

Taubaté, 03/09/16 a 10/12/16

## **TTEM 013/16**

### **APLICAÇÕES DO ENSAIO NÃO DESTRUTIVO DE TERMOGRAFIA NA INDÚSTRIA**

### **APPLICATIONS OF NON-DESTRUCTIVE TERMOGRAPHIC TEST IN THE INDUSTRY**

Signatários:

- Luís Felipe Moreira da Silva Cassales<sup>1</sup>
- Stephany de Barros Camargo<sup>2</sup>
- Prof. Dr. José Rubens de Camargo – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Wendell de Queiroz Lamas – Universidade de São Paulo
- Prof. Dr. Francisco José Grandinetti – Universidade de Taubaté/FEG-UNESP

Finalidade: Demonstrar as aplicações da termografia na indústria mecânica, com ênfase nas aplicações do setor aeronáutico.

Duração: 3 meses.

1 – Aluno do curso de Especialização em nível de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica da Universidade de Taubaté (UNITAU/SP) – cassales@gmail.com

2 - Aluna do curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté – (UNITAU/SP) – stephanycamargo@live.com

Palavras chave: Ensaio Não-Destrutivo, Termografia, Materiais Compósitos, Corrosão.

**Resumo.** O presente trabalho técnico pretende abordar as aplicações da termografia na indústria, com ênfase nas aplicações mais utilizadas no setor aeronáutico. A termografia é um método de ensaio não destrutivo que visa à obtenção do perfil térmico de uma superfície, permitindo, assim, a identificação de regiões com grande variação de temperatura. Essa região pode significar a existência de defeitos que podem levar à falha mecânica do objeto analisado. Através de pesquisas de artigos acadêmicos e periódicos, buscou-se demonstrar algumas das aplicações da termografia, método de ensaio não destrutivo que se mostrou ser bastante útil, mostrando ter um grande campo de aplicações em diversos segmentos industriais, permitindo ensaios bastante ágeis e versáteis.

## 1. INTRODUÇÃO

Há diversos ensaios não destrutivos cuja técnica já se encontra bastante consolidada, tais como líquido penetrante, partículas magnéticas, eddy current, ultrassom e raios-X. Entretanto, a termografia não é tão difundida quanto às demais técnicas de ensaios não destrutivos, apesar de possuir diversas aplicações, tais como inspeção de componentes elétricos, inspeção de materiais compósitos, inspeção de corrosão, análise de deformações em componentes, análise de gradientes de temperaturas em ambientes climatizados, entre diversas outras aplicações.

## 2. TERMOGRAFIA

A termografia é um ensaio não destrutivo que visa a obtenção do perfil de temperaturas em uma superfície. Uma vez que se obteve o perfil de temperaturas de uma superfície, pode-se detectar há existência de grandes gradientes, os quais podem estar associadas a possíveis defeitos na composição da estrutura daquela superfície, ou a anormalidades da propriedade analisada, os quais podem levar o objeto analisado à falha mecânica (Grosso, 2011).

Todos os materiais são capazes de emitir radiação na faixa de frequências do infravermelho. Caso exista alguma descontinuidade, tanto superficial quanto sub-superficial, o fluxo de calor é alterado localmente, gerando regiões com diferentes temperaturas que apresentarão um padrão de emissão de radiação infravermelha diferente das demais regiões da superfície daquele objeto. (Silva, 2014).

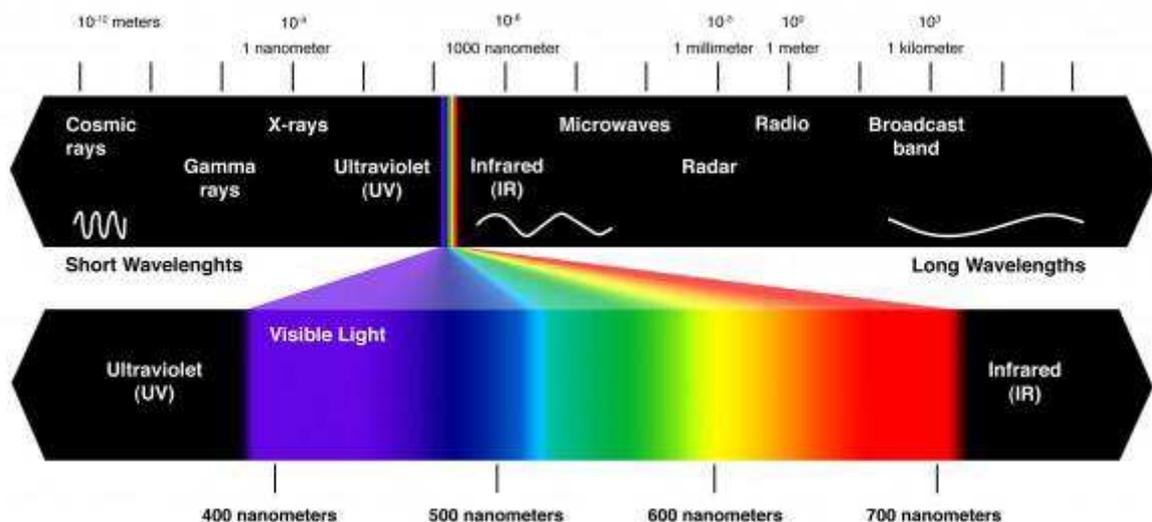


Figura 1 – Comprimento de onda dos diferentes tipos de radiações (Extraído de: [http://www.jncruz.com/?page\\_id=540](http://www.jncruz.com/?page_id=540)).

Tanto a radiação emitido por um corpo, como o espectro de sua emissão dependem da temperatura. A lei de Stefan-Boltzmann nos fornece a intensidade da radiação emitida por um corpo (Grosso, 2011):

$$W = eBT^4, \text{ onde:}$$

W = intensidade de emissão de radiação por unidade de área ( $Wm^{-2}$ );

e = emissividade;

B = constante de Stefan-Boltzmann =  $5,7 \times 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4}$ ;

T = temperatura absoluta (K).

Já o comprimento de onda para a máxima radiação em uma determinada temperatura, nos é fornecido pela lei de Wien:

$$\lambda_{m\acute{a}x} = b/T, \text{ onde:}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$  = comprimento de onda para a máxima radiação ( $\mu m$ );

b = constante de Wien =  $2,897 \mu m/K$ ;

T = temperatura absoluta (K).

| Approximate Emissivity of Metals |           |          |          |
|----------------------------------|-----------|----------|----------|
| Materials                        | Nominal   | Polished | Oxidized |
| Aluminum                         |           | 0.05     | 0.15     |
| Brass                            |           | 0.09     | 0.60     |
| Cast Iron                        |           | 0.21     | 0.70     |
| Copper                           |           | 0.02     | 0.60     |
| Galvanized                       |           | 0.02     | 0.60     |
| Glass                            | 0.94      |          |          |
| Stainless Steel                  |           | 0.17     | 0.85     |
| Steel                            |           | 0.11     | 0.75     |
| Rubber                           | 0.86-0.95 |          |          |
| Wood                             | 0.95      |          |          |

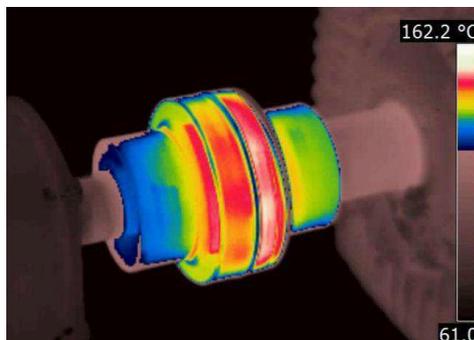
Figura 2 - Emissividade de alguns materiais (Extraído de: [www.pro-therm.com](http://www.pro-therm.com)).

A termografia é aplicada com sucesso em materiais com altos valores de emissividade (acima de 0,7). Assim, para metais polidos o ensaio termográfico obriga a utilização de algum revestimento para aumentar sua emissividade, como cromita de ferro, por exemplo. Para metais oxidados, não há tal necessidade, uma vez que a existência de óxidos aumenta a emissividade do material. Logo, não há a necessidade de se retirar a corrosão para a realização do ensaio termográfico, diferentemente de outros ensaios não-destrutivos, como o líquido penetrante, por exemplo.

A termografia pode ser dividida em dois tipos, a saber:

- Passiva: o objeto analisado possui diferenças de temperaturas suficientemente grandes para serem detectadas por uma câmera infravermelha, não sendo necessário seu aquecimento ou resfriamento. É utilizada na análise de componentes mecânicos, onde

ocorre aquecimento decorrente de atrito ou transferência de calor, e eletro-eletrônicos, onde ocorre o aquecimento decorrente da passagem de corrente elétrica do objeto avaliado, tais como motores elétricos, disjuntores, soldagem de juntas e uniões, etc.



**Figura 3 - Acoplamento de um motor elétrico. A região em vermelho demonstra maior temperatura decorrente de maior esforço mecânico (Fonte: Cygnus Energia).**

- **Ativa:** Nesse tipo de ensaio ocorre o aquecimento ou resfriamento do objeto ensaiado, a fim de provocar aumento no gradiente de temperaturas e facilitar a captura da imagem através da câmera infravermelho. Esta técnica ainda pode ser dividida em Termografia Ativa Pulsada e Termografia Ativa Modulada. Um dos principais métodos de aquecimento utilizado é através de lâmpadas halógenas ou sopradores termicos. A montagem com a utilização de uma fonte externa para aquecimento é classificada em: reflexiva – quando a fonte de calor está do mesmo lado que a câmera, ou transmissiva – quando a fonte de calor está no lado oposto ao da câmera.

A termografia é uma técnica bastante rápida, pois não necessita de contato físico entre instrumento de medição e a peça, diferentemente dos ensaios de eddy current e ultrassom. Assim, pode-se executar um ensaio termográfico em objetos distante ou de difícil acesso, tornando-o mais ágil se comparado aos demais ensaios não-destrutivos.

O sensor infravermelho da câmera capta a radiação emitida pelo corpo a ser ensaiado e realiza sua conversão em sinais elétricos que são posteriormente transformados em termogramas coloridos (RGB) ou em escalas de cinza.

## 2.1 TERMOGRAFIA APLICADA A INSPEÇÃO DE DANOS EM MATERIAIS COMPÓSITOS

Atualmente, buscando a redução de peso para redução de consumo e aumento da capacidade de carga paga, muitas fabricantes de aeronaves vêm utilizando em larga escala materiais compósitos, tais como matrizes poliméricas reforçadas com fibra de carbono. Esses materiais suportam grande deformação até a falha e elevadas temperaturas de serviço, apresentam boa resistência à fadiga e grande estabilidade química, entretanto não suportam grandes esforços na direção transversal.

Durante a operação das aeronaves, ou durante a execução dos serviços de manutenção, as mesmas podem ser submetidas a impactos transversais que prejudicam sua estrutura, tais como queda de ferramentas, impacto com pássaros, chuvas de granizo e choque com detritos na pista. (José R. Tarpani, Euripedes G. R. de Almeida, Éder C. A. Simêncio, Lucas P. Mota, , Jaime H. A. A. Paz, Alan R. M. Gualberto, Felipe L. A. Cardoso, Cristina A. Gatti, 2009)

| Descrição do evento          | Energia (J) | Massa (g) | Velocidade (m/s) | Circunstâncias                       |
|------------------------------|-------------|-----------|------------------|--------------------------------------|
| Queda de ferramenta          | 06          | 330       | 06               | Manutenção                           |
| Componente de manutenção     | 16          | 910       | 06               | Manutenção                           |
| Carga concentrada            | 100         | -         | 0 a 6            | Manutenção e carregamento            |
| Choque com pássaros          | 3,8-81 (kJ) | 1800      | 65-300           | Vôo baixo                            |
| Granizo (Ø até 51 mm)        | 43          | 62        | 37               | Vôo baixo, ou em solo                |
| Choque dos detritos da pista | 02-40       | 09        | 20-94            | Aterrissagem, decolagem e taxiamento |

**Figura 4 - Impactos durante a vida de uma aeronave (Alves, M.; Chaves, C.; Birch, R., 2003).**



**Figura 5 – Colisões com pássaros, uma das situações que podem gerar danos às estruturas construídas a partir de materiais compósitos (Extraído de: [http://fina-sintonia2.blogspot.com.br/2009\\_09\\_01\\_archive.html](http://fina-sintonia2.blogspot.com.br/2009_09_01_archive.html)).**

Dado a grande quantidade de eventos capazes de gerar danos aos componentes de compósitos de matriz polimérica com reforço de fibra de carbono, tem-se a necessidade de utilização de um método de ensaio não-destrutivo para a avaliação dos danos causado quando da ocorrência de tais eventos. Assim, optou-se pela utilização da termografia ativa, por não necessitar de contato físico direto com o componente, facilitando a execução do ensaio em locais de difícil acesso, onde os demais ensaio não-destrutivos se mostrariam de difícil realização.

Para simular os impactos acima descritos, foi utilizado um sistema pendular miniaturizado de impacto Charpy, com impactador esférico de aço com 16 mm de diâmetro, com energia de impacto variando de 5 a 30 J, atingindo corpos de prova retangulares de dimensões 100 x 150 mm de matriz termorígida de epóxi reforçados com fibra de carbono e de matriz termoplástica de polisulfeto de fenileno também reforçada com fibra de carbono (José R. Tarpani, Euripedes G. R. de Almeida, Éder C. A. Simêncio, Lucas P. Mota, Jaime H. A. A. Paz, Alan R. M. Gualberto, Felipe L. A. Cardoso, Cristina A. Gatti, 2009).

Após a realização dos testes de impacto, os corpos de prova foram examinados através de uma câmera termográfica infravermelho (TIV), com escala de -20°C a 350°C, utilizando-se uma fonte de calor (sopro de ar quente) distante 0,5 m dos corpos de prova para auxiliar a obtenção dos termogramas.

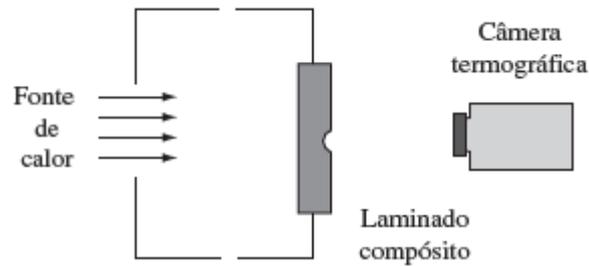


Figura 6 - Montagem esquemática da inspeção termográfica (Fonte: José R. Tarpani, Euripedes G. R. de Almeida, Éder C. A. Simêncio, Lucas P. Mota, , Jaime H. A. A. Paz, Alan R. M. Gualberto, Felipe L. A. Cardoso, Cristina A. Gatti, 2009).



Figura 7 - Marca causadas por impacto de 5J em matriz termorígida epóxi (esquerda) e matriz termosplástica de polisulfeto de fenileno (direita) (Fonte: José R. Tarpani, Euripedes G. R. de Almeida, Éder C. A. Simêncio, Lucas P. Mota, , Jaime H. A. A. Paz, Alan R. M. Gualberto, Felipe L. A. Cardoso, Cristina A. Gatti, 2009).

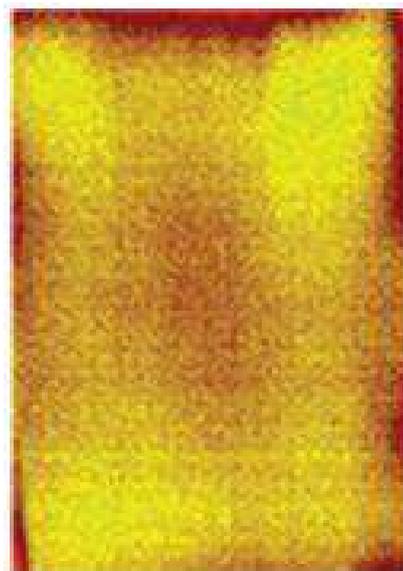


Figura 8 - Termograma após aquecimento por 16s do corpo de prova de matriz termorígida de epóxi. Pode-se notar uma pequena mancha branca no meio da região avermelhada, caracterizando o dano provocado por um impacto de 5J (Fonte: José R. Tarpani, Euripedes G. R. de Almeida, Éder C. A. Simêncio, Lucas P. Mota, , Jaime H. A. A. Paz, Alan R. M. Gualberto, Felipe L. A. Cardoso, Cristina A. Gatti, 2009).



**Figura 9 - Termograma após aquecimento por 16s do corpo de prova de matriz termoplástica de polisulfeto de fenileno. Pode-se notar uma pequena mancha escura, caracterizando o dano provocado por um impacto de 5J (Fonte: José R. Tarpani, Euripedes G. R. de Almeida, Éder C. A. Simêncio, Lucas P. Mota, , Jaime H. A. A. Paz, Alan R. M. Gualberto, Felipe L. A. Cardoso, Cristina A. Gatti, 2009).**

Através do ensaio termográfico é possível visualizar os danos provocados por impactos muito pequenos (5 J), mas que se forem impetrados na direção transversal podem causar a falha da estrutura. Tais danos não seriam detectados numa inspeção visual, o famoso “walk around” e, dependendo da localização, a realização de outro ensaio não-destrutivo seria de difícil execução.

## **2.2 TERMOGRAFIA APLICADA NA DETECÇÃO DE CORROSÃO EM AÇOS REVESTIDOS DE MATERIAIS COMPÓSITOS**

A corrosão é a degradação ou transformação de um material, seja ele metálico, cerâmico ou polimérico decorrente de reações químicas ou eletroquímicas oriundas do meio e condições a que estão submetidas e pode ocorrer de forma espontânea quando houver variação negativa da energia livre de Gibbs ( $G < 0$ ), ou seja, a corrosão ocorrerá espontaneamente sempre que a energia dos produtos da reação for menor do que a energia de seus reagentes.

Estima-se que os Estados Unidos tenham prejuízos de cerca de 4,5% do seu PIB decorrente de danos provocados pela corrosão de máquinas, ferramentas, veículos e construções (Grosso, 2011).

Existem alguns métodos para prevenção e atenuação da corrosão, tais como proteção catódica e anódica, inibidores de corrosão, revestimentos anti-corrosivos (resinas fenólicas, metais nobres (ouro, prata, ródio), cromo, níquel), a seleção de materiais mais adequada para cada tipo de aplicação e pinturas.

A principal causa de falhas durante o processo de revestimento anti-corrosivo e pintura é decorrente da limpeza inadequada da superfície em que tais tratamentos serão aplicados, o que impede sua perfeita adesão. Assim sendo, é de fundamental importância o desenvolvimento de um método confiável para analisar defeitos em revestimentos.

O teste realizado por (Grosso, 2011) consiste de 6 corpos de prova de dimensões 150 x 100 mm de aço carbono onde foram feitos 6 furos para simular defeitos decorrentes de corrosão, sendo 3 feitos com fresa e 3 com furadeira. Após esse procedimento, aplicou-se dois tipos de revestimento nos corpos de prova, 3 corpos de prova com o revestimento tipo A (resina epóxi com escamas de vidro) e 3 corpos de prova com o revestimento tipo B (resina epóxi com reforços minerais), bastante utilizados pela EMBRAER.

| Tipo de Revestimento  | Composição  | Indicação de uso  |
|-----------------------|---|---|
| <b>Revestimento A</b> | Sistema bicomponente de resinas epóxi multifuncionais aditivadas com escamas de vidro. Sólidos 98% Agente de cura: poliamida modificada.        | Resiste a uma larga gama de produtos químicos agressivos, incluindo solventes e ácidos fortes, à temperatura ambiente e também em temperaturas mais elevadas (até 80°C).  |
| <b>Revestimento B</b> | 100% sólidos<br><br>Resina epóxi modificada multifuncional com agente de cura modificado aminocicloalifático com reforços minerais modificados. | Resistente a soluções alcalinas e alvejantes, acetona, bunker C, diesel, etanol, gasolina, álcool isopropílico, querosene, metanol, MEK, MIBK, nafta, água salgada, esgoto, tolueno, xileno, ac. acético (5%), ac. clorídrico (20-37%), ac. sulfúrico (10-20%), ac. nítrico (10-60%), ac. fosfórico (30-85%), ac. sulfúrico (30-98%). |

Figura 10 - Tipos de Revestimento A e B (Extraído de: Grosso, 2011).



Figura 11 - Corpo de prova com revestimento A (esquerda) e B (direita) (Extraído de Grosso, 2011).

Para a obtenção dos termogramas dos corpos de prova foi realizado um ensaio termográfico ativo com a utilização de uma câmera infravermelho e lâmpadas halógenas como excitador térmico com montagem reflexiva (lâmpadas do mesmo lado da câmera). A distância entre a câmera e os corpos de prova foi estabelecida em 400 mm e a câmera foi calibrada para emissão de 0,8 (valor considerado o padrão para materiais compósitos).

Os corpos de prova foram excitados por 10,0 s e foram adquiridas imagens desde 1,0 s anterior a excitação até 40,0 s após a excitação. Após a aquisição das imagens, as mesmas foram convertidas da escala RGB para tons de cinza.

Após a obtenção da imagem em tons de cinza, foi obtido o histograma de cada uma delas. Um histograma consiste num gráfico de frequência de intensidade de cinza. Em seguida, procede-se a limiarização da imagem, onde cada pixel com intensidade acima do pico do histograma assume o valor lógico 1 e os pixels de intensidade abaixo do pico recebem valor lógico 0 (ou vice-versa). O processamento das imagens foi realizado com o auxílio dos softwares Matlab e ImagePro.

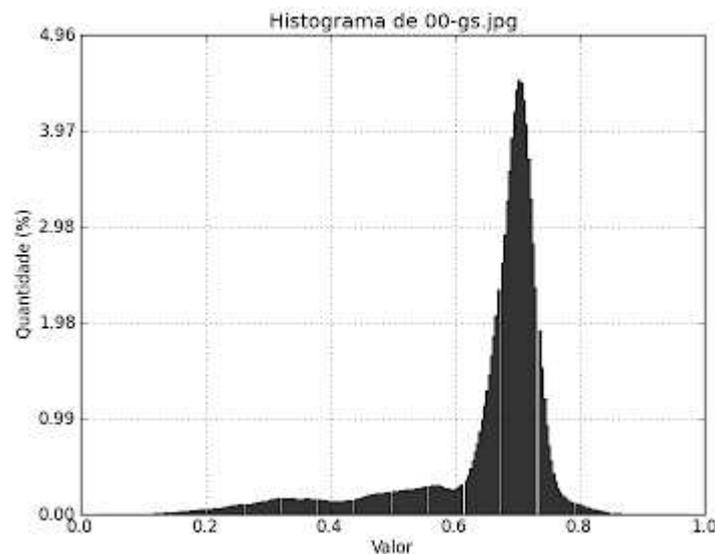


Figura 12 - Histograma de limiarização. Pixels com intensidade acima do pico do histograma recebem o valor lógico 1 e os pixels abaixo recebem o valor lógico 0 (Fonte: <https://sites.google.com/site/imgprocgpu/limiarizacao>).

Após a limiarização, torna-se possível a identificação de focos de corrosão onde não era possível sua visualização anterior. Além disso, os focos de corrosão que já eram visíveis tornam-se um pouco mais nítidos, evitando eventuais equívocos na avaliação dos termogramas.

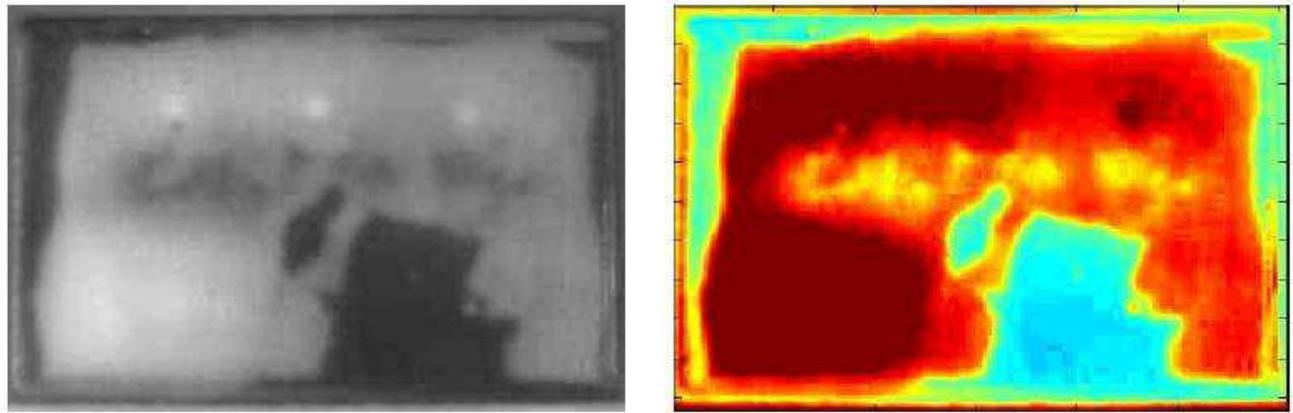


Figura 13 - Corpos de prova com revestimento B: É possível notar os focos de corrosão na imagem limiarizada, onde não era possível no termograma (Extraído de: Grosso, 2011).

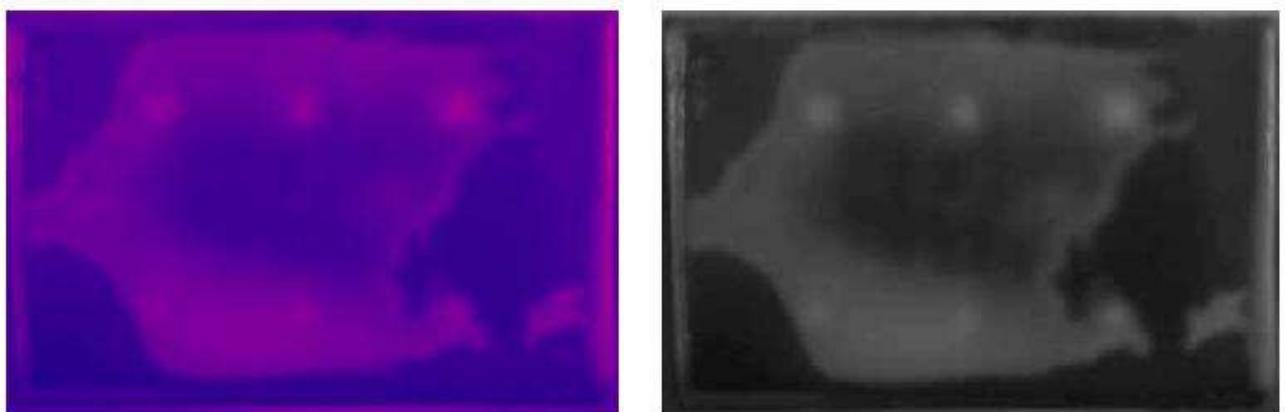


Figura 14 - Corpos de prova com revestimento A: É possível notar os focos de corrosão na imagem limiarizada, onde não era possível no termograma (Extraído de Grosso, 2011).

Ainda pode-se aplicar às imagens a segmentação, onde se atribui um mesmo valor lógico a pixels perto de uma região de valor constante, eliminando-se, assim, eventuais ruídos decorrentes da aquisição das imagens.



Figura 15 - Exemplo de termograma segmentado (Extraído de: Grosso, 2011).

### 2.3. APLICAÇÕES DA TERMOGRAFIA NA MANUTENÇÃO ELÉTRICA E ANÁLISE DE RISCOS

Muitos componentes elétricos, tais como bornes, contadores, chaves de acionamento e quadros elétricos, estão sujeitos ao aquecimento decorrente resistência à passagem de corrente elétrica. Eventuais erros de montagem, tais como falta de torque nos conectores e bornes e quebra de cabos devido ao dobramento acentuado provocam um aumento da resistência elétrica e, conseqüentemente, um aumento da temperatura naquele componente. O monitoramento constante das variações de temperatura de componentes elétricos e eletrônicos permite detectar precocemente uma eventual falha que poderia levar alguma máquina ou equipamento à paralisação por longos períodos, contribuindo, assim, para a redução de custos com manutenção corretiva e redução das perdas devido à paralisação indesejada do setor produtivo (Spohr, Franken, Steffenello, Steffenello, & Paluchowski, 2011).

O experimento realizado por (Spohr, Franken, Steffenello, Steffenello, & Paluchowski, 2011) consistiu na avaliação do cabeamento elétrico de seccionamento de uma prensa industrial de 120 KVA de potência, alimentado por um sistema trifásico de 380V. O ensaio foi feito após a prensa ter executado suas operações normais pelo período mínimo de 1 hora e foi utilizado um termógrafo com visor da fabricante Fluke, com emissividade ajustada para 0,75, valor este equivalente ao da emissão do aço, material utilizado nos conectores dos cabos, após sofrer oxidação.

| Ocorrência               |                       |
|--------------------------|-----------------------|
| Componente:              | SBT SECCIONADORA BT   |
| Parte:                   | TPR TERMINAL PRENSADO |
| Descrição:               | CHAVE GERAL           |
| MTA:                     | 70                    |
| AFF:                     | 5                     |
| Status Ocor.:            | NC Não Conforme       |
| Custo Estimado da Falha: | 0                     |

Imagem

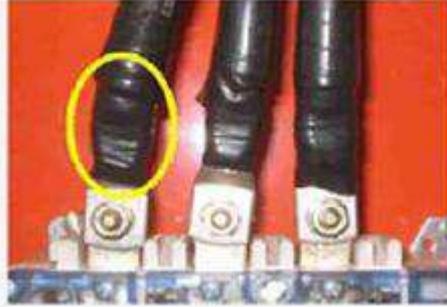


Figura 16 - Cabos do quadro de seccionamento da prensa industrial (Spohr, Franken, Steffenello, Steffenello, & Paluchowski, 2011).

| Ficha de Acompanhamento de Ocorrência (FAO) |   |
|---|---|
|   | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span style="background-color: red; color: white; padding: 2px;">R</span> <span style="background-color: yellow; color: black; padding: 2px;">S</span> <span style="background-color: green; color: white; padding: 2px;">T</span> </div> |
| C. Med. (A / %)                             | 90  |
| T. Comp. (°C)                               | 87.3  |
| T. Corrig. (°C)                             | 99  |
| Classificação                               | CRIT  |
| RISCO:                                      | MÉDIO   |

Termografia

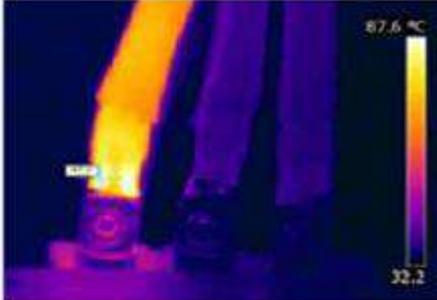


Figura 17 - Termograma obtido dos cabos do quadro de seccionamento da prensa industrial (Spohr, Franken, Steffenello, Steffenello, & Paluchowski, 2011).

Conforme pôde-se observar no termograma acima, um dos cabos apresentava alta resistência de contato, fazendo com que sua temperatura acima atingisse 99°C, enquanto a especificação do cabo permite seu uso até a temperatura de 70°C, valor acima do qual começa a ocorrer a degradação de seu isolamento.

Ou seja, o ensaio termográfico permitiu a detecção de uma falha que poderia gerar um incêndio, ou ainda provocar a falta de uma fase no motor que aciona a prensa, podendo leva-lo à queima.

## 2.4. APLICAÇÕES DA TERMOGRAFIA NA INSPEÇÃO DE EDIFÍCIOS

Tal qual acontece com metais, a existência de defeitos em placas de concreto também altera o fluxo de calor naquela região. Um concreto perfeito, sem porosidades internas, apresenta resistência térmica extremamente reduzida, propiciando excelente fluxo térmico. Além disso, o coeficiente de absorvidade de radiação ( $\alpha$ ) do concreto é extremamente elevado, 0,9, contra 0,4 a 0,65 do aço, tornando sua refletividade e transmissividade muito baixas. Logo, o principal fluxo de calor verificado em concreto estrutural dá-se por condução, tornando a termografia bastante eficiente quando aplicada na inspeção de estruturas em alvenaria. (Mendonça, Miguel, & Catarino)

Outro importante facilitador da aplicação da termografia para inspeção de edifícios, é que não há a necessidade de se utilizar um excitador térmico, já que o sol desempenha essa função.

O único ponto a ser observado com bastante cuidado na aplicação da termografia na inspeção de edifícios é a correta seleção da emissividade em função do tipo de revestimento (pintura, textura) que recebe a alvenaria.

O ensaio por termografia de edifícios permite detectar a presença de infiltração não visível, analisar rachaduras, a fim de comprovar se as mesmas comprometem (trinca) ou não (fissura) a estrutura da construção, e ainda a detecção de pilares, dutos e demais componentes de infra-estrutura antes de promover a quebra de paredes, evitando a destruição indesejada de tais elementos.

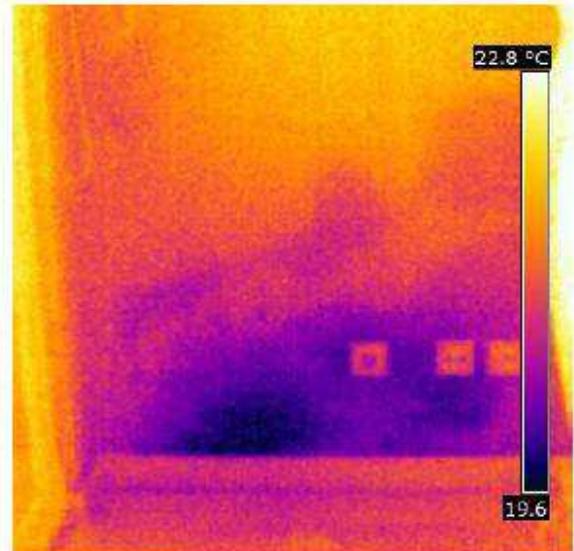


Figura 18 - Detecção precoce de infiltração onde não era possível de se visualizar sem a termografia (Mendonça, Miguel, & Catarino).

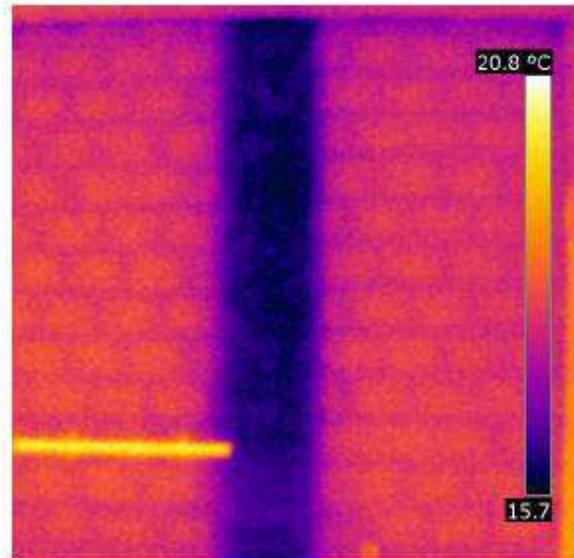


Figura 19 - Detecção de Pilar (Mendonça, Miguel, & Catarino).

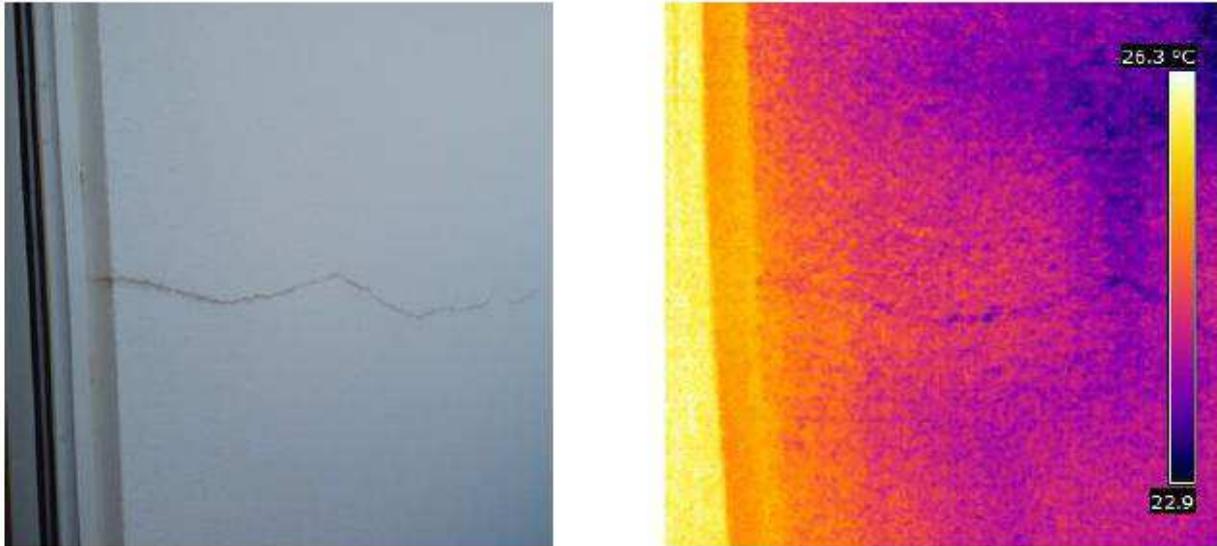


Figura 20 - Análise termográfica de rachadura. Note que a rachadura em questão apresenta pequeno gradiente térmico, ou seja, é uma fissura, e não causa problemas estruturais. Se fosse uma trinca, a rachadura toda seria visualizada em laranja ou amarelo (Mendonça, Miguel, & Catarino).

### 3. CONCLUSÃO

Foi possível a explicação sucinta do ensaio não-destrutivo de termografia e a demonstração de alguns usos dessa técnica nos diversos setores industriais.

A termografia leva algumas vantagens perante outros ensaios não-destrutivos:

- Não é necessário o contato físico direto com o objeto a ser ensaiado, o que permite a realização de ensaios a distância, promovendo maior segurança e praticidade;
- É rápido, pois não há a necessidade de se esperar algum tipo de reação, como o ensaio de líquidos penetrantes, por exemplo;
- É barato, pois uma mesma câmera pode ser utilizada para todos os ensaios, necessitando-se apenas alterar o excitador térmico e a configuração sobre a emissividade;
- Permite a melhoria dos termogramas obtidos através do uso de diversos softwares e algoritmos de processamento de imagens.

### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, M.; Chaves, C.; Birch, R. (2003). Impact on Aircraft. *17th Brazilian Congress of Mechanical Engineering*. São Paulo.
- Grosso, M. (Novembro de 2011). Análise Termográfica de Defeitos de Corrosão em Aços Revestidos por Materiais Compósitos. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: UFRJ/Escola Politécnica.
- José R. Tarpani, Euripedes G. R. de Almeida, Éder C. A. Simêncio, Lucas P. Mota, , Jaime H. A. A. Paz, Alan R. M. Gualberto, Felipe L. A. Cardoso, Cristina A. Gatti. (2009). Inspeção Termográfica de Danos por Impacto em Laminados de Matriz Polimérica Reforçadas por Fibra de Carbono. *Ciência e Tecnologia*, vol. 19, nº 4, 318-328.

Silva, V. M. (Fevereiro de 2014). Termografia Ativa Pulsada Aplicada a Juntas Compósitas Laminadas. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: UFRJ/ Escola Politécnica.

Spohr, C. B., Franken, T., Steffenello, M., Steffenello, F., & Paluchowski, C. (2011). Bases teóricas de inspeção termográfica para aplicação em componentes elétricos. *Semana Internacional das Engenharias da FAHOR*. Horizontina - RS.

Mendonça, L. V., Miguel, A. M., & Catarino, P. S. (s.d.). *A termografia por infravermelhos*. Lisboa: Spy Building - Inspeção de Edifícios.

## 5. COMUNICADO DE RESPONSABILIDADE

O autor é o único responsável pelo material pesquisado.

**Abstract.** The present technical work intends to approach the applications of thermography in the industry, with emphasis on the most used applications in the aeronautical sector. Thermography is a non destructive test method that aims at obtaining the thermal profile of a surface, thus allowing the identification of regions with high temperature variation. This region can mean the existence of defects that can lead to the mechanical failure of the analyzed object. Through research of academic articles and periodicals, it was tried to demonstrate some of the applications of the thermography, non-destructive test method that proved to be quite useful, showing to have a large field of applications in several industrial segments, allowing very agile and versatile tests.