

Artigo REF: 21A016

AVALIAÇÃO TERMOGRÁFICA DE INSTALAÇÕES DE REFRIGERAÇÃO

José Nunes¹, Cláudia Domingues^{1(*)}, Pedro Dinho² e Rui Pitarma³

¹Instituto Politécnico de Castelo Branco – Castelo Branco, Portugal

²Universidade da Beira Interior – Covilhã, Portugal

³Instituto Politécnico da Guarda – Guarda, Portugal

(*)*Email*: claudiadomingues@ipcb.pt

RESUMO

Numa sociedade em que a utilização racional de energia constitui cada vez mais uma prioridade, é pertinente a avaliação do desempenho energético dos equipamentos que actualmente se encontram em funcionamento nas diferentes instalações industriais e agro-industriais. Em particular, no distrito de Castelo Branco existem várias empresas que utilizam o “Frio” como parte do seu processo produtivo ou como método de conservação de produtos e que contribuem para o epíteto “Castelo Branco, Capital do Frio”. No presente estudo efectua-se um diagnóstico energético das câmaras frigoríficas com recurso à Termografia por Infravermelhos (TIV).

1 INTRODUÇÃO

É notório o aumento do consumo de energia nos últimos anos. Numa sociedade caracterizada por consumos energéticos excessivos coadjuvados por dificuldades burocráticas associadas à implementação e desenvolvimento das energias alternativas, aparece como medida essencial ao desenvolvimento sustentável a “conservação de energia”. É conhecida a importância que a energia apresenta para a economia dos países e para as actividades dos diferentes sectores, desde a indústria, aos serviços, passando pelo sector doméstico e dos transportes. A tomada de consciência da escassez de combustíveis fósseis, a degradação do ambiente e a crescente procura de energia que se faz sentir com o aumento da população mundial, tem incrementado nos últimos tempos as enormes preocupações com a satisfação das necessidades energéticas futuras e com a utilização racional de energia.

Após avaliação da realidade que constitui o sector da Refrigeração no distrito de Castelo Branco, foi identificado um conjunto de empresas que utiliza o Frio no seu processo produtivo ou como método de conservação de alimentos. É pertinente a avaliação energética das suas câmaras de refrigeração de modo a aferir a qualidade das suas instalações associada à distribuição de temperaturas interiores.

A Termografia por Infravermelhos (TIV) pode ser considerada um método de avaliação da qualidade das instalações de Refrigeração. Consiste numa técnica não intrusiva que permite determinar as temperaturas superficiais e que tem sido largamente utilizada nos últimos anos (Barreira and Freitas, 2007, Avdelidis and Moropoulou, 2003). O domínio de aplicação da TIV surge em áreas diversificadas, sendo de destacar a detecção de falhas nos isolamentos,

infiltrações de ar e humidades, análise térmica de edifícios, instalações eléctricas, detecção de anomalias no funcionamento de equipamentos, técnica de diagnóstico médico e de avaliação da eficiência energética das instalações (Al-Kassir and A. Rahman e all, 2005, Sá and Alexandre, 2007) .

Independentemente da sua natureza, todos os corpos cuja temperatura é superior ao zero absoluto, emitem radiação electromagnética. Este fenómeno, apesar de ocorrer no interior dos corpos devido à interacção molecular, na prática considera-se um fenómeno superficial cuja libertação de energia é feita pelas moléculas junto à superfície.

A TIV baseia-se na conversão da radiação térmica infravermelha emitida por um corpo em imagens térmicas. O equipamento que permite utilizar esta técnica, câmaras de termografia, apresentam sensores com sensibilidade a comprimentos de ondas da radiação electromagnética normalmente entre 2 e 5.6 μm ou entre 8 e 14 μm (Maldague, 1993).

A quantidade de radiação térmica emitida por um material depende essencialmente da temperatura da sua superfície e da sua emissividade. A quantificação com rigor desta última propriedade é uma dificuldade que está presente aquando da utilização da TIV. A emissividade traduz a capacidade que uma dada superfície tem para emitir energia radiante face a um corpo negro à mesma temperatura, e assume valores entre zero e um. Valores de emissividade reduzidos dificultam a medição experimental com equipamento de TIV, daí que uma das técnicas utilizadas para ultrapassar esta limitação seja pintar a superfície em análise com uma tinta negra mate de elevada emissividade (Maldague, 1993).

Parâmetros relativos ao ambiente envolvente, como a temperatura, a humidade relativa presença de fontes externas de radiação, ou aspectos como a distância entre a câmara e o objecto, o ângulo de inclinação da câmara face ao objecto, podem, também, afectar as imagens termográficas e adulterar os resultados (Barreira and Freitas, 2007, Al-Kassir and A. Rahman e all, 2005).

As temperaturas das superfícies de diferentes corpos posicionados no interior de uma câmara de refrigeração podem ser utilizadas como um indicador importante acerca da qualidade do frio produzido no interior dessa câmara. Assim, é objectivo do presente trabalho avaliar a qualidade do desempenho das câmaras de refrigeração mediante a informação da distribuição de temperaturas no seu interior recolhida com auxílio de equipamento de TIV.

2 METODOLOGIA

A avaliação energética foi feita numa amostra representativa das empresas consumidoras de Frio no Distrito de Castelo Branco através de uma câmara de TIV. O trabalho experimental decorreu durante a estação de aquecimento (mês de Abril).

Foi utilizado o mesmo equipamento de termografia (NEC SAN-EI, TH1104) referido no trabalho de Pires (Pires et al., 2005). Este equipamento possui um detector de HgCdT, sensível na gama de comprimentos de onda de 3 a 5.3 μm . A sua curva de calibração foi definida de forma análoga à do trabalho citado.

Este equipamento foi posicionado em diversas câmara de frio de modo a obter informação relativa à qualidade da distribuição de temperaturas, recorrendo-se para isso a várias unidades de teste distribuídas no interior das câmaras.

Preparação das unidades de teste

Foram cuidadosamente seleccionadas seis unidades de teste (UT) com dimensões e características iguais (Figura 1a e 1b). As unidades são tijolos refractários, cujas superfícies foram pintadas com uma tinta de elevada emissividade que lhes conferiu a cor *negro mate* de forma a maximizar a energia de radiação emitida (Maldague, 1993). Cada objecto foi numericamente identificado de 1 a 6 e colocado no interior de cada célula pertencente a uma malha 3 por 2, a uma altura de 1,1 metros, sobre um suporte criado para o efeito (Figura 1 a) e 3). Foram consideradas dois tipos de distribuição. Em duas delas as unidades de teste foram colocadas no centro de cada célula e na outra junto às fronteiras exteriores, coincidentes com as paredes laterais da câmara.

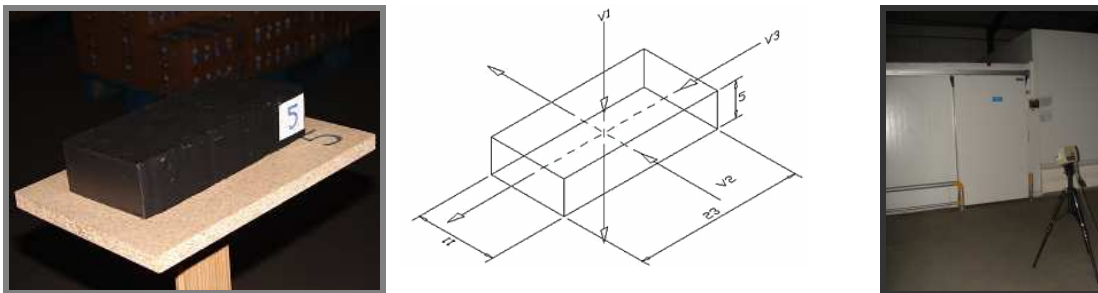


Figura 1 – a) Imagem da UT; b) Representação gráfica da UT; c) Câmara em painel isotérmico

Procedimento experimental

Na realização do presente trabalho, foram consideradas três câmaras de refrigeração, fabricadas em painel isotérmico (Figura 1c). No Quadro 1 apresentam-se as dimensões dessas câmaras.

Quadro 1 – Dimensões das câmaras de refrigeração

Identificação da câmara	Comprimento [m]	Largura [m]	Altura [m]
A	13,95	9,5	2,95
B	9,5	5,4	2,10
C	5,90	2,40	2,40

Todas as UT estiveram no interior das câmaras durante um período de pelo menos doze horas (Figura 3). O protocolo experimental incluiu o registo das temperaturas do ar junto de cada UT, bem como o valor de temperatura indicado pelo equipamento de controlo cuja sonda se encontra instalada atrás dos evaporadores. As unidades de teste foram posteriormente transportadas até ao exterior da câmara onde se fez a captação das imagens térmicas e se aferiu a temperatura superficial de cada unidade com recurso a uma sonda de termopares do tipo T (Figura 2).

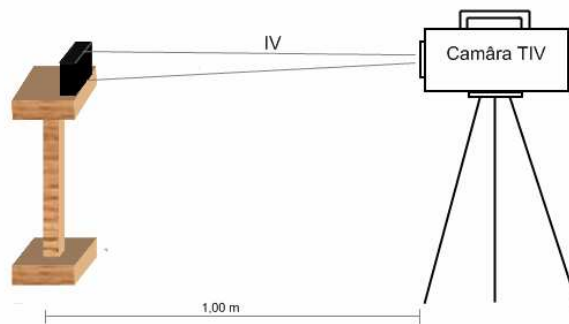


Figura 2 – Esquema de captura de uma imagem termográfica

A distância entre a unidade de teste e a câmara infravermelha considerada foi aproximadamente de 1,00 m. O ângulo de incidência utilizado foi superior a 60 graus (Al-Kassir and A. Rahman e all, 2005).

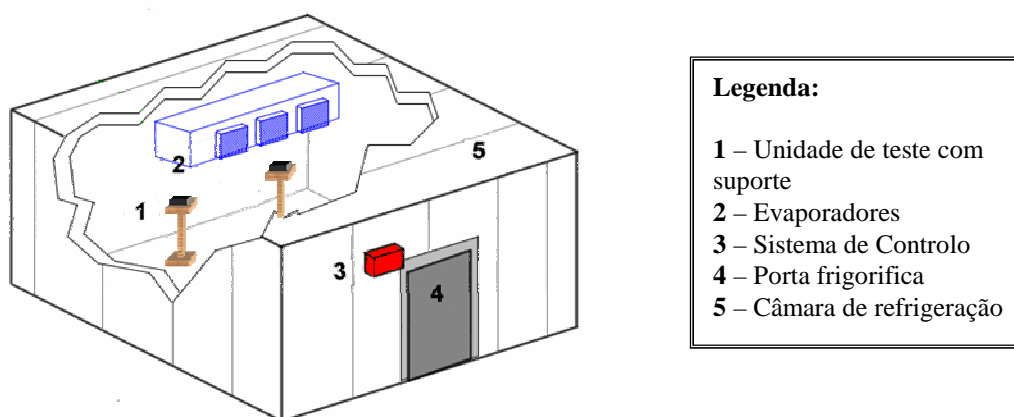


Figura 3 – Representação esquemática do procedimento experimental

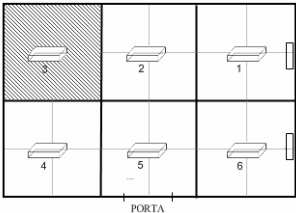
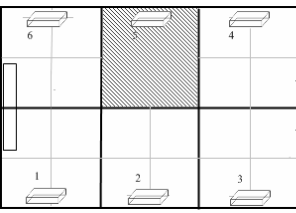
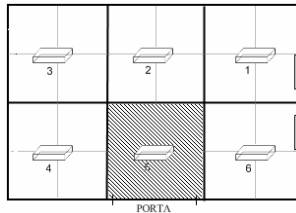
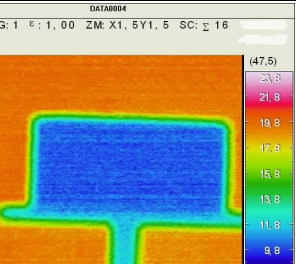
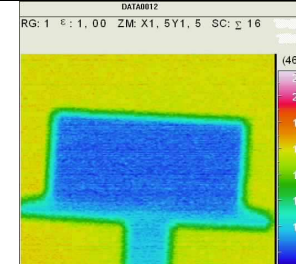
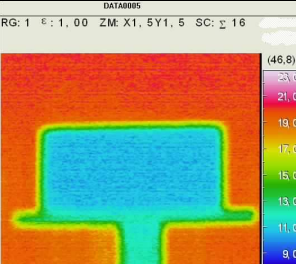
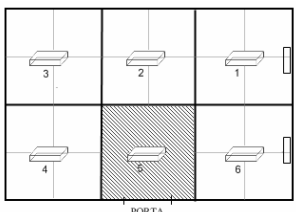
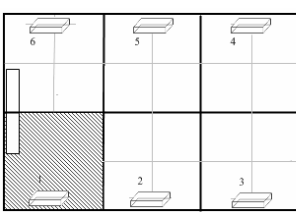
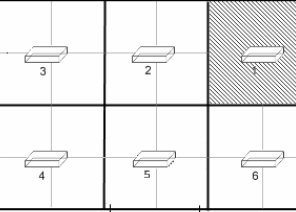
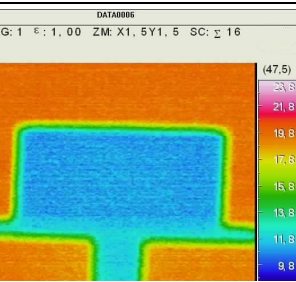
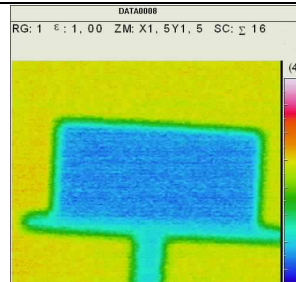
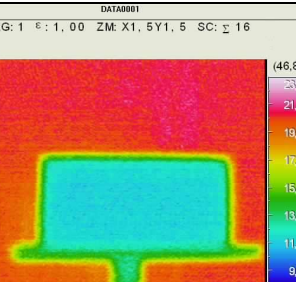
3 ANÁLISE DE RESULTADOS

Os valores das temperaturas superficiais das UT apresentam valores semelhantes para as três câmaras estudadas e variam entre os 8 e 10 °C. Destaca-se uma temperatura ligeiramente superior nas UT 4 e 5 (9 °C) da câmara A e nas UT 1 e 3 (10 °C) da câmara C. A temperatura ambiente no interior das câmaras variou entre 3,2°C e 5,3°C (Quadro 2).

Quadro 2 – Registos da Temperatura ambiente e das temperaturas superficiais das UT

Parâmetro	Caso	Identificação da UT					
		1	2	3	4	5	6
Temperatura Superficial [°C]	A	8	8	8	9	9	8
	B	8	9	9	9	8	8
	C	10	9	10	9	9	9
Temperatura Ambiente [°C]	A	3,9	3,6	3,2	3,2	3,4	3,7
	B	3,4	3,7	3,8	3,8	3,6	3,4
	C	4,9	5,0	5,1	5,3	5,3	5,1

Quadro 3 – Imagens térmicas das UT e respectivas plantas de localização

		Câmara A	Câmara B	Câmara C
Temperatura globalmente mais baixa	Esquema			
	Imagem Térmica			
Temperatura globalmente mais elevada	Esquema			
	Imagem Térmica			

O equipamento de controlo localizado à entrada da câmara e cujo sensor se situa na parte posterior dos evaporadores registava no momento dos ensaios 4, 2 e 5 °C nas câmaras A, B e C, respectivamente.

Das diversas imagens recolhidas seleccionaram-se aquelas que se apresentam no quadro 3 e que correspondem, para cada câmara de refrigeração, como sendo aquelas onde se detectou a maior amplitude térmica. Adicionalmente determinaram-se, através de software específico do equipamento, os valores representativos da temperatura para cada imagem. A comparação destes valores para cada par de imagens permite avançar diferenças de temperatura das UT de cerca de 0.7, 1.2 e 0.7 °C correspondentes às câmaras A, B e C, respectivamente.

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado uma metodologia de avaliação da qualidade das câmaras de refrigeração, baseada na análise da distribuição da temperatura no seu interior. A técnica utilizada consistiu na utilização de equipamento de Termografia por Infravermelhos para diagnosticar as temperaturas de unidades de teste que foram dispostas estrategicamente no interior da das câmaras de refrigeração.

Para além das imagens térmicas recolhidas pela câmara termográfica foram também medidas as temperaturas interiores das câmaras de refrigeração e das superfícies das unidades de teste.

A análise comparativa das imagens térmicas das unidades de teste permitiram perceber regiões do interior da câmara onde a distribuição de frio não é similar. Nas câmaras analisadas, a maior diferença de temperatura registada nas unidades de teste situou-se entre 0,7°C e 1,2°C.

Os resultados deste trabalho indiciam que a utilização da termografia por infravermelhos em conjunto com unidades de teste se afigura como uma boa técnica para aferir a qualidade interior de uma câmara de refrigeração em termos de distribuição de frio.

REFERÊNCIAS

AL-KASSIR & A. RAHMAN E ALL (2005) Thermographic study of energetic installations. *Applied Thermal Engineering*, 25, 183-190.

AVDELIDIS, N. P. & MOROPOULOU, A. (2003) Emissivity considerations in building thermography. *Energy and Buildings*, 35, 663-667.

BARREIRA, E. & FREITAS, V. P. (2007) Evaluation of building materials using infrared thermography. *Construction and Building Materials*, 21, 218-224.

MALDAGUE, X. (1993) Nondestructive evaluation of materials by infrared thermography. *Springer-Verlag*, 224 p.

PIRES, L., SILVA, P. D. & GONÇALVES, L. C. (2005) Surface configuration relevance in the overall thermal resistance of a wall. *Energy and Buildings*, 37, 1068-1074.

SÁ, E. S. & ALEXANDRE, J. L. (2007) Auditorias Energéticas no Sector de Frio Industrial. Medidas de poupança e de Eficiência Energética. *8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica*.