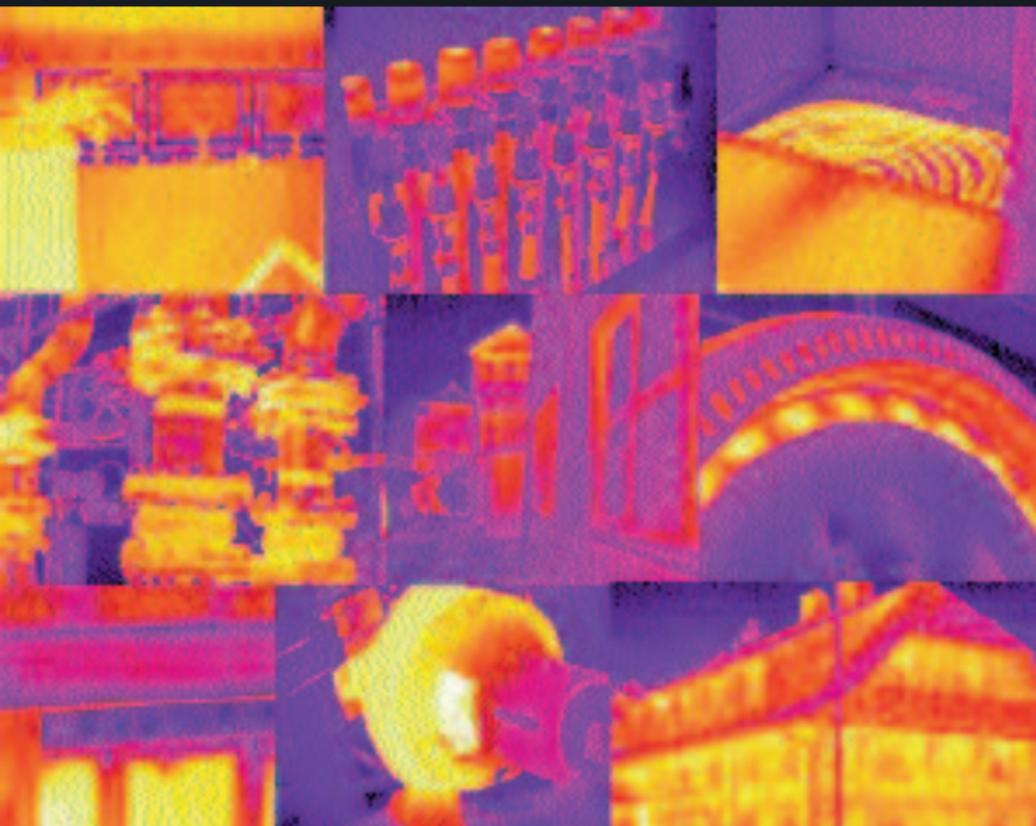




Compromisso com o futuro

Guia de Bolso Testo para Termografia



Teoria – Aplicação Prática – Dicas & Truques



Direitos Autorais, garantia e responsabilidade

A informação inserida neste Guia de Bolso é protegida por direitos autorais. Todos os direitos pertencem exclusivamente a Testo. O conteúdo e fotos não podem ser reproduzidos comercialmente, modificados ou usados para propósitos diferentes da finalidade definida ao usuário sem o consentimento prévio por escrito da Testo.

A informação neste Guia de Bolso Foi produzida com grande cuidado. Todavia, a informação prestada não é vinculativa, e a Testo reserva o direito de fazer mudanças ou adicionar informações. A Testo entretanto não oferece nenhuma garantia para a correção e completude das informações prestadas. Responsabilidade, a partir de qualquer fundamento legal que possa surgir, é limitada aos danos causados pela Testo ou seus agentes ou contratados através de qualquer intenção, negligência grave ou, no caso de uma violação material das obrigações contratuais. Em casos de negligência menor, o alcance da responsabilidade da Testo é limitado aos danos típicos e previsíveis para transações comparáveis desta natureza. Isto não afeta os direitos que decorrem da indenização ou garantias de acordo com a Lei de Responsabilidade de Produto.

Testo, Julho 2009

Prefácio

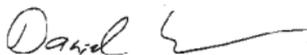
Prezado cliente Testo,

“Imagens dizem mais do que mil palavras”

Em tempos de alta nos preços de energia e custos em maquinário, a medição de temperatura sem contato tem se fixado tanto para a avaliação da eficiência como na construção e manutenção industrial. Entretanto, a termografia não é apenas termografia, e existem algumas regras básicas a serem seguidas na medição de temperatura sem contato.

O “Guia de Bolso Testo para Termografia” foi criado para se resumir as questões levantadas pelos nossos clientes no dia-a-dia. Contendo informações interessantes com dicas para aplicações práticas, este guia é destinado para que você tenha suporte em seu trabalho diário.

Boa leitura!

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Daniel Auer".

Daniel Auer,

Gerente de Produto Grupo Medições por Infravermelho



Conteúdo

1. Teoria da termografia	5
1.1 Emissão, reflexão, transmissão	6
1.2 Ponto de medição e distância de medição	13
2. Termografia na prática	16
2.1 Objeto medido e ambiente de medição	16
2.2 Determinando ϵ e RTC em aplicações práticas	25
2.3 Fontes de erro na medição por infravermelho	28
2.4 As melhores condições para medições infravermelho	34
2.5 A imagem térmica perfeita	35
3. Apêndice	38
3.1 Glossário da termografia	38
3.2 Tabela de emissividade	50
3.3 Recomendações Testo	52

1 Teoria da termografia

Todo objeto com temperatura acima do zero absoluto (0 Kelvin = $-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$) emite radiação infravermelha. Esta radiação infravermelha é invisível ao olho humano.

Como o físico Max Planck já provou em 1900, existe uma correlação entre a temperatura de um corpo e a intensidade da radiação infravermelha que este emite.

Uma câmera termográfica mede uma longa onda de radiação infravermelha recebida dentro do seu campo de visão. A partir disto se calcula a temperatura do objeto a ser medido. O cálculo dessa temperatura leva em consideração os fatores de emissividade (ϵ) da superfície do objeto medido e a compensação da temperatura refletida (RTC = compensação de temperatura refletida), ambas as variáveis podem ser definidas manualmente nas câmeras termográficas.

Cada píxel do detector representa um ponto térmico que é mostrado no display da câmera termográfica em uma cor simulada (ver “Ponto de medição e distância de medição”, p. 13).

A termografia (medição de temperatura em imagem térmica) é um método de medição passivo e sem contato. A imagem térmica mostra a distribuição de temperatura na superfície de um objeto, por esta razão, você não pode visualizar dentro ou através dos objetos.

1.1 Emissão, reflectância, transmitância

A radiação registrada pela câmera termográfica consiste da emissão, reflectância e transmitância da onda-longa de radiação infravermelha que emerge dos objetos que estão no campo de visão da câmera termográfica.

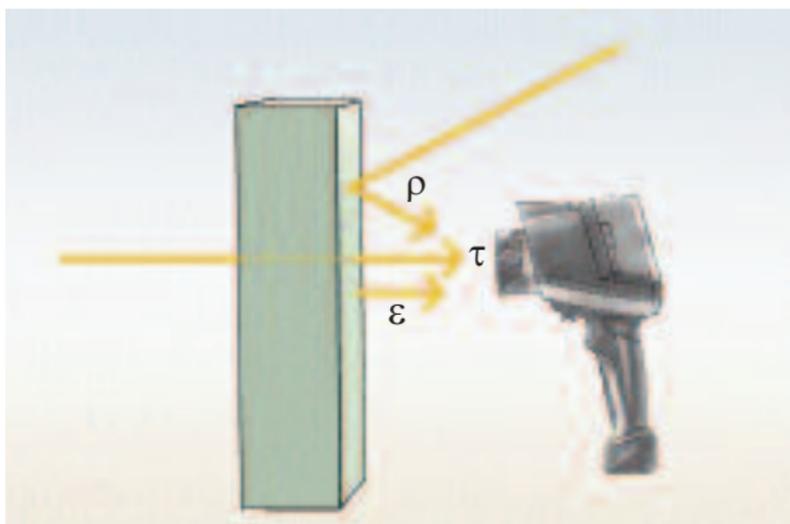


Figura 1.1: Emissão, reflexão e transmissão



Emissividade (ϵ)

Emissividade (ϵ) é a medida da capacidade de um material para emitir (liberar) radiação infravermelha.

- ϵ varia de acordo com as propriedades da superfície, material e, para alguns materiais, também de acordo com a temperatura do objeto medido.

- Emissividade máxima: $\varepsilon = 1$ (☒ 100%) (ex. “corpo negro”, p. 38). $\varepsilon = 1$ na realidade nunca ocorre.
- Corpos reais: $\varepsilon < 1$, porque corpos reais também refletem e alguns inclusive transmitem radiação.
- Muitos materiais não metálicos (ex. PVC, concreto, substâncias orgânicas) tem alta emissividade no range infra vermelho de onda-longa que não depende da temperatura ($\varepsilon \approx 0.8$ a 0.95).
- Os metais, particularmente aqueles com superfície brilhante, tem baixa emissividade que flutua com a temperatura.
- ε pode ser ajustada manualmente no termovisor.

Reflectância (ρ)

A reflectância (ρ) é a medida da capacidade de um material de refletir a radiação infravermelha.



- ρ depende das propriedades da superfície, da temperatura e o tipo de material.
- Em geral, superfícies lisas e polidas refletem mais do que as ásperas feitas do mesmo material.
- A temperatura da radiação refletida pode ser ajustada manualmente nos termovisores (RTC).
- Em muitas aplicações, o RTC corresponde a temperatura ambiente. Ex: medida com termômetro testo 810.
- O RTC pode ser determinado usando um radiador Lambert (ex. “Medição da temperatura refletida usando (de improviso) um radiador Lambert”, p. 27).
- O angulo de reflexão da radiação infravermelha refletida é



sempre o mesmo que o ângulo de incidência (ver “reflexão especular”, p.31).

Transmitância (τ)



A Transmitância (τ) é a medida da capacidade de determinado material de transmitir (permitir a passagem) da radiação infravermelha.

- τ depende do tipo e espessura do material.
- A maior parte dos materiais não são transmissivos, ou seja, impermeáveis a radiação infravermelha de ondas-longas.

Lei de radiação de Kirchhoff

A radiação infravermelha registrada pela câmera termográfica consiste em:

- a radiação emitida pelo objeto medido
- a reflectância da radiação ambiente
- a transmitância da radiação do objeto medido

(Ver Fig. 1.1, p. 6)

A soma destas partes sempre deve ser 1 (= 100%):

$$\varepsilon + \rho + \tau = 1$$

Como a transmitância raramente desempenha um papel na prática, então τ é omitida a fórmula e

$$\varepsilon + \rho = 1$$

é simplificado para

$$\varepsilon + \rho = 1.$$

Para a termografia, isto significa:

Quanto menor a emissividade,

- ⇒ maior a porcentagem de radiação infravermelha refletida,
- ⇒ maior dificuldade em fazer medições precisas de temperatura e
- ⇒ maior importância em configurar corretamente a compensação de temperatura refletida (RTC).

Correlação entre emissão e reflectância

1. Objetos medidos com emissividade alta ($\epsilon \geq 0.8$):

- ⇒ têm baixa reflectância (ρ): $\rho = 1 - \epsilon$.
- ⇒ Sua temperatura pode ser medida muito facilmente com a câmera termográfica.

2. Objetos medidos com emissividade média ($0.8 < \epsilon < 0.6$):

- ⇒ têm média reflectância (ρ): $\rho = 1 - \epsilon$.
- ⇒ Sua temperatura pode ser medida facilmente pelo termovisor.

3. Objetos medidos com emissividade baixa ($\epsilon \leq 0.6$)

- ⇒ tem alta reflectância (ρ): $\rho = 1 - \epsilon$.
- ⇒ Pode se medir a temperatura com o termovisor, mas os resultados devem ser analisados cuidadosamente.
- ⇒ É essencial ajustar a compensação de temperatura refletida (RTC) corretamente, pois é um fator primordial no cálculo da temperatura.

Garantir o ajuste da emissividade corretamente é crucial onde



existem grandes diferenças de temperatura entre o objeto medido e o ambiente de medição.

1. Onde a temperatura do objeto medido é mais alta que a temperatura ambiente (ex. aquecedor mostrado na Fig. 1.2):
 - ⇒ O ajuste da emissividade excessivamente alta, resulta em leituras de temperatura excessivamente elevada (ex. câmera 1).
 - ⇒ O ajuste da emissividade excessivamente baixa, resulta em leituras de temperatura excessivamente baixa (ex câmera 2).
2. Onde a temperatura do objeto medido é mais baixa que a temperatura ambiente (ex. porta mostrada na Fig. 1.2):
 - ⇒ Emissividade excessivamente alta resulta em ajuste da leitura de temperatura excessivamente baixa (ex. imagem 1).
 - ⇒ Emissividade excessivamente baixa resultam em ajuste da leitura de temperatura excessivamente alta (ex. imagem 2).

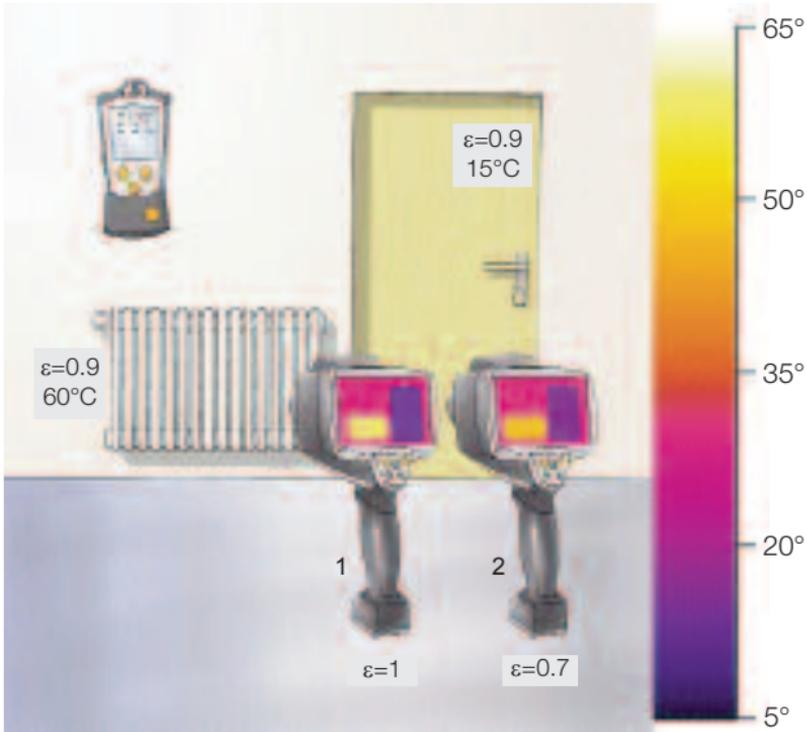


Figura 1.2: Efeito de ajuste incorreto de emissividade para medição de temperatura

Observação: Quanto maior for a diferença entre a temperatura do objeto medido e a temperatura ambiente, e menor for a emissividade, maiores são os erros de medição. Estes podem aumentar se o ajuste de emissividade for incorreto.





- Com a câmera termográfica pode-se medir apenas a temperatura superficial, nunca no interior ou através de um objeto.
- Muitos materiais como o vidro que é transparente ao olho humano, não são transmissivos (permeável) a onda-longa de radiação infravermelha (ex. “Medições em vidro”, p. 30).
- Quando necessário, remova qualquer cobertura do objeto a ser medido, senão a imagem térmica irá medir somente a temperatura superficial desta cobertura.

Cuidado:

Sempre siga as instruções de operação do objeto medido!

- Os poucos materiais transmissíveis são, por exemplo, folhas de plástico fino e germânio, o mesmo material de que é feita a lente e o vidro de proteção do termovisor da Testo.
- Se elementos situados abaixo da superfície afetam a distribuição da temperatura na superfície do objeto medido através da condução, estruturas de desenho interno do objeto medido podem frequentemente ser identificado na imagem térmica. Todavia, a câmera termográfica sempre mede a temperatura da superfície. Um valor exato do estado dos valores de temperatura dos elementos dentro do objeto medido não é possível.

1.2 Ponto de medição e distância de medição

Três variáveis devem ser tomadas em conta para se determinar a distância de medição apropriada e o tamanho máximo do objeto a ser medido que é visível ou mensurável:

- o ângulo de visão (FOV);
- o menor objeto identificável (IFOV_{geo}) e
- o menor objeto mensurável/ponto de medição(IFOV_{meas}).

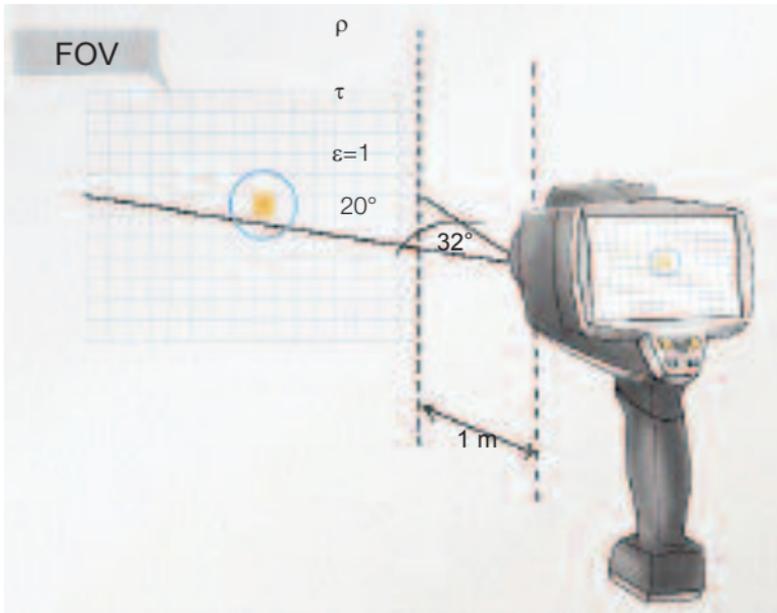


Figura 1.3: O ângulo de visão da câmera termográfica



O ângulo de visão (FOV) do termovisor descreve a área visível com a imagem térmica (fig. 1.3). Este ângulo é determinado pela lente objetiva usada (ex. objetiva angular 32° de série para termovisor testo, teleobjetiva de 12° disponível como acessório).



Para se ter um amplo campo de visão, você deve usar uma lente de ângulo aberto.

Além disso, você deve saber a especificação para o menor objeto identificável ($IFOV_{geo}$) de seu termovisor. Isto define o tamanho de um píxel de acordo com a distância.

Com uma definição espacial das lentes de 3.5 mrad e distância

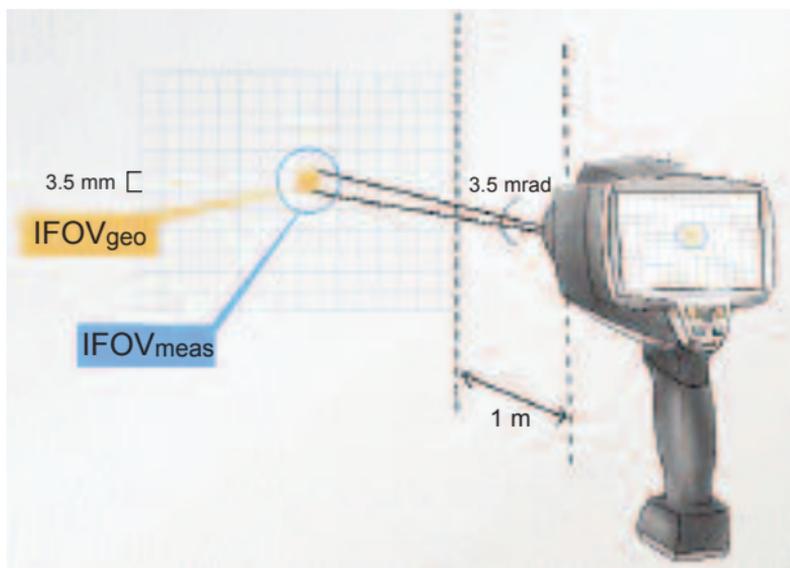


Figure 1.4: Ângulo de visão de um pixel individual

de medição de 1 m, o menor objeto identificável ($IFOV_{geo}$) tem comprimento de borda de 3.5 mm e é mostrado no display como um píxel (ver fig. 1.4, p14). Para medir com precisão, o objeto medido deve ser 2 a 3 vezes maior que o menor objeto identificável ($IFOV_{geo}$).

A seguinte fórmula se pode aplicar como regra geral para o menor objeto mensurável ($IFOV_{meas}$):

$$IFOV_{meas} \approx 3 \times IFOV_{geo}$$

2 Termografia na prática

- Para uma boa resolução espacial, você pode usar lentes teleobjetivas.
- Com a régua calculadora FOV da Testo, se calcula valores FOV, $IFOV_{meas}$ e $IFOV_{geo}$ para diferentes distâncias. Peça esta régua de cálculo sem custo pelo www.testo.com.br ou calcule online.





2.1 Objeto medido e ambiente de medição

O objeto medido

1. Material e emissividade



A superfície de cada material tem emissividade específica de uma quantidade de radiação infravermelha emitida do material que é ● refletida e

● emitida (irradiado do próprio objeto).

2. Cor



A cor do material não tem efeito perceptível nas ondas longas de radiação infravermelhas emitidas pelo objeto medido.

Superfícies escuras absorvem mais ondas curtas de radiação infravermelha do que superfícies claras e conseqüentemente se aquece mais rapidamente. Entretanto, radiação infravermelha emitida depende da temperatura e não da cor da superfície do objeto medido. Um aquecedor pintado de preto, por exemplo, emite exatamente a mesma quantidade de ondas longas de radiação infravermelha quanto um aquecedor pintado de branco na mesma temperatura.

3. Superfície do objeto medido



As propriedades da superfície do objeto medido tem papel crucial na medição de temperatura com um termovisor. A emissividade da superfície varia de acordo com a estrutura da superfície, sujeira, poeira ou revestimentos.

Estrutura da superfície

Em geral, a emissividade em superfícies, lisas, brilhantes, reflexivas e/ou polidas são mais baixas que em superfícies, rugosas, ásperas, arranhadas do mesmo material. Em superfícies muito lisas ocorre freqüentemente reflexões especulares. (ver “Reflexão especular”, p. 31).

Umidade, neve e gelo na superfície

Água, neve e geada tem relativamente altas emissividades (aprox. $0.85 < \epsilon < 0.96$), então, a medição destas substâncias geralmente ocorre sem problemas. Entretanto, você deve ter em mente de que a temperatura do objeto medido pode ser distorcida por revestimentos naturais deste tipo. Superfícies congeladas de objetos medidos podem se evaporar e a neve tem boa isolamento destas propriedades. Geadas usualmente não formam superfície gelada, então a emissividade da geada bem como a superfície debaixo da mesma deve ser levada em consideração ao se medir.

Sujeira e corpos estranhos na superfície

Sujeira na superfície do objeto medido como poeira, fuligem ou óleo lubrificante, geralmente aumentam a emissividade da superfície. Por esta razão, objetos sujos geralmente não são problema. Entretanto, seu termovisor sempre mede a temperatura da superfície, ex. a sujeira, e não a temperatura exata abaixo da superfície do objeto.



- A emissividade do material depende muito da estrutura da superfície do material.
- Faça o ajuste correto da emissividade de acordo com a cobertura na superfície do objeto de medição.
- Evite medições em superfícies molhadas ou cobertas neve ou geada.
- Evite medições em sujeira (distorção da temperatura por bolsas de ar).
- Quando medir em superfícies lisas, esteja ciente de possível fonte de radiação na vizinhança (ex. sol, aquecedores etc).

O ambiente de medição



1. Temperatura ambiente

Você deve igualmente fatorar o ajuste da temperatura refletida (RTC) bem como o ajuste de emissividade (ϵ) de modo que seu termovisor possa calcular corretamente a temperatura da superfície do objeto medido. Em muitas aplicações, a temperatura refletida corresponde a temperatura ambiente (ex. “Radiação”, p.19). Você pode medir isto com um termômetro de ar, ex. teste 810.

Sempre que houver uma grande diferença de temperatura entre o objeto medido e o ambiente, é de grande importância ajustar a emissividade de forma correta (Fig. 1.2, p. 11).

2. Radiação



Todo objeto com temperatura acima de zero absoluto ($0 \text{ Kelvin} = -273.15 \text{ }^\circ\text{C}$) emite radiação infravermelha. Em particular, objetos com grande diferença de temperatura pode interromper a medição infravermelha em consequência de sua própria radiação. Você deve evitar ou desativar fontes de interferência deste tipo na medida do possível. Selecionando as fontes de interferência (ex. com lona ou caixa de papelão), você irá reduzir este efeito negativo na medição. Se o efeito da fonte de interferência não pode ser removido, a temperatura refletida não corresponde a temperatura ambiente. Um termômetro de globo ou radiador Lambert, por exemplo, é recomendado para medir a radiação refletida em conjunto com seu termovisor (ex. “Determinar a temperatura da radiação refletida”, p. 27).

Características especiais da termografia ao ar-livre

A radiação infravermelha emitida do céu limpo é referida informalmente como “radiação celestial fria difusa”. Se o céu está limpo, “radiação celestial fria difusa” ($\sim -50 \text{ }^\circ\text{C}$ a $-60 \text{ }^\circ\text{C}$) e luz solar quente ($\sim 5500 \text{ }^\circ\text{C}$) são refletidos durante o dia. Como o sol cobre menos área que o céu, o que significa que a temperatura refletida na termografia ao ar livre é geralmente abaixo de $0 \text{ }^\circ\text{C}$, mesmo em dia de sol. Objetos aquecem em decorrência da absorção de luz solar. Isto afeta a temperatura superficial consideravelmente – em alguns casos 4 horas depois de exposto a luz solar. Isto pode ser visto na Figura 2.1 onde a calha está mais fria que a parede da casa na imagem térmica. Entretanto, ambos tem aproximadamente a mesma temperatura. A imagem deve consequentemente ser interpretada.

Vamos supor que a superfície da calha está galvanizada e tem



Figura 2.1: Reflexão para medições ao ar livre

emissividade extremamente baixa ($\epsilon = 0.1$). Somente 10% das ondas longas de radiação infravermelha emitida pela calha é radiação inerente emissora, 90% é a radiação ambiental refletida. Se o céu está limpo, “radiação celestial fria difusa” (~ -50 °C a -60 °C) é refletida na calha. O termovisor é ajustado para $\epsilon = 0.95$ e RTC = -55 °C para assegurar a medição correta da casa. Devido a emissividade extremamente baixa e a reflectância extremamente elevada, a calha esta demasiado fria na imagem térmica. Para visualizar corretamente as temperaturas de ambos os materiais na imagem térmica, você pode mudar a emissividade de certas áreas retrospectivamente usando o software de análise (ex. com Testo IRSoft, versão 2.0)

- Sempre esteja ciente do efeito de sua própria radiação infravermelha .
- Mude sua posição durante a medição a fim de identificar quaisquer reflexos. Reflexos se movem, as características térmicas do objeto medido permanecem no mesmo lugar, mesmo se a inclinação mudar.
- Evite medições próximas a objetos muito quentes ou frios ou selecione estes.
- Evite luz solar direta. Faça medições pela manhã.
- Na medida do possível, execute medições ao ar livre quando o tempo estiver nublado.



3. Clima

Nuvens

As condições ideais para medição em exteriores se dão em um dia nublado, uma vez que as nuvens evitam que os objetos sejam afetados pelos raios do sol e “radiação celestial fria difusa” (Ver. “Radiação”, p. 19).



Precipitação

Precipitação pesada (chuva, neve) podem distorcer o resultado da medição. Água, gelo e neve tem alta emissividade e são impermeáveis à radiação infravermelha. Além disso, a medição de objetos molhados pode resultar em erros de medição, como a superfície do objeto medido esfria com a evaporação da precipitação (ex. “Superfície do objeto medido” p. 16).

O sol



(ver “Radiação”, p.19)



- Se possível, faça medições com a presença de nuvens pesadas.
- Igualmente tome nota das nuvens algumas horas antes da medição.
- Evite chuva pesada durante as medições.

4. O ambiente

Umidade ambiente



A umidade relativa do ar no ambiente de medição deve ser baixa o suficiente, de modo que não haja nenhuma condensação no ar (névoa), no objeto medido, no vidro de proteção ou nas lentes do termovisor. Se as lentes (ou vidro de proteção) estiverem encobertas por umidade, algumas das radiações infravermelhas não serão recebidas pelo termovisor, bem como a radiação não penetrará inteiramente através da água presente na lente.

Névoa extremamente densa pode afetar a medição, como as gotas de água na transmissão deixando menos radiação infravermelha no trajeto.

Fluxos de ar

O vento em um quarto pode afetar a medição da temperatura



com o termovisor.

Por meio da convecção, o objeto medido perde ou absorve calor até que a temperatura de sua superfície e a do ar sejam iguais. Este efeito da troca de calor aumenta a diferença de temperatura entre a superfície do objeto medido e a temperatura ambiente.

Poluição do ar

Algum material suspenso como poeira, fuligem e fumaça, por exemplo, bem como alguns vapores tem alta emissividade e são mal transmissores. Isto significa que podem interferir na medição, bem como emitir sua própria radiação infravermelha recebida pelo termovisor. Além do mais, somente um pouco da radiação infravermelha do objeto medido pode penetrar através do termovisor, o resto é dispersado e absorvido pelo material suspenso

5. Luz

Luz ou iluminação não tem impacto significativo na medição com um termovisor. Você também pode fazer medições no escuro, pois



- Nunca faça medições em névoa espessa ou em cima de vapor de água.
- Não faça medições quando a umidade do ar é condensada no termovisor (ex. “Superfície molhada, com neve ou congelada”).
- Evite vento e outros fluxos de ar durante a medição sempre que possível.
- Note a velocidade e o sentido de fluxos de ar durante a medição e fatore estes dados em sua análise das imagens térmicas.
- Não faça medições em ar muito poluído (ex. imediatamente depois da poeira ter sido levantada).
- Sempre faça medições com a menor distância possível para se minimizar o efeito de qualquer material suspenso no ar.



o termovisor mede a radiação infravermelha de onda longa. Entretanto, algumas fontes luminosas emitem radiação térmica infravermelha por si só e pode assim afetar a temperatura dos objetos ao seu redor. Você não deve medir diretamente na luz solar ou próximo a luz quente, por exemplo. Fontes de luz frias como LEDs ou luz neon não são críticas, pois elas convertem a maioria da energia usada em luz visível e não em radiação infravermelha.

2.2 Determinação de ϵ e RTC em aplicações práticas

Para determinar a emissividade da superfície do objeto medido, você pode, por exemplo:

- consultar a emissividade dada na tabela (ex. “Tabela de emissividade” Pág 50).

Cuidado:

Valores em tabelas de emissividade são somente valores guia. A emissividade da superfície do objeto medido pode diferir do valor especificado no guia.

- determine a emissividade por meio de uma referência de medição com um termômetro de contato (ex. com o testo 905-T2 ou testo 925) (ex. “Método usando termômetro de contato”, p. 25).
- determine a emissividade por meio de uma medição de referência com o termovisor (ex. “Método usando o termovisor”, p. 26).

Determinando a emissividade por meio de medição de referência

1. Método usando termômetro de contato

Primeiro deve-se medir a temperatura da superfície do objeto medido com termômetro de contato (ex. testo 905-T2 ou testo 925). Depois deve-se medir a temperatura da superfície do objeto de medição com o termovisor com pré-ajuste da emissividade em 1. A diferença entre o valor de temperatura medido pelo termômetro de contato e o termovisor é o resultado da emissividade. Abaixando gradualmente o ajuste de emissividade, você pode mudar a temperatura medida até



corresponder ao valor obtido na medição com contato. A emissividade ajustada corresponde é a emissividade da superfície do objeto medido.

2. Método com a câmera termográfica

Primeiro fixe a fita adesiva de emissividade conhecida (ex. fita adesiva de emissividade Testo) no objeto a ser medido. Depois de um curto período de tempo, você pode medir a temperatura da superfície do objeto medido na área coberta pela fita adesiva usando seu termovisor com ajuste de emissividade da fita adesiva. Esta será sua temperatura de referência. Agora vá ajustando a emissividade, até que o termovisor meça a mesma temperatura na área sem a fita com a temperatura de referência medida. A emissividade ajustada agora é a emissividade da superfície do objeto medido.

Como alternativa à fita adesiva de emissividade, você também pode:

- revestir o objeto com revestimento ou pintura com emissividade conhecida.
- revestir o objeto com uma camada grossa (> 0.13 mm) de óleo resistente ao calor ($\epsilon \approx 0.82$).
- revestir o objeto a ser medido com uma camada grossa de fuligem ($\epsilon \approx 0.95$).

Determinando a temperatura da radiação refletida

Uma vez que você evitou todas as fontes possíveis de interferência que possam afetar sua medição, a temperatura da

Cuidado:

- Sempre siga as instruções de operação do objeto medido!
- Ao revestir o objeto a ser medido, leve em conta o fato de que o revestimento ou fita adesiva deve ter um tempo de estabilização antes de fazer a leitura da temperatura correta.



radiação infravermelha refletida é a mesma da temperatura ambiente. Você pode medir a temperatura ambiente com um termômetro para ar, ex. testo 810, e com base nisto, entre no RTC do seu termovisor.

Entretanto, se fontes de radiação estão presentes no ambiente de medição, determine a temperatura da radiação refletida para assegurar um resultado exato de medição.

Medição da temperatura refletida usando um radiador Lambert (improvisado)

Um radiador Lambert é um objeto que reflete a radiação incidente com a melhor difusão, em outras palavras, com a mesma intensidade em qualquer direção.

Você pode medir a temperatura da radiação refletida no radiador Lambert usando o termovisor. Se você não dispõe de tal objeto, um pedaço de alumínio amaçado e depois desamaçado é um substituto apropriado para o radiador Lambert. A folha tem elevada reflectância e graças a estrutura que foi amassada, provoca reflexão difusa da radiação, (ver fig. 2.3, folha do lado direito, p. 32).

Para medir a temperatura da radiação refletida, coloque o radi-



ador Lambert próximo ao objeto a ser medido ou na superfície deste objeto. Meça então a temperatura no radiador com a emissividade ajustada em 1. O termovisor calculará a temperatura da radiação incidente. Você pode agora inserir este valor como RTC no seu termovisor e medir a temperatura no objeto medido com o ajuste de emissividade para a superfície do mesmo.

2.3 Fontes de erro na medição infravermelha

Os fatores a seguir podem distorcer o resultado de sua medição infravermelha:

- Ajuste incorreto de emissividade
 - ⇒ Determinar e ajustar a emissividade corretamente (ver “Determinar a emissividade por meio de uma referência de medição”, p. 25).
- Ajuste incorreto de RTC
 - ⇒ Determine e ajuste a temperatura refletida (ver. “Determine a temperatura da radiação refletida”, p. 27).
- Imagem térmica desfocada
 - ⇒ É muito importante focar a imagem no momento da captura, uma vez que o foco não pode ser modificado posteriormente.
- Distância de medição muito longa ou muito curta
- Medição feita com lente inadequada
- Ponto de medição muito distante
 - ⇒ Ao medir, respeite a distância mínima de foco de sua

câmera termográfica.

- ⇒ Como em uma fotografia convencional, use a lente angular e a teleobjetiva de forma adequada.
- ⇒ Escolha a menor distância de medição possível.
- Falhas na transmissão (ex. ar poluído, coberturas, etc.)
- Efeito de fontes externas de radiação (ex. luzes, sol, aquecedores, etc.)
- Interpretação errônea da imagem térmica devido à reflexão
 - ⇒ Evite medir onde existam fontes de interferência.
 - ⇒ Desative fontes de interferência onde quer que seja possível, ou fator de influência na análise da imagem térmica.
- Mudança rápida da temperatura ambiente
 - ⇒ Se houver mudanças na temperatura ambiente de gelado para quente, há o risco de condensação nas lentes.
 - ⇒ Na medida do possível, use o termovisor com detectores estabilizados de temperatura.
- Interpretação errônea da imagem térmica devido à falta de conhecimento do desenho do objeto medido.
 - ⇒ O tipo e desenho do objeto medido deve ser conhecido.
 - ⇒ Use imagens reais (fotos) na medida do possível para interpretar as imagens térmicas.

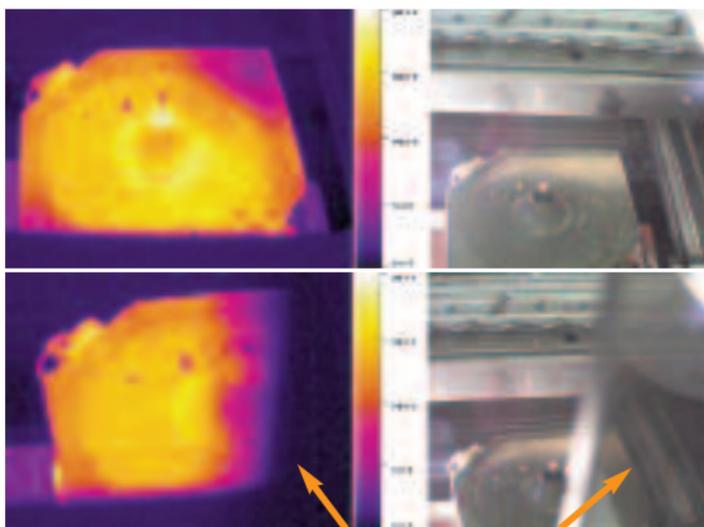
Medições em vidro

O olho humano pode ver através do vidro, mas o vidro é impermeável à radiação infravermelha. Conseqüentemente o termovisor somente mede a temperatura da superfície do vidro e não a

temperatura do material atrás dele (ex. Fig. 2.2). Para radiação de onda curta como a luz solar, entretanto, o vidro é transmissivo, por exemplo, a luz solar que passa por uma janela de vidro pode aquecer um objeto que esteja exposto do outro lado da janela. O vidro é também um material reflexivo. Esteja ciente de que existe uma reflexão especular quando se mede em vidro (ex. “Reflexão especular”, p. 31).

Medições em metal

Metais, particularmente aqueles com superfície brilhante, são grandes refletores de radiação infravermelha de onda longa. Eles tem emissividade extremamente baixa, o qual muda com a tem-



Panel de vidro a frente do objeto medido

Figura 2.2: Medição em vidro

peratura (ex. “Radiadores de corpo colorido”, p. 40). Medir a temperatura destes com um termovisor pode ser problemático. Além da emissividade, o ajuste correto da temperatura refletida (ex. “Determinação da temperatura da radiação refletida”, p. 27) é particularmente importante. Também leve em consideração a reflexão especular (ver “Reflexão especular”, p. 31).

Se os metais estiverem pintados não haverá problema nas medições, porque geralmente as pinturas têm emissividade elevada. Entretanto, você deve estar ciente das reflexões de radiação ambiente.

Reflexão especular

Normalmente, uma reflexão especular claramente visível é um indicador de uma superfície altamente reflexiva, ou seja, uma superfície de baixa emissividade. Apesar de que uma alta reflexão especular nem sempre é sinônimo de alta reflexão. Por exemplo, algumas reflexões especulares da radiação ambiente pode ser vista na imagem térmica em uma superfície pintada (ex. silhueta de uma pessoa que está operando a câmera), mesmo que essa pintura tenha alta emissividade ($\epsilon \approx 0.95$). Inversamente, os perfis dos objetos refletidos ao redor da medição não são detectados na imagem térmica de um muro de tijolo por exemplo, embora o tijolo tenha baixa emissividade ($\epsilon \approx 0.67$). Portanto, toda radiação ambiente é refletida de forma especular claramente delimitada, não dependendo primeiramente só da emissividade, mas sim da estrutura da superfície.

Toda radiação reflete no mesmo ângulo de incidência. Isto significa que a seguinte regra sempre se aplica: ângulo de incidência =



Figura 2.3: Reflexão especular e reflexão difusa

ângulo de reflexão. Isto é claramente reconhecido na Figura 2.3 na seção ampliada na metade lisa da folha de alumínio (lado esquerdo da mão). Aqui a radiação infravermelha da pessoa é refletida na mesma forma em que atingiu a superfície (reflexão especular).

Claro que as regras de $\text{ângulo de incidência} = \text{ângulo de reflexão}$ também se aplica a radiação infravermelha na folha de alumínio amaçada (lado direito da mão). Aqui, entretanto, os raios infravermelhos caem em áreas parciais em ângulos diferentes entre eles do que em superfície plana. Como no radiador Lambert, são refletidos conseqüentemente em diferentes direções.

Esta radiação difusa significa que as linhas de fonte refletida de infravermelho não podem ser vistas. A reflexão no lado amado da folha de alumínio é uma mistura da radiação infravermelha das fontes refletidas (a pessoa que faz a medição e o dos objetos que estão ao redor da mesma).

2.4 As melhores condições para medição por infravermelho

Condições ambientais estáveis, significando temperatura que alta reflexão.



- Por favor, esteja ciente do efeito de sua própria radiação infravermelha.
- Superfícies que não tenham reflexão especular também podem ser detectadas e podem ter alta reflexão.
- Meça superfícies lisas de ângulos e direções diferentes a fim de estabelecer quais as irregularidades na distribuição da temperatura são atribuíveis à reflexão e quais são imputáveis ao objeto de medição.



importante para a medição infravermelha. Isto significa que o clima e os objetos no ambiente de medição bem como outras influências não podem ser mudadas durante a medição. Este é o único caminho para possível acesso das fontes de interferência e as documentar para análises posteriores.

Para medições ao ar livre, as condições climáticas devem estar estáveis e o céu com nuvens para evitar que a luz solar e a “radiação celestial fria difusa” incidam no objeto medido. Saiba também que objetos a serem medidos podem ainda ser aquecidos pela exposição a luz do sol devido a sua capacidade de armazenamento de calor.

As condições ideais de medição são:

- Condições climáticas estáveis;
- Céu nublado antes e durante a medição (para medições ao ar livre);
- Sem luz solar direta antes e durante a medição;
- Sem chuva;
- A superfície do objeto medido deve estar livre de fontes de interferência (ex. nenhuma folha ou microplaquetas na superfície);
- Sem vento;
- Sem fontes de interferência no ambiente de medição ou canal de transmissão;

Para termografia em edifícios, se recomenda uma diferença de pelo menos 15 °C entre a temperatura interna e a externa.

2.5 A imagem térmica perfeita

Ao tomar uma imagem térmica, você precisa prestar atenção a duas coisas em particular:

- escolha da área correta, e
- focar o termovisor corretamente na área relevante a ser medida.

Como em uma fotografia digital, você não pode mudar o foco da imagem uma vez que ela já tenha sido salva.

Para se obter uma imagem térmica perfeita, você pode fazer as seguintes mudanças no seu termovisor e no software de análise (ex. Testo IIRSoft):

- Mude a emissividade e o ajuste da compensação de temperatura refletida (RTC).

Isto também pode ser feito ponto-a-ponto ou em áreas da imagem com o software de análise profissional Testo IIRSoft 2.0.

- Escolha uma paleta de cor apropriada (ex. ferro, arco-íris etc.). Dependendo da cor da paleta, você terá um alto contraste, tornando fácil interpretar a imagem térmica.
- Ajuste manual de escala de temperatura.

Isto representa o quando você pode melhorar a classificação da temperatura ou da cor de sua imagem térmica (ex. Fig. 2.4).

Os seguintes conselhos são úteis para capturar uma boa imagem térmica:

- Inclua no cálculo, previna ou evite todas as fontes de interferência.
- A superfície do objeto de medição pode ser livre de fontes de interferência ópticas e térmicas.

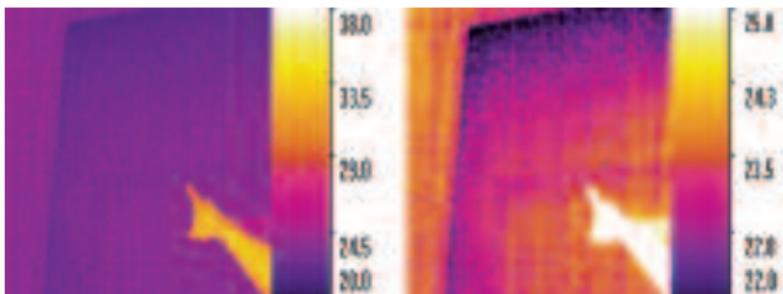


Figura 2.4: Ajustando a escala de temperatura

Sempre que for possível, remova capas e objetos que causam interferência do ambiente.

- Mude a sua posição ao medir para identificar qualquer tipo de reflexão.
- As reflexões se movem, enquanto que as características térmicas se mantenham, mesmo que se mude o ponto de vista.
- Seu ponto de medição nunca deve ser maior do que o objeto a ser medido.
- Mantenha a menor distância de medição possível em relação ao objeto medido.
- Use lentes apropriadas para sua tarefa.
- Para efetuar medições exatas em detalhes, é recomendado o uso de um tripé.
- O desenho do seu objeto de medição deve ser conhecido para que seja possível identificar corretamente as características térmicas.



- Use um termovisor com câmera digital integrada para utilizar imagens reais e analisá-las junto com as imagens termográficas.
- Anote todas as condições do ambiente de medição e documente isso quando necessário para análises subsequentes de imagens térmicas

3 Apêndice

3.1 Glossário da termografia

A

Absorção

Quando a radiação eletromagnética atinge um objeto, o objeto



absorve um pouco desta energia. A absorção da radiação infravermelha significa que o objeto se aqueceu. Objetos aquecidos emitem mais radiação infravermelha que objetos frios. A radiação infravermelha absorvida é convertida em radiação infravermelha emitida (irradiação do objeto). A absorvência consequentemente corresponde a emissividade.

A radiação infravermelha incidente no objeto, não é absorvida, e sim refletida e/ou transmitida.

C

Calibração

Procedimento onde as leituras de um instrumento (valores reais) e leituras de um instrumento de referência (valores nominais) são determinados e comparados. O resultado fornece indícios se as leituras reais do instrumento estão ainda dentro de uma escala de limite permissível/tolerância. Em um ajuste desigual, o desvio identificado da leitura atual é meramente documentado em uma calibração e não ajustado à leitura nominal. Os intervalos de cada calibração a ser executada depende das tarefas e das exigências das medições.

Celsius [°C]

Unidade de temperatura.

Sob pressão normal, o ponto zero da escala Celsius (0 °C) é a temperatura em que a água se congela. Um outro ponto fixo para a escala Celsius é o ponto de ebulição da água a 100 °C.

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32)/1.8 \text{ ou } ^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273.15.$$

Cor da paleta

Seleção das cores para imagem térmica no termovisor (ex.cor da paleta “arco-íris”, “ferro”, “escalas de cinza”). Os contrastes das imagens térmicas podem ser mostrados com qualidade de variação dependendo da tarefa de medição e o jogo de cor da paleta. A cor da paleta também pode ser ajustada individualmente usando o software de análise (ex. Testo IRSoft) depois de a imagem térmica ter sido salva. Tenha em mente a interpretação de sua imagem térmica quando escolher a cor da paleta. Cores vermelha e amarela são intuitivamente associadas pelo visor com calor, cores verde e azul com frio.

Condensação

Transição de uma substância do gasoso ao estado líquido. A umidade do ar pode condensar em superfícies caso a temperatura do ar na superfície seja menor do que a do ar circunvizinho ou se está na temperatura do ponto de orvalho.

Condução

Condução de calor. Transferência de energia térmica entre partículas vizinhas. A energia é sempre transferida do ponto de maior temperatura para o de menor temperatura. Ao contrário da convecção, não há transporte das partículas na condução.

Convecção



É um fenômeno físico observado num meio fluido (líquidos e gases) onde há propagação de calor através da diferença de densidade desse fluido submetido a um gradiente de temperatura.

D

Detector

O detector recebe a radiação infravermelha e converte isto em sinal elétrico. O tamanho do detector é especificado em pixels.

E

Emissividade (ϵ)

Habilidade de um material de emitir (desprender) radiação infravermelha. A emissividade varia de acordo com as propriedades da superfície do material e de alguns materiais, também de acordo com a temperatura do objeto.

F

Fahrenheit [°F]

Unidade de temperatura usada primeiramente na América do Norte. Fórmula de conversão para Celsius (°C):

$$^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} \times 1.8) + 32.$$

Exemplo de 20 °C em °F: $(20\text{ }^{\circ}\text{C} \times 1.8) + 32 = 68\text{ }^{\circ}\text{F}$.

FOV (campo de visão)

Campo de visão do termovisor. Especificado como um ângulo

(ex. 32°) e definida a área que pode ser vista com o termovisor. O campo de visão é dependente do detector do termovisor e das lentes que são usadas. Lentes de ângulo amplo tem um campo de visão amplo para o mesmo detector, lentes telefoto (ex. Testo 12° lente telefoto) um campo de visão mais fechado.

|

IFOV_{geo} (Campo de visão instantâneo)

Resolução geométrica (definição espacial). Habilidade de medição de um detector, em conjunto com as lentes, para detectar detalhes. A definição geométrica é específica no mrad (= miliradian) e define o menor objeto que, dependendo da distância de medição, pode ainda ser descrito na imagem térmica. Na imagem térmica, o tamanho destes objetos corresponde a um pixel.

IFOV_{meas} (Medição de Campo Instantâneo de Visão)

Designação do menor objeto para quais a temperatura pode ser medido com exatidão pelo termovisor. Isto é 2 a 3 vezes maior que o menor objeto identificável (IFOV_{geo}).

A seguinte regra empírica aplica-se: IFOV_{meas} \approx 3 x IFOV_{geo}.

IFOV_{meas} também conhecido como ponto de medição.

Isotermas

Linhas de mesma temperatura. Você pode mostrar isotermas



usando o software de análise (ex. Testo IRSoft). No processo, todos os pontos na imagem térmica com valores de temperatura dentro de um range definido são marcados por uma cor específica..

Imagem térmica

Imagem que mostra a distribuição de temperatura na superfície dos objetos usando cores diferentes para diferentes valores de temperatura. Imagens térmicas são capturadas com um termovisor.

K

Kelvin [K]

Unidade de temperatura.

0 K corresponde a zero absoluto (-273.15 °C). O seguinte aplica-se conforme: $273.15 \text{ K} = 0 \text{ °C} = 32 \text{ °F}$. Fórmula de conversão: $\text{K} = \text{°C} + 273.15$.

Exemplo de 20 °C em K: $20 \text{ °C} + 273.15 = 293.15 \text{ K}$.

L

Lentes

O tamanho do campo de visão do termovisor e, por sua vez, o tamanho do ponto de medição muda de acordo com a lente usada. Uma lente de ângulo amplo (ex. lentes padrão de 32° para o testo 880) são apropriadas se você quer uma visão geral da distribuição de temperatura através de uma superfície ampla. Você pode usar lentes telefoto (ex. Testo 12° lentes telefoto) para medir pequenos detalhes com exatidão, mesmo a longas distâncias.

M

Marcação a laser do ponto de medição

O laser indica a direção dentro da superfície de medição (um ponto vermelho é projetado no objeto de medição). A observação do laser e o centro da imagem não correspondem exatamente como são em diferentes ângulos ópticos. O ponto laser não é conseqüentemente apropriado para posições exatas de marcação.

Cuidado:

Laser classe 2: nunca direcione o laser em pessoas ou animais e nunca olhe para o laser! Pode trazer danos aos olhos!

N

NETD (Noise Equivalent Temperature Difference)

Figura chave para a menor diferença de temperatura possível medida pelo termovisor. Quanto menor for este valor, melhor é a resolução de medição do termovisor.

P

Ponto frio e ponto quente

O ponto mais frio de uma área na imagem térmica é referido como “ponto frio”, e o mais quente “ponto quente”.



Usando a função “Reconhecimento Automático do ponto-quente/frio”, você pode indicar estes dois pontos diretamente no display de seu termovisor. Esta função está também disponível em muitos dos pacotes de software de análise. ex. no Testo IRSoft 2.0. Neste software você pode igualmente indicar estes dois pontos para todas as áreas da imagem térmica que deseja definir.

Ponto de medição

Cf. “IFOV_{meas}”, p. 44.

Ponto de orvalho / temperatura do ponto de orvalho

Temperatura em que a água se condensa. Na temperatura do ponto de condensação, o ar está saturado com mais de 100% de vapor de água. Uma vez que o ar não pode absorver mais nenhum vapor de água, forma-se a condensação.

Período de estabilização

O tempo que a imagem necessita para se ajustar a temperatura ambiente do local.

Os detectores de temperatura estabilizada, como o que compõe os termovisores testo, possuem tempo de estabilização relativamente curto.

R

RTC (Compensação de Temperatura Refletida)

Com corpos reais, um pouco da irradiação térmica é refletida.



Esta temperatura refletida deve ser fatorada nos objetos com baixa emissividade a serem medidos. Usando um fator de offset no termovisor, a reflexão é calculada para fora e a exatidão de medição da temperatura é assim, melhorada. Isto é geralmente feito por meio de uma entrada manual no termovisor e/ou através do software.

Na maioria dos casos, a temperatura refletida é idêntica a temperatura ambiente. Se a radiação infravermelha de fontes de interferência é refletida na superfície do objeto de medição, você pode determinar a temperatura da radiação refletida (ex. usando um termômetro de globo ou radiador Lambert). A temperatura refletida tem apenas pequeno efeito em objetos com emissividade muito alta.

Radiador de corpo negro

Um objeto que absorve toda a energia da radiação infravermelha incidente, converte isto em sua própria radiação infravermelha e emite totalmente. A emissividade de radiadores negros é exatamente 1. Não há conseqüentemente nenhuma reflexão ou transmissão da radiação. Não existem objetos com essas propriedades na natureza.

Instrumentos para calibrar termovisores são conhecidos como radiador de corpo negro. Entretanto, sua emissividade está abaixo de um ($\epsilon > 0.95$).



Radiador de corpo colorido

Um objeto com uma emissividade menor que outro depende da temperatura. A maioria dos metais são radiadores coloridos, isto é, porque a emissividade do alumínio, por exemplo, aumenta quando aquecido ($e = 0.02$ a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $e = 0.03$ a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Radiador de corpo cinza

Quase todos os objetos naturais são descritos como "radiadores de corpo cinza" ou "radiadores reais". Ao contrário dos radiadores de corpo negro, os de corpo cinza nunca absorvem toda a incidência da radiação infravermelha. Com um radiador de corpo cinza, pouco desta radiação incidente sempre é refletida pela superfície e algumas vezes transmitida (desprendida). A emissividade do radiador cinza é conseqüentemente sempre menor que qualquer outro radiador.

Reflectância (r)

É a habilidade de um material refletir radiação infravermelha. A reflectância depende das propriedades da superfície, temperatura e o tipo de material.

Radiador Lambert

Um radiador Lambert é um objeto que reflete radiação incidente com ótima difusão; em outras palavras a radiação incidente é refletida com força igual em todos os sentidos.

Você pode medir a temperatura da radiação refletida no radiador Lambert usando o termovisor.

Radiador ideal

Cf. "Radiador de corpo negro", p. 46.

Radiação infravermelha

Radiação infravermelha é radiação eletromagnética do calor. Todo objeto com temperatura acima do ponto zero absoluto (0 Kelvin = $-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$) emite radiação infravermelha. A radiação infravermelha cobre a escala de comprimento de onda de 0.75 mm a +/- 1,000 mm (= 1 mm) e conseqüentemente beira o comprimento de onda em um range de luz de (0.38 a 0.75 mm). Termovisores frequentemente medem longas ondas de radiação infravermelha em um range de 8 mm a 14 mm (como o termovisor testo, por exemplo), o range na atmosfera deste comprimento de onda é extremamente permeável a radiação infravermelha.

T

Temperatura

Variável para a energia inerente de um corpo.

Termovisor

Câmera que mede radiação infravermelha e converte os sinais em imagem térmica. Usando um termovisor, a distribuição de temperatura das superfícies podem ser mostradas, o que não é possível pelo olho humano. Aplicações típicas são encontradas por exemplo na termografia predial, elétrica, mecânica e industrial.

Termografia



Processo que analisa através de uma imagem usando uma tecnologia de medição que visualiza a radiação do calor e a distribuição de temperatura da superfície de objetos utilizando uma câmera termográfica.

Transmissão (T)

Mede a habilidade de um material para permitir que a radiação infravermelha passe através dele. Isto depende da espessura e tipo do material. A maioria dos materiais não são permeáveis as ondas longas da radiação infravermelha.

Taxa de atualização:

Valor em hertz de quantas vezes por segundo as imagens são atualizadas no display do termovisor. Uma taxa de atualização de 9 Hz significa que o termovisor atualiza a imagem térmica no display nove vezes por segundo.

U

Umidade relativa (%UR)

Indica em porcentagem o quão saturado por vapor de água está o ar. Por exemplo, a 33%UR o ar contém por volta de 1/3 do volume máximo de vapor de água que o ar pode absorver a mesma temperatura e pressão do ar. Em ar úmido com excesso de 100%, a condensação começa a se formar quando o ar está inteiramente saturado e não pode tomar mais nenhuma umidade. O vapor de água gasoso no ar conseqüentemente volta ao estado líquido. Quanto mais quente o ar, mais vapor de água pode absorver, sem ocorrência da condensação. A condensação



conseqüentemente ocorre sempre primeiramente em superfícies frias.

Z

Zero absoluto

Zero absoluto é $-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0\text{ Kelvin} = -459.69\text{ }^{\circ}\text{F}$). Nenhum corpo emite energia térmica abaixo de zero absoluto; isto significa que não emitem qualquer radiação infravermelha.



3.2 Tabela de emissividade

As seguintes tabelas servem de guia para ajuste de emissividade para medição infravermelha. Dada a emissividade ϵ de alguns dos materiais mais comuns. Como a emissividade muda com a temperatura e propriedades da superfície, os valores mostrados aqui devem ser considerados meramente como guias para medição de condições de temperatura. Para medir o valor absoluto, se deve determinar a emissividade exata do material.

Material (Temperatura do material) Emissividade

Alumínio, brilhante (170 °C)	0.04
Alumínio, não oxidado (25 °C)	0.02
Alumínio, não oxidado (100 °C)	0.03
Alumínio, pesadamente oxidado (93 °C)	0.20
Alumínio, altamente polido (100 °C)	0.09
Algodão (20 °C)	0.77
Concreto (25 °C)	0.93
Liga, áspera (40 °C)	0.43
Liga, oxidada (40 °C)	0.43
Liga, cinza oxidada (40 °C)	0.28
Cromo (40 °C)	0.08
Cromo, polido (150 °C)	0.06
Gelo, liso (0 °C)	0.97
Ferro, tosco (20 °C)	0.24
Ferro com cobertura(100 °C)	0.80
Ferro com pele de rolamento (20 °C)	0.77
Gipsita (20 °C)	0.90
Vidro (90 °C)	0.94
Granito (20 °C)	0.45

Material (Temperatura do material)	Emissividade
Borracha, dura (23 °C)	0.94
Borracha, macio, cinzenta (23 °C)	0.89
Ferro moldado, oxidado (200 °C)	0.64
Madeira (70 °C)	0.94
Cortiça (20 °C)	0.70
Radiador, negro, anodizado (50 °C)	0.98
Cobre, não polido (20 °C)	0.04
Cobre, oxidado (130 °C)	0.76
Cobre, polido (40 °C)	0.03
Cobre, enrolado (40 °C)	0.64
Plásticos: PE, PP, PVC (20 °C)	0.94
Pintura, azul na folha de alumínio (40 °C)	0.78
Pintura, preta(80 °C)	0.97
Pintura, amarela, 2 revestimentos na folha de alumínio (40 °C)	0.79
Pintura, branca (90 °C)	0.95
Mármore, branco (40 °C)	0.95
Alvenaria (40 °C)	0.93
Bronze, oxidado (200 °C)	0.61
Pontos de óleo (todas as cores) (90 °C)	0.92 to 0.96
Papel (20 °C)	0.97
Porcelana (20 °C)	0.92
Pedra de areia (40 °C)	0.67
Aço, superfície tratada (200 °C)	0.52
Aço, oxidado (200 °C)	0.79
Aço, laminado (93 °C)	0.75 to 0.85
Argila, queimada (70 °C)	0.91
Pintura transformada (70 °C)	0.94
Tijolo, almofariz, emplastro (20 °C)	0.93
Zinco, oxidado	0.1



3.3 Testo recomenda

Calibrando sua câmera termográfica

A Testo recomenda a calibração periódica de sua câmera termográfica. O intervalo de calibração deve ser feito dependendo de suas tarefas e exigências das medições.

Você pode encontrar maiores informações em www.testo.com.br

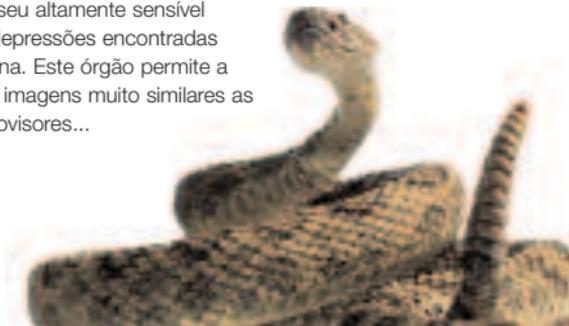
Mais informações em:
http://www.testosites.de/testo880/pt_BR/

Falando nisso – você sabia?

Graças a sua habilidade em ver a irradiação térmica, as serpentes percebem a presença de rochas e de seus inimigos imediatamente, mesmo na escuridão?

A cobra cascavel, uma subespécie da serpente, pode perceber até mesmo a menor diferença de temperatura, somente $0.0003\text{ }^{\circ}\text{C}$ muito rapidamente.

Isto é possível pelo seu altamente sensível "poço loreal" duas depressões encontradas entre o olho e a narina. Este órgão permite a estas víboras verem imagens muito similares as dos modernos termovisores...





sac@testo.com.br
www.testo.com.br
Tel. (19) 3731-5800

0981 7324/san/R/Q/08.2009

Nominal charge EUR 5.00