

## INSTRUMENTOS E MÉTODOS UTILIZADOS NA CARACTERIZAÇÃO DO CONFORTO

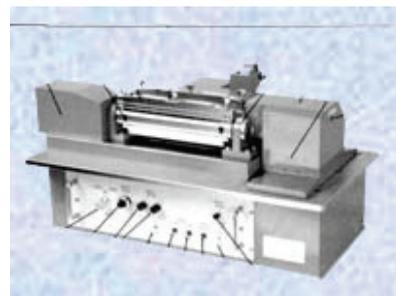
### 1. PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS

#### 1.1 SISTEMA KES-FB (KAWABATA'S EVALUATING SYSTEM FOR FABRICS)

Este sistema é constituído por 4 módulos representados na Figura Al.1, que no seu conjunto mede 16 parâmetros físicos. Estes parâmetros caracterizam o comportamento mecânico dos tecidos submetidos a baixas solicitações, que contribuem para a avaliação objectiva do “toque” cuja sensação está ligada à deformação ao tacto.



COMPRESSÃO



SUPERFÍCIE



TRACÇÃO E CORTE



FLEXÃO

Figura Al.1: - Módulos Constituintes do SISTEMA KES-FB

As propriedades e os parâmetros que podem ser analisados com este sistema são os apresentados na Tabela Al.1

Designação	Propriedade	Parâmetro Medido
KES-FB-1	Tracção e Corte	LT, WT, EMT, RT, G, 2HG, 2HG5
KES-FB 2	Flexão simples	B, 2HB
KES-FB-3	Compressão	LC, WC, RC, TO, Tm
KES-FB-4	Superfície	MIU, MMD, SMD

Os princípios usados pelo sistema KES-FB na medição das propriedades mecânicas e de superfície de tecidos está esquematizada na Figura Al.2.

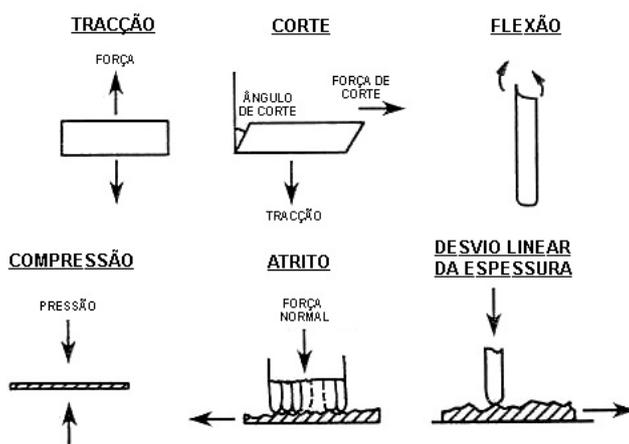


Figura Al.2 - Princípios Usados pelo Sistema KES-FB na Medição das Propriedades Mecânicas de Superfície de Tecidos (Kawabata 1980).

MÓDULO: KES-FB 1

**Propriedade:** Tracção

Este ensaio mede a tensão desenvolvida num tecido quando sujeito a uma força de tracção uniaxial na direcção dos seus fios (teia e trama). Esta propriedade está relacionada com a

facilidade com que o frisado dos fios no tecido pode ser removido, o que por sua vez está relacionado com a mobilidade dos fios no interior dos tecidos.

Condições de medição para tecidos finos de lã:

- força máxima de tracção: 500 gf/cm,
- velocidade de aplicação da força (constante): 0,5 mm/s,
- largura do provete: 20 cm,
- comprimento do provete no sentido da aplicação da força: 5 cm.

A Figura Al.3 mostra uma curva típica da deformação por tracção.

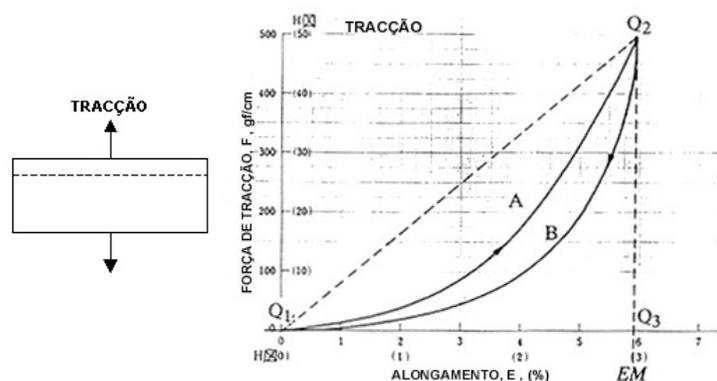


Figura Al.3 - Propriedade de Tracção (Kawabata 1980).

Desta figura podem retirar-se os seguintes parâmetros:

Tabela Al.2: Propriedades e Parâmetros Medidos	
Parâmetro	Leitura ou Cálculo do Parâmetro
EMT - Alongamento (%).	Medido à força máxima de tracção (500 gf/cm)
LT - Linearidade da curva força/alongamento (adimensional)	$LT = WT / [\text{área do triângulo } Q_1 Q_2 Q_3]$
WT - Energia de tracção por unidade de área (gf cm/cm <sup>2</sup> )	$WT = [\text{área } Q_1 A Q_2 Q_3]$
RT - Resiliência de tracção; (%)	$RT = [\text{área } Q_1 B Q_2 Q_3] / WT$

**Propriedade:** Corte

Este ensaio mede a tensão desenvolvida num tecido quando sujeito a um par de forças opostas mas coplanares com este, até atingir um determinado ângulo pré-definido. Esta propriedade depende principalmente do grau de mobilidade da teia/trama em relação uma à outra.

A capacidade que um tecido tem de acomodar tensões de corte, é o que o diferencia de qualquer outro material do mesmo tipo, como o papel ou filmes de plástico. É esta propriedade que lhe permite tomar formas mais complexas que a bidimensional e poder ser modelado aos contornos do corpo quando aplicado ao vestuário.

Condições de medição:

- a deformação de corte é aplicada para uma força de tracção constante: 10 gf/cm,
- ângulo de corte máximo,  $\phi_{\max}$ :  $\pm 8^\circ$ .
- velocidade de deformação (constante):  $0,478^\circ/\text{s}$ ,
- largura do provete: 20 cm,
- comprimento do provete sujeito à força de corte: 5 cm.

A Figura Al.4 mostra uma curva típica da deformação de corte.

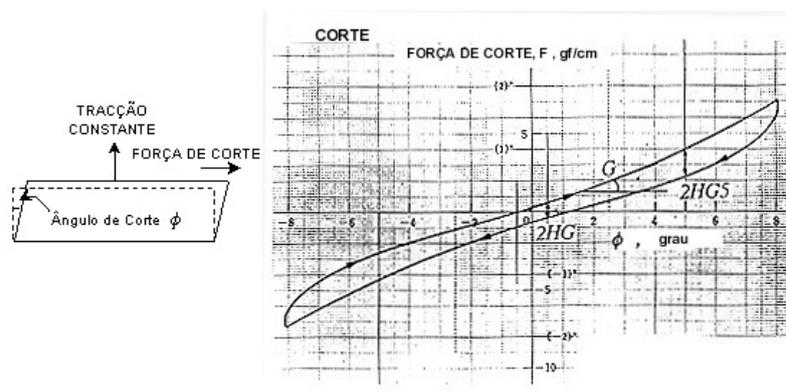


Figura Al.4 - Propriedade de Corte (Kawabata 1980)

Desta figura podem obter-se os seguintes parâmetros:

Tabela A1.3: Propriedades e Parâmetros Medidos	
Parâmetro	Leitura ou Cálculo do Parâmetro
G - Rigidez de corte (gf/cm.grau)	É a força de corte por unidade de comprimento por grau e é dado pelo declive médio da curva força/deformação medido entre as deformações de 0,5 ° e 5°
2HG - Histerese da força de corte a 0.5° (gf/cm)	Estes parâmetros são dados pela média dos valores da histerese medidos da curva nesses ângulos, em ambos os sentidos positivo e negativo
2HG5 - Histerese da força de corte a 5° (gf/cm)	

MÓDULO: KES-FB2

**Propriedade:** Flexão

Este ensaio mede a tensão desenvolvida num tecido quando sujeito a um momento de força de flexão. Permite estudar o comportamento à flexão em condições de solicitação simples com uma curvatura constante de aproximadamente 150° (repartida pelo direito e avesso do tecido). São determinados o momento flector e a relação curvatura - momento flector.

Condições de medição para tecidos finos de lã:

- curvatura máxima  $K_{max}$ :  $\pm 2,5 \text{ cm}^{-1}$ ,
- velocidade de curvatura de deformação (constante):  $0,5 \text{ cm}^{-1}/\text{s}$ ,
- comprimento do provete sujeito à deformação: 1 cm.

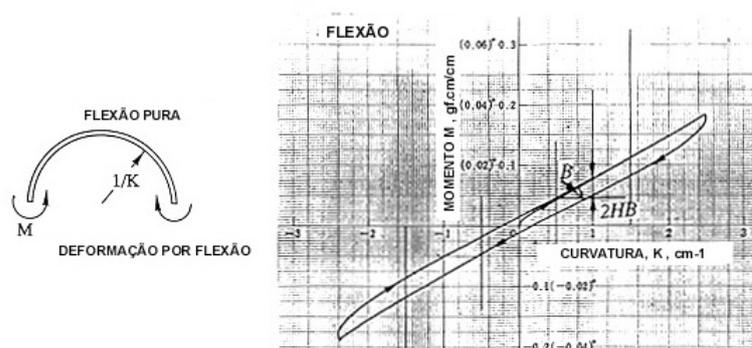


Figura A1.5 - Propriedade de Flexão (Kawabata 1980)

A Figura Al.5 mostra uma curva típica da deformação por flexão, da onde se podem obter os seguintes parâmetros:

Tabela Al.4: Propriedades e Parâmetros Medidos	
Parâmetro	Leitura ou Cálculo do Parâmetro
B - Módulo de rigidez à flexão; (gf cm <sup>2</sup> /cm )	Declive médio da curva entre as deformações de curvatura K=0,5 e K=1.5 (cm <sup>-1</sup> )
2HB - Histerese do momento de flexão (gf/cm)	Medição directa dos valores da histerese da curva a K=0.5

Cada um destes parâmetros é dado pela média dos valores medidos em ambos os sentidos de flexão, no sentido do direito (índice “f”) e no do avesso (índice “b”) do tecido.

MÓDULO: KES-FB3

**Propriedade:** Compressão

Este ensaio mede a tensão desenvolvida por um tecido quando este é sujeito a uma pressão normal, exercida sobre a sua superfície.

Os factores que podem afectar a compressão são: o tipo de fibra, a estrutura do tecido e fio, o frisado do fio no tecido e, principalmente, o acabamento do tecido (prensagem, tesouragem, batanagem, etc.).

Condições de medição para tecidos finos de lã:

- área de compressão: 2 cm<sup>2</sup>,
- pressão máxima de compressão, P<sub>m</sub>: 50 gf / cm<sup>2</sup>,
- velocidade de compressão: 20 μm / s.

A Figura Al.6 mostra uma curva típica da deformação por compressão.

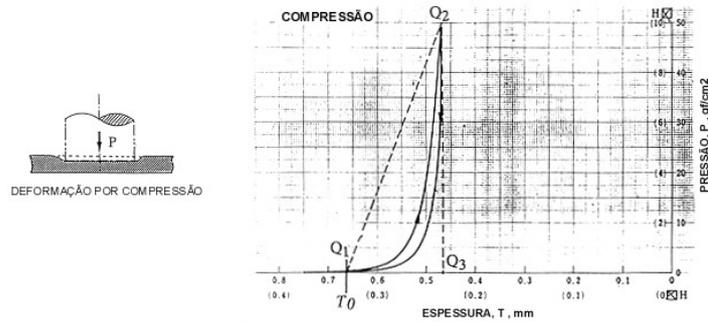


Figura Al.6 - Propriedade de Compressão (Kawabata 1980)

A curva de compressão/espessura é idêntica à da tracção e da mesma forma se obtêm parâmetros similares:

Tabela Al.5: Propriedades e Parâmetros Medidos	
Parâmetro	Leitura ou Cálculo do Parâmetro
LC - Linearidade da Curva Compressão/espessura (adimensional)	$LC = WC / [\text{área do triângulo } Q_1 Q_2 Q_3]$
WC - Energia de Compressão por unidade de superfície; (gf cm/cm <sup>2</sup> )	$WC = [\text{área } Q_1 A Q_2 Q_3]$
RC - Resiliência de Compressão (%)	$RC = [\text{área } Q_1 B Q_2 Q_3] / WC$
T <sub>0</sub> - Espessura do tecido à pressão de 0,5 gf/cm <sup>2</sup> * (mm)	Medição directa do valor no gráfico
T <sub>m</sub> - Espessura do tecido à pressão de 10 gf/cm <sup>2</sup> (mm)	Medição directa do valor no gráfico
* valor considerado para a espessura do tecido	

MÓDULO: KES-FB 4

**Propriedade:** Superfície

Este módulo permite medir os parâmetros das propriedades que caracterizam a superfície do tecido que são estudadas sob o aspecto físico (atrito médio e o seu desvio linear) e geométrico (desvio linear da espessura).

o módulo é constituído por dois sensores em que um faz a leitura dos parâmetros de atrito e o outro dos parâmetros da rugosidade, simulando o dedo humano.

Condições de medição para tecidos finos de lã:

- o dispositivo de medição do coeficiente de atrito é constituído por 10 espiras planas de aço (de diâmetro 0,5 mm), justapostas num comprimento total de 5 mm de contacto com o tecido, simulando a textura da pele dos dedos das mãos. Força de contacto aplicada: 50 gf.
- o dispositivo de medição do desvio da espessura é formado por uma espira de aço de diâmetro 0,5 mm e comprimento 5 mm e a força de contacto aplicada: 10 gf,
- comprimento de medição: 2 cm,
- velocidade de medição: 0,1 cm/s,
- tenção aplicada ao provete: 20 gf/cm.

A Figura Al.6 mostra a curva típica da medição das propriedades de superfície, desta figura podem obter-se os parâmetros da Tabela Al.6.

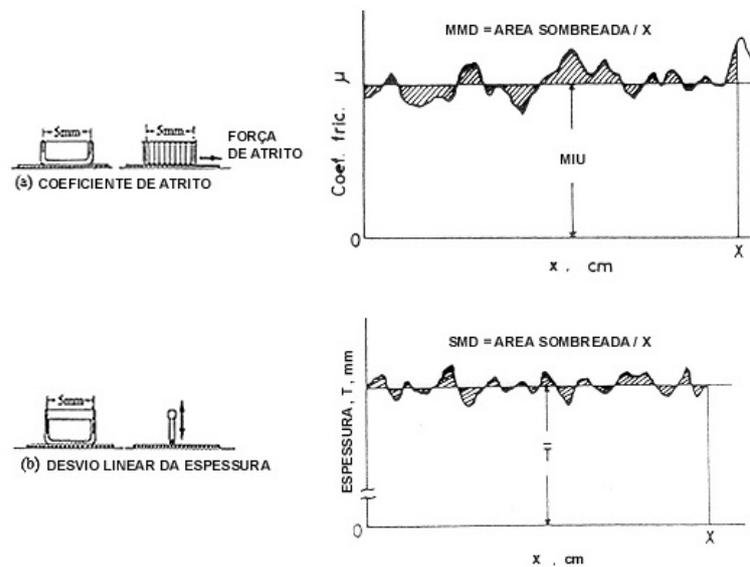


Figura Al.6 - Propriedade de Superfície (Kawabata 1980)

Tabela A1.6: Propriedades e Parâmetros Medidos	
Parâmetro	Leitura ou Cálculo do Parâmetro
MIU - Coeficiente de Atrito Médio (adimensional)	Média dos valores medidos nos sentidos teia e da trama
MMD - Desvio Linear do Coeficiente de Atrito (adimensional)	Média dos valores medidos nos sentidos teia e da trama
SMD - Desvio Linear da Espessura, ( $\mu\text{m}$ )	Média dos valores medidos nos sentidos teia e da trama

## 2. PROPRIEDADES TÉRMICAS

### 2.1 TERMO-LABO II (KES-FB7)

Este módulo do sistema KES-FB (Figura II.7) serve não só para avaliar o toque térmico, sensação quente-frio transmitido por um têxtil quando tocado, mas também para medir as propriedades térmicas estacionárias, como a condutividade e o isolamento térmico de um tecido com ou sem a presença de humidade.

O TERMO-LABO foi desenvolvido por Yoneda e Kavabata em 1983 e comercializado pela empresa japonesa Kato-Tech.



Figura A1.7 - Módulo do Sistema KES TERMO-LABO II

Este módulo é constituído por três componentes:

A componente A, designada por T-BOX, é utilizada para medir a sensação de quente-frio, também designado por toque térmico ou  $q_{\max}$ . É formada por uma caixa teoricamente isolada por todos os lados, excepto por um, que contém um sensor preciso de temperatura e se encontra protegido por um prato de cobre acumulador de calor (Figura AI.8).

Características técnicas apresentadas:

- superfície da medida: 9 cm<sup>2</sup>,
- peso: 90 g,
- capacidade calorífica: 4,186 x 10<sup>3</sup> J°K<sup>-1</sup>m<sup>2</sup>.

A componente B, designada por BT-BOX, é a caixa fonte de calor que permite impor ao sistema um diferencial de temperatura  $\Delta T$ . É utilizada para medir a constante de condutividade térmica (k).

É composta por uma placa de alumínio aquecida, resguardada por uma caixa isoladora, (chamada de T “*guard*”), com temperatura 0,3 °C superiores à da placa para evitar que esta sofra perdas de calor.

Apresenta como características técnicas:

- material da placa de medida em alumínio,
- superfície de medição: 25 cm<sup>2</sup>,
- espessura da placa: 1 mm,
- peso: 150 g.

Esta componente BT-BOX pode ser substituída por uma superfície maior de medição, de 10 x 10 cm<sup>2</sup> (“LARGE BT-BOX”) e inserida no túnel de vento. É utilizada para medir o índice de isolamento térmico (IT) dos tecidos, quer a seco, quer na presença de humidade, simulando a transpiração da superfície da pele humana.

A componente C, designada por “WATER- BOX”, tem como objectivo manter constante a temperatura enquanto se medem a condutividade e o toque térmicos. No interior desta caixa, faz-se circular água à temperatura ambiente (constante), o que permite manter constante a temperatura da base onde assentam os provetes a medir.

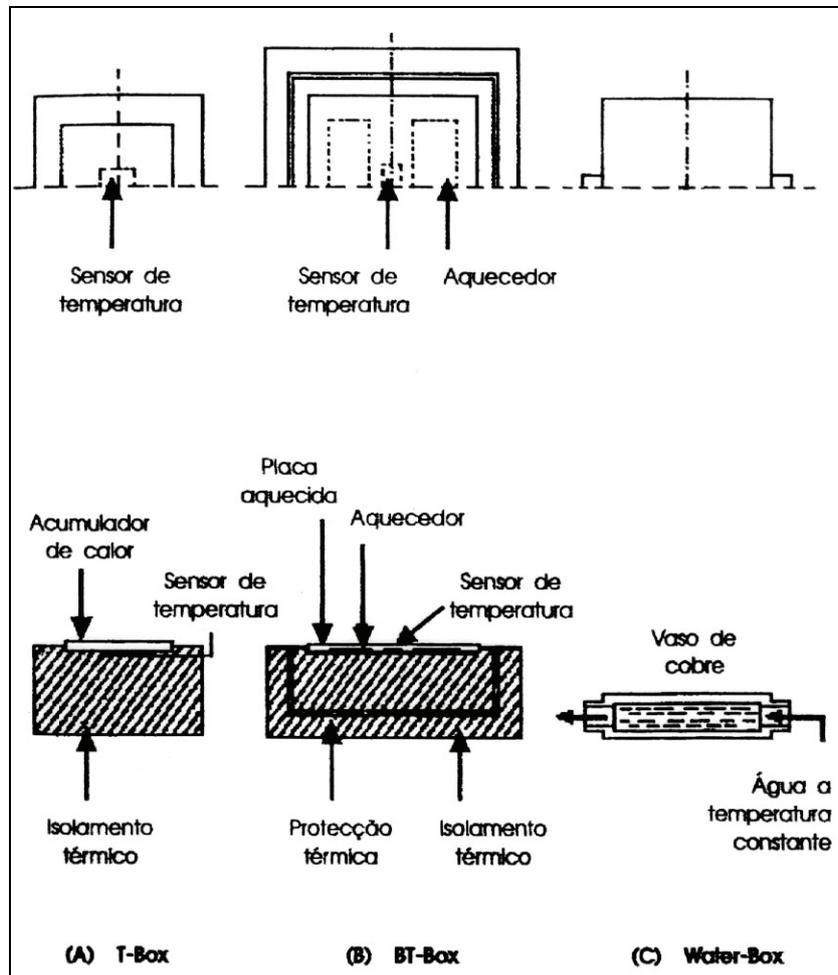


Figura A1.8 - Representação Esquemática do TERMO-LABO II

As grandezas avaliadas por este instrumento encontram-se na Tabela 1.8

Tabela 1.8: Grandezas Medidas pelo Aparelho TERMO-LABO II			
Símbolo	Grandeza	Relação	Unidades
$q_{max}$	Fluxo Térmico Máximo (Toque Térmico)	-	W/m <sup>2</sup>
k	Condutividade Térmica	$k = w \cdot x \cdot 10^2 / A \cdot \Delta T$	W/m <sup>o</sup> K
CIT	Coefficiente de Isolamento Térmico	$CIT = (w_o - w) \cdot 100 / w_o$	%

**Propriedade:** Toque Térmico, ( $q_{max}$ )

O  $q_{max}$  é definido como o valor do pico da curva do fluxo térmico ( $q$ ) que passa da T-BOX para a superfície do provete, aquando do instante do contacto.

O valor máximo do pico dá-se, geralmente, 0,2 segundos após o contacto, utilizando um gradiente de temperatura da ordem de 10 °C e uma pressão de medição de 10 gf/cm<sup>2</sup> (90 gf/9 cm<sup>2</sup>). Esta resposta transitória é semelhante à que se obtém quando o calor da superfície da pele humana é transferida para um tecido, (normalmente a temperatura superior, cerca de 35 °C), quando tocado. Assim, o  $q_{max}$  é utilizado como avaliador da sensação de quente-frio e quanto maior é este valor, mais fria será a sensação que temos quando tocamos o tecido. Este fluxo térmico ( $q$ ) varia em função do tempo e pode representar-se graficamente como apresenta a Figura 1.9.

**Propriedade:** Condutividade Térmica

Para a medição desta propriedade é utilizado um fluxo de calor em estado estacionário.

O provete é colocado sobre a superfície da WATER-BOX a temperatura constante e a placa aquecida, BT-BOX, é colocada sobre o conjunto provete/suporte, (o gradiente de temperatura utilizado é de 10 °C). A perda de temperatura, sofrida pela placa aquecida do BT-BOXO, é então avaliada.

A pressão utilizada para a medição deste parâmetro é de 6 gf/cm<sup>2</sup> (150 gf/25 cm<sup>2</sup>).

A condutividade térmica  $k$  é calculada a partir da seguinte expressão:

$$k = \frac{w \cdot x \cdot 10^2}{A \cdot \Delta T} \quad [W/m^{\circ}K] \quad (AI.1)$$

onde:

$x$  - espessura da amostra [cm] à pressão de 6 gf/cm<sup>2</sup>,

$A$  - área da placa aquecida da BT-BOX [cm<sup>2</sup>],

$w$  - perda de calor da BT-BOX [W],

$\Delta T$  - gradiente de temperatura entre a superfície da placa aquecida da BT-BOX e a superfície da WATER-BOX (é normalmente de 10 °C).

**Propriedade:** Coeficiente de Isolamento Térmico, (CIT)

O coeficiente do isolamento térmico expresso em percentagem, é calculado através da utilização do Termo-Labo II conjuntamente com o túnel de vento (Figura A1.9) e o BT-BOX com uma área de 100 cm<sup>2</sup> (Large BT-BOX) e uma simulação de velocidade de vento de 1,0 m/s.

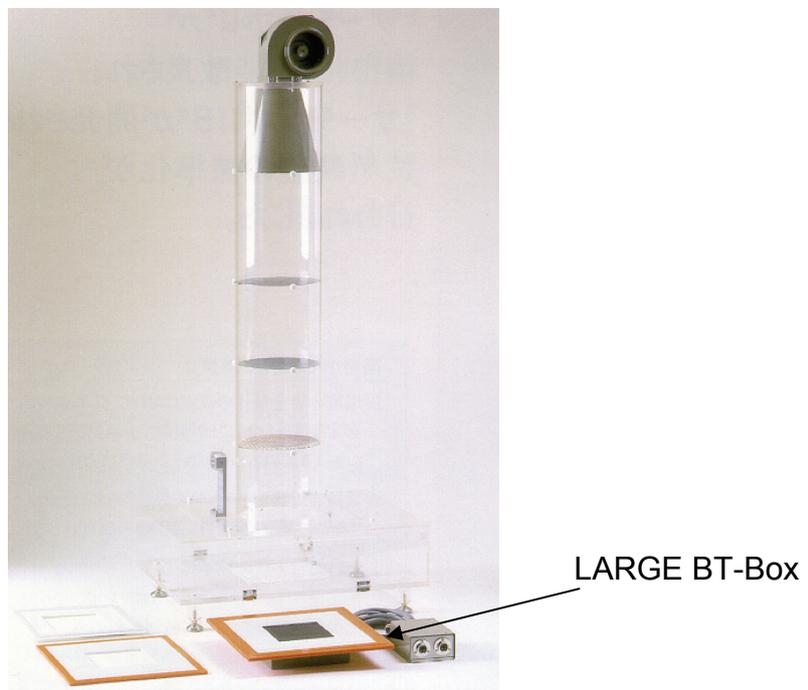


Figura A1.9 - Túnel de Vento

A Large BT-BOX é utilizada para medir a redução (percentual) do calor perdido pela sua superfície aquecida sem material (simulando a pele nua) e a perda de calor da superfície coberta com material, simulando a pele vestida.

O coeficiente do isolamento térmico CIT (%) é expresso pela relação:

$$\text{CIT} = \frac{(w_0 - w)}{w_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (\text{A1.2})$$

onde:

$w_0$  - perdas de calor ocorridos sem provete [W],

$w$  - perdas de calor na presença do provete [W].

Esta propriedade pode também ser medida utilizando uma camada de humidade à superfície da Large BT- BOX, (película de papel filtro húmido), de forma a simular a transpiração e avaliar o poder de isolamento térmico de um tecido na presença de vapor de água. Temos, assim, o CIT-H (%) coeficiente isolamento térmico na presença de humidade.

O coeficiente do isolamento térmico anteriormente explicado será CIT-S (%) coeficiente do isolamento térmico a seco por uma questão de uniformização da simbologia desta tese.

### 3. PROPRIEDADES DE PERMEABILIDADE

#### 2.1 PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA

O método mais comum para medir a permeabilidade ao vapor de água é o “Control dish method” baseado na norma BS 7209 (1990) sob condições isotérmicas. O permeabilímetro ao vapor de água utilizado está representado na Fig. Al.10.



Figura Al.10 – Instrumento para Medir a Permeabilidade ao Vapor de Água (da Shirley)

O objectivo deste ensaio é determinar a permeabilidade ao vapor de água (WVP) expresso em  $\text{g}/\text{m}^2/\text{dia}$ :

$$WVP = \frac{24W}{A\tau} \quad (\text{Al.3})$$

Em que:

W- massa do vapor de água (g);

A - área interna do copo de medição (m<sup>2</sup>);

τ- tempo entre as várias pesagens (s).

O coeficiente de permeabilidade ao vapor de água (CP-Vágua) é expresso em percentagem pela equação:

$$CP - V\acute{a}gua = \frac{WVP_f}{WVP_r} \cdot 100 \quad (\text{Al.4})$$

Em que:

WVP<sub>f</sub>- permeabilidade do vapor de água do provete a ensaiar;

WVP<sub>r</sub>- permeabilidade do vapor de água do provete de referência.

### 3.2 PERMEABILIDADE AO AR

Para a realização deste ensaio foram seguidos os princípios da norma NP EN ISO 9237: 1997: “Permeabilidade ao Ar de Tecidos”.

Existem vários métodos e instrumentos para avaliar a permeabilidade ao ar dos “tecidos”, nomeadamente o Permeabilímetro TEXTEST FX 3300 - III (Fig. Al.11), que permite medir a permeabilidade ao ar em l/m<sup>2</sup>/s.



Figura Al.12 - Permeabilímetro TEXTEST FX 3300 - III

Este aparelho permite forçar o ar através do material a ensaiar, fixando a diferença de pressão entre as duas faces deste. A área de medida utilizada é de 20 cm<sup>2</sup> e a pressão exercida de 100 Pa (escala 5 de leitura). A permeabilidade ao ar foi medida do lado direito do tecido e o sentido do ar durante o ensaio foi de cima para baixo.

### 3.3 PROPRIEDADE: ÍNDICE DE MOLHAGEM

#### Método de avaliação

Para avaliar o comportamento dos tecidos à molhagem, simulando o suor sensível à superfície da pele, criou-se um método que consiste em fazer mergulhar um provete, numa solução aquosa medir o tempo que este leva a molhar-se completamente.

**Procedimento:** cada provete circular (com área de 10.75 cm<sup>2</sup>) é pesado e introduzido individualmente numa tina de 20 cm de diâmetro que contem 0,5 litros de solução aquosa (1 g/l de molhante aniónico). O cronometro é posto a funcionar e o tempo de molhagem é registado.

O índice de molhagem (**I-MOLHGM**) é calculado dividindo o tempo de molhagem em segundos pela massa do provete em gramas.

$$\text{I-MOLHGM} = \frac{\text{tempo de molhagem (s)}}{\text{massa (g)}} \quad [\text{s/g}] \quad (\text{Al.5})$$

### 4. ESPESSURA, COMPRESSIBILIDADE E MASSA VOLÚMICA

A espessura, embora seja uma propriedade de construção do tecido, é determinada no módulo de compressão do sistema KES-FB 4.

A espessura  $T_0$  (a uma pressão de 0,5 gf/cm<sup>2</sup>) depende da pilosidade do material e determina a espessura (T) do tecido. A espessura  $T_m$  (a uma pressão maior, de 10 gf/cm<sup>2</sup>) é a menor espessura do tecido e depende da construção do próprio material. A redução percentual de uma na outra dá para calcular a compressibilidade (COMPSSB) do tecido.

$$\text{COMPSSB} = \frac{\text{espessura } T_0 - \text{espessura } T_m}{\text{espessura } T_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (\text{Al.6})$$

Massa Volúmica (MVOL) é uma característica específica de cada material que relaciona a sua massa com o volume que este ocupa e pode ser dada pela expressão:

$$\text{MVOL} = \frac{[\text{massa (kg)/superfície (m}^2\text{)}]}{\text{espessura (m)}} \quad [\text{Kg/m}^3] \quad (\text{Al.7})$$