

## **Bases teóricas de inspeção termográfica para aplicação em componentes elétricos**

Cristian Paluchowski (FAHOR) [cp000551@fahor.com.br](mailto:cp000551@fahor.com.br)

Francine Steffenello (FAHOR) [fp000401@fahor.com.br](mailto:fp000401@fahor.com.br)

Matias Steffenello (FAHOR) [ms000510@fahor.com.br](mailto:ms000510@fahor.com.br)

Tiago Franken (FAHOR) [tf000503@fahor.com.br](mailto:tf000503@fahor.com.br)

Carla Beatriz Spohr (FAHOR) [spohrcarlab@fahor.com.br](mailto:spohrcarlab@fahor.com.br)

### **Resumo**

*A termografia vem sendo amplamente utilizada como método para monitorar a temperatura dos componentes, com o objetivo de detectar os problemas térmicos destes em seu estágio inicial, evitando as paradas desnecessárias dos equipamentos. Esta técnica está fundamentada no método preditivo de manutenção, com propósito de aumentar a confiabilidade dos equipamentos. A aplicação da termografia, tal como é conhecida hoje, com termovisores portáteis pesando não mais de 02 kg, conta com tecnologia capaz de detectar e converter em tempo real a radiação infravermelha, em imagens visíveis, devido a diversos estudos e descobertas, das quais algumas das mais importantes ocorreram a partir da descoberta da radiação infravermelha, sendo que o primeiro detector baseado na interação direta entre os fótons da radiação infravermelha foi desenvolvido em meados de 1917. A geração de imagens térmicas pode ser usada em aplicações tais como a inspeção de equipamentos elétricos, processos e no diagnóstico de construções. Para a correta interpretação e coleta de dados, é importante revisar conceitos básicos relacionados a aplicações físicas, principalmente relacionadas a calor, temperatura e os métodos de condução de calor. Dentro da prática termográfica, os componentes que envolvam eletricidade têm a maior aplicação, sendo importante ressaltar que nos estudos realizados até o momento, a utilização da termografia como ferramenta de manutenção preditiva tem sido crescente, assim como o campo de aplicação da técnica e a tecnologia empregada. Este trabalho traz um estudo de caso, onde demonstra a aplicação da metodologia de estudo em máquinas industriais utilizando a termografia.*

*Palavras chave: Termografia, Preditiva, Temperatura, Radiação infravermelha.*

## 1. Introdução

A utilização da termografia, um ensaio não destrutivo que tem seu princípio na leitura térmica, através da radiação infravermelha emitida pelos objetos, está fundamentado no método preditivo de manutenção, com propósito de aumentar a confiabilidade dos equipamentos, ou seja, o equipamento estar disponível para executar determinado trabalho, mantendo suas funções continuamente quando este for solicitado. Considerando que toda quebra em equipamentos provocada por disfunção em componentes, apresenta anteriormente um sintoma de falha, detectar a alteração da temperatura normal de operação dos componentes elétricos, tem sido uma prática bastante utilizada pelas indústrias, e a aplicação da termografia é utilizada como método para monitorar a temperatura dos componentes, evitando aquecimento excessivo e possíveis falhas.

Este artigo tem como objetivo, esclarecer os princípios da termografia e suas aplicações, analisando a técnica termografica como forma precisa de detectar problemas térmicos em seu estagio inicial, sendo aplicada com a finalidade de aumentar a confiabilidade dos equipamentos, desta forma evitando paradas indesejadas.

Diante disso, o problema de pesquisa pretende disseminar a prática da inspeção termográfica, que mesmo de grande relevância e utilização crescente, vem sendo pouco aplicada, mesmo tendo um retorno consideravelmente maior que o seu valor de implantação, mostrando em estudo de caso de uma aplicação prática do uso da termografia na indústria e suas vantagens.

## 2. Revisão da Literatura

### 2.1 Historia da Termografia

Santos (2006, p.19) faz um breve comentário sobre a evolução, principalmente dos equipamentos termovisores, salientando a importância dos estudos realizados nesta área:

A Termografia infravermelha, tal como é conhecida hoje, com Termovisores portáteis capazes de detectar e converter, em tempo real, a radiação infravermelha em imagens visíveis e com a possibilidade de medição de temperatura, só foi possível devido a diversos estudos e descobertas, das quais algumas das mais importantes, a partir da descoberta da radiação infravermelha.

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

Foi entre os anos 1916 e 1918 que o inventor Americano, Theodore Case, obteve maiores avanços. Ele fez experimentos com detectores de fotocondução e conseguiu produzir um sinal através da interação direta com fótons, obtendo assim resultados mais rápidos e sensíveis. Já nas décadas de 40 e 50, essa tecnologia se expandia consideravelmente, devido as aplicações militares. Nesse mesmo período os cientistas Alemães descobriram que era possível aumentar o desempenho através do resfriamento do equipamento. Na década seguinte essa tecnologia começou a ser aplicada ao uso civil, possibilitando assim seu aperfeiçoamento e conseqüentemente a utilização em setores industriais (FLUKE, 2009).

Rápidos avanços na tecnologia foram observados de 1970 até os nossos dias. Detectores de resfriamento criogênico evoluíram para resfriados eletricamente e, em seguida, para detectores sem resfriamento. Os sistemas de varredura ópticos mecânicos foram substituídos pela tecnologia de FPA (Focal Plane Array), o peso que nos anos 70 chegava próximo dos 40 kg diminuiu para menos de 2 kg, as leituras de temperatura passaram a ser mostradas diretamente no monitor do Termovisor e a sensibilidade térmica aumentou consideravelmente (SANTOS, 2006, p. 22).

## 2.2 Aplicações da Termografia

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

### 2.2.1 Aplicações Elétricas

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

Seguindo este mesmo pensamento, em 1972 foi implantado a prática da termografia em FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS, que é uma distribuidora de energia, onde a manutenção preditiva em todas as subestações da empresa,

tem como foco principal a prática termográfica, apresentando ótimos resultados, dentre eles uma maior confiabilidade do sistema de distribuição de energia, detectando problemas em seu estágio inicial, evitando desta forma paradas indesejadas, e conseqüente maior produtividade e operacionalidade de seus sistemas de distribuição de energia (ARAÚJO, 2008).

O trabalho de Brice apud Santos (2006, p.23), traz um exemplo pratico de aplicação em subestação de energia elétrica, onde cita que:

Um lado importante da operação de subestações de alta tensão é a manutenção preventiva de equipamentos elétricos energizados. Os problemas nesses equipamentos geralmente aparecem como pontos quentes devido a sobrecargas térmicas locais ou mau contato.

Agema Apud Santos (2006), “descreve as vantagens da utilização da termografia infravermelha em instalações elétricas e apresenta os resultados positivos obtidos por várias empresas de energia”.

Na obra de Brito, Alves e Filho, é abordado um programa de manutenção preditiva em aproximadamente 500 painéis elétricos utilizando a prática da análise termográfica, com o objetivo de introduzir uma variável que indique a importância da falha no contexto do sistema. Cita que torna-se necessário incluir na classificação do aquecimento o parâmetro de “Críticidade” dos componentes dos painéis elétricos, que segundo ele se classifica em três classes (BRITO; ALVES; FILHO, 2011, p.3-4):

Classe 1: Quando sua falha afeta o fornecimento de energia de toda a unidade e paradas de custo muito elevado.

Classe 2: Quando sua falha causa paradas à produção, porém restritas a uma parte da unidade.

Classe 3: Quando sua falha pode ser facilmente contornada através de manobras ou redundâncias, sem interromper a produção.

Ainda estes mesmos autores demonstraram a importância e a eficiência da análise termografica, onde com a implantação deste programa se torna possível minimizar os custos de manutenção elétrica e maximizar a disponibilidade dos painéis de comando elétrico assistidos, evitando-se falhas prematuras e paradas indesejáveis da produção por falhas em componentes que integram os painéis elétricos (BRITO; ALVES; FILHO, 2011).

## 2.2.2 Aplicações mecânicas

As inspeções eletromecânicas e mecânicas abrangem uma grande variedade de equipamentos. A geração de imagens térmicas provou ser inestimável para a inspeção de equipamentos tais como motores e equipamentos giratórios. A maior parte dessas aplicações é qualitativa, a imagem térmica atual é normalmente comparada com a anterior e conseqüente feito comparações para se detectar quais as partes do motor que estão gerando um aumento da temperatura, e as possíveis causas de isso estar acontecendo. Motores são inspecionados termicamente porque são muito suscetíveis a falhas relacionadas ao calor. Captar imagens térmicas de um motor ao longo do

tempo pode ser de grande valor, pois pode revelar, se um motor está entupido com poeira, que tenha falta de fase, que esteja desalinhado ou desbalanceado, ou até mesmo se seus rolamentos estão danificados, evitando com essas análises a queima desse motor ou a parada de algum processo por conta disso (FLUKE, 2009).

### 2.2.3 Demais aplicações

Além de inspeções termográficas em equipamentos mecânicos e elétricos, também existe uma ampla utilização em demais processos. Um exemplo é no diagnóstico de construções que podem utilizar o termovisor para inspeção de umidade em telhados, onde através da diferença de temperatura se comparada a outros pontos do telhado pode-se verificar vazamentos de água, e demais danos nas estruturas causados por infiltrações (FLUKE, 2009).

## 2.3 Teoria aplicada a prática

Sendo a termografia, utilizada para se analisar a distribuição térmica e medir temperaturas de equipamentos e conexões através da detecção da radiação infravermelha, e que todos os objetos acima do zero absoluto ( $0^{\circ}$  K ou  $-273,16^{\circ}$  C) emitem radiação térmica devido à agitação de átomos e moléculas dos quais são constituídos, é importante se revisar conceitos básicos relacionados a aplicações físicas, principalmente relacionados a calor, temperatura e os métodos de condução de calor (ARAUJO; BARBOSA; SINISCALCHI, 2008; FLUKE, 2009; SANTOS, 2006).

A primeira lei da termodinâmica diz que quando um trabalho mecânico é transformado em calor, ou quando o calor é transformado em trabalho, a quantidade de calor e de trabalho é sempre equivalente, sendo que um produto derivado de praticamente qualquer conversão de energia é o calor ou energia Térmica (FLUKE, 2009, p. 19).

### 2.3.1 Temperatura

Sobre este termo físico, Halliday, Krane e Resnick (1996) citam: “existe uma grandeza escalar chamada de temperatura, que é uma propriedade de todos os sistemas termodinâmicos em equilíbrio térmico”. Ainda nessa mesma linha de considerações, a quantidade que informa quão quente ou frio é um objeto em relação a algum padrão é chamada de temperatura, e uma vez que corpos estejam em equilíbrio térmico (mesma temperatura), sua temperatura não se altera mais, a menos que seja perturbado por um meio externo (HALLIDAY; KRANE; RESNICK, 1996; FLUKE, 2009; OLIVEIRA, 2005).

### 2.3.2 Calor

Na obra de Nicolau, Ramalho e Toledo (1999), os mesmos afirmam que o “calor é a energia em transito entre corpos a diferentes temperaturas” e Hewitt (2002) cita que “a energia que é transferida de uma coisa pura para outra por causa de uma diferença de temperatura entre elas é chamada de calor”.

Este aspecto também é comentado por Holst apud Santos (2006, p.29):

Calor é a transferência de energia de uma região para outra como resultado de uma diferença de temperatura entre elas. Essa energia se origina da agitação das moléculas das quais a matéria é constituída e sua transferência se processa da região mais quente para a mais fria. O calor é, portanto, um fenômeno transitório, que cessa quando não existe mais uma diferença de temperatura.

### 2.3.3 Modos de Transferência de Calor

Todos os processos de transferência de energia térmica podem ocorrer de três formas, até que se tenha uma uniformização térmica entre os corpos envolvidos: condução, convecção e radiação.

#### 2.3.1.1. Condução

Segundo Lia e Quites (2005), “a condução pode ser definida como o processo pelo qual a energia é transferida de uma região de alta temperatura para outra de temperatura mais baixa dentro de um meio (sólido, líquido ou gasoso) ou entre meios diferentes em contato direto”.

#### 2.3.3.2. Convecção

Nesta mesma obra, Lia e Quites (2005) afirmam que “a convecção pode ser definida como o processo pelo qual energia é transferida das porções quentes para as porções frias de um fluido através da ação combinada de: condução de calor, armazenamento de energia e movimento de mistura”.

Nicolau, Ramalho e Toledo (1999) descrevem que “a convecção consiste no transporte de energia térmica de uma região para outra, através do transporte de matéria. Havendo movimentação de matéria, a convecção é um fenômeno que só pode ocorrer nos fluidos (líquidos e gases)”.

#### 2.3.3.3. Radiação

A radiação pode ser definida como o processo pelo qual o calor é transferido de uma superfície de alta temperatura para uma superfície de temperatura mais baixa, quando tais superfícies estão separadas no espaço (ainda que exista vácuo entre elas), através de ondas eletromagnéticas denominadas ondas caloríficas ou calor radiante, predominando os raios infravermelhos que

viam na velocidade da luz (LIA; QUITES, 2005; NICOLAU; RAMALHO; TOLEDO, 1999).

Araújo, Barbosa e Siniscalchi (2008) definem: “a radiação térmica pode ser emitida nas faixas de ultravioleta, visível, infravermelho e até na faixa de micro-ondas do espectro eletromagnético”.

Moore apud Santos (2006, p.35), enfatiza que:

A termografia detecta a radiação infravermelha emitida. A energia assim transferida é chamada radiação térmica e é feita sob a forma pelo objeto inspecionado, que é invisível ao olho humano, e a transforma em imagens térmicas visíveis, com a possibilidade de convertê-la em leituras de temperatura.

### 2.3.4 Emissividade

Nicolau, Ramalho e Toledo (1999) afirmam, “todos os objetos estão irradiando (emitindo) calor continuamente. No equilíbrio térmico, a potência irradiada ou emitida por um objeto é igual à potência que ele absorve, na forma de radiação, dos objetos vizinhos”.

Afonso (2010, p. 4) define “a emissividade mede a capacidade de um corpo emitir energia” e destaca os seguintes aspectos relacionados a esta propriedade:

Corpo Negro: Um objeto capaz de absorver toda a radiação que incide sobre ele em qualquer comprimento de onda. Nenhuma superfície emite mais radiação IV que um corpo negro à mesma temperatura.

Corpo Real: As superfícies só são capazes de emitir uma determinada parte da energia. O parâmetro que determina a capacidade de emissão é a emissividade

Emissividade da superfície: Capacidade do corpo para radiar energia na banda infravermelha.

A partir destes conceitos, o trabalho em questão apresenta uma aplicação prática com o uso da termografia.

## 3. Métodos e Técnicas

A pesquisa aplicada para este trabalho, consiste na análise termográfica de componentes de um painel elétrico, em empresa localizada na cidade de Horizontina.

Quanto a natureza da pesquisa, trata-se de uma pesquisa aplicada ou tecnológica, onde serão aplicados os conhecimentos básicos e seus resultados terão aplicação prática na solução de problemas futuros.

Com o objetivo de pesquisa exploratório, tem caráter e aprofundamento das idéias sobre o objeto de estudo proporcionando uma maior familiaridade com o problema tornando-o mais explícito e compreensível.

Visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão. Assume, em geral, as formas de Pesquisas Bibliográficas e Estudos de Caso. (GIL, 1991, p.41)

Para Jung (2004, p.152) “este tipo tem por finalidade a descoberta de teorias e práticas que modificarão as existentes, a obtenção de alternativas ao conhecimento científico convalidado e, principalmente, inovações tecnológicas (produtos ou processos)”.

O procedimento utilizado foi definido como sendo um estudo de caso, o qual investiga em campo as práticas de inspeções termográficas em componentes elétricos. Gil (1991, p.54) define estudo de caso como “estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento”.

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

Para realização da pesquisa de campo, se empregou a técnica termográfica para inspeção térmica, utilizando-se aparelho termovisor marca Fluke, modelo Ti10, ajustando a emissividade do termovisor para 0,75.

Com o objetivo de atender a padrões para uso desta técnica, deve se definir as tarefas e os parâmetros de preparação e execução de uma inspeção termográfica em equipamentos elétricos.

O planejamento das atividades e as ações a serem desenvolvidas devem atender a todos os requisitos de segurança aplicáveis à área a ser inspecionada (NR 10), realizando juntamente com o responsável pela área uma análise preliminar de risco (APR) se necessário. O termografista deve conhecer a operação do termovisor utilizado e suas limitações para o tipo de inspeção requerida. O ângulo entre a lente do termovisor e o ponto inspecionado deve ser o mais perpendicular possível para se evitar a redução da emissividade por ângulos de observação muito agudos. Ao localizar algum ponto com provável anomalia aproximar-se o máximo possível (sempre respeitando as distâncias limites de segurança) para obter a imagem e a leitura de temperatura, procurando medir a temperatura nos pontos de maior emissividade do objeto sob inspeção. Realizar e registrar as medidas de velocidade do vento, temperatura ambiente e umidade relativa do ar, pois tais variáveis climáticas, desde que presentes podem influenciar nos resultados analisados. Obter a imagem térmica e visível do ponto com anomalia, bem como a imagem e a leitura de temperatura do Ponto de Referência.

O painel elétrico analisado, é referente à Prensa Industrial, cuja alimentação é de 380V, com potência de 120KVA instalada. O experimento teve início no dia 09 de junho de 2011, sexta-feira, as 10h00min, em ambiente fechado, ou seja



com as condições ambientais favoráveis, temperatura em torno de 17°C, umidade relativa do ar de 56% e velocidade do vento desprezível.

É muito importante, para que a termografia seja eficiente, o profissional eliminar todas as variáveis da comparação, principalmente relacionadas a temperatura de superfície e emissividade dos componentes.

#### 4. Resultados e discussões

O equipamento teve seu início de operação as 07h30min, atendendo ao requisito de estar a mais de uma hora em operação para se fazer a coleta de dados. Abaixo, imagens da inspeção termográfica realizada, e a leitura dos pontos quentes encontrados.

A figura 01 mostra uma foto de imagem normal, apresentando três cabos e conectores do painel em estudo, onde a imagem da termografia demonstra as temperaturas medidas pelo termovisor. Nesta imagem, pode-se identificar com clareza o cabo e conector com possível problema, com temperatura de 90°C.

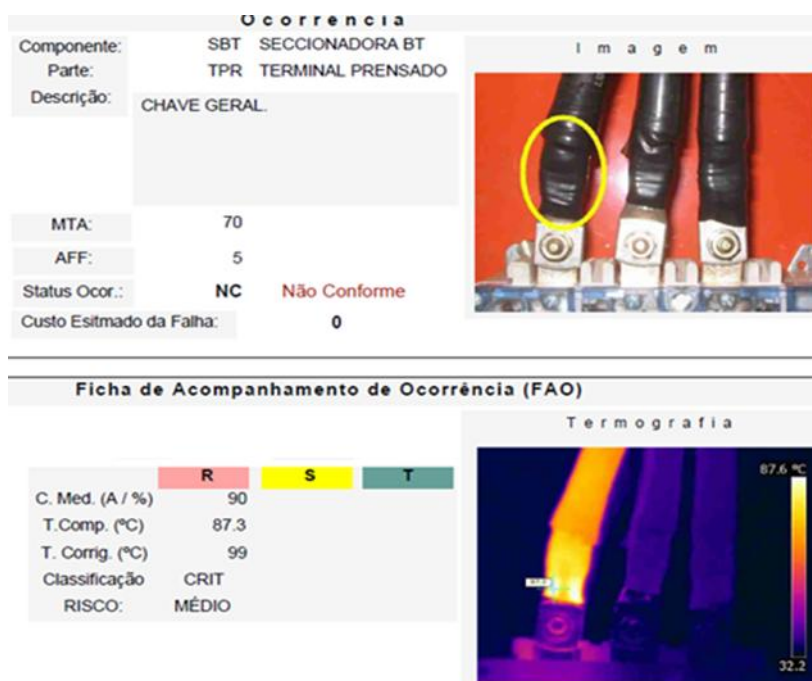


Figura 01 – Imagem coletada de cabeamento elétrico SBT Seccionadora. Fonte: Autores

Na figura 02, tem-se a imagem de uma base de fusíveis montados em painel elétrico, da mesma forma da figura 01, a imagem termográfica demonstra o cabo com maior temperatura, esta conexão do cabo nº1, apresenta temperatura superior a 149°C, comparando-se com os outros pontos, é simples de identificar o problema.

De acordo com a teoria aplicada, já é considerado um risco médio para a instalação.

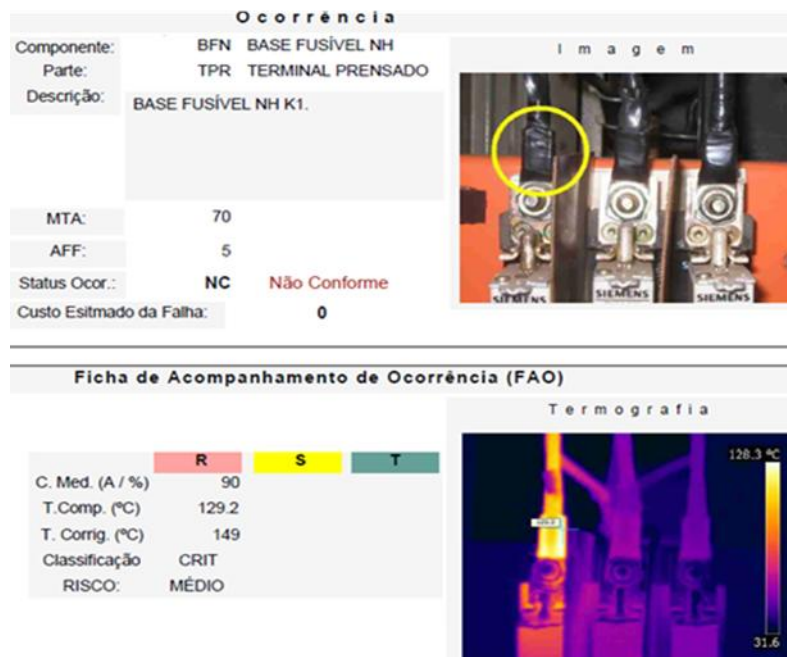


Figura 02 – Imagem coletada de base fusível NH BFN. Fonte: Autores

Abaixo, apresenta-se a figura 03, onde se observa uma régua de bornes em painel elétrico, onde através da imagem termográfica o cabo de nº 53 apresenta temperatura superior em relação aos cabos da mesma instalação, seguindo a análise de dados com comparação entre outros cabos e histórico da instalação, conclui-se que neste caso, a instalação apresenta um risco médio para este painel elétrico.

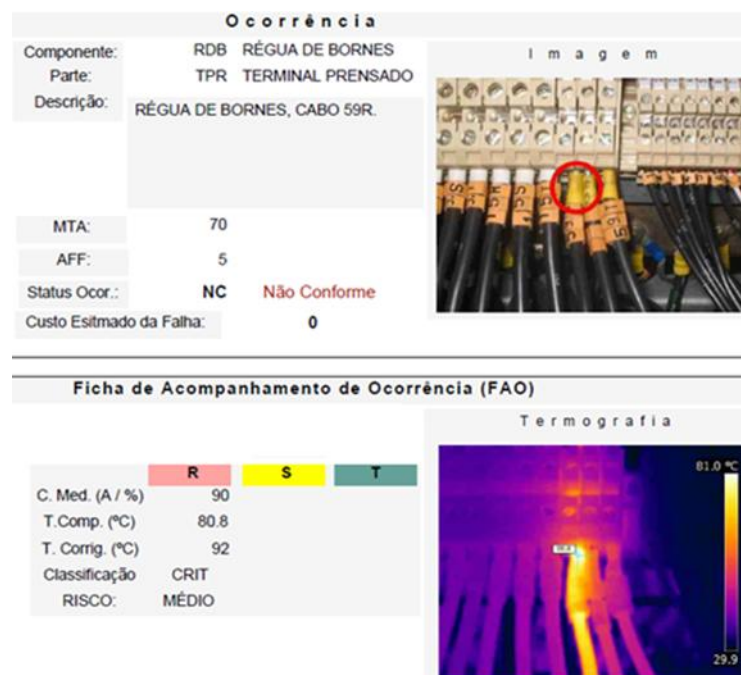


Figura 03 – Imagem de régua de bornes RDB. Fonte: Autores

A partir dos dados e imagens coletados, podemos avaliar as condições em que o equipamento estudado se encontra tendo como base as figuras 01, 02 e 03. A avaliação dos dados nos mostra que a termografia pode ser um método eficiente no controle da temperatura dos componentes em seu estágio inicial de falha, uma vez que é possível localizar e identificar de forma clara seu estágio inicial, podendo assim fazer as correções preventivas nos locais identificados, sempre levando em conta o histórico dos equipamentos e também a experiência do técnico que esta realizando a avaliação das imagens termográficas.

## 5. Conclusões

É importante ressaltar que nos estudos realizados até o momento, a utilização da termografia como ferramenta de manutenção preditiva tem sido crescente, assim como o campo de aplicação da técnica e a tecnologia empregada vem sendo aprimorada.

A aplicação física que está presente na termografia torna a coleta de dados e análise posterior destes, um dos fatores de estudo que podem estar presentes no momento de ter um diagnóstico de falha do componente, uma vez que a capacidade de emitir radiação térmica varia de acordo com a superfície com que está sendo realizada a imagem térmica.

As referências comprovaram que a termografia é um ótimo método para detecção de falhas em seu status inicial, conseqüentemente aumentado a confiabilidade dos equipamentos. Após a realização dos experimentos práticos, todos os estudos e conceitos podem ser comprovados, assim como a eficácia da preditiva aplicada nos equipamentos, que traz grande retorno para as indústrias que utilizam este tipo de medição, pois antecipa problemas que poderiam parar máquinas e equipamentos, portanto sendo recomendada pelos autores a sua aplicação.

## 6. Referências

AFONSO, João. **Termografia: teoria, procedimentos e vantagens**. 2010. Disponível em: <<http://www.iteag.net/termografia.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2011.

ARAÚJO, R. A.; BARBOSA, L. C.; SINISCALCHI, R. T. **X EDAO – Encontro para debates de assuntos de operação**. São Paulo, 2008. Disponível em: <[http://www.zonaeletrica.com.br/downloads/EDAO/11/Artigo\\_X\\_EDAO - SP-A-16 - \\_Os\\_Impactos\\_da\\_Aplicacao\\_da\\_Termografia\\_na\\_Operacao\\_do\\_Sistema\\_Eletrico\\_de\\_FURN\\_AS.pdf](http://www.zonaeletrica.com.br/downloads/EDAO/11/Artigo_X_EDAO_SP-A-16_-_Os_Impactos_da_Aplicacao_da_Termografia_na_Operacao_do_Sistema_Eletrico_de_FURN_AS.pdf)>. Acesso em: 28 maio 2011.

BRITO, J. N.; ALVES, P. A. S.; FILHO, P. C. M. L.; **Painéis elétricos**. Disponível em <[http://www.icapdelrei.com.br/arquivos/Artigos/Paineis\\_Eletricos\\_Prof\\_NEI.pdf](http://www.icapdelrei.com.br/arquivos/Artigos/Paineis_Eletricos_Prof_NEI.pdf)>. Acesso em: 02 jun. 2011.

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

GIL, Antônio C. **Como elaborar projeto de pesquisa**. São Paulo, 2002. Disponível em: <[http://www.4shared.com/get/1OBfQoKN/GIL\\_Antonio\\_Carlos - Como\\_elab.html](http://www.4shared.com/get/1OBfQoKN/GIL_Antonio_Carlos_-_Como_elab.html)>. Acesso em 08 Jul. 2011.

- HALLIDAY, D.; KRANE, K. S.; RESNICK, R. **Física 2**. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.
- HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 9. ed. Editora Bookmann. Disponível em: <[http://books.google.com/books?id=Znu-BsJO-gC&pg=PA268&dq=fisica&hl=pt-BR&source=gbs\\_toc\\_r&cad=4#v=onepage&q&f=true](http://books.google.com/books?id=Znu-BsJO-gC&pg=PA268&dq=fisica&hl=pt-BR&source=gbs_toc_r&cad=4#v=onepage&q&f=true)>. Acesso em: 14 maio 2011.
- JUNG, Carlos Fernando. **Metodologia Para Pesquisa & Desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Axel Books do Brasil Editora, 2004.
- LIA, L. R. B.; QUITES, E. E. C. **Introdução à transferencia de calor**. 2005. Disponível em: <<http://www.cursodefisica.com.br/termofisica/14-transferencia-de-calor-eduardo-emery-e-luiz-renato.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2011.
- MENDONÇA, Luis Viegas. **Termografia por Infravermelhos Inspeção de Betão**. Disponível em <<http://www.spybuilding.com/downloads/termografia.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2011.
- NICOLAU, G. F.; RAMALHO JR, F.; TOLEDO, P. A. de. **Termologia, óptica e ondas**. 7 ed. São Paulo: Moderna, 1999.
- OLIVEIRA, Mauro J. de. **Termodinâmica**. Editora Livraria da Física, 2005. Disponível em: <[http://books.google.com/books?id=sneRJDSuC-QC&pg=PA1&dq=fisica&hl=pt-BR&source=gbs\\_toc\\_r&cad=4#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com/books?id=sneRJDSuC-QC&pg=PA1&dq=fisica&hl=pt-BR&source=gbs_toc_r&cad=4#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 14 maio 2011.
- SANTOS, Laerte dos. **Termografia infravermelha em subestações de alta tensão desabrigadas**. Itajubá, 2006. Disponível em: <<http://adm-net-a.unifei.edu.br/phl/pdf/0032852.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2011.