 até 100°C, dependendo da isolação (Comitti, 2003, p.58). Podemos visualizar os disjuntores com anomalias no ANEXO 1.

4.3.APLICAÇÃO DO PDCA

Como metodologia para solucionar o problema de elevação de temperatura dos disjuntores, foi utilizada a ferramenta PDCA.

4.3.1.Planejamento das ações

4.3.1.1.Identificação do Problema

De acordo com a monitoração dos disjuntores, as temperaturas de trabalho estavam acima do especificado pelo fabricante, sendo essa no máximo 60°C para disjuntores WEG e para Telemecanique 40°C. Esse aumento de temperatura aumenta o valor do Fator de Elevação de Temperatura (FET), sendo classificado como severamente aquecido. Fica como meta a adequação da temperatura de trabalho e conseqüente atenuação do valor do FET, para o valor considerado normal (FET menor ou igual a 0,3) para os disjuntores motor 8F2, 9F1 e 10F1.

Pode-se visualizar os disjuntores nas imagens seguintes. Essas imagens são da medição inicial a qual foi detectada a existência de algum problema, devido a sua temperatura de trabalho estar acima do especificado.

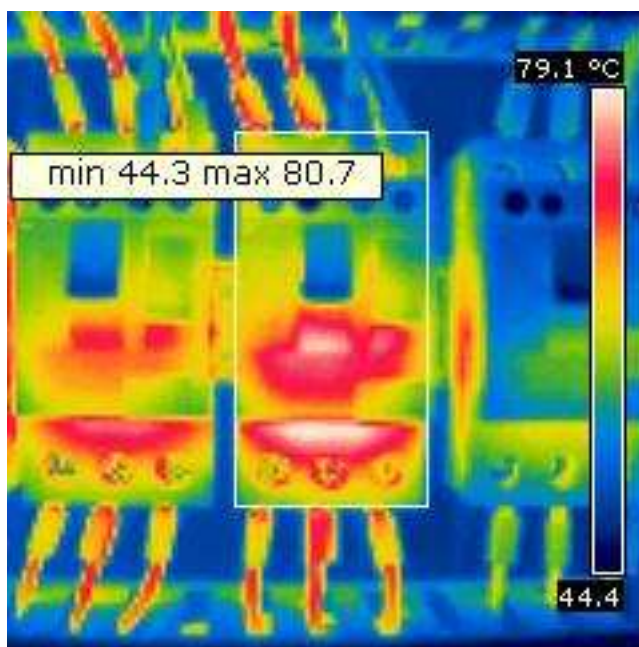


Figura 16 - Disjuntor 8F2 - Imagem Térmica
Fonte: o Autor (2010)

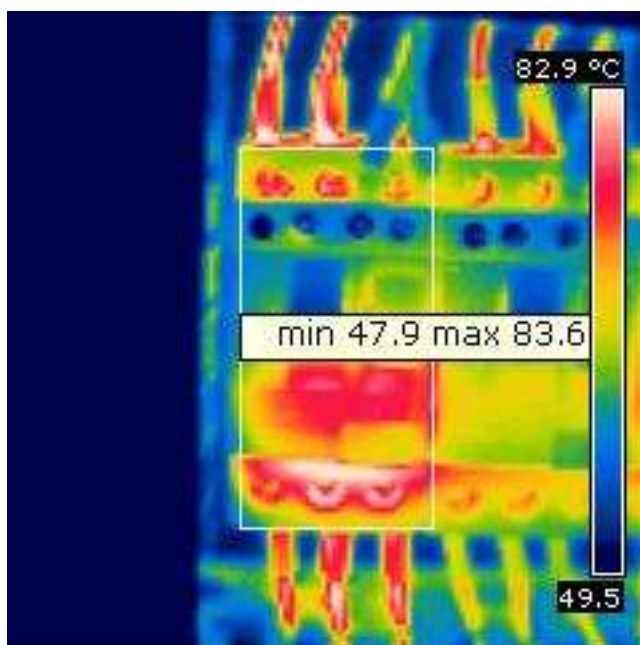


Figura 17 - Disjuntor 9F1 - Imagem Térmica
Fonte: o Autor (2010)

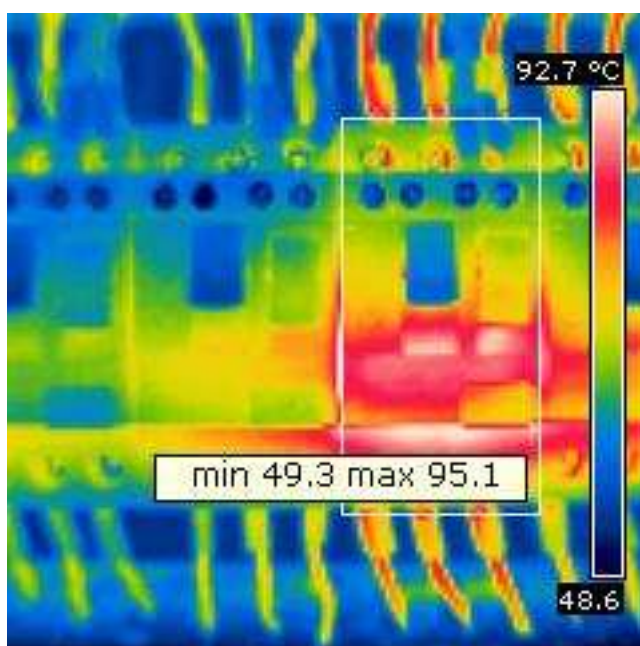


Figura 18 - Disjuntores 10F1 - Imagem Térmica
Fonte: o Autor (2010)

4.3.1.2.Observação

Pode-se visualizar nas imagens anteriores que nenhum dos disjuntores estão com a sua temperatura máxima dentro da especificada pelo fabricante. Como observação nos disjuntores não foi encontrada nenhuma mudança estrutural

relacionada ao aumento de temperatura (derretimento, enegrecimento do plástico, etc.). Nos cabos não foi identificado nenhuma alteração da integridade da capa isolante muito menos do terminal. Única observação relevante seria a de os cabos de alimentação dos disjuntores estavam quentes e muito esticados, impossibilitando o afastamento dos disjuntores para uma melhor ventilação. Já as anilhas de identificação dos cabos dos disjuntores 9F1 e 10F1 estavam levemente escuras (figura 19), sendo esse sintoma relacionado com o aumento de temperatura nos cabos. A potência dos motores ligados aos disjuntores segue a tabela abaixo:

PAINEL	DISJUNTOR	POTÊNCIA DO MOTOR	CORRENTE NOMINAL
KTL	8F2	7,5 cv	11,55 A
KTL	9F1	10 cv	15 A
KTL	10F1	7,5 cv	11,55 A

Tabela 8 - Potência e Corrente dos Motores

Nas correntes monitoradas através de um alicate amperímetro não foi encontrada nenhuma divergência em relação as correntes nominais dos motores (tabela 6). Inicialmente os cabos estão dentro dos especificado (4 mm^2), porém como os cabos serão substituídos para o espaçamento dos disjuntores, será aumentada a seção para 6 mm^2 .

PAINEL	DISJUNTOR	CORRENTE MEDIDA
KTL	8F2	10,7 A
KTL	9F1	15 A
KTL	10F1	11 A

Tabela 9 - Corrente Medida

4.3.1.3. Análise

Esse aquecimento nos disjuntores pode estar sendo gerado através de um mau contato dos bornes de ligação do disjuntor. Pode também estar sendo gerado pela carbonização dos contatos internos dos disjuntores.

Outra observação importante é a distribuição dos disjuntores internamente no painel conforme figura 19.

Nota-se que os disjuntores estão muito próximos um aos outros, dificultando assim a troca de calor entre os mesmos. Outro fator que influencia nesta variável é a temperatura interna do painel. De acordo com a figura abaixo a temperatura está perto de 50°C (figura 20 e 21). Essa medição de temperatura foi feita através da medição de um corpo negro, no caso uma fita isolante, que após colada no painel e

estabilizada a temperatura irá informar a real temperatura da chapa traseira do painel, sendo assim a temperatura ambiente.

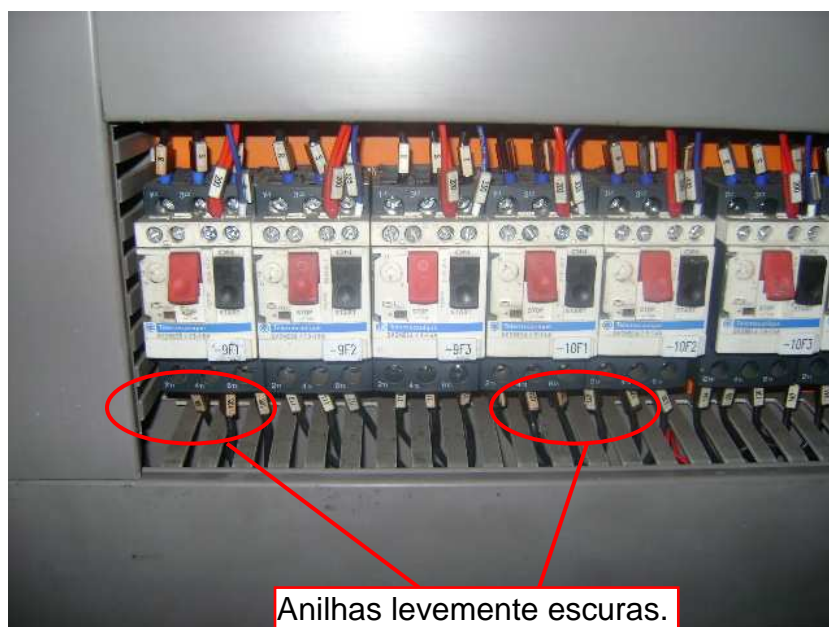


Figura 19 - Distribuição dos disjuntores no painel
Fonte: o Autor (2010)



Figura 20 - Indicação do corpo negro no painel elétrico
Fonte: o Autor (2010)

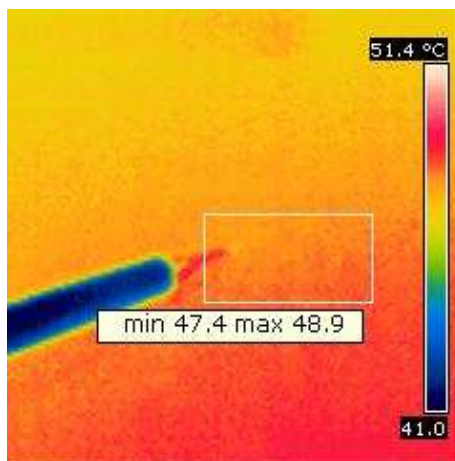


Figura 21 - Temperatura do corpo negro
Fonte: o Autor (2010)

4.3.1.4.Plano de ação

Com o intuito de solucionar o problema nos disjuntores monitorados, serão efetuadas as seguintes ações:

- a) Substituir os disjuntores motor 8F2, 9F1 e 10F1, ação referente a hipótese mau contato interno (contatos) e externo (bornes de ligação);
- b) Substituir os cabos de entrada (barramento para o disjuntor) e os cabos de saída (disjuntor à contatora) dos disjuntores 8F2, 9F1 e 10F1, passando de 4mm² para 6mm² de seção;
- c) Instalar ventiladores nas portas dos painéis do painel monitorado. O modelo dos ventiladores a serem instalados, foi tomado como base de outro painel de mesmas dimensões;
- d) Afastar os disjuntores, tomando uma medida mínima de 9 mm, conforme recomendado pela catalogo da Telemecanique.

Os disjuntores 8F2 e 10F1 serão substituídos por disjuntores de mesma regulagem, porém de outro fabricante (WEG) devido à indisponibilidade de peça no estoque. Já o disjuntor 9F1 será substituído por um disjuntor igual ao monitorado.

4.3.2.Execução das ações

As atividades foram realizadas em dois fins de semana em que a linha se encontrava parada por falta de programação de produção. As atividades iniciaram

com a substituição dos disjuntores motor. Podemos visualizar os novos disjuntores motor 8F2, 9F1 e 10F1 já substituídos.



Figura 22 - Novo disjuntor 8F2
Fonte: o Autor (2010)



Figura 23 - Novo disjuntor 9F1
Fonte: o Autor (2010)

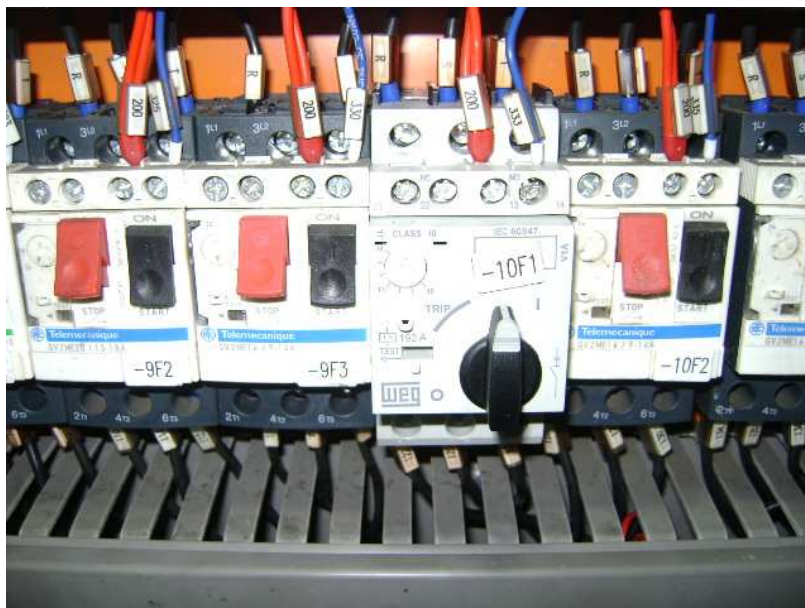


Figura 24 - Novo disjuntor 10F1
Fonte: o Autor (2010)

No segundo fim de semana, ocorreu substituição dos cabos dos disjuntores tanto os de entrada quanto os de saída.

Após, os disjuntores foram espaçados conforme foto abaixo.



Figura 25 - Disjuntores espaçados para auxiliar na troca de calor
Fonte: o Autor (2010)

Como já foi mostrado na imagem anterior também foi instalado os ventiladores nas portas do painel. Na imagem abaixo é detalhado o ventilador.

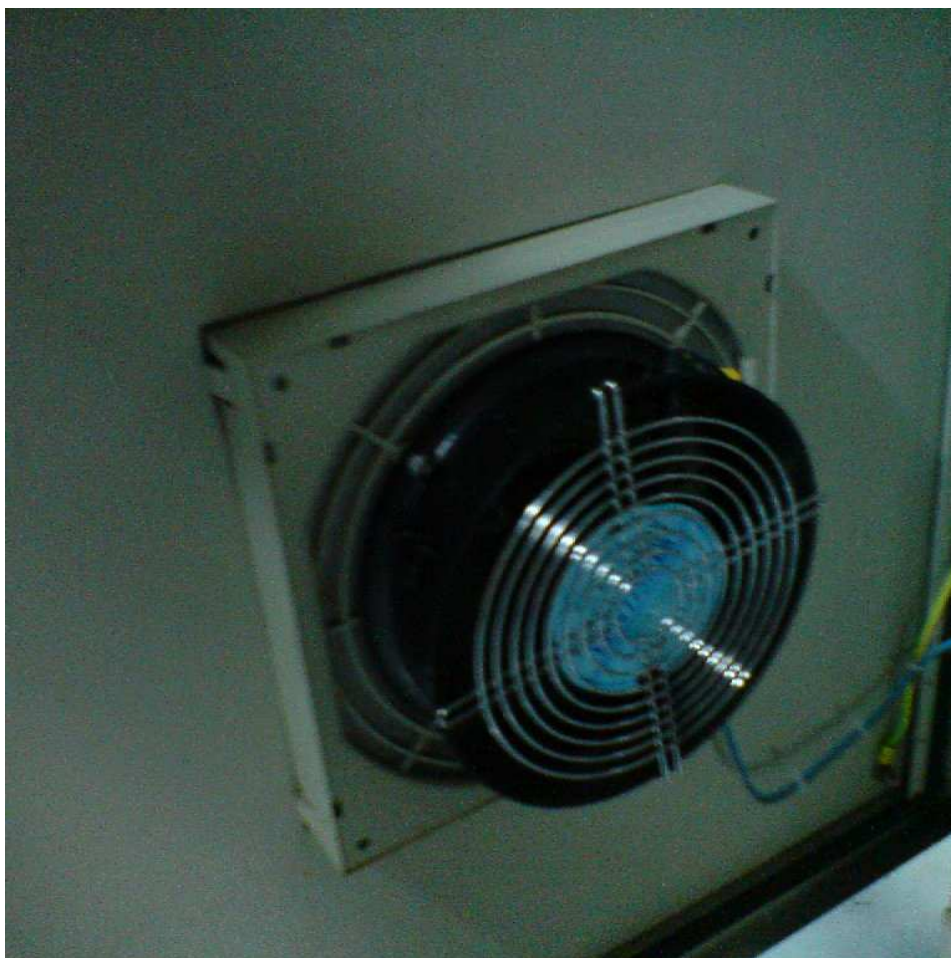


Figura 26 – Ventilador
Fonte: o Autor (2010)

4.3.3.Verificação

Após as modificações propostas foi feita uma nova monitoração das temperaturas conforme segue. Tem-se inicialmente as fotos termográficas da atuação do dia 08/02/2010, onde foram substituídos somente os disjuntores.

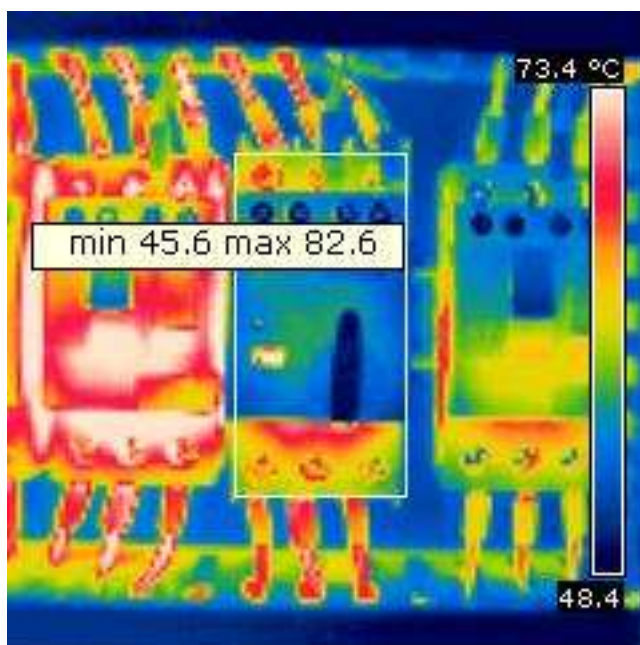


Figura 27 - 8F2 – medição 08/02/2010
Fonte: o Autor (2010)

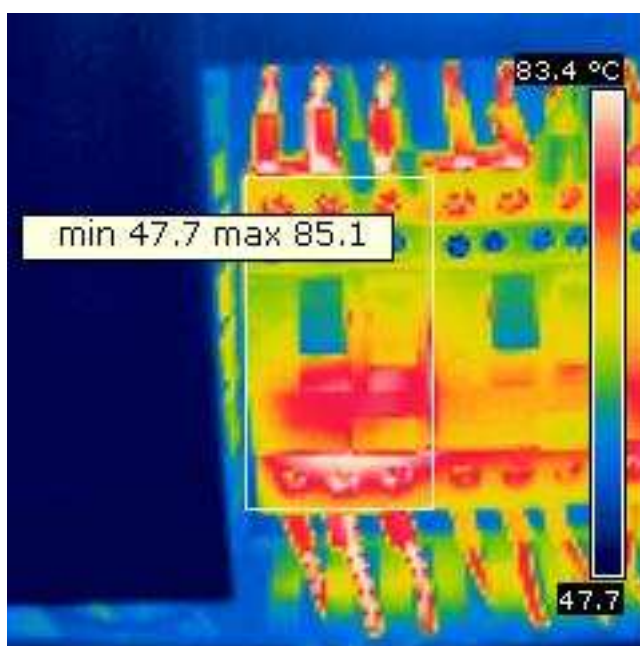


Figura 28 - 9F1 – medição 08/02/2010
Fonte: o Autor (2010)

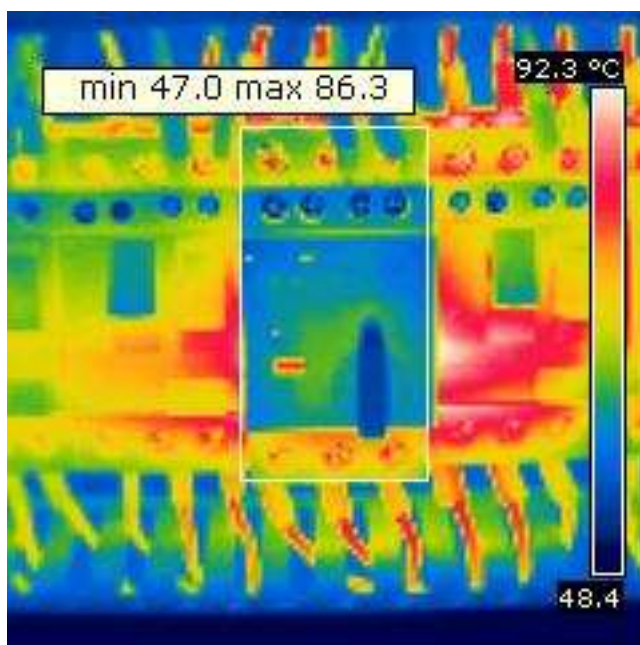


Figura 29 - 10F1 – medição 08/02/2010
Fonte: o Autor (2010)

Outra inspeção termográfica foi realizada no dia 15/02, após a substituição os cabos elétricos, instalação dos ventiladores e o espaçamento dos disjuntores no painel. A seguir as fotos referentes as modificações.

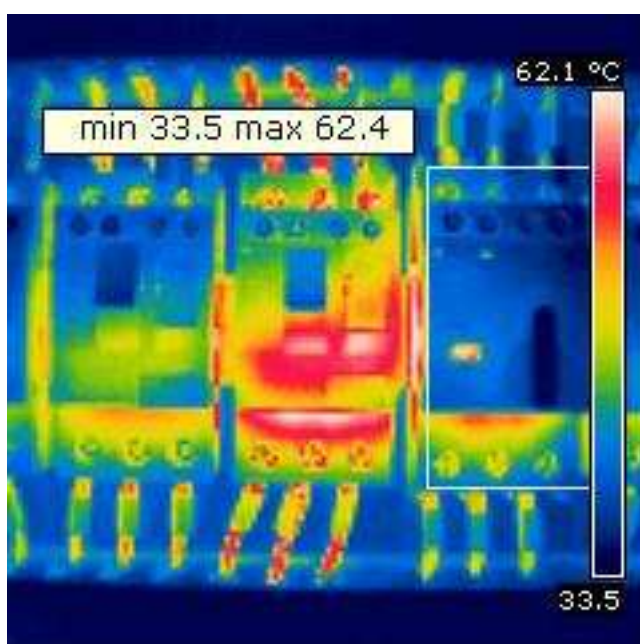


Figura 30 - Disjuntor 8F2 – medição 15/02/2010
Fonte: o Autor (2010)

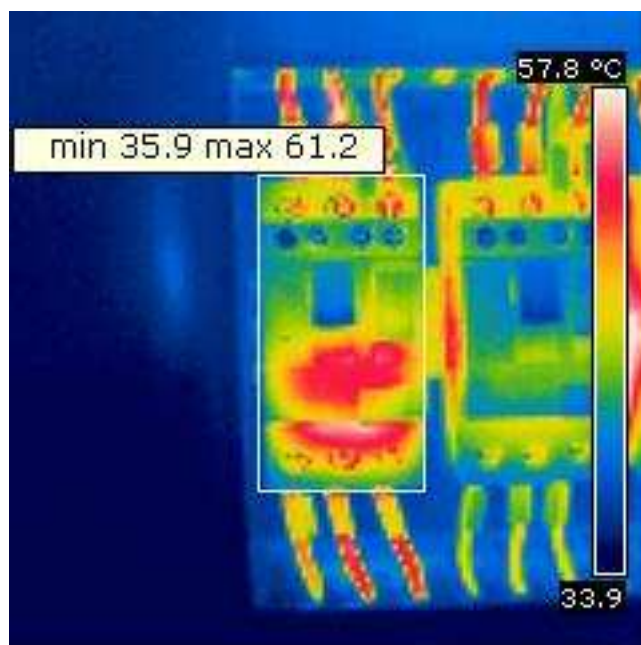


Figura 31 - Disjuntor 9F1 – medição 15/02/2010
Fonte: o Autor (2010)

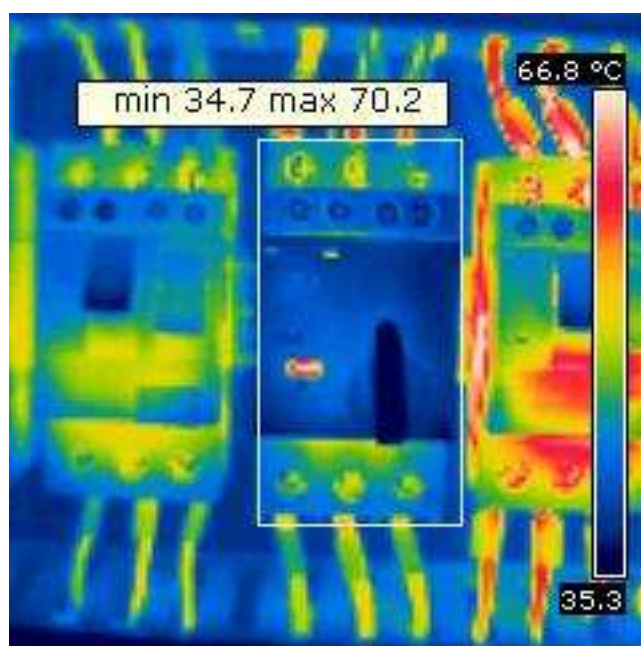


Figura 32 - Disjuntor 10F1 – medição 15/02/2010
Fonte: o Autor (2010)

Pode-se notar que as temperaturas não ficaram abaixo da recomendada pelo fabricante (60°C), porém sofreram uma considerável queda.

4.3.4. Ação corretiva

Após a realização do PDCA, a temperatura não ficou abaixo do especificado pelos fabricantes (WEG e Telemecanique). Por consequência os valores do FET (Fator de Elevação de Temperatura) não estão de acordo com a meta estipulada inicialmente. Como não foi alcançada a meta, seria necessário um novo ciclo de PDCA, para identificar com mais ênfase os problemas encontrados no painel monitorado. Uma prática importante seria a monitoração semanal dos disjuntores de forma com que a qualquer mudança significativa, seria elaborada outra análise para verificar se existe relação com os problemas relacionados no PDCA descrito.

5.RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme mencionado, as inspeções termográficas ocorreram em três tempos, uma para a identificação do problema (realizada no dia 20/01/2010), a segunda após a substituição dos disjuntores (realizada no dia 08/02/2010) e a terceira e ultima após a substituição dos cabos, espaçamento dos disjuntores e a instalação dos ventiladores (realizada dia 15/02/2010). Pode-se verificar na tabela abaixo, o comparativo da temperatura de cada disjuntor.

Tabela 10 - Comparativo de temperatura máxima

DISJUNTOR	DATA		
	20/jan	8/fev	15/fev
Disjuntor 8F2	80,70 °C	82,60 °C	62,40 °C
Disjuntor 9F1	83,60 °C	85,10 °C	61,20 °C
Disjuntor 10F1	95,10 °C	86,30 °C	70,20 °C
Ta	48,00 °C	49,00 °C	34,00 °C

Fonte: o Autor (2010)

Para os valores de FET, temos.

Tabela 11 - Valores do FET

DISJUNTOR	DATA		
	20/jan	8/fev	15/fev
Disjuntor 8F2	3,175	3,559	1,270
Disjuntor 9F1	3,457	3,823	1,219
Disjuntor 10F1	4,573	3,951	1,622

Fonte: o Autor (2010)

Pode-se verificar que após a substituição do dia 08/02/2010, somente o disjuntor 10F1 sofreu uma atenuação considerável de sua temperatura de trabalho, sendo assim seguida pelo valor de FET. Os demais disjuntores permaneceram com a temperatura praticamente estável. Após as atividades realizadas dia 15/02/2010, as temperaturas atenuaram para um valor considerável, sendo o mais notável para o disjuntor 9F1, conforme tabela abaixo. Note que os valores de FET na ultima medição não chegaram ao valor esperado (meta com valor menor ou igual de 0,3).

Tabela 12 - Queda de temperatura

DISJUNTOR	QUEDA DA TEMPERATURA
8F2	20,20 °C
9F1	23,90 °C
10F1	16,10 °C

Fonte: o Autor (2010)

Abaixo podemos visualizar os gráficos das tabelas de temperatura e FET.

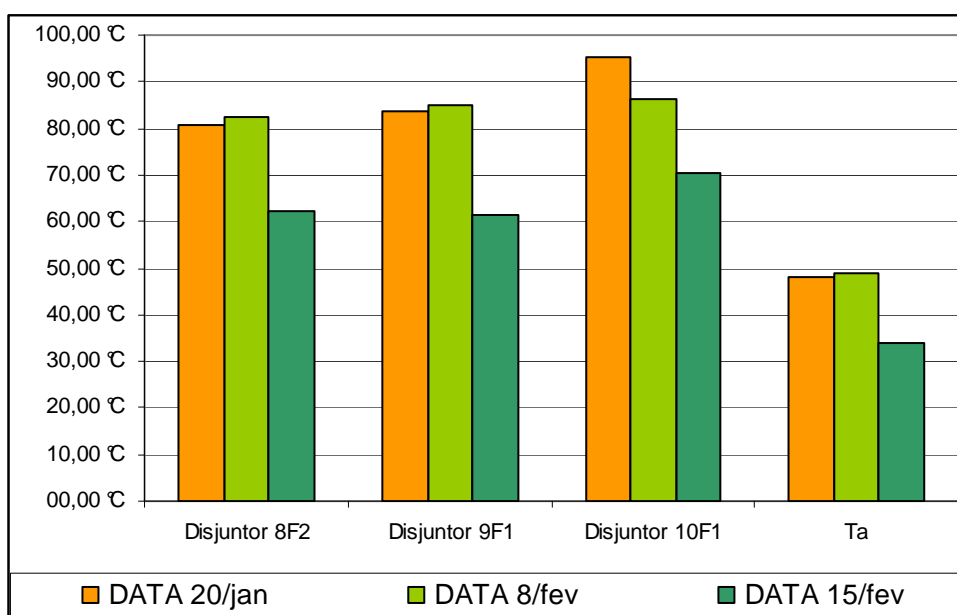


Figura 33 - Gráfico de comparação de temperatura

Fonte: o Autor (2010)

Na figura acima, pode-se visualizar que após a substituição dos disjuntores (data 08/02) todos os disjuntores estabilizaram suas temperaturas para perto de 85°C. Pode-se observar que a temperatura ambiente aumentou, mais não foi um valor significativo, 1°C. Após a substituição dos cabos, instalação da ventilação e espaçados os disjuntores a temperatura atenuou significativamente (medição no dia 15/02). As proporções numéricas, tabela 12, chegam a aproximadamente 24°C para o disjuntor 9F1. Notamos também que a temperatura ambiente diminuiu devida instalação dos ventiladores na porta do painel, proporcionando assim uma maior troca de calor com o ambiente externo. Com a instalação da ventilação a temperatura interna do painel reduziu, praticamente, 30% da medida no dia 20/01/2010.

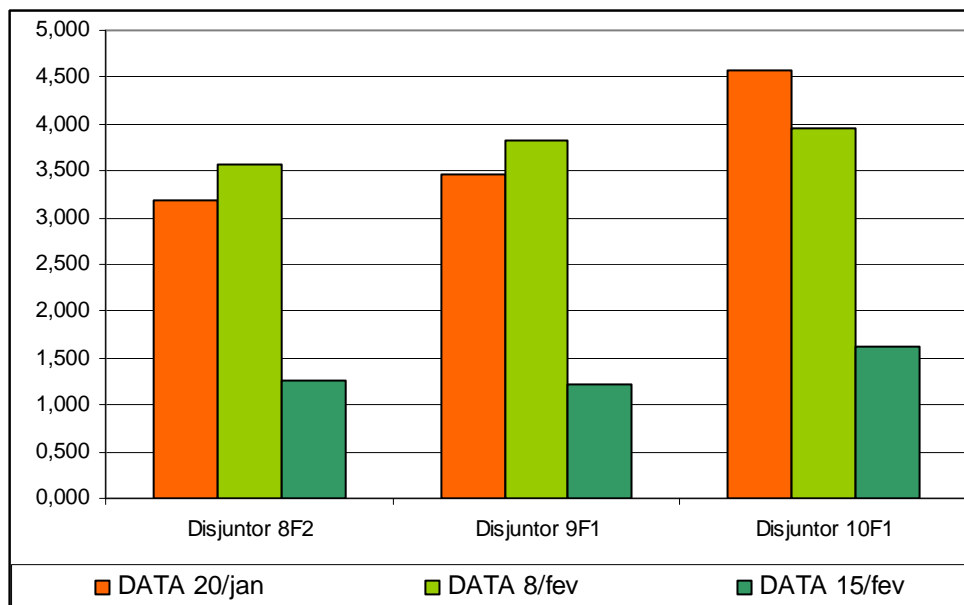


Figura 34 - Comparação dos valore FET
Fonte: o Autor (2010)

Os valores do Fator de Elevação de Temperatura (FET) seguem a risca o gráfico de temperatura. Existe o mesmo aumento do fator para os disjuntores 8F2 e 9F1 e para o 10F1, a atenuação do fator, para as medições efetuadas no dia 08/02 (substituição dos disjuntores). Para as medições efetuadas no dia 15/02 ouve consideráveis atenuações dos valores. Para o disjuntor 8F2 a redução foi de 60%, para o disjuntor 9F1 foi de 64,74% e para o disjuntor 10F1 a redução foi de 64,53% em relação à primeira medição.

6. CONCLUSÃO

Como objetivos iniciais, tinha-se a identificação de pontos que se encontravam acima da temperatura recomendada pelos fabricantes dos disjuntores. Podemos visualizar que foram encontrados três disjuntores que estavam acima do especificado, sendo esses os disjuntores 8F2, 9F1 e 10F1. As medições realizadas nos dias 20/01, informaram que três disjuntores estariam com suas temperaturas acima das recomendadas pelos fabricantes e juntamente com o valor do FET.

Para os valores encontrados foram encontradas possíveis causas para esse aumento de temperatura. A principal seria a substituição dos disjuntores, pois os aquecimentos se concentravam no meio do disjuntor. Após a substituição dos disjuntores, foi constatado que a temperatura não atenuou, somente em um dos disjuntores substituídos (10F1). Os aquecimentos continuavam ainda no mesmo ponto. Foi então sugerido a substituição dos cabos de entrada e de saída dos disjuntores, com a desconfiança que estariam aquecendo devido a estarem um pouco esticados. Após a substituição e instalação dos ventiladores as temperaturas e o FET diminuíram, mais não entraram no recomendado. Outra conclusão foi a instalação de uma ventilação adicional do painel, devido a temperatura ambiente interna do mesmo. A temperatura ambiente reduziu de 49°C, da medição do dia 08/02, para 34°C no dia 15/02. O afastamento dos disjuntores proporcionou uma refrigeração do painel e de seus componentes internos. O painel já possuía dois ventiladores que se localizavam no teto do painel. Foram adicionados quatro novos ventiladores, instalados na parte inferior das portas, inflando o painel, proporcionando assim uma pressão positiva interna de ar, ajudando na ventilação e impedindo a entrada de ar por alguma abertura possível.

As práticas termográficas não são eficientes por si só. Como inicialmente as ações seriam as mais indicadas por características dos defeitos, as implantações das ações não estabeleceram as temperaturas recomendadas, muito menos o FET. Para saber se as correntes dos motores estavam corretas, necessitou-se de um alicate amperímetro, o qual se constatou que as correntes estavam dentro da nominal. O mau contato que poderia ser uma possível causa foi eliminado na substituição dos disjuntores. Porém nas demais medições, ainda encontram características de aumento de temperatura relacionadas por mau contato interno dos disjuntores. Isso comprova que a termografia é uma técnica importante como

ferramenta de manutenção, que pode encontrar algum problema em componentes elétricos e/ou mecânicos, mais não identifica por si só a causa do problema.

7.REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ANDRADE, Fabio Felipe. **O Método de melhoria PDCA**. Disponível em
<www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-04092003-150859/publico/dissertacao_FABIOFA.pdf>
Acesso em 22/02/2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15424**: Ensaaios não destrutivos - Termografia – Terminologia. Rio de Janeiro, 2006. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR5410**: Instalações Elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 1997. 128p.

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

CONTEC. **N-2472**: Ensaio Não Destrutivo - Termografia. s.l, 2007. 12p.

CONTEC. **N-2475**: Inspeção termográfica em sistemas elétricos. s.l, 2005. 11p.

GONÇALVES, Giovane. **MANUTENÇÃO EM MÁQUINAS CNC HELLER**. 2005. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Mecatrônica Industrial) – Serviço de Aprendizagem Industrial de Santa Catarina, Joinville, 2005.

GUEDES, Manoel Vaz. **O motor de Indução Trifásico: Seleção e Aplicação**. Disponível em
<http://www.estv.ipv.pt/paginaspessoais/vasco/textos/MI_sel&aplic.pdf>
Acesso em 21/10/2009

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção**: função estratégica. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, 2001. 341 p.

KREITH, Frank. **Princípios da transmissão de calor**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 550 p.

LAGO, Daniel Fabiano. **Manutenção de redutores de velocidade pela integração das técnicas preditivas de análise de vibrações e análise de óleo lubrificante**. Disponível em
<http://www.dem.feis.unesp.br/ppgem/teses_dissertacoes/2007/dissertacao_dflago.pdf>
Acesso em 31/11/2009

MIRSHAWKA, Victor. **Manutenção preditiva: caminho para zero defeitos**. São Paulo: Makron Books, 1991. 318 p.

NEPOMUCENO, Lauro Xavier. **Técnicas de manutenção preditiva: volume 1**. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 1989. 501 p.

NEPOMUCENO, Lauro Xavier. **Técnicas de manutenção preditiva: volume 2**. São Paulo, SP: Edgard Blücher, c1989. p.502-952

PACHECO, Ana Paula Reusing. **O ciclo pdca na gestão do conhecimento: uma abordagem sistêmica**. Disponível em: <<http://www.issbrasil.usp.br/pdfs2/ana.pdf>>
- Acesso em: 21/02/2010.

SANTOS, Laerte dos. **Termografia Infravermelha em Subestações de Alta tensão Desabrigadas** Disponível em:
<<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp042339.pdf>>
Acesso em: 20/02/2010.

Schneider Electric. **Catálogo Disjuntores MOTOR**. Disponível em:
<[http://www.global-download.schneider-electric.com/852575770039EC5E/All/99153F3F51CDD32A852576580064869C/\\$File/gv-catalogo-mar07-br.pdf](http://www.global-download.schneider-electric.com/852575770039EC5E/All/99153F3F51CDD32A852576580064869C/$File/gv-catalogo-mar07-br.pdf)>.
Acesso em 15/02/2010.

SOARES, Gonçalo Paula. LUZ Maria de Lourdes Santiago. **Aplicação do PDCA: um estudo de caso** Disponível em: <www.scribd.com/doc/6546923/Pdca>. Acesso em: 10/02/2010.

VERRI, Luiz Alberto. **Gerenciamento pela qualidade total na manutenção industrial**: aplicação prática. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, 2007. 128 p.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM, planejamento e controle de manutenção**. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, c2002. 192 p.

WEG. **Catalogo técnico – Motores Elétricos**. Disponível em: <<http://www.weg.net/files/products/WEG-motores-eletricos-baixa-tensao-mercado-brasil-050-catalogo-portugues-br.pdf>> Acesso em 05/02/2010.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, EDG, c1995. 108 p.

XENOS, Harilaus Georgius d'Philippus. **Gerenciando a manutenção produtiva**: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços, c2004. 302 p.

ZÍLIO, Sergio Carlos. **Ondas Eletromagnéticas**. Disponível em: <<http://efisica.if.usp.br/optica/universitario/ondas/>> Acesso em: 04/01/2010

ANEXO A – DISJUNTORES

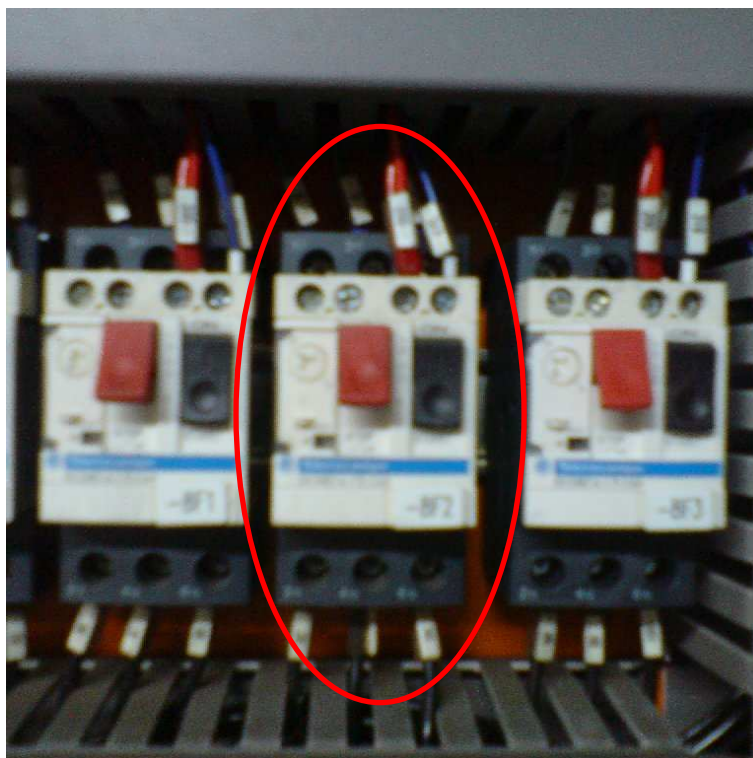


Figura 35 - Disjuntor 8F2 antes das modificações

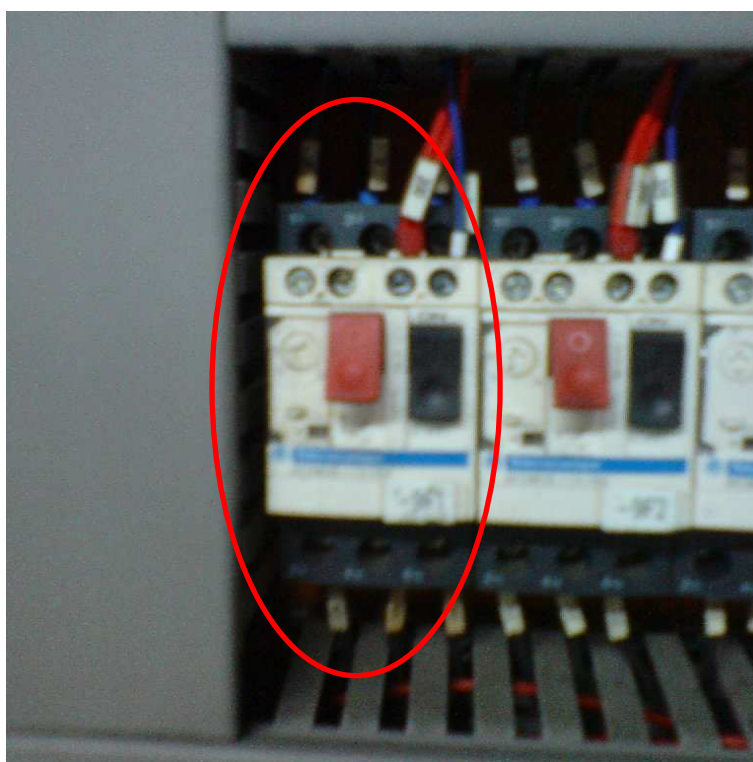


Figura 36 - Disjuntor 9F1 antes das modificações

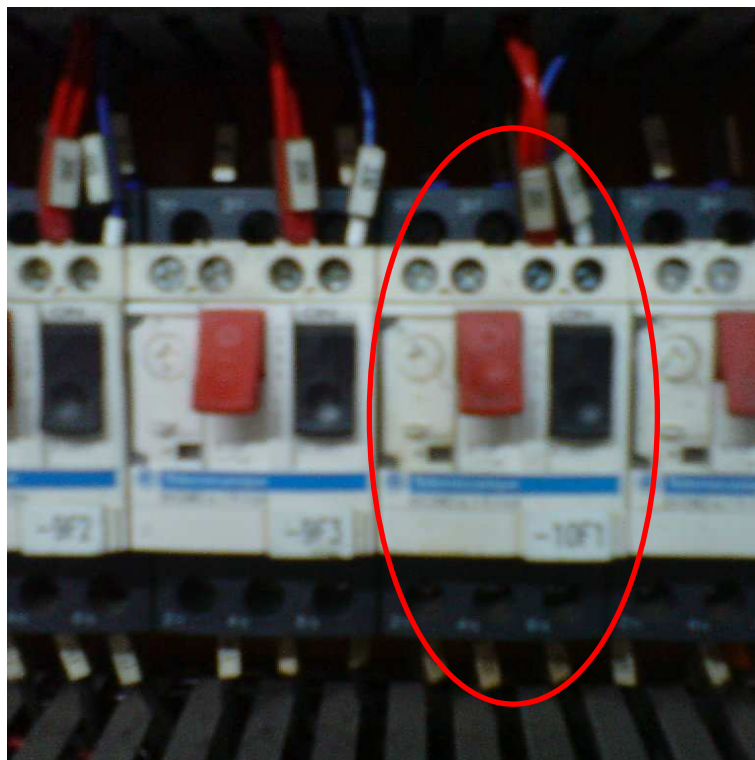


Figura 37 - Disjuntor 10F1 antes das modificações

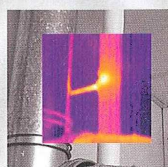
ANEXO B – INFORMAÇÕES SOBRE O TERMOVISOR UTILIZADO



Nós conhecemos infravermelho. Como ninguém.

Câmeras Infravermelhas Série-i

Câmeras de Alta Resolução com Iluminador de Alvo e Fusão (PIP)



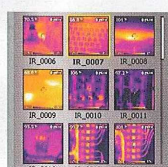
Fusão - Picture in Picture



Mira Laser Embutido



Iluminador de Alvo



Galeria de Imagens

Características da Série-i

- Detector infravermelho (pitch de 25 microns)
- Fusão Picture in Picture (PIP)
- Iluminador de alvo para imagens visuais de alta qualidade
- Sensibilidade térmica 0,1°C a 25°C
- Leve - apenas 600g
- Fácil operação
- LCD de 3,5" de alta resolução
- Galeria de imagens em miniatura
- Faixa de medição de -20 a 350°C

- Câmera digital com iluminador de alvo — até 2,3 MP de resolução, fornece imagens nítidas independentemente das condições de iluminação.
- Fusão Picture in Picture (PIP) — exibe imagem térmica sobreposta a uma imagem digital.
- Sensibilidade térmica de 0,1°C — fornece a resolução necessária para encontrar anomalias de maneira rápida e fácil.
- Galeria de imagens em miniatura — permite rápida localização das imagens armazenadas.
- Mira laser LocatIR™ — identifica com precisão o ponto quente na imagem IV (somente modelo FLIR i60).
- Imagens JPEG radiométricas — tecnologia patenteada usada para salvar imagens no formato padrão JPEG para facilitar o envio por e-mail e a análise utilizando o software QuickReport™ (incluso).
- Cartão microSD de 1GB — armazena mais de 1000 imagens JPEG radiométricas.
- Bateria recarregável de Li-Ion — substituível, duração de 5 horas de uso contínuo.
- Modo de Área (Mín/Máx) — o marcador de ponto mostra a leitura da temperatura mínima ou máxima dentro da área selecionada.
- Inclui — cartão microSD de 1GB, adaptador para miniSD, bateria recarregável de Li-Ion, fonte de alimentação, software QuickReport, cabo USB, tampa da lente, alça de mão e estojo resistente.

Características principais do modelo FLIR i40

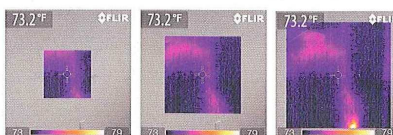
- Câmera visual de 0,6 megapixels com iluminador de alvo
- Picture in Picture (PIP) fixo
- Resolução térmica de 14.400 pixels (120 x 120)

Características principais do modelo FLIR i50

- Câmera visual de 2,3 megapixels com iluminador de alvo
- Picture in Picture (PIP) com 3 passos fixos
- Resolução térmica de 19.600 pixels (140 x 140)
- Ponteiro laser embutido LocatIR™

Características principais do modelo FLIR i60

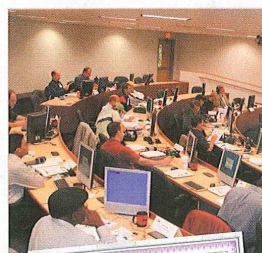
- Câmera visual de 2,3 megapixels com iluminador de alvo
- Recurso Picture in Picture (PIP) escalonável (vide ilustração abaixo)
- Resolução térmica de 32.400 pixels (180 x 180)
- Mira laser embutido LocatIR™
- Função marcador de laser na imagem
- A função marcador automático de ponto Quente/Frio mostra um ponto dentro da área que encontra automaticamente o ponto mais quente ou mais frio.



FLIR i60 — Recurso Picture in Picture de fusão escalonável permite redimensionar a imagem térmica conforme necessário.

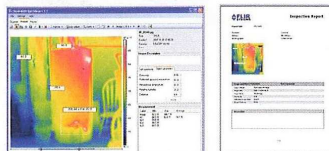


Figura 38 – Características do Termovisor utilizado nas medições



A Diferença é Treinamento

Obtenha o máximo retorno do seu investimento no Centro de Treinamento em Infravermelho (ITC - Infrared Training Center), a maior organização do mundo em certificação de termografistas. O Curso de Treinamento Nível 1 do ITC é voltado a novos usuários, e enfoca diversas aplicações em manutenção preditiva. Os cursos de certificação ITC Nível 2 e Nível 3 mais avançados também estão disponíveis. Os cursos são ministrados por instrutores certificados com vasta experiência em uma ampla variedade de aplicações. As certificações do ITC são reconhecidas pelas principais organizações profissionais internacionais e é o único que segue a norma ISO 18436.



O software QuickReport possibilita a análise de imagens térmicas e geração de relatórios multi-página de maneira fácil e rápida.



Distribuído por:

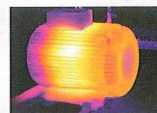
www.flir.com.br

Especificações estão sujeitas a alteração sem aviso. FBR / P - DSH - SI - 0000 - B - P / 10000 - Set.08/ FBR - STE
Copyright © 2008 Flir Systems Brasil. Todos os direitos reservados incluindo o direito de reprodução em todo ou em parte de qualquer forma que seja.

Algumas aplicações:



Motor (mancal superaquecido)



Motor (superaquecimento do enrolamento)



Elétrica (fusíveis superaquecidos)



Construção Civil (má isolamento térmica)



Especificações da FLIR Série-i

Características	FLIR i40	FLIR i50	FLIR i60
Faixa de temperatura	-20°C a 350°C	-20°C a 350°C	-20°C a 350°C
Armazenamento de imagem (cartão microSD de 1GB)	1000 imagens	1000 imagens	1000 imagens
Emissividade	0.1 a 1.0 (ajustável)	0.1 a 1.0 (ajustável)	0.1 a 1.0 (ajustável)
Desempenho das imagens / Apresentação de Imagens			
Campo de visão/ distância mín de foco	25° X 25°/0.10m	25° X 25°/0.10m	25° X 25°/0.10m
Sensibilidade térmica (N.E.T.D)	<0.1°C a 25°C	<0.1°C a 25°C	<0.1°C a 25°C
Tipo de detector - Microbolômetro sem resfriamento de matriz de plano focal (FPA)	120 X 120 pixels	140 X 140 pixels	180 X 180 pixels
Faixa espectral	7.5 a 13µm	7.5 a 13µm	7.5 a 13µm
Display	LCD colorido de 3,5"	LCD colorido de 3,5"	LCD colorido de 3,5"
Saída de vídeo	MPEG-4 via USB	MPEG-4 via USB	MPEG-4 via USB
Modos de imagem	Térmica, Visual, Fusão	Térmica, Visual, Fusão	Térmica, Visual, Fusão
Fusão Picture in Picture (PIP)	Fixo	3 passos fixos	Escalonável
Resolução de imagem visual	0.6 Megapixels	2.3 Megapixels	2.3 Megapixels
Laser / Classificação	—	Sim / Classe 2	Sim / Classe 2
Tipo do laser	—	Semicondutor AlGaInP	Semicondutor AlGaInP
Função marcador a laser	—	—	Na imagem IV
Modo de medição do ponto (centro)	Sim	Sim	Sim
Marcador automático de ponto quente/frio	—	—	Sim
Modo de medição de área (mín/máx)	Sim	Sim	Sim
Controles de imagem (todos os modelos)	Paletas (Ferro, Arco-Iris, e Preto/Branco), nível, amplitude (span), auto ajuste (contínuo/manual)		
Foco	Manual	Manual	Manual
Controles de configuração (Todos os modelos)	Data/Hora, Info, Intensidade do LCD, Desligamento Automático e 21 Idiomas		
Tipo de bateria/ Duração da bateria	Li-Ion/ 5 horas, display mostra status da bateria		
Dimensões/Peso	235x81x175mm/<600g incluindo bateria		

Modelo	Descrição do produto
FLIR i40	Câmera infravermelha
FLIR i50	Câmera infravermelha com laser
FLIR i60	Câmera infravermelha com laser e PIP escalonável
ACESSÓRIOS	
1196398	Bateria recarregável Li-Ion
1910399	Carregador adaptador AC (110-240V)
1910490	Kit adaptador para acendedor automotivo, 12VDC (cabo 1,2m)
1196474	Carregador de bateria de 2 posições incluindo fonte de alimentação
TREINAMENTO	Certificação ITC Nível 1



Figura 39 – Especificações técnicas do Termovisor utilizado nas medições