

## **RISCO DE STRESS TÉRMICO EM AMBIENTE FABRIL**

Análise comparativa entre a indústria papelreira e vidreira

Adnilo Faizal Abdul Remane Chande

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Dinâmicas Sociais, Riscos Naturais e Tecnológicos**

### **Júri**

Presidente: Prof. Dr. Pedro Carvalheira

Orientador: Prof. Dr. Divo Quintela

Co - Orientador: Prof. Dr. Avelino Oliveira

Vogal: Prof. Dr. Adélio Gaspar

**JULHO de 2009**

**UNIVERSIDADE DE COIMBRA**

**Faculdade de Ciências e Tecnologia**

**Faculdade de Economia**

**Faculdade de Letras**

# **RISCO DE STRESS TÉRMICO EM AMBIENTE FABRIL**

Análise comparativa entre a indústria papelreira e vidreira

**Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Dinâmicas Sociais, Riscos Naturais e Tecnológicos, no curso interdisciplinar das Faculdades de Letras, Ciências e Tecnologia e de Economia na Universidade de Coimbra**

**JULHO de 2009**



## INDICE

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	9
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO .....	10
CAPITULO 2 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE “STRESS” TÉRMICO .....	12
2.1 - VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM O “STRESS“ TÉRMICO .....	13
2.1.1 - Condições de “Stress” Térmico Devido ao Calor .....	13
2.1.2 - Balanço de calor corporal.....	13
2.1.3 - Princípios Fisiológicos .....	14
2.1.4 - Respostas fisiológicas e comportamentais .....	15
2.2 - EFEITOS DO CALOR SOBRE O SER HUMANO.....	15
2.2.1- Golpe de Calor .....	16
2.2.2 - Câibras de Calor .....	17
2.2.3 - Síncope de Calor .....	17
2.2.4 - Esgotamento por Desidratação.....	17
2.2.5 - Esgotamento por Depleção de Sal.....	18
2.2.6 - Outros Efeitos do Calor.....	18
2.3 – MEDIDAS DE PROTECÇÃO CONTRA O CALOR .....	18
2.3.1 - Fontes de Calor .....	19
2.3.2 - Ambiente de Trabalho.....	19
2.3.3 – Protecção Individual.....	20
2.4 – ÍNDICES DE “STRESS” TÉRMICO .....	23
2.4.1 - Índice de Temperatura de Globo e de Bolbo Húmido ( <i>WBGT</i> ) .....	24
2.4.2 – Índice de Sudação Requerida ( <i>SR</i> ).....	26
CAPÍTULO 3 – AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO CALOR EM AMBIENTES FABRIS.....	28
3.1 – ENQUADRAMENTO DAS UNIDADES FABRIS VISITADAS .....	28
3.1.1 – A Indústria Papeleira .....	28
3.1.2 – A Indústria Vidreira.....	30
3.2 - AVALIAÇÕES E METODOLOGIAS .....	30

3.2.1 – Dificuldades.....	30
3.2.2 – Equipamentos .....	31
3.2.3 - Medições .....	32
3.2.4. Características dos Locais Visitados.....	33
3.3 - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	37
3.3.1 - Índice <i>WBGT</i> .....	37
3.3.2 - Índice de Sudação Requerida .....	44
3.3.3. - Notas Finais.....	47
3.4 – MEDIDAS DE ACCÇÃO.....	48
CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES .....	50
BIBLIOGRAFIA .....	53
ANEXOS .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Mecanismos termoreguladores do ser humano.....	14
Figura 2 - Modificação na resposta ao calor durante a aclimatação.....	20
Figura 3 - Distribuição das unidades associadas à CELPA.....	29
Figura 4 - A – Consola <i>WBGT</i> ; B – Sensores de temperatura do ar, de bolbo húmido natural e de globo negro; C – 1) <i>Data logger</i> Testo 445, 2) sensor de humidade relativa 3) sensor de velocidade do ar; D – equipamento montado em contexto fabril. ....	32
Figura 5 - Esquema simplificado (em corte) de uma máquina de papel e localização dos locais de medição .....	34
Figura 6 - Esquema simplificado (em planta) dos locais visitados na indústria vidreira .....	36
Figura 7 - Valores de <i>WBGT</i> Máximos, Médios e Mínimos registados nos locais de trabalho e valor de referência de acordo com a norma ISO 7243.....	38
Figura 8 - Valores de $T_{bhn}$ Máximos, Médios e Mínimos registados nos locais de trabalho .....	39
Figura 9 - Valores de $T_g$ Máximos, Médios e Mínimos registados nos locais de trabalho.....	40
Figura 10 - Valores de $T_a$ Máximos, Médios e Mínimos registados nos locais de trabalho.....	41
Figura 11 - Gráfico representativo do “ <i>stress</i> ” nos postos de trabalho e tendo em conta os valores de Metabolismo, <i>WBGT</i> ponderado e <i>WBGT</i> de referência.....	43

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Algumas normas aplicadas aos ambientes térmicos quentes .....	23
Quadro 2 - Valores limite de exposição ao calor recomendados em ambientes industriais.....	24
Quadro 3 - Valores de metabolismo e valores limite de <i>WBGT</i> .....	25
Quadro 4 - Valores de referência dos limites fisiológicos e dos limites de risco associados à exposição ao calor.....	27
Quadro 5 - Estruturação dos postos de trabalho e siglas utilizadas durante a apresentação dos resultados .....	37
Quadro 6 - Resultados do Índice de <i>SR</i> para os postos de trabalho que registaram situação de “ <i>stress</i> ”.....	46
Quadro 7 - Classificação dos níveis de metabolismo.....	57
Quadro 8 - valores de metabolismo e valores limite de <i>WBGT</i> .....	58
Quadro 9 - Cálculo do metabolismo médio e determinação da situação de “ <i>stress</i> ” com base nos valores de metabolismo e valores limite de <i>WBGT</i> .....	58

## **NOMEMCLATURA**

### **CAE – Classificação das actividades económicas**

**Ereq** - Débito evaporativo requerido

**Ep** - Débito evaporativo previsto

**Mm** – Metabolismo médio

**OPNMN** – Outros produtos minerais não metálicos

**PS2** – Papeleira\_ Operador Zona Seca - Nave Fabril 2

**PS21** – Papeleira – Porão Pré-Secaria - Nave Fabril 2

**PS22** – Papeleira – Porão Pós-Secaria - Nave Fabril 2

**PS23** – Papeleira – Sala Zona Seca - Nave Fabril 2

**PH2** – Papeleira – Operador Zona Húmida - Nave Fabril 2

**PH21** – Papeleira – Zona Húmida - Chão - Nave Fabril 2

**PH22** – Papeleira – Zona Húmida – Junto ao Rolo tensor do feltro *pickup* - Nave Fabril 2

**PH23** – Papeleira – Sala Zona Húmida - Nave Fabril 2

**PP2** – Papeleira – Manutenção da Ponte rolante - Nave Fabril 2

**PP21** – Papeleira – Piso Superior - Nave Fabril 2

**PS1** – Papeleira – Operador Zona Seca - Nave Fabril 1

**PS11** – Papeleira – Porão Pré-Secaria - Nave Fabril 1

**PS12** – Papeleira – Porão Pós-Secaria - Nave Fabril 1

**PS13** – Papeleira – Sala Zona Seca - Nave Fabril 1

**PH1** – Papeleira – Operador Zona Húmida - Nave Fabril 1

**PH11** – Papeleira – Zona Húmida - Chão - Nave Fabril 1

**PH12** – Papeleira – Zona Húmida – Junto ao Rolo tensor do feltro *pickup* - Nave Fabril 1

**PH13** – Papeleira – Sala Zona Húmida Nave Fabril 1

**PP1** – Papeleira – Manutenção da Ponte rolante - Nave Fabril 1

**PP11** – Papeleira – Piso Superior - Nave Fabril 1

**SR** – Sudação Requerida

**Tbhn** – Temperatura de bolbo húmido natural

**Tg** – Temperatura de globo

**Ta** – Temperatura do ar

**V12** – Vidreira – Operador da Máquina 12

**V121** – Vidreira – Máquina 12

**V122** – Vidreira – Sala da Máquina 12

**V13** – Vidreira – Operador da Máquina 13

**V131** – Vidreira – Máquina 13

**V132** – Vidreira – Sala da Máquina 13

**V11** – Vidreira – Manutenção das Máquinas e Vidreira - Mudança de Ordem Máquina 11

**WBGT** – *Wet Bulb Globe Temperature*

## AGRADECIMENTOS

Possuindo este trabalho a carga simbólica de um ciclo que se fecha, aproveito para agradecer a todos que, de alguma forma, contribuíram para este meu projecto.

Assim, ainda que não ligados a este, quero agradecer aos meus familiares e amigos, em especial aos meus filhos Iara e Ian e à minha esposa Sónia que são quem mais tem pago a factura das ausências frequentes que lhes tenho submetido devido aos projectos académicos em que me tenho envolvido somada à minha ocupação profissional., sem com isso deixarem de me dar a sua compreensão e o seu afecto.

Ligados a este trabalho em especifico quero agradecer, em primeiro lugar Aos professores Divo Quintela e Avelino Oliveira que, na qualidade de Orientador e Co-orientador respectivamente, pacientemente me conduziram e acompanharam indicando-me caminhos, meios e fornecendo-me formação técnica para trabalhar com alguns equipamentos necessários à realização do presente.

Às diversas pessoas que, aquando da minha solicitação para fazer os registos de campo, foram extremamente receptivos e acolhedores e sem desprimor para nenhum quero salientar o Eng. Carlos Vieira, o Eng. Carlos Ferreira, o Dr. Quental Martins, a Dr.<sup>a</sup> Célia e o Sr. César Godinho que me fizeram o acompanhamento nas suas prestigiadas instituições. Para eles o meu bem-haja.

A todos os trabalhadores que, de forma bastante receptiva, comigo foram trocando impressões aquando das visitas às fábricas o meu obrigado.

Aos amigos Rui Costa e João Certo pela ajuda nas questões informáticas. O primeiro por ter conseguido resgatar a informação do meu computador que se avariou durante este percurso, o segundo pela ajuda na adaptação e concepção do programa de sudação requerida aqui utilizado. A ambos aquele abraço cheio de gratidão.

O meu sincero agradecimento a Deus que me deu força para continuar a caminhar, quando, por momentos, as forças escasseavam e o fim ainda não estava à vista.



## RESUMO

Com a finalidade de que o desempenho do ser humano no seu local de trabalho seja o melhor possível e se converta numa mais-valia para as empresas, é necessário ter em conta, para além de outros factores, determinadas variáveis físicas que constituem o ambiente de trabalho. Estas variáveis surgem sob a forma de energia como a temperatura e a humidade, a luminosidade e o ruído. Contudo o ser humano tem limites no que diz respeito à tolerância destes parâmetros, podendo surgir situações de perigo a partir de determinados limiares.

É neste contexto que se pretende explorar as variáveis ambientais que contribuem para o “*stress*” térmico devido ao calor em locais de trabalho, mais especificamente em espaços industriais, que neste caso se resume aos sectores de produção de vidro e papel. Para o fazer serão utilizadas várias normas internacionais que regularizam e prevêm este tipo de situações nomeadamente a norma ISO 7243 (1989) (índice *WBGT*) e a ISO 7933 (1989) (Índice de Sudação Requerida).

**Palavras-chave:** “*stress*” térmico, Patologias, Índice *WBGT*, Índice Sudação Requerida, Industria Vidreira, Industria Papeleira

## ABSTRACT

In order that the performance of humans in the workplace is the best and become an added value for companies, must be taken into account, among other things, certain physical variables that constitute the working environment. These variables appear in the form of energy as the temperature and humidity, brightness and noise. But human being has tolerance limits for these parameters, and the hazards may arise from certain limits.

In this context we want to explore the environmental variables that contribute to heat stress in the workplace, especially in industrial areas, which in this case are the production sectors of glass and paper. To do it will be used several international standards that regulate and provide for such situations in particular the ISO 7243 (1989)(index *WBGT*) and ISO 7933 (Required Sweat Rate).

**Keywords:** Heat Stress, Pathologies, *WBGT* Index, Required Sweat Rate, Glass Industry, Paper Industry

## CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

Apesar de serem vários os parâmetros ambientais que condicionam o conforto no local de trabalho, pretende-se neste trabalho fazer uma análise somente a situações em que a temperatura, apresentada e medida segundo perspectivas ou conceitos distintos, constitui o principal ou o maior factor de risco, uma vez que este é, dos factores identificados, o que mais pode agravar certas patologias que eventualmente possam existir nos funcionários, podendo mesmo ser fatal.

Este trabalho tem como objectivos gerais a medição e comparação de vários ambientes, no que diz respeito às temperaturas, em diferentes contextos industriais para tentar identificar possíveis riscos associados a valores elevados que delas possam derivar. Como objectivos específicos pretende-se aplicar as Normas Internacionais para fazer a abordagem à problemática e aos locais em estudo.

Caso se verifiquem situações de risco, como objectivo último, pretende-se apresentar medidas que visem minimizar estas situações.

A estruturação deste assenta numa organização por Capítulos com vários momentos definidos. Assim far-se-á num segundo capítulo uma abordagem às variáveis que influenciam o conforto térmico e no limite o “*stress*” térmico. Seguir-se-á um resumo das implicações que estes têm para a saúde dos seres humanos para, no momento seguinte se evidenciar sumariamente algumas medidas de prevenção a este risco nos locais de trabalho. Far-se-á também a apresentação dos índices que são indicados nas Normas Internacionais como sendo válidos para avaliar os ambientes térmicos quentes e que serão utilizados neste trabalho, designadamente *WBGT* (Wet Bulb Globe Temperature) e o *SR* (Required Sweat Rate)

O terceiro capítulo do trabalho inicia-se com uma breve contextualização dos sectores produtivos, aqui em análise, de acordo com a Classificação das actividades económica (CAE). Em seguida apresentam-se os locais e os postos de trabalho em estudo iniciando-se assim a parte prática propriamente dita, onde será feita a análise comparativa dos vários parâmetros medidos e onde serão determinados os locais que conferem risco para os trabalhadores, quantificado através do *WBGT*. Num terceiro momento haverá espaço para a análise dos postos de trabalho de onde resultará o conhecimento das situações concretas de risco dentro das empresas, tendo em conta o *WBGT* de referência e o valor ponderado bem como a taxa metabólica média, sendo estes dois últimos estimados com base no tempo de exposição do trabalhador.

Segue-se uma determinação do índice de sudção requerida *SR* apenas para os casos em que foram diagnosticadas situações de “*stress*”.

Numa quarta parte, ainda dentro deste capítulo serão propostas algumas medidas que se pensem adequadas aos locais e ou tarefas estudadas, no sentido de minimizar o risco de “*stress*” térmico devido ao calor.

Por fim, num quarto capítulo, apresentar-se-ão algumas conclusões relativas ao trabalho desenvolvido.

Várias foram as metodologias de trabalho utilizadas, onde se cruzaram a pesquisa bibliográfica, avaliações experimentais no terreno (efectuadas com equipamento técnico e específico), o tratamento estatístico dos dados e o uso de plataformas informáticas desenvolvidas, em parte, durante e para este trabalho.

Resta referir que a originalidade do presente trabalho reside na abordagem ao sector de produção de papel, sobre o qual não foi encontrada qualquer referência de estudos nesta área.

## CAPITULO 2 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE “*STRESS*” TÉRMICO

O tempo e o clima, como resultado de uma interacção de variáveis, podem converter-se em condicionantes das actividades humanas, chegando a afectar o bem-estar e a capacidade produtiva, mental e física da população activa. Estes factores revelam-se importantes não só no espaço exterior mas também no interior, uma vez que as variáveis que interferem com o ser humano permanecem as mesmas.

As condições extremas de temperatura e humidade dificultam a realização de actividades laborais e intelectuais. Porém o Ser Humano possui uma grande capacidade de se adaptar inclusive a ambientes extremos como é o caso dos esquimós, dos nómadas do oeste sahariano ou ainda dos sherpas que vivem a altitudes superiores a 3.800 metros e tem de se adaptar às condicionantes das condições associadas às altitudes. Todos eles experimentam transformações patológicas e fisiológicas como consequência das adaptações aos limites impostos pelas condições climáticas, e as, distintas sensações que o seu organismo tem de suportar. Estas mutações têm em vista uma harmonização com o meio ou seja, o conforto térmico. Contudo existem situações em que o organismo perde capacidade de resposta, seja por condicionantes externas ou internas a ele e logo surge o “*stress*” térmico.

O “*stress*” térmico, por oposição à definição de conforto térmico, podemos entendê-lo como o parâmetro que nos indica quando estão reunidas o conjunto de condições mediante as quais os mecanismos humanos de auto-regulação são máximos, ou como a zona delimitada por limites térmicos nos quais a maior parte das pessoas manifestem sentir-se mal, visto que as capacidades humanas de suportar o calor são distintas de indivíduo para indivíduo.

O “*stress*” térmico, quer por temperaturas elevadas ou baixas, a partir de determinados limiares manifesta-se sob a forma de perigo uma vez que o ser humano para garantir a sua saúde física deve manter a temperatura interna do corpo dentro de limites bastante estritos, independentemente das variações que se possam verificar no meio envolvente (TAYLOR, 2006).

São de várias ordens as consequências fisiológicas, psicológicas e até económicas, dos descuidos na criação de um ambiente, termicamente qualificado, fazendo recordar que a capacidade de adaptação do ser humano não é ilimitada (GARCIA, 1995).

## 2.1 - VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM O “STRESS” TÉRMICO

De acordo com vários autores (CANDAS, 2003; PARSONS, 2006, entre outros) existem seis variáveis que influenciam o conforto térmico e desta forma também o “*stress*”. A actividade desempenhada (M) e o isolamento térmico (*clo*) são as variáveis subjectivas. As restantes são as chamadas variáveis ambientais onde se inserem a temperatura do ar (T), a temperatura média radiante (T<sub>m</sub>), a velocidade do ar (m/s) e, para finalizar, Pressão parcial do vapor de água no ar ambiente (P<sub>a</sub>) (LAMBERTS, *et al*, 2002).

### 2.1.1 - Condições de “*Stress*” Térmico Devido ao Calor

Para que se verifique “*stress*” térmico é necessário que se perca a condição de neutralidade térmica devido a assimetrias de radiação. A actividade desempenhada pela pessoa influencia a temperatura interna do corpo, da pele bem como a taxa de sudação, o que poderá levar também ao desconforto e conseqüentemente, em limites extremos, ao “*stress*” térmico (LAMBERTS, *et al*, 2002).

### 2.1.2 - Balanço Térmico do Corpo Humano

Um organismo que, por longo tempo, se encontra exposto a um ambiente térmico constante, moderado, tenderá a um equilíbrio térmico com esse ambiente, isto é, a produção de calor pelo organismo, através do seu metabolismo, será igual à perda de calor do mesmo (através da pele e respiração) para o ambiente (PARSONS, 2006).

O balanço térmico deve considerar a transferência de energia sob a forma de calor por convecção (C), condução (K), radiação (R) e evaporação (E). Assim, a produção e as trocas energéticas entre o corpo humano e o meio ambiente é dada pela seguinte equação (CANDAS, 2003):

$$M - W + K + C + R + E = S \quad (1)$$

Onde todos os termos são expressos em W/m<sup>2</sup> da superfície corporal.

### 2.1.3 - Princípios Fisiológicos

Perante uma determinada temperatura ambiente e humidade relativa o Sistema Nervoso Central “processa” a informação recebida pelos sensores superficiais e internos de modo diferenciado. A memorização da sensação recebida é estabelecida por comparação, com experiências vividas anteriormente e motiva comportamentos e sensações de conforto ou desconforto diversas.

Pode-se considerar o corpo humano, como uma “máquina térmica”<sup>1</sup> que, para manter uma temperatura interna constante de 36°C – 37°C (homeotermia), controlando as variações térmicas do organismo, possui alguns mecanismos de protecção que lhe permitem reduzir ou aumentar o seu metabolismo<sup>2</sup> (Figura 1) (SOUSA, 1996/7; GARCIA, 1995).

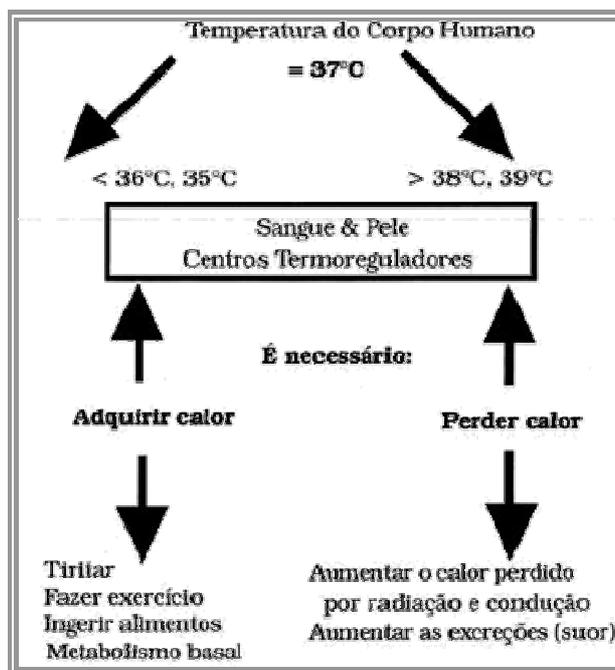


Figura 1 - Mecanismos termoreguladores do ser humano  
Fonte: SOUSA, 1996/7

<sup>1</sup> Podemos entender por “máquina térmica” aquela que necessita de certa quantidade de calor para o seu funcionamento

<sup>2</sup> O metabolismo é o conjunto de reacções intracelulares, umas construtivas (anabolismo) outras destrutivas (catabolismo), que permite a criação de novas células ou de energia, a partir de substâncias nutritivas básicas.

## 2.1.4 - Respostas Fisiológicas e Comportamentais

O ser humano apresenta respostas fisiológicas e comportamentais, de acordo com as condições a que estiver submetida e a actividade que estiver a desempenhar (SOUSA *et al.*, 2005). Cada indivíduo possui uma temperatura corporal neutra<sup>3</sup>, isto é, aquela em que não sente necessidade nem de mais frio, nem de mais calor no ambiente. Porém, à medida que a temperatura interna do corpo vai diminuindo, relativamente à temperatura neutra, ocorre numa primeira fase a vasoconstrição, verificando-se a perda de eficiência a partir dos 35°C e uma vez atingidos os 31°C entra-se numa zona letal. Também o acréscimo da temperatura interna corporal, em relação à temperatura neutra, tem os seus efeitos. Assim, numa primeira fase, ocorre a vasodilatação, iniciando-se o fenómeno de sudção a partir dos 37°C, verificando-se uma perda de eficiência a partir dos 39°C e atingindo-se uma temperatura corporal letal a partir dos 43°C (LAMBERTS, *et al.*, 2002; TAYLOR, 2006; DEAR, *et al.*, 1997).

## 2.2 - EFEITOS DO CALOR SOBRE O SER HUMANO

Quando o ser humano se encontra envolto por temperaturas elevadas surgem sensações de mal-estar que vão aumentando à medida que os sistemas termoreguladores promovem internamente acções para resistir à pressão térmica exercida sobre o corpo. Nestas condições, a satisfação do ser humano na execução do seu trabalho tende a diminuir, podendo inclusive surgir problemas de saúde, segurança e produtividade. Perante tais situações, as patologias de que o ser humano sofra agravar-se-ão, a probabilidade de acidentes aumenta, surgem mudanças comportamentais associadas a uma diminuição da concentração e, conseqüentemente, do rendimento no trabalho.

Os efeitos adversos do calor encontram-se com maior incidência em actividades militares e industriais (CARTER, *et al.*, 2007; HUDSON, *et al.*, 2003).

Às condições em que se desenvolve o trabalho está associada uma determinada carga térmica, ou seja, a quantidade de calor a eliminar de modo a manter o equilíbrio térmico. Esta carga térmica pode ser de origem metabólica (nível de actividade física), ou de origem externa (características físicas do ambiente laboral, factores climáticos, vestuário, etc.).

---

<sup>3</sup> Nesta situação o mecanismo de termoregulação não entra em funcionamento, pois trata-se de uma situação de neutralidade térmica).

Existem diversos estudos que, baseados em medições e confrontados com respostas fisiológicas, demonstram uma relação entre as temperaturas elevadas e os níveis ou alterações que se verificam em várias funções do corpo. São elas a temperatura da pele ou dos tecidos profundos do corpo (dá a indicação sobre o grau de tensão a que o sistema termoregulador está submetido), o ritmo cardíaco (permite rapidamente indicar o nível de resposta imposto ao sistema circulatório pela carga térmica ambiental ou de trabalho) e por fim a quantidade de suor produzida (reflece a tensão térmica) uma vez que a evaporação do suor é o meio mais eficiente de defesa contra a hipertermia (OLIVEIRA, 1998).

São várias as patologias que provêm da exposição ao calor. Uma breve descrição das patologias devidas ao calor é apresentada a seguir.

### **2.2.1- Golpe de Calor**

Considerado o mais sério problema de saúde associado ao trabalho em ambientes quentes, pois é de difícil previsão, o golpe de calor ocorre em condições de severo “*stress*” térmico, quando uma combinação de esforço físico e temperaturas ambientais elevadas excedem a capacidade dos mecanismos de regulação interna de temperatura, ocorrendo, desta forma, uma elevação da temperatura corporal acima do nível de perigo (41 °C).

Os limites de calor extremo a que um ser humano pode resistir dependem da humidade existente no ar. A secura ambiental e as correntes de convecção favorecem a evaporação do suor aumentando assim a capacidade de resistência ao calor. Já se o ar estiver saturado a evaporação é dificultada e a temperatura interna eleva-se sempre que a temperatura ambiental ultrapasse os 34,5 °C.

Consideram-se factores de risco, entre outros, a falta de aclimatização, a obesidade, a insuficiência de consumo de água, o consumo de álcool e drogas, vestuário inadequado, antecedentes de problemas cardiovasculares (SOUSA, *et al*, 2005).

### **2.2.2 - Cãibras de Calor**

As cãibras de calor resultam de um intenso esforço físico em ambientes quentes. Caracterizadas por intensos espasmos nos músculos mais solicitados (pernas, braços e abdómen), são consequência da redução de líquidos e sódio e é mais comum entre indivíduos que não estão completamente aclimatados.

### **2.2.3 - Síncope de Calor**

A síncope de calor é geralmente observada após um longo período de imobilização em ambientes quentes como resultado da concentração sanguínea na circulação venosa da pele e dos músculos, fazendo com que o cérebro não receba oxigénio suficiente devido a uma descida da pressão arterial. Surgindo com os primeiros sintomas de debilidade física, é caracterizada por sensações subjectivas de tonturas, vertigens, náuseas e suores frios ocorrendo principalmente em indivíduos não aclimatados.

### **2.2.4 - Esgotamento por Desidratação**

O esgotamento por desidratação resulta de uma perda de água por transpiração que não é compensada pela ingestão de líquidos, provocando uma deficiência de água no organismo. Em condições temperadas, um indivíduo pode sobreviver cerca de 7 dias sem água. No entanto, em ambientes secos onde o suor é rapidamente evaporado da superfície da pele, o ser humano pode não se aperceber de que está a transpirar abundantemente e a desidratação pode ocorrer rapidamente. Assim a conjugação de vários factores como a redução da resistência aliada à diminuição das capacidades físicas e mentais, podem provocar decisões erradas, maiores tempos de reacção e juízos erróneos dos perigos, aumentando a probabilidade de acidentes.

### **2.2.5 - Esgotamento por Depleção<sup>4</sup> de Sal**

O esgotamento por depleção de sal ocorre quando a ingestão de Cloreto de Sódio (NaCl) é insuficiente para repor as perdas. Em actividades de elevado esforço físico, o indivíduo exposto a um ambiente quente pode perder grandes quantidades de NaCl e sofrer de esgotamento por depleção de sal. Estas perdas são maiores em indivíduos não aclimatados, pois para indivíduos aclimatados a dieta normal providencia as quantidades necessárias de NaCl (HUDSON, *et al.*, 2003).

Os sintomas do esgotamento por depleção salina são semelhantes ao do esgotamento por desidratação, sendo normalmente analisadas e tratadas de forma indiferenciada.

### **2.2.6 - Outros Efeitos do Calor**

Para além dos efeitos referidos anteriormente, a deficiência de suor é outro fenómeno possível de acontecer. Os sintomas consistem numa sensação de calor, esgotamento e o ritmo cardíaco pode aumentar rapidamente e dar-se um eventual colapso. Também os edemas de calor (dilatação dos pés e tornozelos) são outro dos cenários possíveis, ocorrendo principalmente em indivíduos não aclimatados. Por fim, as erupções cutâneas podem ocorrer em qualquer parte do corpo, mas preferencialmente nas áreas que se mantêm mais húmidas (ex. virilhas e axilas). Nestas áreas o suor não evaporado provoca borbulhas vermelhas ou irritações de tratamento fácil, mas que podem infectar caso não o sejam (CÁRTER, *et al.*, 2007).

## **2.3 – MEDIDAS DE PROTECÇÃO CONTRA O CALOR**

Os efeitos nocivos do calor, podem ser precavidos através da promoção de algumas medidas no sentido de minimizá-los ou mesmo erradicá-los quase que por completo. Neste sentido, poder-se-á actuar sobre as fontes de calor, sobre o ambiente de trabalho e ainda tomar medidas de protecção individual.

---

<sup>4</sup> Redução de alguma substância ou processo físico, químico ou biológico. Geralmente empregue em biologia ou medicina para indicar a redução drástica de uma substância no meio celular.

### **2.3.1 - Fontes de Calor**

Caso se trate de uma transferência de calor do exterior para o ambiente térmico interior, poder-se-á promover a protecção aumentando o coeficiente de reflexão e o coeficiente de transferência de calor para o exterior. A primeira irá promover o abaixamento da temperatura das superfícies exteriores com a redução da quantidade de radiação absorvida e a segunda facilitará a eliminação de uma grande percentagem de energia recebida. Outra medida consiste no aumento da resistência térmica da parede, minimizando a transferência de calor para o interior, por exemplo com a utilização de paredes duplas com caixa-de-ar revestidas de material isolante.

No caso de uma circulação (transferência) no interior dos edifícios podemos distinguir dois tipos de fontes de calor, as convectivas e as radiativas.

Quando, num determinado local fabril, o calor produzido se transfere por convecção, é possível e benéfico eliminar essas massas de ar quente que se formam através de sistemas de exaustão na parte superior e da admissão de ar fresco na parte inferior do edifício.

Para as fontes de calor radiativas, poder-se-á recorrer a barreiras de protecção ajustadas às características das tarefas desenvolvidas no local (OLIVEIRA, 1998; SOUSA, *et al*).

### **2.3.2 - Ambiente de Trabalho**

Exceptuando um determinado tipo de empresas nas quais é necessária a manutenção de uma temperatura e humidade constantes, a climatização das naves fabris não é normalmente efectuada devido aos elevados custos de instalação e manutenção.

As instalações de ventilação têm por objectivo a renovação do ar viciado, contaminado ou sobreaquecido. Assim, é possível corrigir a temperatura do ar no interior dos edifícios e por vezes também a humidade relativa (CANDAS, 2003).

### 2.3.3 – Protecção Individual

#### Aclimação

São várias as medidas de protecção individual que se podem promover, entre elas a aclimação que consiste em ajustamentos fisiológicos que podem ocorrer no organismo, quando um indivíduo é exposto a temperaturas intensas durante um período de tempo. Tem uma importância fundamental na prevenção dos riscos para a saúde humana.

Um indivíduo não aclimatado, durante a primeira fase de exposição ao calor, apresenta um elevado ritmo cardíaco, alta temperatura rectal e transpiração diminuta. Porém, após alguns dias de exposição já suporta melhor o calor devido aos ajustamentos fisiológicos que se traduzem numa maior produção de suor com menos concentração de sal, bem como na redução da frequência cardíaca e das temperaturas rectal e da pele (Figura 2) (OLIVEIRA, 1998; HUDSON, *et al.*, 2003).

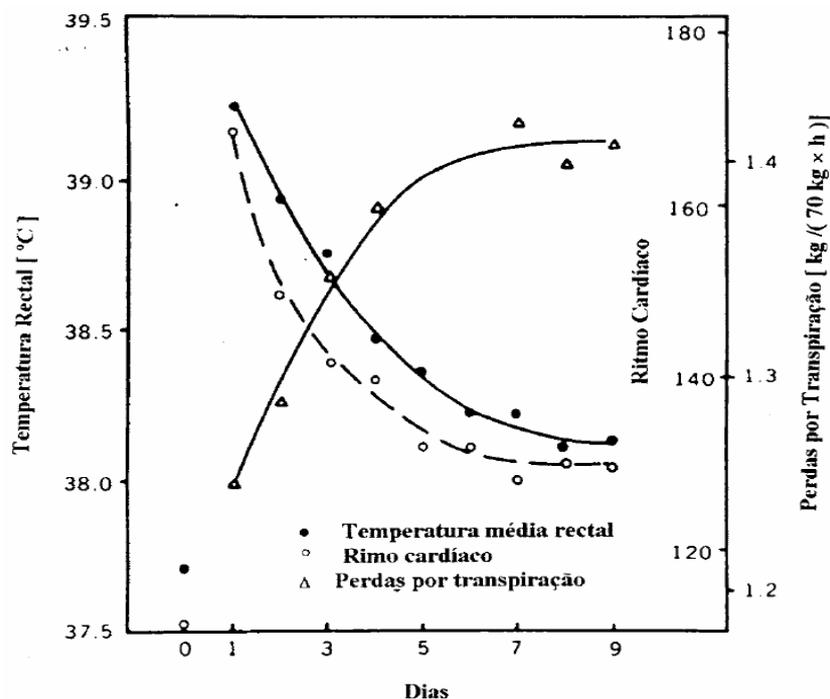


Figura 2 - Modificação na resposta ao calor durante a aclimação  
Fonte: (OLIVEIRA, 1998)

Estas adaptações são importantes para a eficiência e segurança dos trabalhadores em ambientes quentes, contudo são relativas pois operários aclimatados a certas condições de trabalho, não o estão para condições onde a carga térmica seja mais elevada. Por outro lado,

quando uma componente metabólica está presente, o operário que habitualmente desenvolve uma actividade sedentária num ambiente quente, não estará aclimatado nesse mesmo ambiente quando desenvolve uma tarefa com esforço físico intenso.

### ***Limitação do Tempo de Exposição***

A limitação do tempo de exposição tem como objectivo reduzir a sobrecarga térmica a níveis compatíveis com o organismo humano e deve ser empregue sempre que possível.

O estabelecimento de um critério com valores limite rígidos de exposição ao calor é impossível de obter, pelas diferenças individuais na tolerância ao calor, tipo de actividade desenvolvida, vestuário utilizado e as condições de ventilação dos postos de trabalho. Apesar disso, é possível recomendar valores limite de exposição que não põem em perigo a maior parte dos operários em condições de saúde normais.

### ***Educação e Preparação Física***

A educação dos trabalhadores quanto à prática correcta de execução das diferentes tarefas, pode evitar esforços e períodos de permanência desnecessários junto a fontes de calor.

Os operários devem ser sensibilizados para os riscos decorrentes de uma exposição intensa ao calor, educados quanto aos procedimentos correctos no uso dos equipamentos de protecção individual e alertados no que se refere à higiene pessoal. A preparação física parece também ter uma contribuição importante uma vez que indivíduos treinados têm maior capacidade de ajuste ao calor (<http://www.utt Tyler.edu/safety/heatstressworkplace.html>).

### ***Exames Médicos***

O serviço de saúde no trabalho tem a função de promover o bem-estar. Os exames médicos constituem uma medida de prevenção fundamental, pelo que a realização destes aquando da admissão bem como aos trabalhadores mais antigos, são normas que devem ser seguidas para se detectar problemas de saúde que possam ser agravados pela exposição ao calor (ex. entre outros, problemas cardiovasculares e da pele, infecções nas vias respiratórias).

Deve-se prestar atenção aos agentes tóxicos que existam no ambiente de trabalho e que reduzam a tolerância ao calor, como por exemplo o monóxido de carbono.

## ***Ingestão de Água e Sal***

A ingestão de água e sal destina-se a compensar as perdas por sudação que ocorrem durante as exposições ao calor.

A água como suporte de funcionamento do organismo humano é fundamental para que as operações metabólicas sejam realizadas. Envolvendo todos os tecidos, transporta as substâncias nutritivas, quer em suspensão, quer dissolvidas, dentro e fora das células.

Sem alimentos, o ser humano pode sobreviver durante várias semanas, mas sem água, a morte dá-se em poucos dias. A necessidade de água é normalmente indicada pela sensação de sede, pelo que esta representa o sinal fisiológico de que o organismo está a entrar em desidratação.

O Cloreto de sódio, como já se referiu (*vd.* 2.2.5) contribui para a retenção de líquidos no organismo, mas somente é aconselhável a sua ingestão para casos de desidratação aguda, pois tem efeitos também ao nível da pressão sanguínea (HUDSON, *et al.*, 2003).

## ***Equipamento de Protecção Individual***

O vestuário de protecção pode exercer grande influência no intercâmbio de calor entre o corpo e o ambiente. O seu objectivo é evitar o sobreaquecimento do corpo humano, mantendo a sua temperatura dentro de certos limites, pelo que deve opor-se à penetração do calor transmitido por convecção e procedente de fontes radiativas bem como facilitar a eliminação do calor proveniente do exterior e o produzido pelo metabolismo humano.

Quanto aos dispositivos para impedir a transferência de calor ambiental, são vários os sistemas disponíveis e devem favorecer a reflexão do calor, diminuir a condutibilidade térmica através do vestuário, ou seja, este deve ter um baixo coeficiente global de transmissão de calor e deve permitir a eliminação do calor recebido mediante a evaporação do suor que é vital para a manutenção do equilíbrio térmico (CANDAS, 2003).

Em Portugal o Decreto-Lei nº 348/93 de 1 de Outubro e a Portaria 988/93 de 6 de Outubro, definem as regras de utilização dos equipamentos de protecção individual contra vários riscos, porém devem-se privilegiar os meios técnicos de protecção colectiva e ainda as medidas, métodos ou processos de organização do trabalho na qual o trabalhador deve estar comprometido (OLIVEIRA, 1998).

## 2.4 – ÍNDICES DE “STRESS” TÉRMICO

Tem-se vindo a assistir a um crescente número de estudos relativos às variáveis ambientais, nas quais se inclui a temperatura. No sentido de regular esses estudos foram desenvolvidas diversas normas e documentos de referência dos quais se tece um breve resumo em seguida, dando-se relevo às mais pertinentes para o presente trabalho (Quadro 1).

**Quadro 1** - Algumas normas aplicadas aos ambientes térmicos quentes

Norma internacional	Aplicação	Conteúdo	
ISO 7730	<i>Ambientes térmicos moderados</i>	<i>Determinação dos índices PMV e PPD e especificações das condições para conforto térmico.</i>	Propõe um método para determinar a sensação térmica e o grau de desconforto das pessoas expostas a ambientes térmicos moderados e especifica condições térmicas aceitáveis para o conforto
ISO 7726	<i>Ambientes Térmicos</i>	<i>Instrumentos e Métodos para medições das quantidades físicas</i>	Especifica as características dos instrumentos de medição das variáveis físicas, assim como apresenta métodos de medição desses parâmetros
ISO 7243	<i>Ambientes Térmicos</i>	<i>Nível de desconforto devido ao calor</i>	Define nível de desconforto do ambiente (aplica-se quando não é possível aplicar a ISO-7730)
ISO 7933	<i>”Stress” Térmico</i>	<i>Método de avaliação</i>	Especifica um método de avaliação analítica e interpretativa do ”stress” térmico ao qual uma pessoa pode estar submetida num ambiente quente (índice de sudação requerida (ISR))
ISO 8996	<i>Ergonomia</i>	<i>.Determinação da produção de calor metabólico</i>	Norma internacional especifica métodos para a determinação e medição da taxa de calor metabólico, necessário para a avaliação da regulação de calor humana. Pode ser utilizada para outras aplicações (ex. a verificação da prática de actividades, o custo energético de actividades específicas ou actividades físicas, bem como o custo total energético das actividades)
ISO 9920	<i>Ergonomia de ambientes térmicos</i>	<i>Estimativa de isolamento térmico e resistência evaporativa das roupas</i>	Especifica métodos para a estimativa das características térmicas, resistência à perda de calor seco e à perda por evaporação, em condições de estado estacionário para um tipo de roupa, baseado em valores de vestimentas conhecidas, trajes e tecidos

**Fonte:** Adaptado de CANDAS, (2003), LAMBERTS, *et al.* (2002)

Apesar da existência de vários índices, nenhum foi considerado suficiente para traduzir todas as combinações que se estabelecem entre as variáveis, pelo que continua a ser complexo avaliar o risco para o operário, o limite de exposição e ainda quais os parâmetros em que se deve actuar no sentido de melhorar o ambiente térmico do local de trabalho

(OLIVEIRA, 1998). As diferenças individuais constituem um problema normalmente ultrapassado com a redução da aplicação do índice a indivíduos aclimatados.

Antes da formulação de qualquer índice, a decisão mais importante a tomar consiste na escolha de qual o indicador de sobrecarga térmica que deve ser usado. À medida que o “stress” térmico aumenta, vários parâmetros fisiológicos mudam, entre os quais a temperatura da pele, a temperatura corporal, o ritmo cardíaco e a sudação são os mais importantes (OLIVEIRA, 1998).

Nos parágrafos seguintes proceder-se-á, de acordo com as Normas Internacionais ISO 7243 (1989) e ISO 7933 (1989) à descrição dos índices de “stress” térmico a utilizar neste trabalho. São eles, respectivamente, o *WBGT* (Índice de Temperatura de Globo e de Bolbo Húmido) e o *SR* (Índice de Sudação Requerida).

#### 2.4.1 - Índice de Temperatura de Globo e de Bolbo Húmido (*WBGT*)

O Índice de Temperatura de Globo e de Bolbo Húmido (*WBGT*), aceite desde 1982 pela International Standard Organisation (ISO) para avaliar condições de trabalho em ambientes térmicos quentes (associados ao “stress”), foi aplicado inicialmente na Marinha norte americana para a avaliação da severidade do ambiente térmico e do risco de perturbações devidas ao calor na execução de exercícios e treino.

Para ambientes industriais, a American Industrial Hygiene Association (AIHA), recomendou uma série de valores limite de exposição ao calor apresentados no Quadro 2.

**Quadro 2** - Valores limite de exposição ao calor recomendados em ambientes industriais

Trabalho desenvolvido	Metabolismo Médio w/ m2	Máximo <i>WBGT</i> por período de trabalho				
		Contínuo	3 Horas	2 Horas	1 Hora	1/2 Hora
Ligeiro	65	32	34	36	38	42
Moderado	130	30	32	33	35	38
Pesado intermitente	195	27	29	30	32	35

Fonte: (OLIVEIRA, A., 1998)

Para calcular o índice *WBGT* em ambientes interiores são necessárias as temperaturas de bolbo húmido natural ( $T_{bhn}$ ) e de globo negro ( $T_g$ ), combinadas de acordo com a expressão que se apresenta em seguida.

$$WBGT = 0,7 \times T_{bhn} + 0,3 \times T_g \quad (2)$$

Uma vez determinado o índice *WBGT*, pode-se comparar com os valores limite apresentados no Quadro 3, de modo a que, quando necessário, se tomem as medidas adequadas.

**Quadro 3** - Valores de metabolismo e valores limite de *WBGT*

Classe de metabolismo	Metabolismo (M)		Valor limite de <i>WBGT</i>			
	Relativo à unidade de superfície de pele ( $W / m^2$ )	Total (para um homem com uma área de superfície de pele de $1,8 m^2$ ) (W)	Pessoa aclimatada ao calor ( $^{\circ}C$ )		Pessoa não aclimatada ao calor ( $^{\circ}C$ )	
0 (repouso)	M < 65	M < 117	33		32	
1	65 < M < 130	117 < M < 234	30		29	
2	130 < M < 200	234 < M < 360	28		26	
3	200 < M < 260	360 < M < 468	Sem movimento de ar sensível	Com movimento de ar sensível	Sem movimento de ar sensível	Com movimento de ar sensível
			25	26	22	23
4	M > 260	M > 468	23	25	18	20

Fonte: ISO 7243 (1989)

Os valores limite apresentados no quadro anterior dependem não só do nível de actividade, como também do estado de aclimação do operário. Os valores recomendados baseiam-se num aumento aceitável da temperatura profunda do corpo humano de  $1^{\circ}C$ , ou seja, um máximo de  $38^{\circ}C$ .

## 2.4.2 – Índice de Sudação Requerida (SR)

O Índice de Sudação Requerida é proposto pela Norma ISO 7933 (1989) para a avaliação e interpretação do “*stress*” térmico a que um indivíduo está sujeito num determinado ambiente. Apresenta o método de cálculo do balanço térmico e do débito de sudação (Sudação Requerida) que o organismo humano deverá accionar para assegurar o equilíbrio térmico, determinando os limites de exposição para limitar as consequências fisiológicas.

A taxa de sudação requerida, estimada a partir do balanço térmico do ser humano, necessita do cálculo prévio de algumas grandezas intermédias, como o débito evaporativo requerido ( $E_{req}$ ) o débito evaporativo máximo ( $E_{max}$ ) potencialmente absorvido pelo ambiente e o humedecimento cutâneo requerido ( $w_{req}$ ) que é representado pela relação entre a perda de calor por evaporação requerida ( $E_{req}$ ) e a quantidade de calor máxima que é possível perder por evaporação para o ambiente ( $E_{máx}$ ). O cálculo do débito por sudação requerida deve ser feito com base no débito por evaporação requerido, mas deve ter-se em conta a heterogeneidade dos humedecimentos cutâneos locais, que eventualmente podem originar um débito de sudação superior ao débito evaporativo.

A sudação requerida para manter o equilíbrio térmico ( $SW_{req}$ ) exprime-se pela relação entre a perda por evaporação requerida ( $E_{req}$ ) e a eficiência evaporativa ( $\eta_{sw}$ ):

$$SW_{req} = E_{req} / \eta_{sw} \quad (3)$$

A duração limite de exposição pode ser calculada em função destes parâmetros, caso se esteja perante uma situação de elevada temperatura profunda do corpo ou se tenha atingido o valor máximo de perdas hídricas. Esta interpretação leva em consideração o humedecimento cutâneo máximo ( $w_{máx}$ ), a sudação máxima ( $SW_{máx}$ ), o armazenamento máximo de calor ( $Q_{máx}$ ) e ainda a máxima perda de água aceitável ( $D_{máx}$ ).

O débito de sudação requerido ( $SW_{req}$ ) não pode ultrapassar o débito de sudação máximo ( $SW_{máx}$ ) e deve ser relacionado com o débito de sudação óptimo ( $SW_{opt}$ ), compatível com uma situação de conforto e o débito de sudação máximo realizável ( $SW_{máx}$ ). O débito de sudação óptimo é dado pela seguinte relação:

$$SW_{opt} = 0,6 \times M - 35 \quad (4)$$

O humedecimento cutâneo requerido ( $w_{req}$ ) não pode ultrapassar o débito de sudação máximo realizável ( $w_{máx}$ ). Em caso de desequilíbrio do balanço térmico, o armazenamento de calor deve estar limitado a um valor máximo, de tal modo que a elevação de temperatura não provoque danos patológicos. Qualquer que seja o resultado do balanço térmico, a perda de água pelo organismo deve estar limitada a um valor máximo, compatível com o equilíbrio hidromineral (vd. valores de referência, no Quadro 4, em função das características dos trabalhadores).

**Quadro 4** - Valores de referência<sup>5</sup> dos limites fisiológicos e dos limites de risco associados à exposição ao calor

CRITÉRIO	Não aclimatados		Aclimatados	
	Alarme	Perigo	Alarme	Perigo
<b>Humedecimento cutâneo máximo</b> $W_{máx}$	0,85	0,85	1,0	1,0
<b>Sudação máxima</b>				
<b>Repouso</b> $M < 65 \text{ W/m}^2$ $SW_{máx}$ $\text{W/m}^2$	100	150	200	300
$\text{g/h}$	260	390	520	780
<b>Trabalho</b> $M > 65 \text{ W/m}^2$ $SW_{máx}$ $\text{W/m}^2$	200	250	300	400
$\text{g/h}$	520	650	780	1040
<b>Armazenamento máximo de calor</b> $Q_{máx}$ $\text{W} \times \text{h/m}^2$	50'	60	50	60
<b>Perda de água máxima</b> $D_{máx}$ $\text{W} \times \text{h/m}^2$	1000	1250	1500	2000
$\text{g}$	2600	3250	3900	5200

Fonte: Adaptado de ISO 7933 (1989)

<sup>5</sup> Os valores apresentados para  $SW_{máx}$  e  $D_{máx}$  referem-se a indivíduos com uma área superficial do corpo de 1,8 m<sup>2</sup>. Os valores recomendados para  $Q_{máx}$ , correspondem a uma elevação de temperatura profunda do corpo humano de 0,8 e 1 °C para os critérios de alarme e perigo e leva em consideração uma elevação de temperatura da pele de 3,5 e 4 °C, respectivamente.

## **CAPÍTULO 3 – AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO CALOR EM AMBIENTES FABRIS**

O risco de “*stress*” térmico encontra-se presente em muitas das actividades dos seres humanos, dependendo desse risco de factores que já tivemos a oportunidade de abordar anteriormente. No meio fabril é possível encontrar diversos contextos onde este tipo de risco está presente. É o caso das indústrias de produção de papel e de vidro que se pretendem estudar neste capítulo.

Começar-se-á por fazer um breve enquadramento destas indústrias no seio das indústrias transformadoras em Portugal, partindo-se de seguida para a apresentação da metodologia utilizada nas avaliações efectuadas no terreno. Será pertinente também a descrição sumária dos locais visitados bem como das tarefas que aí se desenrolam. Por fim, far-se-á a apresentação e a comparação dos dados que foram colectados de acordo com as normas internacionais ISO 7243 (1989) e ISO 7933 (1989).

### **3.1 – ENQUADRAMENTO DAS UNIDADES FABRIS VISITADAS**

Antes de começar o assunto deste capítulo, pretende-se apenas fazer referência à falta de receptividade que existe para este tipo de estudos pois, entre várias solicitações apresentadas aos responsáveis fabris, apenas encontrámos receptividade por parte de duas empresas que ainda assim demoraram algum tempo a responder.

#### **3.1.1 – A Indústria Papeleira**

A indústria de produção de papel possui, de acordo com a CAE<sup>6</sup> (classificação das actividades económicas) o código 2100. Em Portugal, existe uma associação que, do universo total do sector das indústrias de pasta, papel e impressão, congrega as grandes unidades produtoras de pasta e papel que operam no mercado nacional. Trata-se da Celpa, associação da indústria papeleira, em que as empresas a ela associadas representam 100% da produção de

---

<sup>6</sup> Classificação de acordo com a Rev. 3 (INE, I.P., 2008).

pasta para papel e cerca de 90% da produção de papel a nível nacional (Celpa, 2008). Deste conjunto fazem parte nove empresas do ramo (figura 3).



**Figura 3** - Distribuição das unidades associadas à CELPA  
**Fonte:** Adaptado de CELPA (2008)

O contributo da indústria papelreira para o emprego a nível nacional era em 2007, de acordo com as estatísticas da Celpa (2008), de 3222 postos de trabalho directos. Nesse mesmo ano (2007) o negócio das exportações de papel atingiu o valor de 1,330 milhões de toneladas o que contribuiu para totalizar no sector um volume de vendas de 1698 milhões de Euros com um resultado líquido de 242 milhões de euros correspondendo a 27% dos resultados líquidos do sector. A produtividade medida, quer pelo valor acrescentado por unidade produzida, quer pelo valor acrescentado por colaborador registou, neste ano um crescimento significativo, respectivamente de 5% e 4%. Relativamente ao ano anterior.

Em 2007 apresentou um VAB<sup>7</sup> de 653.513 milhões de euros, correspondendo a um aumento de 4% relativamente ao ano anterior.

<sup>7</sup> Valor acrescentado bruto: Corresponde ao valor criado pelo processo produtivo durante o período de referência e é obtido pela diferença entre a produção e os consumos intermédios.

### **3.1.2 – A Indústria Vidreira**

A produção de vidro em Portugal está enquadrada, de acordo com a CAE, como um subsector de Outros Produtos Minerais Não Metálicos (OPMNM) possuindo o código 2610.

Este subsector, no ano de 2004, em Portugal era representado por 468 empresas com um peso de 9,9% em relação ao número total de empresas dos OPMNM. Corresponhia também ao 3º maior da indústria de OPMNM com um volume de negócios de 769 milhões € e 1,06% do volume de negócios da indústria transformadora. Entre 1999 e 2004 teve um crescimento médio anual de +3,9%, gerando em 2004 um VAB no valor de 279 milhões € equivalente a uma taxa de variação de +15,8 milhões € no período referido, pesando 16,5% do VAB sectorial e 1,46% do VAB da indústria transformadora (IAPMEI, 2007).

Encontravam-se empregados em 2002 na U E -25 cerca de 384 mil trabalhadores tendo sido responsável por mais de 40% de desemprego no espaço comunitário entre 1980 e 2002. Cerca de 2% dos empregos localizavam-se em Portugal e foi o 3º dos subsectores que mais desemprego criou no país entre 1999 e 2004.

## **3.2 - AVALIAÇÕES E METODOLOGIAS**

### **3.2.1 – Dificuldades**

Durante este trabalho foram vários os constrangimentos a ultrapassar e/ou gerir.

De referir que a falta de receptividade por parte de muitos empresários constitui um obstáculo a ultrapassar quando se pretende fazer um trabalho desta natureza, pois seja por receio de algo, falta de conhecimento ou outros motivos a abertura de portas a estas iniciativas revelou-se difícil.

Por motivos profissionais, a escassez de tempo para as visitas às unidades fabris foi outro factor que houve necessidade de contornar e gerir, pois para entrar em contacto com os trabalhadores e ter a percepção das tarefas por eles efectuadas, bem como por questões metodológicas a obrigatoriedade de permanecer no local tornou-se um imperativo.

A norma ISO 7243 (1989) refere que os levantamentos dos parâmetros para caracterização de ambientes térmicos quentes, com a finalidade de perceber situações de

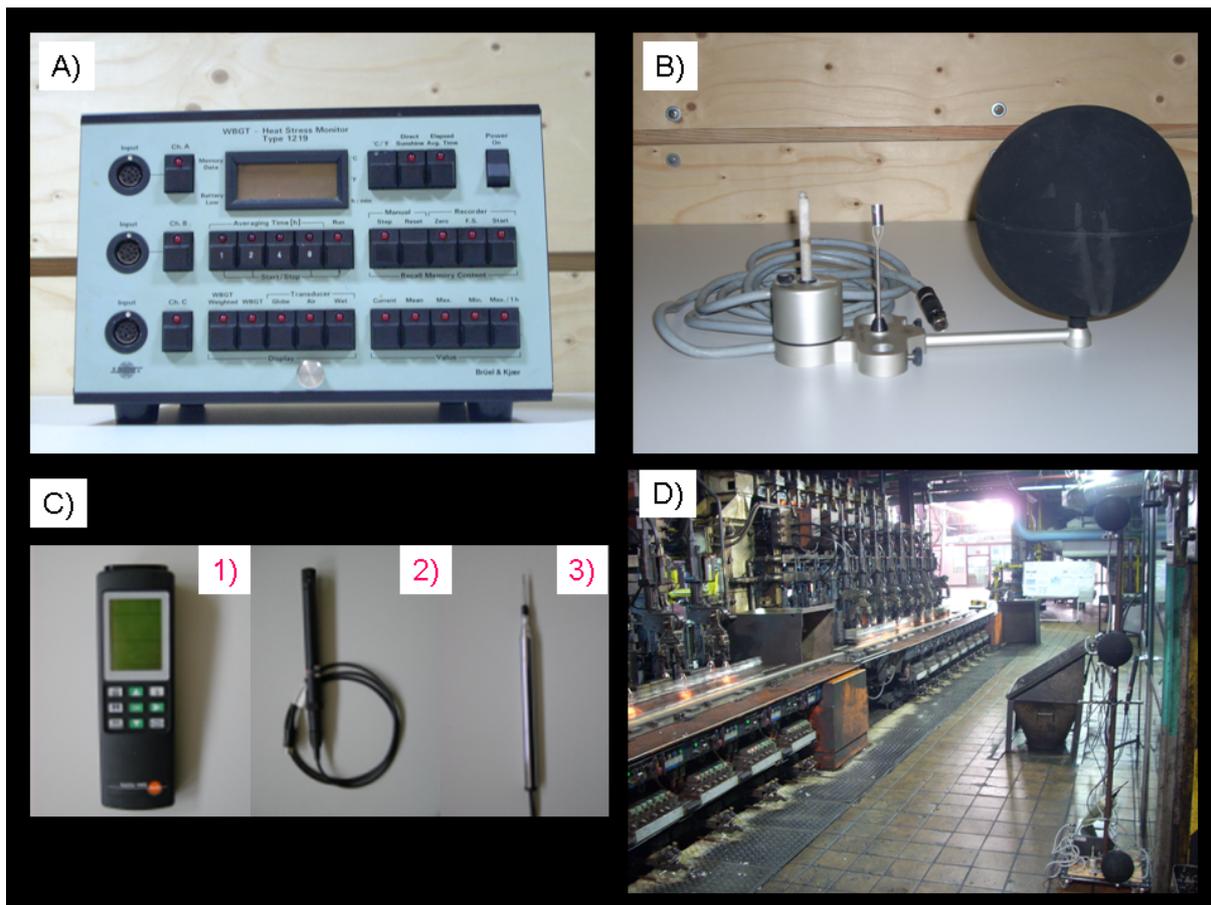
risco de “*stress*” térmico, deverão ocorrer no período mais desfavorável ao trabalhador. Visto que esta situação depende da variabilidade sazonal, do período do dia e de situações concretas no local de trabalho, pelos constrangimentos de disponibilidade de tempo já referidos, bem como a dependência da autorização por parte dos responsáveis das empresas, não foi possível satisfazer esta indicação, até porque o simples acto de efectuar os registos em vários locais num curto período de tempo obrigou a uma grande mobilidade.

Por questões de compromisso entre a aquisição dos dados, integridade do equipamento e/ou constrangimento para as tarefas dos trabalhadores, nem sempre foi possível colocar o aparelho no local onde as variáveis analisadas assumiam os valores mais elevados. Desta forma os dados colectados nem sempre traduzem fielmente as condições a que estão sujeitos os trabalhadores.

No campo das metodologias também houve alguns constrangimentos a serem ultrapassados, pela falta de formação e conhecimento profundo de algumas ferramentas utilizadas, houve necessidade de tomar contacto com matérias que não eram esperadas e que no final contribuíram para o enriquecimento não só pessoal mas também do trabalho apresentado.

### 3.2.2 – Equipamentos

Para os registos de Temperatura de Globo Negro ( $T_g$ ), Temperatura do ar ( $T_a$ ), Temperatura de Bolbo Húmido ( $T_{bhn}$ ) e *WBGT* foi utilizado equipamento que permite estimar o “*stress*” devido ao calor de acordo com a norma ISO 7243 (1989). Trata-se de uma consola **WBGT - Heat Stress Monitor** modelo 1219 da **Brüel & Kjaer**, com três conjuntos de sensores montados num tripé. Para a aquisição de dados relativos à velocidade do ar e humidade relativa foi utilizado um aparelho *data logger* da marca **Testo 445** composto por um registador e duas sondas, uma combinada de temperatura do ar (-20 a +70°C) e humidade relativa (0 a 100%) de elevada precisão Testo (ref.<sup>a</sup> 0636 9741) e a outra de esfera aquecida, diâmetro 3 mm, com extensão telescópica integrada (máx. 850 mm), para medição da velocidade e temperatura do ar (0 a 10 m/s; -20 a +70 °C), Testo (ref.<sup>a</sup> 0635 1049). A figura 4 ilustra os referidos equipamentos.



**Figura 4** - A – Consola WBGT; B – Sensores de temperatura do ar, de bolbo húmido natural e de globo negro; C – 1) Data logger Testo 445, 2) sensor de humidade relativa 3) sensor de velocidade do ar; D – equipamento montado em contexto fabril.

### 3.2.3 - Medições

As metodologias aplicadas nas medições estão de acordo com a norma internacional ISO 7243 (1989). Assim, e como foram sempre efectuados registos a três níveis, nos canais A, B e C, estavam ligados os sensores referentes às alturas de 1.7m, 1.1m e 0.1m, respectivamente. Para as salas de controlo, em que as tarefas são efectuadas estando o trabalhador sentado a maior parte do tempo, a norma especifica que para os canais A, B e C correspondem as alturas de 1.1m, 0.6m e 0.1m, respectivamente.

Antes do início de cada registo houve a preocupação de se colocar o aparelho em regime de estabilização durante um período de tempo médio de 20 minutos. Todos os registos correspondem ao período de uma hora, sendo este o tempo referido, na norma internacional, como o necessário para se proceder à avaliação de ambientes térmicos quentes.

Pelo facto do monitor de “stress” térmico não possuir conexão com o computador para a transferência de dados, houve necessidade de o fazer manualmente no final de cada

medição, sendo estes dados tratados *a posteriori* para determinação de valores médios ponderados. Para este procedimento foi utilizada a seguinte expressão (Brüel & Kjaer, 1985):

$$X = \frac{xcabeça + (2.abdómen) + xtornozelo}{4} \quad (5)$$

em que  $X$  será sempre referente à variável média a ponderar. Nota-se na anterior relação que é atribuído um maior peso ao parâmetro medido à altura do abdómen.

### **3.2.4. Características dos Locais Visitados**

#### ***Naves fabris de produção de papel***

Na indústria papelreira, na área de fabricação de papel desenvolvem-se uma série de actividades repartidas por várias secções de trabalho, correspondendo por sua vez a cada secção um rol de tarefas.

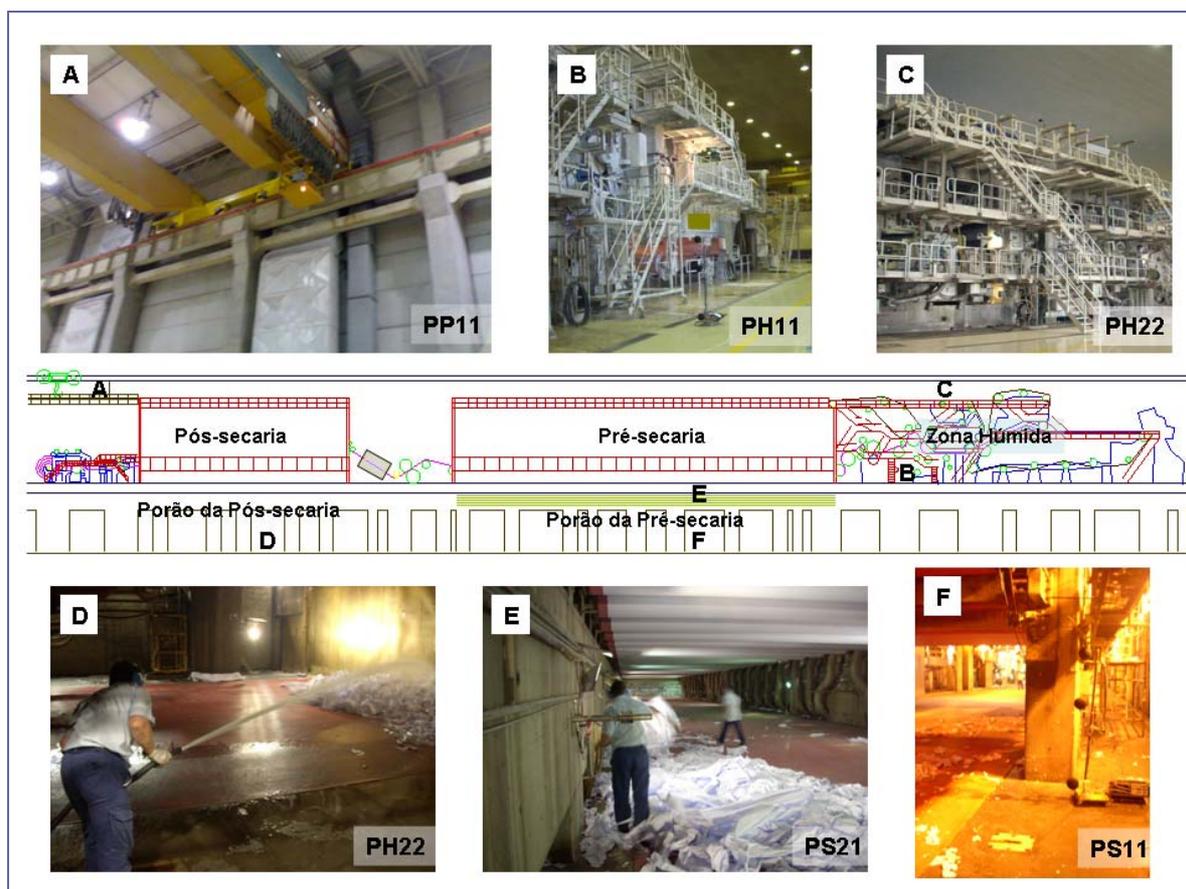
A nave fabril, onde se encontra a máquina de produção de papel é de estrutura pesada. Nela se encontra a máquina de papel onde existe uma diversidade de rolos por onde passa o papel, sendo que a maior parte dos referidos rolos se encontra dentro de uma estrutura metálica onde predominam altas temperaturas devido à radiação do calor emitido pelos rolos. Na nave fabril podem-se identificar várias áreas. A Zona Húmida que compreende a área de formação do papel, a Zona Seca que é composta pela pré-secaria, a pós-secaria (em que ambas possuem um porão cada) e entre elas o secador. Na parte final da máquina encontra-se o enrolador onde o papel sai em bobines (chamados jumbos).

Na Zona Húmida o operador que a controla tem de fazer uma inspecção de toda a área de formação do papel, actividade esta que se desenvolve no piso das salas e em contacto com o ambiente que se forma nesta zona da máquina, bem como monitorizar a actividade da máquina de papel.

O operador da Zona Seca tem igualmente de proceder à inspecção da pré-secaria, do secador e da pós-secaria, procedendo também à monitorização de toda a actividade destas áreas durante o seu turno de trabalho. Aquando das quebras da máquina, é este operador que também procede à limpeza dos porões da pré e da pós – secaria.

Uma outra tarefa dentro da nave fabril, que se desenvolve num ambiente de elevadas temperaturas, ainda que não pertencendo à produção do papel, é a da manutenção das pontes rolantes que viabilizam o transporte de grandes cargas ao longo de todo edifício.

Na figura 5 pretende-se ilustrar aspectos de uma máquina de papel e a localização dos locais de medição comentados neste trabalho.



**Figura 5** - Esquema simplificado (em corte) de uma máquina de papel e localização dos locais de medição

### *Especificações das Naves Fabris*

Existindo a possibilidade de os valores medidos terem sido influenciados por outras condicionantes, convém fazer salvaguarda de alguns aspectos que poderão ser de interesse para a presente dissertação. Assim, na altura das medições nos porões, a Nave fabril 2 encontrava-se a produzir papel cópia 75gr/m<sup>2</sup> e a Nave fabril 1 papel cópia 80 gr/m<sup>2</sup>.

Convém também clarificar algumas especificações relativas às naves fabris que poderão explicar algumas das diferenças nos valores registados. Os porões da Nave Fabril 1 encontram-se ambos ao nível do solo enquanto que o porão da Pré-secaria da Nave fabril 2 se encontra suspenso e mais próximo dos rolos (foto E da figura 5). Porém, este último tem uma

parede de betão que separa um corredor do porão propriamente dito, pelo que os registos obtidos ficam aquém dos valores que realmente predominam naquele ambiente.

Encontram-se assim apresentados não só os locais nas naves de produção de papel, mas também os postos de trabalho<sup>8</sup> nos quais foram efectuados os registos cujos resultados se apresentam mais adiante.

### *Área de produção de vidro*

A área de produção de vidro é composta por várias máquinas que por sua vez são constituídas por segmentos, nas quais entra a “gota” de vidro incandescente que irá dar origem ao produto acabado. Este produto acabado vai de seguida para uma arca de recozimento para lhe dar uma têmpera e tornar o vidro mais resistente, saindo deste como produto final.

Neste local o trabalhador acompanha o processo fabril de forma muito próxima, inspeccionando todo o processo, verificando o calibre das garrafas e corrigindo anomalias que vão surgindo, para além de ter que controlar a necessidade de olear os moldes. Nestas duas últimas tarefas o operador toma muitas vezes contacto com as secções da máquina de onde provêm altas temperaturas. Existe uma sala de controlo para cada máquina, onde se encontram os computadores que auxiliam a monitorização do processo que é feita pelo operador.

Outra tarefa que se desenvolve nestes locais com alguma frequência é a mudança de ordem de fabrico na qual estão envolvidos cerca de 10 trabalhadores. Trata-se de uma actividade bastante movimentada que demora em média 2 horas (de acordo com as indicações do responsável). Durante esta operação a referida “gota” está sempre a cair sendo dirigida para um recipiente cheio de água que se encontra por baixo da máquina e de onde provém humidade.

Na figura 6 pretende-se ilustrar aspectos de uma nave fabril de vidro e a localização dos locais de medição comentados neste trabalho.

---

<sup>8</sup> Entende-se que o posto de trabalho é composto pelas diversas tarefas levadas a cabo por um trabalhador ainda que em diferentes locais. Ou seja a soma das tarefas efectuadas pelo trabalhador independentemente do local.

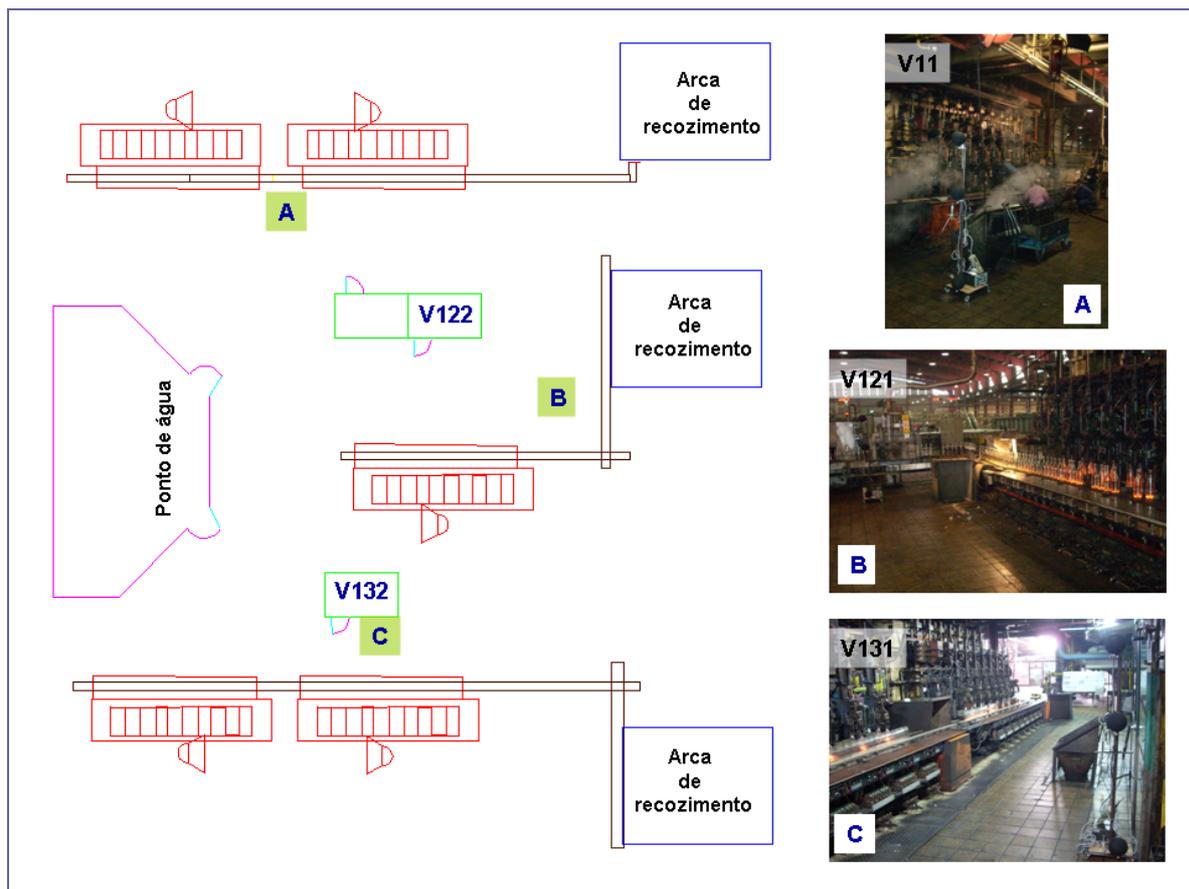


Figura 6 - Esquema simplificado (em planta) dos locais visitados na indústria vidreira

### 3.3 - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para a apresentação dos resultados optou-se por utilizar siglas para designar os locais onde foram efectuadas as medições de acordo com as indicações constantes do Quadro 5.

**Quadro 5** - Estruturação dos postos de trabalho e siglas utilizadas durante a apresentação dos resultados

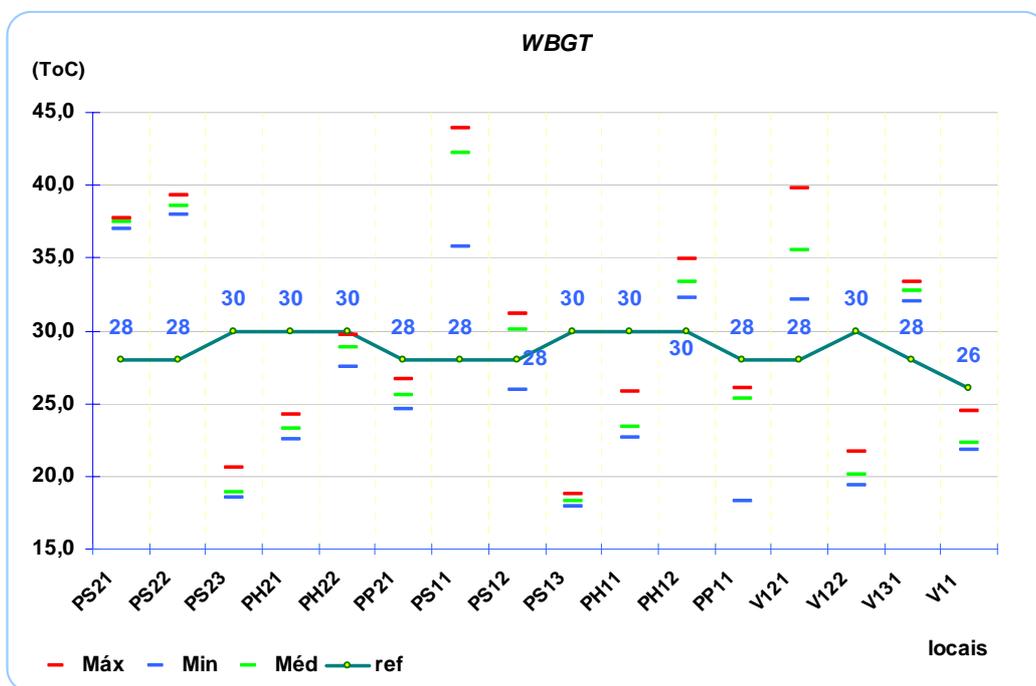
Posto de Trabalho		Local de Trabalho	
Sigla	Significado	Sigla	Significado
PS2	Papeleira_ Operador Zona Seca - Nave Fabril 2	PS21	Papeleira – Porão Pré-Secaria - Nave Fabril 2
		PS22	Papeleira - Porão Pós-Secaria - Nave Fabril 2
		PS23	Papeleira - Sala Zona Seca - Nave Fabril 2
PH2	Papeleira_ Operador Zona Húmida - Nave Fabril 2	PH21	Papeleira - Zona Húmida - Chão - Nave Fabril 2
		PH22	Papeleira - Zona Húmida – Junto ao Rolo tensor do feltro <i>pickup</i> - Nave Fabril 2
		PH23	Papeleira - Sala Zona Húmida - Nave Fabril 2
PP2	Papeleira_ Manutenção da Ponte rolante - Nave Fabril 2	PP21	Papeleira - Piso Superior - Nave Fabril 2
PS1	Papeleira_ Operador Zona Seca - Nave Fabril 1	PS11	Papeleira - Porão Pré-Secaria - Nave Fabril 1
		PS12	Papeleira - Porão Pós-Secaria - Nave Fabril 1
		PS13	Papeleira - Sala Zona Seca - Nave Fabril 1
PH1	Papeleira_ Operador Zona Húmida - Nave Fabril 1	PH11	Papeleira - Zona Húmida - Chão - Nave Fabril 1
		PH12	Papeleira - Zona Húmida – Junto ao Rolo tensor do feltro <i>pickup</i> - Nave Fabril 1
		PH13	Papeleira - Sala Zona Húmida Nave Fabril 1
PP1	Papeleira_ Manutenção da Ponte rolante - Nave Fabril 1	PP11	Papeleira - Piso Superior - Nave Fabril 1
V12	Vidreira_ Operador da Máquina 12	V121	Vidreira - Máquina 12
		V122	Vidreira - Sala da Máquina 12
V13	Vidreira_ Operador da Máquina 13	V131	Vidreira - Máquina 13
		V132	Vidreira - Sala da Máquina 13
V11	Vidreira_ Manutenção das Máquinas	V11	Vidreira - Mudança de Ordem Máquina 11

#### 3.3.1 - Índice *WBGT*

De acordo com a análise efectuada aos resultados, verificou-se que no período em que ocorreram os registos, os valores máximos do índice *WBGT* foram obtidos na indústria papeleira, mais precisamente no PS11 (43,9°C) conforme se pode verificar no gráfico da figura 7 porém apresentou um desvio-padrão de 2,0, o segundo maior de todos. No entanto, há que salvaguardar que a comparação com o PS21 (37,7 °C) não poderá ser feita de forma imediata pois, como já se referiu, a existência de uma barreira de betão no segundo, por

razões de segurança, não possibilitou a instalação do equipamento no interior do porão onde as condições que efectivamente se fazem sentir são, sem dúvida, mais intensas que as registadas. Em relação aos valores registados no PS22 (39,4°C) estes são visivelmente superiores aos registados no PS12 (31,1 °C), sendo que o primeiro apresenta uma maior homogeneidade nos valores relativamente ao segundo (desvio padrão de 0,3 e 0,9, respectivamente).

Na indústria vidreira há que realçar os valores máximos obtidos na V121 tanto no que diz respeito ao desvio-padrão, o maior de todos verificado (2,2), como também em termos de *WBGT* (39,8 °C) que se distanciou do registado na V131 (33,4 °C) cerca de 6 °C.

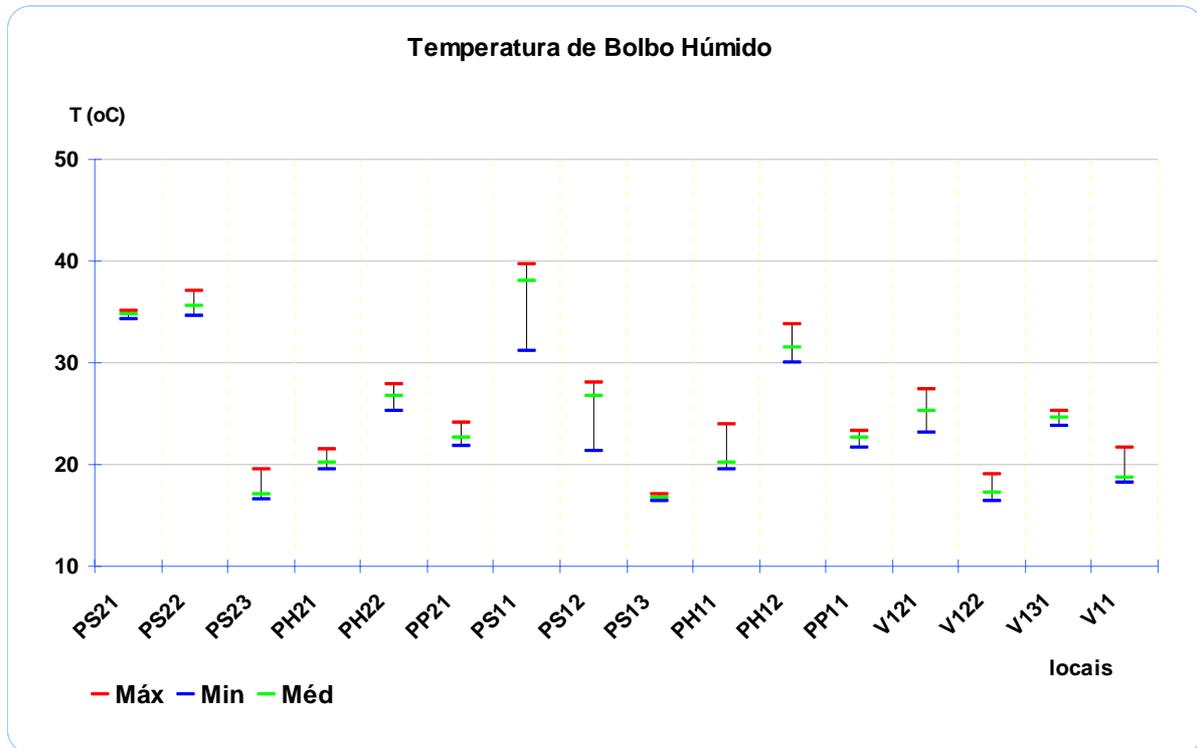


**Figura 7** - Valores de *WBGT* Máximos, Médios e Mínimos registados nos locais de trabalho e valor de referência de acordo com a norma ISO 7243

A figura 8 mostra os valores de temperatura de bolbo húmido natural ( $T_{bhn}$ ) salientando-se novamente o PS11 (39,7°C), sendo que foi aqui também onde se verificou o maior desvio-padrão (2,0), faz-se a mesma salvaguarda relativamente à comparação deste com o PS21 (35,1°C). O segundo maior valor foi registado no PS22 (37,1°C) e todos os restantes valores estiveram abaixo dos 35 °C, tendo o PH12 ficado aquém 1,3 °C desse valor.

Na indústria vidreira o máximo valor atingido tanto em termos de  $T_{bhn}$  como em desvio-padrão foi na V121 com 27,3 °C e 1,1, respectivamente. Na V131 registou-se 25,3 °C com um desvio-padrão baixo (0,3). Como se pode ver, o desvio em relação à média atesta a

homogeneidade dos valores registados neste sector. Este aspecto é característico de uma exposição significativamente uniforme.



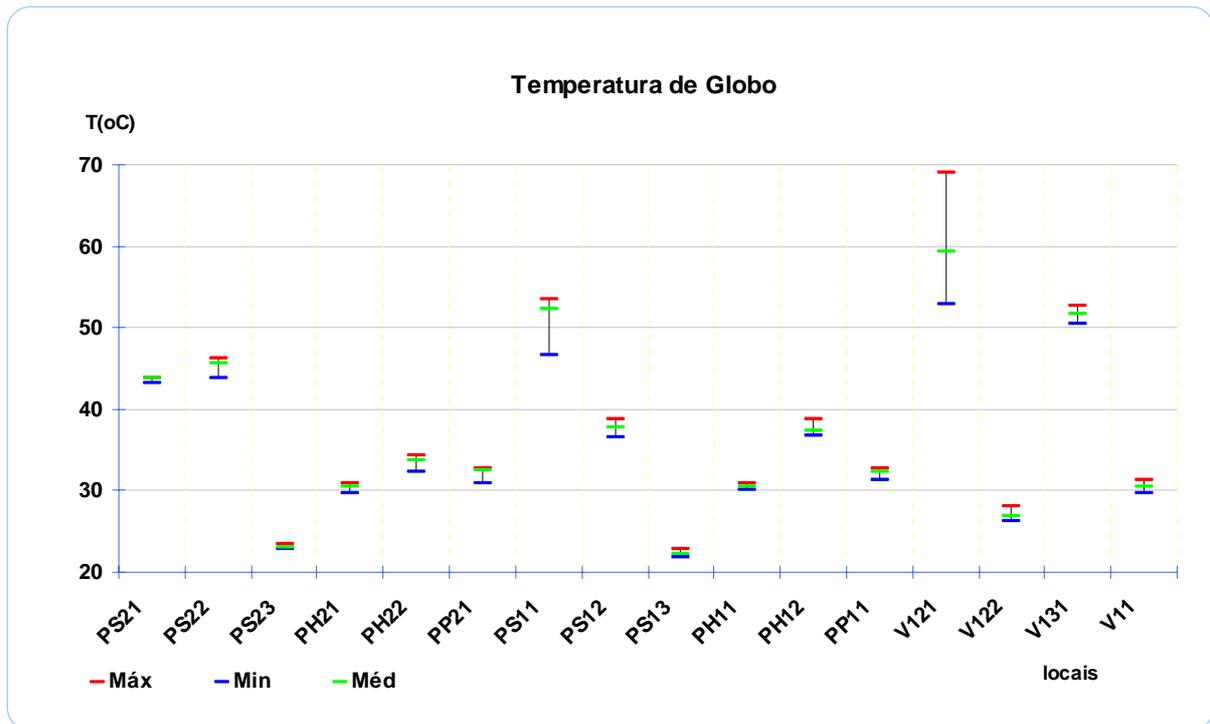
**Figura 8** - Valores de  $T_{bh}$  Máximos, Médios e Mínimos registados nos locais de trabalho

Os valores de temperatura de globo negro ( $T_g$ ) mais elevados e também o maior desvio-padrão nesta variável foram registados na indústria vidreira, mais precisamente na V121 com  $69,1^\circ\text{C}$  e  $4,8$  respectivamente. Na V131 os valores, apesar de elevados ( $52,6^\circ\text{C}$ ), foram mais baixos que os registados no PS11 ( $53,6^\circ\text{C}$ ). Porém, neste *ranking* destaca-se o sector do vidro ainda que com diferenças bastante grandes entre as duas máquinas (Figura 9).

Vários factores podem causar esta diferença como o tipo de produto que está a ser fabricado na altura em que é feito o registo visto que a quantidade de vidro incandescente tem influência na quantidade de calor irradiado (na altura das medições a V121 encontrava-se a trabalhar num produto que exigia uma quantidade de  $670\text{ gr. /unidade}$  enquanto que a V131 estava com uma produção de  $168\text{ gr. /unidade}$ ). Outros dois factores de ordem estrutural podem ter influência nos valores registados pois esta máquina encontra-se em posição desfavorável junto à entrada da arca de recozimento de onde provém mais calor e ainda pelo

facto de se encontrar entre duas máquinas o que faz com que haja um somatório de fontes de calor a afectar a área<sup>9</sup>.

No sector do papel, como referido, destaca-se o PS11, sendo aqui também que se regista o maior desvio-padrão (1,9) que poderá ser devido ao facto de este porão ficar ao nível do solo, logo assim mais exposto a interferências externas o que origina uma maior flutuação nos valores. Todos os outros locais registaram valores inferiores a 50 °C.

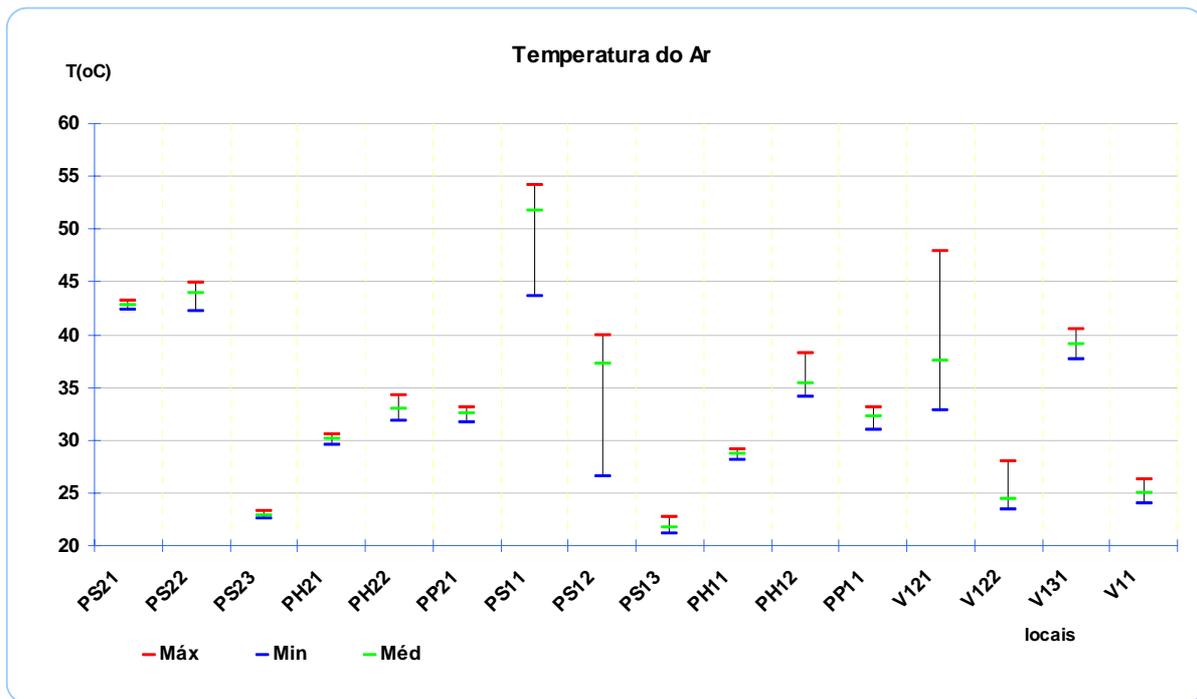


**Figura 9** - Valores de  $T_g$  Máximos, Médios e Mínimos registados nos locais de trabalho

No gráfico da figura 10 é possível ver que os valores máximos de temperatura do ar ( $T_a$ ) foram registados no PS11 (54,2 °C). Também neste local se verificou uma grande amplitude de valores (10,6 °C) entre o valor mais elevado e o mais baixo (43,6 °C), não tendo, porém, ultrapassado a amplitude verificada no PS12 (13,3 °C) entre o valor mais alto (39,9 °C) e o valor mais baixo (26,6 °C).

O segundo maior valor registado de  $T_a$  foi na V121 (48 °C), sendo neste local onde se registou o maior desvio-padrão (2,9) tal é a heterogeneidade dos valores que apresentam uma amplitude de 15,2 °C entre o mais elevado e o mais baixo (32,8 °C).

<sup>9</sup> De acordo com o que se pode apurar junto dos funcionários que trabalham na área, no Verão, em dias de muito calor, as condições no local tornam-se difíceis de aguentar.



**Figura 10** - Valores de  $T_a$  Máximos, Médios e Mínimos registados nos locais de trabalho

Interessa agora verificar se os postos de trabalho correspondem a situações de “stress” térmico, através da ponderação do tempo de exposição do operário às condições de cada local de trabalho, tendo em conta a actividade por ele desenvolvida e a classe de metabolismo respectiva. Desta forma, os valores de  $WBGT$  obtidos, quando comparados com os valores de referência na Norma ISO 7243, indicam-nos se existe risco de “stress” térmico ou não.

### ***Procedimento para avaliação de risco de “stress” térmico***

Para se verificar se os postos de trabalho constituem, no que diz respeito ao  $WBGT$ , a situações de risco é necessário primeiro que tudo agrupar os locais de trabalho de forma a constituir o posto de trabalho. Em seguida, procede-se à caracterização das actividades em cada local de trabalho que, quando comparado com o quadro 7 (em anexo, quadro da norma ISO 7243) nos dará a indicação da classe de metabolismo a usar para o cálculo do metabolismo médio ( $M_m$ ) de acordo com a equação seguinte:

$$M_m = \frac{(M_1.T_1) + (M_2.T_2) + \dots + (M_n.T_n)}{T_1 + T_2 + \dots + T_n} \quad (6)$$

sendo que  $M_1, M_2, \dots, M_n$  são os valores estimados ou medidos durante os tempos  $T_1, T_2, \dots, T_n$ .

Uma vez determinado o metabolismo médio, verifica-se qual o valor limite de *WBGT* de acordo com a norma (Quadro 8 em anexo) e estabelece-se a comparação com o *WBGT* médio<sup>10</sup> que se obtém utilizando a mesma lógica da equação de determinação do metabolismo médio, verificando-se, assim, se o posto de trabalho representa risco de “*stress*” térmico ou não.

### ***Classificação dos Postos de Trabalho***

Uma vez que já foram apresentados os postos de trabalho no ponto 3.2.4, analisam-se agora os resultados relativos ao risco de “*stress*” térmico.

É possível ver através da figura 11 que de todos os postos analisados existem 4 (dois em cada ambiente fabril) que conferem situações de risco. São eles PS2 e PS1 na indústria papelreira e V12 e V13 na indústria vidreira. Esta situação surge pelo facto de os valores máximos<sup>11</sup> de *WBGT* ponderado terem superado os valores de referência da norma ISO 7243.

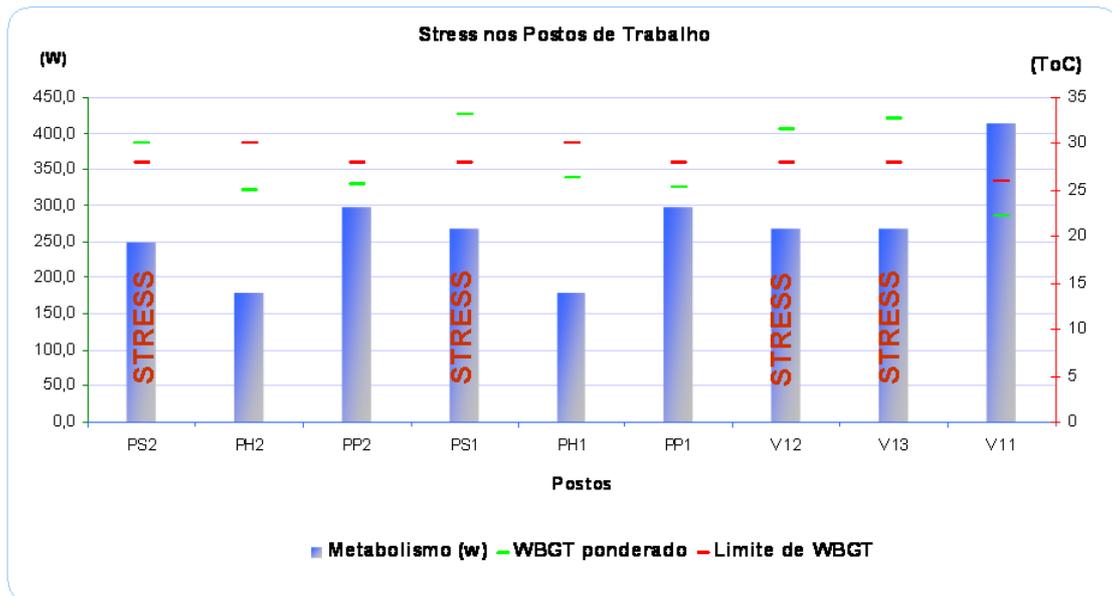
Dos postos analisados, o que representa uma situação mais preocupante (tendo em conta o máximo *WBGT* ponderado) é o V12 que se distancia 7,2 °C do valor de referência. Porém, se for tomado como referência o valor médio de *WBGT* ponderado, apenas se afasta 3,6 °C do valor indicado na norma ISO 7243. De notar também que se for tomado como referência o valor médio de *WBGT* ponderado, o V13 apresenta um maior distanciamento do valor indicado na norma e de acordo com este parâmetro (valor médio de *WBGT* ponderado) o maior afastamento do valor indicado na norma verifica-se no PS1 (5,2 °C de afastamento).

No V11 apesar do elevado valor de metabolismo, não se verifica situação de “*stress*” térmico tendo em conta que o valor máximo de *WBGT* ponderado (24,4 °C) fica afastado - 1,6 °C do valor referido na norma.

---

<sup>10</sup> O *WBGT* médio obtém-se utilizando a mesma lógica da equação de determinação do metabolismo médio, substituindo-se apenas os valores de metabolismo pelos de *WBGT*.

<sup>11</sup> Optou-se por usar o valor máximo pelo facto de os registos se terem efectuado numa época em que as condições exteriores não são as mais favoráveis à ocorrência de “*stress*” térmico. Contudo conforme se pode verificar no quadro 9 em anexo quaisquer valores de *WBGT* que se utilizassem dariam o mesmo resultado.



**Figura 11** - Gráfico representativo do “stress” nos postos de trabalho e tendo em conta os valores de Metabolismo, WBGT ponderado e WBGT de referência

### *Cálculo do Tempo de Repouso<sup>12</sup>*

Para os casos em que se verificou a existência de “stress” será calculado o tempo necessário para que esta condição se atenuar ou elimine, utilizando uma das seguintes equações:

$$234 = \frac{M1.(T1 - 0,5Tr) + M2.(T2 - 0,5Tr) + M3.T3 + 117Tr}{T1 + T2 + T3} \quad (7)$$

em que

M1, M2 e M3 – Taxa Metabólica referente à actividade 1,2 e 3

T1, T2 e T3 – Correspondem aos tempos das tarefas 1, 2 e 3

Tr – Tempo de repouso

e

$$WBGT_m = \frac{WBGT1.T1 + WBGT2.T2 + \dots + WBGT.Tr.Tr}{T1 + T2 + \dots + Tr} \quad (8)$$

sendo que

$WBGT_m$  - Valor limite do índice de WBGT para a classe em causa (°C)

$WBGT_1$  e  $WBGT_2 \dots$  - Valor de WBGT ponderado nos locais 1,2 ... (°C)

<sup>12</sup> Por tempo de repouso entende-se uma situação em que o trabalhador se encontra num ambiente mais favorável.

$WBGT_r$  - Valor de  $WBGT$  ponderado durante o repouso ( $^{\circ}C$ )

$T_1, T_2, \dots$  - Tempo no lugar 1, 2 ...

$T_r$  - Tempo de Repouso (min.)

Desta forma determinou-se que para o PS1 e PS2 são necessários, respectivamente, 12 e 5 minutos<sup>13</sup>. Estes tempos deverão ser retirados, de forma repartida, às tarefas que apresentam um metabolismo mais elevado para se criar uma outra tarefa em que as condições sejam mais favoráveis no que se refere ao metabolismo e/ou ao  $WBGT$ . Conseguiu-se com este procedimento passar no PS1 de um metabolismo médio de 288 para 232 e no PS2 de 248 para 233 situando-se assim ambos dentro da classe de metabolismo 1.

Para a indústria vidreira, em ambos postos de trabalho analisados verificou-se que são necessários retirar 17 minutos (o que para o caso é muito tempo) ao conjunto das duas tarefas para se passar de uma taxa metabólica média de 268 para 233. Assim, somente através de intervenções ao nível das infra-estruturas ou da organização do trabalho será possível minimizar o risco de “*stress*” térmico.

### 3.3.2 - Índice de Sudação Requerida

O Índice de Sudação Requerida ( $SR$ ) consiste num método extenso e detalhado de avaliação da tensão térmica que conjuga diversas variáveis do ambiente térmico. Por esse facto não é um índice usado frequentemente, sendo recomendado quando é necessário um estudo mais aprofundado das condições de trabalho, satisfazendo assim uma indicação referida na norma ISO 7243.

Com vista a uma análise mais aprofundada dos postos de trabalho em que se verificou a ocorrência de situações de “*stress*” térmico, utilizou-se o Índice  $SR$ . Para tal houve a necessidade de adaptar uma aplicação informática baseada na existente na Norma ISO 7933 (1989), através da qual é possível perceber o nível de “*stress*” a que um operador está sujeito através do balanço térmico do organismo e quais as medidas a promover para minimizar o risco de “*stress*” térmico. O programa dá-nos ainda a indicação do tempo limite de exposição quer para indivíduos aclimatados como não aclimatados.

Da análise efectuada com o programa de cálculo de  $SR$  (Quadro 6) aos postos de trabalho que apresentaram “*stress*” anteriormente, constatou-se que o débito evaporativo

---

<sup>13</sup> Ver cálculos em anexo

requerido ( $E_{req}$ ) é sempre superior ao débito evaporativo previsto ( $E_p$ ), o que contribui para a acumulação de calor decorrido um determinado período de tempo. Este período é calculado tendo em consideração o grau de aclimação, sendo que no caso de indivíduos não aclimatados a elevação excessiva da temperatura central, tanto no critério de alarme como no de perigo, ocorre mais rapidamente.

De acordo com o critério de alarme em sujeitos não aclimatados, em todos os postos analisados, a elevação excessiva da temperatura central ocorre antes de uma hora. Nos postos de trabalho PS1 e V12 a elevação da temperatura profunda do corpo ocorre mais rapidamente, nomeadamente após 25 e 28 minutos, respectivamente, necessitando ambos de vigilância médica individual. Quanto ao critério de perigo, e de novo para indivíduos não aclimatados, a elevação excessiva da temperatura ocorre no PS1 ao fim de 30 minutos, ou seja 5 minutos depois do alarme. Os restantes postos apresentam tempos mais latos no que diz respeito ao critério de perigo para sujeitos não aclimatados (V12, PS2 e V13 com, respectivamente, 40, 58 e 76 minutos).

No caso dos sujeitos aclimatados e para o critério de alarme, no PS1, verifica-se uma elevação da temperatura central decorridos 29 minutos sendo assim necessário, tal como no caso dos sujeitos não aclimatados, uma vigilância médica individual. Segue-se o local V12 onde se verifica um aumento da temperatura central ao fim de 39 minutos.

Quadro 6 - Resultados do Índice de SR para os postos de trabalho que registaram situação de “stress”

Resultados do Programa de Sudação Requerida ISO 7933 (1989)						
LOCAL	PS2	PS1	V12	V13		
VARIÁVEL	Resultados				MÁX	MIN
Débito evaporativo requerido $E_{req}$ (W/m2)	141	198	252	192	252	141
Débito evaporativo máximo $E_{max}$ (W/m2)	92	93	193	169	193	92
Humedecimento cutâneo requerido $W_{req}$ (adm)	1,53	2,12	1,30	1,13	2,12	1,13
Sudação requerida $SW_{req}$ (W/m2)	282	397	504	383	504	282
Sudação requerida $SW_{req}$ (g/h)	734	1031	1309	997	1309	734
INTERPRETACAO						
CRITÉRIO DE ALARME: SUJEITO NÃO ACLIMATADO					MÁX	MIN
Humedecimento cutâneo previsto $W_p$ (adm)	0,85	0,85	0,75	0,80	0,85	0,75
Débito evaporativo previsto $E_p$ (W/m2)	78,62	79,34	144,22	135,80	144,22	78,62
Sudação prevista $S_{Wp}$ (W/m2)	123,08	124,22	200,00	200,00	200,00	123,08
Sudação prevista $S_{Wp}$ (g/h)	320,02	322,96	520,00	520,00	520,00	320,02
Elevação excessiva de temperatura central após (X) minutos	48	25	28	54	54	25
		V	V			
CRITÉRIO DE PERIGO: SUJEITO NÃO ACLIMATADO						
Humedecimento cutâneo previsto $W_p$ (adm)	0,85	0,85	0,84	0,85	0,85	0,84
Débito evaporativo previsto $E_p$ (W/m2)	78,62	79,34	162,01	144,05	162,01	78,62
Sudação prevista $SW_p$ (W/m2)	123,08	124,22	250,00	225,52	250,00	123,08
Sudação prevista $SW_p$ (g/h)	320,02	322,96	650,00	586,36	650,00	320,02
Elevação excessiva de temperatura central após (X) minutos	58	30	40	76	76	30
CRITÉRIO DE ALARME: SUJEITO ACLIMATADO						
Humedecimento cutâneo previsto $W_p$ (adm)	1,00	1,00	0,91	0,96	1,00	0,91
Débito evaporativo previsto $E_p$ (W/m2)	92,49	93,34	175,74	162,35	175,74	92,49
Sudação prevista $SW_p$ (W/m2)	184,99	186,69	300,00	300,00	300,00	184,99
Sudação prevista $SW_p$ (g/h)	480,97	485,39	780,00	780,00	780,00	480,97
Elevação excessiva de temperatura central após (X) minutos	62	29	39	102	102	29
		V				
CRITÉRIO DE PERIGO: SUJEITO ACLIMATADO						
Humedecimento cutâneo previsto $W_p$ (adm)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Débito evaporativo previsto $E_p$ (W/m2)	92,49	93,34	193,09	169,47	193,09	92,49
Sudação prevista $SW_p$ (W/m2)	184,99	186,69	386,19	338,95	386,19	184,99
Sudação prevista $SW_p$ (g/h)	480,97	485,39	1004,0	881,26	1004,08	480,97
Elevação excessiva de temperatura central após (X) minutos	74	34	61	162	162	34
V – Vigilância médica individual Necessária						

### 3.3.3. - Notas Finais

Tendo esta tese como objectivos a caracterização e comparação de ambientes térmicos em contextos industriais distintos, nomeadamente sectores da produção de papel e de vidro, para tentar identificar possíveis riscos associados a temperaturas elevadas, foi possível verificar que, apesar de nem todos os locais onde se efectuaram as medições apresentarem condições com potencial risco, houve algumas excepções nomeadamente os PS1 e 2 e os V12 e 13, ou seja tanto no sector do papel como no do vidro existem situações que mereceram atenção mais detalhada.

No que diz respeito ao metabolismo, ressalta que, exceptuando o V11 que apresenta classe 3 (414 W), em nenhuma outra das actividades analisadas se verificaram classes de metabolismo superiores a 2 (297 W).

Numa análise comparativa entre os dois sectores, em termos percentuais houve uma maior frequência de “*stress*” térmico na vidreira, porém há que salvaguardar que este foi o sector onde foram feitas menos medições. Nele foi possível identificar o local V121 que apresenta maior vulnerabilidade para ocorrência de riscos térmicos pelo facto de ser ali onde normalmente se trabalham as maiores gramagens de vidro somado ao facto de se encontrar numa posição crítica relativamente às outras máquinas. Ao contrário do que se esperava, a V11 (situação de mudança de ordem de fabrico) não apresentou valores muito desfavoráveis, apesar de ter sido a tarefa que maior classe de metabolismo apresentou. Crê-se que os valores não foram muito elevados devido à época do ano em que foram feitas as medições e também devido à hora em que são feitas as mudanças de ordem na empresa visitada.

No sector do papel, dos locais visitados onde se verificou um maior risco associados a ambientes térmicos quentes foi no PS11. Contudo foi feita a salvaguarda para o facto de o PS21 possuir uma barreira que não permitiu que fossem feitos registos mais próximos do real. Também neste sector, ao contrário do que se esperava os PP11 e 21 não apresentaram valores muito críticos, contudo há que ter em conta novamente a época em que foram efectuadas as medições pois, como se tratam de lugares muito próximos do telhado, as influências externas fazem-se sentir com mais vigor.

No que se refere à disponibilização de água potável e de vestuário adequado, condicionantes que constituem dois importantes meios de prevenção do “*stress*”, verificou-se que na indústria papeleira a preocupação com estes aspectos é bem evidente, uma vez que na unidade visitada, em cada sala de controlo, é disponibilizada água aos colaboradores e em relação ao vestuário, embora este não seja certificado, tem em conta as recomendações do

instituto Ricardo Jorge neste domínio. Um conhecimento mais detalhado sobre esta área, constitui um desafio que ultrapassa os objectivos do presente trabalho, mas que será interessante desenvolver porventura em aventuras futuras. Trata-se de um novo tema de investigação uma vez que estamos na presença de vestuário de protecção contra o calor, cuja importância é bem conhecida pelos corpos de bombeiros.

### **3.4 – MEDIDAS DE ACÇÃO**

No sentido de minimizar o risco de “*stress*” térmico nos locais estudados, nesta secção apresentam-se propostas de medidas de acção que se consideram exequíveis.

Para o PS1 propõe-se a sensibilização dos trabalhadores para a importância da utilização de uma pequena câmara de aclimatização existente no PS11, onde poderão passar algum tempo de repouso entre as tarefas ali executadas e as que se executam no PS12. Para o PS2, por não existir uma câmara idêntica seria importante criar algo similar para que fosse possível a mesma prática. Para além destas medidas seria benéfico o estudo da possibilidade de montagem de uma canalização com permuta entre ar e água nas paredes do porão, direccionadas para o interior do mesmo, para que a operação de limpeza dos porões fosse facilitada e os operadores não tivessem de passar tanto tempo no seu interior.

Para o caso do V12 seria pertinente o estudo da colocação de painéis transparentes, que funcionassem como reflectores de calor e ao mesmo tempo permitissem a monitorização directa, entre o forno de recozimento e o espaço onde o trabalhador permanece mais tempo. Outra medida que se propõe é a organização da produção para que ali (V12) se trabalhe com gramagens mais baixas o que irá fazer com que a temperatura ao redor da máquina seja mais baixa.

Para este sector de produção propõe-se ainda a colocação de recipientes com água potável nas salas de controlo para que os operários não percam tempo em deslocações e permaneçam hidratados.

Considera-se também que a adopção de vestuário, se possível certificado, com características que confirmam uma protecção adequada durante a exposição a ambientes térmicos quentes representa uma medida preventiva importante e com particular significado nos sectores de actividade abordados na presente dissertação.

Finalmente, a formação e sensibilização dos trabalhadores, inseridas em campanhas de higiene e segurança no trabalho, relativa aos riscos e medidas preventivas associados a este tipo de ambientes seria uma boa medida, tal como o acompanhamento médico de patologias

que possam ser agravadas com este tipo de ambientes. A prática de desporto representa outra medida que se pensa ser benéfica para quem trabalha em ambientes desta natureza. Desta forma seria positivo se as entidades patronais desenvolvessem medidas de incentivo a este tipo de práticas através do estabelecimento de protocolos com ginásios e/ou promover eventos desportivos com regularidade.

As medidas aqui referidas não só beneficiariam os trabalhadores mas também as empresas, pois a conseguir-se um compromisso entre as actividades que ali decorrem e um maior conforto do trabalhador consegue-se, em última análise, uma melhor produtividade.

## CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES

Em ambientes industriais onde o calor é um factor primordial no processo produtivo e onde a presença de trabalhadores é requerida, a probabilidade de ocorrência de fenómenos de “*stress*” térmico é uma realidade, pelo que o risco de acidentes associados ao calor excessivo constitui uma ameaça constante. Nestas condições, a concentração e a capacidade física dos trabalhadores é afectada, o que naturalmente compromete a produtividade da empresa e, não menos importante, cria condições favoráveis à ocorrência de acidentes de trabalho ou o agravamento de patologias existentes, nomeadamente aquelas relacionadas com a exposição contínua ou intermitente a ambientes térmicos adversos.

Como nos bons dizeres populares muitas vezes se ouve “*mais vale prevenir que remediar*”, é fundamental que se proceda à avaliação das condições reais em que os trabalhadores desenvolvem a sua actividade no sentido de minimizar, e se possível eliminar, o risco referido.

Com o objectivo de avaliar e comparar o ambiente térmico de locais de trabalho em contextos industriais distintos, na presente dissertação foram desenvolvidos esforços no sentido de identificar os riscos associados à exposição a ambientes quentes. Nesta perspectiva, qual exercício de hermenêutica, procedeu-se a uma revisão bibliográfica, necessariamente sucinta, sobre o mecanismo termo regulador do corpo humano, as alterações fisiológicas e patologias associadas à exposição ao calor e meios de protecção contra o calor.

Após a apresentação das normas internacionais ISO 7243 (1989) e ISO 7933 (1989) às quais correspondem, respectivamente, os índices de *WBGT* e *SR*, avaliou-se à luz destas metodologias o risco de “*stress*” térmico nos locais onde se efectuaram registos. Apesar dos constrangimentos que impossibilitaram, em alguns casos, efectuar medições nas condições que efectivamente se fazem sentir nos locais de trabalho e, por outro lado, as avaliações experimentais terem decorrido em épocas do ano claramente afastas das condições mais críticas, registaram-se situações de “*stress*” térmico em ambos os sectores. Neste contexto, sugerem-se medidas preventivas e acções correctivas que visam alterações estruturais e organizacionais que se admite poderem contribuir de forma significativa para a melhoria das condições de trabalho.

Espera-se que a presente dissertação constitua um contributo relevante para esta área de investigação, nomeadamente pelo facto de abordar um sector industrial sobre o qual não se encontrou nenhum registo bibliográfico (a indústria papelreira) e de estabelecer, numa

perspectiva complementar, uma análise comparativa com um sector já estudado anteriormente (indústria vidreira).

A aplicação das normas foi bastante importante pois permitiram uma abordagem simples e directa, ainda que se deva salientar que nem sempre é fácil cumprir o que nelas vem estipulado quanto aos valores limite. A indústria vidreira representa um bom exemplo dado que apresenta períodos de repouso bastante elevados, daí que seja importante haver alguma sensibilidade e boa vontade por parte dos responsáveis ligados a estas instituições e até mesmo às entidades legisladoras que regulam este tipo de actividades.

Vários aspectos ficam em aberto para desenvolvimentos futuros. A relação entre o “*stress*” térmico e o trabalho por turnos, situação característica em ambos os sectores analisados, e sobre a qual já existem alguns estudos, constitui sem dúvida uma proposta de estudo interessante. Um outro aspecto consistirá em procurar estabelecer relações entre factores como a idade e os hábitos individuais, ao nível da alimentação e da preparação física, e a sua relação com os riscos associados à exposição a ambientes térmicos quentes.



## BIBLIOGRAFIA

- **BAKER, N. et al.** (2000): “*Energy and Environment in Architecture. A Technical Design Guide*”, Eet FN SPON, Londres
- **Brüel & Kjaer** (1985) : “*WBGT, Heat Stress Monitor 1219 Instruction Manual*” Brüel & Kjaer, Denmark
- **CANDAS, Victor** (2003): “*L’homme dans son environnement climatique : facteurs d’influence, thermorégulation, sensibilité et confort thermiques*”, CEPA du CNRS, Strasbourg
- **CARTER, Robert et Al.** (2007): “*Doenças provocadas pelo calor*”, Gatorade Sports Science Institute (GSSI, Brazil
- **CELPA** (2008): “*Boletim Estatístico de 2007*”, Associação da Indústria Papeleira, Lisboa
- **DEAR, de Richard et al.** (1997): “*Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference*”, Macquarie Research Ltd., Macquarie University, Sydney
- **GARCÍA, Felipe Fernández** (1995): “*Manual de Climatologia Aplicada Clima, Médio Ambiente y Planificación*”, Editora Sintesis, Madrid
- **HUDSON, Joel et al.** (2003): “*Heat Stress Control and Casually Management -Technical Bulletin*”, Headquarters Department of the Army and Air Force, Washington
- **INE, I.P.** (2008): “*Classificação das Actividades Económicas – Rev 3*”, INE, Lisboa Portugal
- **KUMAR, S. et al.** (Coordenação) (2002): “*International Performance Measurement & Verification Protocol - Concepts and Practices for Improved Indoor Environmental Quality*” (Vol. II), U.S. Department of Energy, Oak Ridge,
- **IAPMEI** (2007): “*Contributos Para o Conhecimento no Contexto internacional do Sector*”, Ministério da Economia e da Inovação, em [www.iapmei.pt/resources/download/1\\_OPMNM.pdf](http://www.iapmei.pt/resources/download/1_OPMNM.pdf), a 23 de Março de 2009
- **ISO, 7243** (1989): “*HOT ENVIROMENTS – Estimation of the heat stress on workingman, based on the WBGT-Index (wet bulbe globe temperature)*” International Standart, second edition, Genève
- **ISO, 7933** (1989): “*Ambiances thermiques chaudes – Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermiquefondées sur le calcul de la sudation requise*” International Standart, second edition, Genève

- **LAMBERTS**, Roberto *et al.* (2002): “*Conforto Térmico e Stress Térmico*”, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis
  
- **OLIVEIRA**, Avelino (1998): “*Avaliação De Condições De Trabalho Em Sectores De Actividade Com Elevada Exposição Ao Calor*”, Dissertação para Mestrado em Ciências de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
  
- **PARSONS**, Ken (2006): “*The Impact of Thermal Environment on Our Changing Workforce and Workplaces*”, Australian Institute of Occupational Hygienists, Australia
  
- **RATHOD**, R. *et Al.* (1987): “*Thermal Stress and physiological strain in the glass bangle industry*”, European Journal of Applied Physiology, Índia
  
- **SOUSA**, Ana, (1996/7): “*O Edifício da FLUP é um Edifício Doente? – Algumas Reflexões Sobre o Conforto Fitoclimático em Espaços Interiores*”, Revista da Faculdade de Letras – Geografia, I série, vol. XII / XIII, Porto, pp. 5 – 38
  
- **SOUSA**, Jerónimo (coord.) *et Al.* (2005): “*Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais em Portugal – Riscos Profissionais: Factores e Desafios*”, Centro de Reabilitação Profissional de Gaia, Arcozelo
  
- **TALAIA**, M. *et Al* (S/data): “*O Organismo Humano Num Ambiente de Stress Térmico – Caso de uma área com fornos*”, Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal
  
- **TAYLOR**, Nigel. (2006): “*Challenges to Temperature Regulation When Working in Hot Environments*”, University of Wollongong, Australia
  
- [www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/Apconf.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/Apconf.pdf) ,  
a 17 de Dezembro de 2008
  
- [www.ame-web.org/JORNADAS/A25-trabajo%20Talaia%20y%20Rodrigues.pdf](http://www.ame-web.org/JORNADAS/A25-trabajo%20Talaia%20y%20Rodrigues.pdf),  
a 22 de Dezembro de 2008
  
- <http://www.cdc.gov/niosh/topics/heatstress>,  
a 22 de Dezembro de 2008
  
- [www.prof2000.pt/users/eta/Amb\\_termico.doc](http://www.prof2000.pt/users/eta/Amb_termico.doc) , **Lawrence**, K. *et Al.*, em *Manual Merk (on-line)*  
a 24 de Dezembro de 2008
  
- [http://www.msdbrazil.com/msd43/m\\_manual/mm\\_sec24\\_280.htm](http://www.msdbrazil.com/msd43/m_manual/mm_sec24_280.htm),  
a 27 de Dezembro de 2008

- <http://www.uttyler.edu/safety/heatconditions.html>, (The University of Texas at Tyler)

*a 03 de Janeiro de 2009*

- [http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_toc.html](http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_toc.html), (Occupational Safety & Health Administrations)

*a 07 de Janeiro de 2009*

- [http://www.who.int/occupational\\_health/publications/globstrategy/en/index4.html](http://www.who.int/occupational_health/publications/globstrategy/en/index4.html),

*a 13 de Janeiro de 2009*

- [www.carla.cristiana.googlepages.com/Termica-Conforto.pdf](http://www.carla.cristiana.googlepages.com/Termica-Conforto.pdf),

*a 23 de Janeiro de 2009*

- [www.iapmei.pt](http://www.iapmei.pt), a 17 de Março de 2009

## **ANEXOS**

Quadro 7 - Classificação dos níveis de metabolismo

Classe	Metabolismo (M)		Valor a ser utilizado no cálculo da taxa metabólica média		Exemplos
	Relativa à área superficial da pele	Relativa à área média da superfície da pele	(W / m <sup>2</sup> )	(W)	
	(W / m <sup>2</sup> )	(W)	(W / m <sup>2</sup> )	(W)	
<b>0</b> Em descanso	M < 65	M < 117	65	117	Em descanso
<b>1</b> Taxa metabólica Baixa	65 < M < 130	117 < M < 234	100	180	<p><b>Sentado:</b> trabalho manual leve (escrever, teclar, desenhar, guardar livros); Trabalho de mão e braços (utilização de pequenas ferramentas, inspeccionar, montagem ou classificação de materiais leves); Trabalho de braços e pernas (conduzir um veículo em condições normais, Accionar botões ou pedais).</p> <p><b>Em Pé:</b> Operar com berbequim, fresadoras, laminadoras, bobinadoras, de formação de pequenas armações de madeira; operar com ferramentas de baixa potência, caminhar (velocidade até 3,5 km/h)</p>
<b>2</b> Taxa metabólica Moderada	130 < M < 200	234 < M < 360	165	297	<p>Trabalho contínuo de mãos e braços (martelar, movimentar objectos),</p> <p>Trabalho de braços e pernas (equipamentos de construção, tractores, condução de camiões), Trabalho de braços e tronco (Com um martelo pneumático,</p> <p>Trabalho manual intermitente com material moderadamente pesado, colocação de rebocos, apanhar fruta ou vegetais, cavar, caminhar a uma velocidade entre 3,5 e 5,5 km / h, trabalho de forja</p>
<b>3</b> Taxa metabólica Elevada	200 < M < 260	360 < M < 468	230	414	Trabalho intenso de braços e tronco (carregar material pesado, manusear uma pá, um martelo de forja, serrar, desbastar ou trabalhar madeira dura, ceifa manual, cavar caminhar a velocidades entre 5,5 e 7 km / h; Puxar ou carregar carros de mão pesados, cinzelar peças de fundição, colocação de blocos de betão
<b>4</b> Taxa metabólica Muito Elevada	M > 260	M > 468	290	522	Actividade muito intensa de com um ritmo rápido próximo do máximo, manusear um machado, cavar ou manusear uma pá em ritmo acelerado, subir escadas, rampas ou ladeiras, andar rapidamente com passos curtos, correr, caminhar em velocidades superiores a 7 km / h.

Fonte: adaptado de ISO 7243 (1989); Bruel Kjaer (1985)

**Quadro 8** - valores de metabolismo e valores limite de *WBGT*

Classe de metabolismo	Metabolismo (M)		Valor limite de <i>WBGT</i>			
	Relativo à unidade de superfície de pele ( $W / m^2$ )	Total (para um homem com uma área de superfície de pele de $1,8 m^2$ ) (W)	Pessoa aclimatada ao calor (oC)		Pessoa aclimatada ao calor (oC)	
0 (repouso)	M < 65	M < 117	33		32	
1	65 < M < 130	117 < M < 234	30		29	
2	130 < M < 200	234 < M < 360	28		26	
3	200 < M < 260	360 < M < 468	Sem movimento de ar sensível	Com movimento de ar sensível	Sem movimento de ar sensível	Com movimento de ar sensível
			25	26	22	23
4	M > 260	M > 468	23	25	18	20

**Nota:** os valores na tabela correspondem a situação em que o indivíduo está vestido normalmente (isolamento térmico do vestuário  $clo=0,6 clo$ ), fisicamente apto para a actividade que desenvolve e de boa saúde.

**Fonte:** adaptado de ISO 7243 (1989); Bruel Kjaer (1985)

**Quadro 9** - Cálculo do metabolismo médio e determinação da situação de “stress” com base nos valores de metabolismo e valores limite de *WBGT*<sup>14</sup>

Postos de Trabalho	PS2			PH2			PP2	PS1			PH1			PP1	V12		V13		V11	
Locais de Trabalho	PS21	PS22	PS23	PH21	PH22	PH23	PP21	PS11	PS12	PS13	PH11	PH12	PH13	PP11	V121	V122	V131	V132	V11	
Classe de metabolismo	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	1	3	
Valor a utilizar no cálculo da Taxa Metabólica	W / m <sup>2</sup>	165	165	100	100	100	165	165	165	100	100	100	100	165	165	100	165	100	230	
	W	297	297	180	180	180	297	297	297	180	180	180	180	297	297	180	297	180	414	
Tempo de permanência em 1 h	20	15	25	15	30	15	60	30	15	15	20	25	15	60	45	15	45	15	60	
Taxa metabólica média	248,3			180,0			297,0	267,8			180,0			297,0	267,8		267,8		414,0	
Valor Limite de <i>WBGT</i> (Tab da ISO 7243)	28	28	30	30	30	30	28	28	28	30	30	30	30	28	28	30	28	30	25	
Valor limite de <i>WBGT</i>	28			30			28	28			30			28	28		28		26	
Valor <i>WBGT</i> medido	Máx	37,7	39,4	20,6	24,3	29,7	20,6	26,7	43,9	31,1	18,7	25,8	34,9	18,7	26,1	39,8	21,7	33,4	21,7	24,4
	Min	37,0	37,9	18,6	22,5	27,6	18,6	24,6	35,8	26,0	18,0	22,7	32,2	18,0	24,5	32,2	19,4	32,0	19,4	21,8
	Méd	37,5	38,5	18,9	23,3	28,8	18,9	25,6	42,3	30,0	18,3	23,3	33,3	18,3	25,4	35,5	20,1	32,7	20,1	22,2
Valor de <i>WBGT</i> ponderado com base no valor	Máx	31,0			26,1			26,7	34,4			27,8			26,1	35,2		30,5		24,4
	Min	29,6			24,0			24,6	28,9			25,5			24,5	29,0		28,8		21,8
	Méd	30,0			25,0			25,6	33,2			26,2			25,4	31,6		29,5		22,2
Situação	Stress			S. Stress			S. Stress	Stress			S.Stress			S. Stress	Stress		Stress		S. Stress	

<sup>14</sup> Por não se terem feito registos, para os casos da PH. 23 e 13, bem como para a V132 utilizaram-se os dados das PS23 e V122 respectivamente, por terem características idênticas

## CÁLCULOS DE TEMPO DE REPOUSO<sup>15</sup>

No caso do PS2 o trabalhador, na hora analisada, passa 20 minutos a limpar o PS21 (porção da pré – secaria), passa outros 15 a limpar o PS22 (porção da pós – secaria) e o restante tempo da hora é passado na sala a monitorar a máquina. No caso do PS1, para a mesma sequência de tarefas, o trabalhador despende respectivamente 30, 15 e 15 minutos. Aplicando a fórmula nº 7 do ponto 3.2.3 e substituindo os valores pelos que constam no quadro 9 (apresentado anteriormente) temos:

para o PS2

$$234 = \frac{297 \cdot (20 - 0,5Tr) + 297 \cdot (15 - 0,5Tr) + 180 \cdot 25 + 117Tr}{60}$$

$$14040 = 14895 - 180Tr$$

$$180Tr = 14895 - 14040$$

$$Tr = \frac{855}{180}$$

$$Tr = 5 \text{ minutos}$$

Vamos então comprovar

$$Mm = \frac{297 \cdot 17,5 + 297 \cdot 12,5 + 180 \cdot 25 + 117 \cdot 5}{60}$$

$$Mm = \frac{5197,5 + 3712,5 + 4500 + 585}{60}$$

$$Mm = \frac{13995}{60}$$

$$Mm = 233$$

---

<sup>15</sup> Para a apresentação dos dados pode-se arredondar os valores

Para o PS1

$$234 = \frac{297 \cdot (30 - 0,5Tr) + 297 \cdot (15 - 0,5Tr) + 180 \cdot 15 + 117Tr}{60}$$

$$14040 = 16065 - 180Tr$$

$$180Tr = 16065 - 14040$$

$$Tr = \frac{2025}{180}$$

$$Tr = 12 \text{ minutos}$$

Vamos então comprovar

$$Mm = \frac{297 \cdot 24 + 297 \cdot 9 + 180 \cdot 15 + 117 \cdot 12}{60}$$

$$Mm = \frac{7128 + 2673 + 2700 + 1404}{60}$$

$$Mm = \frac{13905}{60}$$

$$Mm = 232$$

Para o V12 e V13 que apresentam os mesmos valores de metabolismo e os mesmos tempos de exposição

$$234 = \frac{297 \cdot (45 - 0,5Tr) + 180 \cdot (15 - 0,5Tr) + 117Tr}{60}$$

$$14040 = 16065 - 121,5Tr$$

$$121,5Tr = 16065 - 14040$$

$$Tr = \frac{2025}{121,5}$$

$$Tr = 17 \text{ minutos}$$

Vamos então comprovar

$$Mm = \frac{297 \cdot 36,5 + 180 \cdot 6,5 + 117 \cdot 17}{60}$$

$$Mm = \frac{10840,5 + 1170 + 1989}{60}$$

$$Mm = \frac{13999,5}{60}$$

$$Mm = 233$$