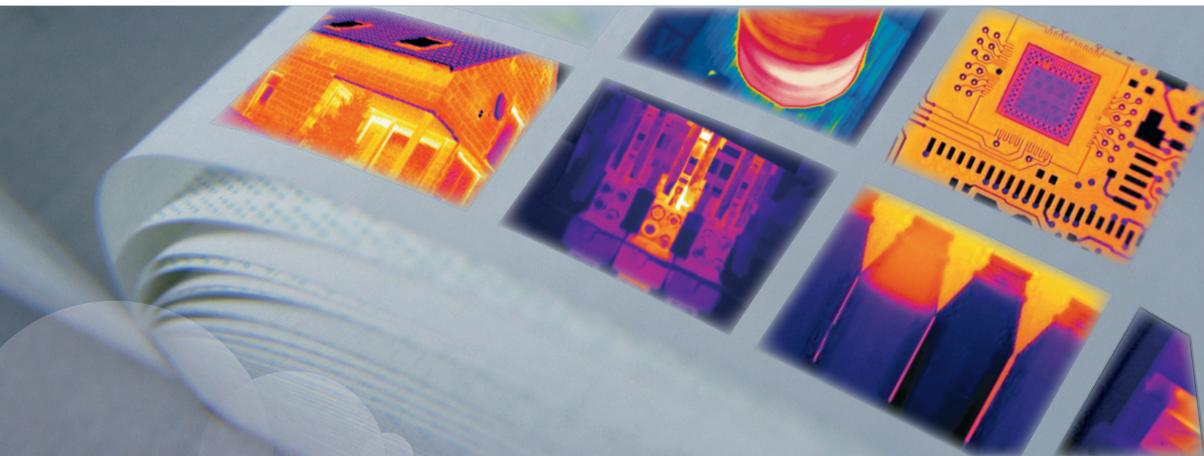




Manual do utilizador



FLIR i3
FLIR i5
FLIR i7
Extech IRC30

Publ. No.	T559591
Revision	a486
Language	Portuguese (PT)
Issue date	November 17, 2010

Manual do utilizador



Isonção de responsabilidade legal

Todos os produtos fabricados pela FLIR Systems possuem garantia contra defeitos de material e de fabrico pelo período de 1 (um) ano a contar da data de entrega do equipamento, desde que esses produtos tenham sido conservados em condições normais de armazenamento, utilização e serviço, e em conformidade com as instruções da FLIR Systems.

Os produtos não fabricados pela FLIR Systems, mas incluídos nos sistemas fornecidos pela FLIR Systems ao comprador original, possuem apenas a garantia, caso exista, emitida pelo fornecedor em questão. A FLIR Systems não assume qualquer responsabilidade por estes produtos.

A garantia abrange apenas o comprador original e não é transmissível. Não se aplica a quaisquer produtos que tenham sido mal utilizados, mal tratados, que tenham sofrido acidentes ou tenham sido utilizados em condições de funcionamento inadequadas. As peças substituíveis não são abrangidas pela garantia.

No caso de se verificarem defeitos num produto abrangido pela presente garantia, esse produto não deve continuar a ser utilizado para evitar que fique mais danificado. O comprador deve comunicar imediatamente quaisquer defeitos à FLIR Systems; caso contrário, a garantia não será aplicável.

A FLIR Systems, de acordo com os seus critérios, reparará ou substituirá quaisquer produtos defeituosos sem custos suplementares caso, após inspeccioná-lo, verifique que o produto apresenta realmente defeitos de material ou fabrico e desde que tenha sido devolvido à FLIR Systems dentro do referido período de um ano.

A FLIR Systems não detém quaisquer outras obrigações ou responsabilidade por outros defeitos para além das acima mencionadas.

Não existe qualquer outra garantia expressa ou implícita. A FLIR Systems rejeita especificamente as garantias implícitas de comercialização e de aptidão para um determinado fim.

A FLIR Systems não será responsável por quaisquer perdas ou danos directos, indirectos, acessórios, não previstos ou imateriais, quer nos termos de contrato, extracontratuais ou com base em qualquer outro documento legal.

A presente garantia será regida pela legislação sueca.

Os litígios, as controvérsias ou reclamações emergentes ou relacionados com a presente garantia serão dirimidos definitivamente por tribunal arbitral em conformidade com as Regras do Instituto de Arbitragem da Câmara de Comércio de Estocolmo. A sede da arbitragem será Estocolmo e o idioma a utilizar no processo de arbitragem será o inglês.

Direitos autorais

© 2010, FLIR Systems. Todos os direitos reservados em todo o mundo. Nenhuma parte do software, incluindo o código-fonte, pode ser reproduzida, divulgada, copiada ou traduzida para outra língua ou linguagem de programação de nenhuma forma ou por nenhum meio, electrónico, magnético, óptico, manual ou outro, sem autorização prévia por escrito da FLIR Systems.

A presente documentação não pode ser, no seu todo ou em parte, copiada, fotocopiada, reproduzida, traduzida ou divulgada por qualquer meio electrónico ou por forma legível por máquina sem autorização prévia, por escrito, da FLIR Systems.

Os nomes e marcas que surgem nos produtos aqui incluídos são marcas comerciais registadas ou marcas comerciais da FLIR Systems e/ou suas filiais. Todas as outras marcas comerciais, nomes comerciais ou de empresa aqui referidos são utilizados apenas para fins de identificação e são propriedade dos respectivos proprietários.

Garantia de qualidade

O Sistema de Gestão de Qualidade ao abrigo do qual estes produtos são desenvolvidos e fabricados foi certificado em conformidade com a norma ISO 9001.

A FLIR Systems mantém uma política de desenvolvimento contínuo; assim, reservamo-nos o direito de fazer alterações e melhorias em qualquer um dos produtos descritos neste manual sem aviso prévio.

Patentes

Uma ou mais das seguintes patentes ou patentes de projecto aplicam-se aos produtos e/ou funcionalidades descritos neste manual:

0002258-2; 000279476-0001; 000439161; 000499579-0001; 000653423; 000726344; 000859020; 000889290; 001106306-0001; 0101577-5; 0102150-0; 0200629-4; 0300911-5; 0302837-0; 1144833; 1182246; 1182620; 1188086; 1263438; 1285345; 1287138; 1299699; 1325808; 1336775; 1365299; 1678485; 1732314; 200530018812.0; 200830143636.7; 2106017; 235308; 3006596; 3006597; 466540; 483782; 484155; 518836; 60004227.8; 60122153.2; 602004011681.5-08; 6707044; 68657; 7034300; 7110035; 7154093; 7157705; 7237946; 7312822; 7332716; 7336823; 7544944; 75530; D540838; D549758; D579475; D584755; D599392; D6702302-9; D6703574-4; DM/057692; DM/061609; ZL00809178.1; ZL01823221.3; ZL01823226.4; ZL02331553.9; ZL02331554.7; ZL200530120994.2; ZL200630130114.4; ZL20073015114.4; ZL200730339504.7; ZL200830128581.2

EULA Terms

- You have acquired a device ("INFRARED CAMERA") that includes software licensed by FLIR Systems AB from Microsoft Licensing, GP or its affiliates ("MS"). Those installed software products of MS origin, as well as associated media, printed materials, and "online" or electronic documentation ("SOFTWARE") are protected by international intellectual property laws and treaties. The SOFTWARE is licensed, not sold. All rights reserved.
- IF YOU DO NOT AGREE TO THIS END USER LICENSE AGREEMENT ("EULA"), DO NOT USE THE DEVICE OR COPY THE SOFTWARE. INSTEAD, PROMPTLY CONTACT FLIR Systems AB FOR INSTRUCTIONS ON RETURN OF THE UNUSED DEVICE(S) FOR A REFUND. ANY USE OF THE SOFTWARE, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO USE ON THE DEVICE, WILL CONSTITUTE YOUR AGREEMENT TO THIS EULA (OR RATIFICATION OF ANY PREVIOUS CONSENT).

-
- **GRANT OF SOFTWARE LICENSE.** This EULA grants you the following license:
 - You may use the SOFTWARE only on the DEVICE.
 - **NOT FAULT TOLERANT.** THE SOFTWARE IS NOT FAULT TOLERANT. FLIR Systems AB HAS INDEPENDENTLY DETERMINED HOW TO USE THE SOFTWARE IN THE DEVICE, AND MS HAS RELIED UPON FLIR Systems AB TO CONDUCT SUFFICIENT TESTING TO DETERMINE THAT THE SOFTWARE IS SUITABLE FOR SUCH USE.
 - **NO WARRANTIES FOR THE SOFTWARE.** THE SOFTWARE is provided "AS IS" and with all faults. THE ENTIRE RISK AS TO SATISFACTORY QUALITY, PERFORMANCE, ACCURACY, AND EFFORT (INCLUDING LACK OF NEGLIGENCE) IS WITH YOU. ALSO, THERE IS NO WARRANTY AGAINST INTERFERENCE WITH YOUR ENJOYMENT OF THE SOFTWARE OR AGAINST INFRINGEMENT. **IF YOU HAVE RECEIVED ANY WARRANTIES REGARDING THE DEVICE OR THE SOFTWARE, THOSE WARRANTIES DO NOT ORIGINATE FROM, AND ARE NOT BINDING ON, MS.**
 - **No Liability for Certain Damages. EXCEPT AS PROHIBITED BY LAW, MS SHALL HAVE NO LIABILITY FOR ANY INDIRECT, SPECIAL, CONSEQUENTIAL OR INCIDENTAL DAMAGES ARISING FROM OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THE SOFTWARE. THIS LIMITATION SHALL APPLY EVEN IF ANY REMEDY FAILS OF ITS ESSENTIAL PURPOSE. IN NO EVENT SHALL MS BE LIABLE FOR ANY AMOUNT IN EXCESS OF U.S. TWO HUNDRED FIFTY DOLLARS (U.S.\$250.00).**
 - **Limitations on Reverse Engineering, Decompilation, and Disassembly.** You may not reverse engineer, decompile, or disassemble the SOFTWARE, except and only to the extent that such activity is expressly permitted by applicable law notwithstanding this limitation.
 - **SOFTWARE TRANSFER ALLOWED BUT WITH RESTRICTIONS.** You may permanently transfer rights under this EULA only as part of a permanent sale or transfer of the Device, and only if the recipient agrees to this EULA. If the SOFTWARE is an upgrade, any transfer must also include all prior versions of the SOFTWARE.
 - **EXPORT RESTRICTIONS.** You acknowledge that SOFTWARE is subject to U.S. export jurisdiction. You agree to comply with all applicable international and national laws that apply to the SOFTWARE, including the U.S. Export Administration Regulations, as well as end-user, end-use and destination restrictions issued by U.S. and other governments. For additional information see <http://www.microsoft.com/exporting/>.

Índice

1	Chamadas de Atenção e Cuidados	1
2	Aviso para o utilizador	4
3	Ajuda ao cliente	5
4	Actualizações da documentação	6
5	Nota importante sobre este manual	7
6	Manual de Iniciação Rápida	8
7	Lista de artigos da embalagem	11
8	Peças da câmara	12
9	Elementos do ecrã	15
10	Conectores e suportes de armazenamento	17
11	Utilizar a câmara	19
11.1	Instalar a bateria	19
11.2	Carregar a bateria	20
11.3	Guardar uma imagem	22
11.4	Recuperar uma imagem	23
11.5	Abrir o arquivo de imagens	24
11.6	Eliminar uma imagem	25
11.7	Eliminar todas as imagens	26
11.8	Medir uma temperatura utilizando o medidor de ponto	27
11.9	Medir uma temperatura utilizando uma área	28
11.10	Marcar todas as áreas acima ou abaixo de um nível de temperatura definido	29
11.11	Alterar a paleta de cores	30
11.12	Alterar as definições	31
11.13	Alterar o modo de imagem	32
11.14	Definir as propriedades de superfície	33
11.15	Alterar a emissividade	34
11.16	Alterar a temperatura aparente reflectida	35
11.17	Reiniciar a câmara	36
11.18	Localizar o número de série da câmara	37
12	Limpeza da câmara	38
12.1	Caixa da câmara, cabos e outros itens	38
12.2	Lente de infravermelhos	39
12.3	Detector de infravermelhos	40
13	Dados técnicos	41
13.1	Dados da câmara	41
13.2	Dados adicionais	44
13.3	Dados de acessórios	46
14	Dimensões	47
14.1	Câmara (frente)	47

14.2	Câmara (lateral)	48
15	Exemplos de aplicação	49
15.1	Danos provocados por humidade e água	49
15.2	Contacto defeituoso numa tomada	50
15.3	Tomada oxidada	51
15.4	Deficiências de isolamento	52
15.5	Corrente de ar	53
16	Introdução às análises termográficas de edifícios	54
16.1	Isenção de responsabilidade legal	54
16.1.1	Declaração de direitos autorais	54
16.1.2	Formação e certificação	54
16.1.3	Códigos de construção nacionais ou regionais	54
16.2	Nota importante	54
16.3	Estudos normais de campo	55
16.3.1	Directivas	55
16.3.1.1	Directivas gerais	55
16.3.1.2	Directivas para detecção de humidade, detecção de fungos e detecção de danos provocados por água	55
16.3.1.3	Directivas para a detecção de infiltrações de ar e deficiências de isolamento	56
16.3.2	Sobre a detecção de humidade	57
16.3.3	Detecção de humidade (1): Telhados de baixo declive de uso comercial	57
16.3.3.1	Informações gerais	57
16.3.3.2	Precauções de segurança	58
16.3.3.3	Observações sobre estruturas de edifício	59
16.3.3.4	Observações sobre imagens de infravermelhos	60
16.3.4	Detecção de humidade (2): Fachadas comerciais e residenciais	62
16.3.4.1	Informações gerais	62
16.3.4.2	Observações sobre estruturas de edifício	62
16.3.4.3	Observações sobre imagens de infravermelhos	64
16.3.5	Detecção de humidade (3): Coberturas e varandas	65
16.3.5.1	Informações gerais	65
16.3.5.2	Observações sobre estruturas de edifício	66
16.3.5.3	Observações sobre imagens de infravermelhos	68
16.3.6	Detecção de humidade (4): Quebras e fugas na canalização	68
16.3.6.1	Informações gerais	68
16.3.6.2	Observações sobre imagens de infravermelhos	69
16.3.7	Infiltração de ar	71
16.3.7.1	Informações gerais	71
16.3.7.2	Observações sobre estruturas de edifício	71
16.3.7.3	Observações sobre imagens de infravermelhos	73
16.3.8	Deficiências de isolamento	74
16.3.8.1	Informações gerais	74
16.3.8.2	Observações sobre estruturas de edifício	75
16.3.8.3	Observações sobre imagens de infravermelhos	76
16.4	Teoria da ciência de construção	78
16.4.1	Informações gerais	78
16.4.2	Efeitos de teste e de verificação	79
16.4.3	Fontes de ruptura em termografia	81
16.4.4	Temperatura de superfície e fugas de ar	82
16.4.4.1	Condições de pressão num edifício	83
16.4.5	Condições de medição e estação da medição	88

16.4.6	Interpretação das imagens de infravermelhos	88
16.4.7	Humidade e ponto de condensação	90
16.4.7.1	Humidade relativa e absoluta	90
16.4.7.2	Definição de ponto de condensação	90
16.4.8	Excerto da Nota Técnica 'Avaliar a realização de pontes térmicas e a continuidade do isolamento' (exemplo do RU)	91
16.4.8.1	Créditos	91
16.4.8.2	Introdução	91
16.4.8.3	Informação de base	91
16.4.8.4	Avaliação quantitativa das anomalias térmicas	92
16.4.8.5	Condições e equipamento	96
16.4.8.6	Pesquisa e análise	97
16.4.8.7	Elaboração de relatórios	98
17	Introdução às verificações termográficas das instalações eléctricas	100
17.1	Nota importante	100
17.2	Informações gerais	100
17.2.1	Introdução	100
17.2.2	Dados gerais do equipamento	101
17.2.3	Inspeção	102
17.2.4	Classificação e relatório	103
17.2.5	Prioridade	103
17.2.6	Reparação	104
17.2.7	Controlo	104
17.3	Técnica de medição para inspeção termográfica das instalações eléctricas	106
17.3.1	Como definir correctamente o equipamento	106
17.3.2	Medição da temperatura	106
17.3.3	Medição comparativa	108
17.3.4	Temperatura de funcionamento normal	109
17.3.5	Classificação de avarias	111
17.4	Elaboração de relatórios	112
17.5	Diferentes tipos de pontos quentes em instalações eléctricas	114
17.5.1	Reflexões	114
17.5.2	Aquecimento solar	114
17.5.3	Aquecimento indutivo	115
17.5.4	Variações de carga	115
17.5.5	Condições de refrigeração variáveis	116
17.5.6	Variações de resistência	117
17.5.7	Sobreaquecimento de uma secção devido a existência de avaria noutra.	117
17.6	Factores de perturbação na inspeção termográfica das instalações eléctricas	119
17.6.1	Vento	119
17.6.2	Chuva e neve	119
17.6.3	Distância até ao objecto	120
17.6.4	Dimensões do objecto	121
17.7	Conselhos práticos para o operador termográfico	123
17.7.1	Do frio ao quente	123
17.7.2	Aguaceiros	123
17.7.3	Emissividade	123
17.7.4	Temperatura aparente reflectida	124
17.7.5	Objecto demasiado distante	124
18	Acerca da FLIR Systems	125
18.1	Mais do que apenas uma câmara de infravermelhos	127
18.2	Partilha dos nossos conhecimentos	127

18.3	Assistência aos nossos clientes	127
18.4	Algumas imagens das nossas instalações	128
19	Glossário	130
20	Técnicas de medição termográfica	134
20.1	Introdução	134
20.2	Emissividade	134
20.2.1	Cálculo da emissividade de uma amostra	135
20.2.1.1	Etapa 1: Determinação da temperatura aparente reflectida	135
20.2.1.2	Etapa 2: Determinação da emissividade	137
20.3	Temperatura aparente reflectida	138
20.4	Distância	138
20.5	Humidade relativa	138
20.6	Outros parâmetros	138
21	História da tecnologia de infravermelhos	139
22	Teoria da termografia	144
22.1	Introdução	144
22.2	Espectro electromagnético	144
22.3	Radiação do corpo negro	145
22.3.1	Lei de Planck	146
22.3.2	Lei do deslocamento de Wien	148
22.3.3	Lei de Stefan-Boltzmann	149
22.3.4	Emissores não-corpo negro	150
22.4	Materiais semitransparentes a infravermelhos	152
23	Fórmula de medição	154
24	Tabelas de emissão	160
24.1	Referências bibliográficas	160
24.2	Nota importante acerca das tabelas de emissividade	160
24.3	Tabelas	161

1 Chamadas de Atenção e Cuidados

ATENÇÃO

- Este equipamento gera, utiliza e pode irradiar energia de radiofrequência e, caso não seja instalado e utilizado de acordo com o manual de instruções, pode causar interferências nas comunicações de rádio. O aparelho foi testado e está em conformidade com os limites para um dispositivo informático de Classe A, de acordo com a Subsecção J da Secção 15 das Regras FCC, concebidos para fornecer protecção suficiente contra tais interferências quando em funcionamento num ambiente comercial. A utilização deste equipamento em zonas residenciais pode provocar interferências. Neste caso, ficará a cargo do utilizador a responsabilidade de tomar as medidas necessárias para corrigir a interferência.
- (Aplica-se apenas a câmaras com ponteiro laser:) Não olhe directamente para o raio laser. O raio laser pode provocar irritação nos olhos.
- Aplicável apenas a câmaras com bateria:
 - Não desmonte nem modifique a bateria. A bateria contém dispositivos de segurança e protecção que, caso sejam danificados, podem fazer com que a bateria gere calor, rebente ou se incendeie.
 - Caso se verifique uma fuga de líquido na bateria e caso este entre em contacto com os olhos, não os esfregue. Lave abundantemente com água e procure imediatamente assistência médica. Caso não o faça, o líquido da bateria pode ser prejudicial para os seus olhos.
 - Não continue a carregar a bateria caso ela não fique carregada dentro do período de carregamento especificado. Caso contrário, a bateria pode ficar quente, rebentar ou incendiar-se.
 - Utilize apenas equipamento adequado para descarregar a bateria. Caso contrário, é possível que o desempenho ou o tempo de vida útil da bateria sejam diminuídos. Se não utilizar o equipamento correcto, é possível que se verifique um fluxo de corrente incorrecto para a bateria. Esta situação pode fazer com que a bateria fique quente, rebente e provoque ferimentos.
- Certifique-se de que lê atentamente todas as Folhas de Dados sobre Segurança do Material (MSDS) e informações nas etiquetas dos frascos aplicáveis antes de utilizar as substâncias. Os líquidos podem ser perigosos.

CUIDADO

- Não aponte a câmara de infravermelhos (com ou sem protecção da lente) para fontes de energia intensas, por exemplo, dispositivos que emitam radiação laser, ou para o sol, caso contrário, poderão ocorrer efeitos indesejados na precisão da câmara. Também poderá danificar o detector da câmara.
- Não utilize a câmara a temperaturas superiores a +50°C, a menos que seja especificado o contrário na documentação destinada ao utilizador. As temperaturas altas podem danificar a câmara.
- (Aplica-se apenas a câmaras com ponteiro laser:) Proteja o ponteiro laser com a tampa da lente quando não o utilizar.
- Aplicável apenas a câmaras com bateria:
 - Não ligue a bateria directamente à tomada do isqueiro do automóvel, a menos que seja fornecido pela FLIR Systems um adaptador específico para esse fim.

- Não ligue o terminal positivo ao terminal negativo com qualquer objecto metálico (como arame, por exemplo).
- Não deixe a bateria exposta à água ou água salgada, nem permita que fique húmida.
- Não perfure a bateria. Não dê pancadas na bateria com martelo. Não pise a bateria nem a sujeite a impactos ou choques.
- Não coloque a bateria próximo de fontes de calor ou sob a luz directa do sol. Se a bateria aquecer, o equipamento de segurança incorporado é activado e poderá interromper o processo de carregamento da bateria. Se a bateria ficar quente, o equipamento de segurança pode ficar danificado, o que poderá provocar sobreaquecimento, mais danos ou incêndio da bateria.
- Não coloque a bateria próximo de fontes de calor nem aumente a temperatura da bateria através de fonte externa.
- Não coloque a bateria perto de lareiras, fogões ou outros locais de temperaturas elevadas.
- Não solde directamente na bateria.
- Não utilize a bateria se, quando a utilizar, carregar ou armazenar, sentir um cheiro anormal, a bateria ficar quente, mudar de cor, de formato ou apresentar qualquer outra alteração anormal. Contacte o respectivo serviço de vendas se ocorrer um ou mais destes problemas.
- Quando carregar a bateria, utilize apenas o carregador de baterias indicado.
- A amplitude de temperaturas a que a bateria pode ser carregada é de $\pm 0^{\circ}\text{C}$ a $+45^{\circ}\text{C}$, a menos que seja especificado o contrário na documentação destinada ao utilizador. Carregar a bateria a temperaturas fora desta amplitude pode fazer com que a bateria aqueça em demasia ou avarie. Também pode fazer diminuir o desempenho ou o tempo de vida útil da bateria.
- A amplitude de temperaturas a que a bateria pode ser descarregada é de -15°C a $+50^{\circ}\text{C}$ a menos que especificado em contrário na documentação destinada ao utilizador. A utilização da bateria fora desta amplitude de temperaturas pode reduzir o desempenho ou o tempo de vida útil da bateria.
- Quando a bateria estiver completamente gasta, isole bem os terminais com fita adesiva ou material similar antes de se desfazer dela.
- Antes de a instalar, retire a água ou humidade que existir na bateria.
- Não utilize diluente ou outro líquido idêntico na câmara, nos cabos ou noutros itens, caso contrário, poderá provocar danos.
- Seja cuidadoso ao limpar a lente de infravermelhos. A lente possui tratamento anti-reflexo.
- Não limpe demasiado a lente de infravermelhos, caso contrário, poderá danificar o tratamento anti-reflexo.
- Em fornos e outras aplicações de alta temperatura, é necessário montar um ecrã térmico na câmara. A utilização da câmara em fornos e outras aplicações de alta temperatura sem um ecrã térmico pode danificar a câmara.
- (Aplique apenas a câmaras com um obturador automático que possa ser desactivado.) Não desactive o obturador automático da câmara durante um período prolongado (normalmente um máx. de 30 minutos). Se o desactivar durante um período superior a 30 minutos poderá danificar o detector ou avariá-lo permanentemente.

- A taxa de encapsulamento só é válida quando todas as aberturas da câmara estão seladas com as respectivas coberturas, escotilhas ou tampas. Isto inclui, entre outros, os compartimentos de armazenamento de dados, das pilhas e dos conectores.
-

2

Aviso para o utilizador

Convenções tipográficas

Este manual utiliza as seguintes convenções tipográficas:

- **Seminegro** é utilizado para nomes de menu, comandos de menu e etiquetas e botões nas caixas de diálogo.
 - *Itálico* é utilizado para informações importantes.
 - `Monospace` é utilizado para amostras de código.
 - As **MAIÚSCULAS** são utilizadas para nomes em teclas e botões.
-

Fóruns entre utilizadores

Troque ideias, problemas e soluções relacionadas com infravermelhos com utilizadores de termografia em todo o mundo nos nossos fóruns entre utilizadores. Para participar nos fóruns, visite:

<http://www.infraredtraining.com/community/boards/>

Calibragem

(Este aviso aplica-se apenas a câmaras com capacidades de medição.)

Recomenda-se que envie a câmara para calibrar uma vez por ano. Contacte o serviço de vendas local para obter informações sobre para onde deve ser enviada a câmara.

Precisão

(Este aviso aplica-se apenas a câmaras com capacidades de medição.)

Para obter resultados precisos, recomenda-se que aguarde 5 minutos após ter iniciado a câmara antes de medir uma temperatura.

Para câmaras em que o detector é refrigerado por um refrigerador mecânico, este período de tempo exclui o tempo que demora a refrigerar o detector.

Eliminação de resíduos electrónicos

10742803:a1



Tal como acontece com a maioria dos produtos electrónicos, este equipamento deve ser eliminado de uma forma que respeite o ambiente e de acordo com os regulamentos em vigor para resíduos electrónicos.

Contacte o seu representante FLIR Systems para obter mais informações.

Formação

Para ler mais acerca de formação em infravermelhos, visite:

- <http://www.infraredtraining.com>
 - <http://www.irtraining.com>
 - <http://www.irtraining.eu>
-

3

Ajuda ao cliente

Geral

Para obter ajuda ao cliente, visite:

<http://support.flir.com>

Enviar uma pergunta

Para enviar uma questão à equipa de ajuda ao cliente, tem de ser um utilizador registado. Basta apenas alguns minutos para efectuar o registo online. Se apenas pretender pesquisar perguntas e respostas já existentes na base de dados de conhecimentos, não precisa de ser um utilizador registado.

Quando desejar enviar uma pergunta, certifique-se de que tem à mão a seguinte informação:

- O modelo da câmara
 - O número de série da câmara
 - O protocolo ou método de comunicação, entre a câmara e o PC (por exemplo, HDMI, Ethernet, USB™, ou FireWire™)
 - Sistema operativo do PC
 - Versão do Microsoft® Office
 - Nome completo, número de publicação e número de revisão do manual
-

Transferências

No site de ajuda ao cliente, pode também transferir o seguinte:

- Actualizações de firmware para a câmara de infravermelhos
 - Actualizações de programas para o software do computador
 - Documentação do utilizador
 - Histórias da aplicação
 - Publicações técnicas
-

Geral

Os nossos manuais são actualizados várias vezes por ano e também incluímos regularmente notificações de alterações importantes dos produtos.

Para aceder aos manuais e notificações mais recentes aceda ao separador Download em:

<http://support.flir.com>

Bastam apenas alguns minutos para efectuar o registo online. Na área de transferência encontrará também as mais recentes versões dos manuais dos nossos restantes produtos, bem como os manuais relativos aos nossos produtos mais importantes e obsoletos .

5

Nota importante sobre este manual

Geral

A FLIR Systems publica manuais genéricos que cobrem várias câmaras dentro de uma linha de modelos.

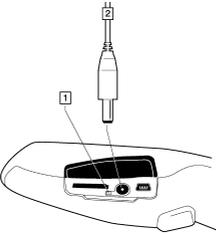
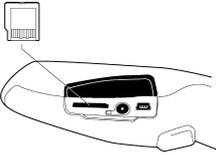
Isto significa que este manual pode conter descrições e explicações que não se aplicam ao modelo especial da sua câmara.

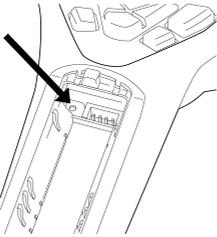
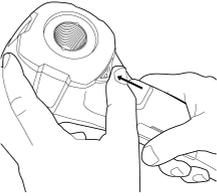
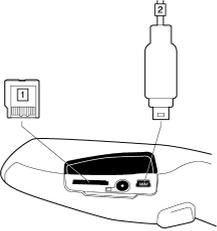
NOTA

A FLIR Systems reserva-se o direito de suprimir modelos, software, peças ou acessórios e outros artigos ou de alterar especificações e/ou funcionalidades em qualquer altura sem aviso prévio.

Procedimento

Siga este procedimento para começar imediatamente:

1	Remova a película protectora do LCD.
2	<p>Tem de carregar a bateria no interior da câmara durante quatro horas consecutivas (ou até que o indicador da carga da bateria fique verde) antes de utilizar a câmara pela primeira vez.</p> <p>Para carregar a bateria, ligue a fonte de alimentação ao conector de alimentação da câmara. Assegure-se de que utiliza a ficha CA correcta.</p> <p>Nota: quando carregar pela primeira vez uma bateria nova de fábrica, <i>tem de ligar e desligar a câmara</i> após ter ligado a fonte de alimentação ao conector de alimentação da câmara.</p> <p>T630175,a1</p>  <p>1 Indicador da carga da bateria 2 Cabo de alimentação</p>
3	<p>Insira um cartão de memória miniSD™ na ranhura respectiva.</p> <p>T630176,a1</p> 

4	<p>Prima o botão Ligar/Desligar para ligar a câmara.</p> <p>Nota: se a câmara não funcionar após ter carregado a bateria, prima o botão de reinicialização com uma ferramenta não condutiva. Este botão está localizado ao lado do conector da bateria, dentro do compartimento da bateria. Em seguida, prima novamente o botão Ligar/Desligar.</p> <p>O botão de reinicialização:</p> <p>T630179:a1</p> 
5	<p>Abra a tampa da lente, premindo a respectiva patilha.</p> <p>T630177:a1</p> 
6	<p>Aponte a câmara na direcção do seu alvo de interesse.</p>
7	<p>Puxe o disparador Guardar para guardar a imagem.</p>
8	<p>Para mover a imagem para um computador, proceda de uma das seguintes formas:</p> <p>T630178:a1</p>  <ul style="list-style-type: none"> ■ (Fig. 1 acima) Remova o cartão de memória miniSD™ e insira-o num leitor de cartões que esteja ligado a um computador. A câmara é fornecida com um adaptador para cartões miniSD™. ■ (Fig. 2 acima) Ligue um computador à câmara utilizando um cabo Mini-B USB™.

9	No Windows® Explorer, mova a imagem do cartão ou da câmara através de uma operação de arrastar e largar.
----------	--

7

Lista de artigos da embalagem

Conteúdo

- Bateria (dentro da câmara)
 - Certificado de calibragem
 - CD do QuickReport da FLIR
 - Correia de mão
 - Câmara de infravermelhos
 - Cartão miniSD (512 MB), com adaptador para cartões SD
 - Alimentação/carregador com fichas UE, RU, EUA e australiana
 - Manual de Iniciação Impresso
 - Cabo USB
 - CD-ROM de documentação do utilizador
-

NOTA

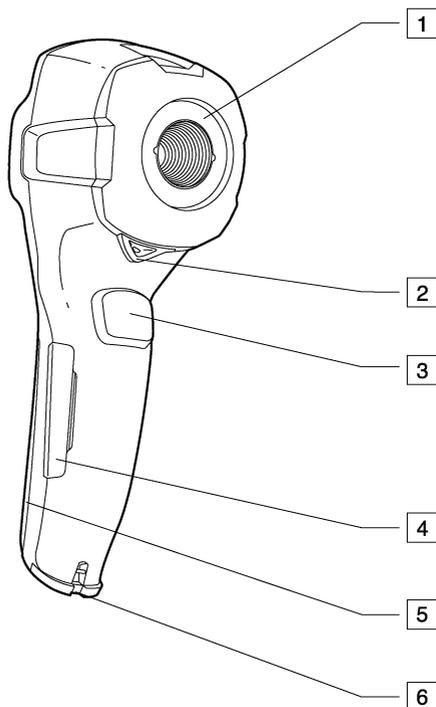
- Contacte o respectivo serviço de vendas se algum item estiver danificado ou faltar. Os endereços e números de telefone dos serviços de vendas locais encontram-se na contracapa deste manual.
 - A FLIR Systems reserva-se o direito de suprimir modelos, peças ou acessórios e outros artigos ou de alterar especificações em qualquer altura sem aviso prévio.
-

8

Peças da câmara

Figura

10780903.a1



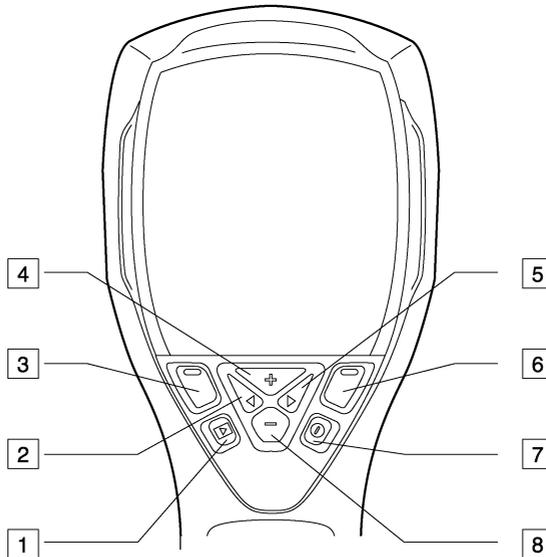
Explicação

Esta tabela explica a figura acima:

1	Lente de infravermelhos
2	Patilha para abrir e fechar a tampa da lente
3	Disparador para guardar imagens
4	Tampa para conectores e a ranhura do cartão de memória miniSD™
5	Tampa do compartimento da bateria
6	Ponto de fixação da correia de mão

Figura

10781003.a1



Explicação

Esta tabela explica a figura acima:

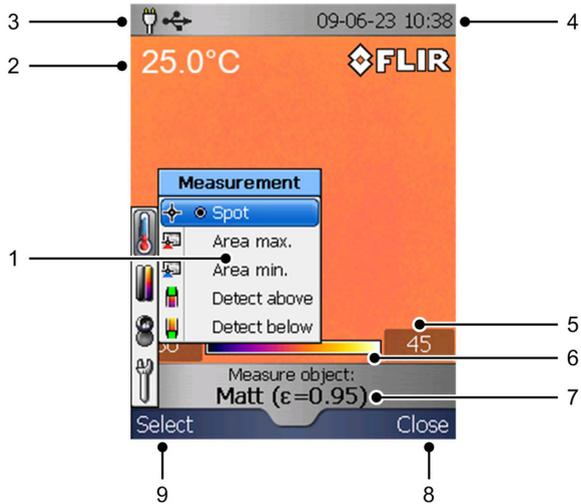
1	Botão Arquivo Função: Prima para abrir o arquivo de imagens.
2	Botão da seta para a esquerda (no teclado de navegação) Função: <ul style="list-style-type: none"> ■ Prima para ir para a esquerda nos menus, submenus e caixas de diálogo ■ Prima para navegar no arquivo de imagens
3	Botão de selecção esquerdo. Este botão é sensível ao contexto e a sua função actual é apresentada no ecrã, por cima do botão.
4	Botão + (no teclado de navegação) Função: <ul style="list-style-type: none"> ■ Prima para ir para cima nos menus, submenus e caixas de diálogo. ■ Prima para visualizar o arquivo de imagens (depois de ter premido o botão Arquivo). ■ Prima para aumentar/alterar o valor.

5	Botão da seta para a direita (no teclado de navegação) Função: <ul style="list-style-type: none">■ Prima para ir para a direita nos menus, submenus e caixas de diálogo.■ Prima para navegar no arquivo de imagens.
6	Botão de selecção direito. Este botão é sensível ao contexto e a sua função actual é apresentada no ecrã, por cima do botão.
7	Botão Ligar/Desligar Função: <ul style="list-style-type: none">■ Prima para ligar a câmara.■ Mantenha premido durante mais de um segundo para desligar a câmara.
8	Botão – (no teclado de navegação) Função: <ul style="list-style-type: none">■ Prima para ir para baixo nos menus, submenus e caixas de diálogo.■ Prima para diminuir/alterar o valor.

9 Elementos do ecrã

Figura

10781203;a2



Explicação

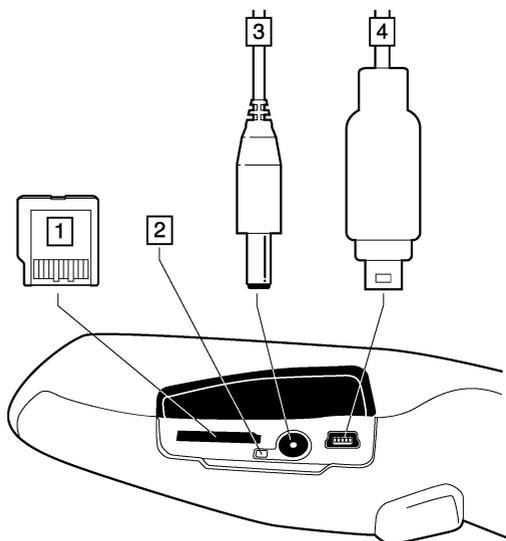
Esta tabela explica a figura acima:

1	Sistema de menus						
2	Resultado de medição						
3	Indicador de alimentação <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Ícone</th> <th>Significado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>Um dos seguintes itens: <ul style="list-style-type: none"> ■ A câmara está a ser alimentada através da bateria. ■ A bateria está a ser carregada (indicado por uma animação de recarregamento da bateria). </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>A bateria está completamente carregada e a câmara está a ser alimentada através da fonte de alimentação.</td> </tr> </tbody> </table>	Ícone	Significado		Um dos seguintes itens: <ul style="list-style-type: none"> ■ A câmara está a ser alimentada através da bateria. ■ A bateria está a ser carregada (indicado por uma animação de recarregamento da bateria). 		A bateria está completamente carregada e a câmara está a ser alimentada através da fonte de alimentação.
Ícone	Significado						
	Um dos seguintes itens: <ul style="list-style-type: none"> ■ A câmara está a ser alimentada através da bateria. ■ A bateria está a ser carregada (indicado por uma animação de recarregamento da bateria). 						
	A bateria está completamente carregada e a câmara está a ser alimentada através da fonte de alimentação.						
4	Data e hora						

5	Valor limite da escala de temperatura
6	Escala de temperaturas
7	Definição actual de valor de emissividade ou propriedades do material
8	Função actual para o botão de selecção direito
9	Função actual para o botão de selecção esquerdo

Figura

10780803.a1



Explicação

Esta tabela explica a figura acima:

1	<p>Cartão de Memória miniSD™</p> <p>Não é aconselhável guardar mais de 5.000 imagens no cartão de memória miniSD™.</p> <p>Embora um cartão possa ter uma capacidade para mais de 5.000 imagens, guardar mais do que essa quantidade de imagens reduz significativamente a eficácia da gestão de ficheiros no cartão de memória miniSD™.</p> <p>Nota: Não existe um limite superior para a capacidade de memória do cartão de memória miniSD™.</p>
2	<p>Indicador da carga da bateria:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Luz apagada: A fonte de alimentação não está ligada. ■ Luz laranja: a bateria está a ser carregada. ■ Luz verde: A bateria está completamente carregada.
3	<p>Cabo de alimentação</p>

4	Cabo USB com conector Mini-B USB
---	----------------------------------

11

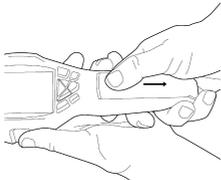
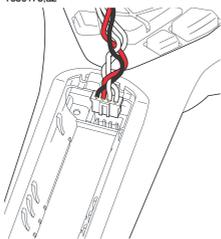
Utilizar a câmara

11.1

Instalar a bateria

Procedimento

Siga este procedimento para instalar a bateria:

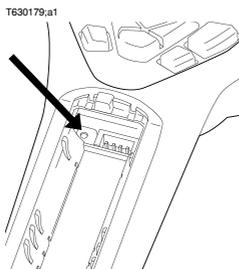
1	<p>Retire a tampa do compartimento da bateria.</p> <p>T630174.a1</p> 
2	<p>Ligue o cabo associado à bateria ao conector no interior do compartimento da bateria. Nota: Não utilize ferramentas condutivas quando fizer este procedimento.</p> <p>T630173.a2</p> 
3	<p>Empurre a bateria de forma a que esta fique devidamente encaixada.</p>
4	<p>Volte a colocar a tampa para fechar o compartimento da bateria.</p>

11.2 Carregar a bateria

NOTA

- Tem de carregar a bateria no interior da câmara durante quatro horas consecutivas (ou até que o indicador da bateria fique verde) antes de utilizar a câmara pela primeira vez.
- Quando carregar pela primeira vez uma bateria nova de fábrica, *tem de ligar e desligar a câmara* após ter ligado a fonte de alimentação ao conector de alimentação da câmara.
- Se a câmara não funcionar após ter carregado a bateria, prima o botão de reinicialização com uma ferramenta não condutiva. Este botão está localizado ao lado do conector da bateria, dentro do compartimento da bateria. Em seguida, prima novamente o botão **Ligar/Desligar**.

O botão de reinicialização:



- Não substitua a bateria frequentemente. Substitua a bateria apenas quando esta estiver gasta.

Acerca do indicador da carga da bateria

O indicador da carga da bateria é um LED situado ao lado do conector de alimentação. Apresenta os seguintes sinais:

- Luz apagada: A fonte de alimentação não está ligada.
- Luz laranja: a bateria está a ser carregada.
- Luz verde: A bateria está completamente carregada.

Procedimento

Siga este procedimento para carregar a bateria:

1	<p>Ligue a fonte de alimentação ao conector de alimentação da câmara.</p> <p>T630175;a1</p> <p>1 Indicador da carga da bateria 2 Cabo de alimentação</p>
----------	--

2	Ligue a ficha da fonte de alimentação a uma tomada de alimentação. Assegure-se de que utiliza a ficha CA correcta.
3	Desligue a ficha do cabo da fonte de alimentação quando o indicador da carga da bateria estiver verde.

11.3 Guardar uma imagem

Geral

Pode guardar várias imagens no cartão de memória miniSD™.

Capacidade de imagens

Não é aconselhável guardar mais de 5.000 imagens no cartão de memória miniSD™. Embora um cartão de memória possa ter uma capacidade para mais de 5.000 imagens, guardar mais do que essa quantidade de imagens reduz significativamente a eficácia da gestão de ficheiros no cartão de memória.

Nota: Não existe um limite superior para a capacidade de memória do cartão de memória miniSD™.

Formatar cartões de memória

Para melhor desempenho, os cartões de memória devem ser formatados para o sistema de ficheiros FAT (FAT16). Utilizar cartões de memória formatados para FAT32 pode provocar um desempenho de qualidade inferior. Para formatar um cartão de memória para FAT (FAT16), proceda da seguinte forma:

1	Insira o cartão de memória num leitor de cartões que esteja ligado ao seu computador.
2	No explorador do Windows®, seleccione O meu computador e clique com o botão direito do rato no cartão de memória.
3	Seleccione Formatar .
4	Em Sistema de ficheiros , seleccione FAT .
5	Clique em Iniciar .

Convenção para atribuir nome

A convenção para atribuir nome às imagens é **IR_xxxx.jpg**, em que **xxxx** consiste num contador único. Quando selecciona **Restaurar**, a câmara reinicia o contador e atribui o primeiro nome de ficheiro livre mais alto ao novo ficheiro.

Procedimento

Para guardar uma imagem, puxe o disparador **Guardar**.

11.4 Recuperar uma imagem

Geral

Quando guarda uma imagem, esta é guardada no cartão de memória miniSD™ amovível. Para visualizar novamente a imagem, pode recuperá-la a partir do cartão de memória miniSD™.

Procedimento

Siga este procedimento para recuperar uma imagem:

1	Prima o botão Arquivo .
2	Efectue uma das seguintes operações: <ul style="list-style-type: none">■ Prima a tecla de navegação para a esquerda/direita para seleccionar a imagem que pretende visualizar.■ Prima o botão +, utilize a tecla de navegação para seleccionar a imagem que pretende visualizar e, em seguida, prima o botão de selecção direito (Abrir).
3	Para regressar ao modo directo, execute uma das seguintes operações: <ul style="list-style-type: none">■ Prima o botão Arquivo.■ Prima o botão de selecção direito (Fechar).

11.5 *Abrir o arquivo de imagens*

Geral

O arquivo de imagens é uma galeria de miniaturas de todas as imagens existentes no cartão de memória miniSD™.

Procedimento

Siga este procedimento para abrir o arquivo de imagens:

1	Prima o botão Arquivo .
2	Prima o botão + no teclado de navegação. Aparecerá o arquivo de imagens. Agora, pode utilizar a tecla de navegação para navegar no arquivo.
3	Para abrir uma imagem seleccionada, prima o botão de selecção direito (Abrir).

11.6 *Eliminar uma imagem*

Geral

Pode eliminar uma ou mais imagens a partir do cartão de memória miniSD™.

Alternativa 1

Siga este procedimento para eliminar uma imagem:

1	Prima o botão Arquivo .
2	Prima o botão + . Aparecerá o arquivo de imagens.
3	Selecione a imagem que pretende eliminar utilizando a tecla de navegação.
4	Prima o botão de selecção esquerdo (Opções).
5	Utilize a tecla de navegação para seleccionar Eliminar imagem .
6	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar).
7	Prima o botão de selecção direito para confirmar (Eliminar).
8	Para regressar ao modo directo, execute uma das seguintes operações: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Prima o botão Arquivo. ▪ Prima o botão de selecção direito (Fechar).

Alternativa 2

Siga este procedimento para eliminar uma imagem:

1	Prima o botão Arquivo .
2	Selecione a imagem que pretende eliminar utilizando a tecla de navegação.
3	Prima o botão de selecção esquerdo (Eliminar).
4	Prima o botão de selecção direito para confirmar (Eliminar).
5	Para regressar ao modo directo, execute uma das seguintes operações: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Prima o botão Arquivo. ▪ Prima o botão de selecção direito (Fechar).

11.7 *Eliminar todas as imagens*

Geral

Pode eliminar todas as imagens do cartão de memória miniSD™.

Procedimento

Siga este procedimento para eliminar todas as imagens:

1	Prima o botão Arquivo .
2	Prima o botão + . Aparecerá o arquivo de imagens
3	Prima o botão de selecção esquerdo (Opções).
4	Utilize a tecla de navegação para seleccionar Eliminar todas as imagens .
5	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar).
6	Prima o botão de selecção direito para confirmar (Eliminar).

11.8

Medir uma temperatura utilizando o medidor de ponto

Geral

Pode medir uma temperatura utilizando um medidor de pontos. Assim a temperatura será apresentada na posição do medidor de pontos no ecrã.

Procedimento

Siga este procedimento:

1	Prima o botão de selecção esquerdo (Menu).
2	Utilize a tecla de navegação para seleccionar Medição .
3	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar).
4	Utilize a tecla de navegação para seleccionar Ponto .
5	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar). A temperatura na posição do medidor de pontos será agora apresentada no canto superior esquerdo do ecrã.

11.9

Medir uma temperatura utilizando uma área**Geral**

Pode indicar continuamente a temperatura mais elevada ou mais baixa numa área, utilizando um cursor que se move continuamente.

Procedimento

Siga este procedimento:

1	Prima o botão de selecção esquerdo (Menu).
2	Utilize a tecla de navegação para seleccionar Medição .
3	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar).
4	Utilize a tecla de navegação para seleccionar uma das seguintes operações: <ul style="list-style-type: none">▪ Área máx.▪ Área mín.
5	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar). Será agora indicada a temperatura mais elevada e mais baixa na área através de um cursor que se move continuamente. A temperatura será também apresentada no canto superior esquerdo do ecrã.

11.10 *Marcar todas as áreas acima ou abaixo de um nível de temperatura definido*

Geral

Pode marcar todas as áreas acima ou abaixo de um nível de temperatura definido.

Procedimento

Siga este procedimento:

1	Prima o botão de selecção esquerdo (Menu).
2	Utilize a tecla de navegação para seleccionar Medição .
3	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar).
4	Utilize a tecla de navegação para seleccionar uma das seguintes operações: <ul style="list-style-type: none">▪ Detectar acima▪ Detectar abaixo
5	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar).
6	Para alterar o nível de temperatura acima ou abaixo do qual pretende marcar as áreas, utilize a tecla de navegação.

11.11 *Alterar a paleta de cores*

Geral

É possível alterar as cores da paleta que a câmara utiliza para visualizar temperaturas diferentes. Uma paleta diferente pode tornar mais fácil a análise de uma imagem.

Procedimento

Siga este procedimento para alterar a paleta de cores:

1	Prima o botão de selecção esquerdo (Menu).
2	Utilize a tecla de navegação para ir para Paleta de cores .
3	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar). Aparecerá o submenu Paleta de cores .
4	Utilize a tecla de navegação para seleccionar a nova paleta de cores.
5	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar) para confirmar a selecção e sair do submenu.

11.12 *Alterar as definições*

Geral

Pode alterar várias definições para a câmara. Eis algumas:

- Encerramento automático
- Intensidade do monitor
- Idioma
- Unidade
- Formato da hora
- Definir hora
- Carimbo de hora
- Firmware (para transferir programas para a câmara. Visite <http://flir.custhelp.com> para obter mais informações.)
- Restaurar

Procedimento

Proceda da seguinte forma para alterar uma definição:

1	Prima o botão de selecção esquerdo (Menu).
2	Utilize a tecla de navegação para ir para Definições .
3	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar). Aparecerá o submenu Definições .
4	Utilize a tecla de navegação para seleccionar a definição que pretende alterar.
5	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar) e, em seguida, utilize a tecla de navegação para seleccionar uma nova definição.
6	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar) para confirmar a selecção e sair do submenu ou prima o botão de selecção direito (Fechar) para sair do menu.

11.13 Alterar o modo de imagem

Geral

A câmara pode funcionar em dois modos de imagem diferentes:

Modo de imagem	Ícone	Explicação
Auto	[Nenhum]	No modo Auto , a câmara é ajustada automaticamente de forma contínua, para proporcionar o melhor brilho e contraste de imagem.
Bloqueada		No modo Bloqueada , a câmara bloqueia o campo de temperatura e o nível de temperatura.

Quando utilizar o modo Bloqueada

Uma situação típica em que utilizaria o modo **Bloqueada** seria para procurar anomalias a nível de temperatura em dois itens de concepção ou construção semelhante.

Por exemplo, se estiver a observar dois cabos e suspeitar que um aqueceu excessivamente, trabalhar no modo **Bloqueada** mostrará claramente se um deles aqueceu excessivamente. A temperatura mais elevada nesse cabo iria gerar uma cor *mais clara* para a temperatura *mais elevada*.

Se, em alternativa, utilizar o modo **Auto**, a cor dos dois itens aparecerá igual.

Procedimento

Para alternar entre o modo **Auto** e o modo **Bloqueada**, prima o botão de selecção

direito (**Auto/Blo.**). Um ícone de um cadeado () indica o modo Bloqueada.

11.14 Definir as propriedades de superfície

Geral

Para medir temperaturas de forma exacta, a câmara tem de saber que tipo de superfície está a medir.

A forma mais simples de o fazer consiste em definir a propriedade da superfície no menu **Medida**. Pode escolher entre as seguintes propriedades de superfície:

- **Mate**
- **Semimate**
- **Semibrilhante**
- **Brilhante**

Procedimento

Proceda da seguinte forma para definir a propriedade da superfície:

1	Prima o botão de selecção esquerdo (Menu).
2	Utilize a tecla de navegação para ir para Medida .
3	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar). Aparecerá o submenu Medida .
4	No menu Medida , utilize a tecla de navegação para seleccionar uma propriedade da superfície.
5	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar) para confirmar a selecção e sair do menu.

CONSULTE TAMBÉM

Para obter medições mais exactas, consulte as seguintes secções:

- Secção 11.15 – Alterar a emissividade na página 34
- Secção 11.16 – Alterar a temperatura aparente reflectida na página 35

11.15 *Alterar a emissividade*

Geral

Para obter medições muito exactas, pode ter de definir a emissividade, em vez de seleccionar uma propriedade da superfície. É igualmente necessário que compreenda como a emissividade e reflectividade afectam as medições, em vez de simplesmente seleccionar uma propriedade da superfície.

A emissividade é uma propriedade que indica a quantidade de radiação gerada por um objecto comparada com a quantidade reflectida pelo mesmo. Um valor mais baixo indica que está a ser reflectida uma grande proporção, enquanto um valor elevado indica que está a ser reflectida uma proporção inferior.

O aço inoxidável polido, por exemplo, tem uma emissividade de 0,14, enquanto um piso em PVC estruturado, tipicamente, apresenta uma emissividade de 0,93.

Procedimento

Siga este procedimento para definir a emissividade:

1	Prima o botão de selecção esquerdo (Menu).
2	Utilize a tecla de navegação para ir para Medida .
3	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar). Aparecerá o submenu Medida .
4	Utilize a tecla de navegação para seleccionar Avançado .
5	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar). Aparecerá o submenu Avançado .
6	Utilize a tecla de navegação para executar uma das seguintes operações: <ul style="list-style-type: none"> ■ Definir um valor para a emissividade ■ Seleccionar um material na lista de materiais
7	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar) para confirmar a selecção e sair do menu.

CONSULTE TAMBÉM

Para saber mais sobre emissividade, consulte a secção 20 – Técnicas de medição termográfica na página 134.

11.16

Alterar a temperatura aparente reflectida**Geral**

Este parâmetro é utilizado para compensar a radiação reflectida pelo objecto. Se a emissividade for baixa e a temperatura do objecto estiver relativamente afastada da temperatura aparente reflectida, será importante definir e compensar correctamente a temperatura aparente reflectida.

Procedimento

Siga este procedimento para definir a temperatura aparente reflectida:

1	Prima o botão de selecção esquerdo (Menu).
2	Utilize a tecla de navegação para ir para Medida .
3	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar). Aparecerá o submenu Medida .
4	Utilize a tecla de navegação para seleccionar Avançado .
5	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar). Aparecerá o submenu Avançado .
6	Utilize a tecla de navegação para definir a temperatura aparente reflectida.
7	Prima o botão de selecção esquerdo (Seleccionar) para confirmar a selecção e sair do menu.

**CONSULTE
TAMBÉM**

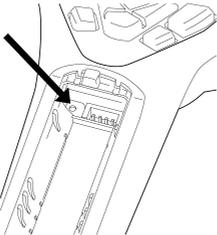
Para saber mais sobre a temperatura aparente reflectida, consulte a secção 20 – Técnicas de medição termográfica na página 134.

11.17 *Reiniciar a câmara*

Geral Se precisar de reiniciar a câmara, existe um botão de reinicialização no interior do compartimento da bateria.

NOTA Não utilize uma ferramenta metálica ou condutora para reiniciar a câmara.

Procedimento Siga este procedimento para reiniciar a câmara:

1	Abra a tampa do compartimento da bateria.
2	Para localizar o botão de reinicialização, observe a figura abaixo. T630179.a1 
3	Utilize uma ferramenta não condutiva para premir o botão de reinicialização. A câmara será agora reiniciada.

11.18

Localizar o número de série da câmara

Geral

Quando comunicar com os nossos departamentos de assistência, poderá necessitar de indicar o número de série da câmara.

O número de série está impresso numa etiqueta localizada no interior do compartimento da bateria, atrás da bateria.

12

Limpeza da câmara

12.1

Caixa da câmara, cabos e outros itens

Líquidos

Utilize um destes líquidos:

- Água quente
 - Uma solução de detergente suave
-

Equipamento

Um pano macio

Procedimento

Siga este procedimento:

1	Mergulhe o pano no líquido.
2	Torça o pano para eliminar o líquido em excesso.
3	Limpe a peça com o pano.

CUIDADO

Não utilize diluente ou outro líquido idêntico na câmara, nos cabos ou noutros itens, caso contrário, poderá provocar danos.

12.2 *Lente de infravermelhos*

Líquidos

Utilize um destes líquidos:

- 96% de álcool isopropílico.
- Um líquido comercial para limpeza de lentes com mais de 30% de álcool isopropílico.

Equipamento

Algodão

Procedimento

Siga este procedimento:

1	Mergulhe o algodão no líquido.
2	Torça o pano para eliminar o líquido em excesso.
3	Limpe a lente apenas uma vez e elimine o algodão.

ATENÇÃO

Certifique-se de que lê atentamente todas as Folhas de Dados sobre Segurança do Material (MSDS) e informações nas etiquetas dos frascos aplicáveis antes de utilizar as substâncias. Os líquidos podem ser perigosos.

CUIDADO

- Seja cuidadoso ao limpar a lente de infravermelhos. A lente possui tratamento anti-reflexo.
- Não limpe demasiado a lente de infravermelhos, caso contrário, poderá danificar o tratamento anti-reflexo.

12.3 *Detector de infravermelhos*

Geral Mesmo pequenas quantidades de pó no detector de infravermelhos podem provocar grandes manchas na imagem. Para remover o pó do detector, siga o procedimento a seguir indicado.

NOTA

- Esta secção aplica-se apenas a câmaras em que a remoção da lente expõe o detector de infravermelhos.
- Em alguns casos, o pó não pode ser removido seguindo este procedimento: o detector de infravermelhos deve ser limpo mecanicamente. Esta limpeza mecânica deverá ser realizada por um parceiro de assistência autorizado.

CUIDADO No Passo 2 a seguir, não aplique ar sob pressão de circuitos de ar pneumáticos de uma oficina, etc. uma vez que, normalmente, este ar contém vapor de óleo para lubrificar ferramentas pneumáticas.

Procedimento Siga este procedimento:

1	Remova a lente da câmara.
2	Utilize ar sob pressão de um recipiente de ar comprimido para soprar o pó.

13

Dados técnicos

NOTA

A FLIR Systems reserva-se o direito de suprimir modelos, peças ou acessórios e outros artigos ou de alterar especificações em qualquer altura sem aviso prévio.

13.1

Dados da câmara

Imagens e dados ópticos

Campo de visão	Dependendo do modelo da câmara: <ul style="list-style-type: none">■ 17° × 17° (FLIR i5 (modelo de 2009))■ 25° × 25° (FLIR i7)
Distância de focagem mínima	0,6 m
Resolução espacial (IFOV = campo de visão instantâneo)	3,71 mrad
Sensibilidade térmica/NETD	< 0,1°C
Frequência de imagens	9 Hz
Focagem	Focagem livre

Dados do detector

Tipo de detector	Matriz de plano focal (FPA), microbolómetro não refrigerado
Intervalo espectral	7.5–13 µm
Resolução de infravermelhos	Dependendo do modelo da câmara: <ul style="list-style-type: none">■ 80 × 80 pixels (FLIR i5 (modelo de 2009))■ 120 × 120 pixels (FLIR i7)

Apresentação de imagens

Monitor	LCD a cores de 2,8"
Ajustes da imagem	Imagem automática de ajuste/bloqueio

Medição

Amplitude de temperaturas do objecto	0°C a +250°C
Precisão	± 2°C ou ± 2% de leitura, para uma temperatura ambiente de 10° a 35°C

Análise de medição

Medidor de pontos	Ponto central
-------------------	---------------

Área	Dependendo do modelo da câmara: <ul style="list-style-type: none"> ■ Não aplicável (FLIR i5 (modelo de 2009)) ■ Caixa com máx./mín. (FLIR i7)
Isotérmica	Dependendo do modelo da câmara: <ul style="list-style-type: none"> ■ Não aplicável (FLIR i5 (modelo de 2009)) ■ Por cima/por baixo (FLIR i7)
Correcção de emissividade	Variável de 0,1 a 1,0
Tabela de emissividade	Tabela de emissividade de materiais predefinidos
Correcção da temperatura aparente reflectida	Automática, com base em informações referentes a temperatura reflectida

Configuração

Paleta de cores	Preto e branco, ferro e arco-íris
Comandos de configuração	Adaptação local de unidades, idioma, formatos de data e hora

Armazenamento de imagens

Tipo de armazenamento de imagens	Cartão miniSD
Formatos de ficheiro	JPEG padrão, inclui dados de medição de 14 bits

Interfaces de comunicação de dados

Interfaces	USB mini-B: Transferência de dados para e do PC
------------	---

Sistema de energia eléctrica

Tipo de bateria	Bateria Li Ion recarregável
Tensão da bateria	3,6 V
Tempo de funcionamento da bateria	Cerca de 5 horas, com temperatura ambiente de +25°C e utilização normal
Sistema de carregamento	A bateria é carregada no interior da câmara.
Tempo de carregamento	3 h para 90% da capacidade
Gestão de potência	Encerramento automático
Funcionamento CA	Adaptador CA, entrada 90–260 VCA. Saída de 5 V para a câmara

Dados ambientais

Amplitude da temperatura de funcionamento	0°C a +50°C
---	-------------

Amplitude da temperatura de armazenamento	-40°C a +70°C
Humidade (funcionamento e armazenamento)	IEC 60068-2-30/24 h 95% de humidade relativa
EMC	<ul style="list-style-type: none"> ■ EN 61000-6-2:2005 (Imunidade) ■ EN 61000-6-3:2007 (Emissão) ■ FCC 47 CFR Parte 15 Classe B (Emissão)
Encapsulamento	Caixa da câmara e lente: IP 43 (IEC 60529)
Pancada	25 g (IEC 60068-2-29)
Vibração	2 g (IEC 60068-2-6)

Dados físicos

Peso da câmara, incluindo bateria	0,34 kg
Dimensões da câmara (C x L x A)	223 × 79 × 83 mm
Material	Policarbonato + Acrilonitrilo-butadieno-estireno (PC-ABS) Magnésio Thixomold Elastómero termoplástico (TPE)
Cor	Azul e cinzento

Certificações

Certificação	UL, CSA, CE, PSE e CCC
--------------	------------------------

Âmbito do fornecimento

Embalagem, tipo	Caixa rígida
Embalagem, conteúdo	<ul style="list-style-type: none"> ■ CD do QuickReport da FLIR ■ Manual de Iniciação Impresso ■ CD-ROM de documentação do utilizador ■ Certificado de calibragem ■ Correia de mão ■ Bateria (dentro da câmara) ■ Alimentação/carregador com fichas UE, RU, EUA e australiana ■ Cabo USB ■ Cartão miniSD (512 MB), com adaptador para cartões SD

13.2 Dados adicionais

Campo de visão & distância (FLIR i5)

10780503.a1

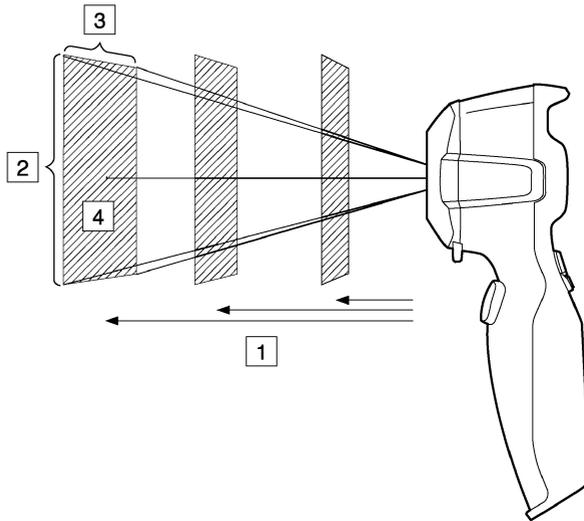


Figura 13.1 Relação entre campo de visão e distância. **1:** Distância até ao alvo; **2:** VFOV = campo de visão vertical; **3:** HFOV = campo de visão horizontal, **4:** IFOV = campo de visão instantâneo (tamanho de um elemento detector).

esta tabela dá exemplos do campo de visão para diferentes distâncias ao alvo. **Nota:** a tabela não tem em conta a distância de focagem mínima.

10781103.a1

Focal length: 6.76 mm									
Resolution: 80 x 80 pixels									
Field of view in degrees: 16.8									
D --->	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.15	0.30	0.59	1.48	2.96	7.40	14.79	29.59	m
VFOV	0.15	0.30	0.59	1.48	2.96	7.40	14.79	29.59	m
IFOV	1.85	3.70	7.40	18.49	36.98	92.46	184.91	369.82	mm
D --->	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	0.49	0.97	1.94	4.85	9.70	24.25	48.50	97.00	ft.
VFOV	0.49	0.97	1.94	4.85	9.70	24.25	48.50	97.00	ft.
IFOV	0.07	0.15	0.29	0.73	1.46	3.64	7.28	14.56	in.
Legend:									
D = Distance to target in meters & feet									
HFOV = Horizontal field of view in meters & feet									
VFOV = Vertical field of view in meters & feet									
IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches									

Campo de visão & distância (FLIR i7)

10780503.a1

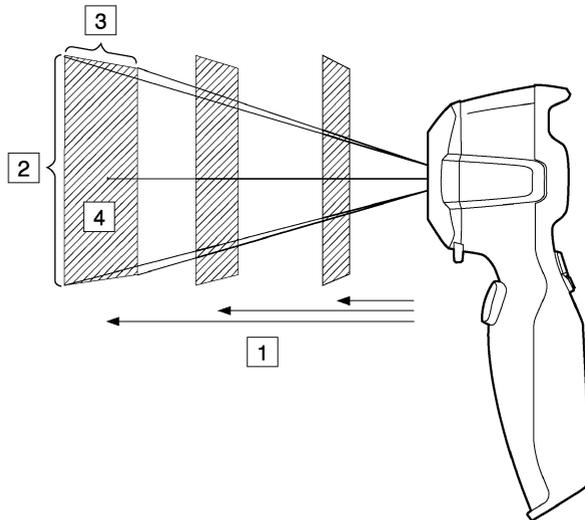


Figura 13.2 Relação entre campo de visão e distância. **1:** Distância até ao alvo; **2:** VFOV = campo de visão vertical; **3:** HFOV = campo de visão horizontal, **4:** IFOV = campo de visão instantâneo (tamanho de um elemento detector).

esta tabela dá exemplos do campo de visão para diferentes distâncias ao alvo. **Nota:** a tabela não tem em conta a distância de focagem mínima.

T638201.a1

Focal length: 6.76 mm									
Resolution: 120 x 120 pixels									
Field of view in degrees: 25.0									
D --->	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.22	0.44	0.89	2.22	4.44	11.09	22.19	44.38	m
VFOV	0.22	0.44	0.89	2.22	4.44	11.09	22.19	44.38	m
IFOV	1.85	3.70	7.40	18.49	36.98	92.46	184.91	369.82	mm
D --->	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	0.73	1.46	2.91	7.28	14.55	36.38	72.75	145.50	ft.
VFOV	0.73	1.46	2.91	7.28	14.55	36.38	72.75	145.50	ft.
IFOV	0.07	0.15	0.29	0.73	1.46	3.64	7.28	14.56	in.
Legend:									
D = Distance to target in meters & feet									
HFOV = Horizontal field of view in meters & feet									
VFOV = Vertical field of view in meters & feet									
IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches									

13.3 *Dados de acessórios*

Cabo USB Std A ↔ Mini B, 2 m

Comprimento do cabo	2,0 m
Conector	Standard USB-A para USB Mini-B

Bateria

Tipo de bateria	Bateria Li Ion recarregável
Tensão da bateria	3,6 V
Nota sobre a bateria	Conteúdo aproximado de lítio: 0,7 g
Sistema de carregamento	A bateria é carregada no interior da câmara

Alimentação/carregador com fichas UE, RU, EUA e AU

Funcionamento CA	100–240 V, 50/60 Hz saída 5,0 VCA, 1,2 A
Alimentação	6 W
Dimensões (C × L × A)	69,2 × 43,3 × 29,8 mm
Comprimento do cabo	1,8 m
Embalagem, conteúdo	<ul style="list-style-type: none"> ■ Alimentação/Carregador da bateria ■ Fichas UE, RU, EUA e australiana

Cartão de memória, 512 MB miniSD

Cartão de memória, tamanho	512 MB
Dimensões (C × L × A)	21,5 × 20 × 1,4 mm
Embalagem, conteúdo	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cartão miniSD ■ Adaptador do Cartão miniSD para o Cartão de memória SD

14

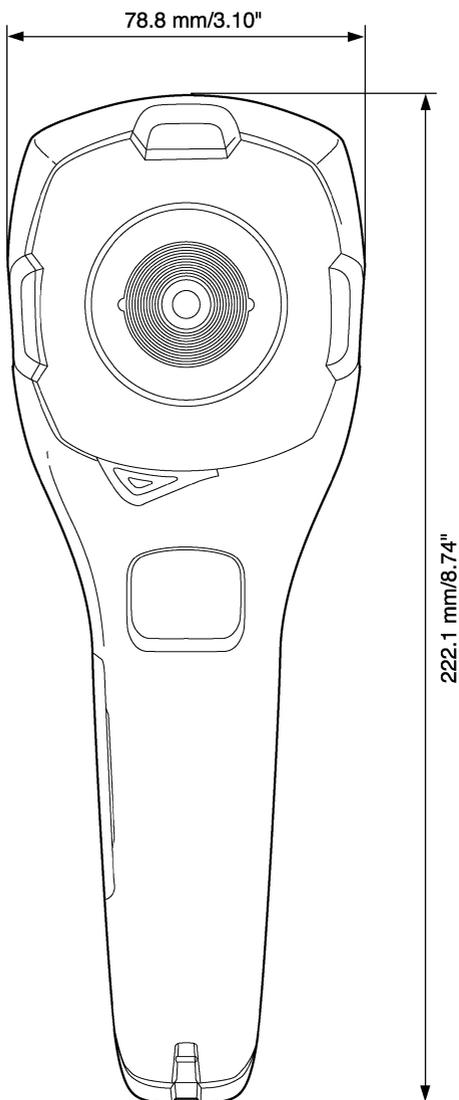
Dimensões

14.1

Câmara (frente)

Figura

10780603.a1

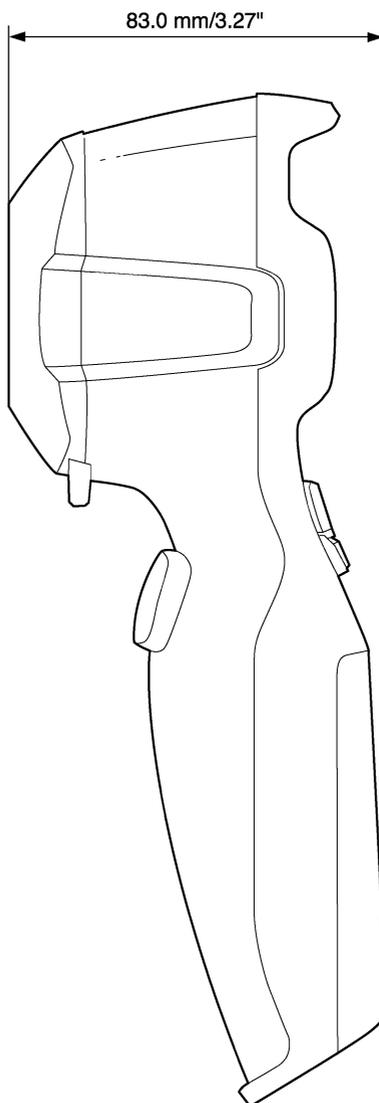


14.2

Câmara (lateral)

Figura

10780703.a1



15

Exemplos de aplicação

15.1

Danos provocados por humidade e água

Geral

É frequentemente possível detectar danos provocados pela humidade e água numa casa utilizando uma câmara de infravermelhos. Isto deve-se, em parte, ao facto de a área danificada possuir uma propriedade de condução de calor diferente e em parte porque tem uma capacidade térmica diferente para armazenar calor da do material que a rodeia.

NOTA

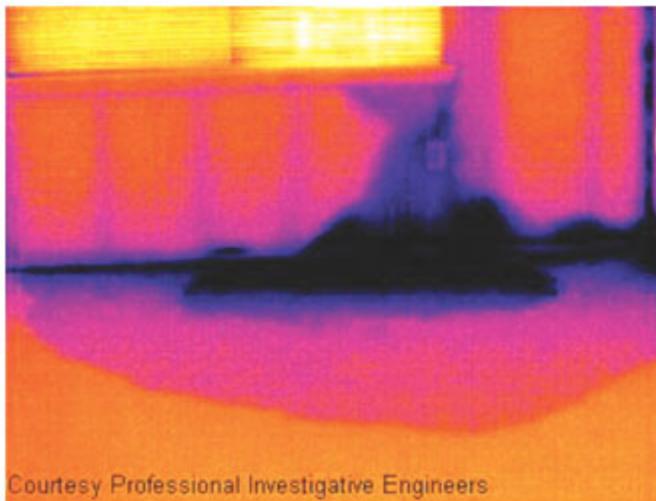
Muitos factores entram em conta na forma como os danos provocados por humidade e água surgem na imagem de infravermelhos.

Por exemplo, o aquecimento e arrefecimento destas partes são realizados a níveis diferentes dependendo do material e do momento do dia. Por essa razão, é importante que sejam utilizados também outros métodos para verificar a existência de danos provocados por humidade e água.

Figura

A imagem abaixo mostra extensos danos provocados por água numa parede externa em que a água penetrou na superfície exterior devido a um parapeito de janela incorrectamente instalado.

10739503,a1



15.2 *Contacto defeituoso numa tomada*

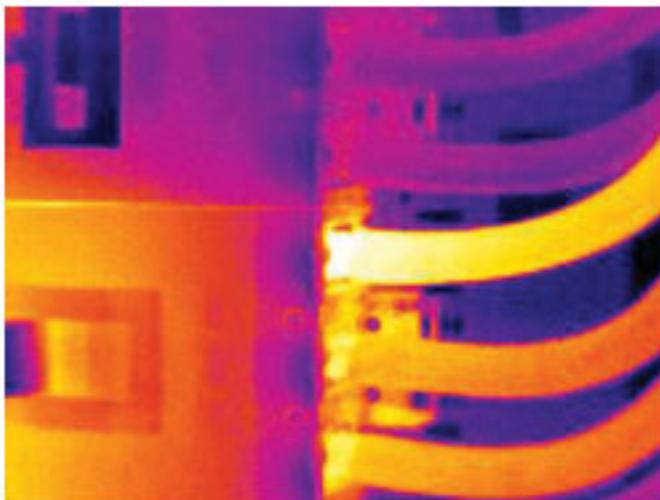
Geral Dependendo do tipo de ligação de uma tomada, um fio incorrectamente ligado pode resultar num aumento da temperatura local. Este aumento da temperatura é causado pela área de contacto reduzida entre o ponto de ligação do fio de entrada e a tomada, podendo resultar num incêndio de origem eléctrica.

NOTA A construção de uma tomada pode ser bastante diferente de fabricante para fabricante. Por esta razão, defeitos diferentes numa tomada podem gerar um aspecto típico idêntico numa imagem de infravermelhos.

O aumento da temperatura no local pode resultar também de um contacto inadequado entre o fio e a tomada, ou de diferenças de carga.

Figura A imagem abaixo mostra a ligação de um cabo a uma tomada em que o contacto inadequado na ligação teve como resultado um aumento da temperatura local.

10739603:a1



15.3 Tomada oxidada

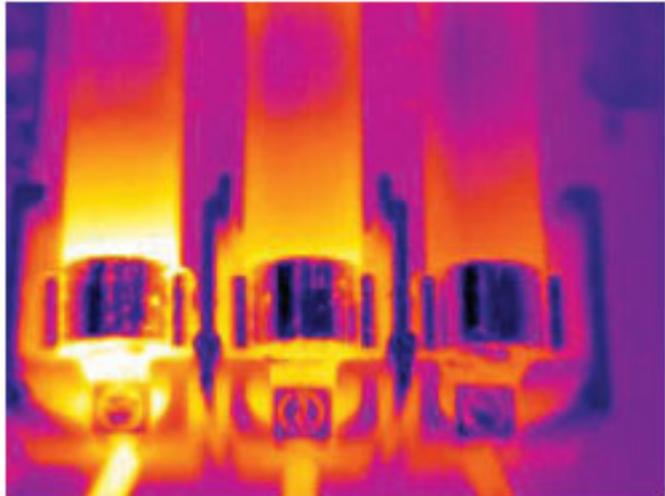
Geral Dependendo do tipo de tomada e do ambiente em que a tomada está instalada, podem ocorrer oxidações nas superfícies de contacto da tomada. Estas oxidações podem levar a um aumento da resistência local quando a tomada fica com carga, o que pode ser visto numa imagem de infravermelhos como aumento da temperatura local.

NOTA A construção de uma tomada pode ser bastante diferente de fabricante para fabricante. Por esta razão, defeitos diferentes numa tomada podem gerar um aspecto típico idêntico numa imagem de infravermelhos.

O aumento da temperatura no local pode resultar também de um contacto inadequado entre o fio e a tomada, ou de diferenças de carga.

Figura A imagem abaixo mostra uma série de fusíveis em que um possui uma temperatura aumentada nas superfícies de contacto com o suporte do fusível. Devido ao metal bruto do suporte do fusível, o aumento da temperatura não é visível aí, embora seja visível no material cerâmico do fusível.

10739703.a1



15.4 Deficiências de isolamento

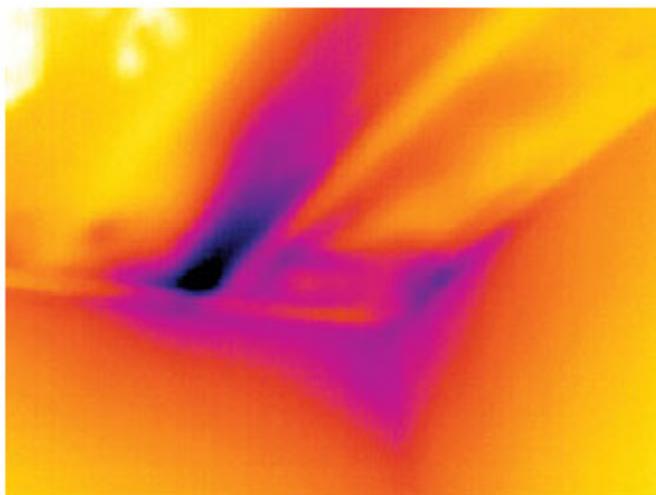
Geral As deficiências de isolamento podem resultar da perda de volume do isolamento ao longo do tempo, não enchendo assim totalmente a cavidade numa parede de estrutura.

Uma câmara de infravermelhos permite-lhe ver estas deficiências de isolamento porque têm uma propriedade de condução de calor diferente da de secções com isolamento correctamente instalado e/ou mostram a área em que o ar penetra na estrutura do edifício.

NOTA Quando se inspecciona um edifício, a diferença de temperatura entre o interior e o exterior deve ser pelo menos de 10°C. Barrotes, tubagens de água, colunas de betão e outros componentes semelhantes podem parecer uma deficiência de isolamento numa imagem de infravermelhos. Podem ocorrer também naturalmente diferenças menores.

Figura Na imagem abaixo, falta o isolamento na estrutura do telhado. Devido à ausência de isolamento, o ar força a sua entrada na estrutura do telhado, que assim toma uma aparência característica diferente na imagem de infravermelhos.

10739803.a1



15.5 Corrente de ar

Geral Podem encontrar-se correntes de ar por baixo de rodapés, em volta de caixilhos de portas e janelas e por cima da sanca do tecto. Este tipo de corrente de ar pode, muitas vezes, ver-se numa câmara de infravermelhos, quando um fluxo de ar mais fresco refresca a superfície circundante.

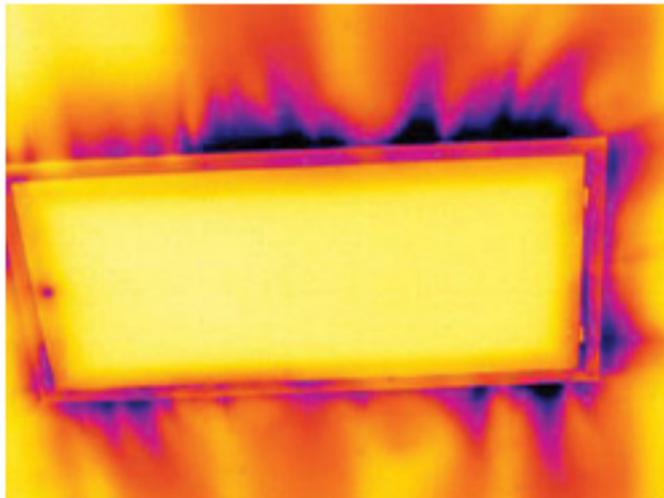
NOTA Quando se investiga uma corrente de ar numa casa, deverá existir pressão subatmosférica na casa. Feche todas as portas, janelas e condutas de ventilação e deixe que o exaustor da cozinha funcione durante algum tempo antes de captar as imagens de infravermelhos.

Uma imagem de infravermelhos de uma corrente de ar mostra muitas vezes um padrão de fluxo típico. Poderá ver claramente este padrão de fluxo na imagem abaixo.

Tenha também em mente que as correntes de ar podem ser escondidas pelo calor produzido por circuitos de aquecimento do pavimento.

Figura A imagem abaixo mostra um alçapão no tecto onde uma instalação defeituosa teve como resultado uma forte corrente de ar.

10739903.a1



16 Introdução às análises termográficas de edifícios

16.1 *Isenção de responsabilidade legal*

16.1.1 Declaração de direitos autorais

Algumas secções e/ou imagens que surgem neste capítulo possuem direitos autorais das seguintes organizações e empresas:

- FORMAS—The Swedish Research Council for Environment, Agricultural Sciences and Spatial Planning, Stockholm, Sweden
- ITC—Infrared Training Center, Boston, MA, United States
- Stockton Infrared Thermographic Services, Inc., Randleman, NC, United States
- Professional Investigative Engineers, Westminster, CO, United States
- United Kingdom Thermography Association (UKTA)

16.1.2 Formação e certificação

A realização de análises de termografia em edifícios requer uma formação e experiência substanciais e poderá requerer a certificação de um organismo de normalização a nível regional ou nacional. Esta secção é apresentada apenas como introdução à termografia de edifícios. Recomenda-se vivamente que o utilizador frequente cursos de formação relacionados com esta técnica.

Para obter mais informações sobre formação na técnica de infravermelhos, queira consultar o seguinte Web site:

<http://www.infraredtraining.com>

16.1.3 Códigos de construção nacionais ou regionais

As estruturas de edifício sujeitas a observações neste capítulo podem diferir em construção dependendo do país. Para obter mais informações sobre detalhes de construção e normas de procedimento, deverá consultar sempre os códigos de construção nacionais ou regionais.

16.2 *Nota importante*

Algumas das funções e características descritas nesta secção podem não ser suportadas pela configuração específica da sua câmara.

16.3 Estudos normais de campo

16.3.1 Directivas

Como se poderá verificar nas secções seguintes, existem várias directivas gerais que o utilizador deverá ter em conta ao efectuar análises termográficas de edifícios. Esta secção apresenta um resumo dessas directivas.

16.3.1.1 Directivas gerais

- A emissividade da maioria dos materiais de construção encontra-se entre 0,85 e 0,95. Um bom ponto de partida será colocar o valor de emissividade da câmara em 0,90.
- As possíveis medidas a serem tomadas nunca deverão ter por base apenas uma análise de infravermelhos. Verifique sempre as suspeitas e resultados utilizando outros métodos, tais como os desenhos de execução, higrómetros, registos de dados da humidade e temperatura, testes de gás traçador, etc.
- Altere o nível e o campo para ajustar termicamente a imagem de infravermelhos e revelar mais detalhes. A figura abaixo mostra a diferença entre uma imagem de infravermelhos termicamente desajustada e ajustada.

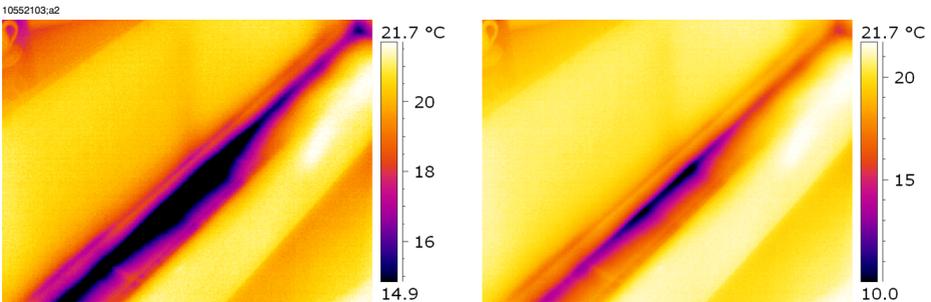


Figura 16.1 **ESQUERDA:** Uma imagem de infravermelhos termicamente desajustada; **DIREITA:** Uma imagem de infravermelhos termicamente ajustada, após se ter alterado o nível e o campo.

16.3.1.2 Directivas para detecção de humidade, detecção de fungos e detecção de danos provocados por água

- Os defeitos de construção relacionados com a humidade e os danos provocados por água poderão surgir apenas quando tiver sido aplicado calor na superfície, por exemplo, calor do Sol.
- A presença de água altera a condutividade térmica e a massa térmica do material de construção. Poderá ainda alterar a temperatura de superfície do material de construção devido a refrigeração por evaporação de água. A condutividade térmica é a capacidade de um material conduzir calor, enquanto a massa térmica é a capacidade para armazenar calor.

- A análise por infravermelhos não detecta directamente a presença de fungos, mas poderá ser utilizada para detectar humidade em locais onde se possam desenvolver fungos ou se tenham já desenvolvido fungos. O aparecimento e proliferação de fungos requer temperaturas entre +4 a +38°C, nutrientes e humidade. Os níveis de humidade acima de 50% fornecem humidade suficiente para permitir a proliferação de fungos.

10556003.a1

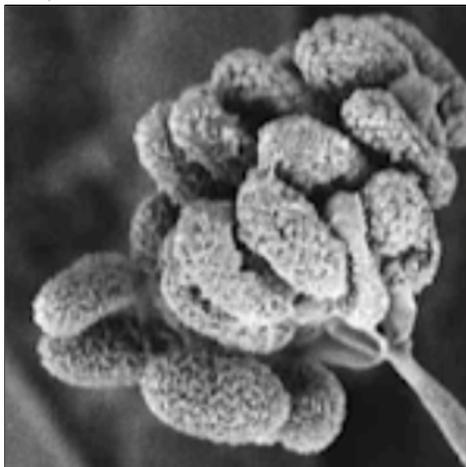


Figura 16.2 Imagem microscópica de esporo de fungo

16.3.1.3 *Directivas para a detecção de infiltrações de ar e deficiências de isolamento*

- Para obter medições bastante precisas da câmara, faça medições da temperatura e introduza este valor na câmara.
- Recomenda-se que exista uma diferença de pressão entre o exterior e o interior da estrutura de construção. Desta forma, facilita-se a análise das imagens de infravermelhos e revelam-se as deficiências que, de outra forma, não seriam visíveis. Embora seja recomendada uma pressão negativa entre 10 e 50 Pa, será aceitável efectuar a análise a uma pressão negativa inferior. Para isso, feche todas as janelas, portas e condutas de ventilação e, em seguida, coloque em funcionamento o exaustor da cozinha durante algum tempo para alcançar uma pressão negativa de 5–10 Pa (aplica-se apenas a habitações).
- Recomenda-se que exista uma diferença de temperatura de 10–15°C entre o exterior e o interior. As análises podem ser efectuadas com uma diferença de temperatura inferior, mas neste caso a análise das imagens de infravermelhos poderá tornar-se mais difícil.

- Evite a luz do sol directa sobre uma parte da estrutura do edifício — por exemplo, a fachada — que será analisada a partir do interior. A luz do sol aquecerá a fachada o que tornará iguais as diferenças de temperatura no interior e ocultará as deficiências na estrutura do edifício. Na Primavera correm-se maiores riscos devido às baixas temperaturas nocturnas ($\pm 0^{\circ}\text{C}$) e às altas temperaturas diurnas ($+ 14^{\circ}\text{C}$).

16.3.2 Sobre a detecção de humidade

A humidade existente na estrutura de um edifício poderá ter diferentes origens, por exemplo:

- Fugas externas, tais como inundações, fugas de hidrantes de incêndio, etc.
- Fugas internas, tais como tubagens de água potável, tubagens de águas residuais, etc.
- Condensação, ou seja, humidade no ar que cai como água líquida devido a condensação em superfícies frias.
- Humidade de construção, ou seja, qualquer humidade existente nos materiais de construção antes do levantamento da estrutura do edifício.
- Água que resta de um combate a incêndio.

Visto tratar-se de um método de detecção não destrutivo, a utilização de uma câmara de infravermelhos tem uma série de vantagens sobre outros métodos, e também algumas desvantagens:

Vantagem	Desvantagem
<ul style="list-style-type: none"> ▪ O método é rápido. ▪ O método é um meio de análise não intrusivo. ▪ O método não requer o realojamento temporário dos residentes. ▪ O método possui uma apresentação visual ilustrativa dos resultados. ▪ O método confirma os pontos de falha e as vias de migração da humidade. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O método detecta apenas diferenciais de temperatura de superfície e não consegue penetrar nas paredes. ▪ O método não consegue detectar danos abaixo da superfície, isto é fungos ou danos estruturais.

16.3.3 Detecção de humidade (1): Telhados de baixo declive de uso comercial

16.3.3.1 Informações gerais

Os telhados de baixo declive são usualmente utilizados nos edifícios industriais, tais como armazéns, instalações industriais, oficinas mecânicas, etc. As principais vantagens em relação a um telhado com elevado declive são o seu baixo custo em material e de construção. No entanto, devido ao seu desenho que não facilita a queda automática da neve e do gelo — contrariamente ao que acontece com a maioria dos

telhados com elevado declive — tem de possuir uma construção forte para poder suportar o peso acumulado da estrutura do telhado e da neve, gelo ou chuva que possam cair sobre ele.

Não é necessário possuir um conhecimento especializado sobre a construção de telhados de baixo declive quando se efectua uma análise termográfica de um telhado. No entanto, é desejável que o técnico possua conhecimentos básicos sobre essa técnica. Existem inúmeros princípios diferentes de concepção para telhados de baixo declive — quer em relação ao material, quer em relação à concepção —, pelo que seria impossível que o técnico de análise por infravermelhos os conhecesse na sua totalidade. Se for necessária informação adicional sobre determinado telhado, o arquitecto ou empreiteiro da construção poderá, normalmente, fornecer a informação pretendida.

As causas mais comuns para a queda de telhados estão enumeradas na tabela abaixo (fonte: SPIE Thermosense Proceedings Vol. 371 (1982), p. 177).

Causa	%
Mão-de-obra defeituosa	47,6
Tráfego do telhado	2,6
Concepção errada	16,7
Absorção de humidade	7,8
Materiais	8,0
Envelhecimento e desgaste	8,4

Os locais de fugas potenciais incluem os seguintes:

- Protecção das juntas
- Caleiras
- Penetrações
- Veios
- Bolhas

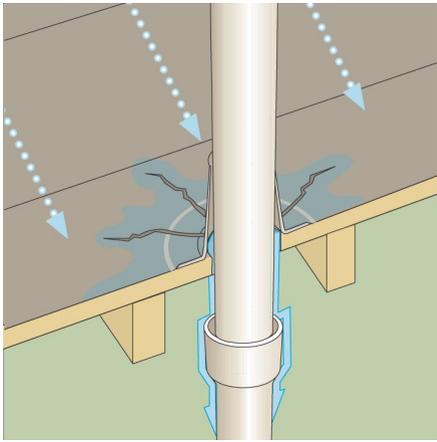
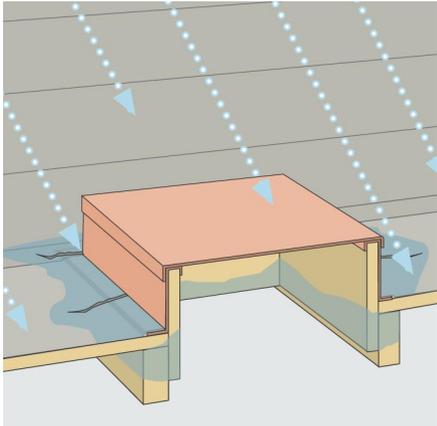
16.3.3.2 *Precauções de segurança*

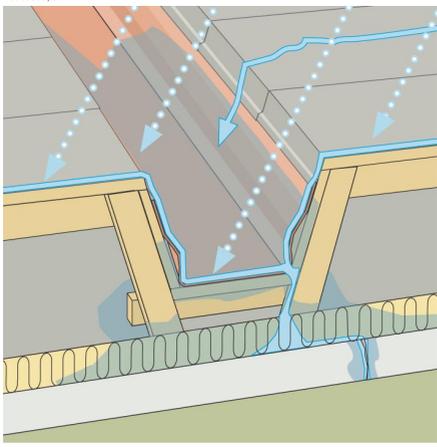
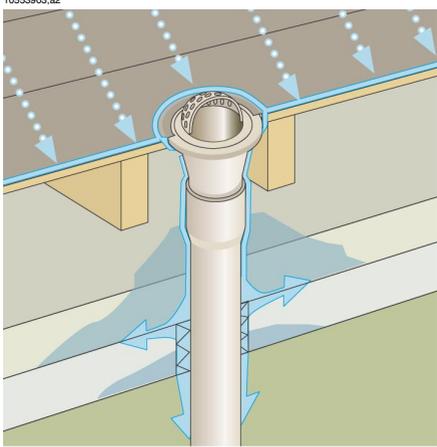
- É recomendável um mínimo de duas pessoas num telhado, de preferência três ou mais.
- Antes de caminhar sobre o telhado, inspeccione a parte inferior do mesmo relativamente à respectiva integridade estrutural.
- Evite caminhar sobre as bolhas, usuais em telhados de betume e gravilha.
- Tenha à mão um telemóvel ou rádio para eventuais emergências.

- Antes de efectuar pesquisas nocturnas do telhado, informe a polícia local e o departamento de segurança da fábrica.

16.3.3.3 Observações sobre estruturas de edifício

Esta secção inclui alguns exemplos tipo de problemas de humidade em telhados de baixo declive.

Desenho estrutural	Observação
<p>10553603,a2</p> 	<p>Vedação inadequada da membrana do telhado em volta da canalização e tubos de ventilação, o que conduz a fugas localizadas em volta da canalização e dos tubos.</p>
<p>10553703,a2</p> 	<p>Membrana do telhado inadequadamente vedada em volta do alçapão de acesso ao telhado.</p>

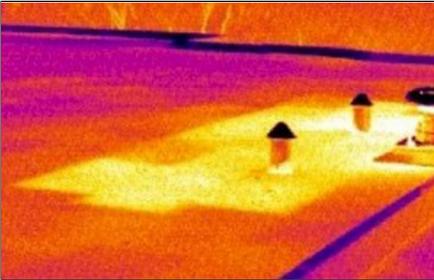
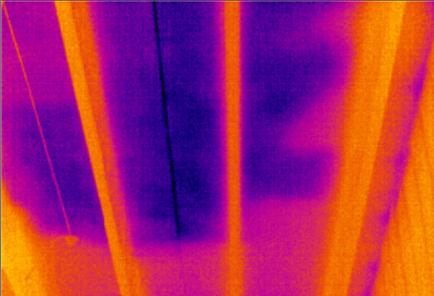
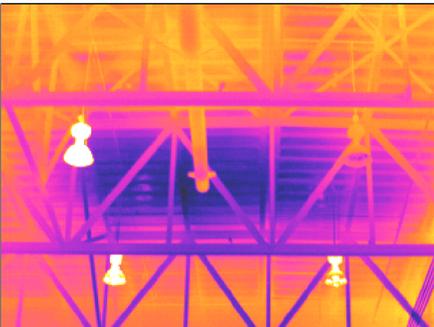
Desenho estrutural	Observação
<p>10553803.a2</p> 	<p>Canais de drenagem situados demasiado alto e com uma inclinação demasiado baixa. Poderá ficar alguma água no canal de drenagem após ter chovido, o que poderá conduzir a fuga localizada em volta do canal.</p>
<p>10553803.a2</p> 	<p>Vedação inadequada entre a membrana do telhado e o escoadouro, o que poderá conduzir a fuga localizada em volta do escoadouro.</p>

16.3.3.4 Observações sobre imagens de infravermelhos

Como poderá encontrar um isolamento molhado por baixo da superfície do telhado? Quando a própria superfície está seca, incluindo gravilha ou balastro, bastará um dia de muito sol para aquecer todo o telhado. No final da tarde, se o céu estiver limpo, o telhado começará a arrefecer por radiação. Devido à sua capacidade térmica mais elevada, o isolamento molhado permanecerá quente mais tempo do que o seco e será visível na câmara de infravermelhos (ver fotografias abaixo). A técnica é especialmente eficaz em telhados com isolamento absorvente—tal como fibra lenhosa, fibra de vidro e perlite—em que os padrões térmicos se correlacionam de forma quase perfeita com a humidade.

As análises de infravermelhos em telhados com isolamentos não absorventes, comuns em muitos sistemas de camada única, são mais difíceis de diagnosticar, pois os padrões são mais difusos.

Esta secção inclui algumas imagens de infravermelhos típicas sobre problemas de humidade em telhados de baixo declive:

Imagem de infravermelhos	Observação
<p>10554003.a1</p> 	<p>Detecção de humidade num telhado, registada durante o fim da tarde.</p> <p>Visto que o material de construção afectado pela humidade possui uma massa térmica mais elevada, a sua temperatura diminui mais lentamente do que a das áreas circundantes.</p>
<p>10554103.a1</p>  <p>Courtesy Professional Investigative Engineers</p>	<p>Componentes e isolamento de telhados afectados por danos de água, identificados a partir de pesquisa por infravermelhos no lado inferior do telhado edificado numa cobertura em tê de betão estrutural.</p> <p>As áreas afectadas estão mais frescas do que as áreas circundantes em bom estado, devido ao efeito condutor e/ou capacitivo térmico.</p>
<p>10554203.a1</p> 	<p>Pesquisa diurna de telhados edificados de baixo declive.</p> <p>As áreas afectadas estão mais frescas do que as áreas circundantes secas, devido ao efeito condutor e/ou capacitivo térmico.</p>

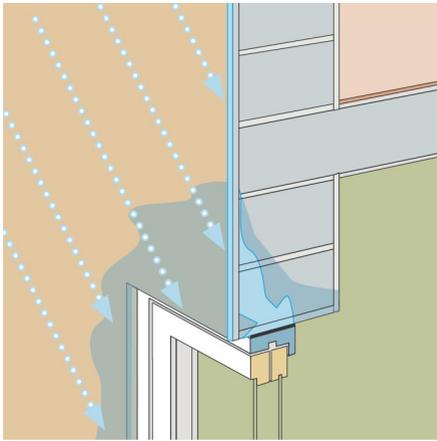
16.3.4 Detecção de humidade (2): Fachadas comerciais e residenciais

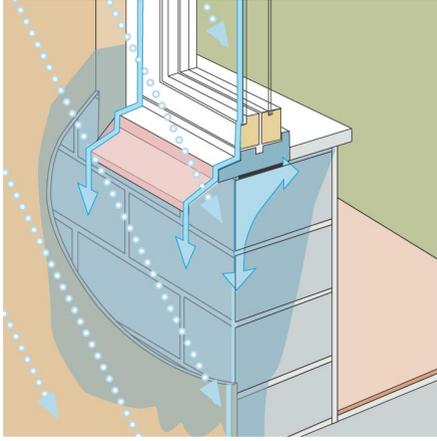
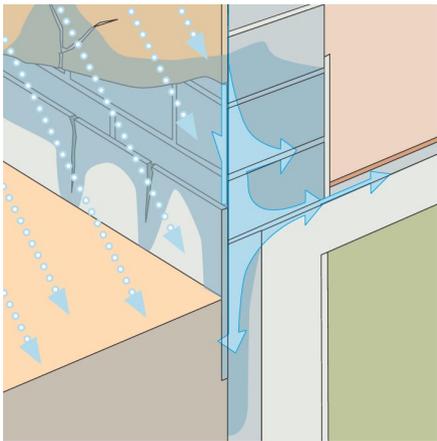
16.3.4.1 Informações gerais

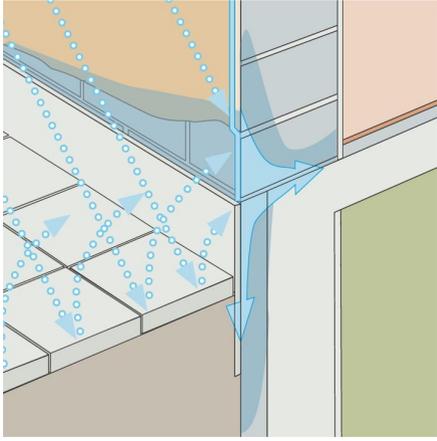
A termografia tem demonstrado ser valiosa na avaliação de infiltração de humidade em fachadas comerciais e residenciais. A capacidade de fornecer uma imagem física das vias de migração da humidade permite fazer determinações com mais precisão do que imaginar localizações de ensaio do higrómetro, sendo também mais eficaz a nível de custos do que os grandes cortes de teste intrusivos.

16.3.4.2 Observações sobre estruturas de edifício

Esta secção inclui alguns exemplos típicos de problemas de humidade em fachadas comerciais e residenciais.

Desenho estrutural	Observação
<p>10554303.a2</p> 	<p>A chuva de granizo penetra na fachada devido a juntas horizontais mal executadas. A humidade acumula-se na alvenaria por cima da janela.</p>

Desenho estrutural	Observação
<p data-bbox="112 164 171 175">10554403.a2</p> 	<p data-bbox="568 164 1010 296">A chuva de granizo bate na janela com determinado ângulo. A maior parte da chuva escorre pela protecção do beiral da janela, mas alguma penetra na alvenaria, no local onde o reboco encontra o lado inferior da protecção.</p>
<p data-bbox="112 646 171 657">10554503.a2</p> 	<p data-bbox="568 646 1010 751">A chuva bate na fachada a determinado ângulo e penetra no reboco através das fendas. A água segue, então, para o interior do reboco, conduzindo a decomposição devido ao gelo.</p>

Desenho estrutural	Observação
<p>10554603.a2</p> 	<p>A chuva bate salpicando a fachada e penetra no reboco e na alvenaria por absorção, o que conduz consequentemente a decomposição devido ao gelo.</p>

16.3.4.3 Observações sobre imagens de infravermelhos

Esta secção inclui alguns exemplos típicos de imagens de infravermelhos de humidade em fachadas comerciais e residenciais.

Imagem de infravermelhos	Observação
<p>10554703.a1</p>  <p>Courtesy Professional Investigative Engineers</p>	<p>O acabamento e isolamento incorrectos do laminado de pedra para a estrutura da janela e a falta de protecções tiveram como resultado a infiltração de humidade na cavidade da parede e espaço residencial interior.</p>

Imagem de infravermelhos	Observação
	<p>Migração da humidade para dentro da parede seca a partir de penetração capilar e componentes do acabamento interior por folga inadequada e inclinação da graduação da fachada lateral em vinil num complexo habitacional.</p>

16.3.5 Detecção de humidade (3): Coberturas e varandas

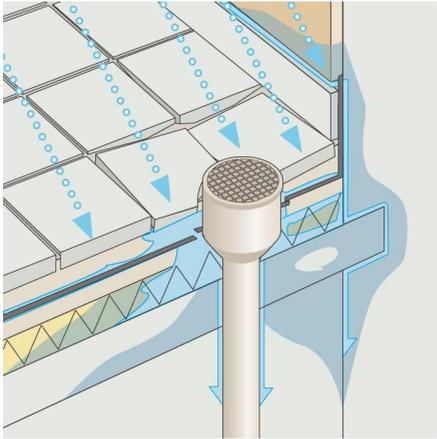
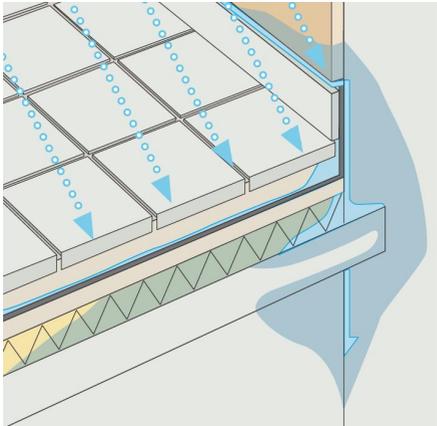
16.3.5.1 *Informações gerais*

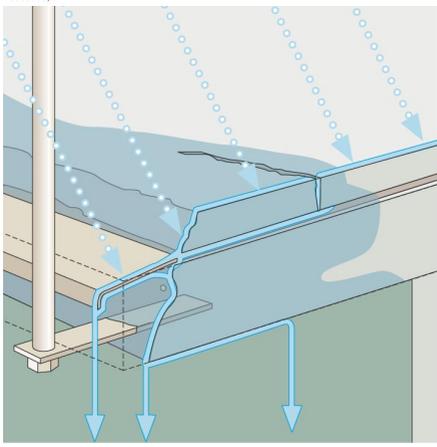
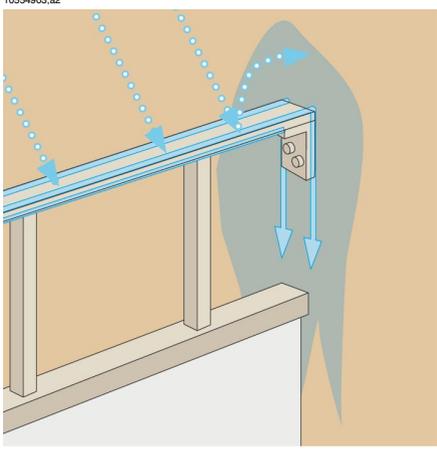
Embora existam diferenças de concepção, de materiais e construção, as coberturas — coberturas de praça, coberturas de pátios, etc. — sofrem do mesmo tipo de problemas de humidade e fugas que os telhados de baixo declive de uso comercial. As protecções inadequadas, as membranas incorrectamente vedadas e uma drenagem insuficiente podem conduzir a danos substanciais nas estruturas de construção abaixo.

As varandas, embora de tamanho mais pequeno, requerem o mesmo cuidado na concepção, escolha dos materiais e mão-de-obra que qualquer outra estrutura de construção. Visto que as varandas são normalmente suportadas apenas por um dos lados, a humidade que origina a degradação das escoras e do reforço do betão pode causar problemas e conduzir a situações de perigo.

16.3.5.2 Observações sobre estruturas de edifício

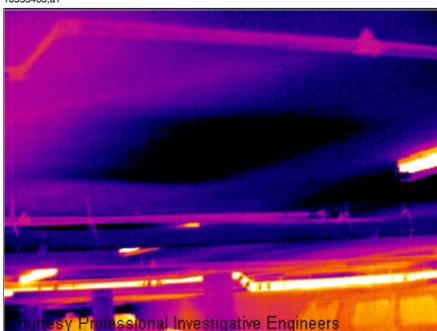
Esta secção inclui alguns exemplos típicos de problemas de humidade em coberturas e varandas.

Desenho estrutural	Observação
<p>10555203.a2</p> 	<p>Vedação inadequada do pavimento e membrana para o escoadouro do telhado, conduzindo a fugas em tempo de chuva.</p>
<p>10555103.a2</p> 	<p>Nenhuma protecção na ligação pavimento-parede, conduzindo à penetração da chuva no betão e isolamento.</p>

Desenho estrutural	Observação
<p>10555003.a2</p> 	<p>A água penetrou no betão devido a um tamanho inadequado da protecção anti-gotejamento, tendo conduzido a desintegração do betão e degradação do respectivo reforço.</p> <p>RISCO DE SEGURANÇA!</p>
<p>10554903.a2</p> 	<p>A água penetrou no reboco e alvenaria subjacente no ponto em que o corrimão está fixo à parede.</p> <p>RISCO DE SEGURANÇA!</p>

16.3.5.3 Observações sobre imagens de infravermelhos

Esta secção inclui algumas imagens de infravermelhos típicas de problemas de humidade em coberturas e varandas.

Imagem de infravermelhos	Observação
<p>10555303.a1</p>  <p>Courtesy Professional Investigative Engineers</p>	<p>Uma protecção inadequada nas ligações varanda-parede e a falta de um sistema de drenagem do perímetro conduziram à penetração de humidade no suporte da estrutura de madeira da varanda de passagem exterior de um complexo de galeria elevada.</p>
<p>10555403.a1</p>  <p>Courtesy Professional Investigative Engineers</p>	<p>A falta de um plano ou meio de drenagem composto numa estrutura de cobertura de praça de zona de estacionamento subterrâneo resultou na retenção de água entre a cobertura de betão estrutural e a superfície de desgaste da praça.</p>

16.3.6 Detecção de humidade (4): Quebras e fugas na canalização

16.3.6.1 Informações gerais

A água proveniente das fugas na canalização podem conduzir frequentemente a danos graves numa estrutura do edifício. As pequenas fugas podem ser difíceis de detectar, mas podem — com o passar dos anos — penetrar nas paredes estruturais e fundações de tal forma que se torne difícil reparar a estrutura do edifício.

A utilização da termografia em edifícios numa fase primária, quando se suspeita da existência de quebras e fugas na canalização, permite a redução de custos em material e mão-de-obra.

16.3.6.2 Observações sobre imagens de infravermelhos

Esta secção inclui algumas imagens de infravermelhos típicas sobre quebras e fugas na canalização.

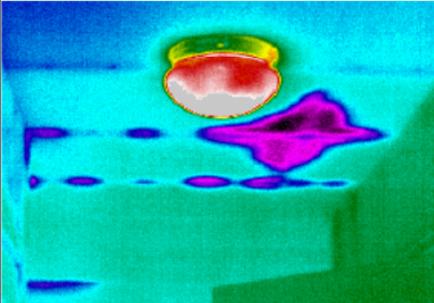
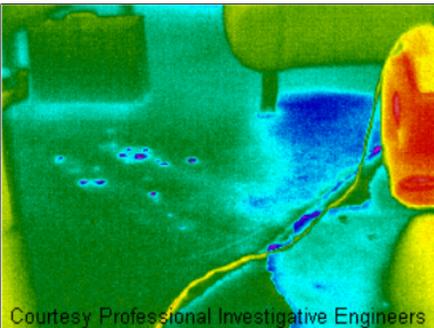
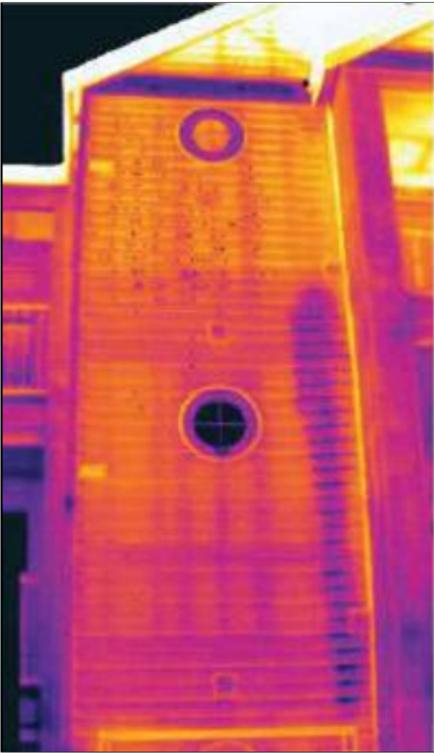
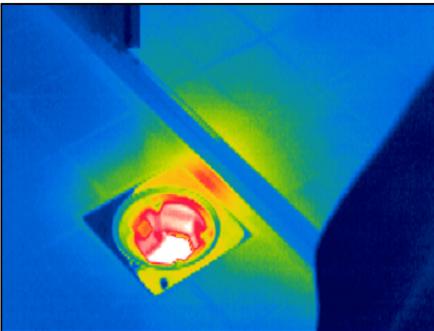
Imagem de infravermelhos	Observação
<p>10555603.a1</p>  <p>Courtesy Professional Investigative Engineers</p>	<p>Migração de humidade ao longo de um tecto interior de canais de trave em aço numa residência unifamiliar em que uma linha de canalização sofreu uma ruptura.</p>
<p>10555603.a1</p>  <p>Courtesy Professional Investigative Engineers</p>	<p>A água proveniente da fuga na canalização teve uma migração mais extensa do que a inicialmente prevista pelo empreiteiro durante a execução de técnicas de reparação, como a redução do tapete e a instalação de desumidificadores.</p>

Imagem de infravermelhos	Observação
<p>10555703.a1</p> 	<p>A imagem de infravermelhos relativa a este bloco de apartamento de três andares com cobertura lateral em vinil, mostra o trajecto de uma fuga grave, totalmente oculta no interior da parede, proveniente de uma máquina de lavar situada no terceiro andar.</p>
<p>10555803.a1</p> 	<p>As fugas de água devidas a uma vedação inadequada entre o sistema de drenagem do pavimento e a tijoleira.</p>

16.3.7 Infiltração de ar

16.3.7.1 Informações gerais

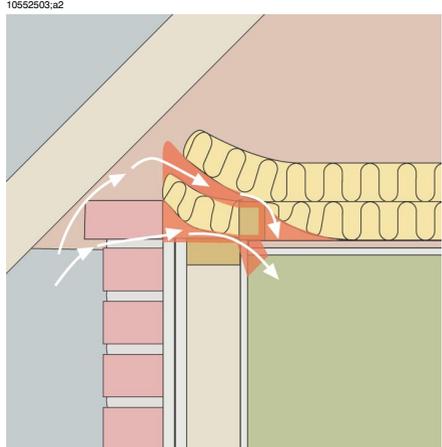
Poder-se-á esperar uma pressão negativa de 2–5 Pa devida à pressão dos ventos sobre o edifício, às diferenças de temperatura entre o interior e o exterior do edifício e ainda ao facto de a maioria dos edifícios ter instalados dispositivos terminais de exaustão de ar para extração do ar saturado do edifício. Quando esta pressão negativa originar a entrada de ar frio na estrutura do edifício devido a deficiências no isolamento e/ou vedação, temos o que se chama *infiltração de ar*. A infiltração de ar é usual nas juntas e veios da estrutura do edifício.

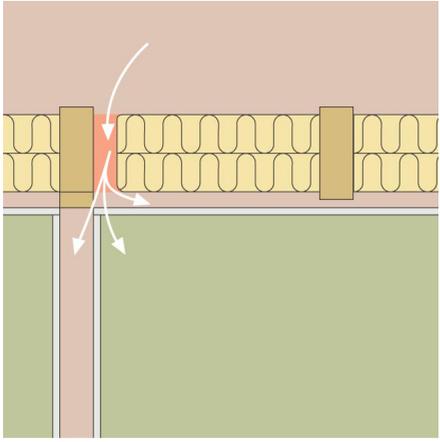
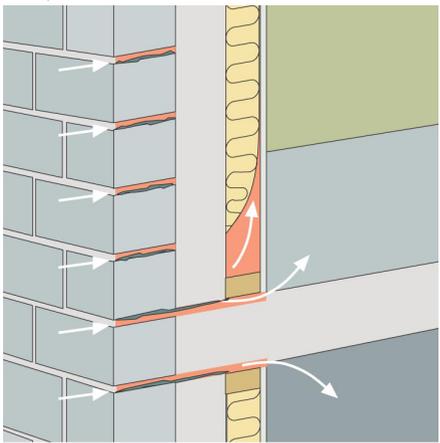
Devido ao facto de a infiltração de ar criar um fluxo de ar frio dentro de, por exemplo, uma divisão, poderá conduzir-se a uma deterioração substancial do ambiente térmico interior. Os habitantes sentem, normalmente, os fluxos de ar tão pequenos como 0,15 m/s, embora estes fluxos de ar possam ser difíceis de detectar utilizando dispositivos de medição normais.

Numa imagem de infravermelhos poderá identificar-se a infiltração de ar através do seu padrão raiado típico, emanado do ponto de saída na estrutura do edifício — por exemplo, por trás de um rodapé. Para além disso, as áreas de infiltração de ar têm, normalmente, uma temperatura detectada inferior às de áreas onde existe apenas uma deficiência no isolamento. Isto deve-se ao factor de arrefecimento do fluxo de ar.

16.3.7.2 Observações sobre estruturas de edifício

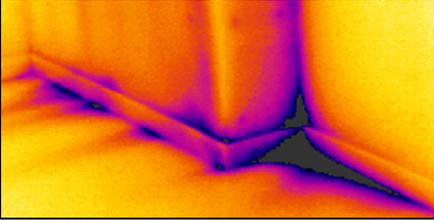
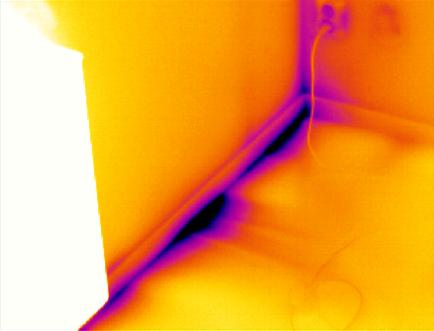
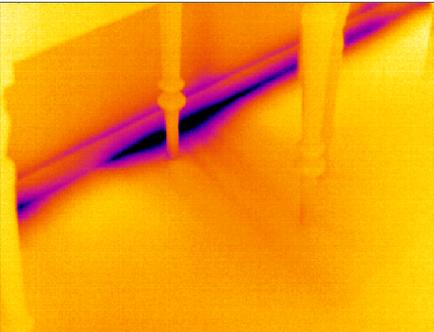
Esta secção inclui alguns exemplos típicos de detalhes de estruturas do edifício onde poderá ocorrer uma infiltração de ar.

Desenho estrutural	Observação
 <p>10552503.a2</p>	<p>Deficiências de isolamento no beiral de uma casa com paredes de alvenaria devidas a placas de isolamento em fibra de vidro colocadas incorretamente.</p> <p>A infiltração de ar penetra na divisão por trás da cornija.</p>

Desenho estrutural	Observação
<p data-bbox="109 164 171 172">10552303.a2</p>  <p>The diagram shows a cross-section of a floor junction. A vertical wall on the left is covered with a layer of yellow glass fiber insulation. A horizontal floor slab is shown above the wall. A red arrow indicates air infiltration from the room above, passing through a gap in the insulation layer and entering the room below. The floor slab is supported by a concrete base below.</p>	<p data-bbox="573 164 997 240">Deficiências de isolamento num piso intermédio devidas a placas de isolamento em fibra de vidro colocadas incorrectamente.</p> <p data-bbox="573 256 997 304">A infiltração de ar penetra na divisão por trás da cornija.</p>
<p data-bbox="109 643 171 651">10552603.a2</p>  <p>The diagram shows a cross-section of a wall base. The wall is made of grey bricks with red mortar. A vertical window frame is shown on the right. A yellow insulation layer is applied to the wall. A red arrow indicates air infiltration from the room above, passing through a crack in the brickwork and entering the room below. The floor slab is shown above the wall, and a concrete base is shown below.</p>	<p data-bbox="573 643 997 691">Infiltração de ar no soalho sobre espaço de serviço de betão devido a fendas na fachada de alvenaria.</p> <p data-bbox="573 707 997 754">A infiltração de ar penetra na divisão por baixo do rodapé.</p>

16.3.7.3 Observações sobre imagens de infravermelhos

Esta secção inclui alguns exemplos típicos de imagens de infravermelhos com detalhes de estruturas de edifício onde ocorreu uma infiltração de ar.

Imagem de infravermelhos	Observação
<p>10552703.a1</p> 	<p>Infiltração de ar por trás de um rodapé. De notar o padrão raiado típico.</p>
<p>10552803.a1</p> 	<p>Infiltração de ar por trás de um rodapé. De notar o padrão raiado típico. A área branca à esquerda é um radiador.</p>
<p>10552903.a1</p> 	<p>Infiltração de ar por trás de um rodapé. De notar o padrão raiado típico.</p>

16.3.8 Deficiências de isolamento

16.3.8.1 Informações gerais

As deficiências de isolamento não conduzem necessariamente a infiltrações de ar. Se as placas de isolamento em fibra de vidro estiverem incorrectamente instaladas, formar-se-ão bolsas de ar na estrutura do edifício. Visto que estas bolsas de ar possuem uma condutividade térmica diferente da das áreas onde as placas de isolamento estão correctamente instaladas, as bolsas de ar podem ser detectadas durante uma análise termográfica do edifício.

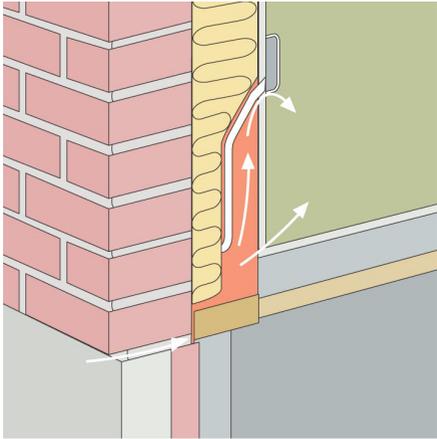
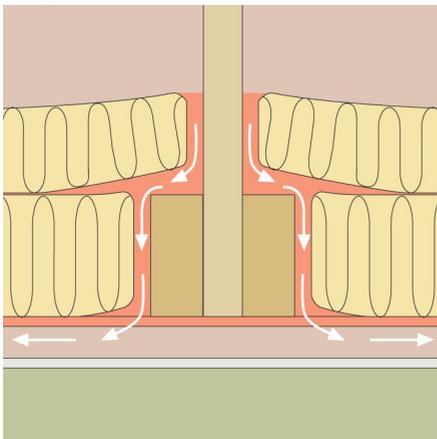
Regra geral, as áreas com deficiências de isolamento têm, normalmente, temperaturas mais altas do que as áreas onde existe apenas uma infiltração de ar.

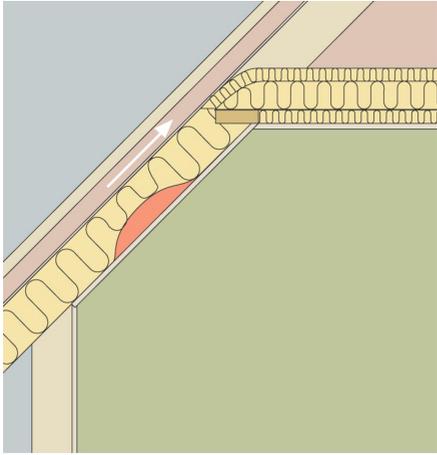
Ao efectuar análises termográficas a edifícios com o intuito de detectar deficiências de isolamento, tenha presente as seguintes partes de uma estrutura de edifício, que poderão parecer deficiências de isolamento na imagem de infravermelhos:

- Traves de madeira, barrotes, madre, vigas
- Longarinas em aço e vigas em aço
- Canalização de água no interior das paredes, tectos, pavimentos
- Instalações eléctricas no interior das paredes, tectos, pavimentos — tais como condutas, tubagens, etc.
- Colunas de betão no interior de paredes com estrutura de madeira
- Condutas de ventilação e de ar

16.3.8.2 Observações sobre estruturas de edifício

Esta secção inclui alguns exemplos típicos de detalhes de estruturas de edifício com deficiências de isolamento:

Desenho estrutural	Observação
<p>10553203.a2</p> 	<p>Deficiências de isolamento (e infiltração de ar) devidas a uma colocação incorrecta de placas de isolamento em volta de uma rede de alimentação eléctrica.</p> <p>Este tipo de deficiência de isolamento surgirá como áreas escuras numa imagem de infravermelhos.</p>
<p>10553103.a2</p> 	<p>Deficiências de isolamento devidas a colocação incorrecta de placas de isolamento em volta de uma viga do pavimento do sótão. O ar frio infiltra-se na estrutura e arrefece o lado interior do tecto.</p> <p>Este tipo de deficiência de isolamento surgirá como áreas escuras numa imagem de infravermelhos.</p>

Desenho estrutural	Observação
<p>10553003.a2</p> 	<p>Deficiências de isolamento devidas a colocação incorrecta de placas de isolamento, originando uma bolsa de ar no lado exterior de um tecto inclinado.</p> <p>Este tipo de deficiência de isolamento surgirá como áreas escuras numa imagem de infravermelhos.</p>

16.3.8.3 Observações sobre imagens de infravermelhos

Esta secção inclui algumas imagens de infravermelhos típicas sobre deficiências de isolamento.

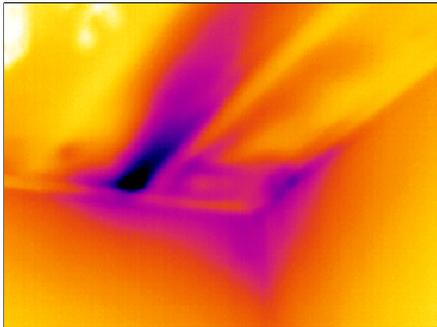
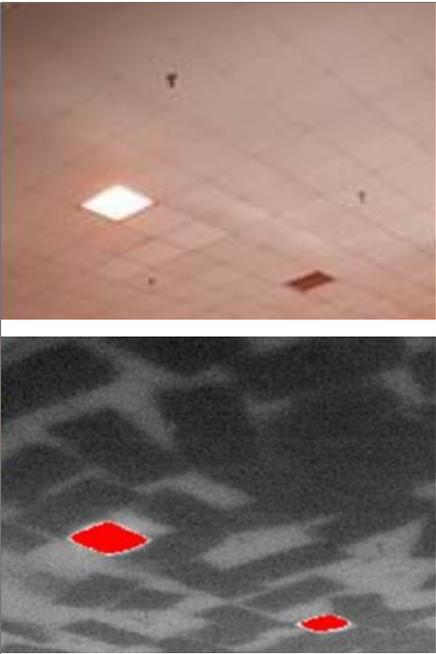
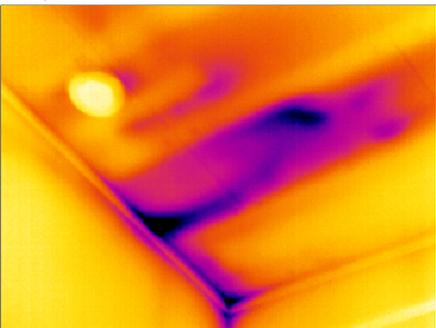
Imagem de infravermelhos	Observação
<p>10553303.a1</p> 	<p>Deficiências de isolamento numa estrutura de piso intermédio. A deficiência poderá ser devida à inexistência de placas de isolamento ou placas de isolamento incorrentemente colocadas (bolsas de ar).</p>

Imagem de infravermelhos	Observação
<p data-bbox="112 164 168 175">10553403.a1</p> 	<p data-bbox="571 164 1008 215">Placas de fibra de vidro incorrectamente colocadas num tecto suspenso.</p>
<p data-bbox="112 857 168 868">10553903.a1</p> 	<p data-bbox="571 857 1008 989">Deficiências de isolamento numa estrutura de piso intermédio. A deficiência poderá ser devida à inexistência de placas de isolamento ou placas de isolamento incorrentamente colocadas (bolsas de ar).</p>

16.4 *Teoria da ciência de construção*

16.4.1 **Informações gerais**

A procura de construções energeticamente eficazes tem aumentado significativamente. Os desenvolvimentos verificados no campo energético, juntamente com a procura de ambientes interiores agradáveis, têm resultado numa importância cada vez maior a ser associada à função de isolamento térmico e hermeticidade de um edifício e à eficiência dos seus sistemas de aquecimento e ventilação.

Um isolamento e hermeticidade deficientes em estruturas altamente isoladas e herméticas poderão ter um grande impacto sobre as perdas de energia. Os defeitos do isolamento e hermeticidade de um edifício poderão não só aumentar excessivamente os custos de aquecimento e manutenção, mas poderão também originar um ambiente térmico interior deficiente.

O grau de isolamento de um edifício é frequentemente indicado sob a forma de resistência térmica ou de um coeficiente de transferência de calor (valor U) relativamente às várias partes do edifício. No entanto, os valores de resistência térmica indicados raramente fornecem uma medida das perdas de energia reais verificadas num edifício. As fugas de ar em juntas e ligações que não sejam herméticas e não estejam suficientemente preenchidas com materiais isolantes originam frequentemente consideráveis desvios dos valores projectados e esperados.

A verificação de que os materiais individuais e os elementos de construção possuem as propriedades previamente indicadas é fornecida através de testes laboratoriais. Os edifícios terminados têm de ser verificados e inspeccionados por forma a assegurar que as suas funções de isolamento e hermeticidade foram, na realidade, alcançadas.

Na sua aplicação em engenharia de estruturas, a termografia é utilizada no estudo das variações de temperatura que ocorrem nas superfícies de uma determinada estrutura. As variações na resistência térmica de uma estrutura podem, em determinadas circunstâncias, produzir variações de temperatura na respectiva superfície. As fugas de ar frio (ou quente) através da estrutura afecta também a variação da temperatura de superfície. Isto significa que os defeitos de isolamento, as pontes térmicas e as fugas de ar verificados nos componentes estruturais vedados podem ser localizados e analisados.

A termografia não mostra directamente a resistência térmica e hermeticidade da estrutura. Quando for necessária a quantificação da resistência térmica ou hermeticidade, terão de ser também efectuadas medições adicionais. A análise termográfica de edifícios assenta em determinados pré-requisitos relativamente às condições de temperatura e pressão ao longo da estrutura.

Os detalhes, formas e contrastes da imagem térmica poderão variar claramente com as alterações de qualquer destes parâmetros. Para a realização de uma análise exaustiva e interpretação das imagens térmicas é, pois, necessário um conhecimento profundo de aspectos como os materiais e as propriedades estruturais, os efeitos climatéricos e as mais recentes técnicas de medição. Para avaliar os resultados de medições, existem requisitos especiais relativamente à capacidade e experiência dos que efectuem essas medidas, por exemplo, obtendo uma autorização de um organismo de normalização regional ou nacional.

16.4.2 Efeitos de teste e de verificação

Poderá ser difícil prever o grau de bom funcionamento do isolamento térmico e hermeticidade de um edifício acabado de construir. Existem certos factores relacionados com a montagem de vários componentes e elementos de construção que podem influenciar consideravelmente o resultado final. Os efeitos do transporte, manuseamento e armazenamento no estaleiro e da forma como os trabalhos são efectuados não podem ser calculados previamente. Para assegurar que a função pretendida é realmente alcançada, é necessário comprová-lo através de testes e verificações do edifício terminado.

A moderna tecnologia de isolamento diminuiu o requisito teórico para o aquecimento. No entanto, isto significa na realidade que os defeitos relativamente menores, mas situados em locais importantes, por exemplo, juntas com fugas ou um isolamento incorrectamente colocado, podem ter consequências consideráveis em termos de aquecimento e conforto. Os testes de verificação, por exemplo, através de termografia, comprovaram a sua importância, tanto do ponto de vista do projectista e do empreiteiro como do promotor imobiliário, do gestor de propriedades e do utilizador.

- Para o projectista, o mais importante é saber qual a função dos vários tipos de estruturas, para que possam ser projectadas tendo em conta os métodos de trabalho e os requisitos funcionais. O projectista deverá também conhecer como funcionam na prática os diferentes materiais e combinações de materiais. Os testes e uma verificação eficazes, bem como o feedback sobre a experiência, podem ser utilizados para alcançar o desenvolvimento nesta área.
- O empreiteiro prefere que sejam efectuados mais testes e análises por forma a assegurar que as estruturas mantêm uma funcionalidade que corresponda aos requisitos estabelecidos nos regulamentos publicados pelas autoridades e nos documentos contratuais. O empreiteiro deseja estar informado, numa fase inicial da construção, sobre quaisquer alterações que possam ser necessárias, para que quaisquer defeitos do sistema possam ser evitados. Num projecto de produção em massa, deverá pois ser efectuada uma verificação, durante a construção, nos primeiros apartamentos a serem terminados. Segue-se uma verificação semelhante à medida que a produção continua. Desta forma, podem prevenir-se os defeitos

do sistema, pelo que os custos desnecessários e os problemas futuros podem ser evitados. Esta verificação é benéfica tanto para fabricantes como para utilizadores.

- Para o promotor imobiliário e gestor de propriedades é essencial que os edifícios sejam inspeccionados relativamente à economia de calor, manutenção (danos provenientes da humidade ou infiltração de humidade) e conforto dos residentes (por exemplo, as superfícies arrefecidas e as deslocações de ar em zonas ocupadas).
- Para o utilizador, o mais importante é que o produto acabado preencha os requisitos previstos no que se refere ao isolamento térmico e à hermeticidade do edifício. Para uma pessoa, a compra da casa envolve um compromisso financeiro considerável, pelo que o comprador deseja então saber se os defeitos na construção envolvem ou não consequências financeiras graves ou problemas de higiene.

Os efeitos dos testes e verificação do isolamento e hermeticidade de um edifício são, por um lado, psicológicos e, por outro, financeiros.

A experiência fisiológica num ambiente térmico interior é bastante subjectiva, variando de acordo com o equilíbrio térmico especial do corpo humano e a forma como o indivíduo sente a temperatura. A forma como o clima é sentido depende da temperatura do ar interior e da temperatura das superfícies circundantes. A velocidade da deslocação e o conteúdo de humidade do ar interior são também significativos. Psicologicamente, uma corrente de ar produz a sensação de arrefecimento local da superfície do corpo causado por

- deslocações de ar excessivas na zona ocupada por uma temperatura de ar normal;
- deslocações de ar normais na zona ocupada, mas uma temperatura ambiente demasiado baixa;
- troca substancial de calor irradiado com uma superfície fria.

É difícil avaliar os efeitos quantitativos dos testes e verificações efectuados a um isolamento térmico de um edifício.

As investigações têm demonstrado que os defeitos encontrados no isolamento térmico e hermeticidade dos edifícios causam perdas de calor superiores em 20–30% aos esperados. Este facto foi também demonstrado na monitorização do consumo de energia antes e depois das medidas correctivas efectuadas em complexos relativamente grandes de pequenas casas e em blocos de várias habitações. Os valores mencionados não são, provavelmente, representativos da generalidade dos edifícios, uma vez que os dados de investigação não podem ser considerados significativos para todo o parque imobiliário. No entanto, uma avaliação cautelosa apuraria que os testes e verificações feitos ao isolamento térmico e hermeticidade de um edifício podem ter como resultado uma redução do consumo de energia em cerca de 10%.

A pesquisa demonstrou ainda que um consumo crescente de energia associado a defeitos é, frequentemente, causado pelo aumento, pelos residentes, das temperaturas interiores de um ou alguns graus acima do normal, compensando assim o efeito incomodativo da radiação térmica contra superfícies frias ou uma sensação perturbadora de deslocamentos de ar numa divisão.

16.4.3 Fontes de ruptura em termografia

Durante a termografia, o risco de confundir as variações de temperatura causadas por defeitos de isolamento com as associadas à variação natural dos valores U ao longo de superfícies quentes de uma estrutura é considerado, em condições normais, menor.

As alterações de temperatura associadas às variações do valor U são, em geral, graduais e simetricamente distribuídas ao longo da superfície. As variações deste tipo ocorrem, obviamente, nos ângulos formados por telhados e pavimentos e nos cantos das paredes.

As alterações de temperatura associadas às fugas de ar ou defeitos de isolamento são, na maior parte dos casos, mais evidentes com contornos característicos mais afiados. O padrão de temperatura é, geralmente, assimétrico.

Durante o processo termográfico e na interpretação de uma imagem de infravermelhos, a comparação de imagens de infravermelhos pode fornecer informação valiosa para a avaliação.

As fontes de ruptura no processo de termografia que ocorrem mais usualmente na prática são

- o efeito do sol na superfície a ser sujeita a termografia (luz do Sol a penetrar por uma janela);
- radiadores quentes com tubos;
- luzes direccionadas para ou colocadas próximo da superfície a ser avaliada;
- fluxos de ar (por exemplo, provenientes de entradas de ar) direccionadas para a superfície;
- o efeito de depósitos de humidade sobre a superfície.

As superfícies sobre as quais o sol brilha não devem ser sujeitas a termografia. Se existir o risco da ocorrência de um efeito devido à luz do sol, as janelas devem ser protegidas (fechando as persianas). No entanto, deverá ter em conta de que existem defeitos de construção ou problemas (usualmente problemas de humidade) que aparecem apenas quando é aplicado calor na superfície, por exemplo, proveniente do sol.

Para obter mais informações sobre a detecção de humidade, consulte a secção 16.3.2 – Sobre a detecção de humidade na página 57.

Um radiador quente surge como uma superfície de luz brilhante numa imagem de infravermelhos. A temperatura de superfície de uma parede junto de um radiador aumenta, o que pode esconder quaisquer defeitos existentes.

Para uma prevenção máxima de efeitos de ruptura provenientes de radiadores quentes, estes devem ser desligados algum tempo antes de efectuar as medições. No entanto, dependendo do tipo de construção do edifício (de massa elevada ou baixa), os radiadores poderão ter de ser desligados várias horas antes da pesquisa termográfica. A temperatura do ar ambiente não pode ter uma queda tal que afecte a distribuição da temperatura de superfície nas superfícies da estrutura. Existe um retardamento de tempo reduzido nos radiadores eléctricos, pelo que arrefecem rapidamente logo que são desligados (20–30 minutos).

As luzes colocadas contra as paredes devem ser desligadas quando é efectuada a imagem de infravermelhos.

Durante o processo de termografia não devem existir fluxos de ar de ruptura (por exemplo, janelas abertas, válvulas abertas, ventoinhas direccionadas para a superfície a ser analisada) que possam afectar as superfícies a serem sujeitas a termografia.

Quaisquer superfícies molhadas, resultantes, por exemplo, da condensação da superfície, possuem um efeito preciso sobre a transferência de calor na superfície e na temperatura de superfície. Quando existir humidade sobre uma superfície, existe normalmente alguma evaporação que retira calor, diminuindo assim a temperatura de superfície em vários graus. Existe o risco de condensação de superfície em pontes térmicas importantes e defeitos de isolamento.

As rupturas significativas do tipo aqui descrito podem, normalmente, ser detectadas e eliminadas antes de efectuar as medições.

Se durante o processo de termografia não for possível proteger as superfícies a serem medidas dos factores de ruptura, estes devem ser tidos em conta na interpretação e avaliação dos resultados. As condições em que a termografia foi efectuada devem ser registadas em detalhe quando é efectuada cada medição.

16.4.4 Temperatura de superfície e fugas de ar

Os defeitos existentes na hermeticidade do edifício devidos a pequenos intervalos na estrutura podem ser detectados através da medição da temperatura de superfície. Se existir uma pressão negativa no edifício sujeito a pesquisa, este facto deve-se ao fluxo de ar para dentro do espaço através das fugas existentes no edifício. O ar frio que flui para dentro através dos pequenos intervalos existentes numa parede baixa a temperatura nas áreas subjacentes da parede. Este facto origina o desenvolvimento, na superfície interior da parede, de uma área de superfície fria com um formato característico. A termografia pode ser utilizada para detectar áreas de superfície fria. As deslocações de ar ocorridas na superfície da parede podem ser medidas utilizando

um indicador da velocidade do ar. Se existir uma pressão positiva no interior do edifício a ser analisado, o ar ambiente quente escapará através de intervalos existentes na parede, resultando em áreas locais de superfície quente em volta das localizações das fugas.

A quantidade de fuga depende, por um lado, dos intervalos e, por outro, da pressão diferencial ao longo da estrutura.

16.4.4.1 Condições de pressão num edifício

As causas mais importantes da pressão diferencial ao longo de um elemento estrutural de um edifício são

- condições de vento em volta do edifício;
- os efeitos do sistema de ventilação;
- diferenças de temperatura entre o ar interior e exterior (pressão diferencial térmica).

As condições de pressão reais no interior de um edifício são geralmente causadas por uma combinação destes factores.

O gradiente de pressão resultante ao longo dos vários elementos estruturais pode ser ilustrado pela figura na página 84. Os efeitos irregulares do vento sobre um edifício significa que, na prática, as condições de pressão podem ser relativamente variáveis e complicadas.

Com um fluxo de vento estável, aplica-se a Lei de Bernoulli:

$$\frac{\rho v^2}{2} + p = \text{constant}$$

em que:

ρ	Densidade do ar em kg/m ³
v	A velocidade do vento em m/s
p	A pressão estática em Pa

e em que:

$$\frac{\rho v^2}{2}$$

transmite a pressão dinâmica e p a pressão estática. O total destas pressões é igual à pressão total.

A carga de vento contra uma superfície transforma a pressão dinâmica numa pressão estática contra a superfície. A magnitude desta pressão estática é determinada por, entre outras coisas, a forma da superfície e o seu ângulo em relação à direcção do vento.

A parte da pressão dinâmica que se transforma em pressão estática na superfície (p_{stat}) é determinada pelo que se designa como factor de concentração de tensões:

$$C = \frac{p_{stat}}{\frac{\rho v^2}{2}}$$

Se ρ for $1,23 \text{ kg/m}^3$ (densidade do ar a $+15^\circ\text{C}$), surgem as seguintes pressões localizadas no fluxo de vento:

$$p_{stat} = C \times \frac{\rho v^2}{2} = C \times \frac{v^2}{1.63} \text{ Pa}$$

10551803.a1

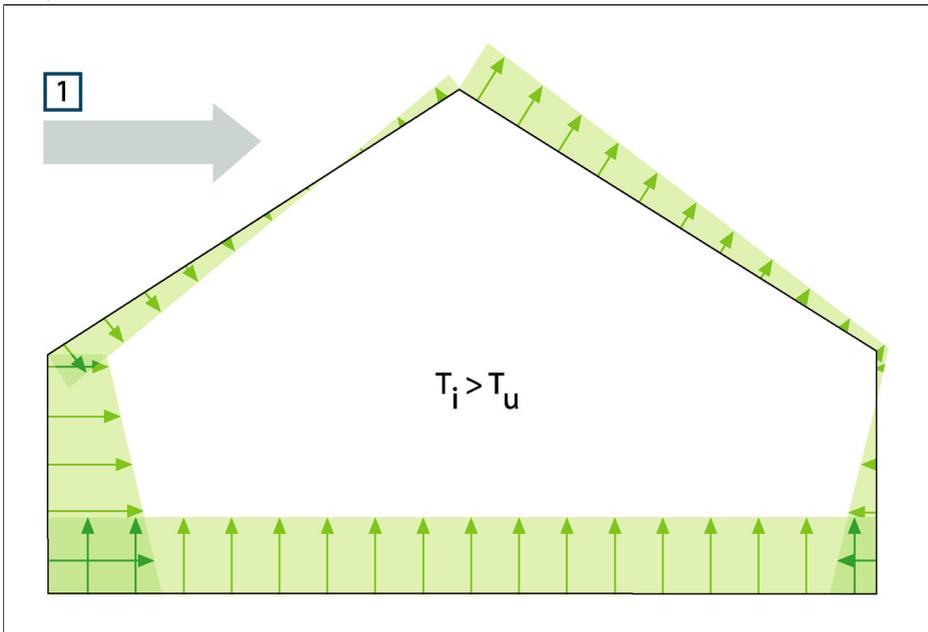


Figura 16.3 Distribuição de pressões resultantes nas superfícies vedadas de um edifício dependente dos efeitos de vento, ventilação e diferença de temperatura interna/externa. 1: Direcção do vento; T_i : Temperatura termodinâmica do ar no exterior em K; T_i : Temperatura termodinâmica do ar no interior em K.

Se a totalidade da pressão dinâmica se transformar em pressão estática, então $C = 1$. Na figura da página 85 são mostrados exemplos das distribuições do factor de concentração de tensões para um edifício com diferentes direcções de vento.

Assim, o vento origina uma pressão negativa interna no lado de barlavento e uma pressão positiva interna no lado de sotavento. A pressão de ar no interior depende das condições de vento, fugas no edifício e de como estas estão distribuídas relativamente à direcção do vento. Se as fugas existentes no edifício estiverem uniformemente distribuídas, a pressão interna poderá variar em $\pm 0.2 p_{\text{stat}}$. Se a maior parte das fugas se localizarem no lado de barlavento, a pressão interna registará um certo aumento. No caso de as fugas se localizarem, na sua maior parte, no lado de sotavento, a pressão interna sofre uma queda acentuada.

10551903.a1

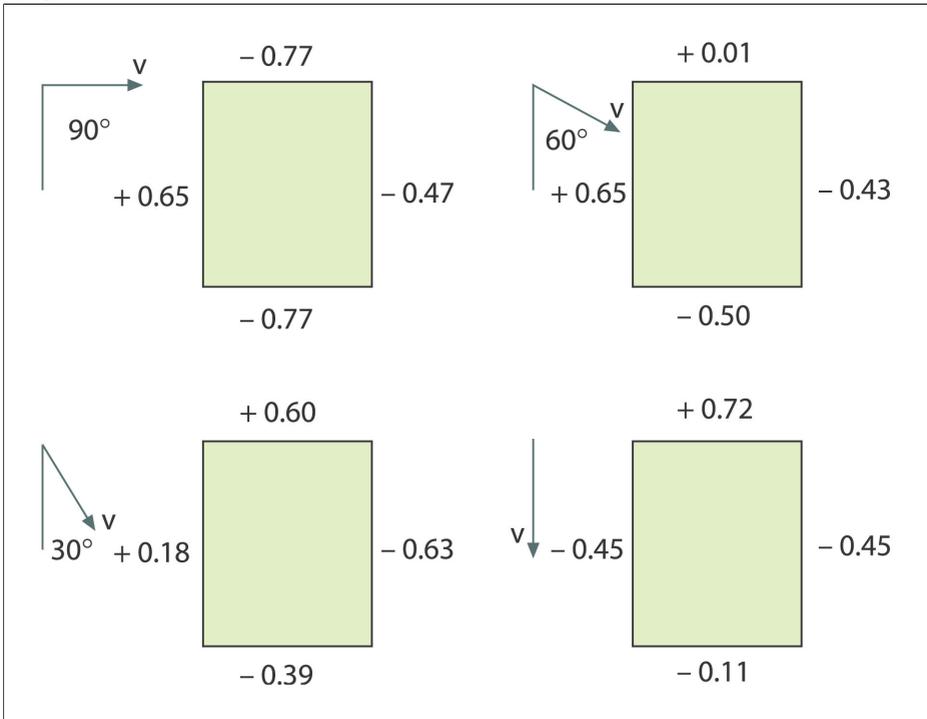


Figura 16.4 Distribuições do factor de concentração de tensões (C) para as diferentes direcções e velocidades do vento (v) relativamente a um edifício.

As condições de vento podem variar consideravelmente ao longo do tempo e entre locais situados relativamente perto. Em termografia, as variações deste tipo podem ter um efeito claro nos resultados das medições.

Ficou demonstrado experimentalmente que a pressão diferencial sobre uma fachada exposta a uma força de vento de cerca de 5 m/s será de cerca de 10 Pa

Resultados de ventilação mecânica numa pressão interna constante positiva ou negativa interna constante (dependendo da direcção da ventilação). A pesquisa demonstrou que uma pressão negativa causada por extracção mecânica (exaustores de cozinha) em habitações pequenas situa-se, geralmente, entre 5 e 10 Pa. Quando existe uma extracção mecânica do ar de ventilação, por exemplo, em blocos de várias habitações, a pressão negativa é um pouco superior, 10–50 Pa. Quando existe a chamada ventilação equilibrada (fornecimento e extracção de ar mecanicamente controlados), esta é normalmente ajustada para produzir uma pressão ligeiramente negativa no interior (3–5 Pa).

A pressão diferencial causada por diferenças de temperatura, a chamada tiragem (diferenças na hermeticidade ao ar a diferentes temperaturas), significa que existe uma pressão negativa na parte inferior do edifício e uma pressão positiva na parte superior. A uma certa altitude existe uma zona neutra onde as pressões no interior e exterior são iguais, consulte a figura na página 87. Esta pressão diferencial pode ser descrita pela relação:

$$\Delta p = g \times \rho_u \times h \left(1 - \frac{T_u}{T_i} \right) \text{ Pa}$$

Δp	Diferencial de pressão de ar no interior da estrutura em Pa
g	9,81 m/s ²
ρ_u	Densidade do ar em kg/m ³
T_u	Temperatura termodinâmica do ar no exterior em K.
T_i	Temperatura termodinâmica do ar no interior em K.
h	Distância à zona neutra em metros

Se $\rho_u = 1,29 \text{ kg/m}^3$ (densidade do ar uma temperatura de 273 K e $\approx 100 \text{ kPa}$), o resultado será:

$$\Delta p \approx 13 \times h \left(1 - \frac{T_u}{T_i} \right)$$

Com uma diferença de +25°C entre as temperaturas ambiente interna e externa, o resultado é uma diferença da pressão diferencial no interior da estrutura de cerca de 1 Pa/m de diferença em altura.

10552003,a1

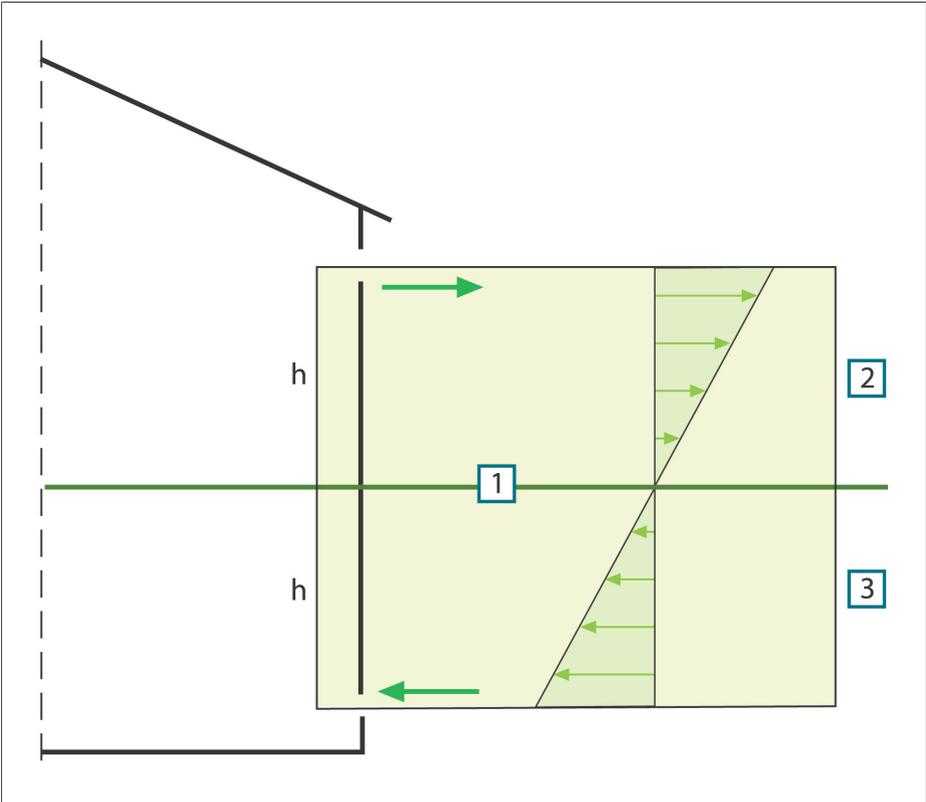


Figura 16.5 Distribuição de pressões num edifício com duas aberturas e quando a temperatura externa é mais baixa do que a temperatura interna. 1: Zona neutra; 2: Pressão positiva; 3: Pressão negativa; h: Distância à zona neutra em metros.

A posição da zona neutra pode variar, dependendo de quaisquer fugas existentes no edifício. Se as fugas estiverem distribuídas uniformemente na vertical, esta zona localizar-se-á a meio do edifício. Se a maior parte das fugas estiverem localizadas na parte inferior do edifício, a zona neutra deslocar-se-á para baixo. Se a maior parte das fugas se localizarem na parte superior, essa zona deslocar-se-á para cima. Quando existe uma chaminé por cima do telhado, este facto tem um efeito considerável sobre a posição da zona neutra e o resultado poderá ser a existência de uma pressão negativa em todo o edifício. Esta situação ocorre mais frequentemente em pequenos edifícios.

Num edifício maior, como por exemplo um edifício industrial de altura considerável, com fugas existentes em portas e quaisquer janelas na parte inferior do edifício, a zona neutra está situada a cerca de um terço da altura do edifício.

16.4.5 Condições de medição e estação da medição

A informação a seguir exposta pode ser resumida conforme se segue relativamente aos requisitos das condições de medição ao efectuar imagens termográficas dos edifícios.

A imagem termográfica é efectuada de forma a que a influência de ruptura proveniente dos factores climatéricos seja a menor possível. O processo de realização da imagem é, portanto, levado a cabo no interior, ou seja, quando o edifício é aquecido as superfícies quentes da estrutura são analisadas.

A termografia exterior é utilizada apenas para obter medições de referência de superfícies de fachadas maiores. Em determinados casos, por exemplo, quando o isolamento térmico é bastante deficiente ou quando existe uma pressão interna positiva, as medições feitas no exterior poderão ser úteis. Mesmo quando se analisam os efeitos de instalações localizadas dentro do envolvente climatérico do edifício, poderá haver uma justificação para a realização de imagens termográficas do exterior do mesmo.

Recomendam-se as seguintes condições:

- A diferença da temperatura do ar no interior da parte relevante do edifício deverá ser de, pelo menos, $+10^{\circ}\text{C}$ durante várias horas antes da realização da imagem termográfica e enquanto decorrer o procedimento. Durante esse mesmo período, a diferença da temperatura ambiente não deve variar em mais de $\pm 30\%$ da diferença quando se iniciar a realização da imagem termográfica. Durante a realização da imagem termográfica, a temperatura ambiente do interior não deve alterar-se em mais de $\pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Durante várias horas antes da realização de imagem termográfica e no decorrer da mesma, a parte relevante do edifício não poderá ser atingida por luz do sol que possa influenciar o procedimento.
- Pressão negativa no interior da estrutura $\approx 10\text{--}50\text{ Pa}$.
- Ao efectuar uma imagem termográfica com o intuito de localizar apenas fugas de ar nas secções vedadas do edifício, os requisitos relativamente às condições de medição poderão ser mais baixos. Uma diferença de 5°C entre as temperaturas ambiente interna e externa deverá ser suficiente para detectar as referidas deficiências. Para ser possível detectar as fugas de ar, devem ser cumpridos certos requisitos no que se refere à pressão diferencial; cerca de 10 Pa deverá ser um valor suficiente.

16.4.6 Interpretação das imagens de infravermelhos.

O principal objectivo da termografia é a localização de falhas e deficiências no isolamento térmico de paredes exteriores e estruturas de pavimento e ainda determinar a natureza e extensão das mesmas. A tarefa de medição poderá também ser formu-

lada de forma a que o objectivo da termografia seja a confirmação ou não se a parede examinada possui as características previstas de isolamento e hermeticidade ao ar. As 'características de isolamento térmico previstas' para a parede, de acordo com o projecto, podem ser convertidas numa distribuição de temperatura de superfície esperada para a superfície sujeita à análise, caso as condições de medição na altura em que foram efectuadas as medições sejam conhecidas.

Na prática, este método implica o seguinte:

São utilizados testes de laboratório ou de campo para produzir uma distribuição de temperatura esperada na forma de imagens de infravermelhos típicas ou comparativas para estruturas de parede comuns, compreendendo estruturas livres de defeitos e estruturas com defeitos incorporados.

São apresentadas imagens típicas de infravermelhos na secção 16.3 – Estudos normais de campo na página 55.

Se as imagens de infravermelhos de secções estruturais efectuadas durante as medições de campo forem utilizadas como imagens de infravermelhos comparativas, então a composição da estrutura, a forma como foi construída, e as condições de medição na altura em que foram efectuadas as imagens têm de ser conhecidas e documentadas.

Para que, durante a termografia, seja possível fazer observações sobre as causas de possíveis desvios dos resultados esperados, devem ser conhecidos os pré-requisitos físicos, metrológicos e de engenharia de estruturas.

A interpretação das imagens de infravermelhos realizadas durante as medições de campo poderá ser descrita resumidamente da seguinte forma:

É seleccionada uma imagem de infravermelhos comparativa relativa a uma estrutura sem deficiências, com base na estrutura da parede sob análise e nas condições em que foi efectuada a medição de campo. É então comparada uma imagem de infravermelhos do elemento de construção sob análise com a imagem de infravermelhos seleccionada. Qualquer desvio que não possa ser explicado pelo desenho da estrutura ou pelas condições de medição é registado como possível deficiência do isolamento. A natureza e extensão dessa deficiência é normalmente determinada utilizando imagens de infravermelhos comparativas que mostram as diferentes deficiências.

Se não houver uma imagem de infravermelhos comparativa adequada disponível, a avaliação e a classificação são feitas com base na experiência. Este facto requer um raciocínio preciso durante a análise.

Ao avaliar uma imagem de infravermelhos, dever-se-á ter em conta o seguinte:

- Uniformidade de brilho nas imagens de infravermelhos das áreas de superfície em que não existem pontes térmicas

- Regularidade e ocorrência das áreas de superfície fria, por exemplo, nos barrote e cantos
- Contornos e formatos característicos na área de superfície fria
- Diferenças da temperatura medida entre a temperatura normal da superfície da estrutura e a área de superfície fria seleccionada
- Continuidade e uniformidade da curva isotérmica na superfície da estrutura. No software da câmara a função isotérmica é designada por **Isotérmica** ou **Alarme de cor**, conforme o modelo da câmara.

A existência de desvios e irregularidades na apresentação da imagem de infravermelhos indica, frequentemente, defeitos de isolamento. Poderão existir, obviamente, variações consideráveis na apresentação de imagens de infravermelhos de estruturas com defeitos de isolamento.

A secção 16.3 – Estudos normais de campo na página 55 apresenta exemplos de interpretações de imagens de infravermelhos.

Ao realizar imagens de infravermelhos do mesmo edifício, as imagens de diferentes áreas devem ser realizadas com as mesmas definições na câmara de infravermelhos, pois desta forma será mais fácil efectuar comparações das várias áreas de superfície.

16.4.7 Humidade e ponto de condensação

16.4.7.1 Humidade relativa e absoluta

A humidade pode ser expressa de duas formas diferentes — como *humidade relativa* ou como *humidade absoluta*. A humidade relativa é expressa em percentagem da quantidade de água que um certo volume de ar pode conter a uma certa temperatura, enquanto que a humidade absoluta é expressa em percentagem de água por peso de material. A segunda forma de exprimir a humidade é usual quando se mede a humidade na madeira e outros materiais de construção.

Quanto mais alta for a temperatura do ar, maior será a quantidade de água que este determinado volume de ar pode reter,

16.4.7.2 Definição de ponto de condensação

O ponto de condensação é a temperatura à qual a humidade, num determinado volume de ar, condensa, transformando-se em água no estado líquido.

16.4.8 Excerto da Nota Técnica ‘Avaliar a realização de pontes térmicas e a continuidade do isolamento’ (exemplo do RU)

16.4.8.1 Créditos

Esta Nota Técnica foi criada por um grupo de trabalho com operadores de termografia especialistas e consultores de pesquisa. As consultas adicionais de outras pessoas e organizações tem como resultado a aceitação geral deste documento por todos os sectores das indústrias.

O conteúdo desta Nota Técnica foi reproduzido com a autorização da United Kingdom Thermography Association (UKTA) com todos os direitos de autor atribuídos à mesma associação.

UK Thermography Association
c/o British Institute of Nondestructive Testing
1 Spencer Parade
Northampton NN1 5AA
Reino Unido

Tel: +44 (0)1604 630124

Fax: +44 (0)1604 231489

16.4.8.2 Introdução

Nos últimos anos, o equipamento, as aplicações, o software e a compreensão ligados à termografia desenvolveram-se com uma rapidez incrível. À medida que a tecnologia se foi integrando gradualmente nas práticas mais modernas, aumentou a necessidade de guias de aplicações, normas e formação em termografia.

A UKTA publicou esta nota técnica para instituir uma abordagem consistente na quantificação dos resultados de um exame de ‘Continuidade de Isolamento Térmico’. Pretende-se que os especificadores se refiram a este documento como sendo um guia para satisfação de requisitos presentes nos Regulamentos de Construção, permitindo assim ao operador de termografia qualificado emitir um relatório de aprovação ou não aprovação.

16.4.8.3 Informação de base

A termografia pode detectar variações da temperatura de superfície tão pequenas como 0,1 K podendo ser produzidas imagens gráficas que ilustram visivelmente a distribuição da temperatura nas superfícies dos edifícios.

As variações das propriedades térmicas das estruturas dos edifícios, tais como secções de isolamento mal colocadas ou em falta, causam variações na temperatura da superfície em ambos os lados da estrutura. Assim, são perfeitamente visíveis para

o operador de termografia. No entanto, muitos outros factores, tais como fontes de calor locais, reflexos e fugas de ar, podem também causar variações na temperatura da superfície.

A avaliação profissional do operador de termografia é, normalmente, solicitada para diferenciar entre as falhas reais e outras fontes de variação de temperatura. Cada vez mais estes profissionais são solicitados a justificarem a sua avaliação das estruturas de edifícios e, na ausência de uma orientação adequada, poderá ser difícil definir níveis claros de variações na temperatura aceitáveis ou não aceitáveis.

A norma actual para a realização de imagens termográficas do tecido do edifício no RU é a BS EN 13187:1999 (BS EN 13187:1999, Thermal Performance of Buildings—Qualitative detection of thermal properties in building envelopes—Infrared method (ISO 6781:1983 modificada). No entanto, a interpretação da imagem termográfica é deixada ao cuidado da especialização profissional do operador de termografia e apresenta uma fraca orientação sobre a demarcação entre variações aceitáveis e não aceitáveis. Pode ser encontrada orientação sobre o aspecto de uma gama de anomalias térmicas nos Guias de realização de imagens termográficas da BINDT (Infrared Thermography Handbook; Volume 1, Principles and Practise, Norman Walker, ISBN 0903132338, Volume 2, Applications, A. N. Nowicki, ISBN 090313232X, BINDT, 2005).

16.4.8.3.1 **Requisitos**

Uma pesquisa termográfica realizada para demonstrar a continuidade do isolamento, áreas de pontes térmicas e conformidade com os Regulamentos da Construção deverá incluir o seguinte:

- Anomalias térmicas.
- Diferenciação entre anomalias térmicas reais, em que as diferenças de temperatura são causadas por deficiências no isolamento térmico, e aquelas que ocorrem devido a factores que confundem, tais como diferenças localizadas no movimento do ar, nos pontos de reflexão e na emissividade.
- Quantificação das áreas afectadas em relação ao total de áreas com isolamento.
- Declaração sobre se as anomalias e o isolamento térmico do edifício, no seu todo, são aceitáveis.

16.4.8.4 **Avaliação quantitativa das anomalias térmicas**

Uma pesquisa termográfica mostrará as diferenças na temperatura aparente de áreas contidas no campo de visão. No entanto, para ser útil, deverá detectar sistematicamente todas as deficiências aparentes; avaliá-las em relação a um conjunto de critérios predeterminados; retirar de forma fiável as anomalias que não sejam deficiências reais; avaliar as que são deficiências reais e, por fim, fornecer um relatório ao cliente sobre os resultados.

16.4.8.4.1 *Seleção do parâmetro de temperatura crítica*

O Documento informativo IP17/01 da BRE (Information Paper IP17/01, Assessing the Effects of Thermal Bridging at Junctions and Around Openings. Tim Ward, BRE, 2001) fornece orientação útil sobre temperaturas da superfície internas minimamente aceitáveis e valores adequados do Factor de Temperatura da Superfície Crítica, f_{CRsi} . A utilização de um factor de temperatura da superfície permite que as pesquisas, sob quaisquer condições térmicas, mostrem áreas que estejam sujeitas a um risco de aumento da condensação ou de bolores nas condições do projecto.

A temperatura da superfície real dependerá, em grande parte, das temperaturas interior e exterior no momento em que é realizada a pesquisa, mas um 'Factor da Temperatura da Superfície' (f_{Rsi}) foi concebido para ser independente das condições absolutas. Trata-se da razão entre a descida acentuada da temperatura de todo o tecido do edifício e a descida acentuada total da temperatura entre o ar interior e o exterior.

Para pesquisas internas: $f_{Rsi} = (T_{si} - T_e)/(T_i - T_e)$

T_{si} = temperatura da superfície interna

T_i = temperatura do ar interior

T_e = temperatura do ar exterior

Um valor para a f_{CRsi} de 0,75 é considerado adequado em edifícios novos já que a utilização da extremidade superior não é um factor considerado nos testes de 'Continuidade de isolamento', ou 'Realização de pontes térmicas'. No entanto, quando se consideram edifícios modificados ou alargados, por exemplo, as piscinas, as pesquisas internas poderão ter de contar com circunstâncias anormais.

16.4.8.4.2 *Método alternativo utilizando apenas temperaturas da superfície*

Existem fortes argumentos para que se baseiem as pesquisas termográficas apenas nas temperaturas da superfície, sem necessidade alguma de medição da temperatura do ar.

- A estratificação do interior do edifício torna a referência a temperaturas internas do ar muito difícil. É uma temperatura média do ar, de nível baixo, de nível alto ou uma temperatura ao nível da anomalia e a que distância da parede deve ser medida?
- Os efeitos da radiação, como por exemplo a radiação nocturna, tornam difícil a utilização da temperatura do ar exterior. Não é anormal que a superfície exterior do tecido do edifício esteja abaixo da temperatura do ar devido à radiação atmosférica que poderá estar tão baixa como -50°C . Isto pode ser visualizado a olho nu porque a condensação e o gelo surgem muitas vezes nas superfícies do edifício, mesmo quando a temperatura do ar não desce acentuadamente abaixo do ponto de condensação.

- De referir que o conceito de coeficiente de transmissão térmica (valor U) se baseia nas 'temperaturas ambientais' em cada um dos lados da estrutura. Este facto é esquecido por muitos analistas com pouca experiência.
- As duas temperaturas que estão directamente relacionadas com a transferência de calor através do tecido do edifício (e de qualquer sólido) são as temperaturas de superfície em cada um dos lados.
- Assim, ao referir-se a temperaturas da superfície, torna-se mais provável a repetição da pesquisa.
- As temperaturas da superfície usadas são as médias das temperaturas da superfície no mesmo material numa área próxima da anomalia, no interior e exterior do tecido. Juntamente com a temperatura da anomalia, pode ser definido um nível de limiar dependente destas temperaturas, utilizando o factor de temperatura da superfície crítica.
- Estes argumentos não eliminam a necessidade de o operador de termografia ter cuidado com os pontos de reflexão dos objectos, a temperaturas pouco usuais, no fundo virado para as superfícies do tecido do edifício.
- O operador de termografia deve utilizar também uma comparação entre as faces externas viradas para direcções diferentes para determinar se existe calor residual de ganho solar que afecte as superfícies exteriores.
- As pesquisas a nível externo não devem ser realizadas numa superfície em que $T_{si} - T_{so}$ na face for superior em mais de 10% do que $T_{si} - T_{so}$ na face norte ou mais perto da face norte.
- Para uma deficiência que cause uma falha abaixo de uma condição de 0,75 de IP17/01, os factores da superfície crítica são 0,78 na superfície interior e 0,93 na superfície exterior.

A tabela abaixo mostra as temperaturas da superfície interior e exterior numa anomalia que conduziria a falha segundo IP17/01. Mostra também a deterioração no isolamento térmico necessária para causar esta situação.

Exemplo de revestimento edificado de baixo peso com isolamento deficiente	Área em boas condições	Área com falha
Temperatura exterior em °C	0	0
Temperatura da superfície interior em °C	19,1	15,0
Temperatura da superfície exterior em °C	0,3	1,5
Factor de superfície de IP17/01	0,95	0,75
Factor da temperatura da superfície externa crítica, segundo IP17/01		0,92
Espessura do isolamento para conferir este nível de desempenho, mm	80	5,1
Valor U local W/m ² K	0,35	1,92

Exemplo de revestimento edificado de baixo peso com isolamento deficiente	Área em boas condições	Área com falha
Factor da superfície UKTA TN1		0,78
Factor da superfície exterior UKTA TN1		0,93

Notas da tabela

1 Os valores das resistências da superfície retirados de ADL2 2001, são:

- Superfície interior 0,13 m²K/W
- Superfície exterior 0,04 m²K/W

Estes provêm da norma BS EN ISO 6946 (BN EN ISO 6946:1997 Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method).

2 Pressupõe-se que o isolamento térmico aqui utilizado possui uma condutividade de 0,03 W/m K .

3 A diferença de temperatura entre uma anomalia e as áreas em boas condições é de 1,2 graus no exterior e 4,1 graus no interior.

4 O factor da temperatura da superfície UKTA TN1 para pesquisas internas é:

$$F_{si} = (T_{sia} - T_{so}) / (T_{si} - T_{so})$$

em que:

T_{sia} = temperatura da superfície interna na anomalia

T_{so} = temperatura da superfície externa (área em boas condições)

T_{si} = temperatura da superfície interna (área em boas condições)

5 O factor da temperatura da superfície UKTA TN1 para pesquisas externas é:

$$F_{so} = (T_{soa} - T_{si}) / (T_{so} - T_{si})$$

em que T_{soa} = temperatura da superfície externa na anomalia

16.4.8.4.3 *Selecionar a área máxima com deficiência aceitável*

A área permitida com deficiência é uma questão de controlo de qualidade. Pode ser argumentado que não deveria haver áreas em que a condensação, formação de bolores ou isolamento deficiente ocorressem e que essas anomalias deveriam ser incluídas no relatório. No entanto, um valor normalmente utilizado de 0,1% da área da superfície exposta do edifício é, geralmente, aceite como a área máxima de deficiência combinada permitida que cumpre os regulamentos de construção. Isto representa um metro quadrado em cada mil.

16.4.8.4.4 *Medir a temperatura da superfície*

A medição da temperatura da superfície é a função do sistema de imagens de infravermelhos. Um operador de termografia bem treinado reconhecerá, levará em conta e informará sobre a variação de emissividade e reflexividade das superfícies em questão.

16.4.8.4.5 Medir a área das deficiências

A medição da área com deficiência pode ser realizada por contagem de pixels no software de análise térmica ou com a maioria dos pacotes de folhas de cálculo, desde que:

- a distância da câmara ao objecto for medida com precisão, utilizando provavelmente um sistema de medição a laser,
- a distância alvo deva ter em conta o campo de visão instantâneo do sistema de imagem,
- qualquer alteração angular entre a câmara e a superfície do objecto a partir da perpendicular seja tida em conta.

Os edifícios são constituídos por numerosas características de construção que não conduzem a pesquisas quantitativas incluindo janelas, luzes de telhado, luminárias, emissores de calor, equipamento de refrigeração, tubos de serviço e condutores eléctricos. No entanto, as juntas e conexões entre estes objectos e o exterior do edifício devem ser consideradas como parte da pesquisa.

16.4.8.5 Condições e equipamento

Para alcançar os melhores resultados a partir de uma pesquisa de isolamento térmico, é importante considerar as condições ambientais e usar a técnica termográfica mais adequada para a tarefa.

As anomalias térmicas só serão detectadas pelo operador de termografia quando existirem diferenças de temperatura e os fenómenos ambientais sejam tidos em conta. No mínimo, devem ser cumpridas as seguintes condições:

- As diferenças de temperatura em todo o tecido do edifício devem ser superiores a 10°C.
- A diferença de temperatura entre o ar interior e o ar ambiente for superior a 5°C durante as últimas vinte e quatro horas antes da pesquisa.
- A temperatura do ar exterior deve estar entre $\pm 3^{\circ}\text{C}$ durante a pesquisa e durante a hora imediatamente anterior.
- A temperatura do ar exterior deve estar entre $\pm 10^{\circ}\text{C}$ nas vinte e quatro horas imediatamente anteriores.

Além disso, as pesquisas externas devem cumprir também as seguintes condições:

- As superfícies necessárias livres de radiação solar directa e dos efeitos residuais de radiação solar anterior. Isto poderá ser verificado comparando as temperaturas da superfície de lados opostos do edifício.
- Não existir precipitação imediatamente antes ou durante a pesquisa.
- Assegurar que todas as superfícies do edifício a inspeccionar estão secas.
- Velocidade do vento inferior a 10 metros/segundo (19,5 kn.).

Para além das temperaturas, existem outras condições ambientais que devem ser também tidas em consideração quando se planeia uma pesquisa termográfica a um edifício. Por exemplo, as inspecções exteriores podem ser influenciadas por emissões de radiação e reflexos provenientes de edifícios adjacentes ou uma atmosfera fria e limpa, e de forma ainda mais importante pelo efeito de aquecimento que o Sol pode ter sobre a superfície.

Além disso, quando as temperaturas de fundo diferem das temperaturas do ar interna ou externamente em mais de 5 K, então as temperaturas de fundo devem ser medidas em todas as superfícies com efeitos para permitir que a temperatura de superfície seja medida com suficiente precisão.

16.4.8.6 *Pesquisa e análise*

A seguir, é fornecida alguma orientação operacional ao operador de termografia.

A pesquisa deverá reunir informação termográfica suficiente demonstrando que todas as superfícies foram inspeccionadas para que todas as anomalias térmicas sejam comunicadas e avaliadas.

No início, devem ser recolhidos dados ambientais, como acontece com qualquer pesquisa termográfica, incluindo:

- Temperatura interna na região da anomalia.
- Temperatura externa na região da anomalia.
- Emissividade da superfície.
- Temperatura de fundo.
- Distância à superfície.

Por interpolação, determinar a temperatura de limiar a ser utilizada.

- Para as pesquisas internas, a temperatura de superfície de limiar (T_{sia}) é $T_{sia} = f_{si}(T_{si} - T_{so}) + T_{so}$. O operador de termografia procurará evidências da temperatura da superfície abaixo deste limiar.
- Para as pesquisas externas, a temperatura de limiar (T_{soa}) é $T_{soa} = f_{so}(T_{so} - T_{si}) + T_{si}$. O operador de termografia procurará evidências da temperatura da superfície acima deste limiar.

As imagens das anomalias devem ser captadas de forma a que sejam adequadas para análise:

- A imagem é quadrada para quaisquer características da parede ou telhado.
- O ângulo de visão é quase perpendicular à superfície cuja imagem está a ser captada. As fontes de interferência da radiação de infravermelhos, tais como luzes, emissores de calor, condutores eléctricos, elementos com reflexo, são minimizadas.

O método de análise dependerá um pouco do software de análise utilizado, mas as etapas-chave são as seguintes:

Produzir uma imagem de cada anomalia ou núcleo de anomalias.

- Utilize uma ferramenta de análise para incluir a área com anomalia na imagem, tendo o cuidado de não incluir detalhes de construção que devam ser excluídos.
- Calcule a área abaixo da temperatura de limiar para pesquisas internas ou acima da temperatura de limiar para pesquisas externas. Esta é a área com deficiência. Algumas anomalias que pareçam deficiências no momento da pesquisa poderão não mostrar áreas com deficiência nesta fase.

- Adicione as áreas com deficiência de todas as imagens $\sum A_d$.

- Calcule a área total do tecido exposto do edifício. Esta é a área da superfície de todas as paredes e telhado. Convencionou-se que deveria ser utilizada a área da superfície externa. Para um edifício com formato simples, esta é calculada a partir da largura, comprimento e altura totais.

$$A_t = (2h(L + w)) + (Lw)$$

- Identifique a área de deficiência crítica A_c . Esta foi provisoriamente definida para um milésimo ou 0,1% da área da superfície total.

$$A_c = A_t/1000$$

- Se $\sum A_d < A_c$ o edifício, no seu todo, pode ser considerado como tendo um isolamento 'razoavelmente contínuo'.

16.4.8.7 *Elaboração de relatórios*

Os relatórios deverão certificar um resultado de aprovado/não aprovado, cumprir os requisitos dos clientes e, no mínimo, incluir a informação exigida pela norma BSEN 13187. Normalmente, são necessários os seguintes dados para que a pesquisa possa ser repetida após acção correctiva.

- Antecedentes para o objectivo e princípios do teste.
- Localização, orientação, data e hora da pesquisa.
- Uma referência de identificação única.
- Nome e qualificações do operador de termografia'.
- Tipo de construção.
- Condições ambientais, velocidade e direcção do vento, última precipitação, luz solar, grau de nebulosidade.
- Temperaturas ambiente interior e exterior antes, no início da pesquisa e quando é captada cada imagem. Devem ser registadas a temperatura do ar e a temperatura radiante.
- Declaração de qualquer desvio dos requisitos de teste respectivos.
- Equipamento utilizado, data da última calibragem, quaisquer deficiências conhecidas.
- Nome do profissional que efectua o teste, a que organização pertence e qualificações.

- Tipo, extensão e posição de cada deficiência observada.
- Resultados de quaisquer medições e investigações suplementares.
- Os relatórios devem ser indexados e arquivados pelos operadores de termografia.

16.4.8.7.1 Considerações e limitações

A escolha entre pesquisas internas e externas dependerá de:

- Acesso à superfície. Os edifícios em que ambas as superfícies interna e externa estiverem obscurecidas, por exemplo, por estruturas de tectos falsos ou materiais empilhados contra paredes, poderão não ser adequados para este tipo de pesquisa.
- Localização do isolamento térmico. As pesquisas são, geralmente, mais eficazes quando feitas a partir do lado mais próximo do isolamento térmico.
- Localização e materiais pesados. As pesquisas são, geralmente, menos eficazes quando efectuadas a partir do lado mais próximo de materiais pesados.
- O objectivo da pesquisa. Se a pesquisa visa mostrar o risco de condensação e a acumulação de bolores deverá ser interna.
- Local com vidro, metal sem revestimento ou outros materiais que possam ser altamente reflectores. As pesquisas são, geralmente, menos eficazes quando realizadas sobre superfícies altamente reflectoras.
- Uma deficiência produzirá, normalmente, uma diferença de temperatura menor na parte exterior de uma parede exposta a deslocações de ar externas. No entanto, um isolamento em falta ou deficiente junto da superfície externa pode, muitas vezes, ser mais fácil de identificar externamente.

17 Introdução às verificações termográficas das instalações eléctricas

17.1 *Nota importante*

Algumas das funções e características descritas nesta secção podem não ser suportadas pela configuração específica da sua câmara.

Os regulamentos eléctricos diferem de país para país. Por isso, os procedimentos eléctricos descritos nesta secção poderão não ser os procedimentos padrão no seu país. Em muitos países ainda a realização de inspecções eléctricas requer uma formação oficial. Consulte sempre os regulamentos eléctricos nacionais ou regionais.

17.2 *Informações gerais*

17.2.1 *Introdução*

Actualmente, a termografia consiste numa técnica comum para verificação das instalações eléctricas. Esta foi a primeira e continua a ser a principal aplicação da termografia. A própria câmara de infravermelhos evoluiu de uma forma espectacular e pode dizer-se que hoje em dia se encontra disponível a 8ª geração de sistemas termográficos. Tudo começou em 1964, há mais de 40 anos. A técnica é agora aplicada em todo o mundo. Tanto os países industrializados como os países em desenvolvimento adoptaram esta técnica.

Nas últimas décadas, a termografia, juntamente com a análise de vibrações, tem sido o principal método utilizado para diagnosticar falhas na indústria, integrado no programa de manutenção preventiva. A principal vantagem destes métodos consiste no facto de permitirem que não seja apenas possível executar a verificação nas instalações em funcionamento; na realidade, o estado de funcionamento normal consiste num pré-requisito para obtenção de um resultado de medição correcto e, assim, o processo contínuo de produção não é perturbado. A verificação termográfica das instalações eléctricas é utilizada principalmente em três áreas:

- Geração de energia
- Transmissão de energia
- Distribuição de energia, ou seja, a utilização industrial da energia eléctrica.

O facto de estes controlos serem efectuados em condições de funcionamento normais criou uma divisão natural entre estes grupos. As empresas de geração de energia efectuam a medição durante os períodos de carga elevada. Estes períodos variam

de país para país e conforme as zonas climáticas. Os períodos de medição também podem divergir consoante o tipo de instalação a ser inspeccionado, quer se trate de instalações hidroeléctricas, nucleares, carboníferas ou petrolíferas.

Na indústria, as inspecções —pelo menos nos países nórdicos com diferenças sazonais evidentes— são executadas durante a Primavera ou o Outono ou antes de paragens longas do funcionamento. Desta forma, as reparações são efectuadas quando o funcionamento está parado. Contudo, esta situação verifica-se cada vez menos, facto que levou a que as inspecções das instalações sejam realizadas em diversas condições de carga e funcionamento.

17.2.2 Dados gerais do equipamento

O equipamento a inspeccionar possui determinados comportamentos térmicos que devem ser do conhecimento do responsável pelos registos termográficos, antes de iniciar a inspecção. No caso de equipamento eléctrico, é de conhecimento geral o princípio físico do motivo pelo qual as falhas apresentam um padrão de temperatura diferente devido ao aumento da resistência ou ao aumento da corrente eléctrica.

No entanto, é útil lembrar que, em alguns casos, por exemplo quando se trata de solenóides, o 'sobreaquecimento' é natural e não corresponde necessariamente a um defeito. Noutros casos, como por exemplo nas ligações dos motores eléctricos, o sobreaquecimento pode estar relacionado com o facto de ser a peça que se encontra em bom estado a suportar a carga total e, por esse motivo, aquece excessivamente.

É apresentado um exemplo semelhante na secção 17.5.7 – Sobreaquecimento de uma secção devido a existência de avaria noutra. na página 117.

Assim, as peças com defeito do equipamento eléctrico podem indicar simultaneamente sobreaquecimento e estar mais frias do que os componentes em 'bom estado' normais. É necessário ter conhecimento do que esperar, obtendo o máximo de informação possível sobre o equipamento, antes de proceder à respectiva inspecção.

Contudo, a regra geral, é que um ponto quente é provavelmente causado por uma avaria. A temperatura e a carga desse componente específico no momento da inspecção fornecerá indicação da gravidade da falha e das eventuais consequências, noutras condições.

A avaliação correcta de cada caso específico exige informações detalhadas sobre o comportamento térmico dos componentes, ou seja, necessitamos de saber a temperatura máxima permitida dos materiais envolvidos e a função que o componente desempenha no sistema.

O revestimento dos cabos, por exemplo, perde as respectivas propriedades de isolamento acima de determinadas temperatura, o que aumenta o risco de incêndio.

No caso dos disjuntores, quando a temperatura é demasiado alta, as peças podem derreter, tornando impossível a abertura do disjuntor, destruindo assim a sua funcionalidade.

Quanto mais o operador da câmara de infravermelhos souber acerca do equipamento que vai inspeccionar, melhor será a qualidade da inspecção. Porém, é virtualmente impossível um operador de termógrafo de infravermelhos possuir conhecimento aprofundado acerca dos diferentes tipos de equipamento que podem ser controlados. Por isso, é prática comum que se encontre presente uma pessoa responsável pelo equipamento durante a inspecção.

17.2.3 Inspeção

A preparação da inspecção deve incluir a escolha do tipo adequado de relatório. É frequentemente necessário utilizar equipamento suplementar, como por exemplo amperímetros, para medir a corrente dos circuitos onde foram detectados defeitos. É necessário um anemómetro se pretender medir a velocidade do vento na inspecção do equipamento de exterior.

As funções automáticas ajudam o operador de infravermelhos a visualizar uma imagem de infravermelhos dos componentes com o contraste adequado, por forma a permitir a fácil identificação de uma avaria ou de um ponto quente. É quase impossível não detectar um ponto quente durante a verificação de um componente. Uma função de medição apresentará automaticamente o ponto mais quente dentro de uma área da imagem ou a diferença existente entre a temperatura máxima na área seleccionada e uma de referência, que pode ser escolhida pelo operador, por exemplo a temperatura ambiente.

10712703.a3

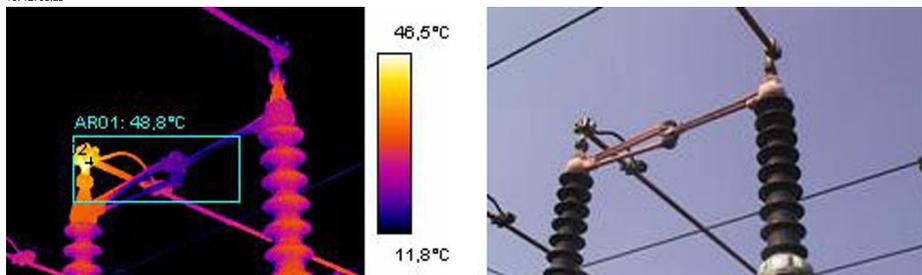


Figura 17.1 Uma imagem de infravermelhos e uma imagem visual de um isolador de linha de tensão.

Quando a avaria é claramente identificada e o operador de termógrafo de infravermelhos se tenha certificado de que não se trata de uma reflexão ou de um ponto quente natural, tem início a recolha de dados, que permitirá a comunicação correcta da

avaria. No relatório serão utilizadas a emissividade, a identificação do componente, as condições de trabalhos efectivas e a temperatura registada. Para facilitar a identificação do componente, é tirada frequentemente uma fotografia visual do defeito.

17.2.4 Classificação e relatório

A elaboração de relatórios sempre foi a parte da pesquisa por infravermelhos que consome mais tempo. Uma inspecção de um dia pode significar um ou dois dias de trabalho para elaboração do relatório e classificação dos defeitos detectados. Continua a ser o caso de muitos operadores, que optaram por não utilizar as vantagens que os computadores e o moderno software de elaboração de relatórios trouxeram à monitorização por infravermelhos.

A classificação dos defeitos permite obter mais informações, que não só consideram a situação na altura da inpecção (que é certamente de extrema importância), mas também a possibilidade de normalizar o sobreaquecimento para uma carga e condições de temperatura ambiente padrão.

Um sobreaquecimento de +30°C corresponde certamente a um defeito significativo. Porém, se esse sobreaquecimento se verificar para um componente a trabalhar com carga a 100% e para outro com 50% da carga, é óbvio que o último atingirá uma temperatura muito superior caso a respectiva carga aumente de 50% para 100%. O padrão deve ser definido em conformidade com as circunstâncias das instalações. Contudo, frequentemente, as temperaturas são previstas para carga a 100%. Um valor padrão facilita a comparação das avarias ao longo do tempo, permitindo assim efectuar uma classificação mais completa.

17.2.5 Prioridade

O gestor da manutenção atribui aos defeitos uma prioridade de reparação com base na respectiva classificação. Muitas vezes, a informação colhida durante a pesquisa por infravermelhos é associada a informações suplementares sobre o equipamento, reunidas por outros meios, como por exemplo através de monitorização da vibração, ultrasons ou da manutenção preventiva programada.

Mesmo quando a inspecção através de infravermelhos se está a tornar rapidamente no método mais utilizado para recolha segura de informações acerca dos componentes eléctricos, com o equipamento a funcionar em condições normais, existem muitas outras fontes de informação que o gestor de produção ou de manutenção deve ter em consideração.

Numa situação normal, definir a prioridade de reparação não deve por isso ser uma tarefa para o operador de câmara de infravermelhos. Se for detectada uma situação grave durante a inspecção ou durante o processo de classificação dos defeitos, deve naturalmente chamar-se a atenção do gestor de manutenção para essa ocorrência, porém a responsabilidade de determinar a urgência da reparação deverá ser dele.

17.2.6 **Reparação**

Reparar os defeitos identificados é a função mais importante da manutenção preventiva. No entanto, garantir a produção dentro no tempo previsto e ao custo adequado podem igualmente ser objectivos importantes do grupo de manutenção. As informações fornecidas pela pesquisa por infravermelhos podem ser utilizadas para melhorar a eficácia de reparação, assim como para atingir os restantes objectivos, com um risco calculado.

Monitorizar a temperatura de um defeito identificado que não seja possível reparar imediatamente, por exemplo devido ao facto de não haver peças disponíveis para substituição, pode por vezes pagar o custo de inspecção mil vezes ou mais da câmara de infravermelhos. Decidir não reparar defeitos detectados para poupar custos de manutenção e evitar períodos de inactividade desnecessários é também outra forma de utilizar as informações da pesquisa por infravermelhos de uma forma produtiva.

No entanto, o resultado mais comum da identificação e classificação das avarias detectadas consiste é uma recomendação para reparação imediata ou tão breve quanto seja possível. É importante que a equipa de reparação tenha consciência dos princípios físicos para identificação dos defeitos. Se um defeito apresentar uma temperatura elevada e se encontrar numa situação grave, é normal que o pessoal de reparação espere encontrar um componente extremamente danificado. Também não deverá surpreender a equipa de reparação que uma ligação, normalmente em bom estado de funcionamento, possa registar as mesmas temperaturas elevadas que uma danificada, que se tenha soltado. Estas más interpretações são bastante comuns e podem colocar em dúvida a fiabilidade da pesquisa por infravermelhos.

17.2.7 **Controlo**

Os componentes reparados devem ser controlados tão breve quanto possível logo após a reparação. Não é eficiente aguardar pela próxima pesquisa por infravermelhos programada para combinar uma nova inspecção com o controlo dos defeitos reparados. As estatísticas relativas ao efeito da reparação indicam que cerca de um terço dos defeitos reparados continuam a indicar sobreaquecimento. É o mesmo que dizer que esses defeitos apresentam um risco potencial de avaria.

Aguardar pela próxima pesquisa por infravermelhos programada representa um risco desnecessário para a instalação.

Para além de aumentar a eficácia do ciclo de manutenção (medido em termos do menor risco para a instalação), o controlo imediato do trabalho de reparação inclui outras vantagens para o desempenho da própria equipa de reparação.

Quando um defeito continua a indicar sobreaquecimento após reparação, a determinação da causa do sobreaquecimento optimiza o procedimento de reparação, ajuda a escolher os melhores fornecedores de componentes e a detectar deficiências na concepção da instalação eléctrica. A equipa verifica rapidamente a eficácia do trabalho e pode aprender rapidamente quer com as reparações com êxito, quer com os erros.

Outra razão para fornecer à equipa de reparação um instrumento de infravermelhos é o facto de que muitos dos defeitos detectados durante a pesquisa por infravermelhos são de gravidade menor. Em vez de os reparar, o que faz despende de tempo de manutenção e de produção, pode decidir-se manter estes defeitos sob controlo. Por isso o pessoal de manutenção deve ter acesso ao respectivo equipamento de infravermelhos.

É comum indicar no formulário do relatório o tipo de avaria observada durante a reparação, assim como a medida tomada. Estas observações constituem uma importante fonte de experiência que é possível utilizar para reduzir as existências, seleccionar os melhores fornecedores ou formar novos elementos da equipa de manutenção.

17.3 Técnica de medição para inspecção termográfica das instalações eléctricas

17.3.1 Como definir correctamente o equipamento

Uma imagem térmica pode mostrar variações de temperatura alta:

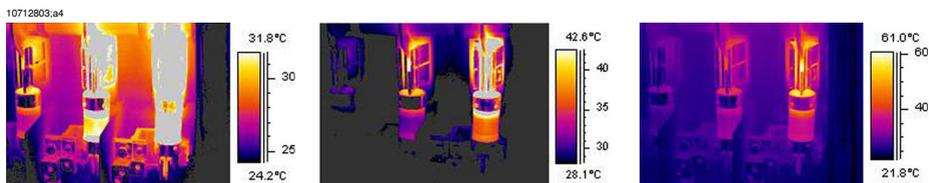


Figura 17.2 Variações de temperatura numa caixa de fusíveis

Nas imagens acima, o fusível da direita apresenta uma temperatura máxima de +61°C, enquanto a temperatura máxima da esquerda é +32°C e o do meio apresenta um valor intermédio. As três imagens são diferentes, tendo em consideração que a escala de temperatura realça apenas um fusível em cada imagem. Contudo, trata-se da mesma imagem, que inclui todas as informações relativas aos três fusíveis. É apenas uma questão de definir os valores da escala de temperatura.

17.3.2 Medição da temperatura

Hoje em dia, algumas câmaras conseguem detectar automaticamente na imagem a temperatura mais alta. A imagem abaixo apresenta o que o operador visualiza.



Figura 17.3 Uma imagem de infravermelhos de uma caixa de fusíveis em que é apresentada a temperatura máxima

A temperatura máxima na área é de +62,2°C. O medidor do ponto indica a localização exacta do ponto quente. É possível armazenar a imagem na memória da câmara.

Todavia, a medição correcta da temperatura não depende apenas do software de avaliação ou da câmara. Pode suceder que a avaria efectiva seja, por exemplo, uma ligação que fique oculta da câmara na posição em que se encontra no momento da

verificação. Pode dar-se o caso de medir o calor que tenha sido conduzido doutro ponto, ao passo que o ponto quente 'real' se encontra oculto do operador. É dado um exemplo na imagem abaixo.

10717603,a3

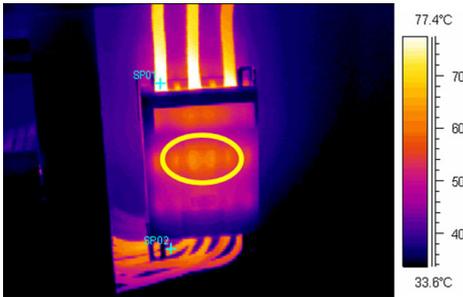


Figura 17.4 Um ponto quente oculto dentro de uma caixa

Tente utilizar ângulos diferentes para se certificar que a área quente é totalmente vista, ou seja, que não desaparece por trás de algo que possa ocultar o ponto mais quente. Nesta imagem, o ponto mais quente na área que a câmara pode 'ver', está a +83°C, em que a temperatura de funcionamento nos cabos por baixo da caixa é de +60°C. No entanto, muito provavelmente o ponto quente real encontra-se oculto dentro da caixa; veja a área dentro do círculo amarelo. Esta falha é indicada como um excesso de temperatura de +23,0°C, porém o problema real encontra-se provavelmente a uma temperatura bastante mais alta.

Outro motivo para subestimar a temperatura de um objecto é a focagem errada. É muito importante que o ponto quente detectado esteja focado. Consulte o exemplo abaixo.

10717403,a2

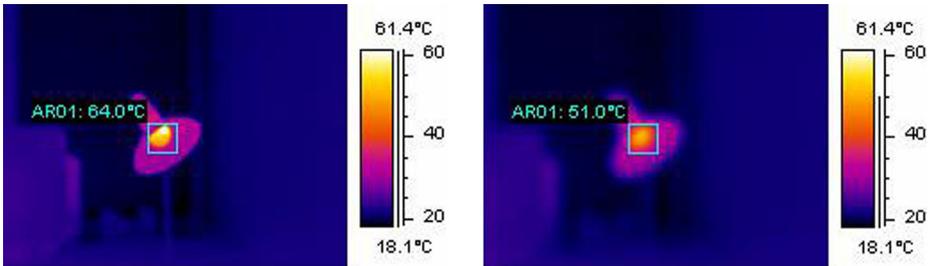


Figura 17.5 ESQUERDA: Um ponto quente focado; **DIREITA:** Um ponto quente desfocado

Na imagem à esquerda, o candeeiro está focado. A respectiva temperatura média é +64°C. Na imagem à direita, o candeeiro está desfocado, provocando o registo de apenas +51°C como temperatura média.

17.3.3 Medição comparativa

Para inspecções termográficas de instalações eléctricas é utilizado um método especial, que se baseia na comparação de objectos diferentes, designado por *medição com uma referência*. Isto significa simplesmente que as três fases são comparadas entre si. Este método necessita de pesquisa sistemática das três fases em paralelo para avaliar se um ponto diverge do padrão de temperatura normal.

Um padrão de temperatura normal significa que os componentes com tensão eléctrica possuem uma temperatura de funcionamento determinada indicada numa cor específica (ou tom de cinzento) no monitor, que geralmente é idêntica para as três fases sob cargas simétricas. Poderão ocorrer pequenas diferenças na cor da linha de tensão, por exemplo, na união de dois materiais diferentes, nas áreas crescentes ou decrescentes do condutor ou nos disjuntores em que a linha de tensão se encontra isolada.

A imagem abaixo mostra três fusíveis, cujas temperaturas são muito próximas. A isotérmica inserida indica na realidade uma diferença de temperatura inferior a $+2^{\circ}\text{C}$ entre as fases.

As cores diferentes resultam normalmente do transporte de cargas assimétricas pelas fases. Esta diferenças nas cores não representam nenhum sobreaquecimento, uma vez que não ocorre num único local mas por toda a fase.

10713203.a3

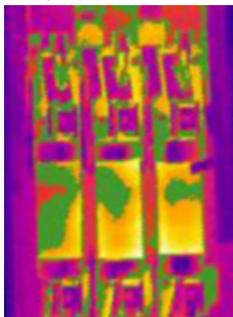


Figura 17.6 Uma isotérmica numa imagem de infravermelhos de uma caixa de fusíveis

Um ponto quente ‘real’, por outro lado, mostra uma temperatura crescente se se verificar mais atentamente a fonte do calor. Consulte a imagem abaixo, em que o perfil (linha) indica uma temperatura crescente constante até cerca de $+93^{\circ}\text{C}$ no ponto quente.

10713303.a4

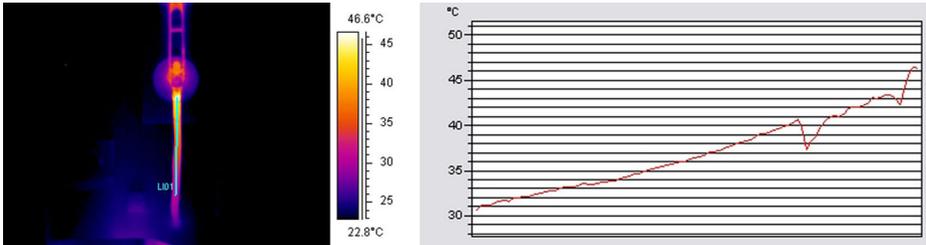


Figura 17.7 Um perfil (linha) numa imagem de infravermelhos e um gráfico que apresentam o aumento da temperatura

17.3.4 Temperatura de funcionamento normal

A medição da temperatura com termografia indica, normalmente, a temperatura absoluta do objecto. Para avaliar correctamente se o componente está demasiado quente, é necessário saber a respectiva temperatura de funcionamento, ou seja, a respectiva temperatura normal se considerarmos a carga e a temperatura ambiente.

Como a medição directa fornecerá a temperatura absoluta—que também deve ser considerada (uma vez que a maioria dos componentes têm um limite máximo para as respectivas temperaturas absolutas)—é necessário calcular a temperatura de funcionamento prevista, dadas a carga e a temperatura ambiente registadas. Considere as seguintes definições:

- Temperatura de funcionamento consiste na temperatura absoluta do componente. Depende da carga actual e da temperatura ambiente. É sempre superior à temperatura ambiente.
- Temperatura excessiva (sobreaquecimento): consiste na diferença de temperaturas registadas durante o funcionamento de um componente em bom estado e um componente em mau estado.

A temperatura excessiva resulta da diferença entre a temperatura de um componente 'normal' e a temperatura do componente vizinho. É importante comparar entre si os mesmos pontos nas diferentes fases.

Como exemplo, consulte a seguinte imagem de equipamento interior:

10713403.a4

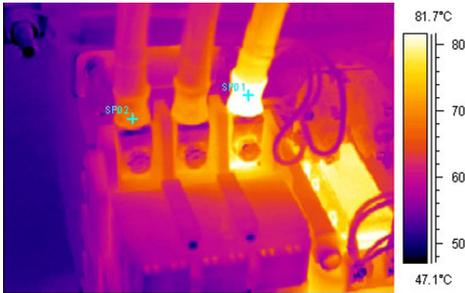


Figura 17.8 Uma imagem de infravermelhos do equipamento eléctrico interior (1).

As duas fases à esquerda são consideradas normais, enquanto a fase à direita mostra claramente temperatura excessiva. Na realidade, a temperatura de funcionamento da fase à esquerda é $+68^{\circ}\text{C}$, ou seja, trata-se de uma temperatura substancial, ao passo que a fase defeituosa, à direita, apresenta uma temperatura de $+86^{\circ}\text{C}$. Isto significa uma temperatura excessiva de $+18^{\circ}\text{C}$, ou seja, uma avaria que deve ser corrigida rapidamente.

Por motivos práticos, a temperatura de funcionamento (normal, prevista) de um componente é considerada como a temperatura dos componentes em pelo menos duas das três fases, desde que seja considerado que estão a funcionar normalmente. Evidentemente, o caso 'mais normal' é que as três fases apresentem todas a mesma ou quase a mesma temperatura. A temperatura de funcionamento dos componentes exteriores em subestações ou linhas de tensão é normalmente apenas 1°C ou 2°C acima da temperatura do ar. Em subestações interiores, as temperaturas de funcionamento variam bastante mais.

Este facto é indicado claramente também na imagem abaixo. Neste caso, a fase à esquerda é a que apresenta temperatura excessiva. A temperatura de funcionamento, medida nas duas fases 'frias' é de $+66^{\circ}\text{C}$. A fase defeituosa apresenta uma temperatura de $+127^{\circ}\text{C}$, que deve ser corrigida sem demora.

10713503.a5



Figura 17.9 Uma imagem de infravermelhos do equipamento eléctrico interior (2).

17.3.5 Classificação de avarias

A partir do momento em que é detectada uma ligação defeituosa, poderão ser necessárias medidas correctivas — ou, pelo contrário, poderão não ser necessárias por enquanto. Para recomendar a medida mais adequada a tomar, deverão ser avaliados os seguintes critérios:

- Carga durante a medição
- Carga regular ou variável
- Posição da peça defeituosa na instalação eléctrica
- Situação de carga futura prevista
- A temperatura excessiva é medida directamente no ponto defeituoso ou indirectamente através do calor conduzido provocado por alguma avaria dentro do aparelho?

As temperaturas excessivas medidas directamente na peça defeituosa dividem-se normalmente em três categorias, considerando a carga máxima a 100%.

I	< 5°C	Início do estado de sobreaquecimento. Deve ser monitorizado atentamente.
II	5–30°C	Sobreaquecimento desenvolvido. Deve ser reparado o mais rapidamente possível (porém, considere a situação da carga antes de tomar uma decisão).
III	>30°C	Sobreaquecimento agudo. Deve ser reparado imediatamente (porém, considere a situação da carga antes de tomar uma decisão).

17.4 *Elaboração de relatórios*

Actualmente, as inspecções termográficas das instalações eléctricas são provavelmente, sem excepção, documentadas através da utilização de um programa de elaboração de relatórios. Estes programas, que divergem de um fabricante para outro, são normalmente adaptados directamente às câmaras, tornando assim a elaboração de relatórios extremamente rápida e fácil.

O programa, que foi utilizado para criar a nova página de relatórios abaixo indicada, designa-se FLIR Reporter. Adapta-se a vários tipos de câmaras de infravermelhos da FLIR Systems.

Um relatório profissional divide-se normalmente em duas secções:

- Páginas frontais, com factos acerca da inspecção, como por exemplo:
 - Dados do cliente, por exemplo, nome da empresa do cliente e pessoa a contactar
 - Local da inspecção: endereço, cidade, etc.
 - Data da inspecção
 - Data do relatório
 - Nome do operador termográfico
 - Assinatura do operador termográfico
 - Resumo do índice
- Páginas relativas à inspecção incluindo imagens de infravermelhos para documentação e análise das propriedades ou anomalias térmicas.
 - Identificação do objecto inspeccionado:
 - O que é o objecto: designação, nome, número, etc.
 - Fotografia
 - Imagem de infravermelhos. Ao recolher imagens de infravermelhos existem alguns detalhes a considerar:
 - Focagem óptica
 - Ajuste térmico da situação ou do problema (nível e campo)
 - Composição: distância de observação e ângulo de visualização adequados.
 - Observação
 - Existe alguma anomalia ou não?
 - Existe alguma reflexão ou não?
 - Utilize uma ferramenta de medição — ponto, área ou isotérmica — para quantificar o problema. Utilize a ferramenta mais simples possível; raramente é necessário um gráfico de perfil em relatórios eléctricos.

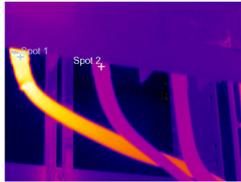
10713603,a3

	THERMOGRAPHY INSPECTION	Date: 2005-10-10
	for	Sign: _____
	FLIR Systems AB	Contract. : 1708

Photograph

	Place	Building 1	
	Localization	Right panel, group 2	
	Equipment	Fuse	
	Model / type	BBC LHBN 250	
	Phase / ID	Supply for Panel 8	
	Room temperature °C	15	
Status		Over heated	

Thermogram

	Temp. Spot 1	34 °C		
	Temp. Spot 2	17 °C		
	TEMPERATURE DIFF		17 °C	
	Phase	L1	L2	L3
Load (A)	45	47	47	
Rated load	250			
Fault class	2			

Comment

Disconnect cable, clean contact surfaces. Check for connectivity between cable shoe and lead.
 Replace any defective component. Assemble according to directions with correct torque.

Note that load is only 18%. Calculated temperature rise at 50% load would be approximately 104°C.
 [$T_{50} = (T_1 - T_2) * (125/45)^{1.6} + T_2$]

Corrected

Measure taken: _____	Date: _____
Sign: _____	Sign.: _____

Side 1

Figura 17.10 Exemplo de relatório

17.5 Diferentes tipos de pontos quentes em instalações eléctricas

17.5.1 Reflexões

A câmara termográfica capta qualquer radiação através da lente, não apenas a radiação emitida pelo objecto visualizado, mas também a radiação proveniente de outras fontes e que tenha sido reflectida pelo alvo. Geralmente, os componentes eléctricos funcionam como espelhos da radiação de infravermelhos, mesmo que não seja óbvio a olho nu. As peças em metal sem revestimento são especialmente brilhantes, ao passo que as peças com isolamento de borracha, plástico ou pintadas normalmente não o são. Na imagem abaixo, é possível ver-se claramente uma reflexão do termógrafo. Evidentemente, este não é um ponto quente no objecto. Uma boa forma de perceber se o que está a ver é ou não uma reflexão, é mover-se. Observe o alvo a partir de um ângulo diferente e verifique o 'ponto quente.' Se também se mover, é uma reflexão.

Não é possível medir a temperatura de detalhes tipo espelho. O objecto nas imagens abaixo tem áreas pintadas que são adequadas para medição da temperatura. O material é o cobre, que é um excelente condutor de calor. Isto significa que a variação de temperatura na superfície é pequena.

10717503.a2

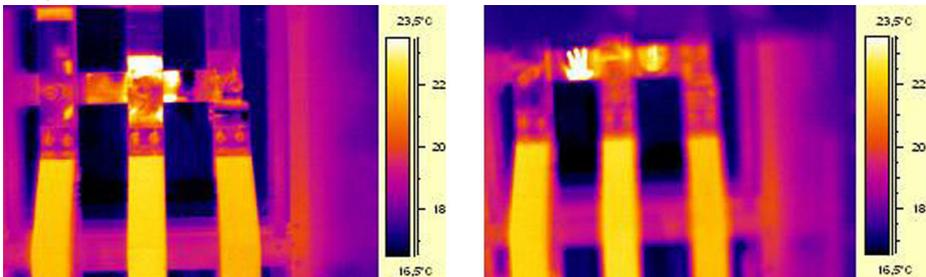


Figura 17.11 Reflexões num objecto

17.5.2 Aquecimento solar

A superfície de um componente com elevada emissividade, por exemplo, um disjuntor, pode ser aquecida por irradiação do sol num dia quente de Verão até temperaturas bastante consideráveis. A imagem mostra um disjuntor que foi aquecido pelo sol.

10713903.a3

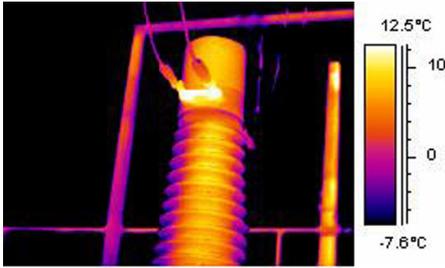


Figura 17.12 Imagem de infravermelhos de um disjuntor

17.5.3 Aquecimento indutivo

10713903.a3

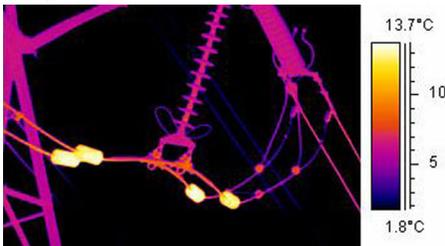


Figura 17.13 Imagem de infravermelhos de pesos estabilizadores de calor

As correntes de Eddy podem provocar o surgimento de um ponto quente na linha de tensão. Este facto já provocou incêndios graves em algumas situações de correntes extremamente altas e proximidade a outros metais. Este tipo de aquecimento ocorre em materiais magnéticos adjacentes à linha de tensão, tais como placas inferiores metálicas para isoladores de passagem. Na imagem acima, são visíveis pesos estabilizadores, através dos quais circula alta tensão. Estes pesos em metal, que são de material ligeiramente magnético, não conduzem corrente, mas estão expostos aos campos magnéticos alternados, que eventualmente acabarão por aquecer o peso. O sobreaquecimento na imagem é inferior a +5°C. Contudo, nem sempre é necessário que assim seja.

17.5.4 Variações de carga

Os sistemas trifásicos são a norma nos equipamentos eléctricos. Ao procurar locais sobreaquecidos, é fácil comparar as três fases directamente entre si, por exemplo: cabos, disjuntores, isoladores. Uma carga homogénea por fase deve resultar num padrão uniforme de temperatura para as três fases. Pode suspeitar-se de avaria nos casos em que a temperatura de uma fase seja consideravelmente diferente das outras duas. No entanto, deve certificar-se de que a carga seja efectivamente distribuída de forma homogénea. Utilizar amperímetros fixos ou uma pinça amperimétrica (até 600 A) permitem obter essa informação.

10714003.a3

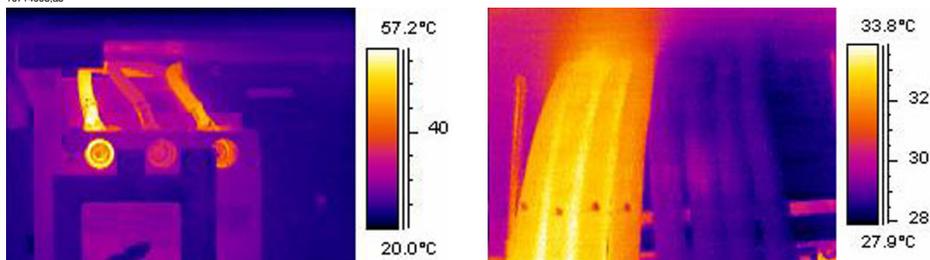


Figura 17.14 Exemplos de imagens de infravermelhos de variações de carga

A imagem à esquerda mostra três cabos lado a lado. Encontram-se tão distanciados entre si que podem considerar-se isolados térmicamente uns dos outros. O do meio está mais frio do que os restantes. A menos que duas das fases estejam defeituosas e sobreaquecidas, este é um exemplo típico de uma carga bastante assimétrica. A temperatura propaga-se uniformemente ao longo dos cabos, o que significa aumento de temperatura dependente da carga em vez de um ligação defeituosa.

A imagem à direita mostra dois feixes com cargas muito diferentes. Na realidade, o feixe à direita quase não conduz carga. Os que conduzem uma carga de corrente considerável, estão cerca de 5°C mais quentes do que os que não conduzem carga relevante. Nestes exemplos não se verifica nenhuma avaria a comunicar.

17.5.5 Condições de refrigeração variáveis

10714103.a3

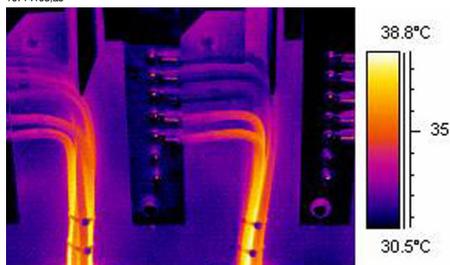


Figura 17.15 Imagem de infravermelhos de feixe de cabos

Quando, por exemplo, alguns cabos são unidos em feixe pode acontecer que a fraca refrigeração dos cabos, no meio do feixe, os faça atingir temperaturas muito elevadas. Consulte a imagem acima.

Os cabos à direita na imagem não apresentam sobreaquecimento junto dos parafusos. Contudo, na secção vertical do feixe, os cabos encontram-se muito apertados, a respectiva refrigeração é fraca, a convecção não permite libertar calor e os cabos encontram-se claramente mais quentes, na realidade cerca de 5°C acima da temperatura da secção melhor refrigerada dos cabos.

17.5.6 Variações de resistência

O sobreaquecimento pode ter muitas origens. Alguns dos motivos mais comuns são descritos abaixo.

Pode ocorrer baixa pressão de contacto ao montar uma união ou através do desgaste do material, por exemplo diminuição da tensão da mola, roscas gastas nas porcas e parafusos ou até mesmo demasiada força aplicada na montagem. Com o aumento de cargas e temperaturas, o limite de elasticidade do material é excedido e a tensão enfraquece.

A imagem à esquerda mostra uma situação de mau contacto devido a um parafuso solto. Uma vez que o mau contacto é de dimensões muito pequenas, o mesmo provoca sobreaquecimento apenas num pequeno ponto, a partir do qual o calor se propaga uniformemente ao longo do cabo de ligação. Note a baixa emissividade do próprio parafuso, que o faz parecer ligeiramente mais frio do que o isolamento do cabo isolado — e por isso, apresenta uma emissividade superior —.

A imagem à direita mostra outra situação de sobreaquecimento, também devido novamente a uma ligação solta. Trata-se de uma ligação exterior, por isso está exposta ao efeito de refrigeração do vento e é provável que o sobreaquecimento apresentasse uma temperatura superior, caso montada no interior.

10714203.a3

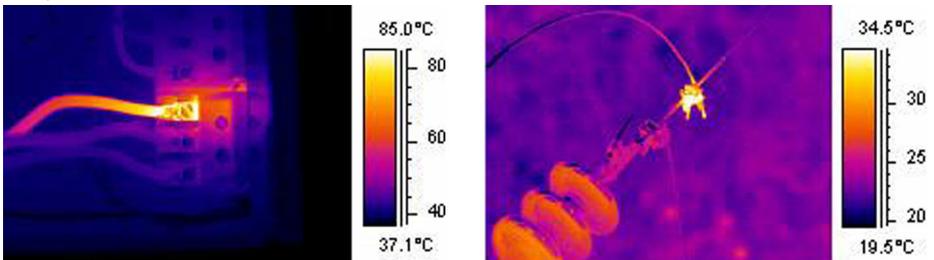


Figura 17.16 ESQUERDA: A imagem de infravermelhos mostra mau contacto devido a um parafuso solto; **DIREITA:** Uma ligação exterior solta, exposta ao efeito de refrigeração do vento.

17.5.7 Sobreaquecimento de uma secção devido a existência de avaria noutra.

Por vezes, o sobreaquecimento pode surgir num componente, embora esse componente esteja correcto. Deve-se ao facto de dois condutores partilharem a carga. Um dos condutores possui uma resistência aumentada, mas o outro está correcto. Assim, o componente defeituoso transporta uma carga inferior, ao passo que o mais frio tem de suportar uma carga superior, que pode ser demasiado alta e provocar o aumento da temperatura. Consulte a imagem.

10714303.a3

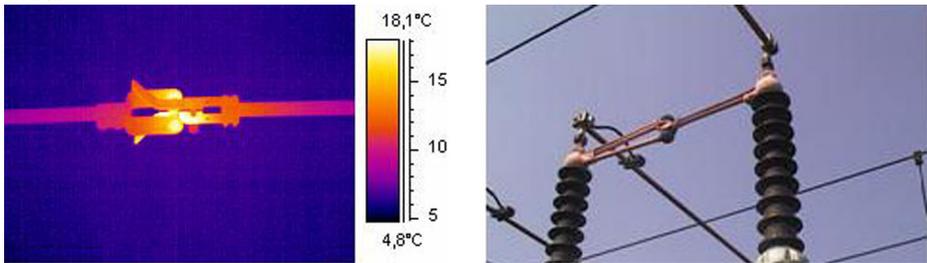


Figura 17.17 Sobreaquecimento num disjuntor

O sobreaquecimento deste disjuntor é muito provavelmente causado por mau contacto da extremidade próxima do contactor. Assim, a extremidade mais afastada conduz mais corrente e fica mais quente. O componente na imagem de infravermelhos não é o apresentado na fotografia, porém é semelhante.

17.6 *Factores de perturbação na inspecção termográfica das instalações eléctricas*

Durante as inspecções termográficas de diferentes tipos de instalações eléctricas, os factores de perturbação, como por exemplo: o vento, a distância até ao objecto, a chuva ou neve, influenciam o resultado da medição.

17.6.1 **Vento**

Durante a inspecção exterior, o efeito de refrigeração do vento deve ser tomado em consideração. Um sobreaquecimento medido a uma velocidade de vento de 5 m/s será aproximadamente duas vezes superior a 1 m/s. Uma temperatura excessiva medida a 8 m/s será 2,5 vezes mais alta a 1 m/s. Este factor de correcção, que é baseado em medições empíricas, é normalmente aplicável até 8 m/s.

Existem contudo casos em que tem de efectuar a inspecção mesmo que o vento registre uma velocidade superior a 8 m/s (16 nós). Existem muitos locais ventosos no mundo: ilhas, montanhas, etc. Porém é importante saber que os componentes sobreaquecidos detectados apresentariam uma temperatura consideravelmente superior a uma velocidade de vento inferior. O factor de correcção empírico pode ser indicado em lista.

Velocidade do vento (m/s)	Velocidade do vento (nós)	Factor de correcção
1	2	1
2	4	1,36
3	6	1,64
4	8	1,86
5	10	2,06
6	12	2,23
7	14	2,40
8	16	2,54

Da multiplicação do sobreaquecimento medido pelo factor de correcção resulta a temperatura excessiva sem vento, ou seja, a 1 m/s.

17.6.2 **Chuva e neve**

A chuva e a neve também têm um efeito de refrigeração no equipamento eléctrico. As medições termográficas podem continuar a ser conduzidas com resultados satisfatórios durante a queda de neve ligeira com neve seca e chuviscos, respectivamente. A qualidade de imagem deteriora-se durante chuva ou quedas de neve intensas,

deixando de ser possível fazer medições fiáveis. Isto deve-se essencialmente ao facto de a queda de neve intensa, assim como a chuva intensa, serem impenetráveis à radiação de infravermelhos, passando a ser medida a temperatura dos flocos de neve ou dos pingos de chuva.

17.6.3 Distância até ao objecto

Esta imagem foi colhida de um helicóptero que se encontrava a 20 metros de distância desta ligação defeituosa. A distância foi definida incorrectamente para 1 metro e a temperatura foi medida a +37,9°C. O valor da medição após alterar a distância para 20 metros, que foi efectuado posteriormente, é indicado na imagem à direita, em que a temperatura corrigida é +38,8°C. A diferença não é tão crucial, mas pode aumentar a gravidade da avaria. Por este motivo, a definição de distância nunca deve ser negligenciada.

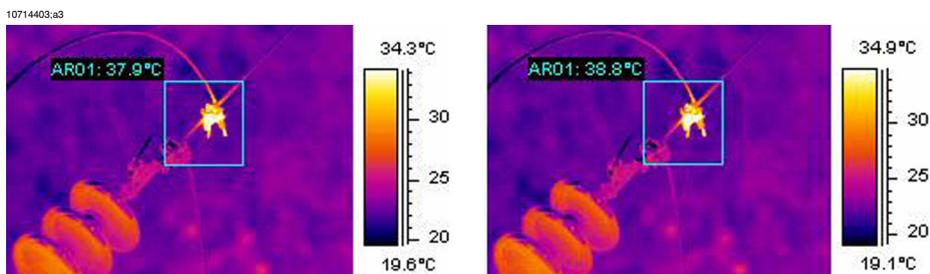


Figura 17.18 ESQUERDA: Definição de distância incorrecta; **DIREITA:** Definição de distância correcta

As imagens abaixo apresentam as leituras de temperatura de um corpo negro a +85°C, a distâncias progressivas crescentes.

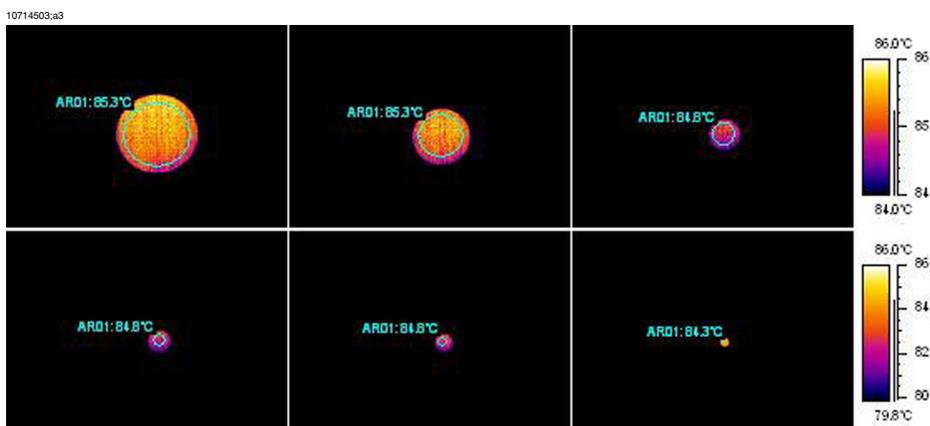


Figura 17.19 Leituras de temperatura de um corpo negro a +85°C a distâncias progressivas crescentes

As temperaturas médias medidas são, da esquerda para a direita, +85,3°C; +85,3°C; +84,8°C; +84,8°C; +84,8°C e +84,3°C de um corpo negro a +85°C. Os termogramas são tirados com uma lente de 12°. As distâncias são de 1, 2, 3, 4, 5 e 10 metros. A correcção da distância foi meticulosamente definida e funciona porque o objecto é suficientemente grande para possibilitar a medição correcta.

17.6.4 Dimensões do objecto

A segunda série de imagens abaixo mostra o mesmo, porém com a lente normal de 24°. Aqui, as temperaturas médias medidas do corpo negro a +85°C são: +84,2°C; +83,7°C; +83,3°C; +83,3°C; +83,4°C e +78,4°C.

O último valor, (+78,4°C), consiste na temperatura máxima, na medida em que não foi possível colocar um círculo dentro da imagem do corpo negro, agora muito pequena. Obviamente, não é possível medir valores precisos se o objecto for demasiado pequeno. A distância foi devidamente definida para 10 metros.



Figura 17.20 Leituras de temperatura de um corpo negro a +85°C a distâncias progressivas crescentes (lente de 24°)

Este efeito deve-se ao facto de existir um objecto de dimensões mínimas, que permite obter valores de medição de temperatura correctos. As dimensões mínimas são indicadas ao utilizador em todas as câmaras FLIR Systems. A imagem abaixo mostra o que é possível visualizar no visor da câmara modelo 695. O medidor do ponto possui uma abertura ao centro, mais facilmente visível no pormenor à direita. A dimensão do objecto deve ser maior do que aquela abertura, caso contrário parte da radiação dos objectos vizinhos mais próximos, que se encontram muito mais frios, integrará também o valor de medição, reduzindo extremamente o valor de leitura. No caso acima, em que temos um objecto bicudo, que está muito mais quente do que o meio adjacente, a leitura de temperatura será demasiado baixa.

10714703.a3

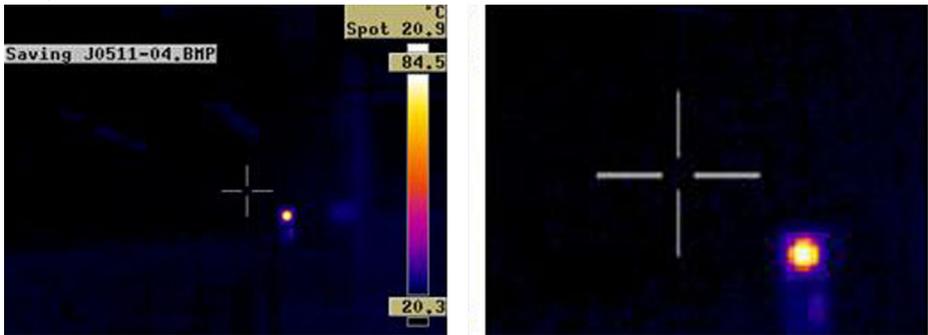


Figura 17.21 Imagem do visor de uma ThermaCAM 695

Este efeito deve-se a imperfeições existentes na óptica e às dimensões dos elementos do detector. É comum a todas as câmaras de infravermelhos e não é possível evitar.

17.7 *Conselhos práticos para o operador termográfico*

Se trabalhar com a câmara de forma prática, descobrirá pequenos detalhes que facilitarão o seu trabalho. Aqui ficam cinco para começar:

17.7.1 **Do frio ao quente**

Tem estado a trabalhar no exterior com a câmara a +5°C. Para continuar o trabalho, tem de efectuar a inspecção no interior. Se usa óculos, está habituado a ter de limpar a água condensada, caso contrário não consegue ver nada. Acontece o mesmo à câmara. Para medir correctamente, deve aguardar até que a câmara aqueça o suficiente para que a condensação se evapore. Este facto permitirá também que o sistema de compensação da temperatura interna se ajuste à alteração das condições.

17.7.2 **Aguaceiros**

Se começar a chover não deve efectuar a inspecção porque a água alterará drasticamente a temperatura da superfície do objecto que estiver a medir. No entanto, por vezes é necessário utilizar a câmara mesmo em situações de aguaceiros ou chuviscos. Proteja a câmara com um simples saco de plástico de polietileno transparente. A correcção da atenuação causada pelo saco de plástico pode ser efectuada ajustando a distância até ao objecto, até que a leitura da temperatura seja a mesma que sem a cobertura de plástico. Alguns modelos da câmara possuem uma entrada de **Transmissão óptica externa** separada.

17.7.3 **Emissividade**

Deve determinar a emissividade do material que estiver a medir. Na maioria dos casos, não encontrará o valor nas tabelas. Utilize tinta preta óptica, isto é, Nextel Black Velvet. Pinte uma pequena parte do material com que está a trabalhar. Normalmente, a emissividade da tinta óptica é 0,94. Lembre-se que o objecto possui necessariamente uma temperatura diferente — normalmente superior— da temperatura ambiente. Quanto maior for a diferença, maior é a exactidão no cálculo da emissividade. A diferença deve ser pelo menos de 20°C. Lembre-se que existem outros tipos de tinta que suportam temperaturas muito altas, até +800°C. A emissividade pode, contudo, ser inferior à do preto óptico.

Por vezes não é possível pintar o objecto que está a medir. Neste caso, é possível utilizar fita. Na maioria das situações, poderá ser utilizada uma fita fina cuja emissividade tenha sido previamente determinada, podendo ser removida depois sem danificar o objecto de estudo. Tenha em atenção o facto de que algumas fitas são semi-transparentes e por isso não são apropriadas para este fim. Uma das melhores fitas para esta finalidade é a fita eléctrica Scotch para exteriores e temperaturas abaixo de zero.

17.7.4 Temperatura aparente reflectida

Encontra-se numa situação de medição em que existem várias fontes de calor que a influenciam. Necessita de ter o valor correcto da temperatura aparente reflectida para introduzir na câmara, obtendo assim a melhor correcção possível. Proceda do seguinte modo: definir a emissividade para 1,0. Ajuste a lente da câmara para focagem aproximada e, olhando na direcção oposta da do objecto, grave uma imagem. Com a área ou a isotérmica, determine o valor mais provável da média da imagem e utilize esse valor para a respectiva introdução de temperatura aparente reflectida.

17.7.5 Objecto demasiado distante

Tem dúvidas sobre se a câmara que possui está a medir correctamente à distância efectiva? Uma regra geral para a lente é multiplicar o IFOV por 3. (IFOV consiste no detalhe do objecto visualizado por um único elemento do detector). Exemplo: 25 graus correspondem a cerca de 437 mrad. Se a câmara tiver uma imagem de pixels 120×120 , o IFOV passa a ser $437/120 = 3,6$ mrad (3,6 mm/m) e a percentagem de dimensão do ponto é cerca de $1000/(3 \times 3,6) = 92:1$. Isto significa que a uma distância de 9,2 metros, o alvo tem de ter uma largura de pelo menos cerca de 0,1 metro ou 100 mm. Experimente trabalhar no lado seguro, aproximando-se mais do que 9 metros. A cerca de 7–8 metros, a sua medição deve ficar correcta.

18 Acerca da FLIR Systems

A FLIR Systems foi fundada em 1978 para ser a pioneira no desenvolvimento de sistemas de imagens de infravermelhos de elevado desempenho, sendo também a líder mundial em design, fabrico e comercialização de sistemas de imagens térmicas para uma variada gama de aplicações comerciais, industriais e governamentais. Actualmente, a FLIR Systems integra cinco grandes empresas com resultados espectaculares em tecnologia de infravermelhos desde 1958 — a sueca AGEMA Infrared Systems (anteriormente AGA Infrared Systems), as três empresas americanas Indigo Systems, FSI e Inframetrics, assim como a empresa francesa Cedip. Em Novembro de 2007, a Extech Instruments foi adquirida pela FLIR Systems.

T639608:at

PATENT SPECIFICATION
DRAWINGS ATTACHED
1,057,624
Inventors: PER JOHAN LINDBERG and HANS GUNNER MALMBERG
Doct. of Application and Filing Complete Specifications: No. 15, 1942, No. 4161453
Complete Specifications Published: Feb. 1, 1947.
© Crown Copyright 1947.

Inventor's address:—444 PINE ST. CL. 4—114 A 136

1,057,624
Inventor's address:—444 PINE ST. CL. 4—114 A 136

PATENT SPECIFICATION
DRAWINGS ATTACHED
1,057,624
Inventors: PER JOHAN LINDBERG and HANS GUNNER MALMBERG
Doct. of Application and Filing Complete Specifications: No. 15, 1942, No. 4161453
Complete Specifications Published: Feb. 1, 1947.
© Crown Copyright 1947.

TITLE
SCANNING MECHANISM FOR RECTANGULAR REFLECTIVE OPTICAL SYSTEMS

THE STATE OF TEXAS, D. C. No. 10,462
Class. Int. Cl. (1937) Optics, Div. 5, 5/16, 5/17, 5/18, 5/19, 5/20, 5/21, 5/22, 5/23, 5/24, 5/25, 5/26, 5/27, 5/28, 5/29, 5/30, 5/31, 5/32, 5/33, 5/34, 5/35, 5/36, 5/37, 5/38, 5/39, 5/40, 5/41, 5/42, 5/43, 5/44, 5/45, 5/46, 5/47, 5/48, 5/49, 5/50, 5/51, 5/52, 5/53, 5/54, 5/55, 5/56, 5/57, 5/58, 5/59, 5/60, 5/61, 5/62, 5/63, 5/64, 5/65, 5/66, 5/67, 5/68, 5/69, 5/70, 5/71, 5/72, 5/73, 5/74, 5/75, 5/76, 5/77, 5/78, 5/79, 5/80, 5/81, 5/82, 5/83, 5/84, 5/85, 5/86, 5/87, 5/88, 5/89, 5/90, 5/91, 5/92, 5/93, 5/94, 5/95, 5/96, 5/97, 5/98, 5/99, 5/100, 5/101, 5/102, 5/103, 5/104, 5/105, 5/106, 5/107, 5/108, 5/109, 5/110, 5/111, 5/112, 5/113, 5/114, 5/115, 5/116, 5/117, 5/118, 5/119, 5/120, 5/121, 5/122, 5/123, 5/124, 5/125, 5/126, 5/127, 5/128, 5/129, 5/130, 5/131, 5/132, 5/133, 5/134, 5/135, 5/136, 5/137, 5/138, 5/139, 5/140, 5/141, 5/142, 5/143, 5/144, 5/145, 5/146, 5/147, 5/148, 5/149, 5/150, 5/151, 5/152, 5/153, 5/154, 5/155, 5/156, 5/157, 5/158, 5/159, 5/160, 5/161, 5/162, 5/163, 5/164, 5/165, 5/166, 5/167, 5/168, 5/169, 5/170, 5/171, 5/172, 5/173, 5/174, 5/175, 5/176, 5/177, 5/178, 5/179, 5/180, 5/181, 5/182, 5/183, 5/184, 5/185, 5/186, 5/187, 5/188, 5/189, 5/190, 5/191, 5/192, 5/193, 5/194, 5/195, 5/196, 5/197, 5/198, 5/199, 5/200, 5/201, 5/202, 5/203, 5/204, 5/205, 5/206, 5/207, 5/208, 5/209, 5/210, 5/211, 5/212, 5/213, 5/214, 5/215, 5/216, 5/217, 5/218, 5/219, 5/220, 5/221, 5/222, 5/223, 5/224, 5/225, 5/226, 5/227, 5/228, 5/229, 5/230, 5/231, 5/232, 5/233, 5/234, 5/235, 5/236, 5/237, 5/238, 5/239, 5/240, 5/241, 5/242, 5/243, 5/244, 5/245, 5/246, 5/247, 5/248, 5/249, 5/250, 5/251, 5/252, 5/253, 5/254, 5/255, 5/256, 5/257, 5/258, 5/259, 5/260, 5/261, 5/262, 5/263, 5/264, 5/265, 5/266, 5/267, 5/268, 5/269, 5/270, 5/271, 5/272, 5/273, 5/274, 5/275, 5/276, 5/277, 5/278, 5/279, 5/280, 5/281, 5/282, 5/283, 5/284, 5/285, 5/286, 5/287, 5/288, 5/289, 5/290, 5/291, 5/292, 5/293, 5/294, 5/295, 5/296, 5/297, 5/298, 5/299, 5/300, 5/301, 5/302, 5/303, 5/304, 5/305, 5/306, 5/307, 5/308, 5/309, 5/310, 5/311, 5/312, 5/313, 5/314, 5/315, 5/316, 5/317, 5/318, 5/319, 5/320, 5/321, 5/322, 5/323, 5/324, 5/325, 5/326, 5/327, 5/328, 5/329, 5/330, 5/331, 5/332, 5/333, 5/334, 5/335, 5/336, 5/337, 5/338, 5/339, 5/340, 5/341, 5/342, 5/343, 5/344, 5/345, 5/346, 5/347, 5/348, 5/349, 5/350, 5/351, 5/352, 5/353, 5/354, 5/355, 5/356, 5/357, 5/358, 5/359, 5/360, 5/361, 5/362, 5/363, 5/364, 5/365, 5/366, 5/367, 5/368, 5/369, 5/370, 5/371, 5/372, 5/373, 5/374, 5/375, 5/376, 5/377, 5/378, 5/379, 5/380, 5/381, 5/382, 5/383, 5/384, 5/385, 5/386, 5/387, 5/388, 5/389, 5/390, 5/391, 5/392, 5/393, 5/394, 5/395, 5/396, 5/397, 5/398, 5/399, 5/400, 5/401, 5/402, 5/403, 5/404, 5/405, 5/406, 5/407, 5/408, 5/409, 5/410, 5/411, 5/412, 5/413, 5/414, 5/415, 5/416, 5/417, 5/418, 5/419, 5/420, 5/421, 5/422, 5/423, 5/424, 5/425, 5/426, 5/427, 5/428, 5/429, 5/430, 5/431, 5/432, 5/433, 5/434, 5/435, 5/436, 5/437, 5/438, 5/439, 5/440, 5/441, 5/442, 5/443, 5/444, 5/445, 5/446, 5/447, 5/448, 5/449, 5/450, 5/451, 5/452, 5/453, 5/454, 5/455, 5/456, 5/457, 5/458, 5/459, 5/460, 5/461, 5/462, 5/463, 5/464, 5/465, 5/466, 5/467, 5/468, 5/469, 5/470, 5/471, 5/472, 5/473, 5/474, 5/475, 5/476, 5/477, 5/478, 5/479, 5/480, 5/481, 5/482, 5/483, 5/484, 5/485, 5/486, 5/487, 5/488, 5/489, 5/490, 5/491, 5/492, 5/493, 5/494, 5/495, 5/496, 5/497, 5/498, 5/499, 5/500, 5/501, 5/502, 5/503, 5/504, 5/505, 5/506, 5/507, 5/508, 5/509, 5/510, 5/511, 5/512, 5/513, 5/514, 5/515, 5/516, 5/517, 5/518, 5/519, 5/520, 5/521, 5/522, 5/523, 5/524, 5/525, 5/526, 5/527, 5/528, 5/529, 5/530, 5/531, 5/532, 5/533, 5/534, 5/535, 5/536, 5/537, 5/538, 5/539, 5/540, 5/541, 5/542, 5/543, 5/544, 5/545, 5/546, 5/547, 5/548, 5/549, 5/550, 5/551, 5/552, 5/553, 5/554, 5/555, 5/556, 5/557, 5/558, 5/559, 5/560, 5/561, 5/562, 5/563, 5/564, 5/565, 5/566, 5/567, 5/568, 5/569, 5/570, 5/571, 5/572, 5/573, 5/574, 5/575, 5/576, 5/577, 5/578, 5/579, 5/580, 5/581, 5/582, 5/583, 5/584, 5/585, 5/586, 5/587, 5/588, 5/589, 5/590, 5/591, 5/592, 5/593, 5/594, 5/595, 5/596, 5/597, 5/598, 5/599, 5/600, 5/601, 5/602, 5/603, 5/604, 5/605, 5/606, 5/607, 5/608, 5/609, 5/610, 5/611, 5/612, 5/613, 5/614, 5/615, 5/616, 5/617, 5/618, 5/619, 5/620, 5/621, 5/622, 5/623, 5/624, 5/625, 5/626, 5/627, 5/628, 5/629, 5/630, 5/631, 5/632, 5/633, 5/634, 5/635, 5/636, 5/637, 5/638, 5/639, 5/640, 5/641, 5/642, 5/643, 5/644, 5/645, 5/646, 5/647, 5/648, 5/649, 5/650, 5/651, 5/652, 5/653, 5/654, 5/655, 5/656, 5/657, 5/658, 5/659, 5/660, 5/661, 5/662, 5/663, 5/664, 5/665, 5/666, 5/667, 5/668, 5/669, 5/670, 5/671, 5/672, 5/673, 5/674, 5/675, 5/676, 5/677, 5/678, 5/679, 5/680, 5/681, 5/682, 5/683, 5/684, 5/685, 5/686, 5/687, 5/688, 5/689, 5/690, 5/691, 5/692, 5/693, 5/694, 5/695, 5/696, 5/697, 5/698, 5/699, 5/700, 5/701, 5/702, 5/703, 5/704, 5/705, 5/706, 5/707, 5/708, 5/709, 5/710, 5/711, 5/712, 5/713, 5/714, 5/715, 5/716, 5/717, 5/718, 5/719, 5/720, 5/721, 5/722, 5/723, 5/724, 5/725, 5/726, 5/727, 5/728, 5/729, 5/730, 5/731, 5/732, 5/733, 5/734, 5/735, 5/736, 5/737, 5/738, 5/739, 5/740, 5/741, 5/742, 5/743, 5/744, 5/745, 5/746, 5/747, 5/748, 5/749, 5/750, 5/751, 5/752, 5/753, 5/754, 5/755, 5/756, 5/757, 5/758, 5/759, 5/760, 5/761, 5/762, 5/763, 5/764, 5/765, 5/766, 5/767, 5/768, 5/769, 5/770, 5/771, 5/772, 5/773, 5/774, 5/775, 5/776, 5/777, 5/778, 5/779, 5/780, 5/781, 5/782, 5/783, 5/784, 5/785, 5/786, 5/787, 5/788, 5/789, 5/790, 5/791, 5/792, 5/793, 5/794, 5/795, 5/796, 5/797, 5/798, 5/799, 5/800, 5/801, 5/802, 5/803, 5/804, 5/805, 5/806, 5/807, 5/808, 5/809, 5/810, 5/811, 5/812, 5/813, 5/814, 5/815, 5/816, 5/817, 5/818, 5/819, 5/820, 5/821, 5/822, 5/823, 5/824, 5/825, 5/826, 5/827, 5/828, 5/829, 5/830, 5/831, 5/832, 5/833, 5/834, 5/835, 5/836, 5/837, 5/838, 5/839, 5/840, 5/841, 5/842, 5/843, 5/844, 5/845, 5/846, 5/847, 5/848, 5/849, 5/850, 5/851, 5/852, 5/853, 5/854, 5/855, 5/856, 5/857, 5/858, 5/859, 5/860, 5/861, 5/862, 5/863, 5/864, 5/865, 5/866, 5/867, 5/868, 5/869, 5/870, 5/871, 5/872, 5/873, 5/874, 5/875, 5/876, 5/877, 5/878, 5/879, 5/880, 5/881, 5/882, 5/883, 5/884, 5/885, 5/886, 5/887, 5/888, 5/889, 5/890, 5/891, 5/892, 5/893, 5/894, 5/895, 5/896, 5/897, 5/898, 5/899, 5/900, 5/901, 5/902, 5/903, 5/904, 5/905, 5/906, 5/907, 5/908, 5/909, 5/910, 5/911, 5/912, 5/913, 5/914, 5/915, 5/916, 5/917, 5/918, 5/919, 5/920, 5/921, 5/922, 5/923, 5/924, 5/925, 5/926, 5/927, 5/928, 5/929, 5/930, 5/931, 5/932, 5/933, 5/934, 5/935, 5/936, 5/937, 5/938, 5/939, 5/940, 5/941, 5/942, 5/943, 5/944, 5/945, 5/946, 5/947, 5/948, 5/949, 5/950, 5/951, 5/952, 5/953, 5/954, 5/955, 5/956, 5/957, 5/958, 5/959, 5/960, 5/961, 5/962, 5/963, 5/964, 5/965, 5/966, 5/967, 5/968, 5/969, 5/970, 5/971, 5/972, 5/973, 5/974, 5/975, 5/976, 5/977, 5/978, 5/979, 5/980, 5/981, 5/982, 5/983, 5/984, 5/985, 5/986, 5/987, 5/988, 5/989, 5/990, 5/991, 5/992, 5/993, 5/994, 5/995, 5/996, 5/997, 5/998, 5/999, 5/1000, 5/1001, 5/1002, 5/1003, 5/1004, 5/1005, 5/1006, 5/1007, 5/1008, 5/1009, 5/1010, 5/1011, 5/1012, 5/1013, 5/1014, 5/1015, 5/1016, 5/1017, 5/1018, 5/1019, 5/1020, 5/1021, 5/1022, 5/1023, 5/1024, 5/1025, 5/1026, 5/1027, 5/1028, 5/1029, 5/1030, 5/1031, 5/1032, 5/1033, 5/1034, 5/1035, 5/1036, 5/1037, 5/1038, 5/1039, 5/1040, 5/1041, 5/1042, 5/1043, 5/1044, 5/1045, 5/1046, 5/1047, 5/1048, 5/1049, 5/1050, 5/1051, 5/1052, 5/1053, 5/1054, 5/1055, 5/1056, 5/1057, 5/1058, 5/1059, 5/1060, 5/1061, 5/1062, 5/1063, 5/1064, 5/1065, 5/1066, 5/1067, 5/1068, 5/1069, 5/1070, 5/1071, 5/1072, 5/1073, 5/1074, 5/1075, 5/1076, 5/1077, 5/1078, 5/1079, 5/1080, 5/1081, 5/1082, 5/1083, 5/1084, 5/1085, 5/1086, 5/1087, 5/1088, 5/1089, 5/1090, 5/1091, 5/1092, 5/1093, 5/1094, 5/1095, 5/1096, 5/1097, 5/1098, 5/1099, 5/1100, 5/1101, 5/1102, 5/1103, 5/1104, 5/1105, 5/1106, 5/1107, 5/1108, 5/1109, 5/1110, 5/1111, 5/1112, 5/1113, 5/1114, 5/1115, 5/1116, 5/1117, 5/1118, 5/1119, 5/1120, 5/1121, 5/1122, 5/1123, 5/1124, 5/1125, 5/1126, 5/1127, 5/1128, 5/1129, 5/1130, 5/1131, 5/1132, 5/1133, 5/1134, 5/1135, 5/1136, 5/1137, 5/1138, 5/1139, 5/1140, 5/1141, 5/1142, 5/1143, 5/1144, 5/1145, 5/1146, 5/1147, 5/1148, 5/1149, 5/1150, 5/1151, 5/1152, 5/1153, 5/1154, 5/1155, 5/1156, 5/1157, 5/1158, 5/1159, 5/1160, 5/1161, 5/1162, 5/1163, 5/1164, 5/1165, 5/1166, 5/1167, 5/1168, 5/1169, 5/1170, 5/1171, 5/1172, 5/1173, 5/1174, 5/1175, 5/1176, 5/1177, 5/1178, 5/1179, 5/1180, 5/1181, 5/1182, 5/1183, 5/1184, 5/1185, 5/1186, 5/1187, 5/1188, 5/1189, 5/1190, 5/1191, 5/1192, 5/1193, 5/1194, 5/1195, 5/1196, 5/1197, 5/1198, 5/1199, 5/1200, 5/1201, 5/1202, 5/1203, 5/1204, 5/1205, 5/1206, 5/1207, 5/1208, 5/1209, 5/1210, 5/1211, 5/1212, 5/1213, 5/1214, 5/1215, 5/1216, 5/1217, 5/1218, 5/1219, 5/1220, 5/1221, 5/1222, 5/1223, 5/1224, 5/1225, 5/1226, 5/1227, 5/1228, 5/1229, 5/1230, 5/1231, 5/1232, 5/1233, 5/1234, 5/1235, 5/1236, 5/1237, 5/1238, 5/1239, 5/1240, 5/1241, 5/1242, 5/1243, 5/1244, 5/1245, 5/1246, 5/1247, 5/1248, 5/1249, 5/1250, 5/1251, 5/1252, 5/1253, 5/1254, 5/1255, 5/1256, 5/1257, 5/1258, 5/1259, 5/1260, 5/1261, 5/1262, 5/1263, 5/1264, 5/1265, 5/1266, 5/1267, 5/1268, 5/1269, 5/1270, 5/1271, 5/1272, 5/1273, 5/1274, 5/1275, 5/1276, 5/1277, 5/1278, 5/1279, 5/1280, 5/1281, 5/1282, 5/1283, 5/1284, 5/1285, 5/1286, 5/1287, 5/1288, 5/1289, 5/1290, 5/1291, 5/1292, 5/1293, 5/1294, 5/1295, 5/1296, 5/1297, 5/1298, 5/1299, 5/1300, 5/1301, 5/1302, 5/1303, 5/1304, 5/1305, 5/1306, 5/1307, 5/1308, 5/1309, 5/1310, 5/1311, 5/1312, 5/1313, 5/1314, 5/1315, 5/1316, 5/1317, 5/1318, 5/1319, 5/1320, 5/1321, 5/1322, 5/1323, 5/1324, 5/1325, 5/1326, 5/1327, 5/1328, 5/1329, 5/1330, 5/1331, 5/1332, 5/1333, 5/1334, 5/1335, 5/1336, 5/1337, 5/1338, 5/1339, 5/1340, 5/1341, 5/1342, 5/1343, 5/1344, 5/1345, 5/1346, 5/1347, 5/1348, 5/1349, 5/1350, 5/1351, 5/1352, 5/1353, 5/1354, 5/1355, 5/1356, 5/1357, 5/1358, 5/1359, 5/1360, 5/1361, 5/1362, 5/1363, 5/1364, 5/1365, 5/1366, 5/1367, 5/1368, 5/1369, 5/1370, 5/1371, 5/1372, 5/1373, 5/1374, 5/1375, 5/1376, 5/1377, 5/1378, 5/1379, 5/1380, 5/1381, 5/1382, 5/1383, 5/1384, 5/1385, 5/1386, 5/1387, 5/1388, 5/1389, 5/1390, 5/1391, 5/1392, 5/1393, 5/1394, 5/1395, 5/1396, 5/1397, 5/1398, 5/1399, 5/1400, 5/1401, 5/1402, 5/1403, 5/1404, 5/1405, 5/1406, 5/1407, 5/1408, 5/1409, 5/1410, 5/1411, 5/1412, 5/1413, 5/1414, 5/1415, 5/1416, 5/1417, 5/1418, 5/1419, 5/1420, 5/1421, 5/1422, 5/1423, 5/1424, 5/1425, 5/1426, 5/1427, 5/1428, 5/1429, 5/1430, 5/1431, 5/1432, 5/1433, 5/1434, 5/1435, 5/1436, 5/1437, 5/1438, 5/1439, 5/1440, 5/1441, 5/1442, 5/1443, 5/1444, 5/1445, 5/1446, 5/1447, 5/1448, 5/1449, 5/1450, 5/1451, 5/1452, 5/1453, 5/1454, 5/1455, 5/1456, 5/1457, 5/1458, 5/1459, 5/1460, 5/1461, 5/1462, 5/1463, 5/1464, 5/1465, 5/1466, 5/1467, 5/1468, 5/1469, 5/1470, 5/1471, 5/1472, 5/1473, 5/1474, 5/1475, 5/1476, 5/1477, 5/1478, 5/1479, 5/1480, 5/1481, 5/1482, 5/1483, 5/1484, 5/1485, 5/1486, 5/1487, 5/1488, 5/1489, 5/1490, 5/1491, 5/1492, 5/1493, 5/1494, 5/1495, 5/1496, 5/1497, 5/1498, 5/1499, 5/1500, 5/1501, 5/1502, 5/1503, 5/1504, 5/1505, 5/1506, 5/1507, 5/1508, 5/1509, 5/1510, 5/1511, 5/1512, 5/1513, 5/1514, 5/1515, 5/1516, 5/1517, 5/1518, 5/1519, 5/1520, 5/1521, 5/1522, 5/1523, 5/1524, 5/1525, 5/1526, 5/1527, 5/1528, 5/1529, 5/1530, 5/1531, 5/1532, 5/1533, 5/1534, 5/1535, 5/1536, 5/1537, 5/1538, 5/1539, 5/1540, 5/1541, 5/1542, 5/1543, 5/1544, 5/1545, 5/1546, 5/1547, 5/1548, 5/1549, 5/1550, 5/1551, 5/1552, 5/1553, 5/1554, 5/1555, 5/1556, 5/1557, 5/1558, 5/1559, 5/1560, 5/1561, 5/1562, 5/1563, 5/1564, 5/1565, 5/1566, 5/1567, 5/1568, 5/1569, 5/1570, 5/1571, 5/1572, 5/1573, 5/1574, 5/1575, 5/1576, 5/1577, 5/1578, 5/1579, 5/1580, 5/1581, 5/1582, 5/1583, 5/1584, 5/1585, 5/1586, 5/1587, 5/1588, 5/1589, 5/1590, 5/1591, 5/1592, 5/1593,

A FLIR Systems possui três fábricas nos Estados Unidos (Portland, Oregon; Boston, Massachusetts; Santa Barbara, Califórnia) e uma na Suécia (Estocolmo). Desde 2007 que dispõe igualmente de uma instalação de fabrico em Tallin, Estónia. Os serviços de venda directa existentes na Alemanha, na Bélgica, no Brasil, na China, na Coreia, nos Estados Unidos, em França, em Hong Kong, em Itália, no Japão, no Reino Unido e na Suécia — juntamente com uma rede internacional de agentes e distribuidores — suportam a nossa base internacional de clientes.

A FLIR Systems está na vanguarda da inovação na indústria de câmaras de infravermelhos. Antecipamos as necessidades do mercado, melhorando continuamente as nossas câmaras já existentes e desenvolvendo novos modelos. A empresa estabeleceu marcos no design e desenvolvimento de produtos, tais como a introdução da primeira câmara portátil de funcionamento com bateria para inspecções industriais e a primeira câmara de infravermelhos não refrigerada, para mencionar apenas duas das inovações.

10722703.a2



Figura 18.2 ESQUERDA: Thermovision® Modelo 661 de 1969. A câmara pesava cerca de 25 kg, o osciloscópio 20 kg e o tripé 15 kg. O operador necessitava ainda de um conjunto de geradores de 220 VCA e de um recipiente de 10 litros de nitrogénio líquido. À esquerda do osciloscópio, é possível ver-se a ligação à Polaroid (6 kg). **DIREITA:** FLIR i7 de 2009. Peso: 0,34 kg, incluindo bateria.

A FLIR Systems fabrica todos os componentes electrónicos e mecânicos vitais dos próprios sistemas da câmara. Todas as etapas de produção são feitas e supervisionadas pelos nossos próprios engenheiros, desde o design e fabrico de detectores até lentes e sistemas electrónicos, testes finais e calibragem. A experiência profunda destes especialistas em infravermelhos assegura a precisão e fiabilidade de todos os componentes vitais que equipam a câmara de infravermelhos.

18.1 *Mais do que apenas uma câmara de infravermelhos*

Na FLIR Systems sabemos que a nossa função é ir mais além do que apenas produzir os melhores sistemas de câmara de infravermelhos. Estamos empenhados em proporcionar a todos os utilizadores dos nossos sistemas de câmaras de infravermelhos maior produtividade no seu trabalho, fornecendo-lhes a combinação câmara-software mais potente. Desenvolvemos a nível interno software especialmente concebido para manutenção condicional, Investigação e Desenvolvimento e monitorização de processamento. A maioria do software encontra-se disponível em vários idiomas.

Disponibilizamos uma vasta gama de acessórios de suporte para as nossas câmaras de infravermelhos para adaptar o seu equipamento às aplicações de infravermelhos mais exigentes.

18.2 *Partilha dos nossos conhecimentos*

Muito embora as nossas câmaras sejam concebidas para serem extremamente fáceis de utilizar, há muito mais a saber sobre termografia do que saber apenas como manusear a câmara. Por este motivo, a FLIR Systems fundou o Infrared Training Center (ITC), uma unidade comercial independente, que disponibiliza cursos de formação certificados. Frequentar um dos cursos do ITC proporciona uma experiência de aprendizagem prática real.

A equipa do ITC também está preparada para lhe fornecer qualquer assistência relativamente à aplicação, que possa ser necessária para aplicar na prática a teoria relativa aos sistemas de infravermelhos.

18.3 *Assistência aos nossos clientes*

A FLIR Systems opera uma rede de assistência mundial para que possa manter a sua câmara sempre em funcionamento. Se detectar algum problema na câmara, os centros de assistência locais têm todo o equipamento e conhecimentos para o resolver no mínimo de tempo possível. Assim, não será preciso enviar a sua câmara para outra parte do mundo ou ter de falar com alguém que não fala o seu idioma.

18.4 Algumas imagens das nossas instalações

10401303.a1

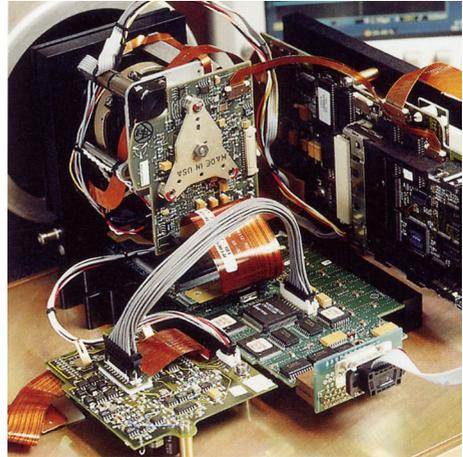
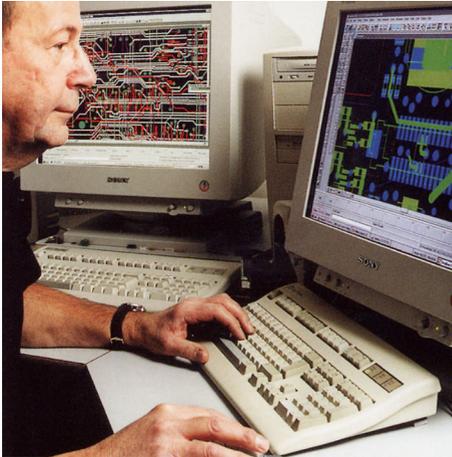


Figura 18.3 ESQUERDA: Desenvolvimento da electrónica do sistema; **DIREITA:** Teste de um detector FPA

10401403.a1



Figura 18.4 ESQUERDA: Torno para trabalhar diamantes; **DIREITA:** Polimento da lente

10401503.a1

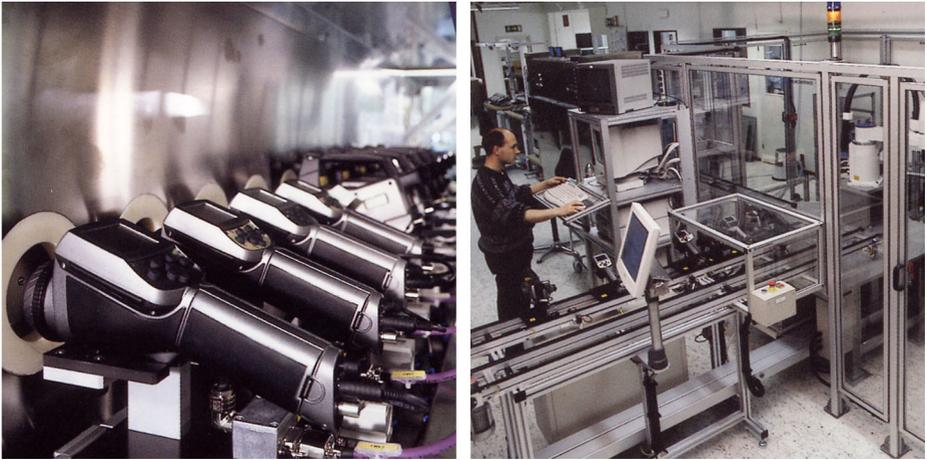


Figura 18.5 ESQUERDA: Teste das câmaras de infravermelhos na câmara climática; **DIREITA:** Robô para testar e calibrar as câmaras

Termo ou expressão	Explicação
absorção (factor de absorção)	A quantidade de radiação absorvida por um objecto em relação à radiação total recebida. Representada por um algarismo entre 0 e 1.
ajuste automático	Uma função que faz com que a câmara execute uma correcção interna da imagem.
ajuste contínuo	Função que ajusta a imagem. A função está sempre activa, ajustando continuamente a luminosidade e o contraste, consoante o conteúdo da imagem.
ajuste manual	Forma de ajustar a imagem alterando manualmente certos parâmetros.
ambiente	Objectos e gases que emitem radiações para o objecto a ser medido.
amplitude	O limite de medição de temperatura geral actual de uma câmara de infravermelhos. As câmaras podem possuir várias amplitudes. São expressas como duas temperaturas de corpos negros que limitam a calibragem actual.
amplitude de temperaturas	O limite de medição de temperatura geral actual de uma câmara de infravermelhos. As câmaras podem possuir várias amplitudes. São expressas como duas temperaturas de corpos negros que limitam a calibragem actual.
atmosfera	Os gases que existem entre o objecto a ser medido e a câmara, tratando-se normalmente de ar.
auto paleta	A imagem de infravermelhos é composta por manchas cromáticas irregulares, apresentando em simultâneo objectos frios e quentes.
campo	É o intervalo da escala de temperatura, expresso normalmente como um valor de sinal.
Campo de visão	Campo de visão (Field of view): Consiste no ângulo horizontal que pode ser visto através de uma lente de infravermelhos.
cavidade isotérmica	Um radiador em forma de garrafa, com temperatura uniforme, visto através do orifício de entrada.
condução	O processo que faz com que o calor se difunda num determinado material.
convecção	A convecção é um modo de transferência do calor em que o fluido é colocado em movimento, por gravidade ou por outra força, transferindo assim o calor de um local para o outro.

Termo ou expressão	Explicação
cor de saturação	As áreas que contêm temperaturas fora das definições de nível/campo são coloridas com cores de saturação. As cores de saturação incluem uma cor para o 'excesso' e uma cor para a 'capacidade excedida inferiormente'. Existe ainda uma terceira cor de saturação vermelha que marca tudo o que for saturado pelo detector, indicando que a amplitude deve, provavelmente, ser alterada.
corpo cinzento	Consiste num objecto que emite uma fracção fixa da quantidade de energia de um corpo negro para cada comprimento de onda.
corpo negro	Objecto totalmente não reflector. Toda a sua radiação é devida à sua própria temperatura.
correção de imagem (interna ou externa)	Forma de compensar as diferenças de sensibilidade nas várias partes das imagens em directo e também de estabilizar a câmara.
diferença de temperatura, ou diferença na temperatura.	Valor que resulta da subtracção entre dois valores de temperatura.
emissividade (factor de emissividade)	A quantidade de radiação emitida por um dado objecto em comparação com a de um corpo negro. Representada por um algarismo entre 0 e 1.
emitância	Quantidade de energia emitida por um objecto por unidade de tempo e área (W/m^2)
emitância espectral (radiante)	Quantidade de energia emitida por um objecto por unidade de tempo, área e comprimento de onda ($W/m^2/\mu m$)
energia radiante	Quantidade de energia emitida por um objecto por unidade de tempo (W)
escala de temperaturas	Consiste na forma como uma imagem de infravermelhos é visualizada. É expressa como dois valores de temperatura, que limitam as cores.
filtro	Material transparente apenas para alguns dos comprimentos de onda de infravermelhos.
FPA	Matriz de plano focal (Focal plane array): Tipo de detector de infravermelhos.
humidade relativa	A humidade relativa representa a razão entre a massa actual do vapor de água no ar e o máximo que o ar pode conter em condições de saturação.
IFOV	Campo de visão instantâneo (Instantaneous field of view): Medida da resolução geométrica de uma câmara de infravermelhos.

Termo ou expressão	Explicação
infravermelhos	Radiação invisível, possuindo um comprimento de onda de cerca de 2–13 μm .
isotérmica	Função que realça as partes da imagem que estão acima, abaixo ou entre um ou mais intervalos de temperatura.
isotérmica dupla	Uma isotérmica com duas bandas de cor, em vez de uma.
isotérmica transparente	Uma isotérmica que apresenta uma dispersão de cores linear, em vez de cobrir as partes realçadas da imagem.
IV	infravermelhos
Laser LocatIR	Consiste numa fonte de luz eléctrica, existente na câmara, que emite radiação laser num raio fino e concentrado para apontar a certas partes do objecto posicionado em frente à câmara.
NETD	Diferença de temperatura de ruído equivalente (Noise equivalent temperature difference). Medida do nível de ruído da imagem de uma câmara de infravermelhos.
nível	Valor central da escala de temperatura, expresso normalmente como um valor de sinal.
óptica externa	Lentes extra, filtros, ecrã térmico, etc. que podem ser colocados entre a câmara e o objecto a ser medido.
paleta	Consiste no conjunto de cores utilizadas para apresentar uma imagem de infravermelhos.
parâmetros do objecto	Conjunto de valores que descrevem as circunstâncias em que foi feita a medição de um objecto, assim como o próprio objecto (por exemplo: emissividade, temperatura aparente reflectida, distância, etc.)
pixel	Significa <i>elemento de imagem</i> . Um único ponto numa imagem.
ponteiro laser	Consiste numa fonte de luz eléctrica, existente na câmara, que emite radiação laser num raio fino e concentrado para apontar a certas partes do objecto posicionado em frente à câmara.
radiação	Processo através do qual é emitida energia electromagnética por um objecto ou por um gás.
radiador	Peça de equipamento de radiação de infravermelhos.
radiador de cavidade	Um radiador em forma de garrafa com interior absorvente, visto através do orifício de entrada.
radiador de corpo negro	Trata-se de um equipamento de radiação de infravermelhos com características de corpo negro, utilizado para calibrar câmaras de infravermelhos.

Termo ou expressão	Explicação
radiância	Quantidade de energia emitida por um objecto por unidade de tempo, área e ângulo ($W/m^2/sr$)
reflexão	A quantidade de radiação reflectida por um objecto em relação à radiação total recebida. Representada por um algarismo entre 0 e 1.
ruído	Pequena perturbação indesejada na imagem de infravermelhos.
sinal do objecto	Valor não calibrado relacionado com a quantidade de radiação recebida pela câmara a partir do objecto.
temperatura de cor	A temperatura para a qual a cor de um corpo negro corresponde a uma cor específica.
temperatura de referência	Temperatura com a qual é possível comparar os valores medidos normalmente.
termograma	imagem de infravermelhos
transmissão (ou transmitância) (factor)	Os gases e os materiais podem ser mais ou menos transparentes. Por transmissão entende-se a quantidade de radiação de infravermelhos que passa através deles. Representada por um algarismo entre 0 e 1.
transmissão atmosférica calculada	Um valor de transmissão calculado a partir da temperatura, da humidade relativa do ar e da distância até ao objecto.
transmissão atmosférica estimada	Valor de transmissão, fornecido por um utilizador, para substituir um valor calculado.
visual	Refere-se ao modo vídeo de uma câmara de infravermelhos, em oposição ao modo termográfico normal. Quando uma câmara está em modo vídeo capta imagens de vídeo normais; quando se encontra em modo de infravermelhos, a câmara capta imagens termográficas.

20.1 *Introdução*

Uma câmara de infravermelhos mede e reproduz em imagens a radiação de infravermelhos emitida pelos objectos. O facto de a radiação resultar da temperatura da superfície do objecto, possibilita que a câmara calcule e mostre essa temperatura.

No entanto, a radiação medida pela câmara não depende apenas da temperatura do objecto, mas varia também em função da emissividade. A radiação resulta também do meio exterior e reflecte-se no objecto. A radiação do objecto e a radiação reflectiva serão também influenciadas pelo efeito de absorção da atmosfera.

Para medir a temperatura com precisão é, portanto, necessário compensar os efeitos de um determinado número de diferentes fontes de radiação. Isto é feito online e automaticamente pela câmara. Os seguintes parâmetros do objecto devem, todavia, ser introduzidos na câmara:

- A emissividade do objecto
- A temperatura aparente reflectida
- A distância entre o objecto e a câmara
- A humidade relativa
- Temperatura da atmosfera

20.2 *Emissividade*

O principal parâmetro do objecto a definir correctamente é a emissividade que, sintetizando, consiste na medição da gama de radiação emitida pelo objecto, comparativamente à que é emitida por um corpo negro perfeito com a mesma temperatura.

Normalmente, os materiais dos objectos e os tratamentos de superfície possuem uma gama de emissividade compreendida entre 0,1 e 0,95. A emissividade de uma superfície extremamente polida (espelho) é inferior a 0,1, enquanto que uma superfície oxidada ou pintada possui uma emissividade mais elevada. Tinta à base de óleo, independentemente da cor no espectro visível, possui uma emissividade superior a 0,9 em infravermelhos. A pele humana possui uma emissividade entre 0,97 e 0,98.

Os metais não oxidados representam um caso extremo de perfeita opacidade e de elevada reflexividade, o que não varia muito com o comprimento de onda. Consequentemente, a emissividade dos metais é baixa – aumentando apenas com a temperatura. Nos não-metais, a emissividade tende a ser elevada e diminui com a temperatura.

20.2.1 Cálculo da emissividade de uma amostra

20.2.1.1 Etapa 1: Determinação da temperatura aparente reflectida

Utilize um dos dois métodos seguintes para determinar a temperatura aparente reflectida:

20.2.1.1.1 Método 1: Método directo

- 1 Procure fontes de reflexão possíveis, considerando que o ângulo de incidência = ângulo de reflexão ($a = b$).

10588903;a1

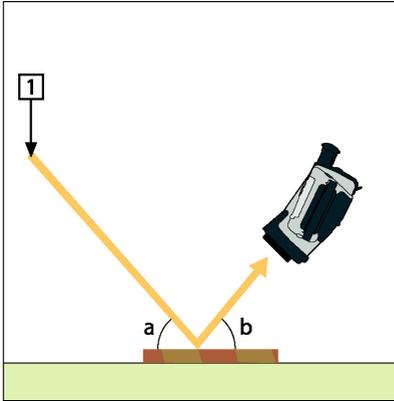


Figura 20.1 1 = Fonte de reflexão

- 2 Se a fonte de reflexão for um ponto fonte, modifique a fonte obstruindo-a com um pedaço de cartão.

10589103;a2

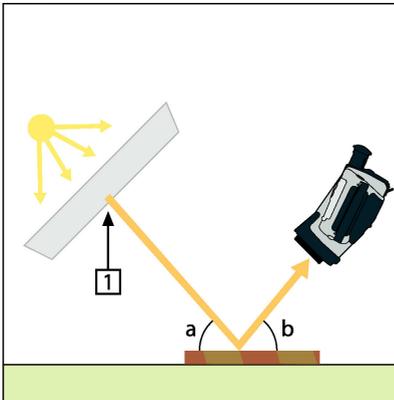


Figura 20.2 1 = Fonte de reflexão

3 Meça a intensidade da radiação (= temperatura aparente) da fonte de reflexão utilizando as seguintes definições:

- Emissividade: 1.0
- D_{obj} : 0

É possível medir a intensidade da radiação através de um dos dois métodos seguintes:

10589003:a2

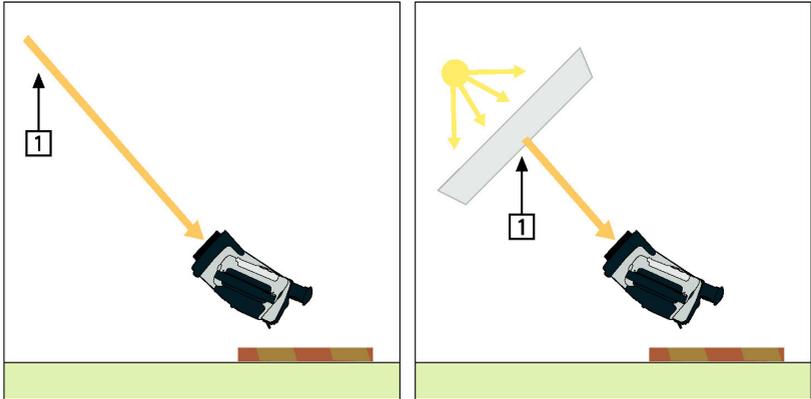


Figura 20.3 1 = Fonte de reflexão

Nota: A utilização de um par termoelectrico para medir a temperatura aparente reflectida não é aconselhável por duas razões importantes:

- Um par termoelectrico não mede a intensidade da radiação
- Um par termoelectrico requer um contacto térmico muito bom com a superfície, normalmente através da colagem ou da cobertura do sensor com um isolador térmico.

20.2.1.1.2 Método 2: Método reflector

1	Amarrote uma porção grande de uma folha de alumínio.
2	Alise a folha de alumínio e cole-a a um pedaço de cartão do mesmo tamanho.
3	Coloque o pedaço de cartão à frente do objecto que pretende medir. Certifique-se de que o lado com a folha de alumínio aponta para a câmara.
4	Defina a emissividade para 1,0.

- Evite a convecção forçada
- Procure uma área circundante termicamente estável que não gere pontos de reflexão
- Utilize fita de alta qualidade não transparente e com elevada emissividade
- Este método assume que as temperaturas da fita e da superfície da amostra são as mesmas. Caso contrário, a medição da emissividade será incorrecta.

20.3 *Temperatura aparente reflectida*

Este parâmetro é utilizado para compensar a radiação reflectida no objecto. Se a emissividade for baixa e a temperatura do objecto for relativamente diferente da reflectida, será importante definir e compensar correctamente a temperatura aparente reflectida.

20.4 *Distância*

A distância consiste na distância entre o objecto e a lente frontal da câmara. Este parâmetro é utilizado para compensar os dois factos seguintes:

- Que a radiação do alvo seja absorvida pela atmosfera entre o objecto e a câmara.
- Que a radiação da própria atmosfera seja detectada pela câmara.

20.5 *Humidade relativa*

A câmara também pode compensar o facto de a transmitância depender também da humidade relativa da atmosfera. Para o fazer, defina a humidade relativa para o valor correcto. Para distâncias curtas e humidade normal, a humidade relativa pode, normalmente, ser deixada num valor predefinido de 50%.

20.6 *Outros parâmetros*

Adicionalmente, algumas câmaras e programas de análise da FLIR Systems permitem-lhe compensar os seguintes parâmetros:

- Temperatura atmosférica – *ou seja* a temperatura da atmosfera entre a câmara e o alvo
- Temperatura óptica externa – *ou seja* a temperatura de quaisquer lentes externas ou janelas utilizadas em frente da câmara
- Transmissão óptica externa – *ou seja* a transmissão de quaisquer lentes externas ou janelas utilizadas em frente da câmara

21 História da tecnologia de infravermelhos

Antes de 1800, nem sequer se suspeitava da existência da porção de infravermelhos no espectro electromagnético. O significado original do espectro de infravermelhos (ou simplesmente 'infravermelhos', como é geralmente conhecido) como forma de radiação térmica é talvez menos óbvio actualmente do que na data da sua descoberta por Herschel, em 1800.

10398703.a1



Figura 21.1 Sir William Herschel (1738–1822)

A sua descoberta foi obra do acaso, durante a procura de um novo material óptico. Sir William Herschel – astrónomo real do rei Jorge III da Inglaterra e já famoso por ter descoberto o planeta Urano – procurava um filtro óptico para reduzir o brilho da imagem do Sol nos telescópios, durante as observações solares. Ao testar várias amostras de vidro de cor que permitiam reduções semelhantes do brilho, ficou intrigado quando se apercebeu de que algumas das amostras deixavam passar muito pouco calor do Sol, enquanto outras deixavam passar tanto calor que, após alguns segundos de observação, os olhos corriam o risco de sofrer lesões.

Herschel imediatamente se convenceu da necessidade de proceder a uma experiência sistemática, com o objectivo de descobrir um único material que permitisse obter a redução de brilho pretendida, bem como uma redução máxima do calor. Iniciou a sua experiência repetindo a experiência de Newton sobre o prisma, tentando, no entanto, estudar o efeito térmico em vez da distribuição visual da intensidade no espectro. Começou por escurecer com tinta o bulbo de um termómetro de mercúrio em vidro sensível e, utilizando-o como detector de radiações, procedeu ao teste do efeito térmico das várias cores do espectro formado sobre a superfície de uma mesa, fazendo passar a luz do Sol através de um prisma de vidro. Outros termómetros, colocados fora do alcance dos raios solares, serviram de controlo.

À medida que o termómetro escurecido era lentamente deslocado através das cores do espectro, as leituras da temperatura registavam um aumento contínuo desde o violeta até ao vermelho. Este resultado não era totalmente inesperado, uma vez que o cientista italiano, Landriani, durante uma experiência semelhante, em 1777, já tinha observado mais ou menos o mesmo efeito. Todavia, foi Herschel o primeiro a reconhecer que deveria existir um ponto onde o efeito térmico atingia um valor máximo e que as medições limitadas à porção visível do espectro não tinham conseguido localizar.

10398903,a1



Figura 21.2 Marsilio Landriani (1746–1815)

Ao mover o termómetro para a região escura, para além da extremidade vermelha do espectro, Herschel teve a confirmação de que o calor continuava a aumentar. Quando encontrou o ponto máximo, este encontrava-se muito para além da extremidade vermelha – no que actualmente conhecemos por "comprimentos de onda infravermelhos".

Quando Herschel revelou a sua descoberta, referiu-se a essa nova porção de espectro electromagnético como "espectro termométrico". Quando se referia à radiação propriamente dita, utilizava por vezes a expressão "calor escuro" ou simplesmente "os raios invisíveis". Ironicamente, e contrariamente à crença geral, não foi Herschel quem deu origem ao termo "infravermelho". A palavra só começou a aparecer impressa cerca de 75 anos mais tarde, e ainda não se sabe muito bem a quem pertence o mérito da sua origem.

O facto de Herschel ter utilizado vidro no prisma da sua primeira experiência envolveu-o em algumas controvérsias com os seus contemporâneos acerca da existência real dos comprimentos de onda infravermelhos. Alguns cientistas, na tentativa de comprovar a sua descoberta, utilizaram indiscriminadamente vários tipos de vidro, com diferentes transparências nos infravermelhos. Através de experiências posteriores, Herschel constatou as limitações na transparência do vidro relativamente à recém-descoberta radiação térmica, vendo-se obrigado a concluir que a óptica de infravermelhos estaria provavelmente condenada à utilização exclusiva de elementos reflec-

tores (ou seja, espelhos planos e curvos). Felizmente, isto apenas foi verdade até 1830, data em que o cientista italiano, Melloni, fez a sua grande descoberta de que o sal-gema de ocorrência natural (NaCl) – disponível em cristais naturais suficientemente grandes para serem transformados em lentes e prismas – é invulgarmente transparente aos infravermelhos. Como resultado desta descoberta, o sal-gema tornou-se no principal material óptico de infravermelhos e assim se manteve durante os cem anos seguintes, até ser dominada a arte de criar cristais sintéticos, nos anos 30 do século XX.

10399103,a1



Figura 21.3 Macedonio Melloni (1798–1854)

Os termómetros, enquanto detectores de radiações, mantiveram-se insubstituíveis até 1829, ano em que Nobili inventou o par termoeléctrico. (O termómetro utilizado por Herschel permitia leituras até aos 0,2 °C e os modelos posteriores permitiam efectuar uma leitura até aos 0,05 °C). Assistiu-se então a um avanço notável, quando Melloni ligou vários pares termoeléctricos em série para formar a primeira termopilha. O novo dispositivo era, pelo menos, 40 vezes mais sensível do que o melhor termómetro da altura para detecção de radiação térmica – capaz de detectar o calor libertado pelo corpo de uma pessoa a uma distância de três metros.

A primeira imagem térmica tornou-se possível em 1840, resultado do trabalho efectuado por Sir John Herschel, filho do descobridor dos infravermelhos e, também ele, um astrónomo famoso. Baseando-se na evaporação diferencial de uma película fina de petróleo quando exposta a um padrão térmico incidindo nela, era possível ver-se a imagem térmica através da luz reflectida onde os efeitos de interferência da película de petróleo tornavam a imagem visível a olho nu. Sir John conseguiu ainda obter um registo rudimentar da imagem térmica em papel, a que chamou "termógrafo".

10399003,a2



Figura 21.4 Samuel P. Langley (1834–1906)

O aperfeiçoamento do detector de infravermelhos progrediu lentamente. Outra descoberta importante, feita por Langley em 1880, foi a invenção do bolómetro. Este consistia numa tira fina e enegrecida de platina ligada a um braço de um circuito de ponte de Wheatstone sobre o qual incidiam as radiações infravermelhas e ao qual respondia um galvanómetro sensível. Diz-se que este aparelho permitiu detectar o calor libertado pelo corpo de uma vaca que se encontrava a uma distância de 400 metros.

Um cientista inglês, Sir James Dewar, utilizou pela primeira vez gases liquefeitos como agentes de refrigeração (tais como nitrogénio líquido com uma temperatura de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) em pesquisas a baixa temperatura. Em 1892, inventou um contentor isolado por vácuo único, no qual é possível armazenar gases liquefeitos durante dias seguidos. A vulgar "garrafa-termo", utilizada para conservar bebidas quentes e frias, baseia-se neste invento.

Entre 1900 e 1920, os inventores de todo o mundo "descobriram" os infravermelhos. Foram emitidas muitas patentes para dispositivos de detecção de pessoas, artilharia, aviões, barcos e até icebergues. O primeiro sistema operativo, no sentido actual do termo, começou a ser desenvolvido durante a Primeira Guerra Mundial (1914–18), em que ambas as partes beligerantes possuíam programas de investigação vocacionados para a exploração militar dos infravermelhos. Estes programas incluíam sistemas experimentais para intrusão/detecção do inimigo, detecção de temperatura à distância, comunicações seguras e orientação de "torpedos aéreos". Um sistema de procura por infravermelhos testado durante este período permitia detectar um avião em aproximação a uma distância de 1,5 km ou uma pessoa a mais de 300 metros.

Os sistemas mais sensíveis até essa altura baseavam-se todos em variantes da ideia do bolómetro, mas o período entre as duas grandes guerras assistiu ao desenvolvimento de dois novos e revolucionários detectores por infravermelhos: o conversor de imagens e o detector de fotões. Inicialmente, o conversor de imagens recebeu

maior atenção por parte dos militares, dado que, pela primeira vez na história, permitia que um observador visse, literalmente, no escuro. Porém, a sensibilidade do conversor de imagens limitava-se aos comprimentos de onda próximos de infravermelhos e os alvos militares de maior importância (como, por exemplo, os soldados inimigos) tinham de ser iluminados por feixes infravermelhos de detecção. Uma vez que isto envolvia o risco de denunciar a posição do observador a um observador inimigo com o mesmo equipamento, é compreensível que o interesse dos militares pelo conversor de imagens tenha desvanecido.

As desvantagens táctico-militares dos chamados sistemas "activos" de formação de imagens térmicas (ou seja, equipados com feixes de detecção) incentivaram, após a Segunda Guerra Mundial (1939–45), programas militares secretos abrangentes de pesquisa de infravermelhos para estudarem a possibilidade de desenvolverem sistemas "passivos" (sem feixes de detecção) com base no extremamente sensível detector de fotões. Durante esse período, as regras de sigilo militar proibiam terminantemente a divulgação do estado de desenvolvimento da tecnologia de formação de imagens de infravermelhos. O véu só começou a ser levantado em meados dos anos cinquenta do século XX e, a partir daí, começaram finalmente a estar à disposição das comunidades industrial e científica civis dispositivos apropriados de formação de imagens térmicas.

22 Teoria da termografia

22.1 Introdução

As especificidades da radiação de infravermelhos e a respectiva técnica de termografia continuam desconhecidas para muitos dos utilizadores de uma câmara de infravermelhos. Nesta secção será apresentada a teoria da termografia.

22.2 Espectro electromagnético

O espectro electromagnético é dividido arbitrariamente em diversas regiões de comprimento de onda, designadas por *bandas*, distinguidas pelos métodos utilizados para produzir e detectar a radiação. Não existe nenhuma diferença fundamental entre a radiação nas diferentes bandas do espectro electromagnético. Gerem-se todas pelas mesmas leis e as únicas diferenças devem-se às diferenças no comprimento de onda.

10067803.a1

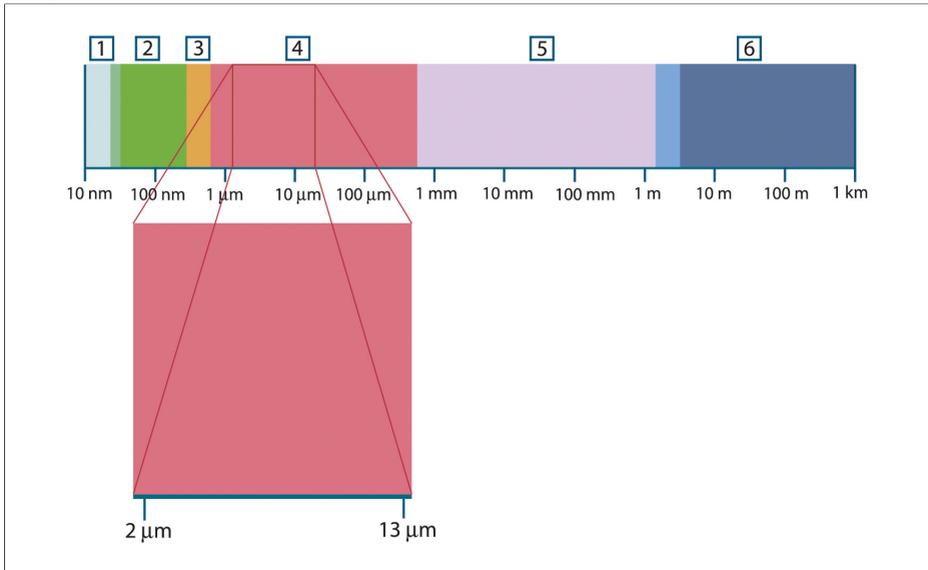


Figura 22.1 Espectro electromagnético. 1: raio X; 2: UV; 3: Visível; 4: Infravermelhos; 5: Microondas; 6: Ondas radioelétricas

A termografia utiliza a banda espectral de infravermelhos. Na extremidade da onda curta a fronteira situa-se no limite da percepção visual, na área a vermelho. Na extremidade de onda longa, funde-se com os comprimentos de onda das microondas e radioelétricas, em termos de milímetros.

A banda de infravermelhos é frequentemente subdividida em quatro bandas mais pequenas, cujos limites são também escolhidos de forma arbitrária. Incluem: a *próxima de infravermelhos* (0,75–3 μm), a *média de infravermelhos* (3–6 μm), a *afastada de infravermelhos* (6–15 μm) e a *extrema de infravermelhos* (15–100 μm). Muito embora os comprimentos de onda sejam fornecidos em μm (microns), são ainda frequentemente utilizadas outras unidades para medir o comprimento de onda nesta região espectral, *por exemplo* o nanómetro (nm) e o Ångström (Å).

As relações entre as diferentes medições de comprimento de onda são as seguintes:

$$10\,000\ \text{Å} = 1\,000\ \text{nm} = 1\ \mu = 1\ \mu\text{m}$$

22.3 Radiação do corpo negro

Um corpo negro consiste num objecto que absorve toda a radiação de que é alvo, em qualquer comprimento de onda. A aparente utilização imprópria de *negro* para um objecto que emite radiação é explicada pela Lei de Kirchhoff (segundo *Gustav Robert Kirchhoff*, 1824–1887), que determina que um corpo capaz de absorver toda a radiação em qualquer comprimento de onda é igualmente capaz na emissão de radiações.

10398803.a1



Figura 22.2 Gustav Robert Kirchhoff (1824–1887)

A construção de uma fonte de corpo negro é, em princípio, muito simples. As características de radiação de uma abertura numa cavidade isotérmica, feita de um material absorvente opaco, representa quase exactamente as propriedades de um corpo negro. Uma aplicação prática do princípio para a construção de um absorvente perfeito de radiação consiste numa caixa que é impermeável à luz, excepto numa abertura que existe num dos lados. Qualquer radiação que entre pelo orifício é dispersa e absorvida por reflexões repetidas e, assim, apenas uma fracção infinitesimal pode, eventualmente, escapar. A escuridão conseguida na abertura é quase igual à de um corpo negro e quase perfeita para todos os comprimentos de onda.

Instalando um elemento de aquecimento adequado a tal cavidade isotérmica, consegue-se o que é designado por *radiador de cavidade*. Uma cavidade isotérmica aquecida a uma temperatura uniforme gera radiação de corpo negro, cujas características são determinadas exclusivamente pela temperatura da cavidade. Estes radiadores de cavidade são, normalmente, utilizados como fontes de radiação em padrões de referência de temperatura em laboratório para calibrar instrumentos termográficos, tais como a câmara da FLIR Systems por exemplo.

Caso a temperatura de radiação do corpo negro aumente para um valor superior a 525°C, a fonte começa a tornar-se visível, de forma que, a olho nu, deixa de parecer negro. Esta é a temperatura de aquecimento vermelho incipiente do radiador, que depois se transforma em laranja ou amarelo à medida que a temperatura aumenta. De facto, a definição da chamada *temperatura de cor* de um objecto é a temperatura à qual um corpo negro teria de ser aquecido para conseguir a mesma aparência.

Tenha agora em consideração três expressões que descrevem a radiação emitida por um corpo negro.

22.3.1 Lei de Planck

10399203.a1



Figura 22.3 Max Planck (1858–1947)

Max Planck (1858–1947) conseguiu descrever a distribuição espectral da radiação emitida por um corpo negro através da seguinte fórmula:

$$W_{\lambda b} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left(e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1 \right)} \times 10^{-6} [\text{Watt} / \text{m}^2, \mu\text{m}]$$

em que:

$W_{\lambda b}$	Emitância radiante espectral do corpo negro a comprimento de onda λ .
-----------------	---

c	Velocidade da luz = 3×10^8 m/s
h	Constante de Planck = $6,6 \times 10^{-34}$ Joule seg.
k	Constante de Boltzmann = $1,4 \times 10^{-23}$ Joule/K.
T	Temperatura absoluta (K) de um corpo negro.
λ	Comprimento de onda (μm).

☛ O factor 10^{-6} é usado uma vez que a emitância espectral nas curvas é expressa em Watt/m^2 , μm .

A fórmula de Planck, quando representada graficamente para várias temperaturas, produz uma família de curvas. Seguindo qualquer curva Planck específica, a emitância espectral é de zero a $\lambda = 0$, depois aumenta rapidamente para uma máxima a um comprimento de onda λ_{max} e, depois de o ultrapassar, aproxima-se novamente do zero a comprimentos de onda muito longos. Quanto mais elevada for a temperatura, mais curto é o comprimento de onda ao qual a máxima é registada.

10327103.a4

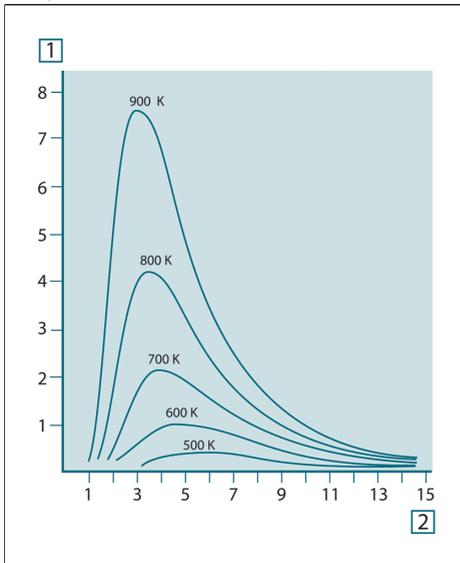


Figura 22.4 Emitância radiante espectral do corpo negro segundo a lei de Planck, representada graficamente para várias temperaturas absolutas. **1:** Emitância radiante espectral ($\text{W}/\text{cm}^2 \times 10^3(\mu\text{m})$); **2:** Comprimento de onda (μm)

22.3.2 Lei do deslocamento de Wien

Ao diferenciar a fórmula de Planck no que respeita a λ , e descobrindo a máxima, temos:

$$\lambda_{\max} = \frac{2898}{T} [\mu\text{m}]$$

Esta é a fórmula de Wien (segundo *Wilhelm Wien*, 1864–1928), que exprime matematicamente a observação comum de que as cores variam de vermelho até laranja ou amarelo à medida que a temperatura de um radiador térmico aumenta. O comprimento de onda da cor é o mesmo que o calculado para λ_{\max} . É conseguida uma boa aproximação ao valor de λ_{\max} para uma determinada temperatura de corpo negro se se aplicar a regra do polegar $3\,000/T \mu\text{m}$. Assim, uma estrela tão quente como a Sírio (11 000 K), que emite uma luz branca-azulada, irradia com o pico de emitância radiante espectral que ocorre dentro do espectro ultravioleta invisível, a um comprimento de onda de $0,27 \mu\text{m}$.

10399403.a1

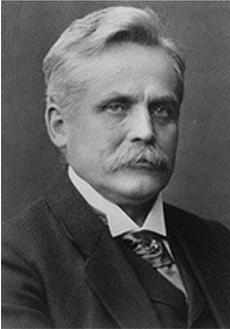


Figura 22.5 Wilhelm Wien (1864–1928)

O Sol (aprox. 6 000 K) emite luz amarela, regista o pico a cerca de $0,5 \mu\text{m}$ no centro do espectro de luz visível.

A uma temperatura ambiente (300 K) o pico de emitância radiante regista-se a $9,7 \mu\text{m}$, na banda afastada de infravermelhos, enquanto que à temperatura de nitrogénio líquido (77 K), a máxima da quase insignificante quantidade de emitância radiante regista-se a $38 \mu\text{m}$, nos comprimentos de onda extremos de infravermelhos.

10327203,a4

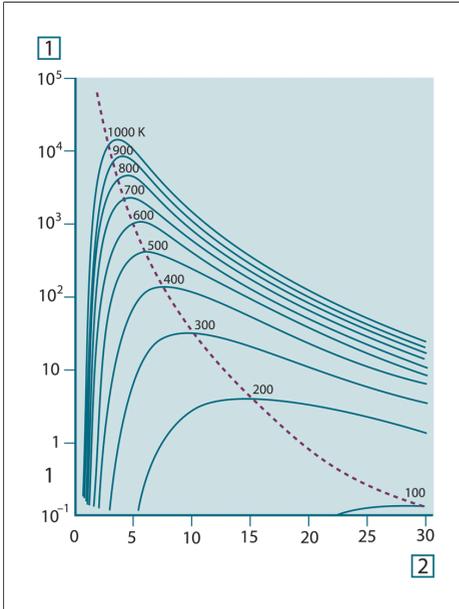


Figura 22.6 Curvas de Planck registadas graficamente em escalas semi-log de 100 K to 1000 K. A linha pontilhada representa o lugar geométrico da emitância radiante máxima a cada temperatura, conforme descrito na Lei do deslocamento de Wien. **1:** Emitância radiante espectral ($\text{W}/\text{cm}^2 (\mu\text{m})$); **2:** Comprimento de onda (μm).

22.3.3 Lei de Stefan-Boltzmann

Ao integrar a fórmula de Planck de $\lambda = 0$ a $\lambda = \infty$, obtemos a emitância radiante total (W_b) de um corpo negro:

$$W_b = \sigma T^4 \text{ [Watt}/\text{m}^2]$$

Esta é a fórmula Stefan-Boltzmann (segundo *Josef Stefan*, 1835–1893, e *Ludwig Boltzmann*, 1844–1906), que determina que a energia emissiva total de um corpo negro é proporcional à quarta energia da sua temperatura absoluta. Graficamente, W_b representa a área abaixo da curva de Planck para uma temperatura específica. Pode ser demonstrado que a emitância radiante no intervalo $\lambda = 0$ a λ_{max} é de apenas 25% do total, o que representa, aproximadamente, a quantidade de radiação do Sol que é registada dentro do espectro de luz visível.

10399303,a1

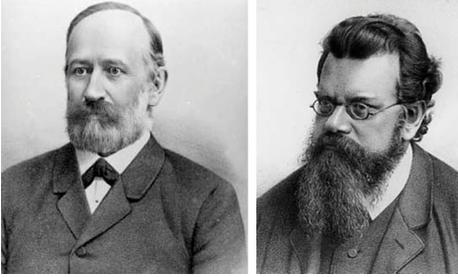


Figura 22.7 Josef Stefan (1835–1893), e Ludwig Boltzmann (1844–1906)

Utilizando a fórmula Stefan-Boltzmann para calcular a energia irradiada pelo corpo humano, a uma temperatura de 300 K e numa área de superfície externa de aproximadamente 2 m², obtemos 1 kW. Esta perda de energia não poderia ser suportada se não fosse a absorção de radiação de compensação das superfícies adjacentes, a temperaturas ambiente que não variam drasticamente da temperatura do corpo - ou, naturalmente, tendo em conta o vestuário.

22.3.4 Emissores não-corpo negro

Até agora, apenas foram considerados os radiadores e a radiação de corpo negro. No entanto, os objectos reais quase nunca estão em conformidade com estas leis numa região de comprimento de onda alargada – muito embora possam apresentar um comportamento próximo do corpo negro em determinados intervalos espectrais. Por exemplo, um determinado tipo de tinta branca pode aparecer perfeitamente *branca* no espectro de luz visível, mas torna-se nitidamente *cinzenta* a cerca de 2 μm e, ultrapassando os 3 μm, torna-se quase *preta*.

Podem ocorrer três processos que evitam que um objecto real se comporte como um corpo negro: pode ser absorvida uma fracção da radiação incidente α , pode ser reflectida uma fracção ρ e pode ser transmitida uma fracção τ . Uma vez que todos estes factores são mais ou menos dependentes do comprimento de onda, o índice λ é utilizado para representar a dependência espectral das suas definições. Assim:

- A absorção espectral α_λ = à relação da energia radiante espectral absorvida por um objecto com a que incide sobre si.
- A reflexão espectral ρ_λ = à relação da energia radiante espectral reflectida por um objecto com a que incide sobre si.
- A transmissão espectral τ_λ = à relação da energia radiante espectral transmitida através de um objecto com a que incide sobre si.

A soma destes três factores devem sempre resultar no total a qualquer comprimento de onda, para obtermos a relação:

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda + \tau_\lambda = 1$$

Para materiais opacos $\tau_\lambda = 0$ e a relação simplifica-se para:

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda = 1$$

Outro factor, designado por emissividade, é necessário para descrever a fracção ε da emitância radiante de um corpo negro produzida por um objecto a uma temperatura específica. Deste modo, temos a seguinte definição:

A emissividade espectral $\varepsilon_\lambda =$ à relação de energia radiante espectral de um objecto com a de um corpo negro à mesma temperatura e no mesmo comprimento de onda.

Expresso em termos matemáticos, isto pode ser escrito como a relação da emitância espectral do objecto com a de um corpo negro da seguinte forma:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{W_{\lambda o}}{W_{\lambda b}}$$

Em termos gerais, existem três tipos de fontes de radiação, que se distinguem pelas formas como a emitância espectral de cada uma varia com o comprimento de onda.

- Um corpo negro, para o qual $\varepsilon_\lambda = \varepsilon = 1$
- Um corpo cinzento, para o qual $\varepsilon_\lambda = \varepsilon =$ constante inferior a 1
- Um radiador selectivo, para o qual ε varia com o comprimento de onda

Segundo a lei de Kirchhoff, para qualquer material, a emissividade espectral e a absorção espectral de um corpo são iguais em quaisquer temperaturas e comprimentos de onda especificados. Ou seja:

$$\varepsilon_\lambda = \alpha_\lambda$$

A partir disto obtemos, para um material opaco (visto que $\alpha_\lambda + \rho_\lambda = 1$):

$$\varepsilon_\lambda + \rho_\lambda = 1$$

Para materiais extremamente polidos ε_λ aproxima-se de zero, de forma que para um material perfeitamente reflector (*ou seja* um espelho perfeito) temos:

$$\rho_\lambda = 1$$

Para um radiador de corpo cinzento, a fórmula Stefan-Boltzmann transforma-se em:

$$W = \varepsilon \sigma T^4 \text{ [Watt/m}^2\text{]}$$

Isto determina que a energia emissiva total de um corpo cinzento é a mesma de um corpo negro à mesma temperatura reduzida proporcionalmente ao valor de ε do corpo cinzento.

10401203,a2

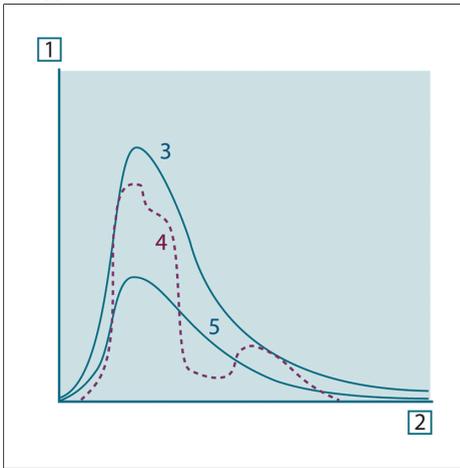


Figura 22.8 Emitância radiante espectral de três tipos de radiadores. 1: Emitância radiante espectral; 2: Comprimento de onda; 3: Corpo negro; 4: Radiador seletivo; 5: Corpo cinzento.

10327303,a4

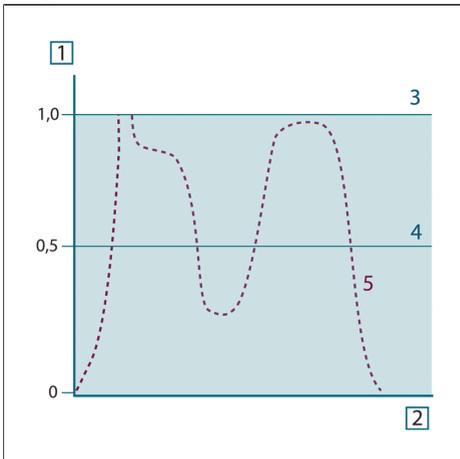


Figura 22.9 Emissividade espectral de três tipos de radiadores. 1: Emissividade espectral; 2: Comprimento de onda; 3: Corpo negro; 4: Corpo cinzento; 5: Radiador seletivo.

22.4 *Materiais semitransparentes a infravermelhos*

Considere agora um corpo semitransparente, não metálico – digamos, na forma de uma placa espessa e plana de material plástico. Quando a placa é aquecida, a radiação gerada no seu volume deve expandir-se até às superfícies através do material em que é parcialmente absorvida. Além disso, quando chega à superfície, alguma dessa radiação é reflectida novamente para o interior. A radiação reflectida em retorno

é, de novo, parcialmente absorvida, mas parte chega à outra superfície, através da qual a grande maioria da radiação escapa e parte é novamente reflectida. Muito embora as reflexões progressivas se tornem cada vez mais fracas, devem ser todas somadas quando é calculada a emitância total da placa. Quando a série geométrica resultante é somada, a emissividade efectiva de uma placa semitransparente é obtida da seguinte forma:

$$\varepsilon_{\lambda} = \frac{(1 - \rho_{\lambda})(1 - \tau_{\lambda})}{1 - \rho_{\lambda}\tau_{\lambda}}$$

Quando a placa se torna opaca, esta fórmula fica reduzida à fórmula única:

$$\varepsilon_{\lambda} = 1 - \rho_{\lambda}$$

Esta última relação é particularmente conveniente, pois é muitas vezes mais fácil medir a reflexão do que medir directamente a emissividade.

23 Fórmula de medição

Conforme já foi mencionado, ao visualizar um objecto, a câmara recebe radiações emitidas não só pelo próprio objecto, mas também pelo meio adjacente, reflectidas pela superfície do objecto. Ambas as radiações são, em parte, atenuadas pela atmosfera na trajectória da medição. A estas, junta-se um terceira contribuição de radiações emitidas pela própria atmosfera.

Esta descrição da situação da medição, conforme ilustrado na figura a seguir, é, até agora, uma descrição fiel das condições reais. É possível que tenha sido negligenciada, por exemplo, a difusão da luz do Sol na atmosfera ou a radiação difusa proveniente de fontes de radiação intensa, fora do campo de visão. É difícil quantificar essas perturbações. Porém, na maioria dos casos, a sua quantidade é, felizmente, suficientemente reduzida a ponto de as tornar negligenciáveis. No caso de não o serem, a configuração da medição poderá ser de tal ordem que o risco de perturbações torna-se óbvio, pelo menos aos olhos de um operador experiente. É, pois, da responsabilidade do operador alterar a situação da medição com vista a evitar quaisquer perturbações, modificando, por exemplo, a direcção da visão, protegendo a câmara contra fontes de radiação intensa, etc.

Aceitando a descrição anterior, pode utilizar-se a figura abaixo com vista a obter uma fórmula para calcular a temperatura do objecto a partir da saída da câmara calibrada.

10400503.a1

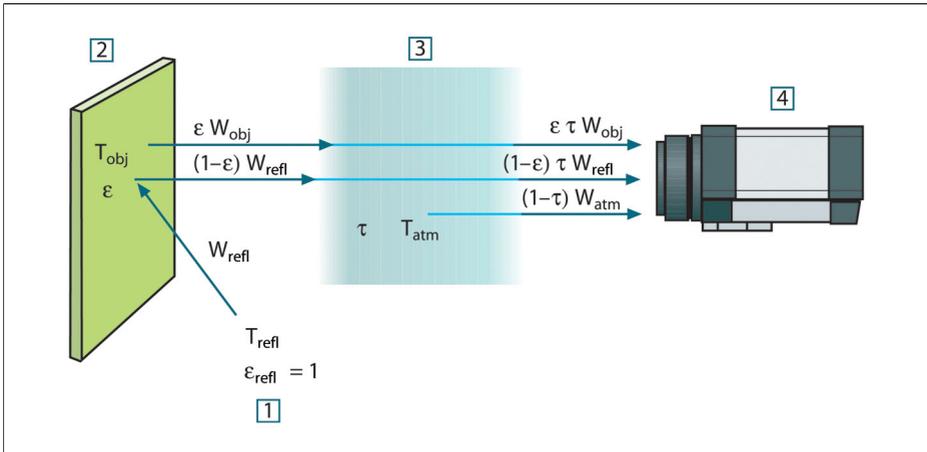


Figura 23.1 Representação esquemática da situação da medição termográfica geral. 1: Meio adjacente; 2: Objecto; 3: Atmosfera; 4: Câmara

Supondo que a potência da radiação recebida W da fonte de temperatura de um corpo negro T_{source} a uma distância curta gera um sinal de saída da câmara U_{source} proporcional à entrada da potência (câmara linear de potência), podemos então escrever (equação 1):

$$U_{source} = CW(T_{source})$$

ou, com representação simplificada:

$$U_{source} = CW_{source}$$

em que C é uma constante.

Se a fonte for um corpo cinzento com emitância ε , conseqüentemente, a radiação recebida será εW_{source} .

Estamos agora em condições de apresentar os três termos de potência da radiação recolhidos:

1 – *Emissão a partir do objecto* = $\varepsilon\tau W_{obj}$, sendo ε a emitância do objecto e τ a transmitância da atmosfera. A temperatura do objecto é T_{obj} .

2 – *Emissão reflectida a partir das fontes ambientais* = $(1 - \varepsilon)\tau W_{refl}$, sendo $(1 - \varepsilon)$ a reflexão do objecto. As fontes ambientais têm a temperatura T_{refl} .

Assumiu-se que a temperatura T_{refl} é idêntica para todas as superfícies emissoras incluídas no hemisfério, visto a partir de um ponto na superfície do objecto. Evidentemente, esta é por vezes uma forma de simplificar a situação real. Trata-se, porém, de uma simplificação necessária para se obter uma fórmula exequível e pode ser atribuído – pelo menos, teoricamente – um valor a T_{refl} que represente uma temperatura eficaz relativa a um meio adjacente complexo.

De notar ainda que partimos do princípio de que a emitância para o meio adjacente é = 1. Isto está correcto de acordo com a lei de Kirchhoff: Todas as radiações que afectem as superfícies adjacentes serão, eventualmente, absorvidas pelas mesmas superfícies. Assim, a emitância é = 1. (De notar, no entanto, que a discussão anterior requer que se tome em consideração a esfera completa à volta do objecto).

3 – *Emissão a partir da atmosfera* = $(1 - \tau)\tau W_{atm}$, sendo $(1 - \tau)$ a emitância da atmosfera. A temperatura da atmosfera é T_{atm} .

A potência total da radiação recebida pode agora ser formulada (equação 2):

$$W_{tot} = \varepsilon\tau W_{obj} + (1 - \varepsilon)\tau W_{refl} + (1 - \tau)W_{atm}$$

Multiplica-se cada termo pela constante C da equação 1 e substitui-se os produtos CW pelo U correspondente, de acordo com a mesma equação, obtendo-se (equação 3):

$$U_{tot} = \varepsilon\tau U_{obj} + (1 - \varepsilon)\tau U_{refl} + (1 - \tau)U_{atm}$$

Resolver a equação 3 para U_{obj} (equação 4):

$$U_{obj} = \frac{1}{\varepsilon\tau} U_{tot} - \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} U_{refl} - \frac{1 - \tau}{\varepsilon\tau} U_{atm}$$

Esta é a fórmula de medição geral utilizada em todos os equipamentos termográficos da FLIR Systems. As tensões da fórmula são:

Figura 23.2 Tensões

U_{obj}	Tensão de saída calculada da câmara para um corpo negro de temperatura T_{obj} , ou seja, uma tensão que pode ser directamente convertida em temperatura real requerida do objecto.
U_{tot}	Tensão de saída medida da câmara para o caso real.
U_{refl}	Tensão de saída teórica da câmara para um corpo negro de temperatura T_{refl} de acordo com a calibragem.
U_{atm}	Tensão de saída teórica da câmara para um corpo negro de temperatura T_{atm} de acordo com a calibragem.

O operador terá de fornecer um número de valores de parâmetros para o cálculo:

- a emitância do objecto ε ,
- a humidade relativa,
- T_{atm}
- distância do objecto (D_{obj})
- a temperatura (efectiva) do meio adjacente ao objecto, ou a temperatura ambiente reflectida T_{refl} , e
- a temperatura da atmosfera T_{atm}

Esta tarefa pode, por vezes, tornar-se num fardo pesado para o operador, uma vez que não existem formas simples de encontrar valores precisos de emitância e de transmitância atmosférica para o caso real. As duas temperaturas deixam de constituir um problema desde que o meio adjacente não contenha fontes de radiação intensa e vasta.

Uma pergunta pertinente relacionada com isto é a seguinte: Qual a importância de se conhecerem os valores correctos destes parâmetros? Pode ser importante ficar já com uma perspectiva do problema, analisando vários casos de medição e comparando as magnitudes relativas dos três termos de radiação. Isto dará indicações sobre quando é importante utilizar os valores correctos e de que parâmetros.

As figuras abaixo ilustram as magnitudes relativas das três contribuições de radiação para três temperaturas de objecto diferentes, duas emitâncias e duas amplitudes espectrais: SW e LW. Os parâmetros restantes possuem os seguintes valores fixos:

- $\tau = 0.88$
- $T_{\text{refl}} = +20^{\circ}\text{C}$
- $T_{\text{atm}} = +20^{\circ}\text{C}$

É óbvio que a medição de temperaturas de objecto baixas é mais crítica do que a medição de temperaturas altas, uma vez que as fontes de radiação "perturbadoras" são relativamente mais fortes no primeiro caso. Caso a emitância do objecto também fosse baixa, a situação tornar-se-ia ainda mais difícil.

Finalmente, é necessário responder à questão acerca da importância de poder utilizar-se a curva de calibragem acima do ponto de calibragem mais elevado, o que designamos de extrapolação. Imaginemos que, num determinado caso, medimos $U_{\text{tot}} = 4,5$ volts. O ponto de calibragem mais elevado da câmara era da ordem dos 4,1 volts, um valor que o operador desconhecia. Assim, mesmo que o objecto fosse um corpo negro, ou seja, $U_{\text{obj}} = U_{\text{tot}}$, estamos a efectuar a extrapolação da curva de calibragem quando convertemos os 4,5 volts em temperatura.

Agora, suponhamos que o objecto não é negro, possui uma emitância de 0,75 e a transmitância é de 0,92. Suponhamos, ainda, que os dois segundos termos da equação 4, juntos, equivalem a 0,5 volts. Então, o cálculo de U_{obj} através da equação 4 resulta em $U_{\text{obj}} = 4,5 / 0,75 / 0,92 - 0,5 = 6,0$. Esta é uma extrapolação algo exagerada, particularmente se considerarmos que o amplificador do vídeo pode limitar a saída a 5 volts! De notar que a aplicação da curva de calibragem é um procedimento teórico onde não existem quaisquer limitações electrónicas ou outras. Acreditamos que, se não tivessem havido quaisquer limitações de sinal na câmara e se tivesse sido calibrada muito para além dos 5 volts, a curva resultante seria bastante semelhante à nossa curva real extrapolada para além dos 4,1 volts, desde que o algoritmo de calibragem se baseie na física de radiação, como o algoritmo da FLIR Systems. É evidente que deve existir um limite para estas extrapolações.

10400603.a2

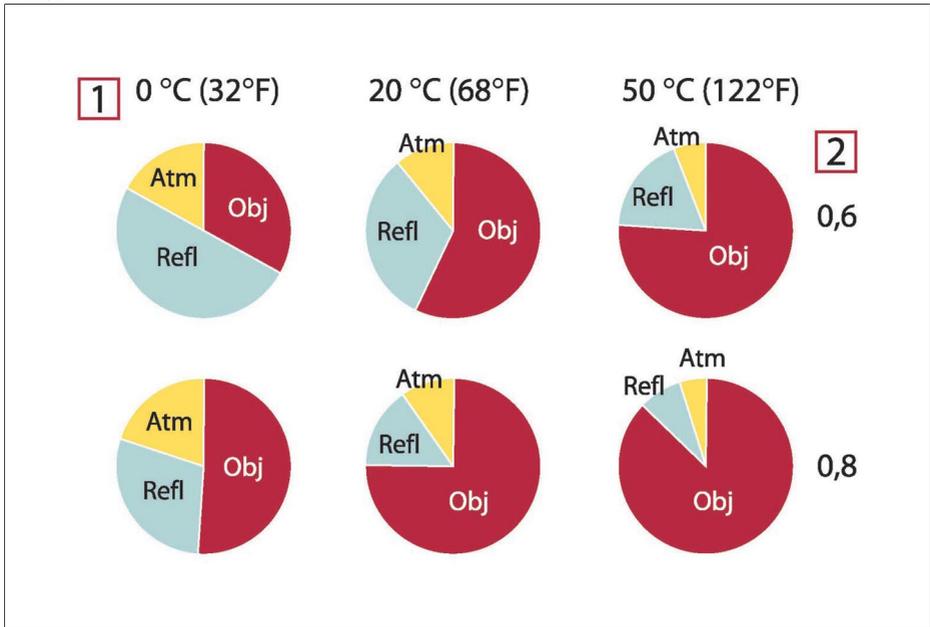


Figura 23.3 Magnitudes relativas das fontes de radiação em condições de medição variáveis (câmara de SW). **1:** Temperatura do objecto; **2:** Emitância; **Obj:** Radiação do objecto; **Refl:** Radiação reflectida; **Atm:** radiação atmosférica. Parâmetros fixos: $\tau = 0,88$; $T_{refl} = 20^\circ\text{C}$; $T_{atm} = 20^\circ\text{C}$.

10400703,a2

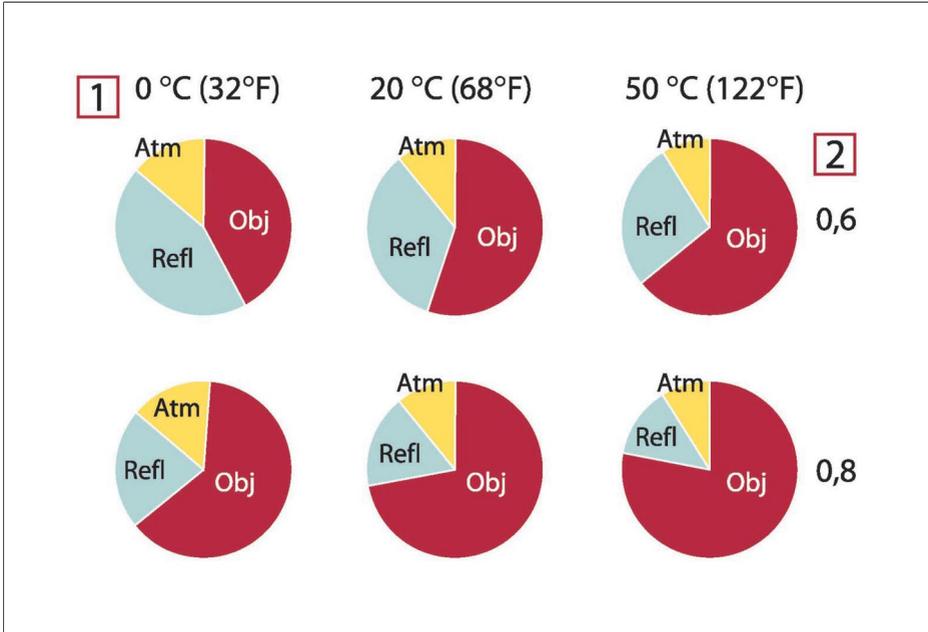


Figura 23.4 Magnitudes relativas das fontes de radiação em condições de medição variáveis (câmara de LW). **1:** Temperatura do objecto; **2:** Emitância; **Obj:** Radiação do objecto; **Refl:** Radiação reflectida; **Atm:** radiação atmosférica. Parâmetros fixos: $\tau = 0,88$; $T_{\text{refl}} = 20^\circ\text{C}$; $T_{\text{atm}} = 20^\circ\text{C}$.

24 Tabelas de emissão

Esta secção apresenta uma compilação de dados sobre a emissividade retirados de documentação sobre infravermelhos e das medições efectuadas pela FLIR Systems.

24.1 Referências bibliográficas

1	Mikaél A. Bramson: <i>Infrared Radiation, A Handbook for Applications</i> , Plenum press, Nova Iorque
2	William L. Wolfe, George J. Zissis: <i>The Infrared Handbook</i> , Posto de Pesquisa Naval, Departamento da Marinha, Washington, D.C.
3	Madding, R. P.: <i>Thermographic Instruments and systems</i> . Madison, Wisconsin: Universidade de Wisconsin - Extensão, Departamento de Engenharia e Ciências Aplicadas.
4	William L. Wolfe: <i>Handbook of Military Infrared Technology</i> , Posto de Pesquisa Naval, Departamento da Marinha, Washington, D.C.
5	Jones, Smith, Probert: <i>External thermography of buildings...</i> , Proc. da Sociedade de Consultores de Instrumentos Photo-Optical, vol.110, Industrial and Civil Applications of Infrared Technology, Junho 1977 Londres.
6	Paljak, Pettersson: <i>Thermography of Buildings</i> , Instituto de Pesquisa de Construção Sueco, Estocolmo 1972.
7	Vlcek, J.: <i>Determination of emissivity with imaging radiometers and some emissivities at $\lambda = 5 \mu\text{m}$</i> . Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.
8	Kern: <i>Evaluation of infrared emission of clouds and ground as measured by weather satellites</i> , Centro de Documentação de Defesa, AD 617 417.
9	Öhman, Claes: <i>Emittansmätningar med AGEMA E-Box</i> . Teknisk rapport, AGEMA 1999. (Medições de emitância utilizando AGEMA E-Box. Relatório técnico, AGEMA 1999.)
10	Mattei, S., Tang-Kwor, E: <i>Emissivity measurements for Nextel Velvet coating 811-21 between -36°C AND 82°C</i> .
11	Lohrengel & Todtenhaupt (1996)
12	ITC Technical publication 32.
13	ITC Technical publication 29.

24.2 Nota importante acerca das tabelas de emissividade

Os valores de emissividade na tabela abaixo são registados através de uma câmara de ondas curtas (SW). Estes valores devem ser considerados apenas como referência e utilizados com precaução.

24.3 Tabelas

Figura 24.1 T: Espectro total; **SW (OC):** 2-5 μm ; **LW (OL):** 8-14 μm , **LLW (OLL):** 6,5-20 μm ; **1:** Material; **2:** Especificação; **3:** Temperatura em $^{\circ}\text{C}$; **4:** Espectro; **5:** Emissividade; **6:** Referência

1	2	3	4	5	6
3M tipo 35	Fita eléctrica em vinil (várias cores)	< 80	LW	Cerca de 0,96	13
3M tipo 88	Fita eléctrica em vinil preto	< 105	LW	Cerca de 0,96	13
3M tipo 88	Fita eléctrica em vinil preto	< 105	MW	< 0,96	13
3M tipo Super 33+	Fita eléctrica em vinil preto	< 80	LW	Cerca de 0,96	13
Aço inoxidável	folha, não tratado, um pouco estriado	70	LW	0,28	9
Aço inoxidável	folha, não tratado, um pouco estriado	70	SW	0,30	9
Aço inoxidável	folha, polido	70	LW	0,14	9
Aço inoxidável	folha, polido	70	SW	0,18	9
Aço inoxidável	laminado	700	T	0,45	1
Aço inoxidável	liga, 8% Ni, 18% Cr	500	T	0,35	1
Aço inoxidável	tipo 18-8, oxidado a 800 $^{\circ}\text{C}$	60	T	0,85	2
Aço inoxidável	tipo 18-8, raspado	20	T	0,16	2
Aço inoxidável	tratado a jacto de areia	700	T	0,70	1
Água	camada >0,1 mm de espessura	0–100	T	0,95-0,98	1
Água	cristais de geada	–10	T	0,98	2
Água	destilada	20	T	0,96	2
Água	gelo, coberto com forte geada	0	T	0,98	1
Água	gelo, suave	–10	T	0,96	2

1	2	3	4	5	6
Água	gelo, suave	0	T	0,97	1
Água	neve		T	0,8	1
Água	neve	-10	T	0,85	2
Alcatrão			T	0,79-0,84	1
Alcatrão	papel	20	T	0,91-0,93	1
Alumínio	alterado, marcadamente	17	SW	0,83-0,94	5
Alumínio	anodizado, cinzento claro, opaco	70	LW	0,97	9
Alumínio	anodizado, cinzento claro, opaco	70	SW	0,61	9
Alumínio	anodizado, folha	100	T	0,55	2
Alumínio	anodizado, preto, opaco	70	LW	0,95	9
Alumínio	anodizado, preto, opaco	70	SW	0,67	9
Alumínio	como recebido, folha	100	T	0,09	2
Alumínio	como recebido, placa	100	T	0,09	4
Alumínio	depositado no vácuo	20	T	0,04	2
Alumínio	endurecido	27	3 μm	0,28	3
Alumínio	endurecido	27	10 μm	0,18	3
Alumínio	folha	27	3 μm	0,09	3
Alumínio	folha	27	10 μm	0,04	3
Alumínio	folha, 4 amostras com estrias diferentes	70	LW	0,03-0,06	9
Alumínio	folha, 4 amostras com estrias diferentes	70	SW	0,05-0,08	9
Alumínio	mergulhado em HNO_3 , placa	100	T	0,05	4

1	2	3	4	5	6
Alumínio	moldado, limpo a jacto	70	LW	0,46	9
Alumínio	moldado, limpo a jacto	70	SW	0,47	9
Alumínio	oxidado, fortemente	50–500	T	0,2-0,3	1
Alumínio	polido	50–100	T	0,04-0,06	1
Alumínio	polido, folha	100	T	0,05	2
Alumínio	polido, placa	100	T	0,05	4
Alumínio	superfície rugosa	20–50	T	0,06-0,07	1
Amianto	ardósia	20	T	0,96	1
Amianto	em pó		T	0,40-0,60	1
Amianto	ladrilho de pavimento	35	SW	0,94	7
Amianto	papel	40–400	T	0,93-0,95	1
Amianto	prancha	20	T	0,96	1
Amianto	tecido		T	0,78	1
Areia			T	0,60	1
Areia		20	T	0,90	2
Argamassa		17	SW	0,87	5
Argamassa	seco	36	SW	0,94	7
Barro	refractário	70	T	0,91	1
Betão		20	T	0,92	2
Betão	passadeira	5	LLW	0,974	8
Betão	rugoso	17	SW	0,97	5
Betão	seco	36	SW	0,95	7
Borracha	dura	20	T	0,95	1
Borracha	mole, cinzenta, rugosa	20	T	0,95	1
Bronze	bronze de fósforo	70	LW	0,06	9
Bronze	bronze de fósforo	70	SW	0,08	9

1	2	3	4	5	6
Bronze	em pó		T	0,76-0,80	1
Bronze	polido	50	T	0,1	1
Bronze	poroso, rugoso	50–150	T	0,55	1
Bronze-alumínio		20	T	0,60	1
Carbono	fuligem	20–400	T	0,95-0,97	1
Carbono	fuligem de vela	20	T	0,95	2
Carbono	grafite, superfície limada	20	T	0,98	2
Carbono	pó de carvão		T	0,96	1
Carbono	pó de grafite		T	0,97	1
Chumbo	brilhante	250	T	0,08	1
Chumbo	não oxidado, polido	100	T	0,05	4
Chumbo	oxidado, cinzento	20	T	0,28	1
Chumbo	oxidado, cinzento	22	T	0,28	4
Chumbo	oxidado a 200°C	200	T	0,63	1
Chumbo vermelho		100	T	0,93	4
Chumbo vermelho, em pó		100	T	0,93	1
Cobre	comercial, polido brilhante	20	T	0,07	1
Cobre	electrolítico, cuidadosamente polido	80	T	0,018	1
Cobre	electrolítico, polido	-34	T	0,006	4
Cobre	fundido	1100–1300	T	0,13-0,15	1
Cobre	oxidado	50	T	0,6-0,7	1
Cobre	oxidado, fortemente	20	T	0,78	2
Cobre	oxidado, preto	27	T	0,78	4
Cobre	oxidado até escurecer		T	0,88	1

1	2	3	4	5	6
Cobre	polido	50–100	T	0,02	1
Cobre	polido	100	T	0,03	2
Cobre	polido, comercial	27	T	0,03	4
Cobre	polido, mecânico	22	T	0,015	4
Cobre	puro, superfície cuidadosamente preparada	22	T	0,008	4
Cobre	raspado	27	T	0,07	4
Couro	curtido		T	0,75-0,80	1
Crómio	polido	50	T	0,10	1
Crómio	polido	500–1000	T	0,28-0,38	1
Dióxido de cobre	em pó		T	0,84	1
Ebonite			T	0,89	1
Escória	caldeira	0–100	T	0,97-0,93	1
Escória	caldeira	200–500	T	0,89-0,78	1
Escória	caldeira	600–1200	T	0,76-0,70	1
Escória	caldeira	1400–1800	T	0,69-0,67	1
Esmalte		20	T	0,9	1
Esmalte	laca	20	T	0,85-0,95	1
Esmeril	grosso	80	T	0,85	1
Estanho	metal branco de folha da flandres	100	T	0,07	2
Estanho	polido brilhante	20–50	T	0,04-0,06	1
Estuque	rugoso, lima	10–90	T	0,91	1
Ferro, moldado	lingotes	1000	T	0,95	1
Ferro, moldado	líquido	1300	T	0,28	1
Ferro, moldado	maquinado	800–1000	T	0,60-0,70	1
Ferro, moldado	moldagem	50	T	0,81	1
Ferro, moldado	não trabalhado	900–1100	T	0,87-0,95	1
Ferro, moldado	oxidado	38	T	0,63	4

1	2	3	4	5	6
Ferro, moldado	oxidado	100	T	0,64	2
Ferro, moldado	oxidado	260	T	0,66	4
Ferro, moldado	oxidado	538	T	0,76	4
Ferro, moldado	oxidado a 600°C	200–600	T	0,64-0,78	1
Ferro, moldado	polido	38	T	0,21	4
Ferro, moldado	polido	40	T	0,21	2
Ferro, moldado	polido	200	T	0,21	1
Ferro e aço	brilhante, despolido	150	T	0,16	1
Ferro e aço	camada de óxido brilhante, folha	20	T	0,82	1
Ferro e aço	coberto com ferrugem vermelha	20	T	0,61-0,85	1
Ferro e aço	com ferrugem vermelha, folha	22	T	0,69	4
Ferro e aço	electrolítico	22	T	0,05	4
Ferro e aço	electrolítico	100	T	0,05	4
Ferro e aço	electrolítico	260	T	0,07	4
Ferro e aço	electrolítico, cuidadosamente polido	175–225	T	0,05-0,06	1
Ferro e aço	enferrujado, extremamente	17	SW	0,96	5
Ferro e aço	enferrujado, vermelho	20	T	0,69	1
Ferro e aço	esmerilado, folha	950–1100	T	0,55-0,61	1
Ferro e aço	extremamente enferrujado, folha	20	T	0,69	2
Ferro e aço	laminado, de novo	20	T	0,24	1
Ferro e aço	laminado, folha	50	T	0,56	1
Ferro e aço	laminado a frio	70	LW	0,09	9
Ferro e aço	laminado a frio	70	SW	0,20	9
Ferro e aço	laminado a quente	20	T	0,77	1

1	2	3	4	5	6
Ferro e aço	laminado a quente	130	T	0,60	1
Ferro e aço	oxidado	100	T	0,74	1
Ferro e aço	oxidado	100	T	0,74	4
Ferro e aço	oxidado	125–525	T	0,78-0,82	1
Ferro e aço	oxidado	200	T	0,79	2
Ferro e aço	oxidado	200–600	T	0,80	1
Ferro e aço	oxidado	1227	T	0,89	4
Ferro e aço	oxidado, fortemen- te	50	T	0,88	1
Ferro e aço	oxidado, fortemen- te	500	T	0,98	1
Ferro e aço	polido	100	T	0,07	2
Ferro e aço	polido	400–1000	T	0,14-0,38	1
Ferro e aço	polido, folha	750–1050	T	0,52-0,56	1
Ferro e aço	preparado, cuida- dosamente polido	40–250	T	0,28	1
Ferro e aço	rugoso, superfície plana	50	T	0,95-0,98	1
Ferro e aço	trabalhado de no- vo com esmeril	20	T	0,24	1
Ferro estanhado	folha	24	T	0,064	4
Ferro galvanizado	folha	92	T	0,07	4
Ferro galvanizado	folha, oxidado	20	T	0,28	1
Ferro galvanizado	folha, polido bri- lhante	30	T	0,23	1
Ferro galvanizado	fortemente oxida- do	70	LW	0,85	9
Ferro galvanizado	fortemente oxida- do	70	SW	0,64	9
Gelo: Ver Água					
Gesso		20	T	0,8-0,9	1
Granito	polido	20	LLW	0,849	8

1	2	3	4	5	6
Granito	rugoso	21	LLW	0,879	8
Granito	rugoso, 4 amostras diferentes	70	LW	0,77-0,87	9
Granito	rugoso, 4 amostras diferentes	70	SW	0,95-0,97	9
Grés	polido	19	LLW	0,909	8
Grés	rugoso	19	LLW	0,935	8
Hidróxido de alumínio	em pó		T	0,28	1
Krylon Ultra-flat black 1602	Preto liso	Temperatura ambiente até 175	LW	Cerca de 0,96	12
Krylon Ultra-flat black 1602	Preto liso	Temperatura ambiente até 175	MW	Cerca de 0,97	12
Laca	3 cores pulverizadas em alumínio	70	LW	0,92-0,94	9
Laca	3 cores pulverizadas em alumínio	70	SW	0,50-0,53	9
Laca	Alumínio em superfície rugosa	20	T	0,4	1
Laca	baquelite	80	T	0,83	1
Laca	branco	40–100	T	0,8-0,95	1
Laca	branco	100	T	0,92	2
Laca	preta, brilhante, pulverizada em ferro	20	T	0,87	1
Laca	preta, mate	100	T	0,97	2
Laca	preto, opaco	40–100	T	0,96-0,98	1
Laca	resistente ao calor	100	T	0,92	1
Latão	folha, laminado	20	T	0,06	1
Latão	folha, trabalhado com esmeril	20	T	0,2	1
Latão	lixado com esmeril de 80 grit	20	T	0,20	2
Latão	opaco, oxidado	20–350	T	0,22	1

1	2	3	4	5	6
Latão	oxidado	70	SW	0,04-0,09	9
Latão	oxidado	70	LW	0,03-0,07	9
Latão	oxidado	100	T	0,61	2
Latão	oxidado a 600°C	200–600	T	0,59-0,61	1
Latão	polido	200	T	0,03	1
Latão	polido, altamente	100	T	0,03	2
Lima			T	0,3-0,4	1
Madeira		17	SW	0,98	5
Madeira		19	LLW	0,962	8
Madeira	aplainada	20	T	0,8-0,9	1
Madeira	branca, húmida	20	T	0,7-0,8	1
Madeira	carvalho aplainado	20	T	0,90	2
Madeira	carvalho aplainado	70	LW	0,88	9
Madeira	carvalho aplainado	70	SW	0,77	9
Madeira	contraplacado, não tratado	20	SW	0,83	6
Madeira	contraplacado, suave, seco	36	SW	0,82	7
Madeira	esmerilada		T	0,5-0,7	1
Madeira	pinho, 4 amostras diferentes	70	LW	0,81-0,89	9
Madeira	pinho, 4 amostras diferentes	70	SW	0,67-0,75	9
Magnésio		22	T	0,07	4
Magnésio		260	T	0,13	4
Magnésio		538	T	0,18	4
Magnésio	polido	20	T	0,07	2
Molibdénio		600–1000	T	0,08-0,13	1

1	2	3	4	5	6
Molibdénio		1500–2200	T	0,19-0,26	1
Molibdénio	filamento	700–2500	T	0,1-0,3	1
Neve: Ver Água					
Nextel Velvet 811-21 Black	Preto liso	–60–150	LW	> 0,97	10 e 11
Níquel	electro galvanizado, polido	20	T	0,05	2
Níquel	electro galvanizado em ferro, não polido	20	T	0,11-0,40	1
Níquel	electro galvanizado em ferro, não polido	22	T	0,11	4
Níquel	electro galvanizado em ferro, polido	22	T	0,045	4
Níquel	electrolítico	22	T	0,04	4
Níquel	electrolítico	38	T	0,06	4
Níquel	electrolítico	260	T	0,07	4
Níquel	electrolítico	538	T	0,10	4
Níquel	fio	200–1000	T	0,1-0,2	1
Níquel	mate claro	122	T	0,041	4
Níquel	oxidado	200	T	0,37	2
Níquel	oxidado	227	T	0,37	4
Níquel	oxidado	1227	T	0,85	4
Níquel	oxidado a 600°C	200–600	T	0,37-0,48	1
Níquel	polido	122	T	0,045	4
Níquel	puro comercialmente, polido	100	T	0,045	1
Níquel	puro comercialmente, polido	200–400	T	0,07-0,09	1
Níquel-cromo	fio, limpo	50	T	0,65	1
Níquel-cromo	fio, limpo	500–1000	T	0,71-0,79	1

1	2	3	4	5	6
Níquel-cromo	fio, oxidado	50–500	T	0,95-0,98	1
Níquel-cromo	laminado	700	T	0,25	1
Níquel-cromo	tratado a jacto de areia	700	T	0,70	1
Óleo, lubrificante	película de 0,025 mm	20	T	0,27	2
Óleo, lubrificante	película de 0,050 mm	20	T	0,46	2
Óleo, lubrificante	película de 0,125 mm	20	T	0,72	2
Óleo, lubrificante	película em base de Ni: apenas base de Ni	20	T	0,05	2
Óleo, lubrificante	revestimento espesso	20	T	0,82	2
Ouro	polido	130	T	0,018	1
Ouro	polido, altamente	100	T	0,02	2
Ouro	polido, cuidadosamente	200–600	T	0,02-0,03	1
Óxido de alumínio	activo, em pó		T	0,46	1
Óxido de alumínio	puro, em pó (alumina)		T	0,16	1
Óxido de cobre	vermelho, em pó		T	0,70	1
Óxido de níquel		500–650	T	0,52-0,59	1
Óxido de níquel		1000–1250	T	0,75-0,86	1
Papel	4 cores diferentes	70	LW	0,92-0,94	9
Papel	4 cores diferentes	70	SW	0,68-0,74	9
Papel	amarelo		T	0,72	1
Papel	azul, escuro		T	0,84	1
Papel	branco	20	T	0,7-0,9	1
Papel	branco, 3 brilhos diferentes	70	LW	0,88-0,90	9

1	2	3	4	5	6
Papel	branco, 3 brilhos diferentes	70	SW	0,76-0,78	9
Papel	ligado a branco	20	T	0,93	2
Papel	preto		T	0,90	1
Papel	preto, opaco		T	0,94	1
Papel	preto, opaco	70	LW	0,89	9
Papel	preto, opaco	70	SW	0,86	9
Papel	revestido com laca preta		T	0,93	1
Papel	verde		T	0,85	1
Papel	vermelho		T	0,76	1
Papelão	não tratado	20	SW	0,90	6
Papel de parede	padrão ligeiro, cinzento claro	20	SW	0,85	6
Papel de parede	padrão ligeiro, vermelho	20	SW	0,90	6
Pavimento em asfalto		4	LLW	0,967	8
Pele	humana	32	T	0,98	2
Placa de fibra	dura, não tratada	20	SW	0,85	6
Placa de fibra	masonita	70	LW	0,88	9
Placa de fibra	masonita	70	SW	0,75	9
Placa de fibra	painel de partículas	70	LW	0,89	9
Placa de fibra	painel de partículas	70	SW	0,77	9
Placa de fibra	porosa, não tratada	20	SW	0,85	6
Plástico	laminado de fibra de vidro (placa com circuito impresso)	70	LW	0,91	9

1	2	3	4	5	6
Plástico	laminado de fibra de vidro (placa com circuito impresso)	70	SW	0,94	9
Plástico	placa de isolamento em poliuretano	70	LW	0,55	9
Plástico	placa de isolamento em poliuretano	70	SW	0,29	9
Plástico	PVC, pavimento em plástico, opaco, estruturado	70	LW	0,93	9
Plástico	PVC, pavimento em plástico, opaco, estruturado	70	SW	0,94	9
Platina		17	T	0,016	4
Platina		22	T	0,03	4
Platina		100	T	0,05	4
Platina		260	T	0,06	4
Platina		538	T	0,10	4
Platina		1000–1500	T	0,14-0,18	1
Platina		1094	T	0,18	4
Platina	fio	50–200	T	0,06-0,07	1
Platina	fio	500–1000	T	0,10-0,16	1
Platina	fio	1400	T	0,18	1
Platina	fita	900–1100	T	0,12-0,17	1
Platina	pura, polida	200–600	T	0,05-0,10	1
Pó de magnésio			T	0,86	1
Porcelana	branca, brilhante		T	0,70-0,75	1
Porcelana	vitrificada	20	T	0,92	1
Prata	polido	100	T	0,03	2
Prata	pura, polida	200–600	T	0,02-0,03	1
Reboco		17	SW	0,86	5

1	2	3	4	5	6
Reboco	gesso em folha, não tratado	20	SW	0,90	6
Reboco	revestimento rugoso	20	T	0,91	2
Solo	saturado com água	20	T	0,95	2
Solo	seco	20	T	0,92	2
Styrofoam	isolamento	37	SW	0,60	7
Tecido	preto	20	T	0,98	1
Telha	vitrificada	17	SW	0,94	5
Tijolo	alumina	17	SW	0,68	5
Tijolo	alvenaria	35	SW	0,94	7
Tijolo	alvenaria, rebocada	20	T	0,94	1
Tijolo	argila refractária	20	T	0,85	1
Tijolo	argila refractária	1000	T	0,75	1
Tijolo	argila refractária	1200	T	0,59	1
Tijolo	comum	17	SW	0,86-0,81	5
Tijolo	impermeável	17	SW	0,87	5
Tijolo	refractário, corinado	1000	T	0,46	1
Tijolo	refractário, magnesite	1000–1300	T	0,38	1
Tijolo	refractário, muito radiante	500–1000	T	0,8-0,9	1
Tijolo	refractário, pouco radiante	500–1000	T	0,65-0,75	1
Tijolo	sílica, 95% SiO ₂	1230	T	0,66	1
Tijolo	Sílica de Dinas, não vidrada, rugosa	1000	T	0,80	1
Tijolo	Sílica de Dinas, refractária	1000	T	0,66	1

1	2	3	4	5	6
Tijolo	Sílica de Dinias, vi-drada, rugosa	1100	T	0,85	1
Tijolo	silimanite, 33% SiO ₂ , 64% Al ₂ O ₃	1500	T	0,29	1
Tijolo	tijolo refractário	17	SW	0,68	5
Tijolo	vermelho, comum	20	T	0,93	2
Tijolo	vermelho, rugoso	20	T	0,88-0,93	1
Tinta	8 cores e qualidades diferentes	70	LW	0,92-0,94	9
Tinta	8 cores e qualidades diferentes	70	SW	0,88-0,96	9
Tinta	à base de óleo, média de 16 cores	100	T	0,94	2
Tinta	Alumínio, vários anos	50–100	T	0,27-0,67	1
Tinta	amarelo cádmio		T	0,28-0,33	1
Tinta	azul cobalto		T	0,7-0,8	1
Tinta	óleo	17	SW	0,87	5
Tinta	óleo, cinzento baço	20	SW	0,97	6
Tinta	óleo, cinzento brilhante	20	SW	0,96	6
Tinta	óleo, preto baço	20	SW	0,94	6
Tinta	óleo, preto brilhante	20	SW	0,92	6
Tinta	óleo, várias cores	100	T	0,92-0,96	1
Tinta	plástica, branca	20	SW	0,84	6
Tinta	plástica, preta	20	SW	0,95	6
Tinta	verde crómio		T	0,65-0,70	1
Titânio	oxidado a 540°C	200	T	0,40	1
Titânio	oxidado a 540°C	500	T	0,50	1
Titânio	oxidado a 540°C	1000	T	0,60	1

1	2	3	4	5	6
Titânio	polido	200	T	0,15	1
Titânio	polido	500	T	0,20	1
Titânio	polido	1000	T	0,36	1
Tungsténio		200	T	0,05	1
Tungsténio		600–1000	T	0,1-0,16	1
Tungsténio		1500–2200	T	0,24-0,31	1
Tungsténio	filamento	3300	T	0,39	1
Verniz	em pavimento com parquet de carvalho	70	LW	0,90-0,93	9
Verniz	em pavimento com parquet de carvalho	70	SW	0,90	9
Verniz	liso	20	SW	0,93	6
Zinco	folha	50	T	0,20	1
Zinco	oxidado a 400°C	400	T	0,11	1
Zinco	polido	200–300	T	0,04-0,05	1
Zinco	superfície oxidada	1000–1200	T	0,50-0,60	1

A note on the technical production of this publication

This publication was produced using XML—the *eXtensible Markup Language*. For more information about XML, please visit <http://www.w3.org/XML/>

A note on the typeface used in this publication

This publication was typeset using Swiss 721, which is Bitstream's pan-European version of the Helvetica™ typeface. Helvetica™ was designed by Max Miedinger (1910–1980).

List of effective files

20235110.xml b16
20235210.xml b11
20235310.xml b12
20236710.xml b22
20237110.xml a11
20238510.xml a8
20238710.xml a7
20250410.xml a14
20254903.xml a64
20257010.xml a20
20257110.xml a7
20257310.xml a14
20273210.xml a9
20275210.xml a12
20279810.xml a6
20281010.xml a3
20287310.xml a4
20287710.xml a3
20287810.xml a3
20287910.xml a1
20288010.xml a2
20288110.xml a3
20288210.xml a3
20288310.xml a2
20288410.xml a4
20288510.xml a3
20292410.xml a2
20293910.xml a1
20294010.xml a1
R131.rcp a1
config.xml a5



Corporate Headquarters

FLIR Systems, Inc.
27700 SW Parkway Avenue
Wilsonville, OR 97070
USA

Telephone: +1-800-727-3547
Website: <http://www.flir.com>