

# AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES TERMOAMBIENTAIS EM UMA FÁBRICA DE CERÂMICAS

## **Anand Subramanian**

Universidade Federal da Paraíba (UFPB). E-mail: anandsubraman@hotmail.com

## **Antonio Souto Coutinho**

Universidade Federal da Paraíba (UFPB) – Departamento de Engenharia de Produção (DEP).  
Centro de Tecnologia – Campus I, Cidade Universitária, CEP: 58051-970, João Pessoa – PB.  
E-mail: coutinho@ct.ufpb.br

***Resumo.** Este trabalho trata da avaliação termoambiental em uma empresa de cerâmicas. Dentre os diferentes ambientes existentes na empresa, optou-se por realizar a análise naquela sujeita à situação mais crítica sob o ponto de vista térmico. Sendo assim, a atividade eleita para realizar o estudo foi a desenforma. O método utilizado para realizar a avaliação foi o Índice de Bulbo Seco – Termômetro de Globo (IBUTG), atendendo aos critérios das normas ISO 7243/89 e NR-15. As medições das temperaturas foram tomadas conforme recomendações da norma NHO-06 da FUNDACENTRO.*

***Palavras-chave:** avaliação termoambiental, desenforma, insalubridade térmica, IBUTG.*

## **1. INTRODUÇÃO**

Todo ambiente de trabalho está sujeito à influência de fatores químicos, físicos e biológicos. A busca pelo conforto em tais locais é uma tarefa comumente almejada pelas pessoas, uma vez que isto pode refletir diretamente na saúde do trabalhador e, por conseguinte, na produtividade da empresa. Neste artigo, é dado enfoque às condições laborais em uma fábrica de cerâmicas sob o prisma termoambiental.

Através de uma análise apriorística, verificou-se que os locais mais castigados pela influência térmica na empresa são aqueles situados no interior dos fornos. As atividades em que é necessária a presença do trabalhador dentro do forno são as de enforma, desenforma e limpeza. A primeira consiste no ato de transportar os tijolos “crus” provenientes da secagem

para serem cozidos no forno; a segunda é caracterizada pela retirada dos tijolos quentes depois de cozidos, e transporte dos mesmos para o estoque. Nessas operações o funcionário está sujeito, durante toda a jornada, a um regime de trabalho intermitente entre o forno e o galpão fabril. No entanto, a situação mais severa ocorre durante a *desenforma*, visto que a radiação emitida pelo forno e pelos tijolos é bem maior se comparado com a *enforma*, em que os tijolos o forno encontram-se em equilíbrio térmico com a temperatura ambiente. A limpeza do forno é feita logo após a *desenforma*; e o funcionário que a realiza consome, para isso, pouco tempo de sua jornada de trabalho.

Por esses motivos, optou-se por avaliar as condições de possível insalubridade térmica nos fornos, durante a *desenforma*. Em sua atividade o trabalhador usa vestimentas leves, mais especificamente, cueca, calçado, camiseta e bermuda. Dentro do forno, efetua-se a operação de depositar os tijolos cozidos no carrinho de mão, despendendo, durante a realização essa tarefa, cerca de  $113 \text{ W/m}^2$ ; a energia gasta pelo trabalhador para empurrar o carrinho de mão ao longo do galpão fabril é de  $194 \text{ W/m}^2$ ; para retirar os tijolos cozidos do carrinho de mão e depositá-los no local destinado ao estoque de produto acabado, situado dentro do próprio galpão, gasta, igualmente,  $113 \text{ W/m}^2$ . Em média, durante o período de 1 hora, o trabalhador permanece 32min dentro do forno; no galpão, o funcionário passa 28min, sendo 19min realizando a tarefa de retirar os tijolos cozidos do carrinho de mão e 9min empurrando o mesmo.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Durante suas atividades a pessoa está simultânea e permanentemente submetida a dois tipos de carga: uma mecânica devida ao trabalho muscular; e outra térmica, proporcionada pelo ambiente em que se encontra. A energia para a realização dos esforços físicos resulta de uma reação química, denominada Metabolismo, entre o oxigênio do ar e o alimento armazenado no corpo; a carga térmica é devida à radiação solar e/ou aos processos industriais. A intensidade da carga mecânica varia desde a condição de repouso, correspondendo ao Metabolismo Basal, até o transporte braçal de volumes de grande peso. A carga térmica, por sua vez, varia desde as condições proporcionadas por câmaras frigoríficas até aquelas resultantes de grandes fornos.

As condições térmicas de um posto de trabalho podem ser caracterizadas pela temperatura e umidade do ar, assim como pela radiação de calor emitida pelas superfícies do

entorno do operador, indicadas pelas temperaturas de bulbo seco  $t_{bs}$ , de bulbo úmido  $t_{bu}$  do ar e de globo  $t_g$ , respectivamente. Essas variáveis são reunidas num índice empírico denominado IBUTG.

O índice IBUTG (Índice de Bulbo Úmido–Termômetro de Globo) relaciona a *carga térmica* do ambiente com a carga devida ao *esforço físico* do trabalhador, o qual é considerado fisicamente aclimatado ao trabalho, com boa saúde e trajando vestimenta correspondente a 0,6 clo. Esse índice é recomendado pelo Ministério do Trabalho para avaliar exposições ao calor através da Norma NR-15 (Anexo 3), aprovada pela Portaria nº 3.214, de 08 de julho de 1978. Visando a facilitar sua aplicação, a FUNDACENTRO publicou a Norma de Higiene Ocupacional NHO 06/2002, que apresenta novos subsídios. A nível internacional, esse índice corresponde à Norma ISO 7243/89. Esse índice é assim definido:

a) Ambientes sem radiação solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7 t_{bu} + 0,3 t_g \quad (1)$$

b) Ambiente com radiação solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7 t_{bu} + 0,2 t_g + 0,1 t_{bs} \quad (2)$$

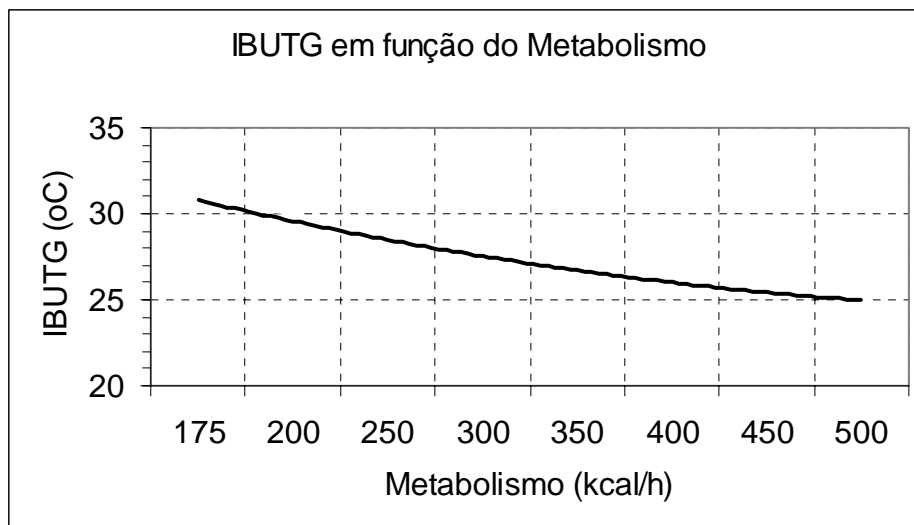


Figura 1 – Relação entre a carga térmica e o esforço físico

A relação entre as cargas é mostrada no gráfico da Figura 1, onde o eixo horizontal representa o metabolismo  $M$  referente à atividade considerada e o vertical representa os valores de IBUTG. Esse gráfico mostra que grandes esforços físicos devem ser compensados por condições térmicas mais amenas, para evitar estresse térmico.

Quando o trabalhador realiza as atividades  $M_1$  e  $M_2$ ,  $\theta_1$  e  $\theta_2$  minutos, respectivamente, durante 1 hora, ele submete-se, na verdade a um metabolismo médio:

$$\bar{M} = \frac{M_1 \theta_1 + M_2 \theta_2}{60} \quad (3)$$

E quando essas atividades são realizadas em ambientes diferentes, caracterizados pelos respectivos  $IBUTG_1$  e  $IBUTG_2$ , o trabalhador se expõe a condição climática média dada por:

$$\overline{IBUTG} = \frac{IBUTG_1 \theta_1 + IBUTG_2 \theta_2}{60} \quad (4)$$

A cada metabolismo médio  $\overline{M}$  corresponde um limite  $\overline{IBUTG}$ , cuja ultrapassagem representa insalubridade térmica.

A Norma recomenda que a avaliação seja realizada durante o horário mais crítico.

### 3. METODOLOGIA

O método através do qual se efetuou a avaliação térmica foi o do Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo (IBUTG). O equipamento utilizado (Figura 2) bem como os procedimentos adotados para a execução das medições foram os recomendados pela norma NHO - 06 da FUNDACENTRO. O número de medições realizadas no forno e no galpão foi de 8 e 10 respectivamente, sendo as mesmas obtidas em intervalos de 1 hora. Aquela que apresentou o pico de carga térmica foi a eleita para o cálculo do IBUTG em seu respectivo local. Vale salientar que a posição do instrumento, no interior do forno, foi sendo deslocada de tal forma a permanecer sempre próximo ao local onde o trabalhador atuava. É importante frisar que nessa avaliação, foram tomados os valores máximos de IBUTG dentro do forno e no galpão, mesmo em momentos diferentes, porque é comum haver coincidência desses picos, haja vista que o funcionamento do forno não tem horário regular.

Para a coleta dos tempos, selecionou-se a atividade de desenforma desenvolvida no forno mais próximo do local onde os tijolos cozidos são estocados. A justificativa desta escolha deve-se ao fato de ser a situação termicamente mais desfavorável para o funcionário, já que neste caso, é gasto mais tempo dentro do forno e menos tempo no galpão, quando comparada às demais situações. Os tempos foram sendo registrados aleatoriamente em diferentes períodos da jornada de trabalho.



Figura 2 – Conjunto para medição do índice IBUTG

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, serão apresentados os resultados e comentários sobre as avaliações térmicas efetuadas no forno e no galpão. Posteriormente, será apresentado o valor do IBUTG no local selecionado, através da ponderação dos valores críticos encontrados nos ambientes supracitados.

### 4.1 Forno

O gráfico apresentado na Figura 3 ilustra o aumento do IBUTG ao durante o tempo de funcionamento do forno, havendo apenas uma ligeira diminuição (cerca de  $0,5^{\circ}\text{C}$ ) entre os horários de 11h45min e 12h45min. Observa-se que a situação de maior sobrecarga térmica ocorreu pouco antes das 16h, quando o valor do IBUTG correspondeu a  $39,15^{\circ}\text{C}$ .

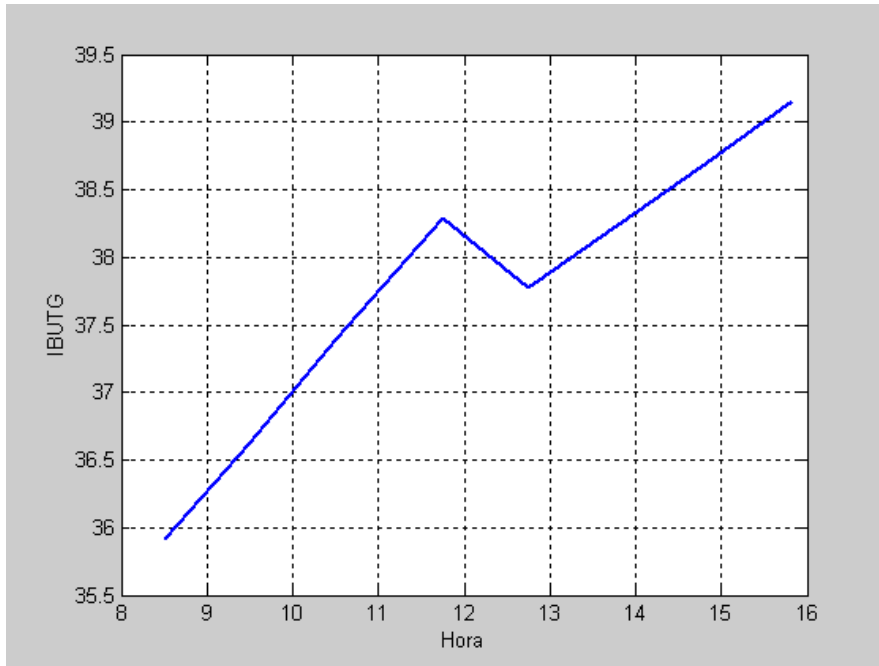


Figura 3 – Comportamento do IBUTG no forno durante o horário de funcionamento

#### 4.2 Galpão

Analisando o gráfico presente na Figura 4 observa-se a evidente influência da radiação solar no transcorrer do dia. Às 8h15min, quando a intensidade da radiação era fraca, o índice IBUTG apresentou um valor pouco acima de 24,0°C ao passo que o pico de 26,87°C ocorreu às 11h45min, próximo do momento de ocorrência da maior intensidade de radiação.

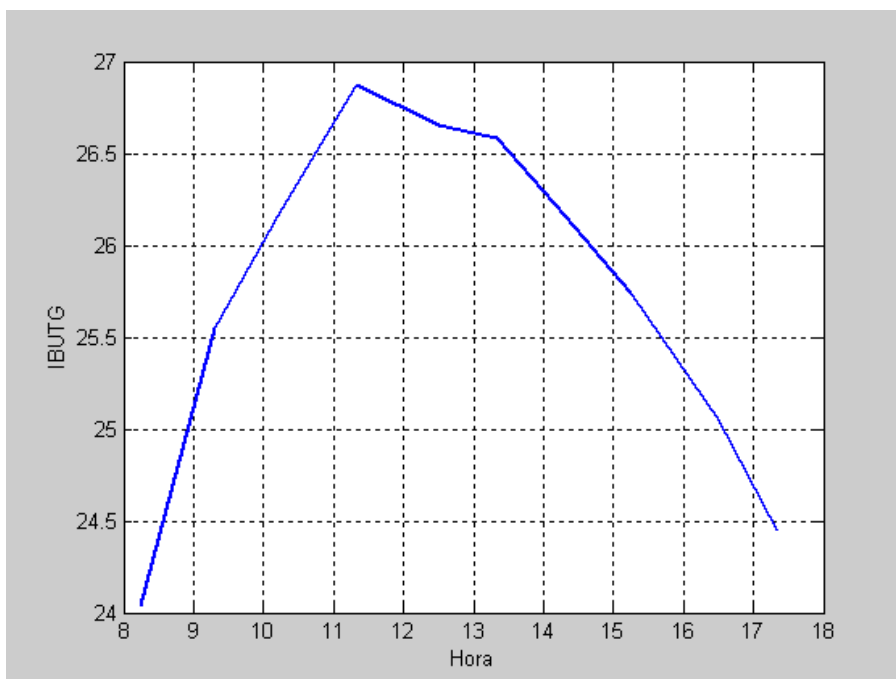


Figura 4 – Comportamento do IBUTG no galpão ao longo do tempo

### 4.3 Determinação do IBUTG médio no ambiente de trabalho

Para determinar o índice IBUTG no ambiente de trabalho, foi necessário fazer uma ponderação entre os valores críticos do IBUTG de cada no ambiente em função do tempo de permanência nestes durante o período de uma hora. Durante a desenforma, conforme mencionado anteriormente, o trabalhador leva em média 32min no interior do forno e 28min no galpão fabril, onde neste último local, realiza duas tarefas distintas, já descritas, de 19min e 9min, respectivamente.

Depois de executada a ponderação, o IBUTG encontrado foi de 33,42°C. Vale lembrar, que o valor do metabolismo para o nível de atividade desenvolvido no interior do forno corresponde a 113 W/m<sup>2</sup> (175 kcal/h) em contrapartida, os níveis de atividade desenvolvidos descritos, no galpão, correspondem a 194 W/m<sup>2</sup> (300 kcal/h) e 113 W/m<sup>2</sup> respectivamente, sendo a média ponderada destes valores correspondente 125,15 W/m<sup>2</sup>, ou ainda, 193,73 kcal/h.

O metabolismo médio  $\overline{M}$ , cujo valor está entre 175 kcal/h e 200 kcal/h foi arredondado para este último valor, a fim de aplicar o Quadro N° 2 do Anexo 3 da NR-15. Este quadro mostra que o limite para 200 kcal/h é  $\overline{IBUTG} = 30^\circ\text{C}$ , superior ao encontrado. Em vista disso, conclui-se que o trabalho analisado é termicamente insalubre.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ambiente e as atividades analisadas são típicos da maioria das indústrias de cerâmica. Nelas o esforço físico pode ser classificado como moderado, mas a carga térmica é intensa, podendo ocorrer grandes desgastes devidos a perdas hídricas. Uma maneira de contornar esta situação é intervir nos tempos de permanência do pessoal nos ambientes envolvidos com a atividade de desenforma a fim de garantir uma situação termicamente salubre

Uma alternativa seria o funcionário passar 30min trabalhando na desenforma e os outros 30min atuando na retirada do tijolo da maromba, máquina pertencente ao sistema produtivo responsável pela forma do tijolo. Nesta atividade, o trabalhador realiza tarefas leves e gasta 150 kcal/h de energia. Sendo assim, pode-se propor uma rotatividade entre os trabalhadores, onde os grupos se alternariam entre as atividades de desenforma e de retirada do tijolo da maromba.

Desta maneira, o metabolismo ponderado passaria a ser de 171,94 kcal/h e o índice IBUTG, para a nova situação, 30,14°C. Consultando o Quadro N° 2 do Anexo 3 da NR-15, observa-se que para valores iguais ou menores que 175 kcal/h o IBUTG máximo recomendado é de 30,5°C. Pode-se, então, concluir que as condições de trabalho se tornariam adequadas sob a ótica termoambiental, diminuindo significativamente os riscos físicos decorrentes de altas temperaturas.

## **REFERÊNCIAS**

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION, Genève. ISO 9920; Ergonomics of the thermal environment – Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. Genève. 54p.

COUTINHO, A.S., 1998, “Conforto e Insalubridade Térmica em Ambientes de Trabalho”, João Pessoa (PB), Edições PPGEP e Editora Universitária/UFPB, pp. 176 – 210.

INTERNATIONAL STANDARD. ISO 7243-89; Hot environments – estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature. Genève, 1989. 9p.

NORMA REGULAMENTADORA, [s.l.]. NR – 15. [s.1], 1978.

NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL – Procedimento técnico – Avaliação da exposição ocupacional ao calor – NHO 06 - São Paulo: Fundacentro: 2002.