CAPÍTULO 2

CONSIDERAÇÕES SOBRE ISOLAMENTO TÉRMICO DO VESTUÁRIO

Expõem-se os conceitos relevantes sobre o Isolamento Térmico do Vestuário - isolamento térmico da camada superficial de ar (I_a), isolamento térmico total (I_T), isolamento térmico básico ou intrínseco (I_{cl} e I_{cli}) e isolamento térmico efectivo (I_{cle} e I_{clu}) – e apresentam-se as metodologias para a sua estimativa a partir da massa, da área coberta e da espessura dos tecidos. Definem-se os parâmetros que quantificam a resistência evaporativa e a permeabilidade ao vapor de água. Discute-se a influência da velocidade do vento, da velocidade de passada e da acção combinada de dois ou mais parâmetros no isolamento térmico do vestuário e descrevem-se os métodos de cálculo de isolamento térmico a partir de medições efectuadas com manequins térmicos.

2.1. INTRODUÇÃO

Nas sociedades actuais, a maioria das pessoas apresenta no seu quotidiano uma grande parte da superfície corporal coberta com vestuário (Parsons, 2003), razão pela qual este é alvo de uma grande atenção reflectindo-se a sua importância em múltiplas vertentes. No contexto deste trabalho, centrado no estudo de ambientes térmicos frios, a função de protecção térmica é naturalmente determinante, na medida em que o vestuário confere uma resistência térmica entre o corpo e o ambiente, essencial para a manutenção do equilíbrio térmico. Neste sentido, o conhecimento do isolamento térmico proporcionado pelo vestuário constitui uma informação fundamental.

Os valores de isolamento térmico do vestuário referem-se ao transporte de calor sensível e são normalmente expressos numa unidade própria denominada *clo*. Inicialmente

introduzida por Gagge *et al*. (1941), 1 *clo* equivale a 0,155 m^2 ºC/W, e define o isolamento requerido por um conjunto de vestuário para manter em conforto térmico um indivíduo sentado e em repouso num compartimento com uma temperatura do ar de 21 ºC, uma humidade relativa de 50% e uma velocidade do ar de 10 cm/s. É importante sublinhar que este conceito, apesar de expresso em unidades de resistência térmica, m^2 ºC/W, reporta-se à área total do corpo humano despido, A_{DuBois}, e considera o vestuário uniformemente distribuído por todo o corpo. Assim, uma vez que a unidade *clo* se refere ao efeito do isolamento para a totalidade do corpo, não se trata de uma medida do isolamento térmico no sentido estrito do termo, traduzindo antes uma resistência média equivalente entre toda a superfície da pele e o ambiente exterior. A ASHRAE (2001) adopta a letra *R* para a resistência térmica do vestuário expressa em m^2 ºC/W e a letra *I* nos casos em que a unidade em uso é o *clo.*

Os conceitos relacionados com a troca de calor latente são também importantes visto que o balanço térmico depende das perdas de calor por evaporação. Na presença de ambientes térmicos quentes ou frios, em particular com elevados níveis de actividade, a resistência evaporativa das peças de vestuário adquire uma importância acrescida uma vez que pode limitar substancialmente o período de exposição se a capacidade do vestuário para permitir a evaporação do suor da superfície da pele for pequena. Os conceitos que dizem respeito à resistência evaporativa do vestuário têm então de ser tidos em conta sempre que se pretendam situações de conforto térmico numa ampla gama de condições ambientais e níveis de actividade. Todavia, o conhecimento destas propriedades é ainda muito limitado ao contrário do que acontece com os parâmetros que quantificam as trocas de calor sensível.

A avaliação da resistência térmica de uma peça de vestuário ou de um conjunto é normalmente efectuada com recurso a manequins térmicos ou pessoas activas. Estes métodos são os mais indicados para a avaliação do isolamento térmico, pois as condições de ensaio reproduzem de forma fidedigna o modo como as peças de vestuário são usadas (Fonseca, 1970). As avaliações levadas a cabo com pessoas activas são complexas e apresentam uma qualidade e repetibilidade de resultados menor (Soltynski *et al.*, 2000*a*). Além disso, o comportamento térmico do vestuário numa pessoa activa é um fenómeno não totalmente compreendido, difícil de quantificar e muito do que se conhece é empírico ou resultado de investigações com carácter teórico (Parsons, 2003). Assim, o manequim térmico é o equipamento mais utilizado para a avaliação das características térmicas de vestuário (ISO 9920, 1995).

Neste contexto, o estudo das características térmicas do vestuário com manequins térmicos tem vindo a merecer a atenção de várias equipas de investigadores. Pesquisas intensivas têm sido realizadas no Usariem Natick Laboratories (Usariem, 2003 ; Goldman,

1983), na Kansas State University (McCullough *et al.*, 1983 ; McCullough *et al.*, 1985), na Technical University of Denmark (Olesen *et al.*, 1982) e no grupo Hohenstein (Hohenstein, 2003 ; Umbach, 1988). Recentemente, a investigação tem vindo a estender-se à Escandinávia (Holmér e Nilsson, 1995 ; Meinander, 2000*a*, *b* ; Holand, 2000), assim como à Polónia (Soltynski *et al.*, 2000*a*, 2000*b*), Japão (Tamura *et al.*, 1994) e China (Zhai *et al.*, 2001).

Relativamente aos procedimentos de avaliação, a bibliografia actualmente existente apresenta vários métodos, em particular os especificados nas Normas ISO 9920 (1995), EN 342 (2004), ISO 15831 (2004) e ASTM F 1291 (1999). Para além de indicarem a metodologia adoptada no cálculo do isolamento - *global*, *série* ou *paralelo* - estas publicações normativas definem vários parâmetros que quantificam o isolamento térmico, nomeadamente o isolamento térmico total (I_T), isolamento básico ou intrínseco (I_{cl} e I_{cli}) e isolamento térmico efectivo (I_{cle} e I_{clu}). Perante todos estes conceitos, a comparação entre valores de isolamento térmico requer a especificação prévia de qual a metodologia de cálculo e definição subjacentes. Adicionalmente, é necessário conhecer a postura de ensaio. Visando uma uniformização de procedimentos, a postura padrão é em pé, pelo que os dados disponíveis na literatura se referem normalmente a valores obtidos com os manequins naquela posição.

2.2. ISOLAMENTO TÉRMICO DA CAMADA SUPERFICIAL DE AR, I_a

A resistência à transferência de calor por radiação e convecção entre a pele, ou a superfície exterior do vestuário, e o ar ambiente é designada por resistência térmica da camada superficial de ar ou de película, I_a [m^2 ºC/W]. Esta resistência à transferência de calor sensível é expressa por

$$I_a = \frac{1}{\left(h_{conv} + h_{rad}\right)}, \qquad (2.1)$$

em que h_{conv} e h_{rad} [W/m^2 ºC] representam os coeficientes de transferência de calor por convecção e radiação, respectivamente.

Esta resistência térmica da camada superficial de ar é influenciada pela velocidade do ar, pela temperatura superficial do vestuário/pele, pela temperatura do ar e pela temperatura média radiante, sendo normalmente obtido por via experimental com recurso a manequins térmicos. Neste caso a expressão de cálculo é

$$I_a = \frac{\bar{t}_{cl} - t_o}{\dot{Q}_s}, \qquad (2.2)$$

onde $\bar{t}_{cl}$ representa a temperatura média da superfície do corpo vestido [ºC], t_o a temperatura operativa [ºC] e $\dot{Q}_s$ o fluxo de calor sensível [W/m^2].

Os ensaios são efectuados com o manequim nu e pressupõe que os fenómenos convectivos e radiativos na superfície de um corpo vestido são semelhantes aos verificados num corpo nu (Oguro, 2002). Tal suposição, contudo, não corresponde à realidade sendo distintas as características da camada de ar superficial num e noutro caso, pelo que o valor de I_a determinado com o manequim nu não é equivalente ao do manequim vestido (Holmér, 2001). No Capítulo 5 procede-se a um estudo detalhado deste parâmetro através da sua avaliação com o manequim em repouso e em movimento.

2.3. ISOLAMENTO TÉRMICO TOTAL, I_T

O isolamento térmico total, I_T [m^2 ºC/W] é definido como a resistência térmica à transferência de calor sensível entre a pele e a atmosfera ambiente, incluindo o efeito do aumento de área devido ao vestuário (f_{cl}) (*vd*. secção 2.6), e a resistência superficial na superfície do corpo vestido (ISO 9920, 1995). É obtido por

$$I_T = \frac{\bar{t}_{sk} - t_o}{\dot{Q}_s}, \qquad (2.3)$$

onde $\bar{t}_{sk}$ representa a temperatura média cutânea [ºC]. Esta definição de isolamento térmico tem a desvantagem de incluir a resistência da camada superficial de ar que é fortemente influenciada pela velocidade do ar e pelo nível térmico, o que significa que o mesmo conjunto de vestuário pode apresentar valores de isolamento diferentes em ambientes térmicos distintos.

2.4. ISOLAMENTO TÉRMICO EFECTIVO, I_{cle}

O isolamento térmico efectivo de um conjunto de vestuário, I_{cle} [m^2 ºC/W], é definido como a diferença entre o isolamento térmico total (I_T) e a resistência térmica da camada superficial de ar (I_a),

$$I_{cle} = I_T - I_a = \frac{\bar{t}_{sk} - t_o}{\dot{Q}_s} - I_a . \qquad (2.4)$$

No caso de peças individuais, a equação proposta é idêntica e difere apenas na nomenclatura utilizada (I_{clu}),

$$I_{clu} = I_T - I_a = \frac{\bar{t}_{sk} - t_o}{\dot{Q}_s} - I_a . \qquad (2.5)$$

É importante notar que o isolamento térmico efectivo não traduz nenhum conceito físico na medida em que ignora o aumento da área superficial devido ao vestuário, responsável por uma redução da capacidade de isolamento da camada superficial de ar. Trata-se assim de um conceito empírico, mas que se tem revelado útil em particular para a simplificação das equações de cálculo de isolamento térmico de conjuntos através do somatório dos valores das peças individuais.

2.5. ISOLAMENTO TÉRMICO BÁSICO OU INTRÍNSECO, I_{cl}

Os inconvenientes apontados para o isolamento térmico total e efectivo são eliminados recorrendo ao isolamento térmico básico ou intrínseco, I_{cl} [m^2 ºC/W]. Definido como a resistência térmica à transferência de calor sensível entre a superfície da pele e a superfície exterior do vestuário, incluindo o factor de área do vestuário (f_{cl}), este conceito fornece a informação necessária para caracterizar termicamente o vestuário, sendo calculado a partir da expressão

$$I_{cl} = \frac{\bar{t}_{sk} - \bar{t}_{cl}}{\dot{Q}_s} . \qquad (2.6)$$

Esta definição inclui as partes descobertas do corpo, como por exemplo a cabeça e as mãos, o que significa que a temperatura média superficial de um indivíduo vestido é influenciada pela temperatura superficial do vestuário e pela temperatura cutânea das partes descobertas do corpo. Devido a esta definição especial de isolamento térmico do vestuário, é conveniente usar a unidade *clo* para exprimir este parâmetro (ISO 9920, 1995).

Para determinar o isolamento térmico básico de um conjunto, I_{cl}, é necessário subtrair ao valor do isolamento térmico total, a contribuição devida à resistência térmica superficial entre o conjunto do vestuário e o ambiente,

$$I_{cl} = I_T - \frac{I_a}{f_{cl}} = \frac{\bar{t}_{sk} - t_o}{\dot{Q}_s} - \frac{I_a}{f_{cl}} . \qquad (2.7)$$

Para peças individuais o isolamento térmico básico é definido de modo idêntico por

$$I_{cli} = I_T - \frac{I_a}{f_{cl}} = \frac{\bar{t}_{sk} - t_o}{\dot{Q}_s} - \frac{I_a}{f_{cl}} . \qquad (2.8)$$

Para a comparação de valores de isolamento obtidos em diferentes estudos, pode ser importante conhecer a relação entre o isolamento básico e efectivo, dada por

$$I_{cl} = I_{cle} + I_a \times \left(1 - \frac{I_a}{f_{cl}}\right). \qquad (2.9)$$

O isolamento térmico básico, I_{cl}, é o mais adequado para a caracterização térmica de conjuntos de vestuário, sendo por isso o conceito de utilização mais comum. Deve no entanto atender-se, qualquer que seja a definição a utilizar, que uma avaliação correcta das características térmicas de peças individuais ou conjuntos de vestuário, pressupõe que os ensaios efectuados com o manequim vestido e nu sejam realizados nas mesmas condições ambientais (McCullough, 2001).

A Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento.**.1** ilustra os conceitos de isolamento térmico acabados de expor.

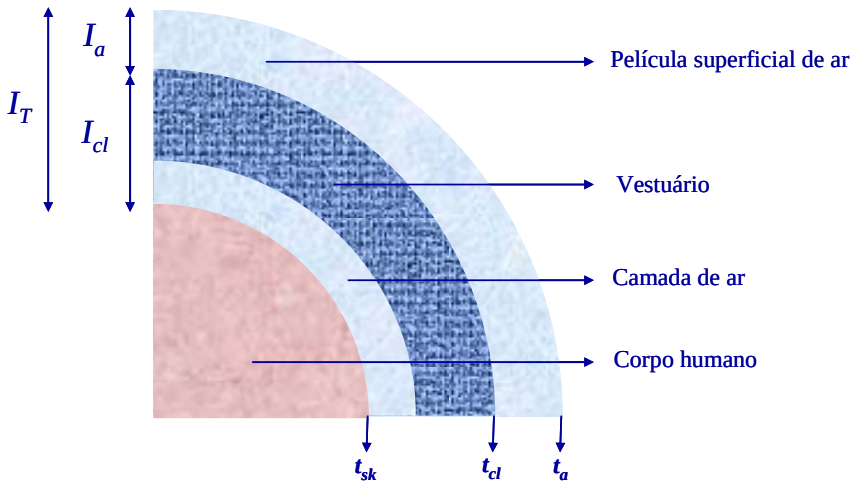

Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento.**.1** Representação esquemática das definições de isolamento térmico: I_T, I_{cl} e I_a

(adaptado de ISO DIS 9920, 2004).

2.5.1. ESTIMATIVA DO ISOLAMENTO TÉRMICO BÁSICO

Nas aplicações práticas de engenharia, o isolamento térmico do vestuário é normalmente estimado a partir de tabelas em que os valores listados foram obtidos a partir de medições realizadas com manequins térmicos. Em particular, publicações como McCullough *et al*. (1985) e a Norma ISO 9920 (1995) contêm tabelas de referência com valores de isolamento de conjuntos de vestuário, assim como informação detalhada sobre peças individuais. Nas situações em que o vestuário em estudo não esteja contemplado nas tabelas existentes na bibliografia, a forma mais corrente de estimar o isolamento térmico consiste em somar os valores correspondentes às peças individuais. Quando estes se encontram definidos em termos efectivos, I_{clu}, o valor do isolamento do conjunto é obtido somando os valores correspondentes a cada peça. McCullough e Jones (1983), sugerem a expressão

$$I_{cl} = 0{,}835 \times \sum I_{clu} + 0{,}161 \qquad I_{cl},\ [clo], \qquad (2.10)$$

enquanto que Olesen (1985) propõe

$$I_{cl} = \sum I_{clu} \qquad I_{cl},\ [clo \text{ ou } m^2\ ^oC/W], \qquad (2.11)$$

sendo esta última a expressão adoptada pela Norma ISO 9920 (1995). Para vestuário típico de ambientes interiores, as estimativas baseadas em ambas as expressões têm uma precisão aceitável. A principal fonte de incorrecções reside, naturalmente, na dificuldade de adoptar o valor apropriado para as peças individuais (ASHRAE, 2001). Como exemplo, a ASHRAE (2001) indica uma precisão de ± 25% se as tabelas de referência forem usadas com cuidado.

Como o valor do isolamento expresso em termos básicos é sempre superior ao correspondente valor efectivo, a estimativa do isolamento térmico de um conjunto a partir de valores de peças individuais é dada por (ASHRAE 55, 1992 ; ISO 9920, 1995)

$$I_{cl} = 0{,}82 \times \sum I_{cli} \qquad I_{cl},\ [clo \text{ ou } m^2\ ^oC/W]. \qquad (2.12)$$

As expressões empíricas apresentadas são as mais conhecidas e foram obtidas a partir da análise de uma base de dados com valores de isolamento de peças e conjuntos de vestuário. Apesar de proporcionarem um método rápido e prático de estimar o isolamento térmico, não são teoricamente válidas nem devem ser usadas em conjuntos de vestuários de protecção. Por exemplo, quando uma peça de vestuário é adicionada a um conjunto e protege partes do corpo previamente descobertas, o impacto no isolamento térmico proporcionado pelo novo conjunto

será superior quando comparado com a situação em que a peça individual é colocada por cima de peças já existentes, uma vez que, neste caso, a contribuição para a redução do calor perdido pelo corpo terá menor significado. Ou seja, o contributo de uma peça individual para o isolamento térmico de um conjunto depende, entre outros factores, da área coberta pela peça e da posição relativa em relação a outras peças e à superfície da pele exposta (McCullough, 2001). Assim, apesar de o isolamento térmico básico de uma peça individual de vestuário apresentar um valor constante, o aumento do nível de isolamento por ela proporcionado num conjunto não o é.

Numa outra perspectiva, a precisão associada à estimativa do isolamento térmico de conjuntos de vestuário a partir de tabelas de referência e das expressões apresentadas é relativamente baixa. Gavhed *et al.* (2000) num trabalho realizado com o objectivo de testar o uso das expressões de somatório, indicam que 5 entre 6 indivíduos subestimaram o isolamento básico de conjuntos de vestuário de protecção contra o frio. Também McCullough *et al.* (1985) num estudo efectuado com estudantes da área dos têxteis e vestuário com conhecimento das variáveis que influenciam o valor do isolamento e prática no uso de tabelas de referência, mostra que os alunos não foram capazes de associar correctamente as peças usadas a uma base de dados onde constavam os valores de isolamento térmico correspondentes. O efeito da experiência na estimativa do isolamento térmico foi investigado por Kähkönen *et al*. (1990) através de um painel constituído por 9 indivíduos, 4 com experiência e 5 principiantes. Concluíram que, apesar das diferenças individuais significativas, a precisão das estimativas foram equivalentes nos dois grupos.

2.6. FACTOR DE ÁREA DO VESTUÁRIO, f_{cl}

A utilização de vestuário implica um aumento da área superficial de um indivíduo. O factor correctivo que traduz este aumento de área disponível para a transferência de calor designa-se por factor de área do vestuário, f_{cl}. Este parâmetro adimensional é definido como a relação entre a área superficial de uma pessoa vestida (A_{cl}) e nua (A_{DuBois}),

$$f_{cl} = \frac{A_{cl}}{A_{DuBois}}. \qquad (2.13)$$

A área da superfície corporal pode ser calculada a partir da expressão proposta por Fujimoto e Watanabe (1965),

$$A_{DuBois} = 0{,}188 \times m^{0{,}444} \times h^{0{,}663}. \qquad (2.14)$$

No entanto, a expressão mais utilizada para a determinação da área superficial de corpo nu é a de DuBois e DuBois (1916),

$$A_{DuBois} = 0{,}202 \times m^{0{,}425} \times h^{0{,}725}, \qquad (2.15)$$

onde A_{DuBois}, representa a área superficial do corpo humano nu [m^2], m a massa corporal do indivíduo [kg] e h a altura [m].

O factor f_{cl} foi objecto de um número restrito de estudos, encontrando-se uma boa parte dos valores disponíveis coligidos sob a forma de tabelas na Norma ISO 9920 (1995) e em McCullough *et al.* (1985). Este factor pode ser determinado por métodos fotográficos através da comparação dos registos do manequim ou pessoa nua e com vestuário (Fanger, 1970). A área projectada do indivíduo ou manequim é medida em seis direcções e, para cada direcção, o factor de área do vestuário ($f_{cl,i}$) é obtido pela relação entre a área projectada da pessoa ou manequim vestido ($A_{cl,i}$) e nu ($A_{DuBois,i}$),

$$f_{cl,i} = \frac{A_{cl,i}}{A_{DuBois,i}}. \qquad (2.16)$$

O valor final de f_{cl} corresponde ao somatório dos valores obtidos em cada direcção

$$f_{cl} = \frac{f_{cl_1} + f_{cl_2} + f_{cl_3} + \ldots + f_{cl_6}}{6}. \qquad (2.17)$$

Este método exige que a posição e a postura com e sem vestuário se mantenha inalterável em relação à câmara. Para além de dispendiosa, esta metodologia requer muito tempo e os resultados obtidos não são muito precisos (McCullough *et al*., 1985). No entanto, Olesen *et al.* (1982) indicam que a melhor aproximação é a obtida com este método. Ligeiras diferenças no corte do vestuário, na ajustabilidade, na maneira como as peças são vestidas, assim como a postura do corpo, são factores que afectam o valor de f_{cl}. Consequentemente, a mesma peça de vestuário pode apresentar valores distintos de f_{cl}.

Em virtude das dificuldades associadas à medição de f_{cl} têm sido feitas tentativas para estimar este factor a partir de I_{cl}, uma vez que o aumento de área depende da espessura do conjunto de vestuário e esta está relacionada com o isolamento térmico. Fanger (1970) e Hollies e Goldman (1977) propõem a expressão

$$f_{cl} = 1 + 0{,}15 \times I_{cl} \qquad I_{cl}, [clo]. \qquad (2.18)$$

Nesta abordagem têm sido sugeridas expressões para peças individuais e para conjuntos de vestuário. McCullough e Jones (1983), com base em dados coligidos por Sprague and Munson (1974), propõem

$$f_{cl} = \begin{cases} 1{,}0 + 0{,}26 \times I_{cl} & \textit{para peças isoladas} \\ 1{,}0 + 0{,}29 \times I_{cl} & \textit{para conjuntos} \end{cases} \qquad I_{cl},\ [clo]. \qquad (2.19)$$

Os mesmos autores, baseados em informação recolhida por McCullough *et al*. (1983), indicam

$$f_{cl} = \begin{cases} 1{,}0 + 0{,}43 \times I_{cl} & \textit{para peças isoladas} \\ 1{,}0 + 0{,}34 \times I_{cl} & \textit{para conjuntos} \end{cases} \qquad I_{cl},\ [clo]. \qquad (2.20)$$

Por sua vez, Olesen and Nielsen (1983) sugerem a expressão seguinte para conjuntos

$$f_{cl} = 1 + 0{,}26 \times I_{cl} \qquad I_{cl},\ [clo]. \qquad (2.21)$$

Este tipo de análise foi retomado por McCullough *et al*. (1985) usando um conjunto representativo de 115 peças individuais e 60 conjuntos de vestuário. Os resultados obtidos indicam que a correlação entre f_{cl} e I_{cl} é pequena, pelo que a estimativa de f_{cl} apenas com base em I_{cl}, deve ser encarada apenas como uma aproximação. As expressões propostas neste estudo para peças individuais e conjuntos são

$$f_{cl} = \begin{cases} 1{,}0 + 0{,}46 \times I_{cl} & \textit{para peças isoladas} \\ 1{,}0 + 0{,}31 \times I_{cl} & \textit{para conjuntos} \end{cases} \qquad I_{cl},\ [clo]. \qquad (2.22)$$

As Normas ISO 9920 (1995), ASHRAE (2001) e ISO/TR 11079 (1993), adoptam para conjuntos de vestuário a expressão empírica proposta neste trabalho. Quando expressa em unidades de resistência térmica, toma a forma

$$f_{cl} = 1 + 1{,}97 \times I_{cl} \qquad I_{cl},\ [\mathrm{m^2\ ^oC/W}]. \qquad (2.23)$$

Por sua vez, a Norma ISO 7730 (1994) estima o factor f_{cl} de acordo com o seguinte critério

$$f_{cl} = \begin{cases} 1 + 1{,}29 \times I_{cl} & I_{cl} \leq 0{,}078 \ m^2 {}^o C / W \\ 1{,}05 + 0{,}645 \times I_{cl} & I_{cl} > 0{,}078 \ m^2 {}^o C / W \end{cases}, \qquad (2.24)$$

ou

$$f_{cl} = \begin{cases} 1 + 0{,}2 \times I_{cl} & I_{cl} \leq 0{,}5 \ clo \\ 1{,}05 + 0{,}1 \times I_{cl} & I_{cl} > 0{,}5 \ clo \end{cases}. \qquad (2.25)$$

Antes de terminar, refira-se que o estudo deste parâmetro continua a merecer a atenção de alguns investigadores, destacando-se como exemplos os trabalhos desenvolvidos por McCullough *et al*. (2005) e Gao *et al*., (2005).

2.7. ESTIMATIVA DO ISOLAMENTO TÉRMICO A PARTIR DA MASSA, DA ÁREA COBERTA E DA ESPESSURA DOS TECIDOS

A massa, a área coberta e a espessura dos tecidos que compõem o vestuário, são variáveis que influenciam o isolamento térmico pelo que podem ser usadas como indicadores do desempenho de peças individuais e conjuntos. Por si só, cada um destes parâmetros não fornece uma indicação fiável do isolamento, contudo, quando combinados, podem resultar em estimativas aceitáveis. Este tipo de exercícios tem vindo a ser desenvolvido por algumas equipas de investigação. Em relação à massa do vestuário, m_{vest}, a ASHRAE 55 (1992), sugere o valor de 0,35 *clo*/kg, enquanto que Olesen e Nielsen (1983) propõem a relação de 0,59 e 0,57 *clo*/kg, respectivamente para peças individuais e conjuntos de vestuário, omitindo os sapatos. McCullough *et al*. (1985) indicam que para peças individuais a relação entre o peso e o isolamento é pequena, todavia, para conjuntos, constitui um método aceitável de previsão e apontam para 0,74 *clo*/kg.

Quanto à área coberta pelo vestuário, A_{cob}, McCullough *et al*. (1983) foram os primeiros a relacionar este parâmetro com I_{cl}, tendo proposto a expressão

$$I_{clu} = 0{,}0083 \times A_{cob} - 0{,}071, \qquad (2.26)$$

em que A_{cob} representa a área superficial coberta com vestuário, expressa em percentagem.

Na Norma ISO 9920 (1995) são apresentadas as expressões (2.27) e (2.28) obtidas a partir de peças de vestuário que apresentavam valores de isolamento térmico compreendidos entre 0,02 e 0,5 *clo* e áreas cobertas entre 5 e 82%,

$$I_{clu} = 0{,}095 \times 10^{-2} \times A_{cob} \qquad I_{clu}, [\mathrm{m^2\ ^oC/W}], \qquad (2.27)$$

$$I_{clu} = 0{,}61 \times 10^{-2} \times A_{cob} \qquad I_{clu}, [clo]. \qquad (2.28)$$

Quando é conhecida a espessura do tecido a partir do qual é feita a peça de vestuário, e_{tec} [m], uma estimativa do isolamento térmico efectivo pode ser obtida através de (ISO 9920, 1995)

$$I_{clu} = 0{,}067 \times 10^{-2} \times A_{cob} + 0{,}217 \times e_{tec} \times A_{cob} \qquad I_{clu}, [\mathrm{m^2\ ^oC/W}], \qquad (2.29)$$

$$I_{clu} = 0{,}43 \times 10^{-2} \times A_{cob} + 1{,}4 \times e_{tec} \times A_{cob} \qquad I_{clu}, [clo]. \qquad (2.30)$$

Neste caso, as expressões (2.29) e (2.30) baseiam-se em resultados obtidos com peças que apresentavam valores de isolamento entre 0,02 e 1,05 *clo*. De notar que a espessura do tecido deve ser medida segundo as especificações da Norma ASTM D 1777 (1996), nomeadamente uma pressão de 69,1 N/m^2 e um calibre com 7,5 cm de diâmetro.

Uma análise mais pormenorizada sobre a estimativa do isolamento térmico a partir da massa (m_{vest}), da área coberta (A_{cob}) e da espessura dos tecidos (e_{tec}) que constituem o vestuário é efectuada por McCullough *et al*. (1985). Nas Tabela Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento.**.1** e Tabela Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento.**.2** estão coligidas as expressões empíricas propostas nesta publicação para peças individuais e conjuntos.

Tabela Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento.**.1** Expressões empíricas para estimativa do isolamento térmico de peças individuais
(adaptado de McCullough et al., 1985)

Peças individuais de vestuário
$I_{cl} = (0{,}687 \times m_{vest}) + 0{,}146$
$I_{cl} = (0{,}961 \times m_{vest})$
$I_{cl} = (0{,}00973 \times A_{cob}) - 0{,}0832$
$I_{cl} = (0{,}00824 \times A_{cob})$

Tabela Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento.**.2** Expressões empíricas para estimativa do isolamento térmico de conjuntos
(adaptado de McCullough *et al*., 1985)

Conjuntos de vestuário
$I_{cl} = (0{,}476 \times m_{vest}) + 0{,}351$
$I_{cl} = (0{,}740 \times m_{vest})$
$I_{cl} = (0{,}0179 \times A_{cob}) - 0{,}550$
$I_{cl} = (0{,}0110 \times A_{cob})$

$I_{cl} = (0{,}0102 \times A_{cob}) + (0{,}0431 \times e_{tec}) - 0{,}164$	$I_{cl} = (0{,}382 \times m_{vest}) + (0{,}00614 \times A_{cob}) - 0{,}0297$
$I_{cl} = (0{,}00776 \times A_{cob}) + (0{,}0212 \times e_{tec})$	$I_{cl} = (0{,}386 \times m_{vest}) + (0{,}00571 \times A_{cob})$
$I_{cl} = (0{,}00790 \times A_{cob}) + (0{,}00131 \times e_{tec} \times A_{cob}) - 0{,}00745$	$I_{cle} = (0{,}432 \times m_{vest}) + 0{,}250$
$I_{cl} = (0{,}0653 \times A_{cob}) + (0{,}00133 \times e_{tec} \times A_{cob})$	$I_{cle} = (0{,}621 \times m_{vest})$
$I_{cle} = (0{,}570 \times m_{vest}) + 0{,}0879$	$I_{cle} = (0{,}0160 \times A_{cob}) - 0{,}551$
$I_{cle} = (0{,}734 \times m_{vest})$	$I_{cle} = (0{,}00914 \times A_{cob})$
$I_{cle} = (0{,}00724 \times A_{cob}) - 0{,}0639$	$I_{cle} = (0{,}345 \times m_{vest}) + (0{,}00512 \times A_{cob}) - 0{,}0676$
$I_{cle} = (0{,}00609 \times A_{cob})$	$I_{cle} = (0{,}365 \times m_{vest}) + (0{,}00412 \times A_{cob})$
$I_{cle} = (0{,}00773 \times A_{cob}) + (0{,}0446 \times e_{tec}) - 0{,}147$	
$I_{cle} = (0{,}00553 \times A_{cob}) + (0{,}0249 \times e_{tec})$	
$I_{cle} = (0{,}00534 \times A_{cob}) + (0{,}00135 \times e_{tec} \times A_{cob}) - 0{,}0549$	
$I_{cle} = (0{,}00433 \times A_{cob}) + (0{,}00137 \times e_{tec} \times A_{cob})$	

2.8. RESISTÊNCIA EVAPORATIVA E PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA

A evaporação do suor da superfície da pele é um dos mecanismos mais eficientes do sistema termoregulador do corpo humano. Neste contexto, a permeabilidade ao vapor de água do vestuário é uma característica importante, constituindo mesmo um factor determinante na presença de elevados níveis de metabolismo e/ou quando as pessoas são expostas a ambientes térmicos adversos, característicos de situações de stresse térmico devido ao frio ou ao calor.

Os conceitos associados à transferência de calor latente são definidos de forma análoga aos da transferência de calor sensível (*vd*. Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento.**.2**). A resistência evaporativa total proporcionada por peças ou conjuntos de vestuário e pela camada superficial de ar, $R_{e,T}$ [m^2 kPa/W], é determinada por (ISO 9920, 1995)

$$R_{e,T} = \frac{p_{sk} - p_a}{\dot{Q}_e}, \qquad (2.31)$$

onde p_{sk} e p_a representam, respectivamente, a pressão de vapor de água na superfície da pele e no ambiente [kPa], e $\dot{Q}_e$ o fluxo de calor evaporativo na superfície da pele [W/m^2].

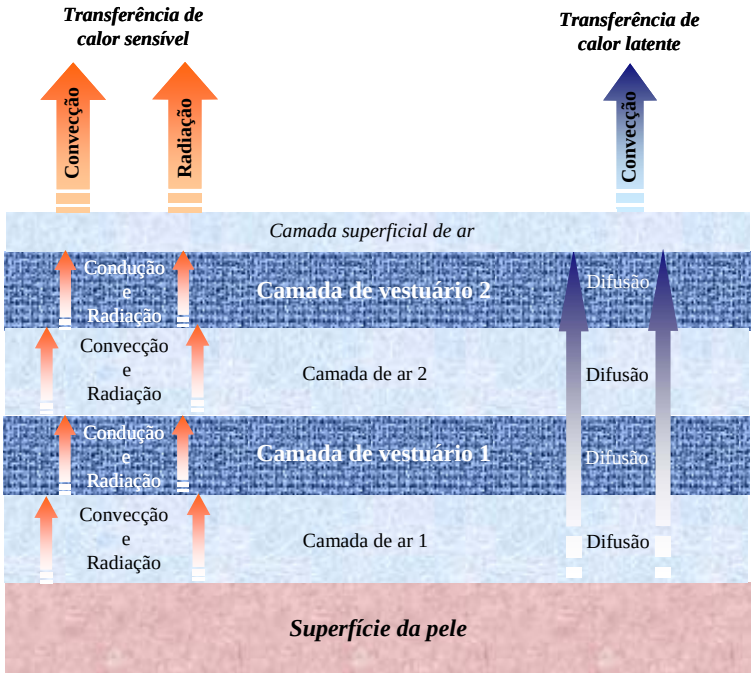

Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento.**.2** Representação esquemática da transferência de calor sensível e latente através do vestuário (adaptado de McCullough *et al*., 1989).

De outra forma, a resistência evaporativa total é calculada somando as contribuições relativas às camadas de tecidos de vestuário, $R_{e,cle}$, e à camada superficial de ar, $R_{e,a}$. No entanto, é normalmente desejável conhecer a resistência evaporativa das camadas de tecido isoladamente, uma vez que a resistência evaporativa total inclui a camada superficial de ar que é influenciada pela velocidade do ar. Quando definida em termos efectivos, $R_{e,cle}$, é calculada por

$$R_{e,cle} = R_{e,T} - R_{e,a}\,, \tag{2.32}$$

enquanto que se for expressa em termos básicos ou intrínsecos é dada por

$$R_{e,cl} = R_{e,T} - \frac{R_{e,a}}{f_{cl}}\,. \tag{2.33}$$

A resistência evaporativa da camada superficial de ar, $R_{e,a}$, é obtida através da expressão

$$R_{e,a} = \frac{1}{h_{evap}}\,, \tag{2.34}$$

em que h_{evap} [W/m^2 kPa] representa o coeficiente de transferência de calor por evaporação, factor normalmente determinado a partir da relação de Lewis, *LR*, definida como

$$LR = \frac{h_{evap}}{h_{conv}}. \tag{2.35}$$

A relação de Lewis não depende da dimensão e forma do corpo, da temperatura e velocidade do ar, sendo antes afectada pelas propriedades físicas dos gases envolvidos e pela pressão atmosférica (Parsons, 2003). No caso do ar e vapor de água, ao nível do mar, *LR* é considerado constante e igual a 16,5 ºC/kPa.

As propriedades do vestuário em relação à transferência de calor latente são também quantificadas através de índices, normalmente relacionados com a permeabilidade ao vapor de água. Uma das características do vestuário é que ele impede mais a transferência de calor evaporativo do que a transferência de calor sensível (Kerslake, 1972). Neste sentido, Woodcock (1962) propôs um indicador da performance evaporativa de um conjunto de vestuário, denominado índice de permeabilidade ao vapor de água total, $i_{m,T}$. Definido como a razão entre o fluxo de calor evaporativo entre a pele e o ambiente e o fluxo de calor sensível, comparado com a relação de Lewis, é determinado a partir de (ASHRAE, 2001)

$$i_{m,T} = \frac{(1/R_{e,t})/(1/I_T)}{LR} = \frac{I_T}{LR \times R_{e,T}}. \tag{2.36}$$

O índice de permeabilidade ao vapor de água total varia de 0 a 1, correspondendo o extremo inferior a um material impermeável. Para um indivíduo nu, $i_{m,T}$ é tipicamente igual a 0,5, enquanto que vestuário comum apresenta um valor de 0,4, sendo normalmente atribuído a vestuário impermeável o valor de 0,2 (Parsons, 2003).

Este índice de permeabilidade pode também ser expresso em termos efectivos, $i_{m,cle}$, básicos, $i_{m,cl}$, e em relação à camada superficial de ar, $i_{m,a}$ (McCullough *et al*., 1989) por

$$i_{m,cle} = \frac{I_{cle}}{LR \times R_{e,cle}}, \tag{2.37}$$

$$i_{m,cl} = \frac{I_{cl}}{LR \times R_{e,cl}}, \tag{2.38}$$

$$i_{m,a} = \frac{I_a}{LR \times R_{e,a}}. \tag{2.39}$$

Algumas das grandezas atrás definidas podem ser quantificadas utilizando diferentes técnicas. Nomeadamente, a resistência evaporativa total de peças e conjuntos de vestuário, $R_{e,T}$, pode ser medida com recurso a pessoas activas ou com manequins térmicos (ISO 9920, 1995 ; McCullough *et al*., 1989). As medições com pessoas são normalmente realizadas em

condições realistas, tendo em conta os efeitos do movimento do corpo e da velocidade do ar, assumindo-se, para além disso, que a evaporação do suor ocorre toda na superfície da pele, embora algum possa ser absorvido pelo vestuário e evaporado posteriormente (ISO 9920, 1995).

Apesar de actualmente se constatar um crescente interesse na avaliação dos parâmetros que quantificam as propriedades evaporativas de peças e conjuntos de vestuário, o número de manequins e equipamentos disponíveis é ainda reduzido, pelo que algumas equipas de investigação têm vindo a desenvolver esforços no sentido de propor expressões empíricas para estimar estes factores. Ao contrário do que acontece para as grandezas associadas à transferência de calor sensível, para os parâmetros relacionados com a transferência de calor latente existem ainda poucos métodos de previsão. Também o número de normas neste domínio é limitado, apontando-se apenas o caso da ASTM F 2370 (2005) como a única conhecida que trata especificamente da metodologia de avaliação da resistência evaporativa de vestuário com manequins térmicos com a capacidade de transpirar.

Para têxteis, porém, as técnicas de medição são mais simples, numerosas e encontram-se mais desenvolvidas. Uma revisão destas metodologias foi efectuada por McCullough *et al.*, (2003), ilustrando a Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento.**.3** os equipamentos destinados à avaliação das propriedades associadas à transferência de calor sensível e latente desenvolvidos pela *Measurement Technology Northwest* (MTNW). Neste âmbito, refiram-se as Normas ISO 11092 (1993), ISO 15496 (2004), ASTM F 1868 (2000), ASTM F 2298 (2003) e ASTM E96 (1999), onde se definem as especificações de ensaios de resistência térmica e evaporativa e de permeabilidade ao vapor de água.

Mecheels e Umbach (1977) usaram um modelo de cálculo unidimensional e multi-camada para estimar a resistência evaporativa de sistemas de vestuário a partir de dados de isolamento térmico medidos num manequim, e da permeabilidade ao vapor de água dos tecidos obtidos com amostras nos testes padrão da resistência térmica e evaporativa. Todavia, esta técnica não foi ainda validada com medições experimentais efectuadas em manequins com a capacidade de transpirar.

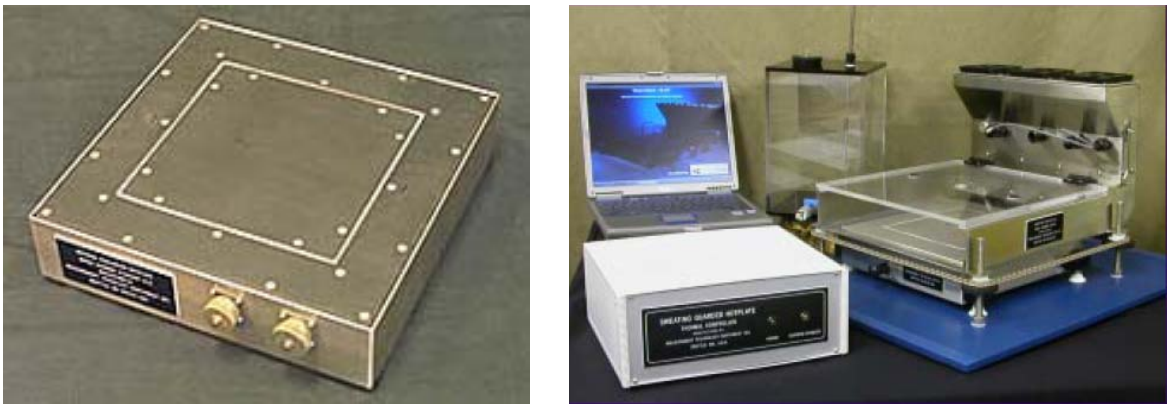

Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento.**.3** Dispositivos de medição da resistência térmica "*dry hot plate*" (esquerda) e da resistência evaporativa "*skin model-sweating guarded hot plate*" (direita)
(adaptado de MTNW Thermal Newsletter nº 4, 2005*b*).

A Norma ISO 9920 (1995) indica que a resistência evaporativa total, $R_{e,T}$, pode ser estimada a partir do isolamento térmico do vestuário, I_{cl}, e sugere para vestuário normal e permeável de uma ou duas camadas a expressão,

$$R_{e,T} = 0{,}06 \times \left[\frac{1}{h_{conv}} + 2{,}22 \times \left(I_{cl} - I_a \right) \times \left(1 - \frac{1}{f_{cl}} \right) \right]. \qquad (2.40)$$

Outro método consiste em estimar a resistência evaporativa total através da relação de Lewis, *LR*, e do índice de permeabilidade, i_m. Considerando *LR* igual a 16,5 ºC/kPa na expressão (2.36), esta resulta em

$$R_{e,T} = \frac{0{,}06 \times I_T}{i_{m,T}} = \frac{0{,}06}{i_{m,T}} \times \left(I_{cl} + \frac{I_a}{f_{cl}} \right). \qquad (2.41)$$

A Norma ISO 9920 (1995) e o Relatório Técnico ISO/TR 11079 (1993), propõem para o índice de permeabilidade total de vestuário comum e permeável de uma ou duas camadas, o valor de 0,38, pelo que a expressão (2.41) toma a forma

$$R_{e,T} = 0{,}16 \times \left(I_{cl} + \frac{I_a}{f_{cl}} \right) \qquad (2.42)$$

Por sua vez, a resistência evaporativa da camada superficial de ar e a resistência evaporativa intrínseca, podem também ser estimadas a partir da relação de Lewis. Considerando de novo *LR* igual a 16,5 ºC/kPa, temos,

$$R_{e,a} = \frac{1}{h_{evap}} = \frac{1}{LR \times h_{conv}} = \frac{0{,}06}{h_{conv}} \tag{2.43}$$

e,

$$R_{e,cl} = \frac{I_{cl}}{LR \times i_{m,cl}} = 0{,}06 \times \frac{I_{cl}}{i_{m,cl}} . \tag{2.44}$$

Para vestuário permeável comum de uma ou duas camadas, o termo $i_{m,cl}$ é normalmente admitido como sendo igual a 0,34 pelo que a expressão (2.44) se reduz a (ISO 9920, 1995)

$$R_{e,cl} = 0{,}18 \times I_{cl} . \tag{2.45}$$

A informação relativa à resistência e à permeabilidade ao vapor de água disponível na literatura não é muito abundante. Para vestuário comum, a Norma ISO 9920 (1995) e McCullough *et al*. (1989) apresentam tabelas com valores de referência. No caso de vestuário para aplicações especiais, nomeadamente vestuário de protecção contra agentes físicos, químicos ou biológicos, o índice de permeabilidade total pode ser consideravelmente reduzido, pelo que se recomenda a consulta de especialistas e uma maior prudência no uso destas expressões empíricas.

Mais uma vez e no contexto deste trabalho, justifica-se uma alusão ao vestuário de protecção contra o frio. Normalmente refere-se que este tipo de vestuário deve possuir uma baixa permeabilidade ao ar e baixa resistência ao vapor de água. Em particular quando está presente uma componente convectiva importante, por exemplo em locais de trabalho dotados de evaporadores de dimensões generosas, a permeabilidade ao ar pode desempenhar um papel relevante. No que diz respeito à permeabilidade ao vapor de água, a transpiração e a consequente absorção de vapor de água pelo vestuário deve, sempre que possível, ser evitada em virtude da redução de isolamento que provoca. De facto, em condições muito frias, a passagem do vapor de água através do vestuário é dificultada, condensando e eventualmente até congelando, no seu interior. Tratando-se de exposições intermitentes, típicas das rotinas de trabalho em câmaras frigoríficas, ou em condições próximas e superiores a 0 ºC, o valor da resistência ao vapor de água dos tecidos torna-se cada vez mais importante e tecidos com um valor baixo podem contribuir para melhorar o equilíbrio e o conforto térmico (NP ENV 342, 2001).

2.9. ISOLAMENTO TÉRMICO EM CONDIÇÕES DINÂMICAS

A generalidade do vestuário apresenta camadas de ar internas e aberturas que permitem trocas de ar com o ambiente. Na presença de movimento, o microclima interior é alterado, verificando-se um aumento da convecção entre a pele e o vestuário e entre as camadas de vestuário. Este fenómeno, que muitos autores de língua inglesa designam por "*Pumping Effect*", pode ser denominado de "*Efeito de Bombagem*". Além dos movimentos naturais do corpo, a velocidade de passada, a postura, o nível de actividade física, a velocidade do ar, a acumulação de suor, a compressão, a espessura, o número de camadas e ajustabilidade do vestuário, entre outros efeitos, contribuem para que o isolamento térmico resultante proporcionado pelo vestuário possa ser consideravelmente reduzido. O conhecimento de que estas afectam o isolamento térmico não é recente, tendo já sido afirmado por Gagge *et al*. (1941), Belding *et al*. (1947*a*), Belding (1949) e Pugh (1966) há algumas décadas.

A dificuldade em quantificar de forma adequada todos estes factores está patente na simplicidade com que as disposições normativas existentes actualmente os consideram. Como exemplos, a Norma ISO 9920 (1995) e o Relatório Técnico ISO/TR 11079 (1993) sugerem, de forma simples, uma diminuição de 20% no valor do isolamento (I_{cl}) para actividades com metabolismo superior a 100 W/m^2, e 10% para actividades com $M \leq 100$ W/m^2.

Neste contexto, o aparecimento de manequins capazes de assumir diferentes posturas e de reproduzir movimentos de passada representam marco importante e um contributo essencial para a obtenção de valores de isolamento térmico mais realistas, na medida em que permitem uma avaliação mais correcta do processo de transferência de calor na presença de efeitos dinâmicos. Em consequência e dada a relevância limitada dos valores de isolamento obtidos com os manequins numa condição estática, esta temática ganhou um novo impulso na comunidade científica, pelo que nos últimos anos se tem vindo a assistir a um interesse cada vez maior pelo assunto por parte de várias equipas de investigadores.

Para além dos trabalhos realizados com manequins térmicos, algumas equipas procedem também a ensaios com pessoas em condições dinâmicas, constituindo exemplos os trabalhos desenvolvidos por Olesen e Nielsen (1984), Nielsen *et al*. (1985) e Havenith *et al*. (1990*a*, 1990*b*).

De notar que os conceitos de isolamento térmico explicitados nos parágrafos precedentes encontram correspondência no caso de medições levadas a cabo com o manequim em movimento. Para permitir uma distinção clara, ao longo do presente trabalho é adoptada nomenclatura específica que se ilustra recorrendo ao conceito de isolamento térmico total.

Enquanto que a sigla I_T se refere às condições de ensaio padrão (manequim em pé e estático), o símbolo $I_{T,dinâmico}$ identifica-se com as avaliações em condições dinâmicas, termo aqui aplicado em sentido lato uma vez que se pode referir aos movimentos do corpo, incluindo a marcha, ou às condições de incidência de vento. Quando as especificações de ensaio incluem os movimentos de passada ou obedecem aos requisitos da NP ENV 342 (2001), nomeadamente uma velocidade de passada de 45 ± 2 passos por minuto, os conceitos de isolamento térmico denominam-se resultantes e adopta-se a nomenclatura $I_{T,r}$.

Uma vez que os movimentos do corpo, em particular os associados ao caminhar, constituem a forma mais comum de ventilação do vestuário, nos vários estudos que têm vindo a ser efectuados este aspecto é habitualmente privilegiado, sendo por vezes conjugado com uma ou mais variáveis que influenciam o isolamento térmico. Os resultados obtidos são normalmente apresentados na forma de coeficientes de correcção simples, como expressões empíricas que têm em conta uma ou mais variáveis, ou de um modo mais elaborado através de algoritmos de cálculo baseados em programas de computador.

São exemplo os estudos de Afanasieva *et al*. (2000) que mostram uma redução de 10% no valor do isolamento térmico de conjuntos de vestuário de protecção contra o frio sob a influência de uma velocidade do vento de 1 m/s, e de 33% quando o manequim executa movimentos de marcha correspondentes a 0,8 m/s. Nilsson *et al*. (2000) indicam que relativamente ao valor obtido com o manequim térmico nas condições de ensaio padrão, a redução no isolamento pode chegar a 70% em resultado da acção combinada do vento e movimentos do corpo. Por sua vez, Holmér e Nilsson (1995) indicam uma diminuição de 20 a 30% devida apenas aos movimentos de passada enquanto que Olesen e Nielsen (1984) anunciam 35 a 50% de redução devida ao caminhar e à acção do vento (1,1 m/s). De uma forma geral pode afirmar-se que a ordem de grandeza da correcção depende da intensidade da actividade, da velocidade do vento e da velocidade da marcha (Holmér, 1991).

2.9.1. INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DO VENTO

O efeito da velocidade do vento, por si só, tem sido alvo de um número restrito de estudos. Olesen e Nielsen (1983) mediram o isolamento térmico de 8 conjuntos de vestuário típicos de ambientes interiores, maioritariamente com uma ou duas camadas. Com o manequim estático e em pé, exposto a uma velocidade de 1,1 m/s, estes autores indicam a expressão

$$I_{cl_{dinâmico}} = 1{,}03 \times I_{cl} - 0{,}212 \qquad (r^2 = 0{,}88). \qquad (2.46)$$

Nilsson *et al*. (2000) estudaram 10 conjuntos de vestuário de protecção contra o frio com valores de isolamento térmico total entre 2,24 e 4,61 *clo* e uma permeabilidade ao ar entre 1 e 1000 l/m^{2}s. A Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento..**4** mostra os resultados obtidos para 6 níveis de velocidade do vento entre 0,4 e 18 m/s. Observa-se claramente que o efeito da velocidade do vento é acentuado pela permeabilidade do vestuário.

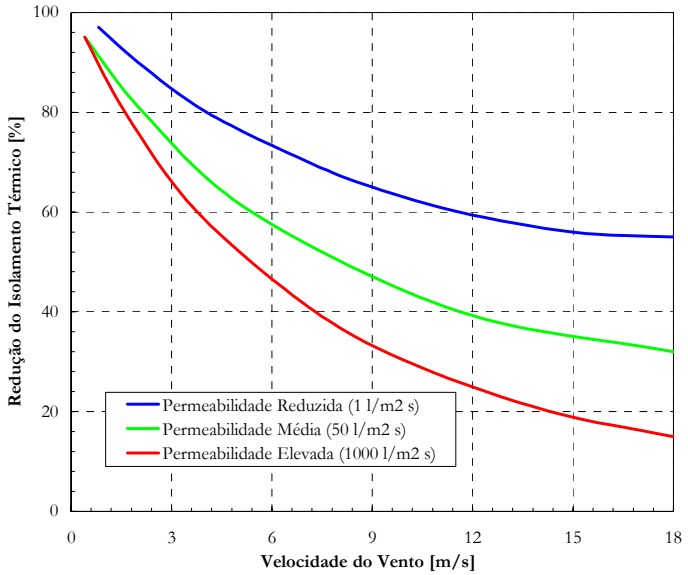

Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento..**4** Efeito da velocidade do vento na redução do isolamento térmico do vestuário (adaptado de Nilsson *et al*. 2000).

2.9.2. INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DE PASSADA

Quanto à influência da velocidade de passada no isolamento térmico, o estudo atrás citado de Olesen e Nielsen (1983) sugere a equação

$$I_{cl_{dinâmico}} = 1{,}25 \times I_{cl} - 0{,}502 \qquad (r^2 = 0{,}95). \qquad (2.47)$$

Kim e McCullough (2000) num estudo com 30 conjuntos de vestuário para ambientes térmicos frios ($1{,}10 < I_{cl} < 3{,}67$ *clo* ; $1{,}54 < I_T < 4{,}12$ *clo*), indicam que a redução no isolamento térmico devido aos movimentos de passada variou entre 12 e 51% e propõem as expressões (2.48) e (2.49) representadas na Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento..**5** e na Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento..**6**.

$$I_{cl_{dinâmico}} = 0{,}883 \times I_{cl} - 0{,}290 \qquad (r^2 = 0{,}95), \qquad (2.48)$$

$$I_{T_{dinâmico}} = 0{,}893 \times I_T - 0{,}393 \qquad (r^2 = 0{,}95). \qquad (2.49)$$

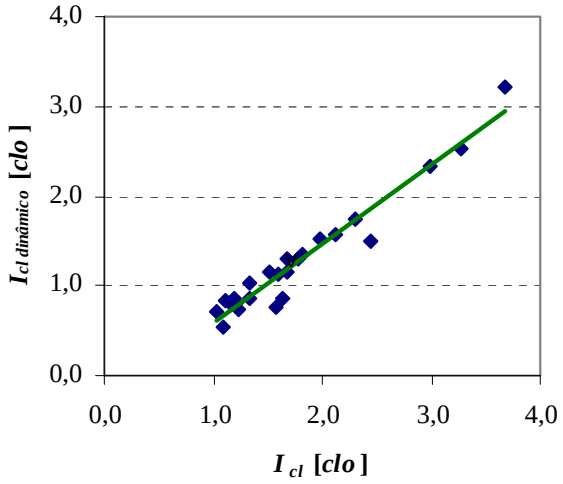

Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento..**5** I_{cl} versus $I_{cl_{dinâmico}}$

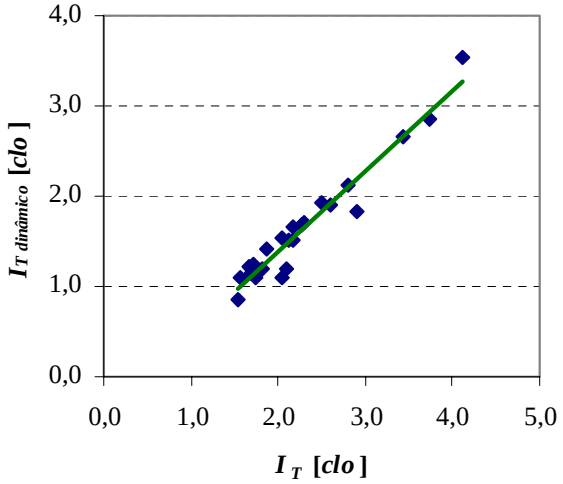

Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento..**6** I_T versus $I_{T_{dinâmico}}$

Havenith e Nilsson (2004) reuniram a informação de vestuário obtida por Kim e McCullough (2000) e Nilsson *et al*. (2000) e propõem a expressão,

$$I_{T_{dinâmico}} = 0{,}910 \times I_T - 0{,}371 \qquad (r^2 = 0{,}91). \qquad (2.50)$$

Esta análise foi complementada com a inclusão dos dados de vestuário de trabalho obtidos por Havenith *et al*. (1990*a*, 1990*b*) ($1{,}22 < I_T < 1{,}72$ *clo*). A expressão final que considera os três estudos é

$$I_{T_{dinâmico}} = 0{,}868 \times I_T - 0{,}255 \qquad (r^2 = 0{,}91). \qquad (2.51)$$

Esta equação é baseada numa velocidade de marcha compreendida entre 0,8 e 1,2 m/s, com a maioria dos dados situados no intervalo de 0,8 a 1 m/s (Havenith e Nilsson, 2004).

Um dos aspectos mais importantes neste domínio relaciona-se com a velocidade de passada, valorizando-se por isso o facto de as pesquisas bibliográficas revelaram terem já sido consideradas várias velocidades de marcha. Um dos primeiros estudos efectuados com manequins em movimento foi realizado por Nielsen *et al*. (1985), tendo então utilizado uma velocidade de 3,75 km/h, o que corresponde a uma velocidade ligeiramente superior a 90 passos por minuto. Kim e McCullough (2000), no já citado estudo com 30 conjuntos de vestuário para ambientes térmicos frios, fixaram a velocidade também nesse valor (90 passos por minuto, ≅ 1 m/s). Holmér (2001), num estudo com 2 conjuntos de vestuário de Inverno utilizou para velocidade padrão 74 passos por minuto (≅ 0,8 m/s). Por sua vez, Nilsson *et al*.

(1992) e Holmér *et al*. (1992) empregaram 55 e 30 passos por minuto em testes com indumentárias de trabalho e Anttonen (2000), em ensaios com vestuário de protecção para o frio, utilizou 45 passos por minuto. Este valor veio mais tarde a ser adoptado como velocidade de referência na NP ENV 342 (2001), publicação normativa que especifica os requisitos e métodos de ensaio de isolamento térmico de vestuário de protecção contra o frio. Esta norma foi publicada na versão de Norma Europeia em Julho de 2004 - EN 342 (2004) -, e corrigiu a velocidade de teste para 90 passos por minuto.

2.9.3. EFEITO COMBINADO DE VARIÁVEIS

Os estudos mais recentes neste domínio têm vindo a ser orientados no sentido de avaliar a acção combinada de duas ou mais variáveis. A velocidade do ar e a velocidade de passada do manequim, o metabolismo e a permeabilidade do vestuário têm sido os parâmetros mais em foco. Nilsson e Holmér (1997), na sequência de um estudo efectuado com 9 conjuntos de vestuário com um máximo de três camadas, propõem a expressão (2.52) para prever o efeito combinado da velocidade de passada (w_s, [m/s]) e da velocidade do vento (v_a, [m/s]),

$$\frac{I_{T_{dinâmico}}}{I_T} = e^{\left(-0{,}335\times v_a - 0{,}214\times w_s\right)}. \qquad (2.52)$$

Com o objectivo de vir a integrar a nova versão da Norma ISO 7933 e possivelmente também da ISO 7730, Holmér *et al*. (1999) sugerem a expressão (2.53), válida para velocidade de marcha até 1,2 m/s e velocidade do vento entre 0,2 e 3 m/s,

$$\frac{I_{T_{dinâmico}}}{I_T} = e^{\left(0{,}043 - 0{,}398\times v_a + 0{,}066\times v_a^2 - 0{,}378\times w_s + 0{,}094\times w_s^2\right)}. \qquad (2.53)$$

Esta equação baseia-se nos resultados obtidos por Havenith *et al*. (1990*a*) e Nilsson e Holmér (1997), excluindo neste último caso os dois conjuntos de vestuário de três camadas uma vez que se admitiu como improvável o seu uso em ambientes térmicos quentes. Esta expressão é também proposta por Holmér e Havenith (2001), tendo como base o mesmo estudo de Havenith *et al*. (1990*a*) e um outro de Nilsson (1997*b*) realizado com 5 conjuntos de vestuário num manequim com a capacidade de realizar movimentos de marcha. Neste caso, a expressão aplica-se para velocidades de passada e do vento até 1,2 e 2 m/s, respectivamente, e I_{cl} compreendido entre 0 e 1,3 *clo*.

Havenith e Nilsson (2004) reuniram a informação dos estudos de Havenith *et al*. (1990*a*) e Holmér *et al*. (1999) e indicam a expressão (2.54), válida para vestuário de trabalho (1,22 *clo* < I_T < 1,84 *clo*), com velocidade de passada limitada a 1,2 m/s e velocidade do vento compreendida entre 0,15 e 3,5 m/s,

$$\frac{I_{T_{dinâmico}}}{I_T} = e^{\left(-0{,}281\times(v_{ar}-0{,}15)+0{,}044\times(v_{ar}-0{,}15)^2-0{,}492\times w_s+0{,}176\times w_s^2\right)} (r^2=0{,}93). \quad (2.54)$$

v_{ar} [m/s] representa a velocidade relativa do ar e tem em conta a velocidade de referência na câmara climática[1]. Segundo a ISO DIS 9920 (2004) este parâmetro é determinado por

$$v_{ar} = \sqrt{\left[(w_s - v_a \times (cos\,\theta))^2 + (v_a \times sin(\theta))^2\right]}, \quad (2.55)$$

em que θ é o ângulo formado entre direcção da marcha e do vento, sendo 0 no caso de ambos terem a mesma direcção.

Apresentando o segundo membro da expressão (2.54) na forma de um factor de correcção, $corr.I_T$, a equação reduz-se a

$$\frac{I_{T_{dinâmico}}}{I_T} = corr.I_T\ . \quad (2.56)$$

Na Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento.**.7** representa-se graficamente este factor de correcção.

A avaliação dinâmica de I_a foi também alvo de atenção nos referidos estudos de Holmér *et al*. (1999) e Holmér e Havenith (2001). Em relação ao primeiro a expressão proposta é,

$$\frac{I_{a_{dinâmico}}}{I_a} = e^{\left(0{,}126-0{,}899\times v_a+0{,}246\times v_a^2-0{,}313\times w_s+0{,}097\times w_s^2\right)}, \quad (2.57)$$

enquanto que o segundo indica

$$\frac{I_{a_{dinâmico}}}{I_a} = e^{\left(-0{,}472\times v_a+0{,}047\times v_a^2-0{,}342\times w_s+0{,}117\times w_s^2\right)}. \quad (2.58)$$

[1] A Norma ISO 9920 (1995) especifica que a velocidade de referência na câmara climática é < 0,15 m/s, enquanto que as Normas NP ENV342 (2001) e EN342 (2004) indicam um valor compreendido em 0,3 e 0,5 m/s.

Na ausência de progressão efectiva sugere-se que o efeito da movimentação do corpo seja tido em conta em função do metabolismo por

$$w_s = 0{,}0052 \times (M - 58), \qquad (2.59)$$

em que M [W/m^2] representa o metabolismo. Neste caso, a contribuição de w_s é limitada a 0,7 m/s.

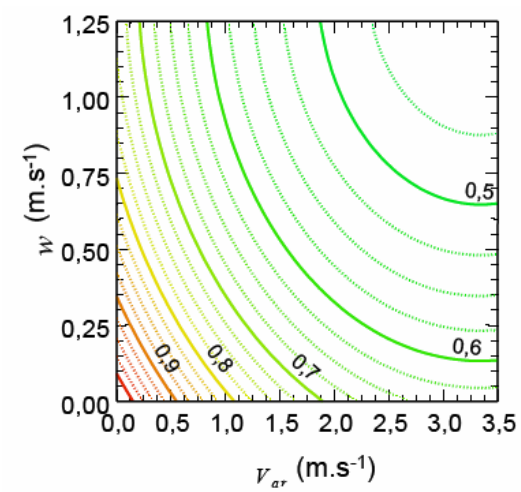

Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento..**7** Factor de correcção (*corr.*I_T) para indivíduos vestidos (0 < w_s < 1,2 m/s ; 0,15 < v_{ar} < 3,5 m/s) (adaptado de ISO DIS 9920, 2004).

A influência da permeabilidade (p) é também considerada em alguns trabalhos, sendo normalmente associada ao efeito da velocidade do vento e da marcha. No estudo de Nilsson *et al*. (2000) (*vd*. secção 2.9.1) é proposta a expressão

$$\frac{I_{T_{dinâmico}}}{I_T} = 0{,}54 \times e^{(-0{,}15 \times v_{ar} - 0{,}22 \times w_s)} \times p^{0{,}075} - 0{,}06 \times ln(p) + 0{,}5 \quad (r^2=0{,}95), \qquad (2.60)$$

válida para velocidades do ar de 0,4 a 18 m/s e velocidades de marcha entre 0 e 1,2 m/s. Tendo os autores concluído que a influência da permeabilidade é pequena para velocidades do vento inferiores a 2 m/s, sugerem uma expressão simplificada considerando p=1 na equação (2.60), que resulta em

$$\frac{I_{T_{dinâmico}}}{I_T} = 0{,}54 \times e^{(-0{,}15 \times v_{ar} - 0{,}22 \times w_s)} + 0{,}5\,. \qquad (2.61)$$

Uma nova análise dos resultados de Nilsson *et al*. (2000) por Havenith e Nilsson (2004) resultou na proposta da expressão

$$\frac{I_{T_{dinâmico}}}{I_T} = e^{\left(\left(-0{,}0512\times(v_{ar}-0{,}4)+0{,}794\times10^{-3}\times(v_{ar}-0{,}4)^2-0{,}0639\times(w_s)\right)\times p^{0{,}1434}\right)} \quad (r^2=0{,}968). \quad (2.62)$$

Desta forma, o factor de correcção resulta em

$$corr.I_T = e^{\left(\left(-0{,}0512\times(v_{ar}-0{,}4)+0{,}794\times10^{-3}\times(v_{ar}-0{,}4)^2-0{,}0639\times(w_s)\right)\times p^{0{,}1434}\right)}, \quad (2.63)$$

que se representa graficamente na Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento.**.8**.

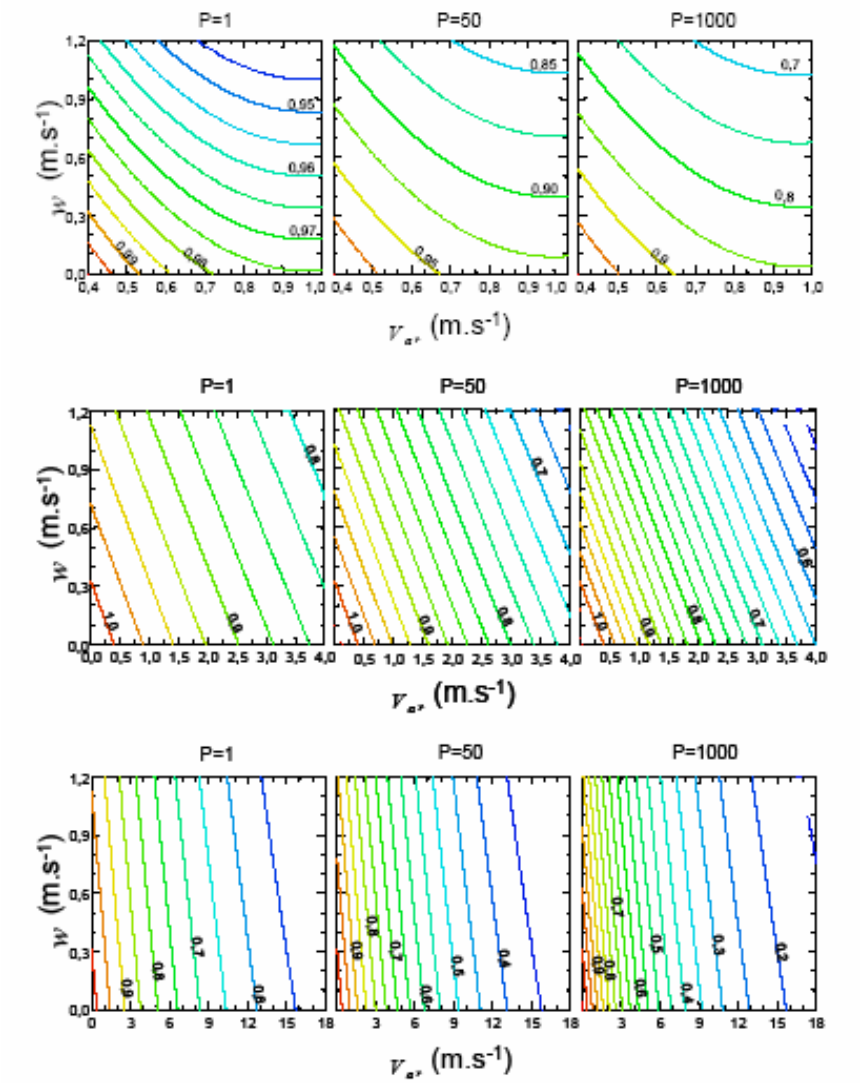

Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento.**.8** Factor de correcção ($corr.I_T$) para vestuário de protecção contra o frio

($0 < w_s < 1{,}2$ m/s ; $0{,}4 < v_{ar} < 18$ m/s ; $1 < p < 1000$ l/m^{2}s) (adaptado de ISO DIS 9920, 2004).

Para vestuário mais ligeiro ($0 < I_{cl} < 0{,}6$ *clo*), a ISO DIS 9920 (2004) sugere a equação

$$\frac{I_{T_{dinâmico}}}{I_T} = \frac{(0{,}6 - I_{cl}) \times I_{a_{dinâmico,nu}} + I_{cl} \times I_{T_{dinâmico,vestido}}}{0{,}6} \qquad (2.64)$$

em que $I_{T_{dinâmico,vestido}}$ é obtido a partir da equação (2.54)

$$I_{T_{dinâmico,vestido}} = I_T \times e^{\left(-0{,}281\times(v_{ar}-0{,}15)+0{,}044\times(v_{ar}-0{,}15)^2-0{,}492\times w_s+0{,}176\times w_s^2\right)}, \qquad (2.65)$$

e $I_{a_{dinâmico,nu}}$ é dado pela equação

$$I_{a_{dinâmico,nu}} = I_a \times e^{\left(-0{,}533\times(v_{ar}-0{,}15)+0{,}069\times(v_{ar}-0{,}15)^2-0{,}462\times w_s+0{,}201\times w_s^2\right)}$$

$$I_{a_{dinâmico,nu}} = I_a \times corr.I_a \qquad . \qquad (2.66)$$

Na Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento..**9** representa-se graficamente o factor de correcção *corr.*I_a.

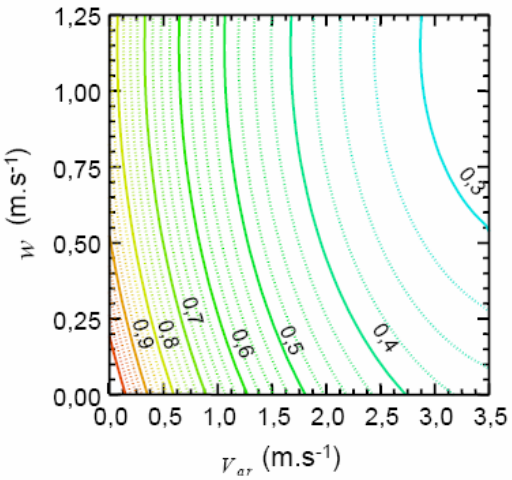

Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento..**9** Factor de correcção (*corr.*I_a) para indivíduos nus ($0 < w_s < 1{,}2$ m/s ; $0{,}15 < v_{ar} < 3{,}5$ m/s) (adaptado de ISO DIS 9920, 2004).

Das várias expressões apresentadas é conveniente destacar as (2.51), (2.54), (2.62), (2.64) e (2.66) que, segundo Havenith e Nilsson (2004), irão ser propostas para integrar a nova versão da Norma ISO 9920.

De salientar que as grandezas usadas para descrever a transferência de calor latente são também influenciadas pela velocidade do ar e pelos movimentos do corpo. A Norma ISO

9920 (1995) sugere que sejam aplicadas as mesmas correcções do isolamento térmico do vestuário, enquanto que a ISO DIS 9920 (2004) propõe a expressão

$$\frac{R_{e,T\,dinâmico}}{R_{e,T}} = corr.R_{e,T} = \left(0{,}3 - 0{,}5 \times corr.I_T + 1{,}2 \times corr.I_T{}^2\right), \qquad (2.67)$$

sendo $corr.I_T$ dado por

$$corr.I_T = e^{\left(-0{,}281\times(v_{ar}-0{,}15)+0{,}044\times(v_{ar}-0{,}15)^2-0{,}492\times w_s+0{,}176\times w_s^2\right)}. \qquad (2.68)$$

Na Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento.**.10**. representa-se graficamente o factor $corr.R_{e,T}$.

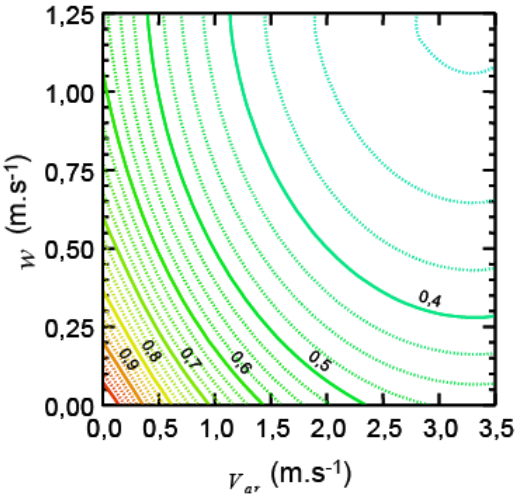

Figura Erro! Não existe nenhum texto com o estilo especificado no documento.**.10** Factor de correcção da resistência evaporativa do vestuário ($corr.R_{e,T}$) devido à velocidade do ar e movimentos do corpo ($0 < w_s < 1{,}2$ m/s ; $0{,}15 < v_{ar} < 3{,}5$ m/s) (adaptado de ISO DIS 9920, 2004).

Para correcção dos valores estáticos é ainda sugerido nesta publicação normativa a equação

$$\frac{R_{e,T\,dinâmico}}{R_{e,T}} = e^{\left(-0{,}468\times(v_{ar}-0{,}15)+0{,}080\times(v_{ar}-0{,}15)^2-0{,}874\times w_s+0{,}358\times w_s^2\right)}. \qquad (2.69)$$

Estas expressões podem ser usadas para peças individuais numa gama alargada de permeabilidades ao vapor de água, tendo já sido demonstrado que a variação relativa na resistência ao vapor devida aos movimentos do corpo e velocidade do vento é similar (ISO DIS 9920, 2004).

2.10. MÉTODOS DE CÁLCULO DO ISOLAMENTO TÉRMICO

Actualmente considera-se que existem três métodos de cálculo do isolamento térmico total a que se atribuem aqui as designações ***Global***, ***Série*** e ***Paralelo***. O método ***Global*** define uma resistência térmica equivalente para o corpo todo, calculada a partir da temperatura média da pele, $\bar{t}_{sk}$, e do fluxo médio de calor sensível, $\dot{Q}_s$,

$$I_T = \frac{\bar{t}_{sk} - t_o}{\dot{Q}_s}. \tag{2.70}$$

Trata-se do método convencional e segundo Havenith (2002) representa a metodologia de cálculo que melhor se enquadra na definição de isolamento proposta pela ISO 9920 (1995). No caso de um manequim dividido em partes, pode usar-se a informação de cada segmento, ponderando-a pela área respectiva, ou seja,

$$I_T = \frac{\sum_i f_i\left(\bar{t}_{sk,i} - t_o\right)}{\sum_i \left(f_i \times \dot{Q}_{s,i}\right)} = \frac{\sum_i \left(f_i \times \bar{t}_{sk,i}\right) - t_o}{\sum_i \left(f_i \times \dot{Q}_{s,i}\right)}, \tag{2.71}$$

onde f_i é o factor de área da secção i, determinado pela razão entre a área da parte i e a área superficial do corpo nu, obtido por

$$f_i = \frac{A_i}{A_{DuBois}}. \tag{2.72}$$

O método ***Série*** é baseado em medições efectuadas com um manequim dividido em partes. O isolamento térmico total de cada parte do corpo é calculado separadamente, $I_{T,i}$, obtendo-se o valor global pelo somatório, de acordo com um modelo série, dos valores parciais ponderados pelas respectivas áreas, por

$$I_T = \sum_i \left(f_i \frac{\bar{t}_{sk,i} - t_o}{\dot{Q}_{s,i}} \right), \tag{2.73}$$

ou

$$I_T = \sum_i \left(f_i \times I_{T,i}\right), \tag{2.74}$$

em que

$$I_{T,i} = \frac{\bar{t}_{sk,i} - t_o}{\dot{Q}_{s,i}} . \tag{2.75}$$

No método ***Paralelo*** o cálculo da resistência equivalente é efectuado de acordo com o modelo paralelo, obtendo-se I_T a partir da expressão

$$\frac{1}{I_T} = \sum f_i \times \left(\frac{\dot{Q}_{s,i}}{\bar{t}_{sk,i} - t_o} \right) = \sum f_i \times \frac{1}{I_{T,i}} . \tag{2.76}$$

Com o intuito de melhor esclarecer as diferenças existentes entre os métodos de cálculo já referidos vamos socorrer-nos da analogia eléctrica geralmente utilizada na modelação de problemas de transmissão de calor. Através desta analogia é fácil introduzir os modelos elementares de resistências em série ou em paralelo, sejam elas de natureza eléctrica ou térmica. Note-se assim, que a posição relativa das resistências locais ao longo do corpo está longe de corresponder a um sistema em série. Também não se trata de um verdadeiro modelo paralelo, devido ao contacto entre as partes do corpo e ao facto de o fluxo de calor não ser unidireccional, embora esta configuração se aproxime mais da realidade.

É importante acentuar que o método de cálculo normalmente referido na literatura como paralelo, não traduz o cálculo da resistência equivalente de acordo com o modelo paralelo. Por este motivo é aqui denominado de ***Global***, atribuindo-se a designação de ***Paralelo*** ao método que corresponde ao cálculo da resistência equivalente de acordo com o verdadeiro modelo paralelo.

Neste contexto, é ainda importante relacionar as metodologias de cálculo de isolamento com os métodos de controlo dos segmentos dos manequins térmicos. Partindo da expressão convencional definida na ISO 9920 (1995) - método *global* - operando com o modo de temperatura constante, a expressão reduz-se a

$$I_T = \frac{\sum_i \left(f_i \times \bar{t}_{sk,i} \right) - t_o}{\sum_i \left(f_i \times \dot{Q}_{s,i} \right)} = \frac{\bar{t}_{sk} - t_o}{\sum_i \left(f_i \times \dot{Q}_{s,i} \right)} , \tag{2.77}$$

ou, de outro modo, a

$$\frac{1}{I_T} = \frac{\sum_i \left(f_i \times \dot{Q}_{s,i} \right)}{t_{sk} - t_o} = \sum f_i \times \left(\frac{\dot{Q}_{s,i}}{\bar{t}_{sk,i} - t_o} \right) = \sum f_i \times \frac{1}{I_{T,i}} , \tag{2.78}$$

o que corresponde a um somatório das resistência locais de acordo com o modelo *paralelo*.

Já se for usado o fluxo constante como modo de controlo dos segmentos, a expressão do método *global* transforma-se em

$$I_T = \frac{\sum_i \left(f_i \times \bar{t}_{sk,i}\right) - t_o}{\sum_i \left(f_i \times \dot{Q}_{s,i}\right)} = \frac{\sum_i \left(f_i \times \bar{t}_{sk,i}\right) - t_o}{\dot{Q}_s} = \sum_i \left(f_i \frac{\bar{t}_{sk,i} - t_o}{\dot{Q}_{s,i}} \right) = \sum_i \left(f_i \times I_{T,i}\right), \quad (2.79)$$

o que corresponde a um somatório das resistência locais de acordo com o modelo *série*.

Quando o controlo de cada parte do manequim térmico se baseia na equação de conforto, os resultados obtidos com os três métodos de cálculo de I_T são diferentes.

Alerta-se ainda para o facto de que os valores disponíveis na bibliografia de referência, ISO 9920 (1995), ASHRAE (2001), entre outras, foram obtidos com os manequins a operar a temperatura constante, calculando-se o valor do isolamento térmico total com o método *global*. Estes detalhes devem ser devidamente assinalados uma vez que o seu desconhecimento pode suscitar dúvidas, constatando-se frequentemente que os valores disponíveis na literatura são usados sem um conhecimento adequado da forma como foram obtidos e da metodologia de cálculo em que se apoiam.

As características destes métodos de cálculo serão exploradas no Capítulo 6 através de um conjunto de medições de isolamento térmico de peças individuais e conjuntos de vestuário. Na literatura encontram-se poucos estudos levados a cabo com este objectivo, referindo-se como dos mais representativos os realizados por Nilsson (1997*a*), Anttonen (2000), Holmér (2001) e Kuklane *et al*. (2005), pelo que esta constatação constituiu motivação suficiente para a realização deste trabalho. Das pesquisas efectuadas podem adiantar-se algumas particularidades dos métodos de cálculo como o pormenor de os resultados obtidos pelos três métodos ser igual se os vários segmentos do manequim apresentarem o mesmo isolamento. No entanto, se o calor perdido por um ou mais segmentos for substancialmente inferior ao calor perdido pelos restantes, situação característica da maior parte dos conjuntos de vestuário que apresentam uma distribuição não uniforme pelo corpo, o resultado do método em *série* é superior (Nilsson, 1997*a*). Anttonen (2000), num estudo levado a cabo com vestuário de protecção contra o frio, chegou à mesma conclusão. A diferença entre os métodos de cálculo pode ser significativa, na ordem de 30% ou superior, e aumenta com a desigualdade de isolamento entre partes do corpo (Nilsson, 1997*a*). De acordo com testes realizados no âmbito do presente trabalho com vestuário de protecção contra o frio, a diferença pode atingir 50% no caso de uma peça individual de vestuário (*vd*. Capítulo 6).

Em conjuntos, as diferenças tendem a ser menores, salvaguardando, obviamente, as situações de um eventual erro de cálculo ou uma anomalia no ensaio (Nilsson, 1997*a*). Esta particularidade pode constituir uma vantagem na medida em que pode indiciar que um determinado conjunto de vestuário apresenta uma distribuição do isolamento não uniforme. Por outro lado, se um determinado conjunto for concebido de forma a apresentar uma distribuição assimétrica da protecção, o valor do isolamento obtido com o método *série* pode ser bastante elevado. Para além deste aspecto, os resultados de estudos efectuados em diferentes laboratórios mostraram também uma maior variabilidade quando aplicado este método (McCullough, 2001), ao contrário do método *global* que é mais estável (Nilsson, 1997*a*).

De referir que as Normas ISO 9920 (1995) e ASTM F 1291 (2004), bem como a maior parte dos laboratórios de investigação nesta área, usam o método *global*, enquanto que a NP ENV 342 (2001) se baseia no método em *série*. Por seu lado, a EN 342 (2004) e a ISO/CD 15831 (2004) permitem a utilização das duas metodologias (*vd*. Anexo C, Tabela C.9).

2.11. NOTAS FINAIS

Os fenómenos associados às grandezas relacionadas com a transferência de calor sensível têm sido amplamente estudados e encontram-se bem descritos na literatura, incluindo as normas internacionais. No que diz respeito às grandezas usadas para descrever a transferência de calor latente, o desenvolvimento de equipamentos para a sua medição é mais recente, constatando-se que a sua aquisição ainda representa um investimento só ao alcance de alguns laboratórios. A informação neste domínio é por isso mais limitada, o que também tem contribuído para despertar o interesse pelo seu estudo.

Após a apresentação sistematizada dos vários conceitos de isolamento térmico, fica em aberto a definição que melhor traduz a performance do vestuário: I_T, I_{cl} ou I_{cle}. Apesar de a literatura apresentar normalmente os valores referentes a I_{cl}, Holmér (2001) afirma que ainda não existe hoje em dia uma indicação precisa sobre qual a grandeza mais adequada. A complexidade do fenómeno, em particular na presença de efeitos dinâmicos, torna difícil a sua quantificação, pelo que os esforços da comunidade científica continuarão a considerar este tema no futuro.

A definição clara da metodologia de cálculo padrão representa outro desafio que requer consenso, dado que grandes variações no valor de isolamento devidas ao método

empregue não são credíveis para a classificação de vestuário de protecção contra o frio (Holmér, 2001). No Capítulo 6 procura-se dar uma contribuição para responder a esta questão, com base na análise dos resultados das avaliações experimentais efectuadas.

Numa outra perspectiva, refira-se que o valor do isolamento térmico não é normalmente indicado com a etiquetagem do vestuário, facto que se traduz numa omissão importante, nomeadamente quando se trata da protecção térmica. Assim, a marcação do vestuário, em sentido lato, será um dia uma realidade presente no quotidiano dos consumidores. Actualmente, assiste-se aos primeiros sinais deste processo em que a marcação *CE* constitui, provavelmente, o indício mais evidente. Este símbolo representa uma declaração de que o produto está conforme com todas as disposições comunitárias aplicáveis e que os métodos de avaliação de conformidade aplicáveis foram concluídos. Embora menos conhecidos, o rótulo "*Ultravioleta - UV Standard 801*" especifica o grau de protecção do artigo têxtil quando exposto à radiação *UV*, quer no seu estado original, quer depois de ter sido utilizado e lavado, e o rótulo "*Öko-Tex Standard 100*" é um símbolo atribuído a produtos têxteis e acessórios que garante a ausência de substâncias nocivas para a saúde humana (Citeve, 2005), de reconhecida importância quando se trata de roupa de criança.

Para além das habituais informações que constam da etiqueta do vestuário, as agora referidas e as que eventualmente venham a ser incorporadas, traduzem-se num conhecimento acrescido do produto, o que constitui certamente um benefício para todos. Esta prática não é uma especificidade dos sectores têxtil e do vestuário, estendendo-se já hoje em dia a outros domínios. Os electrodomésticos são classificados em classes de energia, e os edifícios serão brevemente providos de uma ficha onde se discriminam as suas principais características. Neste sentido, pode antecipar-se que a consulta de rótulos e a procura de marcações específicas no vestuário, virá, muito provavelmente, a representar um procedimento natural dos consumidores.