

3. MANUTENÇÃO

3.1. Introdução

Mudanças profundas têm-se apresentado na última década nos mercados. Eles estão sendo marcados por conceitos como: globalização, redução de custos, melhoria da qualidade de serviços etc.

No mercado elétrico, em nível nacional, temos assistido a desregulamentação do setor, a concessão de serviços, a geração como atividade de risco comercial, competição de preços e a constituição de entidades reguladoras com capacidade técnica e legal para o controle da atividade.

Logicamente estas trocas estão motivando o mercado para a competição, redução de preços, com qualidade e continuidade. O impacto desse novo ambiente atingiu todos os setores das empresas, incluindo a atividade de manutenção.

Atualmente a técnica de manutenção deve ser necessariamente desenvolvida sob a estratégia da redução dos tempos de intervenção nos equipamentos, buscando obter o menor tempo de indisponibilidade para o serviço. Para se alcançar essa estratégia utilizamos os seguintes conceitos:

- Manutenção preditiva

A manutenção preditiva se baseia na análise da evolução supervisionada de parâmetros significantes da deterioração do componente, permitindo alongar e planejar intervenções. Conceito ainda pouco aplicado no país, a manutenção preditiva pode significar uma economia igual a 30 vezes o valor investido. “Apesar desse número variar conforme a utilização do sistema e tipo de indústria, esse ganho financeiro ocorre devido ao menor tempo perdido com máquinas paradas” [7].

- Manutenção preventiva

Trabalha de acordo com uma programação pré-estabelecida, normalmente em função da estatística da vida útil média dos componentes dos equipamentos. Pontos negativos: substituição prematura de componentes, com alto impacto nos custos da manutenção e não leva em conta a real evolução da vida útil dos equipamentos com alto impacto na disponibilidade dos equipamentos de produção.

- Manutenção corretiva

Ocorre sempre de forma não prevista ou planejada, gerando grandes perdas de produção e esforços da equipe de manutenção. Podemos destacar os seguintes pontos negativos deste conceito: necessita de uma equipe de manutenção super dimensionada e não tem controle sobre a disponibilidade dos equipamentos de produção.

3.2. A Manutenção preditiva

Consiste no planejamento antecipado das intervenções corretivas, a partir da aplicação sistemática de uma ou mais técnicas de monitoração, como [8]:

- Análise de vibrações de equipamentos rotativos e alternativos
- Análise de corrente e fluxo magnético de motores elétricos
- Análise de óleo lubrificante (tribologia e ferrografia)
- Termografia de sistemas elétricos e mecânicos
- Ultra-som para detecção de vazamentos e defeitos de válvulas e purgadores.

Essas técnicas são capazes de detectar eventuais falhas de funcionamento sem a necessidade de interrupção do processo produtivo e de modo que a intervenção corretiva possa ser programada com antecedência suficiente proporcionando os seguintes benefícios:

- Aumento da segurança e da disponibilidade dos equipamentos, com redução dos riscos de acidentes e interrupções inesperadas da produção
- Eliminação da troca prematura de componentes com vida útil remanescente ainda significativa
- Redução dos prazos e custos das intervenções, pelo conhecimento antecipado dos defeitos a serem corrigidos
- Aumento da vida útil das máquinas e componentes pela melhoria das condições de instalação e operação.

A análise estatística dos dados coletados pela Manutenção Preditiva permite ainda:

- Identificar equipamentos com problemas crônicos e orientar a sua correção
- Avaliar a eficácia e a qualidade dos serviços corretivos e propor programas de treinamento e a adoção de novas tecnologias, visando o seu aprimoramento

De um modo geral, pode-se afirmar que a aplicação de programas de Manutenção Preditiva em indústrias de processo resulta, a médio e longo prazo, em reduções da ordem de 2/3 nos prejuízos com interrupções inesperadas de produção e de 1/3 nos gastos com a manutenção, após uma fase inicial de investimentos.

Uma das técnicas de manutenção preditiva que ao longo dos últimos anos passou a ser uma das mais utilizadas por parte das empresas é a *Termografia infravermelha*.

Em geral uma falha eletromecânica é antecedida pela geração e troca de calor. Este calor se traduz habitualmente em uma elevação de temperatura que pode ser repentina, mas que em geral, dependendo do objeto, a temperatura começa a manifestar-se em pequenas variações.

Se for possível detectar, para comparar e determinar esta variação, as falhas poderão ser detectadas no início do seu desenvolvimento e que podem produzir no futuro próximo ou em médio prazo uma parada programada do equipamento. Isto permite a redução dos tempos de interrupção e a diminuição da probabilidade de saída de serviço não previstas, não programadas. Os benefícios incluem a redução de custos com economia de energia, proteção dos equipamentos, velocidade da inspeção e reparação. Entre os problemas possíveis de serem detectados temos:

- Alta resistência de contatos
- Curto circuitos
- Circuitos abertos
- Aquecimento indutivo
- Desbalanceamento de carga
- Sobrecarga de corrente
- Componentes instalados incorretamente
- Níveis de óleo incorretos

A inspeção termográfica em sistemas elétricos tem como objetivo detectar componentes defeituosos baseados na elevação da temperatura como consequência de um aumento anormal de sua resistência ôhmica. As causas que originam estes defeitos, entre outros, podemos mencionar:

- Conexões frouxas
- Conexões afetadas pela corrosão
- Sujeira nas conexões e/ou nos contatos
- Degradação dos materiais de isolamento

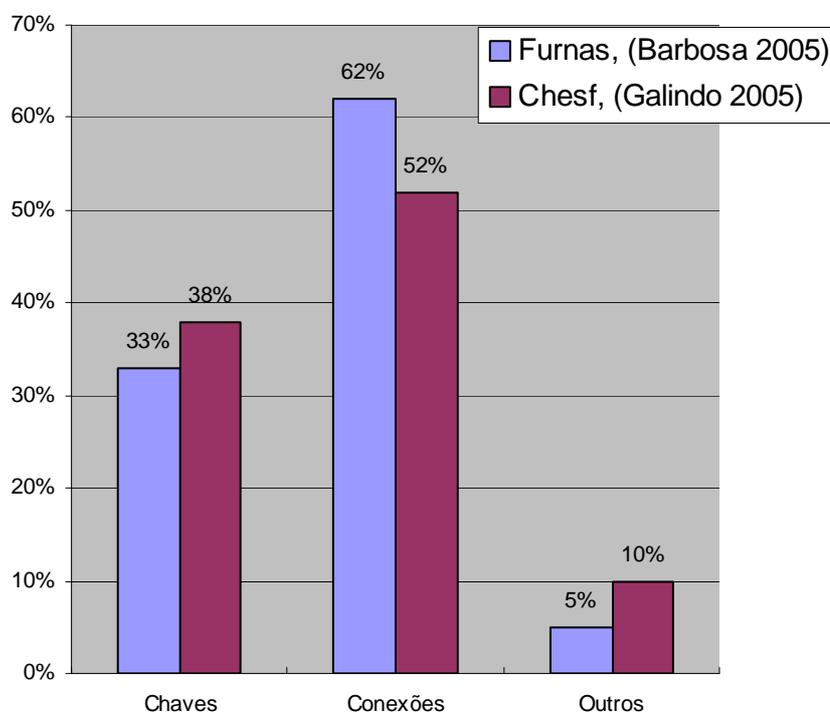


Figura 18: Componentes defeituosos detectados pela inspeção termográfica em Furnas e Chesf

3.3. Aplicação na manutenção

A Light possui uma estratégia de manutenção preditiva baseada na utilização do termovisor aplicada aos seus equipamentos elétricos, que estabelece uma rotina de critérios de avaliação e periodicidade. Foram

caracterizadas 6 (seis) áreas específicas para os equipamentos elétricos, que possuem acompanhamento de temperatura para os seguintes elementos:[9]

- **Usinas**

- a) Campo de excitação da máquina (escovas);
- b) Ranhuras do estator;
- c) Pacotes de lâminas do estator;
- d) Conexões elétricas de cabos de potência e barramentos;
- e) Reostato de campo.

- **Linhas de transmissão aéreas**

- a) Grampos de jumper das torres de ancoragem;
- b) Conexões de cabos;
- c) Conexões para as derivações das LTA;
- d) Conexões para os pára-raios das SE;
- e) Conexões para os filtros das SE;
- f) Conexões para os filtros de onda;
- g) Dispositivos de seccionadoras de linhas.

- **Cabos de transmissão subterrâneos**

- a) Emenda de cabos de potência isolados e barramentos;
- b) Conexão dos terminais externos dos cabos.

- **Subestações**

- a) Barramentos;
- b) Transformadores de potência;
- c) Disjuntores;
- d) Seccionadoras;
- e) TC e TP;
- f) Pára-raios;
- g) Filtros de onda;
- h) Fusíveis;
- i) Terminais de cabos de potência;
- j) Bancos de capacitores;
- k) Conjuntos blindados.

- **Linhas de distribuição aéreas**
 - a) Conexões e emendas de cabos e fios elétricos;
 - b) Transformadores de distribuição;
 - c) Pára-raios;
 - d) Capacitores e reguladores de tensão;
 - e) Chaves fusíveis e seccionadoras;
 - f) Religadores e seccionalizadores;

- **Linhas de distribuição subterrâneas**
 - a) Conexões e emendas de cabos de energia isolados;
 - b) Conexões de barramentos;
 - c) Chaves a óleo e protetores de rede;
 - d) Transformadores;
 - e) Bases fusíveis.

3.3.1. Critérios de avaliação dos resultados das inspeções

A avaliação dos resultados das inspeções compreende uma interpretação dos valores de temperatura medidos para cada ponto e a definição da ação necessária para sua correção por parte da manutenção.

A Light adota os seguintes critérios conforme a diferença encontrada entre a temperatura do ponto do objeto medido e o ambiente.

A ação a ser tomada pela manutenção, é baseada nas recomendações abaixo descritas tomando como base a diferença de temperatura entre o meio ambiente e a temperatura do equipamento sob inspeção.

Essas faixas são apenas indicativas, e são baseadas em levantamentos de alguns equipamentos elétricos de potência, as mesmas podem ser corrigidas de acordo com a experiência ou informações do fabricante.

- | | |
|---------------|---|
| a) 0 – 5 °C | Não determina intervenção da manutenção; |
| b) 5 – 15 °C | Intervenção dentro do programa normal de manutenção; |
| c) 15 – 35 °C | Intervenção na primeira oportunidade, ou no prazo máximo de 60 dias; |
| d) > 35 °C | Intervenção imediata, observando as restrições operativas do sistema. |

Algumas observações sobre as diferenças registradas acima:

- 1 - As faixas de temperatura foram consideradas para uma corrente de 100% da corrente nominal ou da máxima de um período;
- 2 - A intervenção da manutenção é específica considerando-se pontos quentes em conexões, isto é, conectores e regiões de contatos externos;
- 3 - Quando os pontos quentes estiverem localizados na parte interna do equipamento, através de indicação indireta, a intervenção deve ser imediata, observando-se as restrições operativas do sistema.
- 4 - Após cada reparo proceder a uma inspeção para verificar se o defeito foi eliminado.

3.3.2. Periodicidade da inspeção

Tabela 14: Periodicidade da inspeção[9]

ELEMENTO ELÉTRICO INSPECIONADO	PERIODICIDADE
<u>Usinas</u>	
a) Campo de excitação das máquinas (escovas), reostato de campo e conexões de cabos de potência e barramentos.	Semestral
b) Ranhuras e pacotes de lâminas do estator.	Ranhuras e pacotes de lâminas do estator.
<u>Linhas de transmissão aéreas</u>	Anual e sempre que houver alterações no sistema transmissor
<u>Cabos de transmissão subterrâneos</u>	Anual e sempre que houver alterações no sistema transmissor
<u>Subestações</u>	Anual
<u>Linhas de distribuição aéreas</u>	Semestral
<u>Linhas de transmissão Subterrâneas</u>	Semestral

OBS.: Proceder a inspeção nas novas instalações logo após a sua entrada em operação.

3.4. A termografia infravermelha

Com a técnica tradicional de “limpar e apertar” se efetua procedimentos para corrigir conexões frouxas e contatos pobres, desta forma todas as conexões, pontos e junções de contato, recebem fisicamente manutenção, necessitando ou não. Geralmente esse procedimento não permite determinar se a falha foi corrigida.

A inspeção termográfica é genericamente definida como a técnica de inspeção não destrutiva, que se baseia na detecção de radiação infravermelha naturalmente emitida pelos corpos, permitindo assim a medição de temperaturas sem contato físico com os mesmos.

Através da utilização de sistemas infravermelhos torna-se possível a observação de padrões diferenciais de distribuição de calor num componente, com o objetivo de proporcionar informações relativas à condição operacional deste.

As variações térmicas sofridas pelos elementos elétricos podem ser:

1. Diferenças na Temperatura Real

Temperaturas originadas pela energia infravermelha existente na superfície do elemento. Elas podem ser causadas por: incremento da resistência, uma vez que a energia térmica gerada por um componente elétrico é diretamente proporcional ao quadrado da corrente multiplicado pela resistência, flutuação da carga, harmônicos, aquecimento indutivo, convecção, capacitância térmica e evaporação.

2. Diferenças na Temperatura Aparente

Temperaturas criadas por fatores diferentes das variações da superfície. Podem ter as seguintes causas: Emitância, refletância, transmitância e variações geométricas.

Em relação as causas relacionadas com as “Diferenças na Temperatura Real” apenas três indicam problemas em um sistema elétrico: Incremento da resistência, harmônicos e aquecimento por indução. As restantes farão mudanças reais de temperatura na superfície do componente, mas não indicam falhas elétricas.

Com a termografia se focalizam os problemas que devem ser corrigidos utilizando as técnicas convencionais e podendo encontrar outros problemas que em circunstancias normais não seriam detectados. Dado que a termografia infravermelha é um meio que permite identificar, sem contato algum, componentes elétricos e mecânicos mais quentes do que deveriam estar, constituindo provavelmente uma área de falha e indicando também perdas excessivas de calor, provavelmente uma falha de um defeito isolado.

Entre as vantagens desta técnica, nós podemos mencionar:

- A inspeção é realizada a distância, sem contato físico com o elemento em condições normais de funcionamento. Não necessitando dessa forma a retirada de fora de serviço;
- Trata-se de uma técnica que permite a identificação precisa do elemento defeituoso, ao contrario do pirômetro que é a medida da temperatura de um ponto;
- Ele é aplicável a diferentes equipamentos elétricos: bornes de transformadores, transformadores de potência, seccionadoras, cabos e partes de conexões, etc;
- É utilizável para o acompanhamento de defeitos em tempo “quase real”, o que permite quantificar a gravidade do defeito e a extensão das variações de carga sobre o mesmo, possibilitando assim programação da manutenção necessária e o momento mais oportuno para executá-la (que pode representar uma simples limitação de carga ou uma intervenção imediata antes que o defeito possa produzir um colapso da instalação).
- Em relação a manutenção tradicional, o uso da inspeção termográfica propicia uma redução dos riscos para as pessoas, a redução de indisponibilidades para manutenção e um menor custo.
- Realiza a inspeção de muitos itens em pouco tempo.

Entre as desvantagens ou inconvenientes, temos:

- Capacidade limitada para a identificação de defeitos internos na medida que o mesmo não pode ser exteriorizado pelo aumento de temperatura.
- A contaminação da atmosfera através de poluentes e/ou outras fontes de irradiação pode confundir a análise do defeito.
- O estado de carga do elemento sob análise pode influir na determinação de anomalias.

3.5. Processo de Inspeção termográfica

No processo de inspeção termográfica é possível definir, de forma geral, os seguintes estágios:

1. Planejamento da inspeção nos períodos de demanda máxima.
2. Avaliação e classificação dos pontos quentes detectados.
3. Emissão de relatório, com a identificação das falhas e o nível de urgência para o seu reparo.
4. Revisão termográfica para avaliar a eficácia da manutenção realizada para a correção da falha.

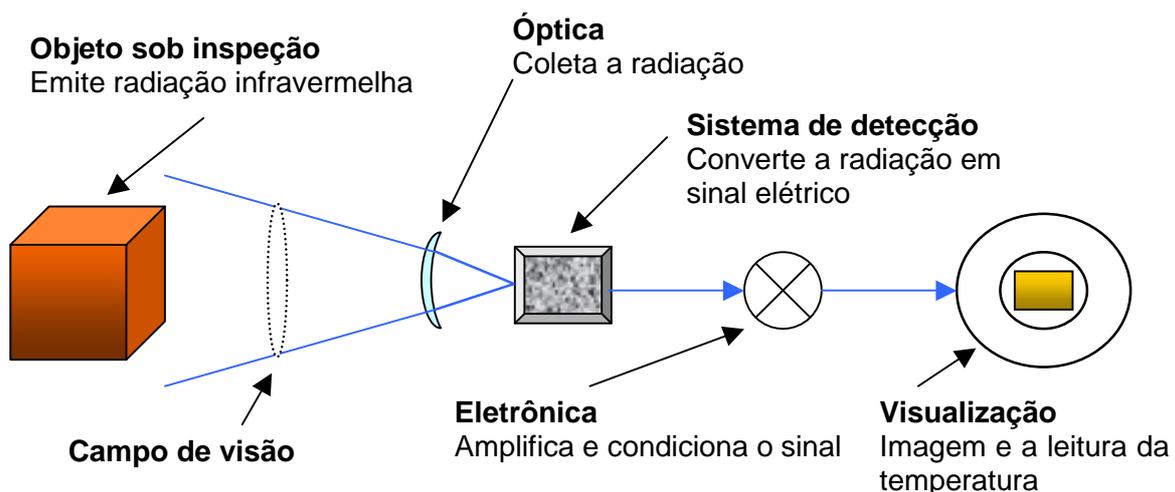


Figura 19: Elementos básicos da estrutura de um termovisor

Podemos citar as seguintes técnicas preditivas de inspeção: resistência de isolamento, medição de perdas dielétricas, medição da corrente de fuga, medições termográficas e decomposição harmônica da corrente de fuga.

3.6. Equipes de Inspeção termográfica

No início, a utilização desta técnica de manutenção preditiva estava limitada pelo peso e tamanho dos termovisores.

A evolução tecnológica permitiu a redução desses fatores; por exemplo, em 1965, o peso desses termovisores era superior a 30 kg. Hoje eles são portáteis pesando aproximadamente 2 kg, tem capacidade para o armazenamento digital dos dados, análise por meio do uso de computadores e de software específico, entre outras facilidades. E o que é mais importante a realização das inspeções são feitas por uma única pessoa. Os benefícios relacionados acima e as vantagens desta técnica preditiva tem impulsionado o uso generalizado em instalações elétricas.

3.7. Câmera de termografia ou termovisor

A luz visível, que é aquela parte do espectro eletromagnético que os nossos olhos são capazes de perceber, compreende uma parte muito pequena de todo o espectro, como pode ser observado na Fig. (20). Assim, aquilo que está fora do alcance dos nossos olhos, necessita de recursos especiais para poder ser detectados e visto.

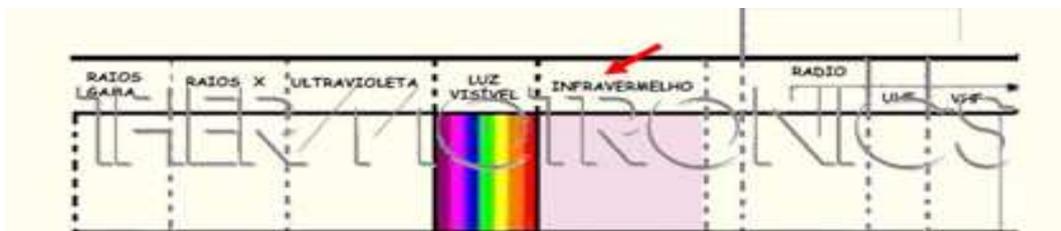


Figura 20: Espectro eletromagnético

Para podermos “enxergar” no INFRAVERMELHO (IV) devemos utilizar câmeras especiais denominadas de TERMOVISORES e assim, a Termografia, é a tecnologia que permite “enxergar” nessa parte invisível para nossos olhos do espectro eletromagnético.

O termovisor é um equipamento destinado a aquisição e representação de uma imagem originária da recepção e tratamento de ondas eletromagnéticas dentro da faixa de (IV).

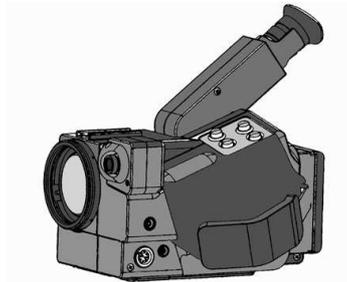


Figura 21: Termovisor

3.8. Utilização do termovisor na Light

A Light utiliza o termovisor da marca AGEMA, modelo Scanner 487, Fig. (35) e (36) do anexo, para a realização das rotinas de inspeção preditiva em suas instalações. O equipamento é da década de 90 e de dimensões superiores aos existentes atualmente.

3.8.1. Procedimentos de medição

Elementos considerados no início do procedimento de medição

3.8.1.1. Características dos equipamentos

Para uma correta análise da medição deve-se obter as seguintes informações dos equipamentos que sofrerão a intervenção:

- Identificar se o equipamento a ser inspecionado tem seu comportamento influenciado pela tensão aplicada, pela corrente passante, e/ou pelo fator de carga;
- Identificar os materiais que compõem os equipamentos a serem inspecionados, visando a determinação das respectivas emissividades envolvidas;

- Levantar a tensão / corrente / fator de carga relacionado ao equipamento no momento da inspeção;
- Levantar os valores nominais de tensão e/ou corrente do equipamento a ser inspecionado;
- Identificar condições de operação e montagem do equipamento a ser inspecionado;
- Identificar registro de ocorrências do equipamento a ser inspecionado.

3.8.1.2. Parâmetros a serem evitados ou corrigidos

- Velocidade do vento. Deve-se evitar a realização de medição termográfica em ambientes em que a velocidade do vento é superior a 25 km / h. Para velocidade inferior, utiliza-se a correção dos valores de temperatura encontrados, conforme Tabela (15);[10]

Tabela 15: Correção da velocidade do vento

Velocidade do vento (km /h)	Fator de correção
3	1,00
6	1,30
9	1,60
12	1,68
16	1,96
19	2,10
22	2,25
25	2,42

- Fator de carga, corrente passante e tensão aplicada;
- Radiação solar. Preferencialmente, as medições devem ser realizadas, a noite, ou em dias nublados, quando a radiação solar tem seu efeito minimizado naturalmente;
- Chuva;
- Poluição, neblina e névoa salina;

3.8.1.3. Parâmetros que são ajustados no termovisor

- Determinação da distância em metros entre o termovisor e o equipamento inspecionado. Deve-se garantir uma distância para que a região a ser avaliada do equipamento ocupe a maior área possível do termograma.
- Com a utilização de um termômetro é verificada a temperatura ambiente em °C;
- Utilizando um higrômetro verifica-se a umidade relativa do ar. Quanto maior a umidade do ar do ambiente onde está sendo realizada a inspeção, maior será a atenuação na medição realizada;
- É estimada a emissividade do equipamento. Este valor está diretamente relacionado com as características da superfície do equipamento.

Esses parâmetros são inseridos no termovisor conforme pode ser visto na Fig. (22). Após a inserção começa-se a realizar uma varredura das temperaturas começando-se pela temperatura ambiente e observando-se o termograma. Com isso o observador, vai identificando os pontos quentes do equipamento.



Figura 22: Tela do termovisor da Light com a configuração existente

3.8.2. Procedimento de calibração

Atualmente o termovisor da Light é calibrado pela empresa Flir Systems, situada na cidade de Sorocaba, São Paulo. O procedimento de calibração é o apresentado abaixo:

O procedimento de calibração foi desenvolvido para fornecer aos sistemas de imagens infravermelhas exatidão a uma medição específica, com precisão de acordo com os padrões internacionais.

Com o objetivo de estimar a incerteza de medição, a FLIR usa um grande número de corpos negros muito estáveis, trabalhando em diferentes temperaturas de 0 °C a 1500 °C. As temperaturas dependem das faixas utilizados.

Os Corpos Negros utilizados, Tabela (16), que são as fontes de radiação, são regularmente calibrados. A incerteza é determinada pelo NIST, o National Institute for Standards and Technology (EUA), e pelo SP, instituto equivalente de testes e pesquisas da Suécia.

O procedimento de calibração é baseado na medição de um sinal enviado pelo detector no sistema de imagem. O sinal é proporcional à radiação vinda de um corpo negro com uma temperatura conhecida e de emissividade também

conhecida, a uma distancia determinada entre o sistema de imagem e o corpo negro. A distância é determinada baseando-se no campo de visão da lente usada.

O ciclo de calibração é controlado por um computador com um software dedicado à calibração. O computador também controla os movimentos mecânicos do sistema de imagem para o posicionamento e foco dos diferentes corpos negros. Todas as diferentes combinações do sistema de imagem com lentes e filtros são calibrados.

O computador armazena o valor dos sinais vindos do detector, juntamente com a temperatura de uma específica fonte de radiação.

Após completado o ciclo com todas as calibrações requeridas, o software utiliza as informações gravadas para calcular as constantes matemáticas de calibração necessárias. As constantes como os dados do sistema de imagem, são relevantes, tal como número de série, lentes e etc., que são então guardados na câmera. As constantes de calibração são usadas pelo sistema para calcular e apresentar as temperaturas corretas.

O procedimento de calibração também torna possível calcular os dados necessários para a compensação da variação de temperatura do sistema, tornando possível manter-se a qualidade da medição quando a temperatura ambiente varia.

A FLIR preserva gravações de todas as calibrações realizadas e o processo de calibração é uma parte integrante do Programa de Garantia da Qualidade da FLIR.

Nas Fig. (37), (38) e (39), do anexo, podemos observar o modelo de certificado de calibração emitido pela FLIR Systems. Na Fig. (37) temos as informações referentes a temperatura ambiente e umidade relativa do ar durante a calibração. Para a Fig. (38) são apresentadas as temperaturas e os padrões de calibração utilizados. E finalmente na Fig. (39) a tabela de valores encontrados e incerteza de medição. Entretanto, existem incoerências metrológicas que precisam ser corrigidas para uma melhor interpretação dos resultados de calibração do termovisor.

Tabela 16: Padrões "Corpos negros" utilizados na calibração

Modelo	Temperatura	Incerteza
BB0 FLIR Systems AB	até 2 °C	± 0,2 °C
Ambient FLIR Systems AB	Ambiente	± 0,2 °C
BB400 FLIR Systems AB	30 °C – 350 °C	± (0,3 + 0,004*t) °C t = temperatura em °C
LS1250 Electro Optical Ind	500 °C – 1200 °C	± 3,0 °C
54233C Lindberg	1000 °C – 1500 °C	± 3,0 °C

3.9. Calibração de termômetros infravermelhos no Brasil

Apesar de haver uma grande demanda de serviços de calibração de sensores de temperatura por radiação, no Brasil, há somente dois laboratórios credenciados à Rede Brasileira de Calibração - RBC e o próprio INMETRO, capazes de realizar com competência técnica e rastreabilidade aos padrões nacionais de mais alta exatidão, garantindo assim, a base técnica imprescindível ao livre comércio nos mercados globalizados e a disseminação do conhecimento técnico na área medição de temperatura sem contato.

Os laboratórios de calibração de sensores de temperatura por radiação no Brasil são:

- INMETRO: O Laboratório de Pirometria - LAPIR oferece serviços de calibração para as seguintes faixas de medição: 800°C a 1500°C com incerteza de medição variando entre ±0,6°C a ±1,0°C e 1500°C a 2050°C com incerteza entre ±1,2°C a ±2,5°C para termômetros de radiação infravermelha e pirômetros, e de 100°C a 1150°C com incerteza de medição variando entre ±0,5°C a ±2,0°C somente para termômetros de radiação.
- USIMINAS: O Laboratório de Calibração de Instrumentação – IHI oferece serviços de calibração de termômetros de radiação infravermelha nas seguintes faixas de medição: de 50°C até < 550°C com menor incerteza de medição de ±1,0°C, de 550°C até < 1100°C com menor incerteza de

medição de $\pm 1,6^{\circ}\text{C}$ e de 1100°C até 1500°C com menor incerteza de medição de $\pm 1,4^{\circ}\text{C}$ até $\pm 2,1^{\circ}\text{C}$.

- CST: O Laboratório de Calibração oferece serviços de calibração de termômetros de radiação infravermelha nas seguintes faixas de medição: de 500°C até 1100°C com menor incerteza de medição de $\pm 1,7^{\circ}\text{C}$ e de 1100°C até 1500°C com menor incerteza de medição de $\pm 3,5^{\circ}\text{C}$.

O Laboratório de Pirometria (LAPIR) possui a melhor infraestrutura no Brasil para realizar a calibração de sensores de temperatura por radiação infravermelha que operam acima de 100°C .

Para este projeto foi escolhido um corpo negro do LAPIR, de fabricação MIKRON, modelo M315X8. Ele consiste de uma placa preta de temperatura uniforme e controlada, cujas características de emissividade espectral foram medidas no NIST (National Institute for Standards and Measurements), em Março de 2005, sendo apresentadas na Fig. (23).

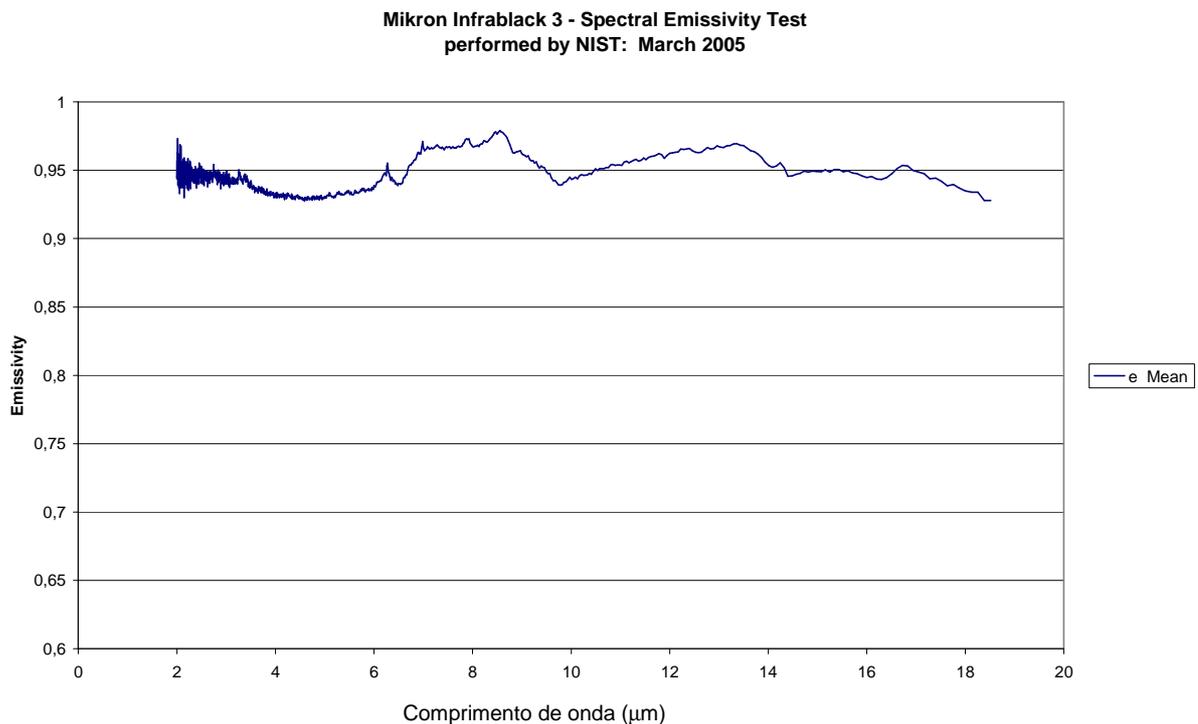


Figura 23: Emissividade espectral do corpo negro MIKRON M315X8, medida pelo NIST

3.10. Normas Aplicáveis:

The International Organization for Standardization - ISO

ISO-9712 – “Non-destructive testing - qualification and certification of personnel”;

ISO-18436 – “Condition monitoring and diagnostics of machines - requirements for training and certification of personnel”

American Society for Nondestructive Testing – ASNT

SNT-TC-1A – “Recommended Practice - Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing”

ASTM-E-1316 – “Standard Terminology for Nondestructive Examination, Section J: Infrared Examination.”

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT

NBR15424:2006 – “Ensaio não destrutivo – Termografia – Terminologia”