

RAMON DA SILVA DIAS  
MAYKON GONÇALVES MÜLLER  
NELSON LUIZ REYES MARQUES



# TERMOGRAFIA E FÍSICA

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA FUNDAMENTADA  
NA PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL



**PPGCITED**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO



**INSTITUTO FEDERAL**  
Sul-rio-grandense  
Câmpus Pelotas - Visconde da Graça

## Ficha Técnica

### Autores

Ramon da Silva Dias

Maykon Gonçalves Müller

Nelson Luiz Reyes Marques

### Ficha Catalográfica

D541s Dias, Ramon da Silva

Termografia e Física: uma sequência didática fundamentada na perspectiva histórico-cultural / Ramon da Silva Dias, Maykon Gonçalves Müller, Nelson Luiz Reyes Marques. – 2024.  
37 f. : il.

Produto educacional (Mestrado) – Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Câmpus Pelotas Visconde da Graça, Programa de Pós - graduação em Ciências e Tecnologias da Educação, 2024.

1. Física - ensino. 2. Termografia. 3. Educação Profissional e Tecnológica. 4. Sequência didática. I. Müller, Maykon Gonçalves. II. Marques, Nelson Luiz Reyes. III. Título.

CDU: 37.02:53

Catálogo na fonte elaborada pelo Bibliotecário  
Emerson da Rosa Rodrigues CRB 10/2100  
Câmpus Pelotas Visconde da Graça



Esta obra está licenciada com uma Licença *Creative Commons*

Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional

# **Termografia e Física:**

## **uma sequência didática fundamentada na perspectiva histórico-cultural**

Ramon da Silva Dias  
Maykon Gonçalves Müller  
Nelson Luiz Reyes Marques

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	2
A PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL DE VYGOTSKY.....	3
OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS .....	5
SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	7
REFERÊNCIAS .....	15
APÊNDICE A – Materiais utilizados durante os encontros da sequência didática	16
APÊNDICE B - Questionário Conceitos Espontâneos/Científicos subjacentes às técnicas termográficas .....	37

## APRESENTAÇÃO

Prezado(a) professor(a), este material é uma produção didática pedagógica destinada aos processos de ensino e aprendizagem na área da termografia. Sua proposta parte da articulação dos conceitos físicos subjacentes às técnicas termográficas, por meio de atividades experimentais e de problemas/soluções relativos à prática profissional de termografistas.

Este produto, organizado a partir de uma sequência didática, foi desenvolvido e analisado na dissertação de mestrado intitulada **"Ensino de Física e Termografia: uma investigação fundamentada na perspectiva histórico-cultural"**<sup>1</sup>. Embasados pela perspectiva Histórico-Cultural de Vygotsky (2001), realizamos uma ação de formação continuada com profissionais da área de transmissão de uma empresa de energia elétrica. Os resultados encontrados indicam uma boa aceitação em relação ao modelo pedagógico adotado que, somando com a qualidade dos termogramas obtidos pelos profissionais, evidenciam o avanço intelectual e consequente evolução dos conceitos científicos trabalhados.

Para as/os professores(as) que desejam se aprofundar no processo de implementação da sequência didática, convidamos a consultar a referida dissertação de mestrado, onde são pormenorizados os procedimentos adotados e os resultados obtidos. Na sequência, passamos a apresentar as bases teóricas deste produto educacional, quais sejam perspectiva Histórico-Cultural de Vygotsky (2001) e a proposta metodológica dos Três Momentos Pedagógicos (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2011). Por fim, trazemos a proposta da sequência didática, pormenorizando as atividades a serem realizadas em consonância aos objetivos almejados.

---

<sup>1</sup> A dissertação foi realizada no curso de Mestrado Profissional em Ciências e Tecnologias na Educação, oferecido pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação (PPGCITED) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul) – Câmpus Pelotas-Visconde da Graça (CaVG).

## A PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL DE VYGOTSKY

Os estudos de Vygotsky (2001) tiveram como base o materialismo histórico e o materialismo dialético, ambos concebidos por Karl Marx, em que o surgimento do trabalho é considerado a base das mudanças sociais e do desenvolvimento humano. Haja vista a amplitude da perspectiva vigotskiana, neste produto educacional trataremos, especificadamente, do processo de desenvolvimento das funções psicológicas superiores, da formação dos conceitos científicos e das ferramentas psicológicas.

Segundo Vygotsky (2001), as funções psicológicas superiores originam-se em processos sociais, sendo a conversão de relações sociais em funções mentais, as quais se caracterizam pela presença de símbolos e signos. Compreendendo a aprendizagem como uma construção social, histórica e cultural, os instrumentos e os signos são os elementos mediadores.

Os instrumentos são as ferramentas que controlam, modificam e amplificam ação do homem sobre a natureza, acelerando sua transformação, sendo um instrumento externo ao indivíduo. Já os signos, chamados também de ferramentas psicológicas, permitem influenciar a mente e modificam o comportamento do indivíduo. Os signos são criações artificiais, são dispositivos sociais, em que estão incluídos a linguagem, os símbolos algébricos, os esquemas, os diagramas, bem como todos os tipos de sinais convencionados.

Para Vygotsky (2001), novos conteúdos a serem ensinados devem antecipar à existência das funções psicológicas necessárias à aprendizagem, pois é por meio dessa aprendizagem que essas funções são formadas. Os signos têm, portanto, papel de mediador entre as funções psicológicas superiores e as relações sociais, quando esses signos são interiorizados, o desenvolvimento cognitivo do sujeito será aumentado. Quanto maior for a quantidade de símbolos e de signos que se consiga assimilar, mais amplo será o seu aprendizado.

A elaboração conceitual é uma função psicológica superior que o homem desenvolveu para pensar, analisar e generalizar os elementos da realidade, sendo esses conceitos divididos em espontâneos e científicos (Joenk, 2002). Com origem em situações do dia a dia, nas observações, manipulações e vivências, os conceitos espontâneos (CE) nascem na concretude das experiências do indivíduo e das

relações sociais, tendo predominantemente uma essência intuitiva, sem necessidade de educação formal. O indivíduo não tem consciência nem controle do uso desse conceito (Vygotsky, 2001).

Seria um equívoco pensarmos que todo conhecimento espontâneo se transforma em conhecimento científico (CC). Alguns conhecimentos espontâneos permanecem ao longo da vida do indivíduo. Vygotsky (2001) propõe partir do CE para chegar ao CC. Os conceitos científicos são conscientes, verbais, sistemáticos e sistematizados, trazendo consciência e controle ao processo cognitivo, onde a mente do indivíduo não necessita concretude para alcançar a abstração dos fenômenos. A consciência faz com que os CC façam sentido para nós, indivíduos, sendo, portanto, a “porta de entrada” da abstração.

Nessa direção, a aprendizagem por cooperação torna-se mais eficiente, contando com a ajuda de um professor ou um colega mais experiente, sendo esse indivíduo também conhecido por parceiro mais capaz (Prestes, 2010). Vygotsky (2001) definiu a ZDI - Zona de Desenvolvimento Iminente, como a distância entre o nível do desenvolvimento atual do estudante, que é definido pela capacidade de resolução de questões sem ajuda, e o nível do desenvolvimento possível, que é definido com a capacidade de resolução de problemas, pelo estudante, em colaboração com um parceiro mais capaz. Por conseguinte, novos conteúdos devem ser ensinados sem que necessariamente o indivíduo tenha as funções psicológicas necessárias à aprendizagem.

Este produto educacional propõe uma metodologia de ensino, formalizada a partir de uma sequência didática, com foco na evolução dos CC, utilizando como ponto de partida os CE, aliado a aprendizagem por cooperação. A metodologia de ensino prevê uma melhor percepção das anomalias térmicas na análise dos termogramas por parte dos profissionais e, a partir das contribuições da teoria histórico-cultural de Vygotsky, busca explorar os conceitos físicos subjacentes às técnicas termográficas.

## OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

A sequência didática deste produto educacional foi organizada a partir dos Três Momentos Pedagógicos descritos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011). Os Três Momentos Pedagógicos representam uma metodologia de ensino que busca promover uma aprendizagem crítica, especialmente no campo das Ciências Naturais. Essa abordagem pedagógica está fundamentada na ideia de que o ensino deve estar conectado à realidade dos estudantes, estimulando a reflexão e a participação ativa no processo educacional.

No primeiro momento, denominado Problematização da Inicial, o ponto de partida é a experiência e o contexto dos estudantes. O professor incentiva os alunos a resgatarem seu ambiente, identificando situações ou fenômenos que despertam curiosidade ou que representam problemas em seu cotidiano. Essa etapa é importante para envolver os estudantes, pois ao reconhecerem a relevância dos temas em sua própria realidade, tornam-se mais motivados a aprender. Através de debates, questionamentos e compartilhamento de vivências pessoais, os estudantes começam a levantar hipóteses e a desenvolver um olhar crítico sobre o mundo ao seu redor.

O segundo momento, chamado Organização do Conhecimento, o foco se volta para a busca, sistematização e compreensão dos conhecimentos necessários para abordar os problemas identificados. Aqui, o papel do professor é essencial como organizador do processo de ensino e de aprendizagem. Ele proporciona acesso a conceitos científicos, teorias e informações relevantes que ajudarão os estudantes a entenderem os temas em discussão. Nesse momento, o professor realiza atividades variadas, como pesquisas em diferentes fontes, experimentações práticas, aulas expositivas dialogadas e trabalhos em grupo. Essa etapa possibilita que os alunos estabeleçam conexões entre o conhecimento científico e os problemas reais, desenvolvendo habilidades de investigação e pensamento crítico (Gaspar, 2014).

No terceiro momento, a Aplicação do Conhecimento, os estudantes são encorajados a utilizar o que aprenderam para propor soluções ou intervenções relacionadas aos problemas iniciais. Nesse momento, busca-se pela “generalização da conceituação”, isto é, a identificação e o emprego da conceituação científica envolvida, em que “é o potencial explicativo e conscientizador das teorias científicas que deve ser explorado.

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo estudante, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento. Em síntese, o movimento da problematização, contido nos 3MP, pode possibilitar que os educandos se tornem críticos das próprias experiências, interpretando suas vidas, não apenas passando por elas.

## SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática apresentada abaixo envolve o ensino dos conceitos de Física, atividades experimentais e exemplificação de problemas/soluções relativos à prática profissional pertinentes às técnicas termográficas. Os tópicos abordados foram divididos em cinco encontros, os quais foram estruturados a partir dos Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011).

Tais momentos se dividiram da seguinte forma: o Primeiro Momento Pedagógico (problematização inicial) compreende o primeiro encontro; o Segundo Momento Pedagógico (organização do conhecimento) abrange o segundo e o terceiro encontro; o Terceiro Momento Pedagógico (a aplicação do conhecimento) envolve os dois últimos encontros. Abaixo, passamos a descrever as atividades planejadas para cada encontro. No Apêndice A, disponibilizamos o material utilizado, podendo servir de exemplar para implementação da sequência didática.

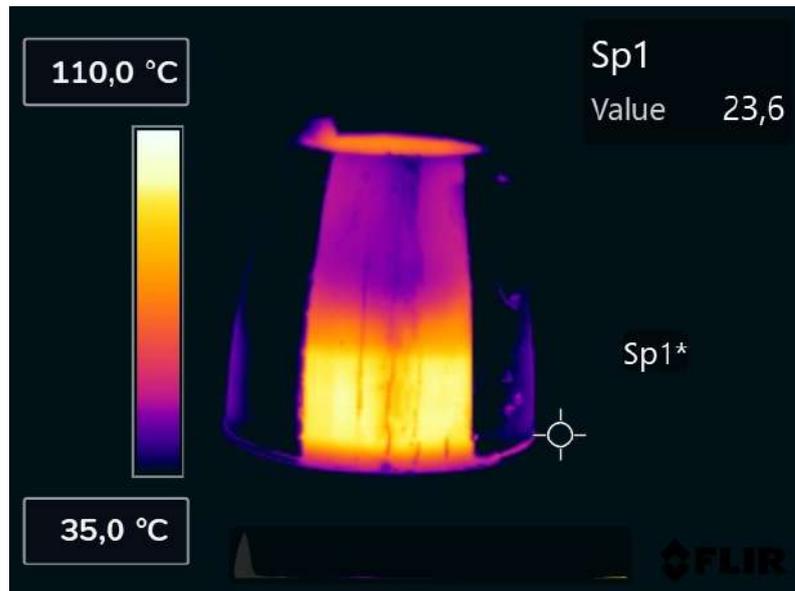
### ▣ 1º Encontro (Duração: 2 horas)

---

Inicia com a apresentação de um breve histórico da termografia e a evolução das câmeras no final do século XX e início do século XXI. Na sequência, são expostas diversas aplicações da termografia, abordando como ela tem sido utilizada em diferentes áreas da Ciência e da Engenharia, bem como na manutenção preditiva de equipamentos industriais. Além disso, explora-se a evolução das câmeras térmicas ao longo das décadas, mostrando como os avanços tecnológicos permitiram o aprimoramento da sensibilidade, precisão e acessibilidade dessas ferramentas.

Ao final do encontro, é solicitado que os estudantes respondam a um questionário (Apêndice B) que objetiva, além de resgatar os conhecimentos espontâneos a partir da observação da imagem térmica (Figura 1) obtida através de ensaio realizado com corpo de prova (Figura 2), instigar a percepção dos estudantes acerca da importância dos conceitos científicos subjacentes às técnicas termográficas.

Figura 1: Termograma do corpo de prova.



Fonte: o autor

Figura 2: Ensaio Termográfico.



Fonte: o autor.

O corpo de prova foi parcialmente revestido com cores opacas, enquanto outra parte de sua superfície apresentava um alto índice de refletividade. A primeira observação esperada pelos estudantes é a condução térmica, evidenciada pela transferência de calor da mão do professor para a alça da chaleira. A segunda observação prevista consiste na reflexão do professor no corpo de prova, visível na imagem térmica na parte mais reflexiva da superfície.

No questionamento sobre qual cor apresentava a maior e a menor temperatura, espera-se que os estudantes concluam que não existe variação de temperatura entre

as diferentes cores opacas e que, na região reflexiva, a temperatura é menor. Após parte do corpo de prova ser preenchido com água quente, conforme ilustrado no termograma da Figura 1, os estudantes são questionados sobre os fenômenos observados. As respostas esperadas incluem a condução térmica e o gradiente de temperatura na superfície.

Com base na natureza dos conceitos espontâneos descrita por Vygotsky (2011), que emergem das experiências cotidianas dos estudantes, torna-se evidente a importância de identificar esses conhecimentos nas respostas aos questionários aplicados. Esses conceitos espontâneos são essenciais para orientar e planejar as atividades de aprendizagem no segundo momento pedagógico, denominado Organização do Conhecimento. Ao reconhecer e valorizar esses saberes iniciais, é possível planejar atividades de ensino que os conectem aos conhecimentos científicos, conforme as recomendações de Vygotsky. Dessa forma, o ensino parte das ideias já internalizadas pelos estudantes, facilitando a transição para conceitos científicos mais complexos.

## ▣ 2º Encontro (Duração: 2 horas)

---

O segundo encontro contempla parcialmente a etapa de organização do conhecimento da sequência didática, conforme proposta por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011). Nessa fase, a exposição dos conceitos de forma lógica e sistematizada tem como ponto de partida os conceitos espontâneos identificados durante a problematização inicial (primeiro encontro). Além disso, o papel do professor, atuando como parceiro mais capaz, é essencial para promover a evolução conceitual dos estudantes, guiando-os desde seus conceitos espontâneos em direção à compreensão de conceitos científicos.

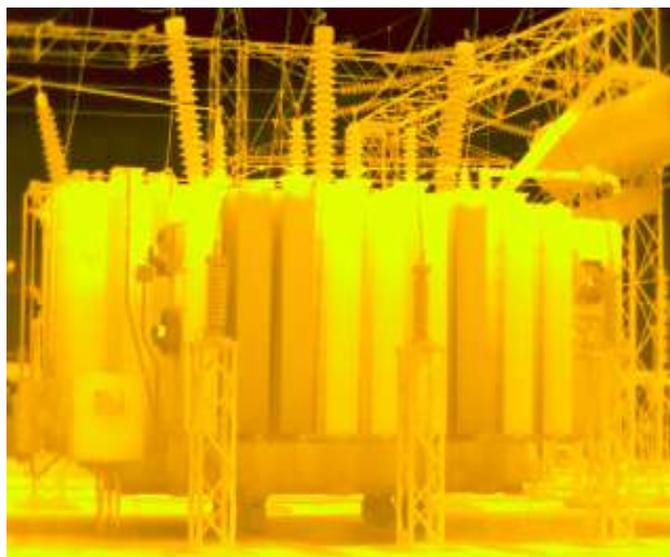
Cabe destacar que a etapa anterior desempenha um papel fundamental ao possibilitar a estimativa da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) dos estudantes, fornecendo subsídios essenciais para o planejamento das atividades propostas nesta segunda fase. Os conteúdos devem ser estruturados de modo a criar situações que incentivem a interação social entre os estudantes, permitindo a observação de seu progresso conceitual, conforme as diretrizes de Vygotsky (2001).

Neste encontro, são apresentados diversos conceitos fundamentais para a compreensão dos fenômenos térmicos. O primeiro conceito abordado foi de temperatura, relacionado à agitação das moléculas, e sua correlação com grandezas físicas que variam de maneira biunívoca, como pressão, volume e resistência elétrica, conhecidas também como grandezas termométricas.

Em seguida, é explorado o conceito de equilíbrio térmico, que se refere à transferência de energia na forma de calor entre dois corpos até atingirem a mesma temperatura. Os estudantes, então, revisitam o conceito físico de calor e, posteriormente, os mecanismos de propagação de calor. O primeiro mecanismo discutido é a condução, podendo ser exemplificada pela demonstração da transferência de calor da mão do professor para a alça do corpo de prova (chaleira). Através do termovisor, é possível observar o aumento de temperatura na alça após a retirada da mão do professor, evidenciando o processo de condução térmica.

O segundo mecanismo de propagação de calor abordado é a convecção, que ocorre exclusivamente em fluidos. Para ilustrar esse processo, podem ser utilizados como exemplo os transformadores de potência, que empregam óleo mineral tanto como isolante quanto como meio refrigerante. A convecção é facilitada pelos radiadores incorporados a esses transformadores (Figura 3).

Figura 3: Exemplo de propagação de calor por convecção em transformadores de potência.



Fonte: o autor

O terceiro mecanismo de propagação de calor discutido compreende a radiação, que, ao contrário dos anteriores, não requer um meio material ou contato

para ocorrer, podendo acontecer inclusive no vácuo. Em seguida, pode ser demonstrado o conceito de gradiente térmico com a imagem obtida do corpo de prova pelo termovisor: ao se derramar água quente no reservatório, é possível observar o comportamento do fenômeno físico (Figura 1).

### ▣ 3º Encontro (Duração: 2 horas)

---

No início do terceiro encontro, ainda na organização do conhecimento (Segundo Momento Pedagógico), é promovida uma discussão sobre os conceitos físicos abordados no encontro anterior, facilitando a compreensão dos novos conceitos a serem explorados. Devem ser enfatizados, em especial, os conceitos diretamente relacionados à termografia, dada sua importância no contexto das atividades práticas.

Nesse sentido, pode-se tratar do experimento de Herschel, que levou à descoberta da radiação infravermelha, além do espectro eletromagnético, da radiação infravermelha e do conceito de emissividade. O cientista inglês William Herschel, em 1800, repetiu a experiência de Isaac Newton, que usou um prisma para decompor a luz, com o objetivo de verificar qual cor causava maior aquecimento no bulbo de um termômetro. Herschel foi surpreendido ao observar que, além da luz vermelha (fora do espectro visível), ocorria um aquecimento maior do que nas outras cores, levando-o à descoberta da radiação infravermelha.

Após uma breve discussão sobre a simplicidade do experimento em relação à significativa contribuição que trouxe para a Ciência, deve-se abordar os temas relacionados à radiação infravermelha, a qual é emitida por qualquer corpo cuja temperatura esteja acima do zero absoluto (zero Kelvin). Em seguida, é apresentado o conceito de espectro eletromagnético, culminando na definição do conceito de emissividade, definido como a comparação entre a excitância emitida pelo objeto analisado e a excitância emitida por um corpo negro, ambos à mesma temperatura (Muniz, 2019).

Dependendo do nível escolar dos estudantes, é fundamental que as definições sejam tratadas de forma simplificada, por exemplo, abordando a maior ou menor capacidade de um corpo em emitir radiação eletromagnética, além da relação entre a energia emitida por um objeto qualquer (considerado cinzento) e a energia emitida por

um corpo negro. A partir da definição de corpo negro, é essencial esclarecer que a definição de radiância térmica idealizada é crucial para a termografia.

A imagem obtida do corpo de prova pelo termovisor (Figura 1) é, então, associada ao conceito de emissividade. Os estudantes podem observar que, apesar do termovisor medir temperaturas distintas, nas diferentes cores e superfícies, todas estavam em equilíbrio térmico, corroborando que as superfícies emitiam radiação de forma diferente. Além disso, o conceito de emissividade também ajuda a esclarecer o porquê do reflexo do próprio instrutor ser visível no corpo de prova durante a experiência. Por fim, a radiometria é explorada de forma detalhada, enfatizando sua capacidade de medição quantitativa da radiação eletromagnética.

Em síntese, o objetivo deste encontro é aprofundar a compreensão dos estudantes sobre a técnica de termografia e suas diversas aplicações científicas e tecnológicas. Ao final do encontro, é solicitado que os estudantes respondam novamente o questionário (APENDICE A), que busca verificar a evolução dos conceitos científicos subjacentes às técnicas termográficas, permitindo a comparação de respostas anteriores e posteriores ao segundo momento pedagógico.

#### ▣ 4º Encontro (Duração: 2 horas)

---

O quarto encontro, compreende a primeira etapa do terceiro momento da intervenção, qual seja a aplicação do conhecimento (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2011). Nesse momento, cabe ao professor propor atividades tanto teóricas quanto práticas, com o objetivo de desenvolver nos estudantes competências tecnológicas e específicas relacionadas ao objeto conceitual em estudo. É nessa fase que os estudantes começam a explorar os conceitos científicos, superando os conceitos espontâneos originados de sua vivência sociocultural (Vygotsky, 2001; Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2011).

Inicialmente, as respostas ao terceiro questionário são debatidas, com o objetivo de sintetizar e organizar os conceitos trabalhados nos encontros anteriores. Em seguida, são abordados temas relevantes aos ensaios termométricos, incluindo tópicos essenciais como escalas de medição, nível de campo e amplitude, além do conceito de foco térmico, que permite ajustar a nitidez das imagens térmicas para uma melhor identificação de variações de temperatura. Além disso, devem ser explorados

os fatores que podem influenciar diretamente as medições térmicas, como a emissividade dos materiais, a distância entre o objeto e o termovisor, e a presença de fontes externas de calor ou reflexões, as quais podem distorcer os resultados. Esses conceitos são fundamentais para o uso eficaz das câmeras térmicas, especialmente em ambientes que exigem alta precisão nas medições.

Ao final do encontro, são tratados temas relacionados à manutenção preventiva e preditiva, destacando a importância da termografia como ferramenta para identificar problemas em equipamentos antes que resultem em falhas graves. A análise de termogramas, que consiste na interpretação de imagens térmicas para detectar padrões anômalos de calor, é outro ponto central, capacitando os estudantes a entenderem como a termografia pode ser usada de forma eficaz para monitorar condições operacionais e prevenir avarias. Cada um desses tópicos pode ser demonstrado de maneira prática utilizando o termovisor, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4: Demonstração dos ensaios termográficos.



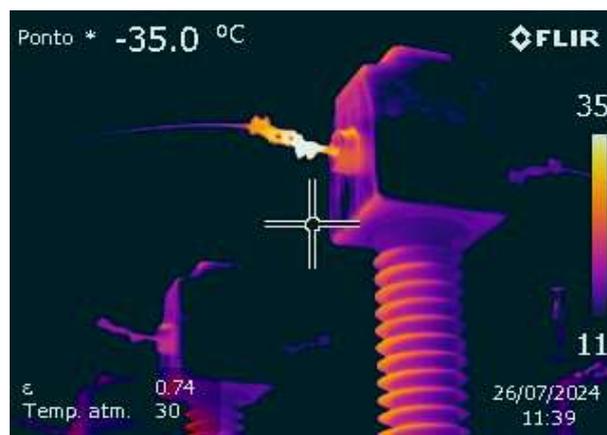
Fonte: o autor

## ▣ 5° Encontro (Duração: 4 horas)

O último encontro da sequência didática, também organizado a partir da aplicação do conhecimento (Terceiro Momento Pedagógico), envolve a atividade prática de operação e análise de termogramas. Como forma de organizar a turma, parte dos estudantes pode realizar análises de termogramas em software e outra realizar a operação do termovisor.

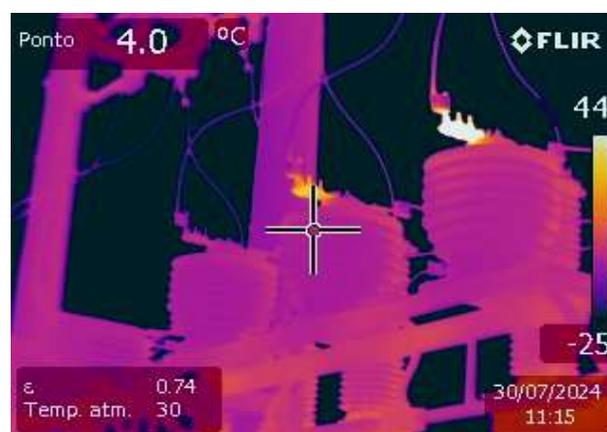
As Figuras 5 e 6 são exemplares de termogramas obtidos pelos estudantes que participaram da pesquisa. Por se tratar de um grupo de profissionais ligados a área de transmissão elétrica, as imagens referem-se a equipamentos pertencentes aos módulos de menor tensão de uma linha de transmissão. Todavia, sugere-se que, de acordo com o público-alvo, outros equipamentos sejam analisados por meio dos termovisores.

Figura 5: Termograma 01 obtido pelos estudantes.



Fonte: o autor

Figura 6: Termograma 02 obtido pelos estudantes.



Fonte: o autor

## REFERÊNCIAS

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A.; PERNAMBUCO, M.M. **Ensino de Ciências: Fundamentos e métodos**. 4ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.

GASPAR, A. **Atividades experimentais no Ensino de Física**. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

JOENK, I. K. **Uma Introdução ao Pensamento de Vygotsky**. Florianópolis, SC, v. 4, n. 4, p. 29-42, 2002.

PRESTES, Z. R. **Quando não é quase a mesma coisa: análise de traduções de Lev Semionovitch no Brasil, repercussões no campo educacional**. Tese de Doutorado. Brasília: Faculdade de Educação da Universidade de Brasília, 2010.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

## APÊNDICE A – Materiais utilizados durante os encontros da sequência didática



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense  
Campus Pelotas - Visconde da Graça  
PPG em Ciências e Tecnologias na Educação

# Capacitação em Termografia

Ramon da Silva Dias



## 1. INTRODUÇÃO

### Termografia (1)

Técnica de manutenção preditiva, que visa o acompanhamento de temperaturas de equipamentos e instalações, sem contato do instrumento com o item monitorado.



## 1. INTRODUÇÃO

### Termografia (2)

A termografia é genericamente definida como a técnica de sensoriamento remoto, que possibilita a medição de temperaturas e a formação de imagens térmicas de um componente, equipamento ou processo, a partir da radiação infravermelha.



## 1. INTRODUÇÃO

### Termovisor:

Instrumentos de termografia ou de imageamento térmico que empregam um sistema ótico para captar e focalizar a energia infravermelha capturada pelo sistema da cena para o detector do aparelho. O detector é sensível à energia na porção infravermelha do espectro eletromagnético.



## 1. INTRODUÇÃO

### Evolução dos Termovisores:



## 1. INTRODUÇÃO

### Evolução dos Termovisores:



1966



1970



1975



1980



1994



## 1. INTRODUÇÃO

Evolução dos Termovisores:



Imagem Cortesia Eletrotécnico Nalter Camargo



## 1. INTRODUÇÃO

Evolução dos Termovisores:



2000



2002



2005



2006



2010

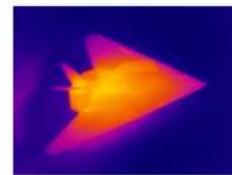


## 1. INTRODUÇÃO

Aplicações:



MILITAR



 INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DO RIO GRANDE

# 1. INTRODUÇÃO

Aplicações:

**PETROQUÍMICA**



**SIDERÚRGICA**



 INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DO RIO GRANDE

# 1. INTRODUÇÃO

Aplicações: **PETROQUIMICA**



 INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DO RIO GRANDE

# 1. INTRODUÇÃO

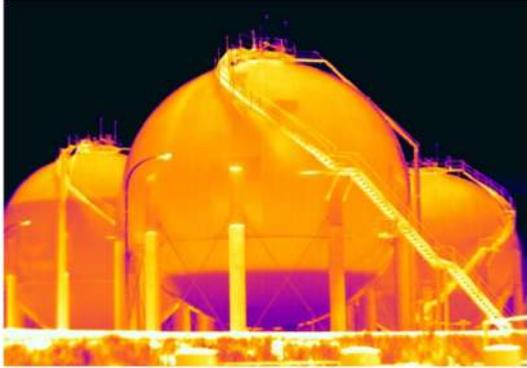
Aplicações: **PETROQUIMICA**



 INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DO RIO GRANDE DO SUL

# 1. INTRODUÇÃO

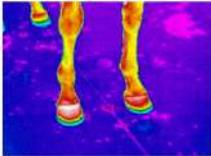
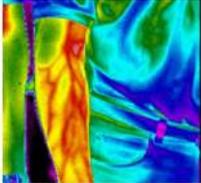
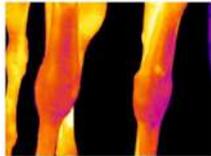
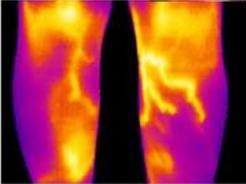
Aplicações: PETROQUÍMICA



 INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DO RIO GRANDE DO SUL

# 1. INTRODUÇÃO

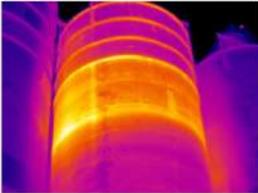
Aplicações: MÉDICA



 INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DO RIO GRANDE DO SUL

# 1. INTRODUÇÃO

Aplicações: INDÚSTRIA

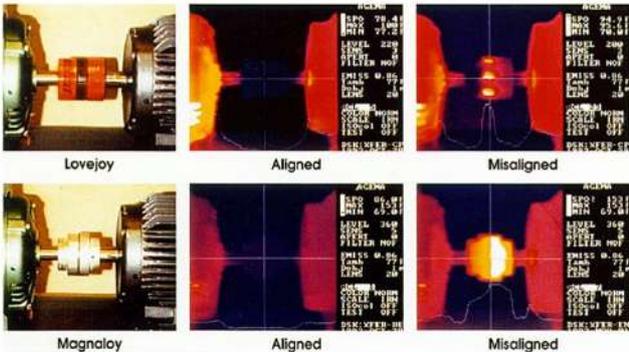


 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL

# 1. INTRODUÇÃO

Aplicações:

MECANICA



Lovejoy      Aligned      Misaligned

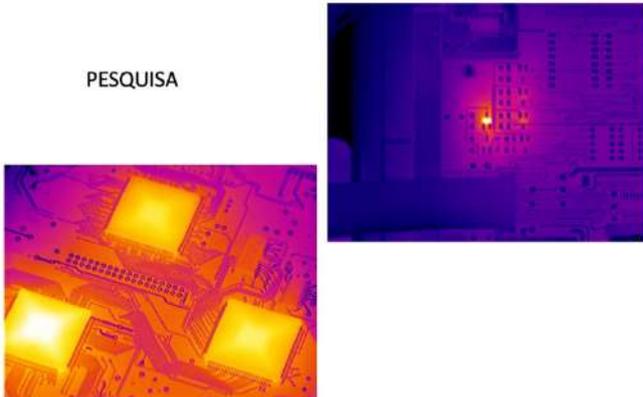
Magnaloy      Aligned      Misaligned

 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL

# 1. INTRODUÇÃO

Aplicações:

PESQUISA



 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL

# 1. INTRODUÇÃO

Aplicações:



CONSTRUÇÃO CIVIL



## 1. INTRODUÇÃO

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### Radiometria - Características

A radiometria se enquadra nas técnicas de sensoriamento remoto, onde as medições são realizadas por sensores que não estão em contato físico com o objeto em estudo.



## 1. INTRODUÇÃO

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### Radiometria - Características

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



## 2. TERMOMETRIA

### Temperatura:

É a medida do grau de agitação molecular. Essa medida é feita indiretamente medindo-se a variação de grandezas físicas que variam biunivocamente com a temperatura.

Por esse motivo são chamadas grandezas físicas termométricas. Como exemplo podemos citar a pressão, o volume e a resistência elétrica.



## 2. TERMOMETRIA

### Equilíbrio Térmico:

Quando dois corpos a temperaturas diferentes são colocados em contato, inicia-se um processo de transferência de energia do corpo mais quente (o que tem maior temperatura) para o corpo mais frio (o que tem menor temperatura). Esse processo ocorre naturalmente e a energia transferida é, chamada calor.



## 2. TERMOMETRIA

### Gradiente de Temperatura:

Gradiente de temperatura é uma quantidade física que descreve a direção e a taxa de mudança de temperatura em uma região do espaço.

É uma quantidade dimensional expressada em unidades de temperatura por unidade de comprimento.

A unidade de SI: kelvin por metro (K/m).



## 2. TERMOMETRIA

### Mecanismos de transmissão de Calor:

Condução

Convecção

Radiação



## 2. TERMOMETRIA

### Mecanismos de transmissão de Calor:

#### Condução:

É a transferência de energia entre partes adjacentes de um sólido em consequência da existência de um gradiente térmico no mesmo.

Na condução, o calor se transfere a camadas sucessivas do material, através da difusão da energia cinética média das moléculas. Essa energia é maior nas regiões mais quentes e menor nas mais frias. A condutibilidade térmica é o parâmetro que determina a maior ou menor capacidade de um material conduzir calor.



## 2. TERMOMETRIA

### Mecanismos de transmissão de Calor:

#### Convecção:

É um processo de transmissão de calor por condução de massa, característico dos fluidos. O calor é transferido de uma região para outra devido a variações de densidade, decorrentes da presença de gradientes térmicos.

A convecção pode ser natural ou forçada. Neste último caso, quando estimulada pela ação do vento, de um ventilador ou de uma bomba.



## 2. TERMOMETRIA

### Mecanismos de transmissão de Calor:

#### C – Radiação:

É a transferência de calor através de ondas eletromagnéticas. Todos os corpos emitem naturalmente radiação eletromagnética em função da temperatura absoluta segundo a lei de Stefan-Boltzmann.

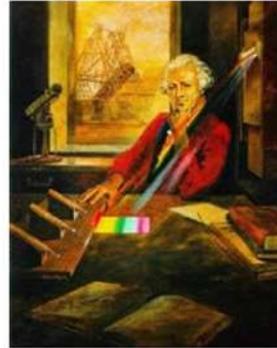
Peça radiação, os corpos podem trocar calor sem qualquer contato físico, mesmo no vácuo. A maior ou menor capacidade do corpo em emitir radiação eletromagnética é dada pela sua emissividade.



## 2. RADIOMETRIA

### Experimento de Herschel:

Em 1.800, o astrônomo inglês William Herschel repetiu a experiência de Newton, com a finalidade de descobrir qual das cores do arco-íris daria mais resultado no aquecimento do bulbo de um termômetro.



## 2. RADIOMETRIA

### Experimento de Herschel:

A experiência de Newton foi repetida com auxílio de um prisma e três termômetros de mercúrio com tubos pintado de preto. Assim, mediu a temperatura das cores refratadas pelo prisma, a partir da luz do sol.



## 2. RADIOMETRIA

### Experimento de Herschel:

Por fim, William Herschel, percebeu que o bulbo do termômetro se aquecia ainda mais se fosse colocado na região escura do espectro, que se estende além do extremo vermelho.

**Assim foi descoberta a radiação infravermelha.**





## 2. RADIOMETRIA

### Infravermelho:

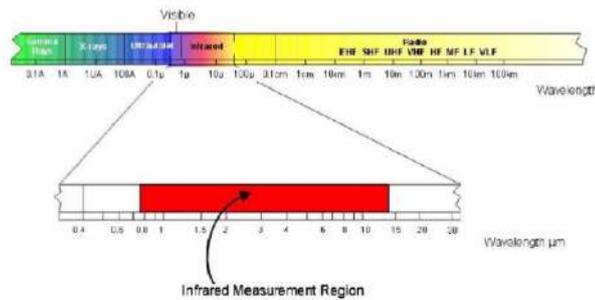
O infravermelho é uma frequência eletromagnética naturalmente emitida por qualquer corpo, com intensidade proporcional a sua temperatura.

Pela radiação, os corpos podem trocar calor sem qualquer contato físico, mesmo no vácuo. A maior ou menor capacidade do corpo em emitir radiação eletromagnética é dada pela sua emissividade.



## 2. RADIOMETRIA

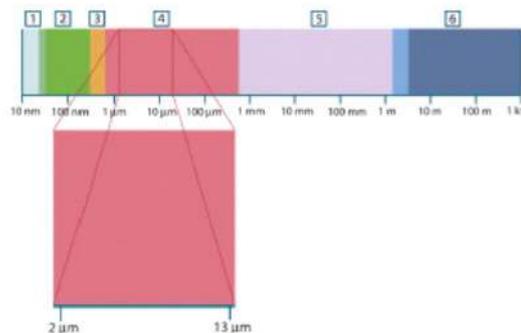
### Infravermelho:



## 2. RADIOMETRIA

### Infravermelho:

- 1- Raio X
- 2- UV
- 3- Visível
- 4- Infravermelhos
- 5- Microondas
- 6- Ondas radioelétricas





## 2. RADIOMETRIA

### Emissividade:

É a relação entre a energia emitida por um objeto qualquer (considerado cinzento) e a energia emitida por um corpo negro.

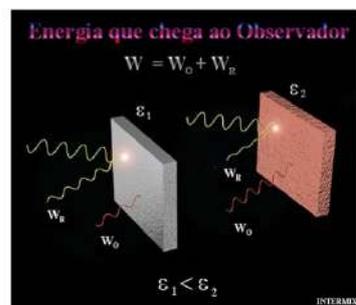
A emissividade depende do comprimento de onda, da temperatura absoluta da radiação, da forma e do tipo de superfície do objeto. Os corpos cinzentos têm sua emissividade menor que 1 (< 100%).

*A emissividade é importante porque muitos instrumentos para medição de temperatura sem contato, requerem correção para compensar erros de medição.*



## 2. RADIOMETRIA

### Emissividade:



Por exemplo, na observação de um corpo com emissividade 0,75, o equipamento recebe 75% de radiação emitida e 25% de radiação refletida pelo mesmo.



## 2. RADIOMETRIA

### Corpo Negro:

Pode-se dizer que a energia que o objeto absorve e a energia que objeto emite são iguais.

Quando, em um objeto, a absorção é igual a 1 (100%), a reflexão e a transmissão são iguais a zero, nesse caso chamamos esse corpo de negro.



## 2. RADIOMETRIA

### Corpo Negro:

Se tivermos um corpo totalmente não reflexivo e completamente opaco, toda energia recebida por este corpo será absorvida.

Este tipo de corpo é um absorvedor perfeito e também será um emissor perfeito de radiação.

“Corpo negro” trata-se de um termo usado para descrever um objeto, capaz de absorver toda a energia que o atinge e de emitir a máxima radiação para uma dada temperatura.



## 2. RADIOMETRIA

### Radiometria:

A radiometria se enquadra 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**.



## 2. RADIOMETRIA

### Termografia:

A termografia é genericamente definida como a técnica de sensoriamento remoto, que possibilita a medição de temperaturas e a formação de imagens térmicas de um componente, equipamento ou processo, a partir da radiação infravermelha.



## 2. RADIOMETRIA

Termovisor:

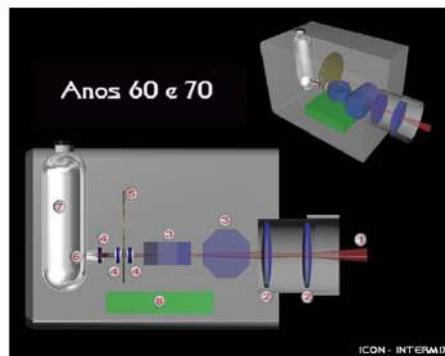
Instrumentos de termografia ou de imageamento térmico que empregam um sistema óptico para captar e focalizar a energia infravermelha capturada pelo sistema da cena para o detector do aparelho. O detector é sensível à energia na porção infravermelha do espectro eletromagnético.



## 2. RADIOMETRIA

Termovisor refrigerado e detector único:

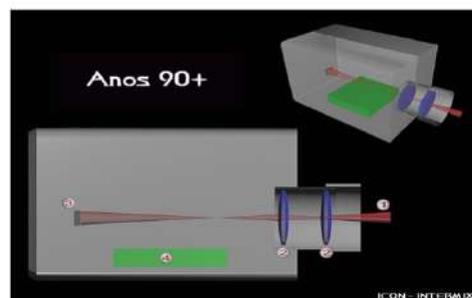
- 1 – RADIAÇÃO
- 2 – LENTES
- 3 – PRISMAS ROTATIVOS
- 4 – FILTROS
- 5 – DIAFRAGMA
- 6 – DETECTOR
- 7 – REFRIGERANTE (NITROGÊNIO)
- 8 – ELETRÔNICA / PROCESSADOR



## 2. RADIOMETRIA

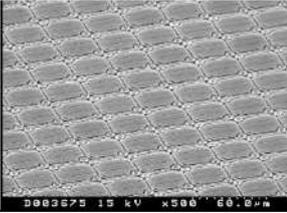
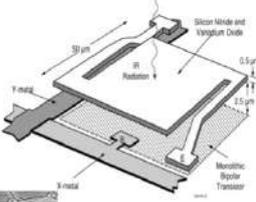
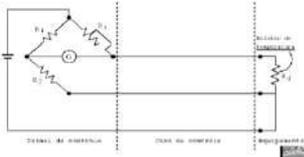
Termovisor não refrigerado (Microbolômetro):

- 1 – RADIAÇÃO
- 2 – LENTES
- 3 – DETECTOR (MICROBOLÔMETRO)
- 4 – ELETRÔNICA / PROCESSADOR



**2. RADIOMOMETRIA**

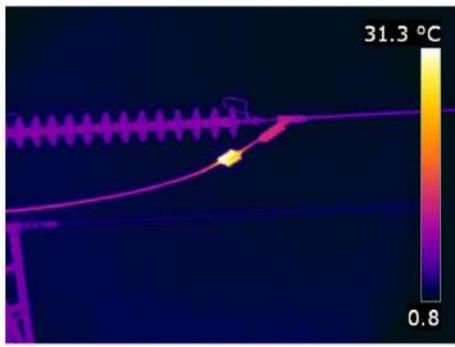
**Microbolômetros:**



**3. Ensaio Termográficos**

**Anomalia Térmica:**

Quando um condutor é aquecido ao ser percorrido por uma corrente elétrica, ocorre uma transformação de energia elétrica em energia térmica. Este fenômeno é conhecido como Efeito Joule.



**3. Ensaio Termográficos**

**Inspeção Termográfica:**

Inspeção termográfica é a observação do comportamento térmico de um equipamento ou sistema em pleno funcionamento, sem a interferência no mesmo.





### 3. Ensaios Termográficos

#### Vantagens:

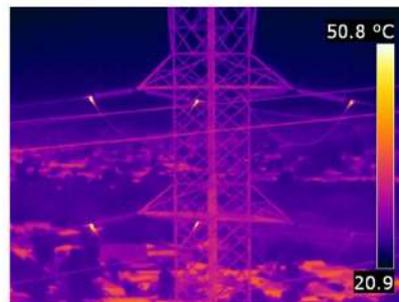
- Realização de medições sem contato físico com a instalação (segurança).
- Verificação de equipamentos em pleno funcionamento (não interfere na produção).
- Inspeção de grandes superfícies em pouco tempo (alto rendimento).



### 3. Ensaios Termográficos

#### Método Qualitativo:

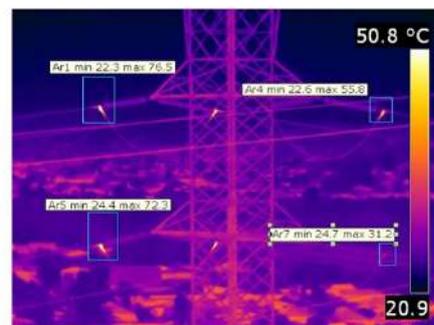
Neste caso, a atenção do termografista está detida basicamente à forma gráfica de como a temperatura está distribuída sobre o corpo ou objeto inspecionável.



### 3. Ensaios Termográficos

#### Método Quantitativo:

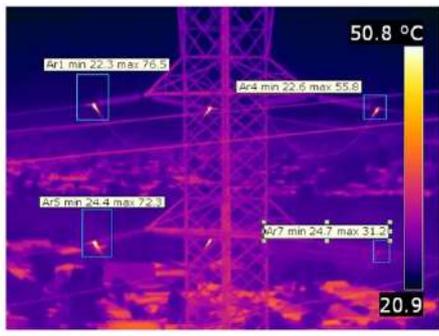
Este método exige que para avaliarmos um desvio térmico é necessário que tenhamos o modelo térmico padrão fornecido pelo fabricante, ou desenvolvido através de cálculos matemáticos e/ou ensaios.



 INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DO RIO GRANDE

### 3. Ensaios Termográficos

**Imagem Térmica (Termograma):**  
Imagem gráfica que representa a radiação infravermelha captada pelo termógrafo.



 INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DO RIO GRANDE

### 3. Ensaios Termográficos

**Escala:**  
Cada faixa de temperatura corresponde a uma tonalidade de cor, representada em uma escala cromática que varia de acordo com as diferentes faixas de temperatura do objeto em observação.

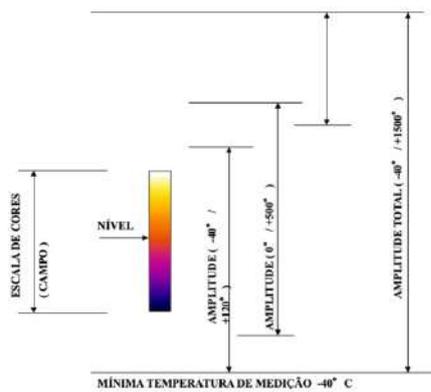


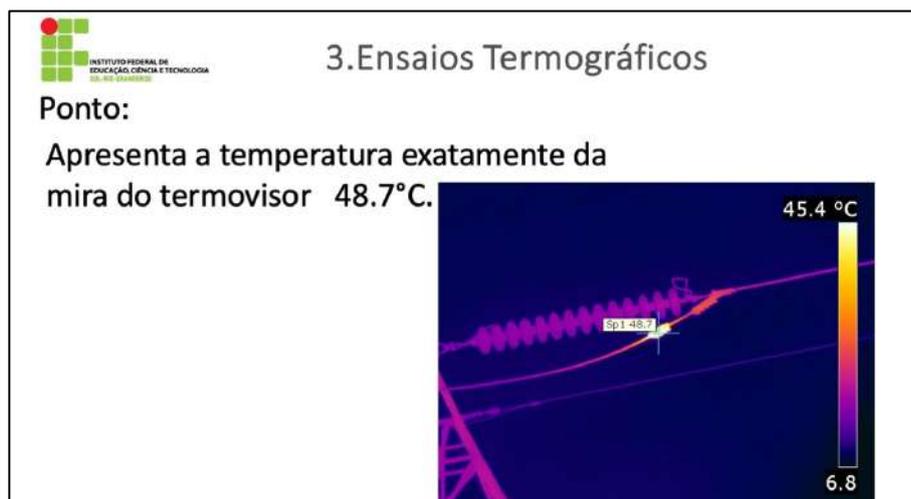
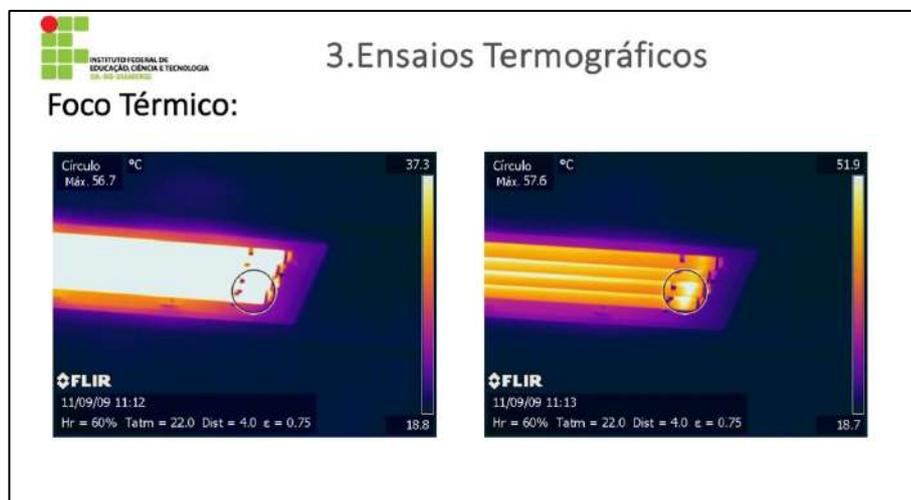
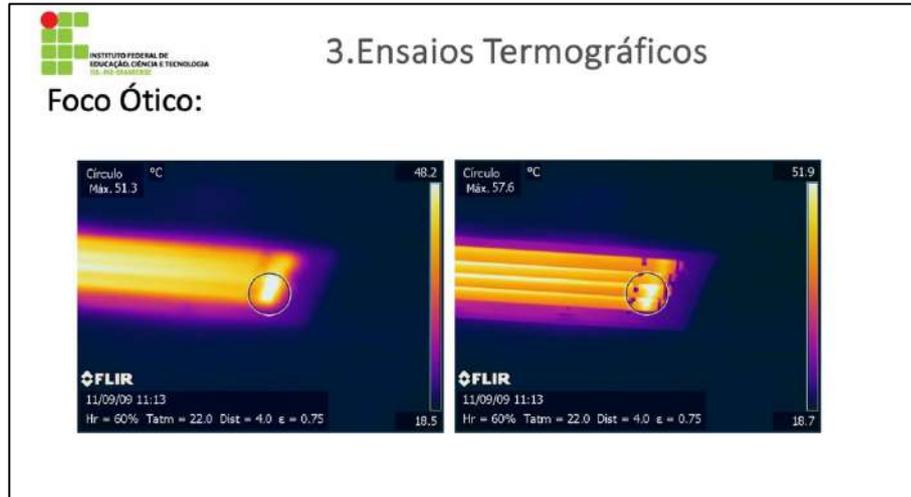
 INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DO RIO GRANDE

### 3. Ensaios Termográficos

**Escala:**

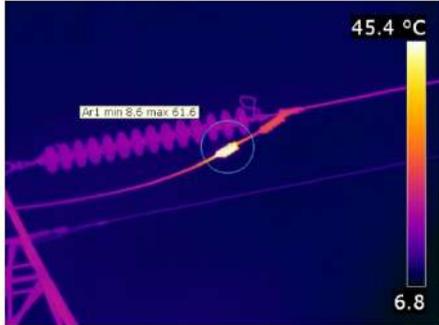
- *Nível*
- *Campo*
- *Amplitude*





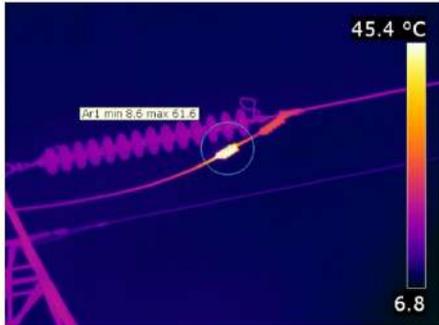
 **3. Ensaios Termográficos**

**Área:**  
Apresenta a temperatura máxima, mínima ou média, dentro do círculo, conforme pré determinado no termovisor. Neste caso a máxima 61.6°C



 **3. Ensaios Termográficos**

**Área:**  
Apresenta a temperatura máxima, mínima ou média, dentro do círculo, conforme pré determinado no termovisor. Neste caso a máxima 61.6°C



 **3. Ensaios Termográficos**

**Fatores que interferem nos ensaios:**

- *Distância*
- *Umidade relativa do ar*
- *Temperatura ambiente refletida*
- *Temperatura atmosférica*
- *Vento*



## 4. Inspeção Termográfica

### Método Qualitativo:

Neste caso, a atenção do termografista está detida basicamente à forma gráfica de como a temperatura está distribuída sobre o corpo ou objeto inspecionável.



## 4. Inspeção Termográfica

### Método Quantitativo:

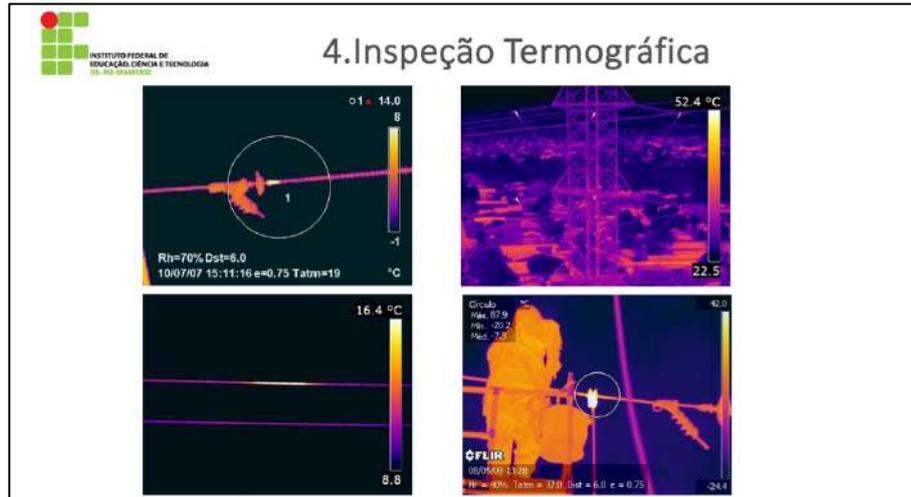
Este método exige que para avaliarmos um desvio térmico em uma máquina, processo ou instalação é necessário que tenhamos o modelo térmico padrão fornecido pelo fabricante, ou desenvolvido através de cálculos matemáticos e/ou ensaios.



## 4. Inspeção Termográfica

### Inspeção:

É a realização de vistorias, buscando a identificação de atos e ou condições abaixo do padrão, bem como a sua análise e adoção de medidas corretivas.

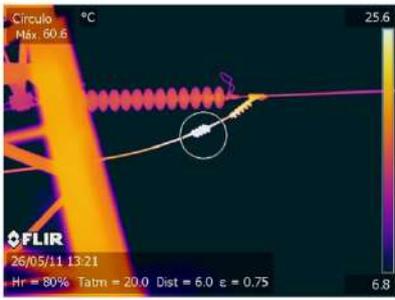




### 4. Inspeção Termográfica

**Anomalia Térmica (Ponto Quente):**

*É a elevação da temperatura a níveis que sejam considerados fora dos padrões normais de um equipamento em pleno funcionamento.*



## APÊNDICE B - Questionário Conceitos Espontâneos/Científicos subjacentes às técnicas termográficas

ESTUDANTE: \_\_\_\_\_

**Instruções:** Partindo do princípio de que as imagens observadas pelo termovisor são formadas por uma escala de cores que representam uma escala de temperatura, responda os questionamentos a partir da observação do corpo de prova.

1. Descreva os fenômenos físicos observados através do termovisor, antes da água quente ser derramada no corpo de prova (reservatório)?
2. Qual a cor que representa uma maior temperatura observando a imagem térmica gerada pelo termovisor? Qual representa a menor temperatura?
3. O material do corpo de prova (reservatório) interfere na temperatura observada na imagem térmica gerada pelo termovisor?
4. A cor da superfície interfere na temperatura observada pelo termovisor?
5. Observando a imagem térmica gerada pelo termovisor, o corpo de prova (jarra) está com toda sua superfície na mesma temperatura. Após ser derrubada a água quente no reservatório, quais os fenômenos físicos puderam ser observados?