

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA PARA ANÁLISE DE TERMOGRAMA VISANDO DETECTAR FALHAS UTILIZANDO PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

CON10-2048

Resumo: A Termografia possibilita a visualização do espectro infravermelho para análise de imagens térmicas, as quais são termogramas que permitem a observação direta da distribuição de calor dos corpos. Essa técnica de inspeção, através da decomposição cromática do espectro infravermelho da temperatura irradiada pelo objeto, mede a distribuição da temperatura superficial deste. O objetivo de realizar essa inspeção é detectar e diagnosticar acréscimos de temperatura em componentes elétricos e, conseqüentemente, diminuir a interrupção de tarefas da empresa. A utilização da termografia é bastante comum em diversos setores industriais. É possível empregá-la na manutenção preditiva através de inspeção de quadros elétricos, subestação, central de ar condicionado e entre outros. Dentre as principais vantagens da utilização dessa técnica encontra-se a redução da manutenção corretiva, diminuição do custo de manutenção e baixo consumo de energia elétrica. Outras vantagens são a realização de medições sem contato físico com o objeto, verificação de equipamentos em pleno funcionamento e inspeção de grandes superfícies em pouco tempo. Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver um programa open-source para plataforma Windows capaz de analisar termogramas captados por câmeras infravermelhas e realizar diagnósticos destes baseados na variação das tonalidades de cores do sistema RGB. Testes com base na norma NBR 5410 foram realizados com o intuito de comprovar a veracidade do diagnóstico realizado pelo sistema desenvolvido utilizando-se termogramas capturados por uma câmera infravermelha. A ferramenta computacional desenvolvida mostrou-se precisa e revelou-se uma forma eficiente de inspecionar equipamentos industriais.

Palavras-chave: Processamento Digital de Imagens, termogramas, infravermelho, Manutenção Preditiva

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a técnica de inspeção termográfica vem sendo utilizada nas rotinas de manutenção, apresentando agilidade e consistência na identificação de pontos quentes (locais de temperatura acentuada) em equipamentos de alta tensão, permitindo a realização de medições sem contato físico com o item e proporcionando a inspeção do equipamento em pleno funcionamento.

Face a esta realidade, é desenvolvido um *software*, que após configurado com os limites máximos de temperatura admissível para cada componente elétrico instalado, diagnosticará a condição de defeito de equipamentos após a utilização da técnica de termovisão.

Este estudo visa consolidar a utilização da técnica de termovisão no diagnóstico preditivo da condição operativa de equipamentos elétricos instalados. Colaborando, desta forma, para a melhoria da confiabilidade do sistema elétrico, além de propiciar a melhoria da segurança dentro do ambiente industrial.

O sistema desenvolvido, visa propiciar a redução de custos associados à manutenção, otimizar a vida útil dos equipamentos bem como a agilidade no diagnóstico dos termogramas obtidos.

2. MANUTENÇÃO PREDITIVA

A Manutenção Preditiva consiste no planejamento e na definição antecipada das intervenções corretivas, a partir do conhecimento da real condição de funcionamento das máquinas através da aplicação sistemática de técnicas de monitoração, capazes de detectar e diagnosticar com antecedência os problemas a serem corrigidos (PIERRI e CUNHA, 1996).

Segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), “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” (ABNT NBR 5462-1994).

Os principais objetivos desta técnica, são:

- a) aumento da segurança e disponibilidade dos equipamentos para produção, com redução dos riscos de acidentes e interrupções inesperadas de produção;
- b) eliminação de intervenções preventivas desnecessárias; e
- c) diminuição dos prazos e custos das intervenções, pelo conhecimento antecipado dos defeitos a serem corrigidos.

Existem diversas técnicas de manutenção preditiva, neste trabalho a técnica estudada foi a Termometria Infravermelha.

3. TERMOMETRIA INFRAVERMELHA

A variável temperatura é definida como a medida da energia cinética média dos átomos ou moléculas de uma substância, dada em graus Centígrados, Kelvin ou Fahrenheit. Sempre que existir um gradiente de temperatura no interior de um sistema, haverá transferência dessa energia no sentido das temperaturas mais baixas. A energia em trânsito é chamada calor (PIERRI e CUNHA, 1996).

A termometria é o ramo da ciência que trata da medição de temperaturas, se divide em duas áreas de acordo com o princípio de medição empregado:

- medição de contato;
- radiometria.

O foco em estudo neste trabalho é a radiometria, ela se baseia na detecção da radiação eletromagnética naturalmente emitida pelos corpos em função da sua temperatura absoluta. Enquadra-se também nas técnicas de sensoriamento remoto, onde as medições são realizadas por sensores que não estão em contato físico com o objeto em estudo.

A radiometria pode ser realizada nas faixas espectrais do ultravioleta visível, infravermelho ou microondas, abrangendo grande número de técnicas, dentre as quais a termografia.

3.1 Termografia

A termografia por infravermelho é uma técnica de ensaio não destrutivo para a obtenção de imagens térmicas, ou termogramas, de objetos a partir de uma câmera de infravermelho, ou termovisor. Essa técnica permite a medição simultânea de milhares de pontos de temperatura através da detecção da radiação de infravermelho emitida pelos corpos que estejam numa temperatura acima do zero absoluto. O olho humano percebe radiações emitidas por corpos que estejam, aproximadamente, acima de 650°C, e a realização de imagens térmicas de objetos tornou-se uma ferramenta importante na detecção precoce de anomalias.

Existem dois tipos de termografia: a ativa e a passiva. Na termografia passiva as imagens térmicas são realizadas com o objeto aquecido pelo próprio processo (e.g., corpo humano, fornos industriais, componentes elétricos). Na termografia ativa, o objeto a ser estudado é previamente aquecido artificialmente e os termogramas são realizados no período de resfriamento do objeto. Dessa forma pode-se analisar o comportamento térmico do objeto durante o resfriamento a partir do registro das distribuições de temperatura da superfície e identificar a presença de anomalias incrustadas (invisíveis a olho nu) caso sejam detectadas perturbações nessas distribuições. (BALBINOT, 2008)

Vem crescendo cada vez mais o campo de aplicação da termografia, desde a utilização para diagnósticos médicos até a determinação de perdas energéticas em fornos industriais. Mundialmente é utilizada na área militar para detecção de pessoas, na área médica para detecção de algumas doenças que provocam alterações na perfusão sanguínea da pele humana, em manutenção de instalações elétricas e na detecção de infiltração de ar quente em edificações climatizadas em países de clima temperado.

No Brasil, em particular, a termografia é muito utilizada por empresas geradoras e distribuidoras de energia elétrica e por empresas especializadas em manutenção industrial preditiva para detecção de pontos quentes em dispositivos elétricos. Em escala menor de utilização situam-se indústrias que possuem equipamentos com temperatura de operação bem distante da ambiente como caldeiras, fornos e tubulações. Nos últimos anos, alguns laboratórios de universidades vêm adquirindo câmeras infravermelho (e.g., UFMG, UFSC, UNICAMP, UFPE) ou desenvolvendo equipamentos nacionais (Departamento de Física da UFScar).

Apesar de as câmeras de infravermelho modernas possuírem uma grande sensibilidade (0,08°C), a sua baixa precisão ($\pm 2^\circ\text{C}$ ou 2% da leitura, o que for maior) é bem inferior aos sensores de contato (e.g. termistores, $\pm 0,1^\circ\text{C}$). Essas duas características das câmeras de infravermelho levam à utilização da termografia em análises qualitativas. Na ausência de imagens térmicas, o homem dispõe apenas de modelos baseados num pequeno número de pontos de temperatura para a compreensão de processos de transferência de calor. Mas a termografia também pode ser usada em análises quantitativas, como na determinação de perdas energéticas em grandes equipamentos industriais (VERATTI, 1996).

O imageamento térmico é a forma de apresentação da informação térmica que permite a observação direta da distribuição de calor nos corpos estudados. Os principais sistemas infravermelhos atualmente em uso são os radiômetros e os termovisores.

Os termovisores, como se pode ver na Fig (1), são sistemas imageadores dotados de recursos para a análise e medição de distribuições térmicas. Os termovisores compõem-se, em geral, de uma unidade de câmera e de uma unidade de vídeo (*display*).



Figura 1 – Termovisores Fluke Ti25 e Ti10.

As medições termográficas são realizadas com a utilização de sistemas infravermelhos, tendo como princípio a comparação entre as intensidades de radiação provenientes do corpo observado e de uma referência de temperatura.

Dentre as principais vantagens desta técnica, podem-se citar:

- realização de medições sem contato físico com a instalação – segurança;
- verificação do equipamento em pleno funcionamento – não interfere na produção;
- inspeção de grandes superfícies em pouco tempo – alto rendimento.

Nos sistemas elétricos os processos liga-desliga provocam nas conexões de metais mecanicamente conectados, ciclos de aquecimento e resfriamento, dilatação e contração, gerando folgas e mau contatos. A passagem de corrente elétrica por zonas de mau-contato produzem um aquecimento nas emendas ou conexões devido a centelhamento ou perdas por efeito Joule. Este aquecimento pode chegar a uma intensidade tal que faça fundir ou romper as conexões ou emendas. Desequilíbrio de cargas podem facilmente causar desequilíbrios de correntes em sistemas polifásicos, o que fatalmente causa um desequilíbrio térmico entre as fases. Uma fase sobrecarregada é facilmente detectada pela termografia infravermelha (VERATTI, 1996).

4. PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Segundo Gonzalez e Woods (2000) “o interesse em métodos de processamento de imagens digitais decorre de duas áreas principais de aplicação: melhoria da informação visual para a percepção humana e o processamento de dados de cenas para percepção automática através de máquinas”.

O processamento e análise de imagens digitais é uma área da computação que procura transformar e analisar imagens de forma a extrair informações relevantes, realçando e identificando estruturas, padrões e objetos, assim como melhorar a qualidade, de modo a otimizar a visualização.

O objetivo do uso desta tecnologia consiste em melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano e fornecer outros subsídios para a sua interpretação, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos. A área de processamento digital de imagens tem atraído grande interesse nas últimas duas décadas. A evolução da tecnologia de computação digital está permitindo uma quantidade de aplicações cada vez maior.

Como resultado dessa evolução, essa tecnologia de processamento de imagens vem ampliando seus domínios, que incluem as mais diversas áreas. Dentre as inúmeras aplicações do processamento de imagens, alguns exemplos importantes são o sensoriamento remoto, a detecção de defeitos em componentes, o tratamento de imagens médicas, a análise de recursos naturais de meteorologia por meio de imagens de satélites; transmissão digital de sinais de televisão; análise de imagens biomédicas, incluindo a contagem automática de células e exame de cromossomos; análise de imagens metalográficas e de fibras vegetais; obtenção de imagens médicas por ultrassom, radiação nuclear ou técnicas de tomografia computadorizada; aplicações em automação industrial envolvendo o uso de sensores visuais (GONZALES e WOODS, 2000).

4.1 Representação de imagens digitais

Uma imagem digital é uma imagem $f(x,y)$ discretizada tanto em coordenadas espaciais quanto em brilho. Uma imagem digital pode ser considerada como sendo uma matriz cujos índices de linhas e de colunas identificam um ponto na imagem, conforme Fig (2). Os elementos dessa matriz digital são chamados de elementos da imagem, elementos da figura, *pixels* ou *pels*, estes dois últimos, abreviações de *Picture elements* (elementos da figura). Quanto mais pixels uma imagem tiver, melhor é a sua resolução e a qualidade. Na Figura (3) é apresentada a representação em forma de matriz de uma imagem de tamanho 10x10, onde x representa as colunas, de cima para baixo, e y representa as linhas, da esquerda para a direita.

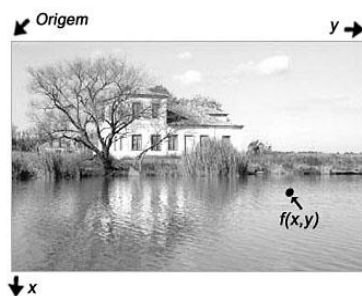


Figura 2 – Convenção dos eixos para representação de imagens digitais (GONZALEZ e WOODS, 2001)..

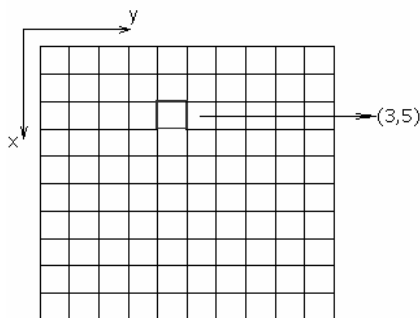


Figura 3 – Representação matricial de uma imagem (GONZALEZ e WOODS, 2001).

Em uma imagem monocromática, o valor $f(x,y)$ de cada pixel representa a intensidade luminosa do ponto (x,y) . Em uma imagem de 8 bits, por exemplo, o valor mínimo zero (0) corresponde à intensidade luminosa nula, ou preto total. Por outro lado, o valor máximo duzentos e cinquenta e cinco (255) representa a intensidade luminosa máxima, ou branco total (GONZALEZ e WOODS, 2001). Na Figura (4) é mostrado um exemplo de uma imagem monocromática.

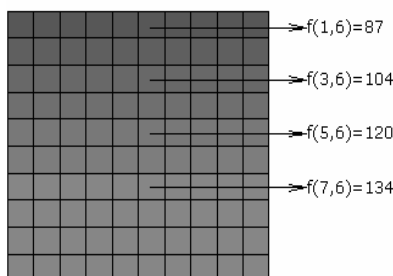


Figura 4 – Exemplo de imagem monocromática (GONZALEZ e WOODS, 2001).

Já uma imagem policromática, é uma imagem formada pela composição dos três componentes básicos – Vermelho (*Red*), Verde (*Green*) e Azul (*Blue*) Existem vários sistemas de cores, o que foi utilizado no sistema desenvolvido foi RGB. Através de testes realizados com o ser humano chegou à conclusão que a utilização de 256 variações diferentes de intensidade em cada uma das cores básicas é capaz de gerar um número de cores superior à capacidade visual do ser humano, ou seja, fica praticamente impossível distinguir entre duas tonalidades próximas. No sistema RGB, o valor $(0,0,0)$ equivale à cor preta com intensidade zero nas três componentes. O valor $(255,255,255)$ equivale à cor branca em que as três componentes estão presentes com a sua intensidade máxima. As diferentes combinações entre RGB são capazes de gerar qualquer tipo de cor, sendo que se as três componentes tiverem valores exatamente iguais tem-se definida a escala de tons de cinza do preto ao branco, é a chamada *gray scale*.

4.2 Interpretação de imagens digitais

Todo corpo irradia energia eletromagnética em forma de calor, em maior ou menor intensidade. Esta energia é irradiada em espectros que produzem varias tonalidades de cores de acordo com o seu comprimento de onda. Então, cada faixa de temperatura gera um determinado comprimento de onda, ao qual corresponde uma tonalidade de cor que

pode ser representada em uma escala cromática que varia de acordo com as diferentes faixas de temperatura do objeto em observação, em ambas as escalas a cor preta se associará a faixa mais fria do espectro, assim como a cor branca se associará a faixa mais quente.

A escala monocromática vai do preto ao branco através de suaves variações de tonalidades de cinza, podendo ser observada na Fig (5).



Figura 5 – Leitura emitida em escala monocromática pelo termovisor da AGEMA, série 400 (Moura, 2008).

A escala policromática vai do preto ao branco através de suaves variações de tonalidades de cores, que dependem da escala usada. Em nosso caso usamos a escala IRON, que vai do preto ao branco através de tonalidades de violeta, azul, rosa, vermelho, laranja e amarelo.

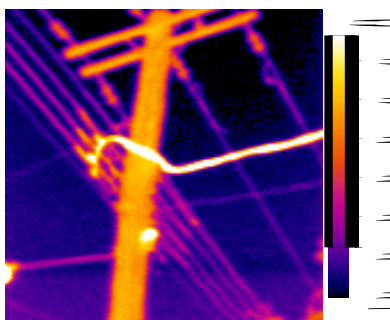


Figura 6 – Leitura emitida em escala policromática (Moura, 2008).

Em resumo, o espectro infravermelho de temperatura fornece uma imagem térmica do objeto em estudo. E esta imagem é obtida através da decomposição cromática de toda a faixa de temperaturas irradiadas pelo objeto. Podendo ser observado na Fig (6).

5. APLICAÇÃO COMPUTACIONAL

Para a análise e diagnóstico de termogramas foi desenvolvido uma programa computacional (*software*) utilizando a linguagem de programa C++. O programa é responsável pela aquisição de dados e pelo diagnóstico. A janela principal do programa desenvolvido pode ser visualizada na Fig(7). Onde tem-se uma imagem captada pelo sensor (câmera infravermelha), logo em baixo, o botão **Congelar imagem**, que congelará a imagem para o espaço em branco ao lado, onde a imagem será trabalhada. No menu mais abaixo, temos outros botões como Abrir, Atualizar cadastro, Medir, Salvar termograma, Cadastrar novo e Sair. Ao lado uma lista onde será exibido todos os componentes já cadastrados.



Figura 7 – Janela principal.

Para a aquisição das imagens provenientes da placa de captura de vídeo, foi utilizado o componente de captura de vídeo Tvideograbber, desenvolvido por Michel Fornengo. Vale ressaltar que para a aquisição das imagens faz-se necessário a utilização de uma câmera infravermelha, e sua posterior configuração para o correto funcionamento do programa, onde será mostrado mais adiante.

O programa apresenta duas janelas, a principal e a secundária, a secundária é responsável pelo cadastro dos dispositivos eletrônicos junto de suas respectivas Máxima Temperatura Admissível (MTA), que podem ser obtidos a partir das especificações técnicas dos componentes ou junto aos fabricantes. Não sendo possível obter estes valores, recomenda-se a fixar em 90°C como valor de referência para conexões e componentes metálicos e de 70°C para cabos isolados.

Na Tabela (1), tem-se alguns valores para a MTA baseados em normas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), NBR 5410, a tabela de fabricantes, referências da IEC (*International Electrical Commission*).

Em posse dos dados de temperatura, a mesma pode ser cadastrada na janela secundária que abrirá ao clicar no botão **Cadastrar novo**, na janela principal. Conforme pode ser visto na Fig(8).

Tabela 1 – Máxima temperatura admissível (MTA) (Seminário Brasileiro de Manutenção Preditiva e Inspeção de Equipamentos, Prof. Dr. Jorge Nei Brito, 2005).

COMPONENTE INDUSTRIAL	MTA (°C)
Condutor encapado (Isolação de Cloreto de Polivinila (PVC))	70
Condutor encapado (Isolação de Borracha Etileno Propileno (EPR))	90
Condutor encapado (Isolação de Polietileno Reticulado (XLPE))	90
Régua de Bornes	70
Conexões Mediante Parafusos	70
Conexões e Barramentos de Baixa Tensão	90
Conexões Recobertas de Prata ou Níquel	90
Fusível (corpo)	100
Transformadores Secos	Ponto Mais Aquecido
Classe de Isolação 105	65
Classe de Isolação 130	90
Classe de Isolação 155	115
Classe de Isolação 180	140

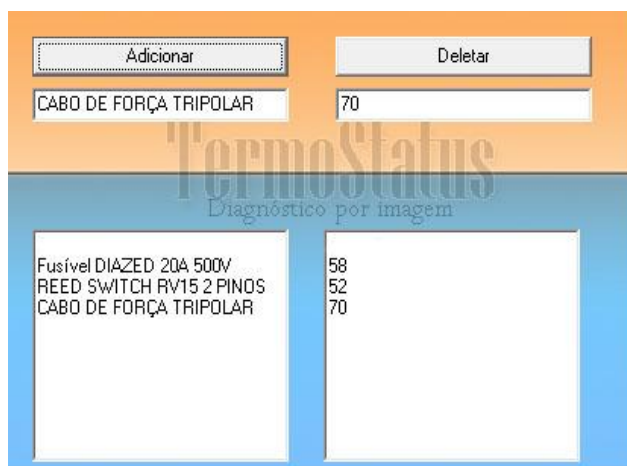


Figura 8 – Janela secundária (cadastro)

Depois do cadastro dos dispositivos e suas temperaturas, o programa já está pronto para ser utilizado. Para isso basta centralizar o componente com a câmera infravermelha de modo que apenas o componente ao qual queira medir a temperatura seja vista na tela, dessa forma o erro proveniente da leitura de outro dispositivo possa ser evitado e o diagnóstico seja mais preciso. Uma vez centralizada, a imagem deve ser congelada, utilizando o botão **Congelar**, na janela principal. Em posse da imagem do dispositivo, basta selecionar o componente correspondente na lista **Componentes**, e clicar no botão **Medir**. Uma mensagem de aviso será emitida pelo *software*, conforme um exemplo na Fig (9).

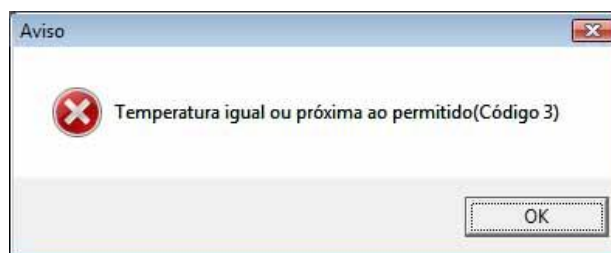


Figura 9– Imagem de diagnóstico

Observe que após a mensagem referente a temperatura, vem ao lado um código que pode variar de um (1) a quatro (4), que se refere as medidas que devem ser tomadas em cada situação, conforme descrito na Tab (2).

Tabela 2 – Ações para correção das irregularidades

Classificação	Comentários
Rotina (Código 1) 70% da MTA	Reparar de conformidade com as datas do plano regular de manutenção. Pequena possibilidade de falha ou danos físicos no componente
Intermediária (Código 2) 80% da MTA	Reparar quando possível. Verifique a possibilidade de danos físicos no componente.
Séria (Código 3) 90% da MTA	Reparar o mais rápido possível. Se necessário troque o componente e inspecione os adjacentes a procura de danos físicos. Há possibilidades de falha no componente.
Emergencial (Código 4) 110% da MTA	Reparar imediatamente. Troque o componente, inspecione os adjacentes e troque-os se necessário. É grande a possibilidade de falha no componente.

Estas prioridades de intervenção devem ser entendidas como recomendações, baseadas na temperatura máxima recomendada, temperaturas de referência de componentes semelhantes, e/ou fases do circuito inspecionado. As recomendações servem como guia e pode ser modificadas ou alteradas de conformidade com a criticidade do equipamento, plano de manutenção ou entendimento prático e técnico do pessoal especializado da empresa entendimento prático e técnico do pessoal especializado da empresa.

5.1 Definição dos parâmetros

Na seção anterior, mostrou-se a interface entre o computador e o usuário. Para o entendimento dos dados mostrados na Tab (2), será mostrado neste tópico, como as informações são recebidas pelo programa e processadas, fornecendo o diagnóstico.

Utilizou-se neste trabalho a escala RGB, pois acredita-se ser a escala ideal para esta aplicação. Percebe-se que todos os termogramas vêm acompanhados por um escala de temperatura, através desta coluna podemos fazer associações entre os níveis de RGB e a temperatura representada por ele. Analisando a imagem abaixo, no topo da coluna verifica-se a temperatura de 108,1°C, identificando os níveis de RGB, encontra-se as intensidades de (246,255,206), essa informação é inserida no código do programa. Analogamente no fim da escala, a temperatura de 46,6°C, com intensidades de (2,13,44), e um ponto no centro da imagem detectado como um ponto quente de 110,5°C, equivalente aos níveis (250,249,254). Quanto mais imagens analisadas (da mesma câmera infravermelha), maior será a quantidade de temperaturas obtidas e maior será a confiabilidade da medição. Tentou-se inicialmente cadastrar as temperaturas pela interpolação de valores, mas logo verificou-se não existir um padrão nas variações dos níveis de pixels, então acredita-se que o método por análise individual de termogramas seja o método mais eficaz. Outro fator importante identificado acontece devido a grande variedade de cores existentes, o que poderia causar confusão se temperaturas muito próximas fossem cadastradas, dessa forma, foram cadastradas apenas temperaturas inteiras e pares.

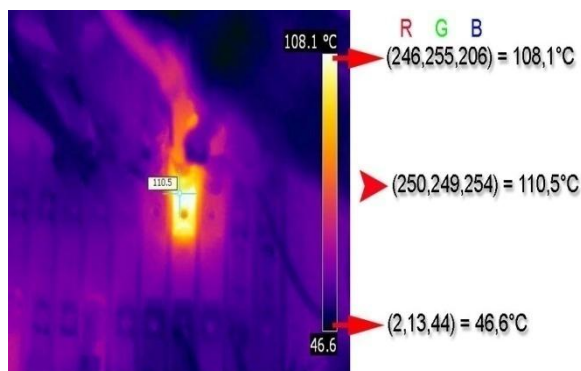


Figura 10 – Análise da escala de temperatura

5.2 Varredura da imagem

A partir deste momento a medição já pode ser efetuada, clicando no botão **Medir**, o software irá ler e contar os *pixels* para cada temperatura cadastrada, até que chegue ao fim da imagem. Na Figura (10), temos um exemplo de termograma, uma imagem com uma resolução de 433x235 *pixels*, um total de 140.725 *pixels*, a contagem dos pontos dessa imagem foram: 0 pixels para 66°, 46 pixels para 64°, 163 pixels para 62°, 903 pixels para 60°, 482 pixels para 58°, 405 pixels para 56°, 66 pixels para 54°, 29 pixels para 52° e assim por diante. Ao término da contagem, é calculado setenta, oitenta, noventa e cento e dez por cento da MTA, onde cada resultado corresponde a uma classificação em ordem de importância de acordo com a Tab (2). Após a obtenção destes valores o programa respeitará a seguinte condição: Se pelo menos 5% do total de *pixels* da imagem, estiver o valor igual ou próximo a 110% da MTA, esta temperatura será relevante, o programa para e informa o código 4, caso contrário ele fará esta mesma condição para 90% da MTA e assim por diante, até que chegue ao valor mínimo de 70%

Adotou-se 5% como margem de segurança para evitar que possíveis ruídos pudessem prejudicar a medição.

6. RESULTADOS

Para comprovar a veracidade do funcionamento do *software*, foi realizado alguns testes com termogramas captados pela câmera infravermelha da *Flir Systems*, sendo primeiramente necessário definir os parâmetros.

Assim como os computadores e televisores, a imagem emitida por eles podem apresentar variações em sua tonalidade de *pixels*, por exemplo, dois televisores sintonizados no mesmo canal irão transmitir a mesma imagem, porém provavelmente notaremos uma diferença na intensidade das cores, cores mais vivas em um televisor e cores mais fracas na outra, apesar de ambas estarem transmitindo os mesmos *pixels*, isso acontece também em monitores de computador e existem *softwares* e equipamentos específicos para efetuar a calibração.

Da mesma forma acontece com as câmeras, para que o *software* possa funcionar corretamente é preciso ajustá-lo sempre que se altere a câmera infravermelha a qual está conectada ao sistema. Esse ajuste seria por meio de medições

configurar as intensidades de pixels com suas respectivas temperaturas, mas para isso é necessário a alteração no código fonte do programa, por isso aconselha-se sempre o uso do mesmo sensor, sendo esse ajuste a definição dos parâmetros.

Após os ajustes feitos para a câmera T Séries da Flir, é feita uma análise nos cabos elétricos observados na Fig(11), onde pode-se observar que estão ligados no barramento de saída dos retificadores.



Figura 11 – Foto comum de três cabos.

Observa-se na Figura (12), o termograma da figura acima, por comparação, percebe-se que a temperatura no cabo em destaque está bem acima da temperatura dos demais cabos. De acordo com a NBR5410, a temperatura máxima para serviço contínuo, ou seja, a MTA de condutores deste tipo é 70°C. Analisando com o TermoStatus (nome que o programa foi batizado), obtemos o resultado que pode ser visto na Fig (13), que de acordo com a Tab (2), propõe-se que a seguinte ação seja tomada: “Reparar o mais rápido possível. Se necessário troque o componente e inspecione os adjacentes a procura de danos físicos. Há possibilidades de falha no componente.



Figura 12 – Termograma

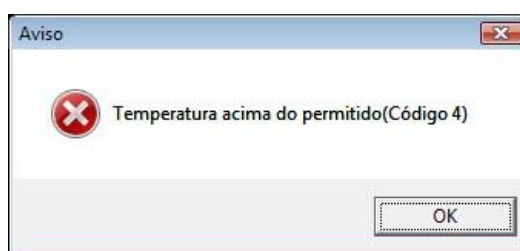


Figura 13 – resultado da análise

7. CONCLUSÃO

Mostra-se neste trabalho a importância da manutenção industrial, que consiste na identificação de necessidades, implementação de modo eficiente das tecnologias utilizadas nas empresas e oferecer soluções adequadas aos problemas para manter em funcionamento, de forma correta e eficaz, os sistemas instalados, seja com ações corretivas, preventivas ou preditivas.

Entre algumas técnicas de manutenção falou-se sobre a Termografia por infravermelho, sendo uma técnica que propicia medições precisas de temperatura sem contato, tornando hoje as câmeras infravermelhas extremamente eficazes no diagnóstico de falhas em diferentes aplicações viabilizando um alto retorno de investimento.

O *software* se apresentou eficaz no monitoramento de termogramas, apresentando bons resultados para o mesmo fim. Deste modo, acredita-se que o *software* desenvolvido neste trabalho pode ser utilizado em indústrias a fim de trabalhar de forma complementar ou até mesmo substituir o serviço prestado por outras empresas, visto que é simples a utilização do programa, sendo intuitivo e necessitando apenas treinamento básico, além de ser um sistema muito mais viável financeiramente, no qual se necessita de um computador e uma câmera infravermelha.

8. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão, Rio de Janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462 – Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.
- BALBINOT, L. F. Termografia da Identificação de Trigger Points Miofasciais. Rio Grande do Sul: Edgard Blücher, 2008.
- BONIFÁCIL, M. A. Manutenção Industrial: Uma discussão entre a relação dos investimentos aplicados e os resultados operacionais e ambientais obtidos. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Centro Universitário de Araraquara, São Paulo, 2005.
- BRANCO, G. F. Definições Sobre Tipos de Manutenção. In: Apostila do Curso: Planejamento e Controle de Manutenção, São Paulo, 1999.
- BUARQUE, Aurélio. – Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa, Editora Nova Fronteira, Curitiba, 2004.
- GONZALEZ, R.C.; WOOS, R. E. Processamento de Imagens Digitais. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. Manutenção: Função Estratégica. 2ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio; BARONI, Tarcísio. Gestão Estratégica e Técnicas Preditivas. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- MONCHY, François. A Função Manutenção: Formação para a Gerencia da Manutenção Industrial. São Paulo: EBRAS/DURBAN, 1989.
- MOURA, Cícero. Metodologia de Avaliação Integrada do Sistema de Gestão de Manutenção Baseado na NBR ISO 9001:2000 e PNQ 2005. 2007
- PIERRI, R. A.; CUNHA, P. M. R. Técnicas de Análise de Vibrações e Manutenção Preditiva. In: Apostila do Curso: Técnicas Preventivas, São Paulo, 1996. p.187-239.
- VERATTI, A. B. A Termografia Aplicada À Manutenção Preventiva e Preditiva. (ICON Tecnologia) – 1996.

9. DIREITOS AUTORAIS

SYSTEM DEVELOPMENT FOR ANALYSIS THERMOGRAMS IN ORDER TO DETECT FAILURES THROUGH PROCESSING OF DIGITAL IMAGES

Thermography allows the visualization of the infrared spectrum for analysis of thermal images, which are thermograms that allow direct observation of the distribution of body heat. This inspection technique, through the decomposition of the infrared spectrum color temperature radiated by the object, measures the distribution of surface temperature. The purpose of performing this inspection is to detect and diagnose temperature rises in electrical components and thus reduce the interruption of tasks. The use of thermography is quite common in several industrial sectors. We can use it in predictive maintenance through inspection of electrical panels, substation, central air conditioning, among others. Among the key advantages of this technique is the reduction in corrective maintenance, reduction of maintenance cost and low power consumption. Other advantages are to carry out measurements without physical contact with the object, checking equipment in full operation and inspection of large areas in short time. In this sense, this paper aims to develop an open-source program for Windows platform able to analyze thermograms captured by infrared cameras and make these diagnoses based on the variation of the color tones of the RGB system. Tests based on the NBR 5410 were performed in order to prove the veracity of the diagnosis made by the developed system using thermograms captured by an infrared camera. The computational tool developed proved to be accurate and has proved an efficient way to inspect industrial equipment.

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído neste trabalho.
Alyson Bezerra Nogueira Ribeiro- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.
Alysonb01@yahoo.com.br

Tarique Silveira Cavalcante – Universidade Federal do Ceará – Tariquesc@yahoo.com.br.

Pedro Pedrosa Rebouças Filho – Universidade Federal do Ceará- pedrosa_rf@hotmail.com

Cesar Cipelli Silva- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará- cesarsipelli@gmail.com